



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Yüksek Lisans Tezi

SICAKLIK STRESİNİN EKMEKLİK BUĞDAY (*Triticum aestivum*
L.) GENOTİPLERİNDE ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİ
ÜZERİNE ETKİSİ

Müzeyyen AKPULAT

Biyoloji Anabilim Dalı

Botanik Programı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Elif YÜZBAŞIOĞLU

Temmuz, 2024

İSTANBUL

Bu çalışma, [12.07.2024] tarihinde aşağıdaki jüri tarafından [Biyoloji Anabilim Dalı], [Botanik Programında] [Yüksek Lisans tezi] olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

[Doç. Dr.] [Elif YÜZBAŞIOĞLU] (Danışman)

[İstanbul Üniversitesi]

[Fen Fakültesi]

[Doç. Dr.] [Eda DALYAN]

[İstanbul Üniversitesi]

[Fen Fakültesi]

[Doç. Dr.] [Çiğdem BARIŞ]

[İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa]

[Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi]

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmî Gazete 'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin FYL-2023-39849 numaralı projesi ile desteklenmiştir. |



ÖNSÖZ

Bu süreçte, değerli bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında bana destek olan, teşvik eden ve titizlikle yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Elif YÜZBAŞIOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yüksek lisans çalışmalarımın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen hocam Dr. Eda DALYAN'a teşekkür ederim.

Hayatımın her alanında ve her zaman yanımda olduğunu bildiğim canım kız kardeşim Damla KÜTÜKALAN'a çalışmalarına sağladığı katkıları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen çalışma arkadaşım Yüksel DURAKLI'ya en içten sevgilerimi sunarım.

Varlıklarıyla bana destek olan ve sevgileriyle güç veren kıymetli Eşim; Ali AKPULAT'a ve hayatımın anlamı olan kızlarım Fehime Zeynep AKPULAT ve Elif Rana AKPULAT'a en içten teşekkürlerimi sunarım |

Temmuz 2024

|Müzeyyen AKPULAT|

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL KISIMLAR.....	4
2.1. TOHUMUN GENEL YAPISI.....	4
2.2. ÇİMLENME.....	4
2.2.1. Çimlenme için gerekli faktörler.....	6
2.2.1.1. Su.....	6
2.2.1.2. Sıcaklık.....	7
2.2.1.3. Oksijen.....	7
2.2.1.4. Işık.....	7
2.3. BİTKİLERDE STRES TANIMI.....	8
2.4. YÜKSEK SICAKLIK STRESİ.....	9
2.4. 1. Yüksek Sıcaklık Stresinin Morfoloji Üzerindeki Etkisi.....	11
2.4.2. Yüksek Sıcaklık Stresinin Bitki Fizyolojisi Üzerindeki Etkileri.....	12
2.4.2. Yüksek Sıcaklık Stresinin Bitki Biyokimyası Üzerindeki Etkileri.....	12
2.5. YÜKSEK SICAKLIK STRESİNİN BUĞDAY ÜZERİNE ETKİLERİ.....	13
2.6. BUĞDAY TOHUMUNUN ÇİMLENMESİNDE SICAKLIK STRESİNİN ETKİSİ.....	14
2.7. BİTKİLERDE OKSİDATİF STRES.....	15
2.8. BUĞDAY HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	16
2.8.1. Buğdayın Orijini.....	17
2.8.2. Buğdayın İklim ve Toprak isteği.....	17
2.8.3. Buğdayın Taksonomisi.....	18
3.MALZEME VE YÖNTEM.....	19

3.1. BİTKİ MATERYALİ VE ÖZELLİKLERİ	19
3.2. ÇİMLENME YÜZDESİ	19
3.3. BİTKİ BÜYÜMESİ	20
3.4. KİOROFİL TAYİNİ	20
3.5. LİPİT PEROKSİDASYONUNUN ÖLÇÜLMESİ	21
3.6. HİDROJEN PEROKSİT (H ₂ O ₂)'İN SPEKTROFOTOMETRİK TAYİNİ.....	21
3.7. İSTATİSTİKSEL HESAPLAMALAR.....	21
1. BULGULAR.....	22
4.1. ÇİMLENME YÜZDESİ	22
4.2. BİTKİ BÜYÜMESİ	24
4.3. KİOROFİL İÇERİĞİ	27
4.4. KAROTENOİD İÇERİĞİ.....	30
4.5. MALONDİALDEHİT (MDA) İÇERİĞİ.....	31
4.6. HİDROJEN PEROKSİT (H ₂ O ₂) İÇERİĞİ	33
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	36
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ	51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Tohumda çimlenme ve sonrasındaki (postgerminatif) embriyo büyümesi dönemindeki metabolik süreçler (Gelişmelerin süresi türlere ve çimlenme şartlarına bağlı olarak birkaç saat ile birkaç hafta arasında değişir) (Bewley, 1997).	6
Şekil 2.2: Çevresel stres türleri (Yılmaz vd., 2011).....	8
Şekil 2.3: Abiyotik stres faktörlerine karşı bitki cevaplarının genel dinamikleri (Kosová ve diğ., 2011).....	9
Şekil 2.4: Yüksek sıcaklık stresinin bitki üzerine etkileri (Abbas ve diğ., 2017).....	11
Şekil 4.1: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta ortalama çimlenme zamanları	22
Şekil 4.2: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta çimlenme yüzdeleri	23
Şekil 4.3: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta çimlenme oranı indeksi	24
Şekil 4.4: 24 °C'deki farklı buğday genotiplerinin kök ve gövde uzunlukları.....	24
Şekil 4.5: 28 °C'deki farklı buğday genotiplerinin kök ve gövde uzunlukları.....	25
Şekil 4.6: 32 °C'deki farklı buğday genotiplerinin kök ve gövde uzunlukları.....	25
Şekil 4.7: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta vigour index I değerleri	26
Şekil 4.8: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta vigour indeks II değerleri.....	27
Şekil 4.9: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta klorofil a miktarları	28
Şekil 4.10: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta klorofil b miktarları	29
Şekil 4.11: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta total klorofil miktarları	30
Şekil 4.12: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta karotenoid miktarları	31
Şekil 4.13: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta köklerinde bulunan MDA miktarları	32

Şekil 4.14: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta gövdelerinde bulunan MDA miktarları	33
Şekil 4.15: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta köklerinde bulunan H ₂ O ₂ miktarları	34
Şekil 4.16: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta gövdelerinde bulunan H ₂ O ₂ miktarları	35



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$\text{HO}_2\bullet$: Perhidroksil radikali
H_2O_2	: Hidrojen peroksit
$^1\text{O}_2$: Tekli uyarılmış (singlet) oksijen
O_2^-	: Süperoksit radikali
$\text{OH}\cdot$: Hidroksil radikali
CO_2	:Karbondioksit

Kısaltmalar	Açıklama
ABA	: Absisik asit
APX	: Askorbat peroksidaz
AOT	: Aktif oksijen türleri
ATP	: Adenozin trifosfat
ÇOI	: Çimlenme oranı indeksi
DNA	: Deoksiribonükleik asit
dH₂O	: Distile su
EDTA	: Etilendiamintetraasetik asit
GA	: Giberellin
g	: Gram
GPOX	: Guaiakol peroksidaz
GR	: Glutasyon redüktaz

ÖZET

[YÜKSEK LİSANS TEZİ]

[SICAKLIK STRESİNİN EKMEKLİK BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.)
GENOTİPLERİNDE ÇİMLENME VE ERKEN FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE
ETKİSİ]

[Müzeyyen AKPULAT]

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

[Biyoloji Anabilim Dalı]

Danışman : [Doç. Dr. Elif YÜZBAŞIOĞLU]

Buğday, dünya genelinde en önemli tahıl ürünlerinden biri olup, birçok ülkede temel gıda maddesi olarak tüketilmektedir. Son yıllarda yükselen sıcaklıklar buğday üretiminde ciddi kayıplara yol açmakta ve bu kayıplar, bitkinin yaşam döngüsünde tohum çimlenme sürecinin sıcaklık stresi ve diğer çevresel streslere karşı en hassas dönem olması nedeniyle daha da belirginleşmektedir. Bu çalışma, küresel iklim değişikliğinin etkisiyle artan sıcaklıkların ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tohum çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerindeki etkilerini incelemektedir.

Bu tezde, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden alınan 10 farklı ekmeklik buğday genotipi kullanılarak artan sıcaklığın çimlenme ve fide gelişimi üzerine olan morfolojik ve fizyolojik etkileri araştırılmıştır. Çimlenme denemeleri, kontrollü koşullarda 24 °C, 28 °C ve 32 °C sıcaklıklarda iklim odası koşullarında 7 gün süreyle gerçekleştirilmiştir. Morfolojik etkiler, çimlenme yüzdesi, kök-gövde uzunluğu, kök-gövde taze ve kuru ağırlığı ölçülerek belirlenmiştir. Fizyolojik etkiler ise hidrojen peroksit içeriği ve lipit peroksidasyondaki değişimler incelenerek değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda, farklı buğday genotiplerinin tohum çimlenme sürecinde sıcaklık toleransı ortaya konmuş ve sıcaklık stresine dayanıklı genotipler belirlenmiştir. Bu bulgular, gelecekte buğday üretiminde sıcaklık stresine karşı daha dirençli genotiplerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

|

Temmuz 2024, 64 sayfa.

Anahtar kelimeler: *Triticum aestivum* L, Sıcaklık toleransı, Fizyolojik parametreler, Tohum çimlenmesi |



SUMMARY

[M.Sc. THESIS]

**[THE EFFECT OF TEMPERATURE STRESS ON GERMINATION AND
EARLY SEEDLING GROWTH OF BREAD WHEAT (*Triticum aestivum* L.)
GENOTYPES]**

[Müzeyyen AKPULAT]

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

[Department of Biology]

Supervisor : [Assoc. Prof. Dr.] [Elif YÜZBAŞIOĞLU]

[Wheat is one of the most important cereal crops worldwide and is consumed as a staple food in many countries. In recent years, rising temperatures have caused serious losses in wheat production and these losses have become more pronounced due to the fact that the seed germination process is the most sensitive period in the life cycle of the plant against temperature stress and other environmental stresses. This study investigates the effects of increasing temperatures due to global climate change on seed germination and early seedling growth of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes.

In this thesis, morphological and physiological effects of increasing temperature on germination were investigated using 10 different bread wheat genotypes from Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute. Germination trials were carried out under controlled conditions at the temperatures of 24 °C, 28 °C and 32 °C for 7 days in an oven environment. Morphological effects were determined by measuring germination percentage, root-stem length, root-stem fresh and dry weight. Physiological effects were evaluated by examining changes in hydrogen peroxide content and lipid peroxidation.

As a result of the study, the temperature tolerance of different wheat genotypes during the seed germination and early seedling growth process was revealed and genotypes resistant to temperature stress were identified. These findings may contribute to the development of more resistant genotypes against temperature stress in future wheat production.

July 2024, 64 pages.

Keywords: *Triticum aestivum* L, Temperature tolerance, Physiologic parameters, Seed germination

1.GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen Poaceae familyasına ait tahıl ürünü ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L) dünya tahılının yaklaşık olarak %30'unu oluşturmaktadır (Akter ve Islam, 2017). Buğday karbonhidratlar, proteinler, mineral maddeler, iz elementleri, vitaminler, yağ asitleri ile sekonder bitki metabolitleri olarak adlandırılan renk maddeleri fenoller ve zengin lif içeriği ile çoğu toplumun temel besin kaynağını oluşturmaktadır (Wang, Cheng ve Sun, 2023). Dünya nüfusunun 2050 yılında 7,7 milyardan 9,7 milyara yükseleceği bu bağlamda da nüfus artışına paralel olarak beslenmede gıda ihtiyacının da önemli derece artacağı tahmin edilmektedir (USDA, 2019). İnsanlar için en önemli tahıllardan biri olan buğday da çevresel stres faktörlerinden oldukça etkilenmektedir.

1950'lerden bu yana çeşitli hava ve iklim koşullarında önemli değişiklikler gözlenmiş ve bu dalgalanmaların şiddeti son zamanlarda artmıştır. En belirgin değişimlerden biri, sürekli olarak artan ortam sıcaklığıdır; bu durum genellikle 'küresel ısınma' olarak adlandırılmaktadır. Bu genel eğilim, daha az soğuk günlerin yaşanmasıyla birlikte daha sıcak gün ve gecelerin sıklığında küresel ölçekte bir artış olarak kendini göstermektedir (Sharma ve diğ.,2022). Bununla beraber iklim değişikliği senaryoları, bu yüzyılın sonuna kadar 2-4 °C arasında bir ısınma öngörmektedir. Her bir santigratlık küresel ortalama sıcaklık artışı, buğday veriminde %6 oranında bir azalmaya neden olacaktır (He ve diğ., 2021). Farklı ekosistemlerde yaygın olarak bulunan bitkiler, kuraklık ve artan sıcaklık gibi çeşitli abiyotik zorluklarla mücadele etmektedir. Bu koşullar, küresel ısınmanın bir sonucu olarak, önemli miktarda verim kaybına sebep olmaktadır (Sehgal ve diğ., 2018).

Çimlenme, buğdayın yaşam süresini, fidelerin oluşumunu ve sonrasında verimli bir şekilde büyümelerini belirleyen önemli bir süreci oluşturmaktadır. Buğday bitkilerinin yaşam döngüsünde çevresel koşullar, tohumun fizyolojik durumu ve çimlenme faktörleri arasındaki etkileşim önemlidir. Sıcaklık, ışık, pH seviyesi, suyun bulunabilirliği ve toprak nem düzeyi gibi abiyotik faktörler, tohum çimlenmesini en çok etkileyen unsurlardır. Çimlenme sürecinin başarılı ve verimli olması için uygun çevresel koşulların oluşması gerekmektedir. Yaşam döngüsünün ilk aşaması olan tohum çimlenmesi, bitkilerin popülasyon büyüklüğünü, dağılımını ve çeşitliliğini etkileyen kritik bir süreçtir (Khaeim ve diğ., 2022).

Tohum çimlenmesi, tohumun su alması ile başlayarak, embriyonun ekseninin uzaması sonucu radikulanın çıkışını içermektedir. Bu süreç, düzenli bir dizi morfojenetik ve fizyolojik mekanizmayı, besin alımını ve fizyolojik/biyokimyasal değişiklikleri içermektedir. Tohumun su emme süreci üç aşamalıdır: İlk aşamada hızlı su alımı gerçekleşir, ikinci aşamada bir plato süreci yaşanır ve üçüncü aşamada çimlenme başladıkça daha fazla su emilir. Çimlenme sürecinin ilk aşaması olan su alınması, tohum kabuğunun yumuşamasına ve şişmesine yol açmaktadır, genellikle ideal bir sıcaklıkta gerçekleşmektedir. Tohum kabuğunun çatlaması ile, tohumun canlılığı aktive olarak solunum başlamaktadır. Bu durum radikulanın ve sürgünün ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır (Liu ve diğ., 2018). Enzimatik aktivite, karbonhidrat ve lipidlerin mobilizasyonunu içerir, bu da çimlenme ve erken fide gelişimi için besin sağlamaktadır. Tohumdaki biyolojik ve biyokimyasal aktiviteler, sıcaklık ve suyun varlığından önemli ölçüde etkilenmektedir (Özden ve diğ., 2021).

Tohumların çimlenmesi, suyun bulunmasına bağlıdır. Bu süreç, protoplazmanın hidrasyonunu sağlar, çözülmüş oksijen temin eder, tohumun dış katmanını yumuşatır ve geçirgenliğini artırır. Su stresi, çimlenme yüzdesini olumsuz etkilemektedir. Su seviyesi, buğday gibi bitkiler için çimlenme üzerinde daha karmaşık etkilere sahiptir, çünkü tohumun emilmesi ve çimlenmesi için temel bir belirleyicidir. Su stresi, enzimatik aktiviteleri azaltarak karbonhidrat metabolizmasını olumsuz etkileyebilir, su potansiyelini azaltabilir, çözünebilir potasyum ve kalsiyum miktarını düşürebilir ve tohum hormonlarında değişikliklere neden olur (Aderounmu ve diğ.,2020).

Sıcaklığın çimlenme üzerindeki etkisi, genellikle üç önemli sıcaklık aralığı olarak tanımlanabilir: minimum, optimum ve maksimum sıcaklıklar. Optimum sıcaklık, en yüksek çimlenme oranını en kısa sürede sağlamaktadır. Her bir çimlenme aşaması için belirli bir sıcaklık gereklidir; ancak çimlenme sürecinin karmaşıklığı nedeniyle, sıcaklık tepkisi çimlenme aşamaları boyunca değişebilir. Riley (1981), hücrelerin enerji durumu ve bazı enzimlerin davranışının sıcaklıkla değiştiğini göstermiştir. ATP içeriği ve protein sentez hızı, sıcaklık optimumuna ulaştıkça artar ve bu optimumdan sapma durumunda azalır. Tohum çimlenmesi için gerekli olan aktif oksijen türlerinin iç dengesi, anormal solunum tarafından etkilenmektedir. Buğday tohumlarında, antioksidan sistemi yüksek oranda etkilenmektedir (Andronis ve diğ., 2014).

Stres koşullarında, mitokondri ve kloroplastlardaki solunum ve fotosentetik elektron taşıma reaksiyonları, elektronları hedef moleküllerine iletmek yerine moleküler oksijene aktarır. Bu durumda, süperoksit radikali (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2), singlet oksijen (1O_2), perhidroksi radikali (HO_2^-) ve hidroksil radikali (OH^-) gibi toksik etkili aktif oksijen türleri (AOT) meydana gelir (Sies ve diğ.,2022). Bu AOT'ler, proteinlerde, lipidlerde, karbonhidratlarda ve DNA'da zarara neden olarak nihayetinde hücre ölümüne yol açmaktadır. Normal şartlarda, bitki hücrelerinde, AOT'ler (aktif oksijen türleri), metabolizmanın bir yan ürünü olarak düşük düzeyde üretilir ve çeşitli antioksidan savunma mekanizmaları tarafından uzaklaştırılır (Simon ve diğ., 2000). Fakat, tuzluluk, UV radyasyonu, kuraklık, ağır metaller, aşırı sıcaklık değişiklikleri, düşük sıcaklık, hava kirliliği, herbisitler ve patojen saldırıları gibi çeşitli biyotik ve abiyotik stres faktörleri, AOT'lerin oluşumu ile temizlenme hızı arasındaki dengeyi etkileyebilir (Korkmaz ve Durmaz, 2017). Bu dengesizlik, antioksidan enzimlerin aktivitelerinde düşüşe ve AOT'lerin sentez miktarında artışa neden olabilir, bu da hücresel yapıların zarar görmesine yol açmaktadır. AOT'ler, bitki hücrelerinde kloroplastların yanı sıra mitokondriler, peroksizomlar, hücre zarı ve apoplastik bölgeler gibi çeşitli yerlerde meydana gelebilir (Van ve diğ., 2001).

Bu tez çalışmasında artan sıcaklığın farklı buğday genotiplerinin çimlenmesi üzerine etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Çimlenme denemeleri Bahri Dağdaş Uluslararası Tarım Enstitüsü'nden alınan 10 farklı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L), tohumu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Artan sıcaklığın buğday tohumlarının çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine morfolojik etkisi (çimlenme yüzdesi, kök-gövde uzunluğu, kök-gövde taze ve kuru ağırlığı ölçümleri) ile belirlenmiştir. Sıcaklık stresinin fizyolojik etkisi ise klorofil a, klorofil b, total klorofil, karotenoid miktarları ile hidrojen peroksit içeriği ve lipid peroksidasyonu değişimlerinin gözlenmesi yoluyla farklı buğday genotiplerinin tohum çimlenmesi sürecinde sıcaklık toleransı ortaya konarak, sıcaklık stresine dayanıklı genotipler belirlenmeye çalışılmıştır. Yüksek sıcaklık stresine dayanıklı buğday çeşitlerinin ıslah edilmesi, gelecekteki iklim değişikliği senaryolarına uyum sağlamak için kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Bu alandaki araştırmalar, iklim değişikliği ile mücadelede buğday üretimini sürdürülebilir kılmak adına büyük önem taşımaktadır. Buğdayın yüksek sıcaklık stresine karşı dirençli çeşitlerinin geliştirilmesi ve tarımsal uygulamaların optimize edilmesi açısından kritik bilgiler sunmaktadır.]

2.GENEL KISIMLAR

2.1. TOHUMUN GENEL YAPISI

Tohumlu bitkilerde generatif üremeyi sağlayan, tohum taslağının gelişmesi ile embriyo ve besi dokularından meydana gelen yapı tohum olarak isimlendirilmektedir (Kösesakal, 2005). Tohum genel olarak embriyo, endosperm ve tohum kabuğundan oluşmaktadır (Avşar, 2020).

Tohum içinde bulunan embriyo, yumurta hücresinin sperm çekirdeği ile birleşmesi sonucunda oluşan zigotun arka arkaya mitoz bölünme geçirmesiyle meydana gelen yapıdır (Mayer ve Mayber, 1982). Tohum, zigotun oluşturduğu embriyoyu içerir ve çimlenme sürecinde gelişip büyüyerek yeni bir bitkinin temelini oluşturmaktadır. Embriyo, bitkinin başlangıç gelişim aşamalarını içerir ve tohum içinde korunarak uygun koşullar altında çimlenmeye hazır hale gelmektedir (Küçükler, 1988). Endosperm (besi doku) zigotun oluşturduğu embriyo ile birlikte gelişen besin depolayan bir dokudur. Endosperm hücreleri genellikle $3n$ kromozomlu triploid yapılıdır. Endosperm iki polar nukleusun bir sperm nukleus ile birleşiminden oluşmaktadır (Kadioğlu, 2024). Tohum kabuğu (testa), tohum taslağı örtüsünün değişmesinden meydana gelmektedir (Boesewinkel ve Bouman, 1984). Tohum kabuğunun birincil işlevi; bakteri, mantar, böcek, hayvan ve patojen gibi biyotik faktörlere, kuvvetli ışık, ultraviyole, yüksek ve düşük sıcaklık, donma, kuraklık, tuzluluk, ağır metaller ve yetersiz oksijen gibi abiyotik streslere karşı embriyoyu korumaktır. Bu nedenle kabuğunu oluşturan hücrelerin çeperleri süberin ve lignin birikmesiyle mantarlaşmış veya odunlaşmış yapıda olabilir (Steven, 2017).

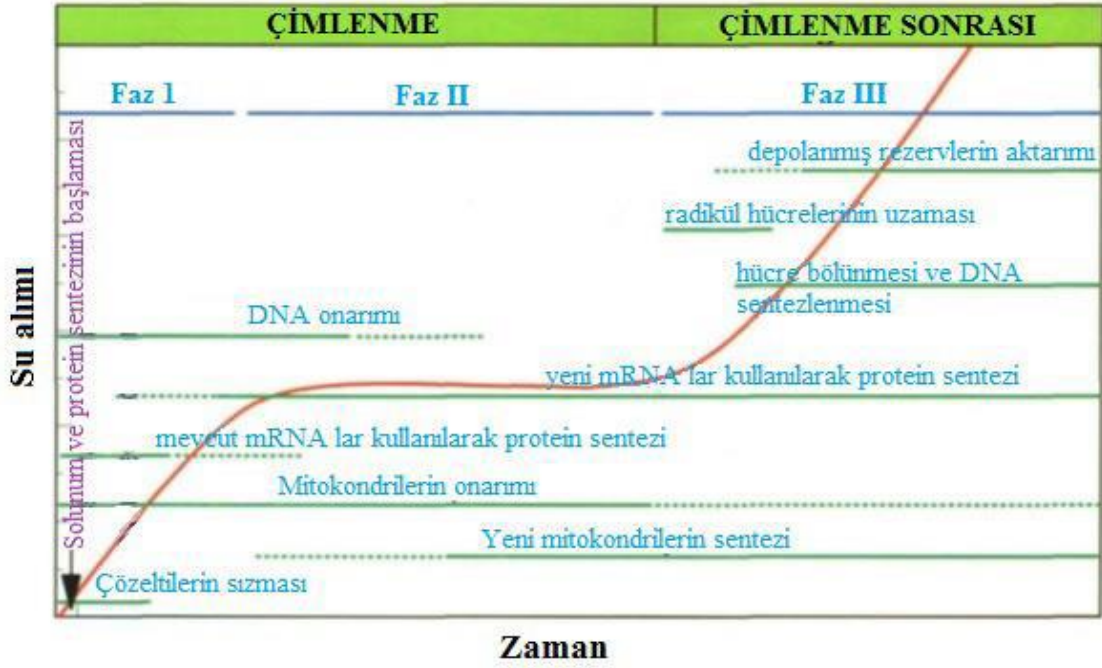
2.2. ÇİMLENME

Tohumun su alıp şişmesi ile başlayan embriyonun metabolik mekanizmasının aktif hale gelmesi, ana bitkiye benzer bir bitki oluşturmak üzere tohumdan çıkarak serbest kalma süreci “çimlenme” olarak tanımlanmaktadır. (Koller ve diğ., 1962). Tohumun çimlenme sürecinde ortaya çıkan temel olaylar; suyun emilmesi, enzim faaliyetleri, embriyonun büyümeye başlaması, tohum kabuğunun yırtılması, radikula çıkışı ve genç fidenin kendine yeterli duruma gelmesini içermektedir. (Mayer ve Shain, 1974).

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere çimlenme sıralı biyolojik ve biyokimyasal olayların gerçekleştiği fizyolojik bir olaydır. Tohumun çimlenmesi imbibisyon denilen tohumun şişmesi ile başlar,

böylece tohum kabuğu çatlamaktadır. Bu olayı enzim aktivitesi takip etmektedir. Endosperm ve kotiletonlarda bulunan depo metabolitlerinin enzimatik yıkımı meydana gelmektedir. Tohum depo metabolitleri başlıca protein, yağ ve nişasta olmakla beraber bunlara ilaveten mineral maddeler, bazı pigmentler, alkaloidler vb. gibi maddeler de bulunabilmektedir. Nükleik asitlerin yapımı ile solunum hızında yüksek artışlar meydana gelmektedir. RNA sentezinin beraberinde yağların yağ asidi ve gliserole yıkımını sağlayan lipazların, proteinlerin amino asitlere yıkımını sağlayan proteazların ve nişastanın glikozlara parçalanmasını sağlayan hidrolitik enzimlerinin oluşumu gerçekleşmektedir (Toole ve diğ. 1956).

Tohum çimlenmesi için uygun koşullar bulunmasına rağmen, çimlenme olayı gerçekleşmemektedir. Bu durumda tohumların cansız ya da dormant olduğu düşünülmektedir (Karakurt, Aslantaş ve diğ., 2010). Dormant olan tohumun durumu tohum dormansisi olarak ifade edilmektedir (Hiroyuki, 2014). Canlıların varlığını sürdürebilmek için, olumsuz çevresel etkilerin yoğun olduğu zamanlarda hayatta kalabilmek için kritik adaptasyonlar geliştirmeleri zorunludur. Dormansi, tüm canlı organizmaların yaşam süreçlerinin durdurulduğu doğal bir durumu temsil etmektedir. Tohumda dormansi nedenleri; embriyonun uyku hali, ABA/GA3 oranı, embriyonun yeterince olgunlaşmamış olması, birleşik dormansi, kabuğun geçirimsizliği, meyve içindeki kimyasallar sayılabilmektedir (Leubner-Metzger, 2003). Çimlenme için ışığa gereksinim duyan tohumlar, doğal olaylar ya da insanlar tarafından yüzeye çıkana kadar uzun süre toprak altında bekler, ışık gördüklerinde çimlenme sürecine gerçekleştirmektedir. Çöl bitkilerinin tohum kabukları, su varlığında çözülebilen inhibitörlere sahiptir; bu nedenle inhibitörlerin uzaklaştırılması için uzun süreli yağmurlara ihtiyaç duyulmaktadır. (Kadıoğlu, 2024).



Şekil 2.1: Tohumda çimlenme ve sonrasındaki (postgerminatif) embriyo büyümesi dönemindeki metabolik süreçler (Gelişmelerin süresi türlere ve çimlenme şartlarına bağlı olarak birkaç saat ile birkaç hafta arasında değişir) (Bewley, 1997).

2.2.1. Çimlenme için gerekli faktörler

Bitki tohumlarının çimlendirilmesi için su, sıcaklık, oksijen ve ışık (bazı bitkiler için) gibi çevre koşullarının uygun olması gerekmektedir. Işığın, bitki tohumlarının çimlenmesini önemli ölçüde etkilemesi nedeniyle, bu durum ışığı ayrı bir faktör olarak değerlendirmemize sebep olmaktadır.

2.2.1.1. Su

Hücrelerin yaşamında, suyun varlığı fizyolojik olayların temelini oluşturmaktadır. Çevreden gelen su, tohumda çimlenme için gereklidir; su absorbe olduğunda, tohumda fiziksel ve kimyasal olaylar başlar, bu da çimlenmeyi tetiklemektedir (Finch Savage ve Basel 2016).

Tohumdaki su miktarı ile aynı tohumdan çıkan fidelerin içerdikleri su arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu duruma hint yağı bitkisinin tohumu % 6 su içerirken, çimlenme süreci sonucunda meydana gelen fide de %92 su içermesi örnek verilebilmektedir. Çoğunlukla bitki tohumları, kuru bir şekilde depolandıkları dönemde çimlenme gerçekleşmez. Tohum, su ile temas ettiğinde, şişme ve osmoz yoluyla büyük miktarda su almaktadır. Bu durum, tohumdaki osmotik basınç ve şişme basıncının oldukça yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu nedenle, tohumun su absorbe etme yeteneği genellikle suya doğrudan maruz kalmadan da gerekleŒebilir; çimlenme için tohum, havadan gelen nemi de kullanmaktadır (Karakurt ve diğ. 2010).

2.2.1.2. Sıcaklık

Çimlenme sürecini düzenleyen en önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Tohum kabuğundaki inhibitörleri yıkmak için sıcaklığın dŒk olduğu aralıklara gereksinim duymaktadır (Went, 1953). Sıcaklığın dŒk olduğu aralıklarda örneğin ılıman bölgelerdeki kış mevsimlerinde tohum kabuğundaki ABA ve diğer inhibitörler yıkılmaktadır. Sıcaklığın arttığı aralıklarda örneğin ılıman bölgelerdeki ilkbahar mevsiminde içsel gibberellin miktarında artma buna bağlı olarak çimlenme baŒlamaktadır. Çimlenme olayını uyaran en etkili hormon GA, inhibe eden ise ABA olarak bilinmektedir. Sıcaklık imlenme için uygun seviyede değilse tohumun çimlenme süreci hasar görmektedir. Bu durum koŒullar uygun oluncaya kadar devam etmektedir. Buğdayın imlenme sürecinde sıcaklığın 5-10  C, nispi nemin % 60 üstünde olması gerekmektedir (Jame and Cutford 2004).

2.2.1.3. Oksijen

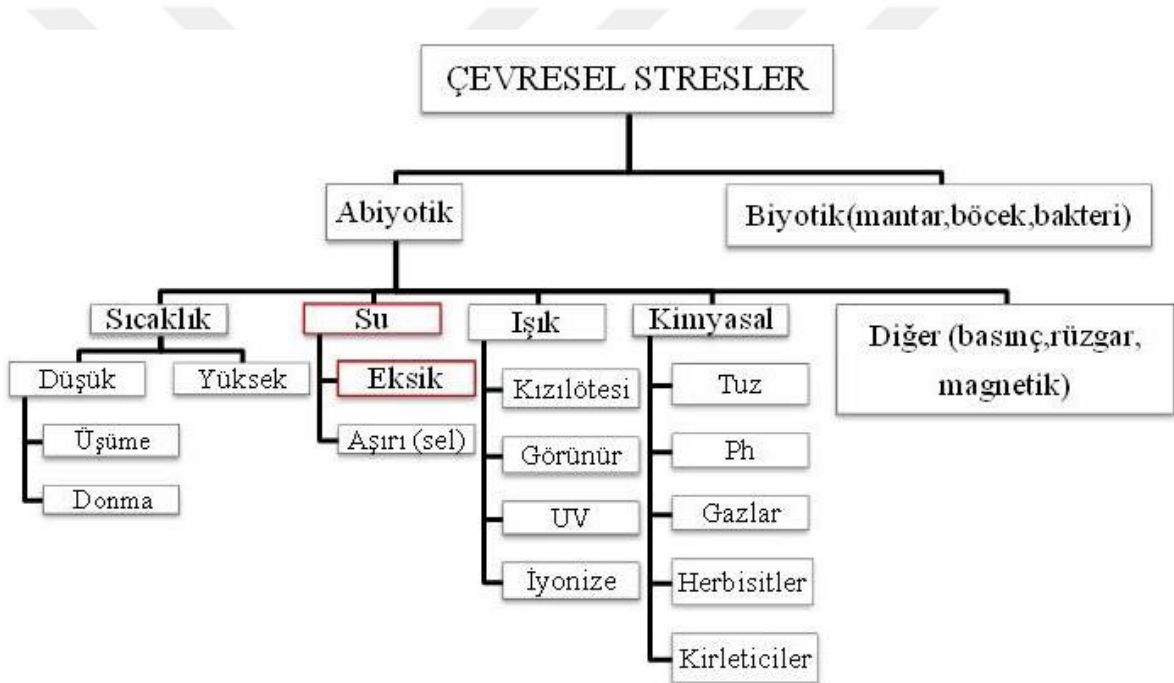
Çimlenme sürecinde oksijen gereklidir; genelde, bir bitki tohumu oksijen eksikliği olan bir ortamda bırakıldığında çimlenme gerekleŒmez. Çimlenme sürecinde, oksijenin çimlenme ortamıyla ve embriyo arasındaki gaz alıŒveriŒi hızlı ve düzenli olmalıdır; bu durum, baŒarılı çimlenme için oldukça önemlidir. Oksijen, imlenen tohumların solunum sürecinde etkin bir rol oynar, çünkü metabolik aktivite arttı oksijen alımı da artmaktadır. Ancak, ortamda aŒırı su bulunduğunda, oksijen birikimi sınırlanabilmektedir (David L., 1942).

2.2.1.4. IŒık

IŒıđın etkisi tohumların çimlenmesi durumunda farklılık göstermektedir. IŒıđın etkisinin tohumun çimlenmesi üzerine yapılan araŒtırmalar, iŒıđın bazı bitkilerde dormansiyi tetiklerken diğerlerinde bu etkiyi ortadan kaldırdığını belirlemiŒtir (GneŒ ve Gübbük, 2006). alıŒmalar, tohumlardaki iŒıđa tepki mekanizmasının, kimyasal olarak aktif bir pigment olan fitokrom ile iliŒkili olduğunu ortaya koymuŒtur. Marul ve *Arabidopsis* tohumlarında, kırmızı ve kızıl ötesi iŒınların biyosentez üzerinde etkili olduğu belirlenmiŒtir (Yamaguchi ve Kamiya, 2002).

2.3. BİTKİLERDE STRES TANIMI

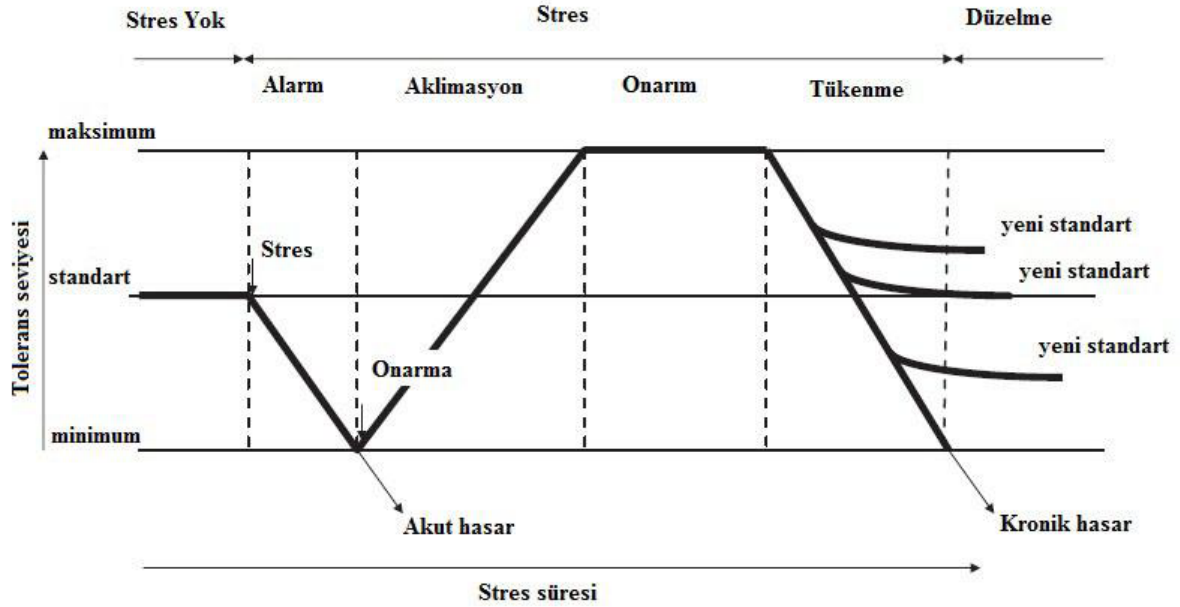
Bitkiler, zorlu çevre koşullarına (besin maddesi eksikliği, su eksikliği, düşük veya yüksek sıcaklık, UV, tuzluluk, hastalık ve zararlılar) maruz kaldıklarında büyümeleri olumsuz etkilenmektedir, bu durum bitkilerde stres olarak adlandırılmaktadır (Korkmaz ve Durmaz 2017). Şekil 2.2’de görüldüğü gibi bitkilerde stres, fungus bakteri ve virüs gibi mikroorganizmaların enfeksiyonu ve zararlı hayvan saldırılarına bağlı olarak oluşan biyotik stres ve su, sıcaklık, radyasyon, kimyasal, manyetik ve elektriksel alanlar gibi çevresel faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan abiyotik stres olmak üzere iki kategoride incelenmektedir (Benlioğlu ve Özkan, 2015).



Şekil 1.2: Çevresel stres türleri (Yılmaz vd., 2011)

Bitkiler, stres kaynaklarından uzaklaşamamaktadır, bu nedenle strese doğrudan maruz kalmaktadır. Bu durum büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyerek bitki organlarının ölümüne neden olabilmektedir. Bu, hayvanlardan farklı olarak bitkilerin stresle başa çıkma mekanizmalarının sınırlı olduğunu göstermektedir (Büyük ve diğ., 2012). Biyotik ve abiyotik stres etmenleri; verim ve kalitede düşüşe neden olmaktadır. Verim kayıplarının %71 oranında abiyotik çevresel faktörlerden kaynaklandığı rapor edilmektedir (Tekdal ve Yıldırım, 2017). Organizma ve hücreseel seviyelerde abiyotik streslere karşı tolerans oluşumu oldukça karmaşık bir süreç içermektedir (Ashraf ve Foolad, 2007). Bitkiler, genel olarak dört aşamalı bir cevap

geliştirerek abiyotik stres etkilerine yanıt verirler: 1-Başlangıç alarm evresi, 2-aklimasyon evresi (alışma), 3-Onarım evresi ve 4-Tükenme evresi (Kosová ve diğ., 2011) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Abiyotik stres faktörlerine karşı bitki cevaplarının genel dinamikleri (Kosová ve diğ., 2011)

2.4. YÜKSEK SICAKLIK STRESİ

İklim, zaman içinde değişkenlik gösteren bir dinamik olgudur. İklim değişikliği ise, sebebi ne olursa olsun, yeryüzünün bir bölgesinde uzun seneler boyunca gözlemlenen iklimin ortalamasında meydana gelen değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (İğci ve Çobanoğlu, 2019). Günümüzde yaşanan iklim değişikliği, doğal nedenlerden ziyade fosil yakıtların kullanımı, ormansızlaşma ve sanayi gelişimi gibi insan faaliyetlerinin yol açtığı sera gazı emisyonlarına bağlıdır. Bu insan kaynaklı etkilerin başlıca sonucu, ortalama yüzey sıcaklığında artış olarak karşımıza çıkmaktadır, bu durum küresel ısınma olarak ifade edilmektedir (Öztürk, 2015). Tarımda önemli bir çevresel sorun, küresel sıcaklık artışıdır. İklim modellerine göre, 21. yüzyılın sonuna kadar ortalamada 1-6°C arasında bir artış beklenmektedir (Akter ve Islam, 2017).

Yüksek bitkiler, çeşitli çevresel zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Abiyotik stresler arasında yüksek sıcaklık stresi, organizmanın işlevinde azalma veya değişikliklere neden olabilir. Stres koşulları normale döndüğünde, organizmanın işlevleri optimum seviyeye ulaşırsa elastik

biyolojik değişim oluşur; ancak bu gerçekleşmezse plastik biyolojik değişim meydana gelmektedir. Donma, aşırı sıcaklık, yüksek tuz konsantrasyonları ve kuraklık gibi stresler, plastik biyolojik değişim olarak kabul edilmektedir (Levitt, 1980). Bu tip stres koşulları, tipik büyüme ve gelişmeyi kısıtlayarak tahıl bitkilerinin verimliliğini ve besin kalitesini azaltmaktadır.

Sıcaklık, bitki gelişimini belirleyen en önemli faktördür. Fotosentezden çimlenmeye, çiçeklenmeden terlemeye kadar pek çok bitki sürecini etkilemektedir. Artan sıcaklık, belirli bir noktaya kadar fotosentez, terleme ve solunumu artırır. Ayrıca, sıcaklık bitkinin büyüme sürecindeki değişimi de etkiler hem yeşil kısımların gelişimi hem de çiçeklenme aşamalarını etkilemektedir (Başaran ve Akçin, 2022).

Çoğu bitki, büyüme ve gelişme için uygun ortamı sağlamak için genellikle 5-36°C aralığında sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadır. Ancak, bu genel sınırların dışına çıkan birçok bitki türü yüksek veya düşük sıcaklıkta yetişmektedir (Hasanuzzaman ve diğ., 2013). Bazı bitkiler, kuzey kutbunda 0-2°C sıcaklıkta gelişebilir iken, bazıları güney kutbunda 60-65°C sıcaklıkta normal şekilde büyüyüp gelişmektedir. Bitkiler için ideal olan sıcaklık aralığının dışına çıktığında, büyüme ve gelişme durabilir ve daha yüksek sıcaklıklarda ölüme kadar gidebilecek etkiler görülebilmektedir (Muharrem, 2020).

Tohumların çimlenmesi ve erken fide gelişimi için belirleyici olan etken genellikle sıcaklıktır. Bunun yanı sıra, tohumların en iyi şekilde çimlenmesini sağlayan sıcaklık aralığı, yetiştirilen bitkinin türüne göre değişebilir. Örneğin, buğdayda en uygun çimlenme sıcaklıkları genellikle 20-40°C aralığında bulunurken, ıspanak bitkisinde ise bu değerler genellikle 5-30°C arasındadır (Hasanuzzaman ve diğ., 2013).

Şekil 2.4'de yüksek sıcaklık stresinin bitki gelişimine olumsuz etkileri gösterilmiştir. Yüksek sıcaklık stresi, özellikle optimal büyüme sıcaklığında meydana gelen 1.5-6°C'lik bir artışla birlikte, fotosentezin engellenmesine, hücre zarlarının hasar görmesine ve yaşlanma etkileri göstermektedir. Bu sebeple, sıcaklık stresi, dünya genelinde bitkisel üretim için önemli bir tehdit olarak ortaya çıkmıştır (Abbas ve diğ., 2017).



Şekil 2.4: Yüksek sıcaklık stresinin bitki üzerine etkileri (Abbas ve diğ., 2017)

2.4. 1. Yüksek Sıcaklık Stresinin Morfoloji Üzerindeki Etkisi

Kuraklık ve sıcaklık stresinin olumsuz etkileri, bitkilerin çeşitli gelişim aşamalarında gözlenmektedir. Bu aşamalar arasında çimlenme, filizlenme, kök, yaprak ve gövde gelişimi, büyüme, tomurcuklanma, kuru madde üretimi, çiçeklenme başlangıcı, salkım oluşumu, tozlaşma, döllenme, tohum gelişimi, tohum verimi ve tohum kalitesi yer almaktadır (Roberts, 1988). Tohum çimlenme yüzdesi, sabit toprak nemi koşullarında, temel sıcaklık eşiği üzerindeki artışlarla artma eğilimindedir. Ancak, sıcaklık yüksek seviyelerde devam etmesi, çimlenme olayını azaltmaktadır (Prasad ve diğ., 2006).

Yaprak görünüm oranı, genellikle termal zaman kavramıyla ifade edilerek sıcaklıktan en çok etkilenen bir özellik olarak kabul edilmektedir. Yüksek sıcaklıkların hâkim olduğu koşullarda, yaprak görünüm oranları ve yaprak uzama oranları genellikle azalmış yaprak uzama süresi ile ilişkilendirilmektedir. Diğer büyüme süreçleri ile karşılaştırıldığında, kök büyümesi için çok dar bir optimum sıcaklık aralığı belirlenmiştir. Azalan kök sayısı, kök uzunluğu ve kök çapı, sıcaklık stresinin belirtileri olarak kabul edilmektedir. Üreme dönemindeki sıcaklık stresi, kök büyümesini geciktirir; bu durumun nedenlerinden biri köklere karbon taşınması gecikmesidir. Sıcaklık stresi ayrıca tohum doldurma süresini kısaltarak daha küçük tohumların üretilmesine neden olmaktadır (Matsui ve diğ., 2001). Antesis aşaması, tohum büyüklüğü açısından önemlidir. Sıcaklık stresi, özellikle çiçek dökülmesi sırasında belirgin bir artışa neden olabilir

ve yer fıstığı, buğday, pirinç, mısır gibi bazı bitkilerde tohum kaybına yol açmaktadır. Bazı baklagiller de (örneğin yer fıstığı, kuru fasulye ve tahıllar), çiçeklenme aşamasında sıcaklık stresine maruz kaldığında polen kısırlığı ve tohum kaybı gözlenmektedir (Havaux, 1988).

2.4.2. Yüksek Sıcaklık Stresinin Bitki Fizyolojisi Üzerindeki Etkileri

Fotosentez, bitkideki en önemli fizyolojik süreçtir ve yüksek sıcaklıktan oldukça etkilenmektedir. Özellikle, stroma ve tilakoid lamelleri sıcaklık stresine karşı en hassas olan bileşenlerdir. Yüksek sıcaklık (~40°C), kalıcı değişikliklere yol açarak RuBisCO, Rubisco Aktivaz ve Fotosistem II gibi kritik enzimlerin işlevlerini etkilenmektedir (Liu ve diğ., 2020). Örneğin, buğday bitkilerinin yüksek sıcaklık koşullarına maruz kalması ile, RuBisCO enziminin 7 günden daha kısa bir sürede inaktive olduğu bulunmuştur. Rubisco aktivazın parçalanması, sıcaklık stresi altında fotosentez kapasitesinde azalmaya neden olabilir ve tilakoid akışkanlığında değişikliklere ve fotosistem II'nin membranından ayrılmasına yol açmaktadır. Fotosentetik ürünler, fotosistem II'nin büyümesi ve gelişmesi için farklı bitki kısımlarına taşınmaktadır (Efeoğlu ve Terzioğlu, 2009).

Bitki senesensi, bitkilerde yaşlanma sürecidir. Yaprak senesensinin belirgin bir özelliği, vakuolde çöküş, membran bütünlüğünde kayıp ve hücresel homeostazisin bozulmasıdır. Orta düzeyde ancak uzun süreli yüksek sıcaklık stresi, kademeli yaşlanmaya neden olurken, yoğun yüksek sıcaklık stresi kısa sürede protein denatürasyonuna ve bitkinin ölümüne yol açmaktadır. Olgunluk dönemindeki sıcaklık stresi, yaprak yaşlanmasını hızlandırır ve klorofil miktarındaki azalma nedeniyle biyosentezi etkilemektedir. Yüksek sıcaklık ayrıca bitkide su ilişkilerini ve içeriklerini etkilemektedir. Sıcaklık stresi altında, bitki aktif oksijen türleri olarak bilinen aktif elementlerde artış göstermektedir. Bu aktif oksijen türleri, lipidler, proteinler ve DNA üzerinde olumsuz etkilere neden olarak hücre işlevlerini bozmaktadır. Sıcaklık ile ilişkili oksidatif hasar, stres membranının termostabilitesi de önemli ölçüde azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca, sıcaklık stresi altında biriken aktif oksijen türleri, protein denatürasyonunu ve doymamış yağ asidi oluşumunu teşvik eder, bu da nihayetinde hücre membranlarının geçirgenliğini etkilemektedir (Iqbal ve diğ., 2021).

2.4.2. Yüksek Sıcaklık Stresinin Bitki Biyokimyası Üzerindeki Etkileri

Yüksek sıcaklık stresi, toplam protein içeriğinde azalmaya neden olmaktadır. Sıcaklık stresi nişasta granül boyutundaki değişimlere, deforme olmuş nişasta granülleri ve azalmış amiloplast

sayılarına sebep olmaktadır. Kısa süreli sıcaklık stresine maruz kalma (örneğin, buğdayda 35°C'de 1 gün) çözümlü nişasta sentaz aktivitesinin azalmasına neden olmaktadır (Poudel ve Poudel, 2020). Nişasta, buğdayın ana bileşenidir ve amiloz ile amilopektinden oluşmaktadır. Amiloz içeriği, nişasta kalitesini belirlemek için önemli bir parametredir. Nişasta özellikleri, amiloz içeriğindeki değişimden etkilenmektedir. Yüksek sıcaklık, amiloz içeriğinde artış ve amiloz/amilopektin oranındaki artışla ilişkilendirilmiştir. ADP-Glukoz Pirofosforilaz (AGPaz) ve nişasta sentazı, nişasta biyosentezinde önemli rol oynayan enzimlerdir. Çözümlü nişasta sentazı ve granüle bağlı nişasta sentazı, nişasta sentazının iki formudur. Yüksek sıcaklıkta, tahıldaki nişasta içeriğinin toplam nişasta içeriğinin üçte birine kadar azalması, endosperm nişastasının etkinliğinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Düşük tane boyutu ve nişasta birikimindeki azalmanın nedeni ise 40°C civarında yüksek sıcaklıkta çözümlü nişasta sentazının etkinliğindeki azalması olarak açıklanmaktadır (Schmid ve diğ., 2020).

2.5. YÜKSEK SICAKLIK STRESİNİN BUĞDAY ÜZERİNE ETKİLERİ

Sıcaklık stresi, buğday bitkisinin gelişim sürecini ve büyüme koşullarını etkileyerek, üretimde önemli düşümlere ve verim kayıplarına yol açmaktadır. Artan sıcaklık ve iklimdeki olumsuz değişimler, bitki büyümesini önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir. Her bir derecelik küresel sıcaklık artışının, toplam buğday veriminde %5'ten fazla bir azalmaya neden olması beklenmektedir (Akter ve Rafiqul, 2017).

Üreme aşamasında, her bir santigratlık sıcaklık artışıyla birlikte buğday tanesi verimi azalırken, buğdayın çiçeklenme ve tane olgunlaşması için ideal sıcaklık aralığı 12-22°C'dir. Gametogenezin erken evresi, özellikle de mayoz sırasında dış ortamdaki sıcaklık artışından olumsuz yönde etkilenmektedir. Sıcaklık stresi, buğday bitkisinin yaşam döngüsü üzerinde oldukça etkilidir. Her 1-2°C sıcaklık artışı, buğdayın yaşam döngüsü ve tane olgunlaşma süresinin kısalmasıyla birlikte tohum ağırlığının azalmasına neden olur. Yüksek sıcaklık stresi, tahıl veriminde %23'lük bir kayba neden olmaktadır. Tane sayısındaki azalma, hasat indeksini de olumsuz etkileyerek sıcaklık stresinin etkileri artmaktadır. 35°C'nin üzerindeki ortam sıcaklıkları, buğday üretiminde bir azalmaya yol açmaktadır. Sıcaklık stresi genellikle buğday bitkisinde çeşitli etkilere neden olmaktadır (Poudel ve Poudel, 2020). Bunlar arasında ortalama yaprak alanının azalması, çimlenme yüzdesinin düşmesi, erken yaprak dökülmesi ve bitkinin fotosentetik mekanizmasının zarar görmesi yer almaktadır (Iqbal ve diğ., 2017).

2.6. BUĞDAY TOHUMUNUN ÇİMLENMESİNDE SICAKLIK STRESİNİN ETKİSİ

Tohum çimlenmesi, bitkilerin yaşam döngüsündeki en kritik aşamalardan biridir. Çimlenmenin başarılı bir şekilde gerçekleşmesi, fide gelişimini ve sonrasında olgun bitkilerin sağlıklı büyümesini sağlamaktadır. Bu süreç, suyun tohum tarafından alınmasıyla başlar ve tohumun metabolik olarak aktif hale gelmesiyle devam etmektedir. Çimlenmenin en son aşaması, embriyonik eksenin embriyoyu saran yapıları delip geçmesidir. Bu olaylar dizisi, tohumun hayata başlaması için gerekli olan karmaşık ve hayati bir süreçtir (Weitbrecht ve diğ., 2011).

Buğday üretimi, aşırı sıcak havalardan büyük ölçüde etkilenmektedir. Yüksek sıcaklıklar, bitkinin fide dönemi ve üreme dönemi gibi kritik aşamalarda sıcaklık stresi yaratarak büyümeyi ve verimi olumsuz etkilemektedir (Farooq ve diğ., 2011).

Yüksek sıcaklık, buğday tohumlarının çimlenme oranını doğrudan etkilemektedir (Tewolde ve diğ., 2006). Optimum sıcaklık ve nem ortamında büyüme ve gelişme tohum çimlenmesi ile başlamaktadır. Abiyotik faktörler arasında sıcaklık, büyüme ve gelişme için gerekli olan su ve ek substratların oranını belirlediğinden buğday çimlenmesi için anahtar bir stres olarak değerlendirilmektedir (Bastos ve diğ., 2020) Özellikle 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklar, çimlenme sürecinde ciddi gerilemelere neden olmaktadır (Sharma ve diğ., 2022).

Buğday tohumlarının çimlenme yüzdesi çok düşük ve çok yüksek sıcaklıktan olumsuz yönde etkilenmektedir (Buriro ve diğ., 2011). Sıcaklık artışı başlangıçta tohum çimlenmesinde artışa neden olmaktadır. Ancak sıcaklığın giderek artması tohum çimlenmesini azaltmaktadır (Hampson ve Simpson 1990). Khaeim ve diğ. 2022 tarafından yapılan çalışmada 30°C'nin üstündeki sıcaklıkta çimlenmenin hızlandığı ancak çimlenme sürecinde bitkideki metabolik faaliyetleri olumsuz etkilediği saptanmıştır. Literatürde buğday tohumları için çimlenme sıcaklığının minimum sınırı 4°C 'dir (Schabo ve diğ., 2020) Aynı araştırmaya göre, buğday tohumları 37°C'nin üzerinde çimlenmeyi başlatamamıştır. Sharma ve diğ. 2022 tarafından yapılan çalışmada kullanılan farklı buğday genotiplerinden en düşük çimlenme yüzdeleri 35°C sıcaklıkta kaydedilmiştir. 35°C ve üzerindeki sıcaklıkların buğday tohumlarının çimlenme oranını %50'den fazla düşürdüğü gözlemlenmiştir

Sıcaklık sadece çimlenme oranını değil, aynı zamanda çimlenme hızını da etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklarda çimlenme süresi uzayabilir veya tamamen durabilir. Bu durum,

tohumların filizlenme sürecindeki metabolik faaliyetlerin yavaşlamasından kaynaklanmaktadır (Abdel-Ghani ve diğ., 2020).

Yüksek sıcaklık, buğday tohumlarının fizyolojik ve biyokimyasal yapısını da değişikliğe neden olmaktadır. Isı stresine maruz kalan bitkiler genellikle oksidatif stresin oluşmasından sorumlu singlet oksijen (1O_2), süperoksit radikali (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali (OH^-) gibi yıkıcı AOT oluşumuna yol açmaktadır (Marutani ve diğ., 2012, Suzuki ve diğ., 2012). AOT, hücre zarlarına ve diğer hücre sel bileşenlere zarar vermektedir. Miller ve diğ. (2009) tarafından yapılan çalışmada yüksek sıcaklık stresinin kökte AOT üretim miktarının %68 arttırdığını, yapraktaki malondialdehit içeriği erken gelişim aşamasında %27 ileri aşamalarda %58 arttığını göstermiştir. Bitkilerin aşırı AOT miktarından kaçış için birçok antioksidan mekanizmaya sahiptir. Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve katalaz (CAT), glutatyon redüktaz (GR) ve peroksidaz (POX) buğdayda sıcaklık stresini iyileştirici etkiye sahip antioksidanlardır (Suzuki ve diğ., 2011).

2.7. BİTKİLERDE OKSİDATİF STRES

Hücre yanıtları, hücre dışındaki moleküller ile plazma membranı proteinleri arasındaki etkileşimler ile ortaya çıkmaktadır. Stres etmenleri ilk olarak plazma membranı üzerinde var olan reseptörler aracılığı ile fark edilir ve bunun neticesi olarak sinyal proteinler vasıtasıyla kalsiyum, inositol, fosfat ve aktif oksijen türleri gibi ikincil habercilerin üretimi gerçekleşmektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Serbest radikaller, yüksek enerjili atom veya moleküller olarak tanımlanır ve dış orbitalinde en az bir eşleşmemiş elektron taşırlar (Karabulut ve Gülay 2016). Serbest radikaller eşleşmemiş elektron buldukları için diğer maddelerle kolaylıkla reaksiyona girebilmektedir. Aktif oksijen türleri arasında singlet oksijen (1O_2), süperoksit anyonu (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali (OH^-) bulunmaktadır. AOT endojen olarak en fazla kloroplastlardaki fotosentez reaksiyonları, plastid ve peroksidazlarda, mitokondrilerdeki sitrik asit döngüsü, NADPH oksidaz, hücre duvarı peroksidazları amino oksidazlar gibi enzimlerin etkisiyle oluşmaktadır (Van Breusegem ve Dat, 2006). AOT'lar, membran lipitleri ve mitokondriyal DNA gibi yüksek molekül ağırlıklı moleküllere yönelerek, hücre sel makromoleküllerin tamamına zarar vermektedir (Tuteja ve Sopory, 2008). Mitokondriyal DNA, nükleer DNA'ya kıyasla oksidatif hasara karşı daha savunmasızdır (Yakes ve Van Houten, 1997). Stres

koşullarında, AOT yoğunluğu normal büyüme durumunda üretilen bazal seviyeden daha fazla olup, kloroplast, mitokondri ve peroksizomlarda zararlı seviyelere ulaşmaktadır. Stres durumlarında bitkilerde fotosentez mekanizmaları etkilenmektedir. CO₂ fiksasyonunun sınırlı olması, stres koşullarında bitkilerin fotosentez yeteneklerinin azalmasına neden olmaktadır. Calvin döngüsü, fotosentezde karbon indirgemesini gerçekleştiren bir dizi reaksiyonu içermektedir. CO₂ fiksasyonundaki azalma, bu döngüdeki karbon indirgemesinde bir düşüşe yol açmaktadır. Fotosentetik elektron transferi sırasında, Ferrodoksin'e fazla elektron sağlandığında, Mehler reaksiyonu meydana gelmektedir (Hsu ve Kao, 2003). Bu reaksiyon, fotosistem I'den oksijene doğru elektron transferini içerir ve süperoksit radikalleri üretmektedir (McCord, 2000). Bu radikaller, hücrede serbest radikal stresine yol açmaktadır. Serbest radikaller, özellikle süperoksit radikalleri, hücrelerde lipit peroksidasyonuna neden olmaktadır. Bu durum, hücre membranlarının bozulmasına ve hücre hasarına yol açmaktadır. Lipit peroksidasyonu, hücre zarlarının yapısını etkileyerek hücrelerin normal fonksiyonlarını bozulmaktadır. Stres koşullarında bitkilerin fotosentez mekanizmalarındaki bozulmalar, serbest radikal üretimi ve lipit peroksidasyonu gibi olaylarla ilişkilidir. Bu durumlar, bitki hücrelerinde hasara neden olarak büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemektedir.

2.8. BUĞDAY HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Dünya genelinde ve ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen, Poaceae familyasına ait ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L), dünya tahılının yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır (Akter ve Islam, 2017). Buğday birçok toplum temel besin kaynağıdır ve beslenme açısından son derece önemlidir (Wang ve diğ., 2023). Buğday, karbonhidratlar, proteinler, mineral maddeler, iz elementleri, vitaminler, yağ asitleri ile sekonder bitki metabolitleri olarak adlandırılan renk maddeleri fenoller ve lif açısından zengindir. Buğday, özellikle unlu mamüller başta olmak üzere birçok gıda ve endüstriyel sektörde kullanılmaktadır. Ayrıca, dünya nüfusunun bitkisel kaynaklı besinlerden sağladığı toplam kaloringin yaklaşık %20'sini temin etmektedir. 2050 yılında dünya nüfusunun 7,7 milyardan 9,7 milyara yükseleceği ve bu durumun beslenme ihtiyacının önemli ölçüde artacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, gıda talebinin nüfus artışıyla paralel olarak artması beklenmektedir. (USDA, 2019).

2.8.1. Buğdayın Orijini

Yaklaşık 10.000 yıl önce, insanlık tarihinde devrim niteliğinde bir dönüm noktası olan buğdayın kültüre alınması gerçekleşmiştir. Neolitik çağın başlangıcında, avcı-toplayıcı ve göçebe yaşam tarzından vazgeçilerek, yerleşik tarım toplumları oluşturulmaya başlanmıştır. Buğdayın kültüre alınması, türleşme sürecinde, doğal seleksiyonun ve adaptasyonun önemli değişimleri oluşturmuştur (Levy ve Feldman, 2022).

Arkeolojik ve botanik kanıtlar, einkorn (*Triticum monococcum*) ve emmer buğdayının (*Triticum dicoccum*) yakın doğuda Verimli Hilal bölgesinde kültüre alındığını göstermektedir. Bu, insanlığın tarımsal geçişinin ilk izleridir ve yaklaşık 10.000-12.000 yıl önce bağımsız olarak, farklı bitkilerde yakın doğunun verimli hilal bölgesinde, Orta Amerika'da ve Güney Çin'de görülmüştür (Başaran ve diğ., 2020).

2.8.2. Buğdayın İklim ve Toprak isteği

Buğday, çimlenme ve kardeşlenme aşamalarında yüksek sıcaklıktan, aşırı ışıktan ve düşük nispi nem olumsuz etkilenmektedir. Bu aşamalarda, bitkilerin daha sağlıklı gelişmesi için sıcaklığın 5-10°C arasında ve nispi nemin %60'ın üzerinde olması gerekmektedir. Generatif evre başlangıcında, yani sapa kalkma döneminde, buğdayın aşırı sıcaklığa ihtiyacı yoktur. En ideal büyüme koşulları için, buğdayın gereksinim duyduğu ortam 10-15°C sıcaklık, %65 nispi nem ve az miktarda ışık içermelidir. Başaklanma öncesindeki hızlı büyüme evresinde ise, buğday yüksek nem oranına ve yoğun ışığa ihtiyaç duymaktadır. Dölllenme sürecinde, düşük nem ve yüksek sıcaklık, kaliteli tahıl üretimi için önemlidir. Ekmeklik buğday çeşitlerinden bazıları, kısa süreli -35°C gibi düşük sıcaklıklara karşı dayanıklıdır, ancak her çeşit bu şartlara dayanmayabilir; örneğin, yazlık buğdaylar -5°C'de zarar görmektedir. Ancak, Sibiryaya ve Norveç gibi bölgelerde olduğu gibi, 5 cm kalınlığındaki kar örtüsü bulunan yerlerde, buğday çeşitleri -45°C'ye kadar dayanmaktadır. Makarnalık buğday çeşitlerinin en dayanıklı olanları bile -15°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda zarar görmektedir. Bu nedenle, makarnalık buğdaylar genellikle yazlık olarak ekilirken, kışlık ekimleri sadece Türkiye ve Akdeniz çevresindeki bazı ülkelerde gerçekleşmektedir (Sevilay, 2021).

Buğday yetiştirmek için en uygun topraklar, derin, killi-tınlı, tınlı-killi yapıda ve yeterli miktarda humus, fosfor ve kirece sahip kumlu-tınlı topraklardır. Başka bir ifadeyle, ağır killi

olmayan, %25-30 arası tarla su kapasitesine sahip ve yüksek kation değişim kapasitesine sahip topraklar, buğday tarımı için idealdir. Toprağın humus miktarının artması, buğday verimini olumlu yönde etkilemektedir. Uzun süre genç kalmıő ve iőlenmemiő topraklar, yüksek humus içerikleri ve üst tabakalarında yoğun bir canlılık barındırdığı için, buğday yetiőtirimi için en uygun topraklar arasında yer almaktadır (TOB, 2022).

2.8.3. Buğdayın Taksonomisi

Üst Alem: Eukaryota

Alem: Plantae (Bitkiler)

Üst Őube: Angiosperms (Kapalı Tohumlular)

Őube: Monokots (Monokotiller)

Sınıf: Commelinids

Takım: Poales

Familya: Poaceae

Alt Familya: Pooideae

Cins: *Triticum* L.

Tür: *Triticum aestivum* L. (Ceylan, 2010)

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. BİTKİ MATERYALİ VE ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada deney materyali olarak Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden (Konya) elde edilen *Triticum aestivum* L. (Ekmeklik buğday) türüne ait "Bayındır", "İkonya", "Buhara", "Yavuz", "Bozkır", "Tuğra", "Şehzade", "Meke", "Taner" ve "Selçuklu" olmak üzere 10 farklı buğday genotipinin tohumları kullanılmıştır.

Ekmeklik buğday tohumları %10 sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dakika steril edildikten sonra üç kez distile sudan (dH₂O) geçirilmiştir. Tohumlar, 4 saat dH₂O' da imbibisyona bırakılmıştır. İmbibisyon ortamlarından alınan tohumlar dH₂O ile ıslatılarak (10 ml) nemlendirilmiş çift katlı filtre kağıtları üzerine transfer edilmiştir. Tohumlar 14 cm lik her bir petriye 16'şer tane olmak üzere 1,5 cm aralıklarla ekilmiştir. Her bir genotip için 4 tekrar yapılmış ve ekim işleminden sonra deney serilerine 2 günde bir 5 ml distile su ilave edilmiştir. Petriye ekilen buğday tohumları 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık fotoperiyot, 24, 28 ve 32 °C sıcaklık ve %60 nem ortamında 7 gün boyunca bitki büyüme kabininde yetiştirilmiştir.

3.2. ÇİMLENME YÜZDESİ

24, 28 ve 32°C sıcaklıkta buğday tohumlarının çimlenmeleri sabit kalana kadar günlük olarak izlenmiş ve çimlenme oranları yüzde olarak ifade edilmiştir. Radikulanın tohum kabuğundan dışarı çıkması, çimlenme kriteri olarak kabul edilmiştir.

Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ), belirli bir tohum grubunun çimlenme sürecindeki ortalama zamanı hesaplamak için kullanılan bir metriktir. OÇZ aşağıda verilen denkleme (3.2.1) göre hesaplanmıştır (Kader, 2005)

$$OÇZ = \frac{\sum f \cdot x}{\sum f} \quad (3.2.1)$$

x = Çimlenme günü

f = x. günde çimlenen tohum sayısı

\sum = Toplam

Çimlenme oranı indeksi (ÇOI), belirli bir dönemde çimlenen tohumların yüzdesini ve çimlenme süresini dikkate alarak hesaplanır. ÇOI aşağıda verilen denkleme (3.2.2) göre hesaplanmıştır (Kader, 2005)

$$\text{ÇOI} = G_1/1 + G_2/2 + \dots + G_x/x \quad (3.2.2)$$

x = Çimlenme günü

G = x. günde çimlenen tohum sayısı

3.3. BİTKİ BÜYÜMESİ

Buğday tohumları, farklı sıcaklık koşullarında (24, 28 ve 32°C) 7 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Yedinci günün sonunda, fidelerin kök ve gövde uzunlukları milimetre ölçekli cetvel kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca, fidelerin kök ve gövdelerinden rastgele seçilen örnekler sekizerli gruplar halinde tartılmış ve taze ağırlıkları belirlenmiştir. Bu fideler daha sonra, ağırlıklarında değişiklik olmayana kadar (yaklaşık 3-4 gün) 70°C sıcaklığındaki etüvde kurutulmuş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Taze ve kuru ağırlık değerleri gram (g) cinsinden kaydedilmiştir.

Vigour indeksi I ve II, tohumların canlılık ve büyüme potansiyelini değerlendirmek için kullanılan bir metriktir. Vigour indeksi I ve II aşağıda verilen denklemlere (3.3.1), (3.3.2) göre hesaplanmıştır (Sunita, 2015)

$$\text{Vigor indeksi I} = (\text{Çimlenme } \%) \times (\text{Fide uzunluğu (Kök + Sürgün)}) \quad (3.3.1)$$

$$\text{Vigor indeksi II} = (\text{Çimlenme } \%) \times (\text{Fide kuru ağırlık (Kök + Sürgün)}) \quad (3.3.2)$$

3.4. KLOROFİL TAYİNİ

Klorofil tayini yapılacak olan bitki kısımlarının (kotiledon ve yaprak) taze ağırlıkları alınarak, %100 aseton içeren bir havanda ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar 3000 g kuvvetinde 15 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Sonrasında süpernatantların absorpsiyon değerleri spektrofotometrede 662, 645, 470 nm dalga boylarında ölçülmüştür (Lichtenthaler ve Buschmann, 2001). Bu ölçüm sonuçlarına dayanarak, klorofil a, klorofil b,

toplam klorofil ve karotenoid içerikleri hesaplanmıştır. Klorofil ve karotenoid miktarları “ $\mu\text{g/mL}$ ” olarak hesaplanmıştır.

3.5. LİPİT PEROKSİDASYONUNUN ÖLÇÜLMESİ

Lipit peroksidasyonu sonucu oluşan malondialdehid (MDA) gibi ürünlerin ölçümü, Jiang ve Zhang (2001) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Kök, gövde ve yaprak kısımlarından yaklaşık 0,3 g taze ağırlık alınarak, 3 ml %0,25 TBA ve %10 TCA içeren tamponla birlikte soğuk havanda ezilmiştir. Elde edilen ekstraktlar, 95°C 'de 30 dakika boyunca su banyosunda inkübe edildikten sonra $+4^{\circ}\text{C}$ 'de bir süre soğutulmuş ve ardından 5000 g kuvvetinde 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Süpernatantların absorbans değerleri 532 ve 600 nm dalga boylarında ölçülmüştür.

3.6. HİDROJEN PEROKSİT (H_2O_2)'İN SPEKTROFOTOMETRİK TAYİNİ

Kök, gövde ve yaprak kısımlarından yaklaşık 0,3 g taze ağırlık alınarak, 3 ml %0,1 TCA içeren tamponla soğuk havanda ezilmiştir. Elde edilen ekstraktlar, 12.000 devir/dakika hızında 30 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Reaksiyon karışımı, süpernatant ile 0,1 mM EDTA, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.8) ve 1 M potasyum iyodür içermektedir. Ölçümler spektrofotometrede 390 nm dalga boyunda yapılmış ve elde edilen absorbans değerleri H_2O_2 standart grafiğine göre hesaplanmıştır (Velikova ve diğ.,2000).

3.7. İSTATİSTİKSEL HESAPLAMALAR

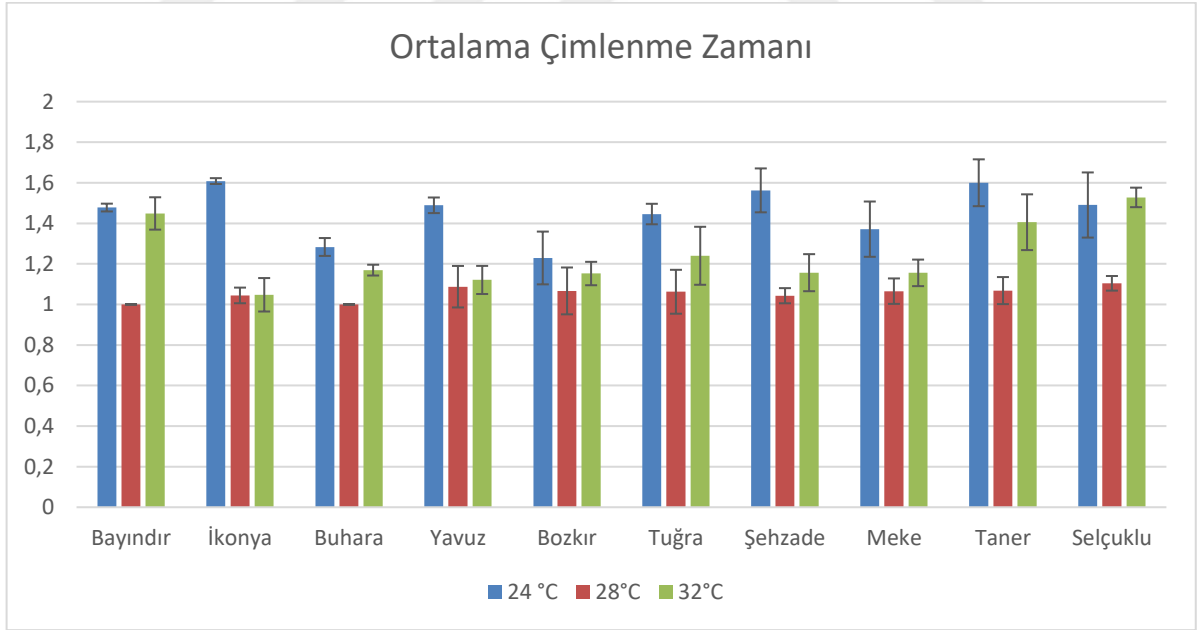
Bu tez çalışmasındaki her bir uygulama üç tekrarlı olarak ve her bir deney en az üç farklı zamanda gerçekleştirildi. Her bir uygulamanın ortalaması ve standart sapması (SD) hesaplandı.

1. BULGULAR

4.1. ÇİMLENME YÜZDESİ

Farklı buğday genotiplerinin (Bayındır, İkonya, Buhara, Yavuz, Bozkır, Tuğra, Şehzade, Meke, Taner ve Selçuklu) tohumları %10'luk sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dk steril edilip 4 saat dH₂O tutulduktan sonra 10 ml dH₂O ile ıslatılmış petri kaplarına ekim yapılmıştır. 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta 7 gün boyunca büyüme odalarında çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenme sonuçları Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 de gösterilmiştir.

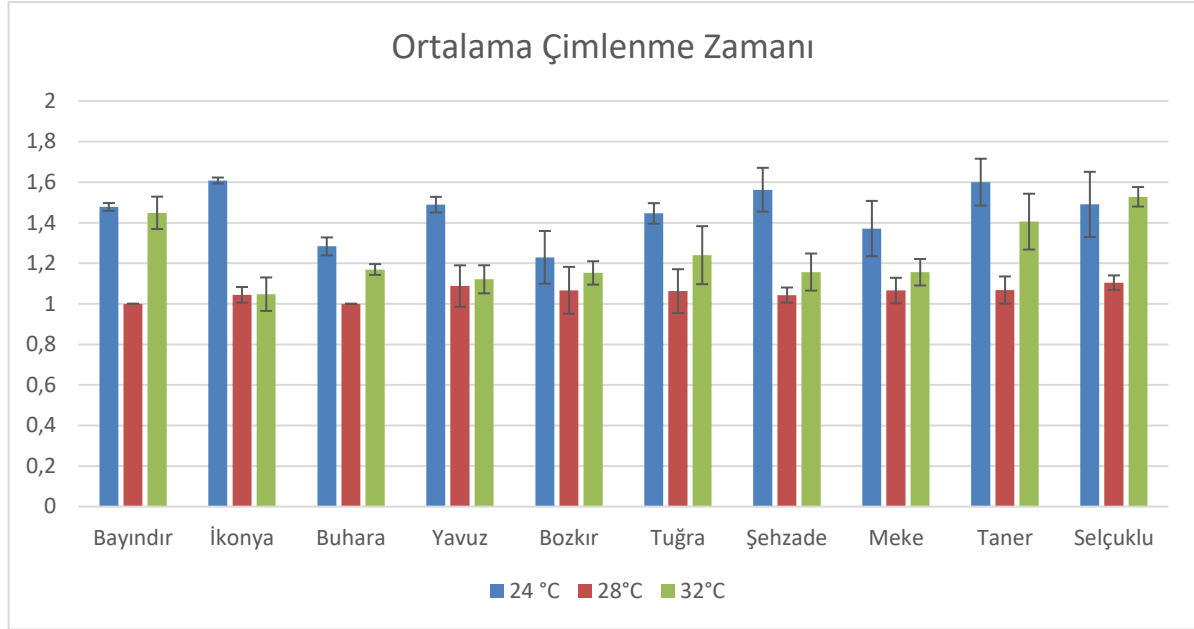
24°C de ortalama çimlenme zamanı en kısa olan tohum çeşitleri 1,22 ve 1,28 gün ile Bozkır ve Buhara türleri olmuştur (Şekil 4.1). Taner ve İkonya genotipleri 1,6 gün ile en uzun ortalama çimlenme süresine sahiptir. 24°C ortam sıcaklığında tüm tohumların ortalama çimlenme süresi 1-1,1 gün arasında gerçekleşmiş olup 3 farklı sıcaklıkta değeri arasında en kısa ortalama çimlenme süresine sahip değerler olmuştur. 28°C sıcaklıkta 1,44, 1,52 ve 1,40 gün ile Bayındır, Selçuklu ve Taner en uzun ortalama çimlenme zamanına sahipken 1gün ile İkonya en kısa ortalama çimlenme zamanına sahip genotip olmuştur.



Şekil 4.1: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta ortalama çimlenme zamanları

Şekil 4.2 de kullanılan tüm tohum çeşitlerinin çimlenme yüzdelerinde 24°C ve 28°C sıcaklıklarda birbirine oldukça yakınken 32°C sıcaklıkta ciddi farklılıklar gözlenmiştir. 32°C sıcaklıkta %97,9 ve %93,7 ile Bayındır ve İkonya en yüksek çimlenme yüzdelerine sahipken

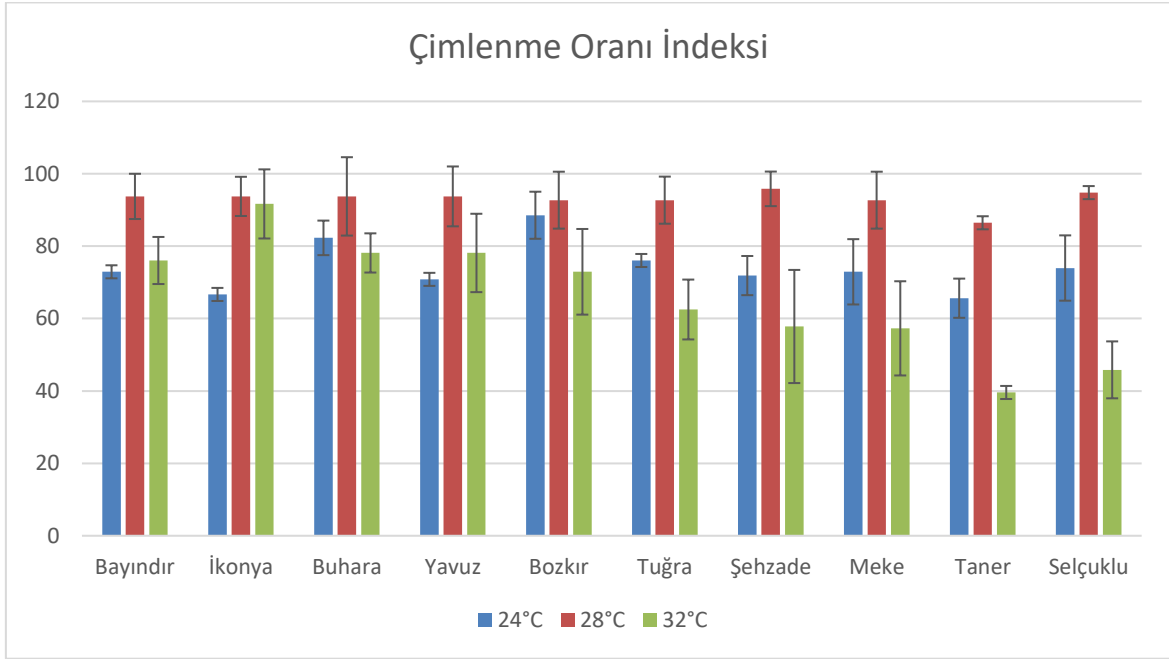
%50 ile Taner en düşük çimlenme yüzdesine sahip olduğu görülmüştür. Taner dışında %62,5 ile Meke, Şehzade ve Selçuklu en düşük çimlenme yüzdesine sahip buğday genotipleri olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.2: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta çimlenme yüzdeleri

Çimlenme oranı indeksi (ÇOI), tohumların çimlenme zamanını ve toplam çimlenme oranını değerlendirmek için kullanılan bir metriktir. Bu değer, tohumların çimlenme hızını ve etkinliğini göstermektedir. ÇOI'nin yüksek olması, tohumların hızlı ve verimli bir şekilde çimlendiğini göstermektedir. Bu indeks tarım bilimciler ve üreticiler için tohum seçiminde ve ürünün kalitesini arttırmada önemli bir göstergedir.

Şekil 4.3 de görüldüğü gibi en yüksek çimlenme oranı indeksi 28°C sıcaklıkta görülmüştür. Çalışmada kullanılan farklı buğday genotiplerinde 28°C çimlenme oranı indeksi oldukça birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Çimlenme oranı indeksinin genel olarak en düşük olduğu sıcaklık 32°C olarak görülmüştür. 32°C de en düşük oranlara ise başta Taner olmak üzere Selçuklu Meke ve Şehzade genotipleri sahip olmuştur. En yüksek çimlenme oranı indeksi ise başta İkonya olmak üzere Bayındır, Buhara ve Yavuz genotiplerinde kaydedilmiştir.



Şekil 4.3: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta çimlenme oranı indeksi

4.2. BİTKİ BÜYÜMESİ

24, 28 ve 32 °C sıcaklıkta imbibisyonu ardışık olarak 7. güne kadar yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarının 7. Günde Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6' da görüldüğü gibi kök ve gövde uzunlukları milimetrik taksimatlı cetvel kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 4.4: 24 °C'deki farklı buğday genotiplerinin kök ve gövde uzunlukları



Şekil 4.5: 28 °C'deki farklı buğday genotiplerinin kök ve gövde uzunlukları

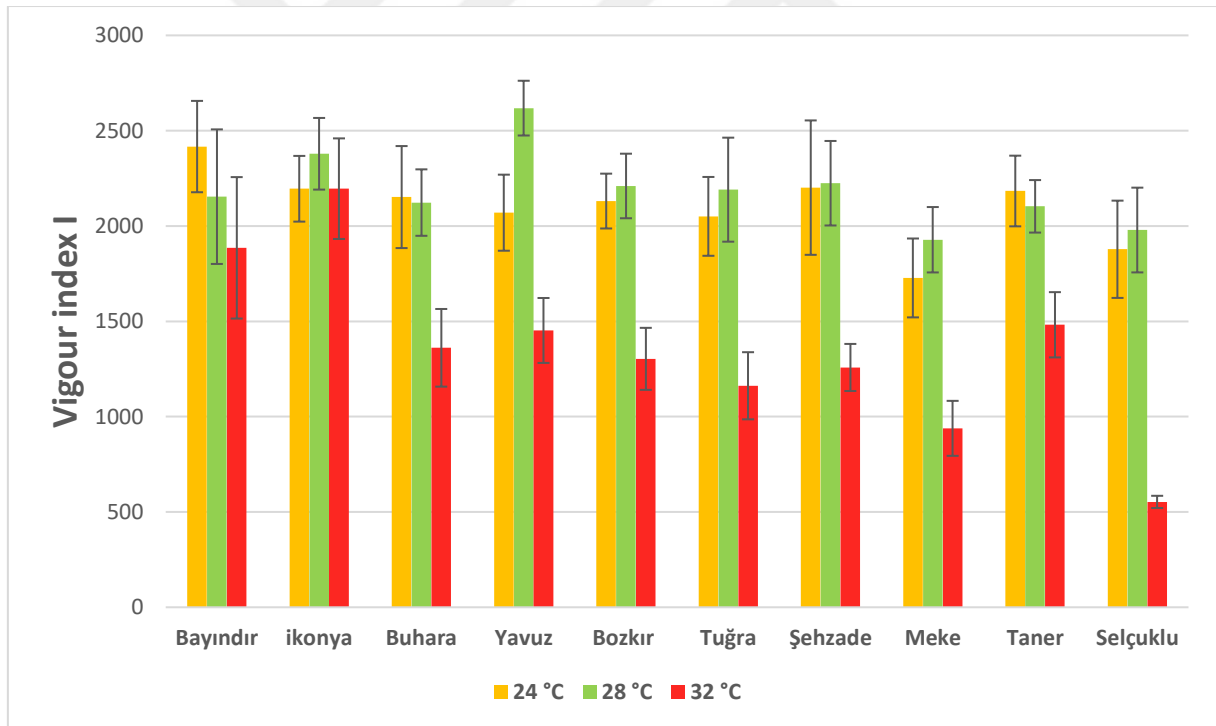


Şekil 4.6: 32 °C'deki farklı buğday genotiplerinin kök ve gövde uzunlukları

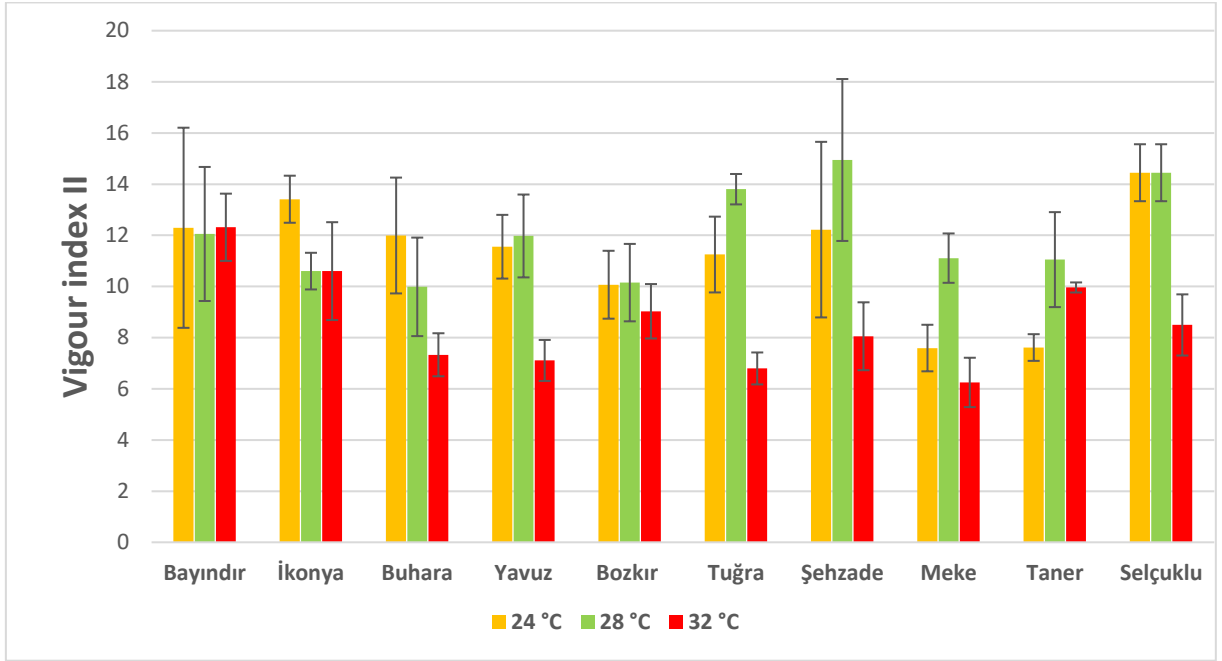
24, 28 ve 32°C sıcaklıkta imbibisyonu ardışık olarak 7. güne kadar çimlendirilen buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarının 7.günde kök ve gövdelerinin taze ve kuru ağırlık miktarları

hassas terazi kullanılarak tespit edilmiştir. Çimlenen buğday tohumlarında "vigour indeks I" (canlılık indeksi I) ve "vigour indeks II" (canlılık indeksi II) tohumların canlılık düzeyini ve büyüme potansiyelini ölçmek için kullanılan bir metriktir. Vigour indeks I kök, Vigour indeks II ise gövde gelişimi hakkında bilgi sağlar. Tohumların vigour indeks I ve vigour indeks II değerleri hesaplanıp Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Çimlenen farklı genotipteki buğday tohumlarının kök ve gövde uzunlukları vigour indeksi I kuru ağırlıkları vigour indeksi II ile paraleldir.

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te görüldüğü gibi vigour indeksleri tüm farklı buğday genotipleri için genel olarak en yüksek değerler 28°C sıcaklıkta tespit edilmiştir. 32°C sıcaklıkta vigour indeks I ve II'de çarpıcı bir düşüş gözlenmiştir. Vigour indeks I için 32°C sıcaklıkta en düşük değerler; Selçuklu, Meke ve Tuğra genotiplerinde kaydedilmiştir. Vigour indeks I'in en yüksek olduğu genotipler ise İkonya, Bayındır ve Taner olmuştur.



Şekil 4.7: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta vigour index I değerleri
Şekil 4.5'te görüldüğü gibi 32°C sıcaklıkta vigour indeks II değeri Meke, Tuğra ve Yavuz genotiplerinde tespit edilmiştir. En yüksek değerler ise Bayındır İkonya ve Taner genotiplerinde gözlenmiştir.

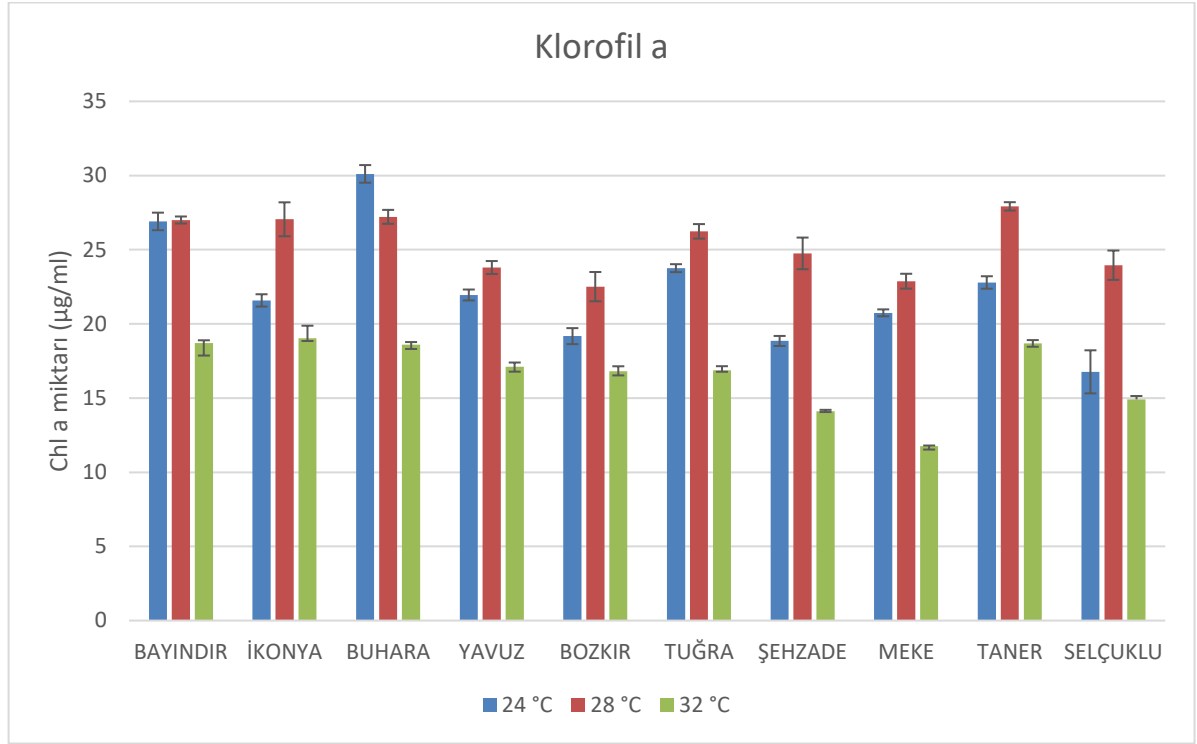


Şekil 4.8: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta vigour indeks II değerleri

4.3. KLOROFİL İÇERİĞİ

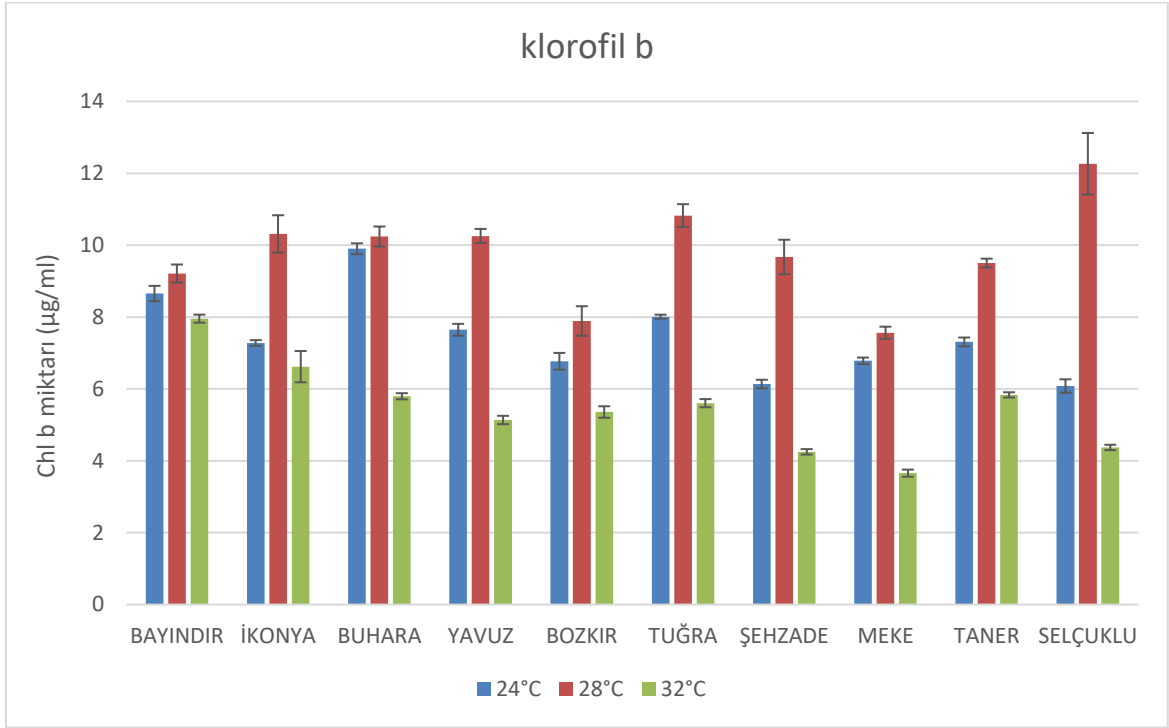
İmbibisyonu ardışık olarak 24, 28 ve 32 °C sıcaklıkta 7. güne kadar yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L) tohumlarının gövdelerinin içerdikleri klorofil a, klorofil b ve total klorofil miktarları Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi genel olarak 28°C sıcaklıkta klorofil a miktarının en yüksek değerleri tespit edilmiştir. 32°C sıcaklıkta tüm farklı buğday genotipleri için klorofil a miktarında belirgin düzeyde azalma olmuştur. 32°C sıcaklıkta en düşük klorofil a miktarına sahip olan genotiplerin Meke, Şehzade ve Selçuklu genotipleri olduğu gözlenirken en yüksek değerlere ise İkonya, Bayındır, Taner ve Buhara genotipleri olduğu tespit edilmiştir.



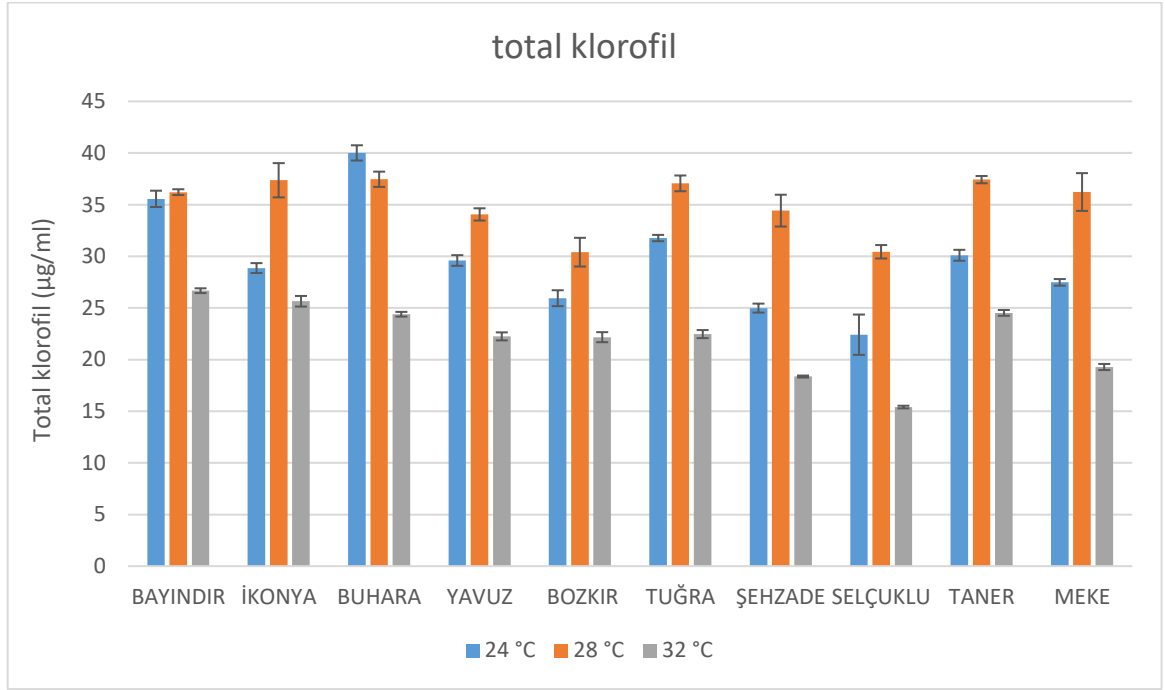
Şekil 4.9: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta klorofil a miktarları

28°C sıcaklıkta klorofil b miktarları incelendiğinde tüm farklı buğday genotiplerinde en yüksek değerler kaydedilmiştir. 32°C sıcaklıkta ise tüm farklı buğday genotiplerinde belirgin bir düşüş gözlenmiştir. 32°C sıcaklıkta klorofil b miktarlarında en düşük değerler; Meke, Şehzade ve Selçuklu genotiplerinde görülürken en yüksek değerler; Bayındır, İkonuya, Taner ve Buhara genotiplerinde görülmüştür. (Şekil4.7)



Şekil 4.10: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta klorofil b miktarları

24, 28 ve 32 °C sıcaklıkta total klorofil miktarlarını değerlendirildiğinde genel olarak tüm farklı buğday genotiplerinde en yüksek miktar 28°C sıcaklıkta ölçülmüştür. Tüm farklı buğday genotiplerinde 32°C sıcaklıkta total klorofil miktarında ciddi bir düşüş izlenmekle beraber en düşük değerler; Selçuklu, Şehzade ve Meke genotiplerinde en yüksek değerler ise Bayındır, İkonya, Taner ve Buhara genotiplerinde gözlenmiştir. (Şekil 4.8)

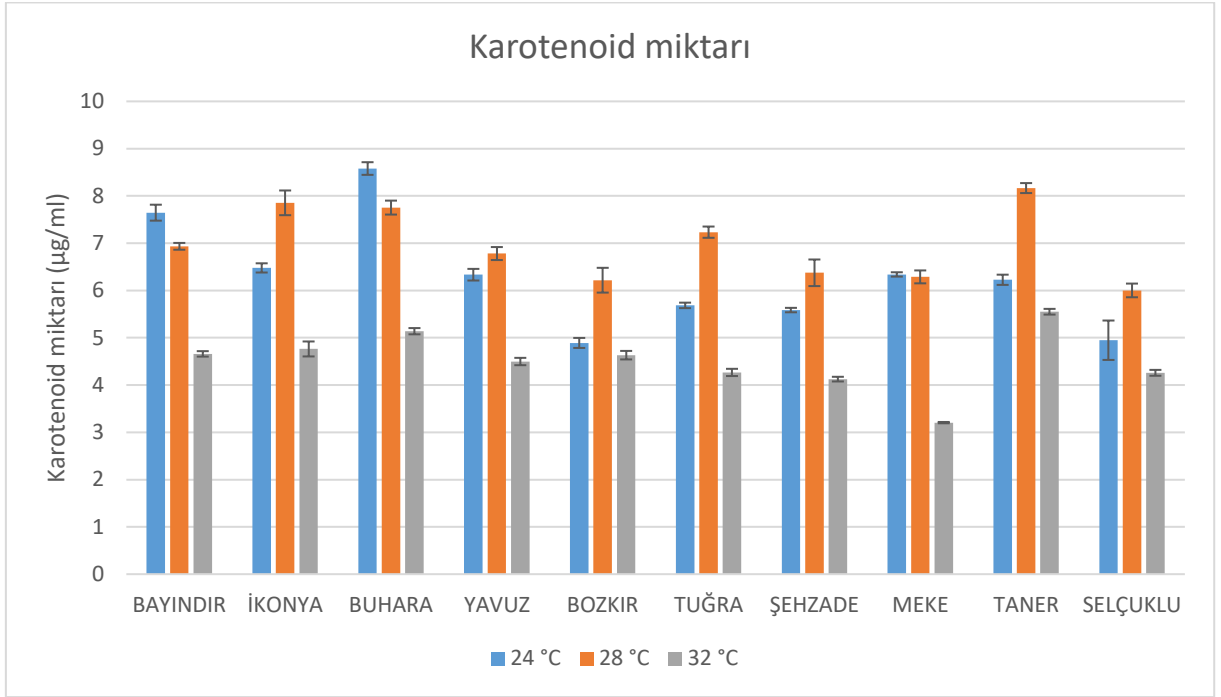


Şekil 4.11: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta total klorofil miktarları

4.4. KAROTENOİD İÇERİĞİ

İmbibisyonu ardışık olarak 24, 28 ve 32 °C sıcaklıkta 7. güne kadar yetiştirilen buğdayın (*Triticum aestivum* L) farklı genotipteki tohumlarının gövdelerinin içerdikleri karotenoid miktarları Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

Bulgulardan anlaşılacağı üzere tohum çimlenmesi sırasında uygulanan 3 farklı sıcaklık değeri arasında 28°C sıcaklıkta en yüksek karotenoid miktarları kaydedilmiştir. Tüm farklı buğday genotiplerinde 32°C de belirgin olarak karotenoid miktarı azalmıştır. 32°C sıcaklıkta en düşük karotenoid miktarları Meke, Şehzade ve Selçuklu genotiplerinde ölçülmüştür. Taner, Buhara, İkonya ve Bayındır genotipleri ise en yüksek karotenoid miktarlarına sahiptir. (Şekil 4.9)

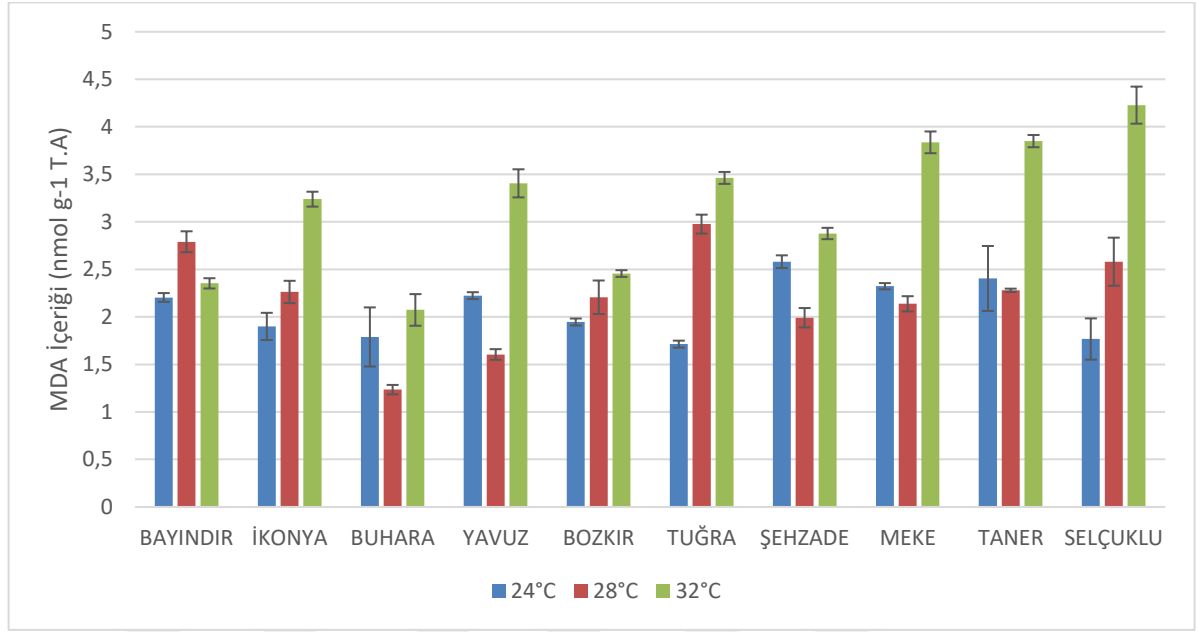


Şekil 4.12: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta karotenoid miktarları

4.5. MALONDİALDEHİT (MDA) İÇERİĞİ

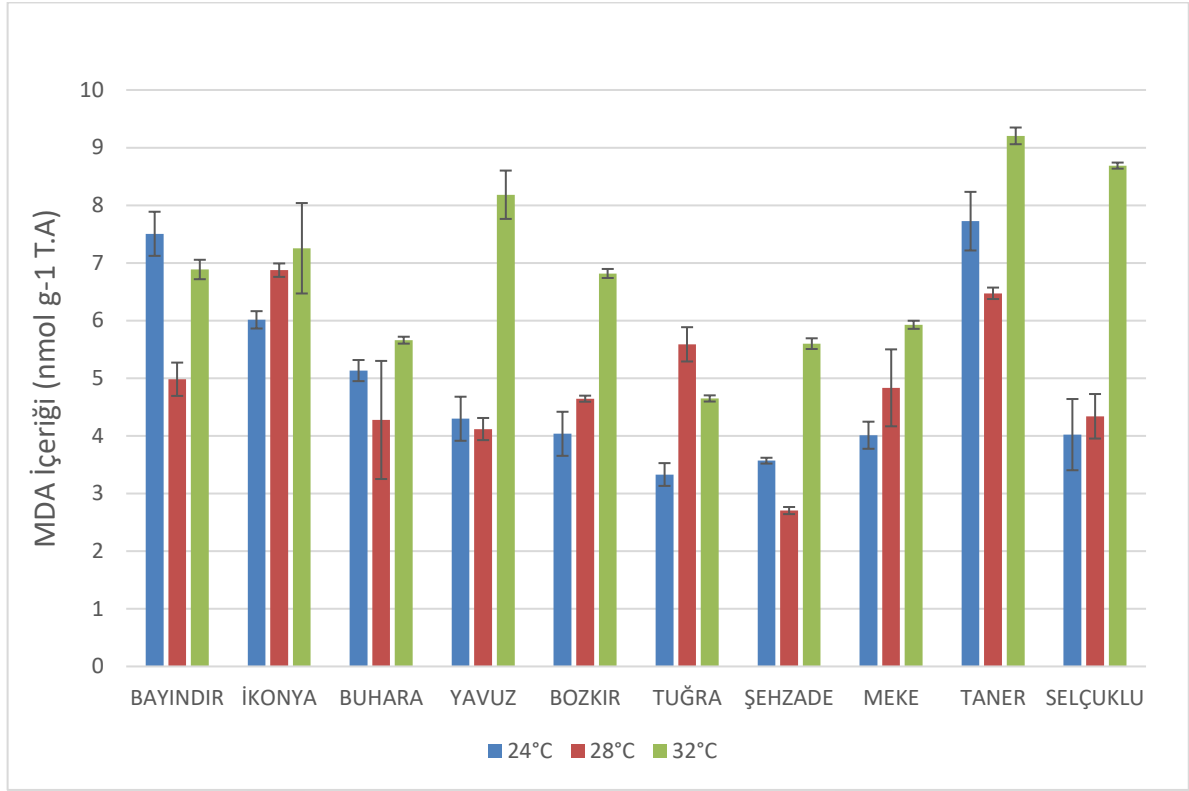
Yüksek sıcaklık uygulamalarında buğday'ın çeşitli kısımlarındaki lipit peroksidasyonu üzerindeki etkileri yıkım ürünlerinden biri olan malondialdehit(MDA) miktarının ölçülmesi ile tespit edildi. 24, 28 ve 32 °C sıcaklıkta 7 gün boyunca yetiştirilen farklı genotiplere sahip buğday tohumlarının kök ve gövdelerindeki malondialdehit (MDA) içeriği ile ilgili veriler Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de verilmiştir.

Yüksek sıcaklık stresine bağlı olarak 32°C sıcaklıkta çimlenen Bayındır genotipi dışında kalan tüm farklı buğday genotiplerinin köklerinde diğer sıcaklık uygulamalarına oranla ciddi şekilde MDA miktarı artmıştır. 32°C sıcaklıkta en yüksek MDA miktarı Selçuklu, Taner, Meke ve Tuğra genotiplerinde tespit edilmiştir. En düşük artış ise Buhara, Bayındır ve Bozkır genotiplerinde ölçülmüştür. (Şekil 4.10)



Şekil 4.13: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta köklerinde bulunan MDA miktarları

Tüm farklı buğday genotiplerinin gövdelerinde ölçülen MDA miktarı Bayındır ve Tuğra genotipi dışında 32°C sıcaklıkta diğer sıcaklara oranla yüksek bulunmuştur. Bayındır genotipinde en yüksek MDA değeri 24°C sıcaklıkta Tuğra genotipi için ise 28°C sıcaklıkta tespit edilmiştir. 32°C için en yüksek MDA değerlerine Taner, Selçuklu ve Yavuz genotipleri sahipken en düşük değerler ise Tuğra, Buhara ve Şehzade genotiplerinde söz konusu olmuştur. (Şekil 4.11)

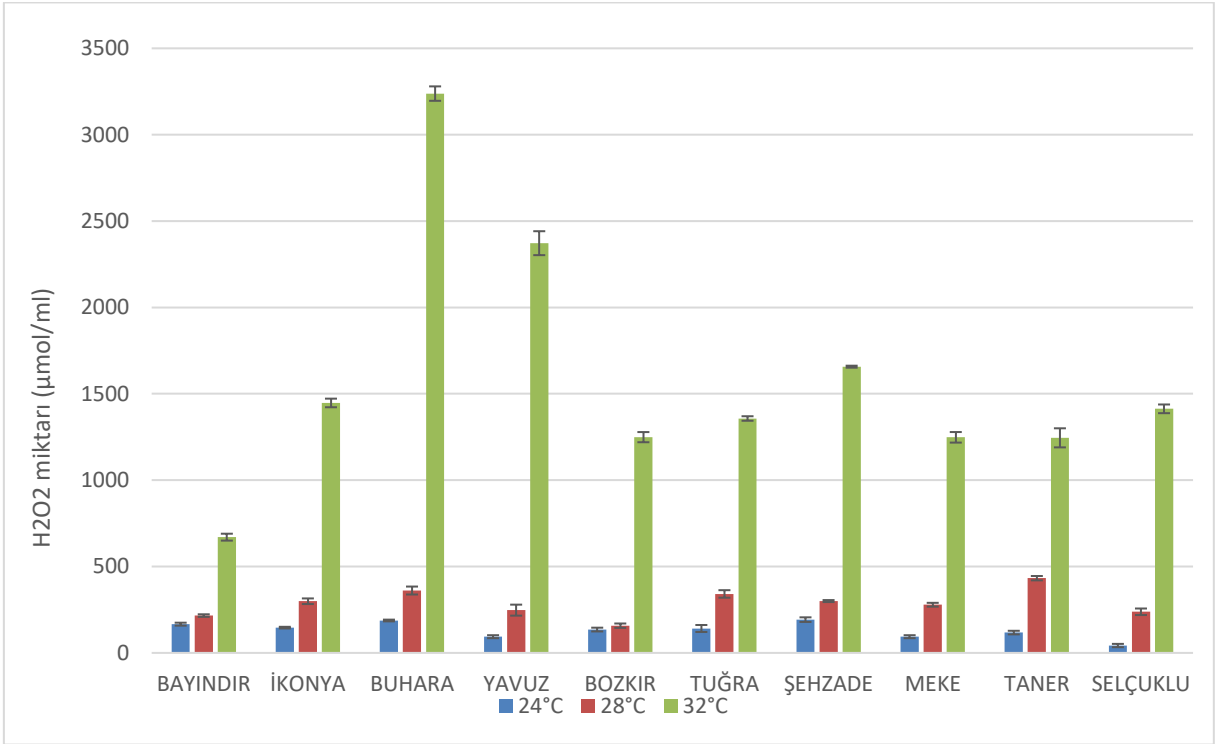


Şekil 4.14: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta gövdelerinde bulunan MDA miktarları

4.6. HİDROJEN PEROKSİT (H₂O₂) İÇERİĞİ

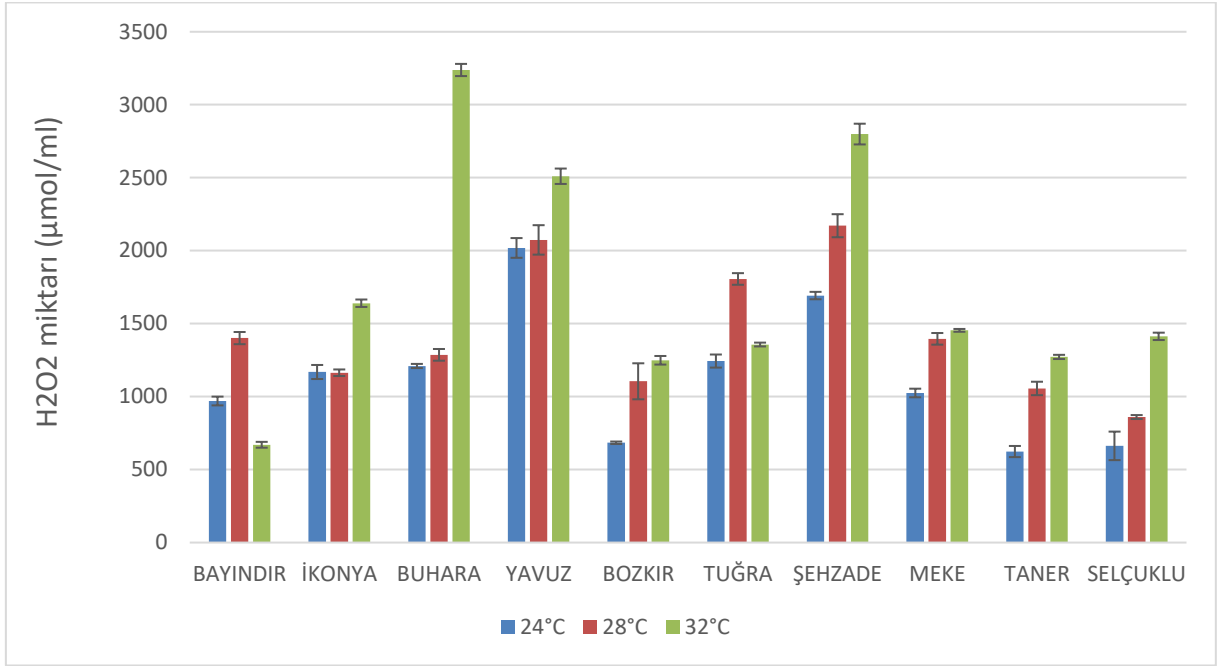
İmbibisyonu ardışık olarak 24, 28 ve 32 °C sıcaklıkta 7. güne kadar yetiştirilen buğdayın (*Triticum aestivum* L) farklı genotipteki tohumlarının kök ve gövdelerinin içerdiği H₂O₂ miktarları Şekil 4.12, ve Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

Kademeli artan sıcaklıklara paralel tüm farklı buğday genotiplerinin köklerinde bulunan H₂O₂ miktarı artış göstermiştir. 32°C sıcaklıkta H₂O₂ miktarında belirgin bir artış gözlenmiştir. 32°C sıcaklıkta H₂O₂ miktarında en yüksek değerler; Buhara, Yavuz ve Şehzade genotiplerinde kaydedilirken en düşük değerler ise Bayındır ve Bozkır genotiplerinde görülmüştür. (Şekil 4.12)



Şekil 4.15: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta köklerinde bulunan H₂O₂ miktarları

Kademeli artan sıcaklıklarda Bayındır dışında tüm farklı buğday genotiplerinin gövdelerinde bulunan H₂O₂ miktarı artış göstermiştir. 32°C sıcaklıkta H₂O₂ miktarının en yüksek olduğu genotipler Buhara, Şehzade ve Yavuz olmuştur. En düşük değerler ise Bayındır, Bozkır ve Taner genotiplerinde tespit edilmiştir. (Şekil 4.13)



Şekil 4.16: Farklı buğday genotiplerinin 24, 28 ve 32°C sıcaklıkta gövdelerinde bulunan H₂O₂ miktarları

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda artan küresel ısınma ile sıcaklık stresi, özellikle ılıman iklim bölgelerinde verim ve kuru madde oranı kayıplarının en önemli nedenleri arasında yer almaktadır (Amani ve diğ.,1996). Sıcaklık, bitkisel ürünlerin üretim, verim ve kalitesini önemli oranda sınırlandıran çevresel faktörlerden birisidir (Hochman ve diğ., 2017). Bu nedenle, bitki türlerinin ve çeşitlerin yüksek sıcaklık toleransının belirlenmesi, gelecekte yüksek sıcaklığa dayanıklı tür ve çeşitlerin geliştirilmesi ve verimli bir yetiştiricilik yapılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında, buğday (*Triticum aestivum* L.) bitkisinde yüksek sıcaklığa tolerans açısından genotipik farklılıklar, morfolojik ve fizyolojik değişiklikler ve bu değişikliklerin sıcaklık toleransı ile etkileşimleri araştırılmıştır.

Sıcaklık stresi, buğday bitkisinin fide dönemi ve üreme dönemi gibi çeşitli aşamalarında önemli bir role sahiptir (Farooq ve diğ., 2011). Lu ve diğ. (2022) yaptıkları çalışmada toplamda 40 buğday genotipini, fide ve yetişkin büyüme evrelerindeki sıcaklık toleransı performansları açısından değerlendirmişlerdir. Fide aşamasında, kök uzunluklarında buğday genotipleri arasında önemli farklılıklar gözlemlerken ısıya toleranslı genotipler, duyarlı olanlara kıyasla daha az kök uzunluğu azalması göstermişlerdir. Fide aşamasında sıcaklığa toleranslı genotipler, yetişkin dönemde yüksek verim sergilediğini tespit etmişlerdir. Aynı zamanda yüksek sıcaklık stresi altında buğday fidelerinin kökleri, sürgünlerden daha fazla etkilenmiş olup, buğday genotiplerinde yüksek sıcaklık stresi ile kök ve gövde uzunluklarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Alsamadany (2016) buğdayın erken büyüme evresindeki genetik varyasyonu araştırmak amacıyla 499 buğday genotipini fide evresinde incelemiştir. Genotipler, sıcaklık toleransı açısından değerlendirilmek üzere sıcaklık stresi (35 °C) ve stres olmayan (25 °C) koşullara maruz bırakıldığında fide uzunluklarının 35 °C sıcaklıkta 25 °C' ye göre %48,5 azaldığı saptanmıştır. Sıcaklık, çeşitli buğday çeşitlerinin çimlenme ile ilgili özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda, buğday tohum çimlenmesi için en uygun sıcaklığın 20- 22°C olduğunu göstermektedir (Buriro ve diğ., 2011). Sharma ve diğ. (2022) tarafından yapılan çalışma, farklı sıcaklıklarda (20°C, 25°C, 30°C ve 35°C) buğday tohumlarının çimlenme ve erken fide gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Yüksek sıcaklıkların (30°C ve 35°C) çimlenme oranlarını ve fide canlılığını azalttığı, ancak antioksidan

enzim aktivitelerini artırdığı tespit edilmiştir. Bu da yüksek sıcaklıkların stres yanıt mekanizmasını tetiklediğini göstermektedir.”

Bu tez çalışmasında Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden alınan "Bayındır", "İkonya", "Buhara", "Yavuz", "Bozkır", "Tuğra", "Şehzade", "Meke", "Taner" ve "Selçuklu" olmak üzere 10 farklı buğday genotipi tohumlarının çimlenmesinde yüksek sıcaklık stresinin etkisi incelenmiştir. Genotipler 24°C, 28°C ve 32°C sıcaklık ortamlarında değerlendirilmek üzere çimlendirilmiştir. Farklı genotipler için ortalama çimlenme süresi 28°C sıcaklıkta birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. 32°C sıcaklıkta 1,44, 1,52 ve 1,40 gün "Bayındır", "Selçuklu" ve "Taner" ile en uzun ortalama çimlenme zamanına sahipken 1 gün ile "İkonya" en kısa ortalama çimlenme zamanına sahip genotip olmuştur. Farklı buğday genotiplerinde, ortalama çimlenme yüzdeleri 24 °C ve 28 °C sıcaklıklarında birbirine oldukça yakındır; ancak 32 °C sıcaklıkta ciddi bir azalma gözlenmiştir. 32°C sıcaklıkta, en yüksek çimlenme yüzdelerine %97,9 ve %93,7 ile "Bayındır" ve "İkonya" sahipken, en düşük çimlenme yüzdesine ise %50 ile "Taner" genotipinde bulunmuştur. "Taner" dışında, %62,5 ile "Meke", "Şehzade" ve "Selçuklu" en düşük çimlenme yüzdelerine sahip buğday genotipleri olarak gözlenmiştir. Yüksek sıcaklık stresine bağlı olarak çimlenme oranı indeksinde düşüş gözlenmiştir. Yüksek sıcaklık stresine bağlı olarak kök ve gövde uzunlukları azalmıştır. Diğer yandan kök uzunluğundaki azalma miktarındaki değişim gövde uzunluğuna göre daha belirgin gerçekleşmiştir. Kök ve gövde uzunluk verilerine göre kök ve gövde taze ve kuru ağırlıkları paralellik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Lu ve diğ. (2022) yaptığı çalışma ile uyumluluk göstermektedir. Khaeim ve diğ. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada altı farklı sıcaklık seviyesi kullanılmıştır. 5, 10, 15, 20, 25 ve 30°C sıcaklıklarda buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarının çeşitli abiyotik stres faktörleri altında çimlenmesini ve büyümesini değerlendirilmiştir. Sıcaklık ve nem, çimlenme ve fide büyümesinde temel faktörleridir. Yüksek sıcaklığa bağlı tohum çimlenmesi ve fide gelişimi olumsuz etkilenmiştir. Thakur ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada sıcaklık stresi altında buğday fidelerinin iki buğday varyetesinin kök, sürgün uzunluklarını ve kuru ağırlıklarını önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır.

Bu tez çalışmasında kullanılan tüm farklı buğday genotiplerinde yüksek sıcaklık stresi ile kök ve gövde uzunluklarında azalma buna paralel olarak taze ve kuru kök ve gövde ağırlıklarında

düşüş kaydedilmiştir. Bu veriler baz alınarak hesaplanan vigour indeks I ve II için 32 °C sıcaklıkta en yüksek değerler "İkonya", "Bayındır" ve "Taner" genotiplerinde ölçülmüştür.

Suliman ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan çalışmada, üç buğday çeşidi üzerinde çeşitli sıcaklık (25, 30 ve 35 °C) ve su potansiyelleri kullanılarak yüksek sıcaklık ve kuraklık stresleri altında su alımı, çimlenme ve erken fide büyüme özellikleri ölçülmüştür. Yüksek sıcaklık, çimlenme yüzdesini %39,2, çimlenme indeksini %35,4 ve sürgün taze ağırlığını %48,6 oranında azaltmıştır.

Yüksek sıcaklık stresi, bitki metabolizmasında çeşitli aktif oksijen türlerinin üretimini hızlandırarak bitkide ikincil olarak oksidatif strese neden olan olumsuz etkilerden biridir. (Wahid ve ark., 2007). Bitki dokularında birikmeye başlayan aktif oksijen türleri, membran lipidlerinin ve pigment moleküllerinin peroksidasyonuna yol açmaktadır (Xu ve ark., 2006). Sıcaklık, çimlenme sürecinde kritik bir rol oynar ve optimal aralıklardan sapması antioksidan enzimlerin aktivitesini tetiklemektedir. Çevredeki sıcaklık değişiklikleri, çimlenen tohumların biyokimyasını etkilemektedir. Farklı sıcaklıklarda gelişen fidelerde bu enzimlerin aktivitelerinde belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir (Sharma ve diğ., 2022). AOT sentezi, bitki sistemlerinin abiyotik streslere yanıt olarak en yaygın tepkisidir. Yüksek sıcaklık, çeşitli AOT moleküllerinin oluşumunu hızlandırır, bunlar arasında tekli oksijen (1O_2), süperoksit anyonu (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) vb. bulunmaktadır, bu durum da oksidatif strese neden olmaktadır (Mittler 2002 yin ve diğ.,2007).

Doğru (2021) tarafından yapılan çalışmada hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkisinde yüksek sıcaklık stresi kotiledonlarda yüksek sıcaklık stresi altında etkili bir oksijen detoksifikasyonunun gerçekleştiğini ve H_2O_2 oluşumunun gerçekleştiğini göstermektedir. Tez çalışmasında H_2O_2 analizleri de bu düşüncüyü tamamen destekleyen sonuçlar vermiştir. Aktif oksijen türlerinden biri olan H_2O_2 , normal metabolik süreçler sonucunda biyolojik sistemlerde üretilmektedir ve birçok biyokimyasal ve fizyolojik süreçte rol oynamaktadır. Düşük H_2O_2 seviyesi, antioksidan savunma sisteminin aktif olduğunu, yüksek H_2O_2 seviyesi ise dokularda oksidatif hasarın varlığını göstermektedir. (Liu ve ark., 2010). Stres faktörlerinden etkilenen bitkilerde ilk hedef bölge hücre zarıdır. Sıcaklık stresi dahil tüm abiyotik stres faktörlerinin etkisi altındaki bitkilerde hücre zarı hasarları, MDA (malondialdehit) miktarı ile ölçülmektedir. MDA, hücre zarındaki fosfolipitlerin oksidatif hasarın ve lipid peroksidasyonunun bir göstergesidir. (Güneş ve ark., 2007). Özetle, dokulardaki MDA

miktarındaki değişiklikler, bitki türleri ve genotipleri arasında sıcaklık stresine karşı tolerans ve duyarlılık derecelerini belirlemede önemli bir ölçüt olarak kabul edilmektedir (Jain ve ark., 2001).

Yaptığımız tez çalışmasında "Bayındır" ve "Tuğra" genotipleri dışındaki diğer sekiz buğday genotipinde 32°C yüksek sıcaklık stresine bağlı gövdede bulunan H₂O₂ miktarı diğer sıcaklık uygulamalarına göre daha yüksek kaydedilmiştir. Köklerde bulunan H₂O₂ miktarını değerlendirdiğimizde tüm genotiplerde yüksek sıcaklık stresine bağlı H₂O₂ miktarında belirgin bir artış olmuştur. En yüksek artış "Buhara" genotipinde gözlenirken en düşük artış "Bayındır" genotipinde gözlenmiştir. Buğday genotiplerinin köklerinde bulunan MDA miktarını değerlendirdiğimizde "Bayındır" genotipi dışında diğer bütün genotiplerde en yüksek MDA miktarı 32°C sıcaklıkta kaydedilmiştir. Gövdede bulunan MDA miktarının en düşük olduğu genotipler "Tuğra" ve "Buhara" olmuştur.

Hidrojen peroksit (H₂O₂), bitki fizyolojik ve gelişimsel süreçlerinde ve stresle başa çıkmada çift rol oynayan aktif bir moleküldür. H₂O₂'nin biyolojik sistemlerde gerçekleştirdiği olumlu ve olumsuz işlevler arasındaki karşılıklı ilişki, H₂O₂ konsantrasyonuna, fizyolojik koşullara ve H₂O₂'den etkilenen süreçlerin özgülüklerine bağlıdır (Wojtyla ve diğ., 2016).

Klorofil molekülleri, kloroplastların tilakoid zarlarında bulunur ve ışık enerjisini emerek elektron taşınım reaksiyonlarını başlatan temel fotosentetik pigmentlerdir (Wang ve diğ., 2018). Normal büyüme koşullarında, bitki yapraklarındaki klorofil miktarının bu moleküllerin sentezi ve yıkımı arasında bir denge olması nedeniyle neredeyse sabit kaldığı bildirilmiştir (Wang ve diğ., 2018). Ancak yüksek sıcaklık gibi çevresel stres faktörlerine maruz kalan bitkilerde genellikle klorofil miktarının azalmasıyla birlikte yapraklarda sararma ve kloroz gibi belirtilerin ortaya çıktığı öne sürülmüştür (Rossi ve ark., 2017). Doğru (2011) tarafından yapılan araştırmada, hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkisinin yüksek sıcaklık stresi altında klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarının sıcaklık artışıyla birlikte düzenli bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Buğday bitkilerinde, yüksek sıcaklık stresinin kloroz oluşumuna neden olduğu Akter ve Islam (2017) tarafından gözlemlenmiştir. Bir çalışmada, yüksek sıcaklık uygulamasının ardından klorofillaz ve klorofil parçalayan peroksidaz enzimlerinin aktivitelerinde artış olduğu ve bu durumun klorofil miktarının belirgin şekilde azalmasına yol açtığı bulunmuştur (Wang ve ark., 2018).

Karotenoidler, tekli uyarılmış oksijen radikallerinin oluşumunu engelleyen ve üçlü uyarılmış klorofil moleküllerinin zararlı veya toksik maddelerin vücut veya hücreler tarafından zararsız hale getirilmesi veya etkisiz hale getirilmesi sürecinden sorumlu olan antioksidan sistemin enzimatik olmayan bileşenleri olarak kabul edilmektedir (Trebst, 2003). Hashimoto ve diğ. (2016), karotenoidlerin klorofil moleküllerinin fotooksidasyonundan korunmasına yardımcı olan pigmentler olduğunu vurgulamışlardır. Kumar ve diğ. (2020), yüksek sıcaklık stresine dayanıklı nohut çeşitlerinin yapraklarında klorofil ve karotenoid pigmentlerinin yüksek miktarda bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarının sıcaklık artışı ile azaldığı gözlenmiştir. 32°C Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarındaki en az azalma "Bayındır" genotipinde gözlenmiştir. 32°C sıcaklıkta en yüksek karotenoid miktarının en yüksek olduğu genotipler; "Buhara" ve "Taner" olmuştur.

Sonuç olarak, düşük yağış veya kuraklık koşullarına geniş ölçüde uyum sağlayan buğday genotipleri daha yüksek verim sağlamakta (Cattivelli ve diğ., 2008) ve birçok ülkede buğday üretimini istikrarlı hale getirmektedir (Rajaram, 2001). Bu çalışmada incelenen genotipler arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. "Bayındır", "İkonya" ve "Buhara" genotipleri yüksek çimlenme yüzdesi ve çimlenme oranı indeksine sahip olmuştur. Bu nedenle, bu genotipler sağlıklı çimlenme ve güçlü büyüme için yüksek sıcaklık stresi koşulları altında daha iyi genotiplerin geliştirilmesi için genitör olarak kullanılabilirler. Ayrıca, "Bayındır", "İkonya" ve "Taner" genotiplerinde yüksek vigour indeksi I ve II değerleri belirlenmiştir. Dolayısıyla, bu genotipler tarla veya in vivo koşullarında yapılan yüksek sıcaklık tolerans araştırmaları için uygun adaylar olarak değerlendirilebilirler. |

KAYNAKLAR

- Abbas, G., Ahmad, S., Ahmad, A., Nasim, W., Fatima, Z., Hussain, S., Hoogenboom, G., 2017, Quantification the impacts of climate change and crop management on phenology of maize-based cropping system in Punjab, *Agricultural and Forest Meteorology*, 247, 42-55.
- Abdel-Ghani, A. H., Al-Dalain, S. A., Thaher, N. H., Owais, S. J., Sarayrh, S. I., Mayta, R., Duwayri, M. A., 2020, The response of durum wheat varieties from semi-arid environment to drought stress on germination and at the seedling stage, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(2), 300-308.
- Achtar, S., Moualla, M., Kalhout, A., Röder, S., Mir Ali, N., 2010, Assessment of Genetic Diversity among Syrian durum (*Triticum ssp.*) and Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Using SSR Markers, *Russian Journal of Genetics*, 46 (11), 1320–1326.
- Aderounmu, A. F., Nkemnkeng, F. J., Anjah, G. M., 2020, Effects of seed provenance and growth media on the growth performance of *Vitellaria paradoxa* CF Gaertn, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(8), 2659-2669.
- Ahmad, M., Waraich, E. A., Skalicky, M., Hussain, S., Zulfiqar, U., Anjum, M. Z., El Sabagh, A., 2021, Adaptation strategies to improve the resistance of oilseed crops to heat stress under a changing climate: An overview, *Frontiers in plant science*, 12, 767150.
- Aksoy, Y., 2002, Antioksidan mekanizmada glutatyonun rolü, *T Klin Tıp Bilimleri*, 22, 442-448.
- Aktaş, H., 2007, *Türkiye Orjinli Yabani Diploid Buğday (T. monococcum spp. boeoticum) Populasyonlarının Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akter, N., Islam, M.R., 2017. Heat stress effects and management in wheat, A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 37-53.
- Ali, S., Rizwan, M., Arif, M. S., Ahmad, R., Hasanuzzaman, M., Ali, B., Hussain, A., 2020, Approaches in enhancing thermotolerance in plants: an updated review, *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 456-480.
- Alsamadany, H., 2016, *Diversity and genetic studies of heat tolerance in wheat*, Thesis (Phd), The University of Western Australia.
- Amani, I., Fischer, R. A., Reynolds, M. P., 1996, Canopy temperature depression association with yield of irrigated spring wheat cultivars in a hot climate, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 176(2), 119-129.
- Andronis, E. A., Moschou, P. N., Toumi, I., Roubelakis-Angelakis, K. A., 2014, Peroxisomal polyamine oxidase and NADPH-oxidase cross-talk for ROS homeostasis which affects respiration rate in *Arabidopsis thaliana*, *Frontiers in plant science*, 5, 132.

- Ashraf, M. A., Riaz, M., Arif, M. S., Rasheed, R., Iqbal, M., Hussain, I., Mubarak, M. S., 2019, *The role of non-enzymatic antioxidants in improving abiotic stress tolerance in plants*, In Plant tolerance to environmental stress, CRC Press, 129-144.
- Ashraf, M. F. M. R., Foolad, M. R., 2007, Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance, *Environmental and experimental botany*, 59(2), 206-216.
- Avşar, M. D., 2020, Tohum kalitesi ile ilgili bazı terim ve ifadeler üzerine bir değerlendirme, *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 436-441.
- Bastos, L. M., Carciochi, W., Lollato, R. P., Jaenisch, B. R., Rezende, C. R., Schwalbert, R., Vara Prasad, P.V., Zhang, G., Fritz, A.K., Foster, C., Ciampitti, I. A., 2020, Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A review and field studies, *Frontiers in plant science*, 11, 54.
- Başaran, F., Akçin, Z. T. A., 2022, Sıcaklık Faktörünün Bitkiler Üzerindeki Etkileri ve Yüksek Sıcaklık Stresi, *Bahçe*, 51(2), 139-147.
- Başaran, M., Karaman, M., Okan, M., Bilge, U., Okur D., 2020, Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) kalite özellikleri ile tane veriminin etkileşimi ve uygun genotip seçimi, *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 609-622.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt., K.V., 2003, Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review, *Annals of Botany*, 91 (2), 179-194.
- Boesewinkel, F. D., Bouman, F., 1984, *The seed: structure*. In Embryology of angiosperms, In: B. M. Johri (Ed), Chapter 12, Springer Berlin Heidelberg, 567-610, Berlin.
- Boyer, J. S., 1982, Plant productivity and environment, *Science*, 218(4571), 443-448.
- Boyraz, M., Korkmaz, H., Durmaz, A., 2019, Tohumda dormansi ve çimlenme, *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2(3), 92-105.
- Buriro, M., Oad, F. C., Keerio, M. I., Tunio, S., Gandahi, A. W., Hassan, S. W. U., Oad, S. M., 2011, Wheat seed germination under the influence of temperature regimes, *Sarhad J. Agric*, 27(4), 539-543.
- Buriro, M., Oad, F. C., Keerio, M. I., Tunio, S., Gandahi, A. W., Hassan, S. W. U., Oad, S. M., 2011, Wheat seed germination under the influence of temperature regimes, *Sarhad J. Agric*, 27(4), 539-543.
- Büyük, İ., Soydam-Aydin, S., Aras, S., 2012, Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar, *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2), 90-103.
- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F. W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A. M., Francia, E., Stanca, A. M., 2008, Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics, *Field crops research*, 105(1-2), 1-14.
- Ceylan, H., 2010, *Türkiye Orijinli Bazı Buğday Çeşitlerinde Peroksidaz Gen Polimorfizminin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Dias, A. S., Lidon, F. C., 2009, Evaluation of grain filling rate and duration in bread and durum wheat, under heat stress after anthesis, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(2), 137-147.
- Dixon D.P., Cummins L., Cole D.J., Edwards R., 1998, Glutathione-mediated detoxification systems in plants, *Current Opinion in Plant Biology*, 1, 258-266.
- Doğru, A., 2021, Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Bitkisinin Yüksek Sıcaklık Stresine Verdiği Antioksidant Cevaplar, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 42-48.
- Doğru, A., 2019, Bitkilerde Antioksidan Sistemler ve Tuz Stresine Verdikleri Yanıtlar, *Uluslararası Doğru Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 1(2), 164-185.
- Efeoglu, B., Terzioğlu, S., 2009, Photosynthetic responses of two wheat varieties to high temperature, *EurAsia J BioSci*, 3, 97-106.
- Elliott, G., 1999, Application of antioxidant vitamins in foods and beverages *Food Technology*, 53(2), 46-48.
- Elstner, E. F. I. O. B., 1991, Mechanisms of oxygen activation in different compartments of plant cells, *Active Oxygen/Oxidative Stress and Plant Metabolism*, 6, 13-26.
- Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., Siddique, K. H., 2011, Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(6), 491-507.
- Finch-Savage, W. E., Bassel, G. W., 2016, Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation, *Journal of experimental botany*, 67(3), 567-591.
- Güneş, A., İnal, A., Bağcı, E.G., Pilbeam, D., 2007, Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic-B toxic soil. *Plant and Soil*, 290(1), 103-114.
- Güneş, E., Gübbük, H., 2006, değişik papaya çeşitlerinde (*Carica papaya* L.) Tohumlarına yapılan bazı ön işlemlerin tohum çimlenme oranı ve süresi üzerine etkileri, *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 19(1), 107-114.
- Gürbüz, S. G., 2021, *Ekmeklik buğday (Triticum aestivum L.) yetiştirilen alanların bitki besleme kapasitelerinin toprak analizleri ile belirlenmesi: Tekirdağ ili Ergene ilçesi örneği*, Yüksek Lisans, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- Hampson, C. R., Simpson, G. M., 1990, Effects of temperature, salt, and osmotic potential on early growth of wheat (*Triticum aestivum*). I. Germination, *Canadian Journal of Botany*, 68(3), 524-528.
- Hasanuzzaman, M., K. Nahar, M. Alam, R. Roychowdhury, M. Fujita., 2013, Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants, *International Journal of Molecular Sciences*, 14(5), 9643-9684.

- Hashimoto, H., Urugami, C., Cogdell, R. J., 2016, Carotenoids and photosynthesis, *Carotenoids in nature: Biosynthesis, regulation and function*, 111-139.
- Havaux, M., 1993, Rapid photosynthetic adaptation to heat stress triggered in potato leaves by moderately elevated temperatures, *Plant, Cell & Environment*, 16(4), 461-467.
- He, Y., Huang, W., Pu, Z., Li, M., Cheng, M., Liu, Y., Dong, H., Qi, P., Guo, X., Jiang, Q., Wei, Y., Wang, J., 2022, Temporal transcriptomes unravel the effects of heat stress on seed germination during wheat grain filling, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 208(5), 709-720.
- Hilhorst, H. W., 1995, A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy¹, *Seed Science Research*, 5(2), 61-73.
- Hilhorst, H. W., 1998, The regulation of secondary dormancy The membrane hypothesis revisite, *Seed science research*, 8(2), 77-90.
- Hochman, Z., Gobbett, D. L., Horan, H., 2017, Climate trends account for stalled wheat yields in Australia since 1990. *Global change biology*, 23(5), 2071-2081.
- Horemans N., Foyer C.H., Asard H., 2000, Transport and action of ascorbate at the plant plasma membrane, *Trends in Plant Science*, 5, 263-267.
- Hsu S.Y., Kao C.H., 2003, The protective effect of free radical scavengers and metal chelators on polyethylene glycol-treated leaves, *Biologia Plantarum*, 46: 617-619.
- Iqbal, M., Raja, N. I., Yasmeen, F., Hussain, M., Ejaz, M., & Shah, M. A., 2017, Impacts of heat stress on wheat: a critical review, *Advances in Crop Science and Technology*, 5(1), 1-9.
- Iqbal, N., Zain, M., Deebea, F., 2021, Effect of Drought and Heat Stress on Physiological and Biochemical Characteristics of *Wheat*, *National Journal of Biological Sciences*, 2(1), 7-12.
- Iwai, M., Yokono, M., Inada, N., Minagawa, J., 2010, Live-cell imaging of photosystem II antenna dissociation during state transitions, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 2337-2342.
- İğci, T., Çobanoğlu, N., 2019, İklim değişikliğinin ve iklim değişikliğiyle ilgili küresel anlaşmaların çevre etiği bakımından değerlendirilmesi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 7(2), 130-146.
- Jain, M. Mathur, G., Koul, S., Sarin, N.B., 2001, Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogea* L.), *Plant Cell Reports*, 20, 463-468.
- Jame, Y. W., Cutforth, H. W., 2004, Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat., *Agricultural and Forest Meteorology*, 124(4), 207-218.

- Janda, J., Bartoš, J., Šafář, J., Kubaláková, M., 2004, Construction of a subgenomic BAC library specific for chromosomes 1D, 4D and 6D of hexaploid wheat, *Theoretical and Applied Genetics*, 109: 1337–1345.
- Jiang, M., Zhang, J., 2001, Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defense system and oxidative damage in leaves of maize seedlings, *Plant and Cell Physiology*, 42(11), 1265-1273.
- Kader, M. A., 2005, A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data, *Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales*, 138, 65-75.
- Kadioğlu, B., 2024, Bakteri uygulamalarının tuz stresinde çemen (*Trigonella foenumgraecum* L.)'in tohum fizyolojisi, morfolojisi ve verim üzerine etkisi, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 12(1), 12-19.
- Kangasjarvi S., Lepistö A., Hännikäinen K., Piippo M., Luomala E.M., Aro E.M., Rintamäki E., 2008, Diverse roles for chloroplast stromal and thylakoidbound ascorbate peroxidases in plant stress responses, *Biochemistry Journal*, 412, 275-285.
- Karabulut, H., Gülay, M. Ş., 2016, Serbest radikaller. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 50-59.
- Karakurt, H., Aslantaş, R., & Eşitken, A., 2010, Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerinde etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 115-128.
- Karakurt, H., Aslantaş, R., Eşitken, A., 2010, Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerinde etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2), 115-128.
- Khaeim, H., Kende, Z., Balla, I., Gyuricza, C., Eser, A., Tarnawa, Á., 2022, The effect of temperature and water stresses on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Sustainability*, 14(7), 3887.
- Khaeim, H., Kende, Z., Balla, I., Gyuricza, C., Eser, A., Tarnawa, Á., 2022, The effect of temperature and water stresses on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Sustainability*, 14(7), 1-3.
- Kireççi, O. A., 2018, Bitkilerde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 473-483.
- Koller, D., Mayer, A. M., Poljakoff-Mayber, A., Klein, S., 1962, Seed germination, *Annual Review of Plant Physiology*, 13(1), 437-464.
- Korkmaz, H., Durmaz, A., 2017, Bitkilerin abiyotik stres faktörlerine karşı geliştirilen cevaplar, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 192-207.

- Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I. T., Renaut, J., 2011., Plant proteome changes under abiotic stress—contribution of proteomics studies to understanding plant stress response, *Journal of proteomics*, 74(8), 1301-1322.
- Kösesakal, T., 2005, *Domateste (Lycopersicon esculentum Mill.) tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerine çinkonun etkisi*, Yüksek Lisans, İstanbul üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kumar, P., Yadav, S., Singh, M. P., 2020, Possible involvement of xanthophyll cycle pigments in heat tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Physiology and molecular biology of plants*, 26(9), 1773-1785.
- Küçüker, O., 1988, *Kapalı tohumlu bitkiler*, Bitki Morfolojisi 1, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İstanbul
- Leubner-Metzger, G., 2003, Functions and regulation of β -1, 3-glucanases during seed germination, dormancy release and after-ripening, *Seed Science Research*, 13(1), 17-34.
- Levy, A. A., ve Feldman, M., 2022, Evolution and origin of bread wheat, *The Plant Cell*, 34(7), 2549-2567.
- Lichtenthaler, H.K., Buschmann, C., 2001, Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy, *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1(1), 3-4.
- Liu, Y., Han, C., Deng, X., Liu, D., Liu, N., Yan, Y., 2018, Integrated physiology and proteome analysis of embryo and endosperm highlights complex metabolic networks involved in seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of plant physiology*, 229, 63-76.
- Liu, Y., Jiang, H., Zhao, Z., An, L., 2010, Nitric oxide synthase like activity-dependent nitric oxide production protects against chilling-induced oxidative damage in *Chorispora bungeana* suspension cultured cells, *Plant physiology and biochemistry*, 48(12), 936-944.
- Liu, Y., Zhang, P., Li, M., Chang, L., Cheng, H., Chai, S., Yang, D., 2020, Dynamic responses of accumulation and remobilization of water soluble carbohydrates in wheat stem to drought stress, *Plant Physiology and Biochemistry*, 155, 262-270.
- Lu, L., Liu, H., Wu, Y., Yan, G., 2022, Wheat genotypes tolerant to heat at seedling stage tend to be also tolerant at adult stage: The possibility of early selection for heat tolerance breeding, *The Crop Journal*, 10(4), 1006-1013.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: an overview, *Archives of biochemistry and biophysics*, 444(2), 139-158.
- Marutani, Y., Yamauchi, Y., Kimura, Y., Mizutani, M., Sugimoto, Y., 2012, Damage to photosystem II due to heat stress without light-driven electron flow: involvement of enhanced introduction of reducing power into thylakoid membranes, *Planta*, 236, 753-761.

- Matsui, T., Omasa, K., Horie, T., 2001, The difference in sterility due to high temperatures during the flowering period among japonica-rice varieties, *Plant Production Science*, 4(2), 90-93.
- Mayer, A. M., Poljakoff-Mayber, A., 1982, *Factors Affecting Germination*, The germination of seeds, In: (ed), Chapter 3, Pergamon Press,
- Mayer, A. M., Shain, Y., 1974, Control of seed germination, *Annual Review of Plant Physiology*, 25(1), 167-193.
- McCord J.M., 2000, The evolution of free radicals and oxidative stress, *American Journal of Medicine*, 108,652-659.
- Mittler, R., 2002, Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends in plant science*, 7(9), 405-410.
- Nesbitt, M., 2001, Wheat evolution: integrating archaeological and biological evidence, *Institute of Archaeology*, 37-59.
- Nonogaki, H., 2014, Seed dormancy and germination-emerging mechanisms and new hypotheses, *Frontiers in plant science*, 5, 233.
- Özcan, M., 2020, *Ekoloji ders notlar Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/muozcan/126205/e_koloji%20ders%20notu-2020.pdf. [Ziyaret tarihi: Aralık 2021]
- Özden, E., Light, M. E., Demir, I., 2021, Alternating temperatures increase germination and emergence in relation to endogenous hormones and enzyme activities in aubergine seeds, *South African Journal of Botany*, 139, 130-139.
- Özen, T., 2003, *Bazı bitkilerin antioksidant aktivitesinin in vitro ve in vivo araştırılması*, Doktora, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Payan, A., 2007, *Üzüm meyvesi ve çekirdeğinden antioksidan eldesi*, Yüksek Lisans, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Penfield, S., 2017, Seed dormancy and germination, *Current Biology*, 27(17), 874-878.
- Poudel, P. B., Poudel, M. R., 2020, Heat stress effects and tolerance in wheat: A review. *J. Biol. Today's World*, 9(3), 1-6.
- Prasad, P. V. V., Boote, K. J., Allen Jr, L. H., Sheehy, J. E., Thomas, J. M. G., 2006, Species, ecotype and cultivar differences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperature stress, *Field crops research*, 95(2-3), 398-411.
- Rajaram, S., 2001, Prospects and promise of wheat breeding in the 21st century, *Euphytica*, 119(1), 3-15.
- Roberts E. B., 1988, What we've learned: managing invention and innovation, *Research Technology Management* 31, 11-29.

- Sachs, M.M. ve Ho, T-H.D., 1986, Alteration of gene expression during environmental stress in plants, *Annual Review of Plant Physiology*, 37, 363-376.
- Schabo, D. C., Martins, L. M., Iamanaka, B. T., Maciel, J. F., Taniwaki, M. H., Schaffner, D. W., Magnani, M., 2020, Modeling aflatoxin B1 production by *Aspergillus flavus* during wheat malting for craft beer as a function of grains steeping degree, temperature and time of germination, *International journal of food microbiology*, 333, 108777.
- Schmidt, J., Claussen, J., Wörlein, N., Eggert, A., Fleury, D., Garnett, T., Gerth, S., 2020, Drought and heat stress tolerance screening in wheat using computed tomography, *Plant Methods*, 16, 1-12.
- Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K. H., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R. K., HanumanthaRao, B., Ramakrishnan, M.N, Prasad, P.V.V, Nayyar, H., 2018, Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields and nutritional quality, *Frontiers in plant science*, 9, 388913.
- Sharma, S., Singh, V., Tanwar, H., Mor, V. S., Kumar, M., Punia, R. C., Singh, J., 2022, Impact of high temperature on germination, seedling growth and enzymatic activity of wheat. *Agriculture*, 12(9), 2-19.
- Sharma, S., Singh, V., Tanwar, H., Mor, V. S., Kumar, M., Punia, R. C., Singh, J., 2022, Impact of high temperature on germination, seedling growth and enzymatic activity of wheat, *Agriculture*, 12(9), 1500.
- Shewry, P., 2009, Wheat., *Journal of Experimental Botany*, 60 (6): 1537–1553.
- Sies, H., Belousov, V. V., Chandel, N. S., Davies, M. J., Jones, D. P., Mann, G. E., Murphy, M.P., Yamamoto, M., Winterbourn, C., 2022, Defining roles of specific reactive oxygen species (ROS) in cell biology and physiology, *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 23(7), 499-515.
- Simon, H. U., Haj-Yehia, A., Levi-Schaffer, F., 2000, Role of reactive oxygen species (ROS) in apoptosis induction, *Apoptosis*, 5, 415-418.
- Suliman, M. S. E., Elradi, S. B. M., Zhou, G., Nimir, N. E. A., Zhu, G., Ali, A. Y. A., 2022, Seeds primed with 5-aminolevulinic acid mitigated temperature and drought stresses of wheat at germination and early seedling growth, *Chilean journal of agricultural research*, 82(1), 111-123.
- Sunita, K., Lokesh, B., Guruprasad, K. N., 2015, Acceleration of germination and early growth characteristics of soybean and maize after pre-treatment of seeds with static magnetic field *International Journal of Tropical Agriculture*, 33(2), 985-992.
- Suzuki, N., Koussevitzky, S. H. A. I., Mittler, R. O. N., Miller, G. A. D., 2012, ROS and redox signalling in the response of plants to abiotic stress, *Plant, cell & environment*, 35(2), 259-270.

- Taylor, D. L., 1942, Influence of oxygen tension on respiration, fermentation, and growth in wheat and rice, *American Journal of Botany*, 721-738.
- Tekdal, S., Yıldırım, M., 2017, Bazı makarnalık buğday genotiplerinde fizyolojik ve morfolojik parametrelerin sıcaklık stresi ile ilişkisi, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(2), 72-78.
- Tewolde, H., Fernandez, C. J., Erickson, C. A., 2006, Wheat cultivars adapted to post-heading high temperature stress, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192(2), 111-120.
- Thakur, S., Asthir, B., Kaur, G., Kalia, A., & Sharma, A. (2021). Zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles influence heat stress tolerance mediated by antioxidant defense system in wheat, *Cereal Research Communications*, 1-12.
- Toole, E. H., Hendricks, S. B., Borthwick, H. A., Toole, V. K., 1956, Physiology of seed germination, *Annual review of plant physiology*, 7(1), 299-324.
- Trebst, A., 2003, Function of β -carotene and tocopherol in photosystem II, *Zeitschrift für Naturforschung*, 58(9-10), 609-620.
- Van Breusegem, F., Vranová, E., Dat, J. F., Inzé, D., 2001, The role of active oxygen species in plant signal transduction, *Plant science*, 161(3), 405-414.
- Van Breusegem, F., Dat, J. F., 2006, Reactive oxygen species in plant cell death, *Plant physiology*, 141(2), 384-390.
- Velikova, V., Yordanov, I., Edreva, A. J. P. S., 2000, Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines, *Plant science*, 151(1), 59-66.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, M. R., 2007, Heat tolerance in plants: an overview, *Environmental and experimental botany*, 61(3), 199-223.
- Wang, J., Cheng, J. H., Sun, D. W., 2023, Enhancement of wheat seed germination, seedling growth and nutritional properties of wheat plantlet juice by plasma activated water, *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(3), 2006-2022.
- Weitbrecht, K., Müller, K., Leubner-Metzger, G., 2011, First off the mark: early seed germination, *Journal of experimental botany*, 62(10), 3289-3309.
- Went, F. W., 1953, The effect of temperature on plant growth, *Annual Review of Plant Physiology*, 4(1), 347-362.
- Wojtyła, Ł., Lechowska, K., Kubala, S., Garnczarska, M., 2016, Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination, *Frontiers in plant science*, 7, 175649.
- Xu, S., Li, J., Zhang, X., Wei, H., Cui, L., 2006, Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress, *Environmental and Experimental Botany*, 56(3), 274-285.

- Yakes, F. M., Van Houten, B., 1997, Mitochondrial DNA damage is more extensive and persists longer than nuclear DNA damage in human cells following oxidative stress, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(2), 514-519.
- Yamaguchi, S., Kamiya, Y., 2001, Gibberellins and light-stimulated seed germination, *Journal of Plant Growth Regulation*, 20(4), 369-376.
- Yin, H., Chen, Q., Yi, M., 2008, Effects of short-term heat stress on oxidative damage and responses of antioxidant system in *Lilium longiflorum*. *Plant Growth Regulation*, 54, 45-54.

|



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Müzeyyen AKPULAT
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi
Fakülte	Fen Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	27.06.2012

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji
Programı	Botanik