



**OZMOTİK KURAKLIK, GA₃ VE PUTRESİN
UYGULAMALARININ ÇAVDARDA ÇİMLENME,
FİDE GELİŞİMİ VE MİTOTİK İNDEKS
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Erdal Eren YELER

Yüksek Lisans Tezi

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tahıllar ve Yemeklik Baklagiller Bilim Dalı

Prof. Dr. Metin TOSUN

2016

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OZMOTİK KURAKLIK, GA₃ VE PUTRESİN
UYGULAMALARININ ÇAVDARDA ÇİMLENME, FİDE GELİŞİMİ
VE MİTOTİK İNDEKS ÜZERİNE ETKİLERİ**

Erdal Eren YELER

**TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Tahıllar ve Yemelik Baklagiller Bilim Dalı**

**ERZURUM
2016**

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**OZMOTİK KURAKLIK, GA₃ VE PUTRESİN UYGULAMALARININ
ÇAVDARDA ÇİMLENME, FİDE GELİŞİMİ VE MİTOTİK İNDEKS ÜZERİNE
ETKİLERİ**

Prof. Dr. Metin TOSUN danışmanlığında, Erdal Eren YELER tarafından hazırlanan bu çalışma 29/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarla Bitkileri Anabilim Dalı – Tahıllar ve Yemelik Baklagiller Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oyçokluğu (2/0.)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Metin TOSUN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Kamil HALİLOĞLU

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Emre İLHAN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 29/12/2016 tarih ve 50/33 nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OZMOTİK KURAKLIK, GA₃ VE PUTRESİN UYGULAMALARININ ÇAVDARDA ÇİMLENME, FİDE GELİŞİMİ VE MİTOTİK İNDEKS ÜZERİNE ETKİLERİ

Erdal Eren YELER

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı
Tahıllar ve Yemelik Baklagiller Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Metin TOSUN

Çavdarın Aslım-95 çeşidine ait tohumların kullanıldığı bu çalışmada polietilen glikol (PEG) 6000 uygulaması ile oluşturulan ozmotik kuraklık, giberellik asit (GA₃) ve poliaminlerden putresinin çimlenme, fide gelişimi ve mitotik indeks üzerine olan etkileri incelenmiştir. Denemede ozmotik kuraklık oluşturmak amacıyla PEG 6000'in 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar olacak şekilde, kontrol (0) dahil 6 farklı dozu, GA₃'ün 0, 300, 600, 900 mM'lık dozları ile kombinasyon halinde uygulanmış ve yine aynı şekilde PEG 6000'in belirtilen dozları ile putresin'in 0, 0,001, 0,01 ve 0,1 mM'lık dozları ile kombinasyon halinde uygulanmış ve bu uygulamalar iki farklı deneme şeklinde yürütülmüştür. Ozmotik kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan PEG 6000'in -2 bar'lık dozu denemede incelenen bazı karakterleri olumlu yönde etkilemiştir. Ancak -2 bar'lık ozmotik kuraklığın teşvik edici etkisi PEG 6000 ile kombine halde uygulanan PEG 6000 + GA₃ ve PEG 6000 + putresin kombinasyonlarına göre küçük değişim göstermiştir. Diğer taraftan bu dozdan sonra ozmotik kuraklığın şiddeti, yani PEG 6000'in konsantrasyonu arttıkça tüm karakterler olumsuz yönde etkilenmiştir. PEG 6000 ile kombine halde uygulanan GA₃'ün tüm dozlarının incelenen karakterler üzerine etkisi olumlu yönde olmuş ve ortalama çimlenme zamanını yani çimlenme süresini kısaltmıştır. GA₃'ün en büyük etkisi en yüksek dozu olan 900 mM'lık konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Aynı şekilde PEG 6000 ile kombine halde uygulanan putresinin tüm dozları incelenen karakterlerin tamamında olumlu yönde etkili olmuş ve çimlenme süresini kısaltmıştır. Putresinin en yüksek etkisi kök kuru ağırlığında 0,1 mM'lık dozda, diğer tüm karakterlerde ise 0,001 mM'lık dozda gerçekleşmiştir.

2016, 103 sayfa

Anahtar Kelimeler: Çavdar, PEG 6000, GA₃, putresin, çimlenme, fide, mitotik indeks.

ABSTRACT

Post Graduate Thesis

EFFECTS OF OSMOTIC DROUGHT, GA₃ AND PUTRESCINE APPLICATIONS ON GERMINATION, SEEDLING GROWTH AND MITOTIC INDEX OF RYE

Erdal Eren YELER

Ataturk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Field Crops
Department of Cereals and Pulse Crops

Supervisor: Prof. Dr. Metin TOSUN

In this study, effect of gibberellic acid (GA₃) and putrescine of polyamines on germination, seedling growth and mitotic index were analyzed on rye seeds cv. Aslim-95 under osmotic drought conditions formed by using polyethylene glycol (PEG) 6000 application. In order to form osmotic drought, test was conducted by combining 6 different doses of PEG as 0, -2, -4, -6, -8 and -10 including the control (0) and the doses of GA₃ as 0, 300, 600, 900 mM, and in the same way, a different second test was carried out by combining the specified doses of PEG and the doses of putrescine as 0, 0,001, 0, 01, 0, 1 mM. The concentration of -2 bar of polyethylene glycol (PEG) 6000 that was conducted so as to form osmotic drought influenced positively some characters that were examined in the study. However, the incentive effect of -2 bar of osmotic drought showed few change in compliance with PEG 6000+GA₃ and PEG 6000+putrescine combinations. On the other hand, following that concentration, when osmotic drought level, that is PEG 6000 concentration, became higher, all the characters were influenced in a negative way. All the doses of GA₃ that was used in combination with PEG 6000 showed positive effects on the examined characters, and shortened the germination time, that is, germinating duration. The biggest effect was observed in the concentration of 900 mM which is the highest concentration of GA₃. Similarly, all the concentration of putrescine used in combination with PEG 6000 showed positive effects on all the examined characters, and shortened the germinating duration. The highest effect of putrescine occurred at 0, 1 mM concentration on the base dry weight and at 0,001 mM concentration on all different characters.

2016, 103 pages

Keywords: Rye, PEG 6000, GA₃, putrescine, germination, seedling, mitotic index.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bilgi birikimi ve engin tecrübelerini benimle paylaşan, her konuda çalışma azmi ve cesaret veren, tez çalışmamın her aşamasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, katkılarıyla bana yol gösteren ve değerli vaktini sabırla ayıran tez danışmanım, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Metin TOSUN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Arash HOSSEIN POUR'a ve Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Sinan BAYRAM'a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında benden desteklerini esirgemeyen, ilgi ve sevgilerini her zaman hissettiğim annem Zenure YELER'e kardeşlerim Muhammet Emin ve Arzu Sinem YELER'e ve hiçbir konuda beni yalnız bırakmayan sevgili eşim Ziraat Yüksek Mühendisi Gülbahar YELER'e sonsuz sevgi ve teşekkürler.

Erdal Eren YELER

Aralık, 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.1.1. Tohum materyali	25
3.1.2. Kimyasallar, alet ve ekipmanlar	25
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Kimyasalların hazırlanışı.....	26
3.2.2. Tohumlara yapılan uygulamalar.....	28
3.2.3. Denemede incelenen karakterler	29
3.2.3.a. Çimlenme ile ilgili karakterler.....	29
3.2.3.b. Fide ile ilgili karakterler	31
3.2.3.c. Mitotik indeks.....	32
3.3. Verilerin İstatistiksel Analizi.....	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	34
4.1. Tohumlara GA ₃ Uygulaması	34
4.1.1. GA ₃ uygulamasının çimlenme ile ilgili karakterler üzerine etkileri.....	34
4.1.2. GA ₃ uygulamasının fide ile ilgili karakterler üzerine etkileri	43
4.1.3. GA ₃ uygulamasının mitotik indeks (Mİ) üzerine etkileri	56
4.2. Tohumlara Putresin Uygulaması	57
4.2.1. Putresin uygulamasının çimlenme ile ilgili karakterler üzerine etkileri.....	57
4.2.2. Putresin uygulamasının fide ile ilgili karakterler üzerine etkileri	67
4.2.3. Putresin uygulamasının mitotik indeks (Mİ) üzerine etkileri.....	81

5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	83
5.1. Tartışma.....	83
5.2. Sonuç	91
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	104



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
μM	Mikromolar
cm	Santimetre
g	Gram
kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
M	Molar
m ²	Metrekare
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
mol	Mol
Mpa	Megapascal
N	Normal
ppm	Parts per million (milyonda bir kısım)
m	Molal

Kısaltmalar

ABA	Absisik asit
BS	Bitki sayısı
Ca	Kalsiyum
ÇG	Çimlenme gücü

ÇGİ	Çim gücü indeksi
ÇH	Çimlenme hızı
ÇHİ	Çimlenme hızı indeksi
ÇHK	Çimlenme hızı katsayısı
ÇO	Çimlenme oranı
FAO	Food And Agriculture Organisation
FU	Fide uzunluğu
HKO	Hata kareler ortalaması
IBA	İndolbütrik asit
KKA	Kök kuru ağırlığı
KOU	Koleoptil uzunluğu
KS	Toplam embriyonal kök sayısı
KU	Kök uzunluğu
KYA	Kök yaş ağırlığı
OÇZ	Ortalama çimlenme zamanı
SD	Serbestlik derecesi
SKA	Sürgün kuru ağırlığı
SU	Sürgün uzunluğu
SYA	Sürgün yaş ağırlığı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı üzerine etkileri	36
Şekil 4.2. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı katsayısı üzerine etkileri	37
Şekil 4.3. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı indeksi üzerine etkileri	38
Şekil 4.4. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme gücü üzerine etkileri.....	39
Şekil 4.5. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme gücü indeksi üzerine etkileri	41
Şekil 4.6. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme oranı üzerine etkileri	42
Şekil 4.7. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının ortalama çimlenme zamanı üzerine etkileri	43
Şekil 4.8. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının embriyonal kök sayısı üzerine etkileri.....	46
Şekil 4.9. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının kök uzunluğu üzerine etkileri	47
Şekil 4.10. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının sürgün uzunluğu üzerine etkileri	48
Şekil 4.11. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının koleoptil uzunluğu üzerine etkileri.....	49
Şekil 4.12. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının fide uzunluğu üzerine etkileri	50
Şekil 4.13. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının kök yaş ağırlığı üzerine etkileri.....	53
Şekil 4.14. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının kök kuru ağırlığı üzerine etkileri	54

Şekil 4.15. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri	55
Şekil 4.16. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri	56
Şekil 4.17. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA ₃ kombinasyonlarının mitotik indeks üzerine etkileri	57
Şekil 4.18. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının çimlenme hızı üzerine etkileri	60
Şekil 4.19. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının çimlenme hızı üzerine etkileri	61
Şekil 4.20. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı üzerine etkileri	62
Şekil 4.21. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohum çimlenme gücü üzerine etkileri	63
Şekil 4.22. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohum çimlenme gücüindeksi üzerine etkileri	65
Şekil 4.23. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohumların çimlenme oranı üzerine etkileri	66
Şekil 4.24. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının ortalama çimlenme zamanı üzerine etkileri	67
Şekil 4.25. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının embriyonal kök sayısı üzerine etkileri	70
Şekil 4.26. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının kök uzunluğu üzerine etkileri	71
Şekil 4.27. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının sürgün uzunluğu üzerine etkileri	72
Şekil 4.28. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının koleoptil uzunluğu üzerine etkileri	73
Şekil 4.29. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının fide uzunluğu üzerine etkileri	74
Şekil 4.30. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının kök yaş ağırlığı üzerine etkileri	77

Şekil 4.31. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının kök kuru ağırlığı üzerine etkileri.....	78
Şekil 4.32. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri	79
Şekil 4.33. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkileri	80
Şekil 4.34. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının mitotik indeksi üzerine etkileri.....	82



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan bazı kimyasallar alet ve ekipmanlar.	25
Çizelge 3.2. PEG 6000 solüsyonunun hazırlanışı.	26
Çizelge 3.3. GA ₃ konsantrasyonlarının hazırlanışı.	27
Çizelge 3.4. Putresin konsantrasyonlarının hazırlanışı.	27
Çizelge 4.1. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve GA ₃ uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili karakterlere ait varyans analizi sonuçları	35
Çizelge 4.2. Tohumlara PEG 6000 ve GA ₃ uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili bazı karakterlere ait veriler	35
Çizelge 4.3. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve GA ₃ uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları	44
Çizelge 4.4. Tohumlara PEG 6000 ve GA ₃ uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler	45
Çizelge 4.5. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve GA ₃ uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları	51
Çizelge 4.6. Tohumlara PEG 6000 ve GA ₃ uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler	52
Çizelge 4.7. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili karakterlere ait varyans analizi sonuçları.....	58
Çizelge 4.8. Tohumlara PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili bazı karakterlere ait veriler.....	59
Çizelge 4.9. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve putresin uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları.....	68
Çizelge 4.10. Tohumlara PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler	69
Çizelge 4.11. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve putresin uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans sonuçları	75
Çizelge 4.12. Tohumlara PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler	76

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesinde günlük ekmeğin hammaddesini sağlayan tahıllar aynı zamanda hayvan beslenmesinde ve endüstride de yaygın olarak kullanılmaktadır. Tahılların yeryüzünde bu kadar yaygın olmasında, tarımın tarihsel gelişimi içerisinde en eski kültür bitkileri olmalarının etkisi büyüktür. Tahıllar insan beslenmesinde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan temel ürünlerdir. Dünyada, insanların günlük kalorisinin %50'sinden fazlası tahıllardan karşılanmaktadır. Hayvanlar da çoğunlukla bitkisel maddelerle beslendiklerine göre ve hayvansal besinlerin günlük kalori sağlamadaki payı da yaklaşık %20 olduğu için insanlar günlük besinlerinin yaklaşık 3/4'ünü tahıllardan sağlamaktadırlar (Kün 1988).

Çavdar, besleme değeri yüksek olduğundan ülkemizde ekmeklik ve yemlik olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda silo, yeşil yem ve kuru ot olarakda önem kazanmış olup, birçok yerde yeşil ot, yeşil gübre ve rüzgâr erozyonuna karşı koruma bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Ayrıca sapları da çeşitli renklere boyanarak şapkalar, sepetler, oyuncaklar ve ince hasır örtüler yapılmaktadır. Öte yandan ambalajlık kağıt sanayisinin de önemli hammaddesini oluşturmaktadır. Yabani ve kültür çavdarlarının çok değişik formları bulunmaktadır. Başak rengi sarı, kırmızı, kahverengi, gri, siyah; başağı sık ya da seyrek; kılçıkları uzun ya da kısa; kavuzları sıkı ya da gevşek; tüylülüğü çok değişik formlar Anadolu'da yaygındır. Bu nedenle kültür çavdarının özellikle yabani çavdar formları bakımından çok zengin olan Doğu Anadolu'dan köken aldığı görüşü yaygındır (Yürür 1970).

Çavdar bitkisi, kök sistemi güçlü olduğundan gerekli suyu topraktan diğer tahıllara göre daha kolay alabilir. Yıllık yağış isteği 150 mm civarında olduğu için, yağış oranı düşük olan bölgelerde değerlendirilmeye alınması gereken bir bitkidir. Ayrıca diğer kültür bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilmesinin mümkün olmadığı, meyilli-taşlı, verim gücü düşük topraklarda rahatlıkla yetiştirilebilir. Kök sisteminin ekildiği yerin toprak özelliklerine göre derinlere doğru veya yüzlek olarak gelişmesi adaptasyon sınırlarının geniş olmasını sağlamaktadır.

Çavdar serin iklim tahılları içerisinde çevreye uyum yeteneği en geniş olan cinstir. Yabancı dölllenme sonucu tane yapısında ve renginde karışıklık meydana gelebilmekte ve bu durum satışında fiyatların düşmesine neden olmaktadır. Islah ve izolasyon yöntemleri ile bu sorun büyük ölçüde aşılabilmektedir. Ülkemizde, çavdarın yabani, geçit ve kültür formu olmak üzere çok geniş genetik çeşitlilik tabanı vardır. Ancak, unu ve ekmeğinin esmer ve gözeneksiz olması nedeniyle ekmeklik paçal yapımında ya da yem sanayinde kullanılabilmektedir. Orta ve Doğu Avrupa'da ekmeğin temel ham maddesidir. Dünyada çavdara azalan ilgi, buğday- çavdar amfidiploidi olan tritikaleye yönelmektedir. Ülkemizde de çavdar tarımı gerilemektedir. Oysa, özellikle yüzlek toprakların değerlendirilmesinde güçlü kök sistemi sayesinde ve erozyonun önlenmesinde önemli bir bitkidir (Kün vd 2004).

Ülkemizde çavdarın ekim alanı 1.381.656 da, üretimi 365 bin ton, verimi ise 265 kg/da kadardır (Anonim 2013).

Bitkisel üretimde, asıl amaç olan birim alan veriminin artırılmasında çevre şartlarına uygun genotip ve yetiştirme teknikleri önemli bir yer tutmaktadır. Çevre koşullarını değiştirmek çok zor olduğu için, genotip ve yetiştirme tekniklerinin en kısa zamanda ve en kolay şekilde değiştirilebilmesi, birim alandaki tane veriminin yükseltilmesinde için öncelik taşımaktadır (Geçit 1982).

Bitkiler yaşamları süresince çeşitli çevresel stresler ile karşı karşıya kalan hareketsiz ve hassas organizmalardır. Çevresel stres faktörleri bitki gelişimini ve verimi olumsuz etkilemektedir (Khan and Singh 2008). Her yıl abiyotik streslerden dolayı verim kayıpları gerçekleşmekte ve azımsanmayacak miktarda maddi kayıplar ortaya çıkmaktadır (Mahajan and Tuteja 2005). Bu çevresel streslerin iklim değişikliği ve özellikle küresel ısınma ile birlikte daha yoğun ve olağan hale geleceği ve dünya nüfusunun 2050 yılında 10 milyara ulaşacağı ve bu sebepler neticesinde ciddi bir yiyecek kıtlığı ile karşı karşıya kalınacağı, tahmin edilmektedir. FAO verilerine göre 2050 yılında dünyadaki yiyecek ihtiyacı %70 artacaktır. Bu nedenle artan dünya

nüfusunu beslemek için çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bitkiler, kökleri ile topraktan yeterli su alamadıklarında veya transpirasyon oranı çok yüksek olduğunda kuraklık stresi ile karşılaşır. Bu iki husus kurak ve yarı kurak bölgelerde sıklıkla oluşur. Bitki türleri kurağa tolerans bakımından önemli farklılık gösterdiği gibi, aynı türün çeşitleri arasında da önemli farklılıklar görülür. Bitkisel üretimde kuraklığın iki temel etkisi önemli olup, bunlardan birincisi yeterli bitki çıkışının sağlanamaması, ikincisi ise gelişme ve verimde azalmadır (Saxena *et al.* 1993). Giderek azalan tarım alanlarında, strese yol açan çevre koşullarına karşı bitkisel üretimde verim kayıplarını en aza indirmek önemlidir. Bu sorunun çözümü stres koşullarına dayanıklı genotiplerin seçilerek yetiştirilmesi veya ıslahıdır.

Tohum çimlenmesi, bitki yaşam döngüsünün en hassas aşamalarından biridir. Gerek çimlenme aşamasında tohum, gerekse çimlenme sonrası oluşan fidecik olumsuz çevre koşullarına karşı son derece duyarlı olup, zarar gördüğü takdirde bitki yaşam döngüsü daha başlamadan sona erebilir (Mooring *et al.* 1971; Bozcuk 1978). Çimlenme sırasında gerçekleşen olaylar ve bu olaylara etki eden çevresel faktörler ne kadar iyi tanımlanabilir, bu olaylarda iş gören genler, enzimler ve hormonal maddeler ne kadar açıklıkla ortaya konulabilir ve çevresel streslere karşı tohumun verdiği tepkiler ne kadar doğru saptanabilirse o kadar sağlıklı, güçlü ve verimli nesiller yetiştirilebilir. Çimlenmeyi etkileyen çevresel faktörlerden kuraklık, bitkisel üretimi dünya çapında ciddi bir şekilde kısıtlayan önemli bir sorun olup, günümüzde küresel iklim değişikliği bu durumu daha da ciddi hale getirmektedir (Pan *et al.* 2002). Kuraklık, dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarımsal verimliliğin azalmasına sebep olan en önemli stres faktörüdür (Chopra and Selote 2007).

Bitki gelişimi ve tane verimi üzerine kurak koşulların etkisi, kuraklığın şiddetine ve kuraklığın meydana geldiği dönemde bitkinin gelişme dönemine bağlıdır. Fide çıkışı su eksikliğine duyarlı büyüme dönemlerinden birisidir. Fide tesisinin oranı ve derecesi; verimi ve olgunluk zamanını belirleyen son derece önemli faktörlerdir (Rauf *et al.*

2007). Bu nedenle, iyi bir bitki tesisi için tohum çimlenmesi, gümrahlık ve koleoptil uzunluğu gibi karakterlerin yeterli düzeyde olması gerekir. Yarı kurak bölgelerde, çimlenme sırasında düşük nem, çimlenmeyi kısıtlayıcı bir faktördür. Bazı araştırmacılar, özellikle kuru topraklarda neme ulaşmak maksadıyla derine ekilen tohumlarda fide tesisinin başarılması için koleoptil uzunluğunun önemli olduğunu bildirmişlerdir (Dilday vd 1990).

Polietilen Glikol 6000 (PEG 6000) moleküler ağırlığı ozmotik potansiyeli etkileyecek kadar küçük, ancak bitki tarafından absorbe edilemeyecek kadar büyüktür, bu nedenle bitki dokularına hızlı bir şekilde penetre etmesi beklenmez (Carpita *et al.* 1979). Fidelerin erken gelişim döneminde kurağa dayanıklılık yönünden yapılacak çalışmalarda kuraklığı uyarmak için PEG gibi kimyasallar ortamda sıklıkla kullanılmaktadır. (Lagerwerff *et al.* 1961).

Besin solüsyonu kültürünün ozmotik potansiyelini modifiye etmek için PEG'in kullanılabileceğini ve böylece bitkilerde deneysel protokollere uygun nispeten kontrollü bir şekilde su eksikliğinin temin edilebileceği bildirilmiştir (Money 1989; Zhu 1997).

Bitkilerde yeni hormonlar ve büyüme düzenleyicileri keşfedilmesine, özellikle gen teknolojisinde ve temel araştırmalarda yeni bilgilere ulaşılmasına rağmen bugün bile tohum çimlenmesinin fizyolojisi ve biyokimyası hakkındaki bilgilerin çok az olduğu görülmektedir. Bu nedenle son yıllarda bulunan ve bitki büyüme ve gelişme olaylarında etkili oldukları öğrenilen triakontanol, brassinosteroid ve poliaminler (putresin, spermin, spermidin, kadaverin) gibi büyüme düzenleyicileri ile giberellin (GA₃), kinetin, benziladenin ve etilen gibi geleneksel fakat konumunu koruyan hormonların tohum çimlenmesi üzerine olan etkileri üzerine yapılan çalışmanın oldukça ilginç ve açlık sorununun önemli problemlerden biri olduğu günümüz dünyasında ümit verici gelişmelere yol açacağı düşünülmüştür.

Poliaminler; özellikle spermidin, spermin ve putresin bütün bitki hücrelerinde bulunurlar (Bachrach and Heimer 1989; Slocum and Flores 1991). Poliaminlerin hücre

bölünmesinde ve farklılaşmasında önemli rolleri vardır (Flores *et al.* 1984; Das *et al.* 1995). Bu nedenle, bitkilerin büyüme ve gelişmesinde çeşitli fizyolojik rollere sahiptirler. Ayrıca, dıştan uygulanan poliaminlerin; soğuk, tuzluluk, solma ve kirlilik gibi çeşitli stres koşullarına karşı koruyucu rollerinin olduğu kaydedilmiştir (Okii *et al.* 1980; Prakash and Prathapasenan 1988).

Bu araştırmanın amacı, PEG 6000 kullanılarak yapay olarak oluşturulmuş ozmotik kuraklığın çavdarda çimlenme, fide gelişimi ve hücre bölünmesi (mitotik indeks) üzerine olan etkilerini belirlemek ve ayrıca ozmotik kuraklığın, belirtilen özellikler üzerine olan etkilerini telafi etmede, büyümeyi düzenleyicilerden giberellik asit ve putresinin etkilerini tespit etmektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Doğadaki çeşitli çevresel faktörler bitkileri yaşamlarının herhangi bir evresinde ortaya çıkarak etkilemekte ve stres kavramını oluşturmaktadır. Stres, bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere sebep olarak büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyen, bitkinin veya organlarının ölümüne neden olan, üretimde verim ve kalite kaybı oluşturan durum veya madde olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle stres; bitkilerin biyolojik sistemlerine ya da fonksiyonlarına zarar veren bir etmendir (Mahajan and Tuteja 2005).

Canlıların yaşam sürecini etkileyen bu stres faktörlerine karşı kalıtsal değişiklikleri gerçekleştirebilmiş bitkiler, bu özelliklerini bir sonraki jenerasyonlara aktararak türlerinin devamlılığını sağlamışlardır. Bu faktörler çoğunlukla canlıların adaptasyon sağlamalarına fırsat verecek ölçüde olup, evrimsel süreçte işleyişinin birer parçası olarak görülmelidirler (Ayhan 2006).

Dünyada kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldıklarında, doğal stres faktörü olan sıcaklıktaki artış ile meydana gelen kuraklık stresi %26'lık oranla en büyük dilimi kapsamaktadır. Yalnızca %10'luk bir alanda herhangi bir stres faktörü görülmemektedir (Blum 1986).

Genel anlamda meteorolojik bir olgu olan kuraklık, toprağın su içeriği ve bitki gelişiminde gözle görülür azalmaya neden olacak kadar uzun süren yağışsız dönemdir. Yağışsız dönemin kuraklık oluşturması, toprağın su tutma kapasitesi ve bitkiler tarafından gerçekleştirilen evapo-transpirasyon hızına bağlı olarak gerçekleşmektedir (Levitt 1980).

Kuraklığın oluşumunda yıllık yağışların toplamından çok yağışların aylara göre dağılışı etkilidir (Gedik 1997). Bununla birlikte, toprağın su tutma kapasitesi, kuraklığın süresi ve bitki gelişme dönemi gibi faktörler de kuraklığın verim üzerindeki etkisinde

belirleyicidir (Sinha 1987).

Ekimden hasada kadar geçen sürede, bitkiler her dönemde kuraklık stresine maruz kalabilmektedir (Gunes *et al.* 2006). Bitkisel üretimde kuraklığın iki temel etkisi önemli olup, bunlardan birincisi gerekli bitki çıkışını sağlayamama, ikincisi ise gelişme ve verimde azalmadır (Saxena *et al.* 1993).

Doğal kaynakların artan insan nüfusunun ihtiyaçlarını karşılama kapasitesinin azalması ve buna bağlı olarak milyonlarca canlının açlıktan ölmesine sebep olabileceği düşünüldüğünde; sıcaklık ve kuraklık canlı yaşamı için büyük tehlike oluşturmaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005).

Bitkiler yaşamları süresince birçok stres faktörü ile karşılaşır ve bu faktörler genellikle etkilerini eş zamanlı olarak gösterirler. Biyotik ve abiyotik stresler tüm bitkilerde normal fizyolojik süreçlerde değişikliğe sebep olurlar. Bu durum bitkilerin biyosentetik kapasitelerinde azalmaya ve bitkinin ölümüne varabilecek hasarlara neden olabilmektedir (Lichtenhaler 1996).

Bitkilerin büyüme periyotlarında, strese duyarlı belirli kritik dönemler bulunmaktadır. Bitki söz konusu bu dönemlerde su eksikliği ile karşılaştığında, fizyolojik olarak olumsuz yönde etkilenmekte ve verimde azalmalar meydana gelmektedir (Yazar vd 1991).

Kök bölgesinde bitkinin ihtiyacından daha az nemin bulunması, toprak parçacıklarının suyu daha büyük bir güçle tutmasına yol açmaktadır. Bu durumda, bitki ihtiyaç duyduğu nemi alabilmek için daha yüksek basınç uygulamakta ve gelişmeye ayıracağı enerjinin bir kısmını su alımında kullandığından verim azalmaktadır (Kodal 1993). Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler verebilmekte, kurak koşullara adapte olmaya yardımcı olan dayanıklılık mekanizmaları geliştirebilmektedir (Arora *et al.* 2002). Bitkilerin kurağa dayanıklılık mekanizmaları; kuraktan kaçma (hayat devresini kurak dönemin başlangıcından önce

tamamlama), kuraktan korunma (su alımını artırmak veya transpirasyonu azaltmak suretiyle doku su potansiyelini koruma) ve kurağa tolerans (biyokimyasal veya fizyolojik mekanizmalarla su kaybını geciktirme) olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır. Kuraktan kaçma mekanizması, bitkiler tarafından en sık olarak kullanılanıdır (Mitra 2001).

Kurağa tolerans, bitki bünyesindeki su potansiyelinin azalması durumunda, bitki dokusunun fizyolojik ve metabolik aktivitelerindeki azalmaları daha düşük seviyelerde tutma yeteneğidir (Blum and Ebercon 1981).

Strese duyarlı bitkiler en fazla orta şiddetteki kuraklık stresinde hayatta kalabilirken strese dayanıklı bitkiler kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarını harekete geçirerek daha şiddetli kuraklık stresinde hayatta kalabilirler. Kurumaya toleranslı bitkiler su alımının kısıtlı olduğu dönemlerde vejetatif dokularındaki bağıl su içeriğini %5 kadar düşürebilir ve suyun tekrardan alınabilir olması durumunda rehidrasyon gibi farklı bir durum gerçekleşir (Mundree *et al.* 2002).

Kuraklık toleransı, bitkilerin normal metabolik aktivitelerini devam ettirmelerini sağlamakta aynı zamanda uzun süreli kuraklığın neden olduğu hasarın etkisini sınırlayan mekanizmaları içermektedir (Courtois *et al.* 2000).

Su noksanlığı bitkilerde turgorite kaybıyla beraber ozmotik potansiyelin de azalmasına neden olmaktadır. Su noksanlığına bir cevap olarak ortaya çıkan bu durum, bitkide çeşitli eriyebilir maddelerin birikimine neden olmakta ve vakuolden yapraklara su ile birlikte taşınan ozmotik maddelerin miktarlarında artışlara neden olmaktadır. Bu durum kök bölgesindeki ozmotik potansiyel ve su alımı mekanizması çerçevesinde ozmotik uyum veya ozmoregülasyon olarak tanımlanmaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005; Nasri *et al.* 2008). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde bazı bitki hormonlarının seviyelerinin değiştiği ve bitkiyi kuraklığa karşı korudukları bilinmektedir (Çeçen 2004). Su stresi karşısında bitki hormonlarının değişimi ozmotik uyum açısından oldukça önemlidir. Kuraklığa dayanımda genel olarak bitki bünyesinde absisik asit

(ABA) miktarı artarken, sitokinin ve gibberalik asit miktarı azalmaktadır (Livne and Vaadia 1965; Cummins 1973; Aharoni *et al.* 1977).

Kuraklık stresi, su miktarı ve turgor basıncının düşmesine sebep olmaktadır (Lawror and Cornic 2002). Kurağa dayanıklılık, suyun kısıtlı olduğu şartlarda bitkilerin yüksek su potansiyeli sağlayabilmesine veya düşük su potansiyellerinde fotosentez gibi fizyolojik faaliyetlerin devamlılığına bağlıdır (Pugnaire *et al.* 1997). Kuraklık stresi çimlenmeyi geciktirebilir, zayıf çimlenmeye neden olabilir veya çimlenmeyi tamamen engelleyebilir (Hegarty 1977).

Kurak ve yarı kurak koşullarda tahıllar, hayatta kalımın tehlike altında olduğu vejetatif evre boyunca su eksikliğinden zarar görebilmekte, fide kaybı ve bitki popülasyonundaki azalmalar sonucu verim azalmaktadır (Lelièvre 1981). Erken gelişme dönemlerindeki kurağa dayanıklılık ıslahı çalışmalarında fidenin kuraklığı atlama yeteneği, bununla ilgili özelliklerin önemi ve bu karakterler yönünden genetik varyasyona dikkat çekilmiştir (Monneveux and Belhassen 1996).

Bitkilerin abiyotik stres sinyallerini algılayabilme yetenekleri, hayatta kalmaları ve üremeleri için belirleyici olur. Sıcaklık, kuraklık ve tuzluluk gibi stres faktörlerinin şiddetli bir şekilde ortaya çıkması bitki bünyesinde fizyolojik bozukluğa neden olmaktadır (Vranová *et al.* 2002).

Bitki ıslahçılarının temel hedeflerinden biri, kuraklığa dayanıklı yüksek ve stabil verimli çeşit geliştirebilmektir. Uygun şartlar için geliştirilen yüksek verimli çeşitler gelişimlerine uygun olmayan kurak şartlarda yetiştirildiklerinde su stresine dayanıklılık özelliklerini taşımadıklarından bu şartlardan olumsuz yönde etkilenirler. Buna bağlı olarak yüksek verimli dayanıksız genotipler, kurak koşullara dayanıklı çeşitlere göre daha verimsiz hale gelirler. Bu sebeple kurak şartlarda önemli derecede verim düşüşlerini tolere edecek özelliklerin tane verimiyle kombine edilmesi gerekmektedir (Başer vd 2005).

Reynolds *et al.* (2006), buğdayda kurağa adaptasyonu sağlayan mekanizmalar ile ilgili bitkinin anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar kurağa uyum gösterme özelliği açısından model buğdayı; çiçeklenme sonrası kuraklık yaşanan ortamlarda erken olgulaşabilen, çim kını uzun, kök sistemi derinlerdeki suya ulaşabilen, fide tesisi güçlü, yaprak nispi su içeriği ve stoma iletkenliği yüksek, kanopi sıcaklığı düşük, başak fotosentezi, sap karbonhidrat rezervleri ve hasat indeksi yüksek, yaprakları mat renkli, mumsu, tüylü ve stres altında dürülen, su kullanım etkinliği yüksek ve yüksek ozmotik dengeye sahip bitki olarak tanımlamışlardır. Ancak kuraklığın tipi ve her karakterin potansiyel değeri dikkate alındığında, birbirinden bağımsız ve çok sayıda karakteri esas alan bu model ideotip ıslahı için gerçekçi olamayabilmektedir.

Buğdayın hayat devresi; verim potansiyelini belirleyici, çevre faktörlerine farklı tepki gösteren ve eşsiz bir uyum içerisinde birbirini takip eden farklı gelişme dönemlerinden oluşur. Kuru tarım alanlarında buğdayın herhangi bir gelişme döneminde kuraklık yaşanabilmekte, kuraklığın verimi sınırlayıcı etkisi, stresin meydana geldiği gelişme dönemi, stresin şiddeti ve süresine bağlı olarak değişmektedir. Erken gelişme dönemlerindeki kuraklık stresi fertil kardeş sayısı ve başaktaki tane sayısı üzerine olumsuz etkisi (Blum *et al.* 1980; Richard and Lukacs 2002), gebecik dönemi sonrası geç kuraklık stresi ise hem birim alandaki tane sayısı hem de tane ağırlığı üzerine olumsuz etkisi nedeniyle tane verimini azaltmaktadır (Öztürk 1999; Gupta *et al.* 2001; Guoth *et al.* 2009). Kuru tarım koşullarında yüksek verim ve istikrarlı bir buğday üretimi için erken ve iyi bir fide tesisi esas olup, gelişme dönemi başlangıcındaki toprak suyu yetersizliği çimlenme, çıkış, fide gelişmesi, kardeşlenme ve fide tesisini azaltmak suretiyle tane verimini önemli ölçüde sınırlamaktadır (Blum *et al.* 1980; Richard and Lukacs 2002). Chaturvedi *et al.* (1981), erken dönemdeki nem yetersizliğinin buğday, tritikale ve arpa genotiplerinde bitki başına kardeş sayısını, McMaster *et al.* (1994), sapa kalkma dönemindeki nem yetersizliğinin buğdayda başak oluşturan kardeş oranı ve tane verimini, Gupta *et al.* (2001) ise, sapa kalkma dönemindeki kuraklık stresinin bitki boyu ve kardeş sayısını azalttığını bildirmişlerdir.

Acevedo (1987); Cecarelliet *al.* (1987), bitkilerin kurak şartlara adaptasyonunda kuraklık ile ilgili bir karakterin strese tepkilerinin tahmin edilmesinde yeterli olmayacağını, bu sebeple seleksiyon ölçütü olarak birçok fizyolojik ve fenotipik özelliğin kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir. Bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri kurağa dayanıklılıkta karmaşık bir sistem oluşturmakta, bu karakterler ve bunların tane verimi ile olan ilişkileri yapıyı daha da karmaşık duruma getirmektedir.

Sonbahar ve kış aylarında meydana gelen kuraklık, yeterli çimlenme ve çıkış olmadan kardeşlenme dönemine ulaşmadan bitkinin kışa girmesine sebep olduğundan soğuk zararının dolaylı sonucu olarak fizyolojik kuraklık ortaya çıkabilmektedir. Kışın ve ilkbaharda uzun süreli gerçekleşen kuraklıklar, uygun bir çıkış gerçekleşse bile kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma dönemini de kapsayacağı için kardeş sayısında azalmaya, hücre büyüme ve bölünmesinde yavaşlama sonucu bitki boyunda kısaltmaya vebaşaklık ve çiçek sayısında azalmaya neden olur (Kutlu 2010).

Bray (1997), su stresinin amino asitlerin su ile etkileşimini bozarak protein denatürasyonuna ve enzim inhibisyonuna neden olduğunu, orta şiddetteki kuraklık stresinin protein sentezini azaltarak mitozu yavaşlattığını ve bu nedenle kuraklığın, bitki tohumlarında çimlenme gücünün azalmasına neden olduğunu bildirmiştir.

Farklı buğday genotiplerinin koleoptil gelişmesini inceleyen RoyandMurty (1970), kuru tarım koşullarında fidenin çıkışı, tesisi ve yaşamını sürdürebilmesinin kök sistemi ve koleoptilin gelişmesine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, koleoptilin bitki boyu uzun genotiplerde daha uzun olduğunu, optimum nem ve nem stresi koşullarında kararlı bir gelişme gösterdiğini ve kurağa adaptasyon için faydalı bir seleksiyon ölçütü olduğunu ileri sürmüşlerdir. Allan *et al.* (1962), çıkış oranı indeksi ile koleoptil uzunluğu arasında olumlu ve önemli bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Radford (1987), kuru tarım koşullarında uzun koleoptile sahip genotiplerin daha iyi çıkış ve fide tesisi sağladığını saptamıştır.

Koleoptil (çim kını), yaprağa benzer bir yapıda olup, 3 yaprak taslağı sap, apexi ve axillary bir tomurcuk için bir nevi kılıf durumundadır. Koleoptil ve ilk gerçek yaprak, topraktan çıkış yapmakta olan sapı oluştururlar. Çimlenme esnasında tane kabuğu ve tohumun üzerindeki toprak tabakası çim kını tarafından delinmekte, böylece ilk yaprağın korunarak toprak yüzüne ulaşması sağlanmaktadır (Akkaya 1994).

Wang and Zou (1997), kurak koşullarda buğdayda koleoptil uzunluğu ve kuraklığa direnç indeksi arasında önemli bir ilişki bulmuşlar ve buğday ıslahının erken kuşaklarında, genotiplerin kurağa toleransını değerlendirmek için koleoptil uzunluğunun kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Modern buğday çeşitlerinde genç yaprak ve sap dokularındaki hücrelerin uzamasındaki azalmalar, bitki boyu ile birlikte koleoptil uzunluğunda da azalmalarla sonuçlanmıştır (Richards 1992).

Yabani, yerel ve modern ıslah materyallerinden oluşan toplam 51 arpa genotipinde koleoptil uzunluğunu inceleyen Grando and Ceccarelli (1995), koleoptil uzunluğunun tane ağırlığı ile olumlu ve önemli ilişkili olduğunu, yerel genotiplerin yabani genotipler ve ıslah çeşitlerine göre daha uzun koleoptil ve daha güçlü seminal kök sistemine sahip olduklarını belirlemişlerdir.

Hu *et al.* (2007), 195 çeltik genotipi üzerinde yürüttükleri araştırmada su stresi koşullarında koleoptil uzunluğunun 8.47-18.04 mm arasında değişim gösterdiğini ve çim kını uzunluğu ile kurağa dayanıklılık indeksi arasında olumlu ve önemli bir ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir.

Murphy *et al.* (2008), 63 yazlık buğday genotipi üzerinde yürüttükleri araştırmada çim kını uzunluğu yönünden genotipler arasında önemli farklar olduğunu ve genotiplerin çim kını uzunluklarının 59-159 mm arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, çim kını uzunluğunun bitki boyu ile olumlu ve önemli, tane verimi ve yabancı ot ağırlığı ile olumsuz ve önemli ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Polietilen glikol, test ortamında düşük su potansiyeli oluşturmasından dolayı, bitkilerde kurağa dayanıklılığın belirlenmesinde çok sık olarak kullanılmaktadır (Winter *et al.* 1988; Premachandra *et al.* 1990). Düşük su potansiyeli ortamlarında elde edilen çimlenme ve çimlenme parametreleri, kurağa dayanıklı genotiplerin belirlenmesinde kullanılan etkin bir ölçüt olarak kabul görmektedir (Kumar and Singh 1998; Liley and Ludlow 1996).

Naylor and Gurmu (1990), PEG 4000 solüsyonu ile oluşturulan 0, -4,5, -7,3 ve -11,5 bar ozmotik potansiyel uygulamalarının buğdayda bir kışlık çeşidin farklı 7 tohumluk üzerinde kökçük ve çim kını gelişimine etkisini incelemişlerdir. Daha düşük ozmotik potansiyelerde tohumların su alımı giderek azalmış, -4,5 ve -7,3 bar farklı ozmotik potansiyel uygulamalarında tohumların çıkış oranı sırasıyla %40-90 ve %15-80 arasında değişim göstermiş, çim kını çıkışının kökçük çıkışına göre su potansiyeline daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Barutçular vd (1994), 14 ekmeklik buğday genotipi ile yürüttükleri araştırmada, PEG 6000 ile oluşturulan -0,67 Mpa stres koşullarında kontrole göre çeşitlerin çimlenme oranlarının %1,1-11,1, embriyonal kök sayılarının %18,9-40,0, kök ağırlıklarının %17,2-44,4, kök büyüme hızlarının %6,1-62,0, koleoptil ağırlıklarının %44,9-73,3 oranlarında azaldığını saptamışlardır.

Almansouri *et al.* (2001), 3 makarnalık buğday eşidinde PEG 6000 ile oluşturulan -0,15, -0,58, -1,5 ve -1,57 Mpa ozmotik potansiyel uygulamalarının çimlenme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Artan stres düzeylerinde çimlenme oranı, kök sayısı ve fide uzunluğunun önemli derecede azaldığı, -1,57 Mpa stres düzeyinde çimlenmenin tamamen engellendiği ve çeşitler arasındaki farkların önemli olmadığı belirlenmiştir.

Dhanda *et al.* (2004), PEG 6000 solüsyonu ile oluşturulan -10 bar ozmotik stres koşullarında, 30 ekmeklik buğday çeşidinin ortalaması olarak kontrole göre çimlenme oranının %63,3, kök uzunluğunun %53,8, sürgün uzunluğunun %63,9, çim kını

uzunluğunun %40,2, çimlenme gücü indeksinin %85,8 azaldığını, kök-sürgün uzunluğu oranının ise %40,0 arttığını tespit etmişlerdir.

Rauf *et al.* (2007), 16 buğday çeşidi ile yürüttükleri araştırmada, PEG 6000 ile oluşturulan farklı konsantrasyonların (kontrol, 150 g PEG 6000/850 ml saf su, 200 g PEG 6000/800 ml saf su ve 250 g PEG 6000/750 ml saf su) çimlenme ve erken fide gelişmesine etkisini incelemişlerdir. İncelenen karakterler yönünden genotipler arasında önemli farklar bulunmuş, artan PEG konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, koleoptil uzunluğu, kök ağırlığı ve sürgün ağırlığı önemli derecede azalmış, kök/sap uzunluk oranı ise önemli derecede artmıştır.

10 yazlık buğday genotipinin çimlenme ve fide dönemindeki kuraklık stresine tepkisinin araştırıldığı bir çalışmada; -5,9 bar, -8,2 bar ve -11,3 bar kuraklık (ozmotik potansiyel) uygulamalarında çeşitlerin çimlenme oranlarının kontrole göre sırasıyla %0,0-34,1, %0,0-64,4 ve %51,3-100,0 azaldığını ve çeşit x uygulama etkileşiminin önemli olduğunu belirlemişlerdir (Blum *et al.* 1980).

Lafond and Fowler (1989); toprak su potansiyelindeki azalmanın (-0,20 Mpa; -1,5 Mpa) Norstar kışlık buğday çeşidinde çimlenme oranı ve süresine etkisini incelemişlerdir. Stres artışına bağlı olarak çimlenme süresinin uzadığını, diğer stres düzeylerinde %80'den yüksek olan çimlenme oranının -1,5 Mpa uygulamasında %56'ya düştüğünü saptamışlardır.

Taşkesenligil (2016), 64 çeşit buğday genotipinde yürüttüğü çalışmada -5 bar ozmotik potansiyel uygulamasında çimlenme oranlarının %38,7 ile %90,7 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmada, -10 ve -15 bar ozmotik potansiyel uygulamalarında hiçbir buğday çeşidinde çimlenme gerçekleşmediğini tespit etmiştir. Kontrol uygulamasında çeşitlerin toplam embriyonal kök uzunluklarının 14,84-38,13 cm arasında, sürgün uzunluklarının ise kontrol uygulamasında 7,99-19,55 cm arasında, -5 bar ozmotik potansiyeldeki çimlenme ortamında da 0,07-4,73 cm arasında değişim gösterdiğini, yine -5 bar ozmotik potansiyel uygulamasında toplam embriyonal kök

uzunluklarının 2,91-13,92 cm arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir. Buğday çeşitlerinin çimlenme gücü indeksinin kontrol uygulamasında 2331,1-5028,2 arasında değişim gösterdiğini belirlenmiştir. Kontrol koşulları ile -5 bar ozmotik potansiyel uygulamasında çeşitlerin ortalaması karşılaştırıldığında çimlenme, toplam embriyonal kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve çimlenme gücü indeksinin sırasıyla %28,7, 67,4, 90,7 ve 82,5 azaldığını bildirmiştir.

Almansi *et al.* (2001), -0,15, -0,58, -1,05 ve -1,57 Mpa ozmotik potansiyel uygulamalarında, stres düzeyindeki artışa bağlı olarak makarnalık buğday genotiplerinin çimlenme oranının önemli derecede azaldığını, -1,57 Mpa stres düzeyinde ise çimlenmenin tamamen engellendiğini belirlemiştir. Araştırmacılar, PEG uygulamasının çimlenme üzerindeki olumsuz etkisinin rezervlerin taşınması üzerindeki engelleyici etkisinden değil, tohumların su alımını engellemesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Dhanda *et al.* (2004), 30 buğday çeşidinin -10 bar stres uygulamasındaki çimlenme oranlarının %14,3-64,6 arasında değişim gösterdiğini ve genotiplerin ortalamasının kontrole göre %63,3 azaldığını tespit etmişlerdir.

Gholami *et al.* (2010), 2 buğday genotipine 5 farklı (0, -2, -4, -6, -8 bar) dozda ozmotik stres uygulamışlardır. Araştırmacılar stres düzeyinin artmasıyla çeşitlerin çimlenme oranlarının azaldığını belirlemişler ve -8 bar ozmotik stres koşullarında hiç çimlenme göstermeyen Leucurum çeşidini duyarlı olarak tanımlamışlardır. Rezzaq *et al.* (2013), 9 ekmeklik buğday çeşidinin ortalaması olarak 0, -2, -4, -6 ve -8 bar ozmotik stres düzeylerindeki çimlenme oranlarını sırasıyla %89,7, %55,6, %41,7 ve %24,1 saptamışlar -8 bar stres düzeyinde yüksek çimlenme oranına sahip Fareed-06, Chakwal -50, GA-2002 ve AS-2002 çeşitlerini ekim zamanında toprak neminin sınırlı olduğu alanlar için önermişlerdir.

Ahmadizadeh *et al.* (2011), Dhanda *et al.* (2004), Rauf *et al.* (2007); Baloch *et al.* (2012), düşük su potansiyelinde kök uzunluğu yönünden buğday genotiplerinin önemli derecede farklılık gösterdiklerini ve stres düzeyi arttıkça kök uzunluğunun azaldığını tespit etmişlerdir.

Jajarmi (2009), 7 buğday çeşidine 6 farklı (kontrol, -3, -6, -9, -12 ve -15 bar) ozmotik stres düzeyi uygulamış, kök uzunluğunun -6 bar'dan daha yüksek stres düzeylerinde önemli derecede azaldığını tespit etmiştir.

Rauf *et al.* (2007), 16 buğday genotipini 4 farklı stres düzeyine maruz bırakmışlar, stres düzeyi arttıkça kök uzunluğu ile yaş ve kuru kök ağırlıklarının önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir.

Baloch *et al.* (2012), 16 buğday genotipinin ortalaması olarak stres koşullarındaki (%15'lik PEG) kök uzunluğunun kontrole göre %74,4 azaldığını saptamışlardır. Dhanda *et al.* (2004), 30 ekmeklik buğday genotipinde kök uzunluğunu stres koşullarında (-10 bar) incelemişler, kök uzunluğunun kontrol koşullarında 7,6-18,5 cm, stres koşullarında ise 3,5-7,5 cm arasında değişim gösterdiğini ve kök uzunluğunun stres koşullarında %53,8 azaldığını tespit etmişlerdir.

Naylor and Gurnu (1990); Dhanda *et al.* (2004); Rauf *et al.* (2007), stres koşullarında sürgün uzunluğu yönünden genotipler arasındaki farkların önemli olduğunu ve stres seviyesi arttıkça çim kını uzunluğunun azaldığını belirlemişlerdir. Baloch *et al.* (2012), sürgün uzunluğunun stres koşullarına (%15'lik PEG) çok duyarlı olduğunu ve genotiplerin sürgün uzunluklarının kontrole göre %57,5-68,4 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Jajarmi (2009), buğday çeşitlerinin farklı PEG konsantrasyonlarında (0, -3, -6, -9, -12 ve -15 bar) çimlenme karakterleri yönünden tepkilerini araştırmış, sürgün uzunluğunun kurağa en duyarlı karakter olduğunu ve özellikle -6 bar'dan yüksek stres koşullarında önemli derecede azaldığını tespit etmiştir.

Dhanda *et al.* (2004), 30 ekmeklik buğday genotipinde sürgün uzunluğunu kontrol koşullarında 6,2-18,5 cm, -10 bar stres koşullarında 2,0-7,5 cm değişim gösterdiğini, genotiplerin ortalaması olarak sürgün uzunluğunun stres koşullarında kontrole göre %63,9 azaldığını saptamışlardır.

Naylor and Gurmu (1990), koleoptil çıkışının düşük su potansiyeline kökçük çıkışına göre daha hassas olduğunu belirlemişler, -4,5 bar, -7,3 bar ve -11,5 bar stres koşullarında 7 buğday genotipinin sırasıyla 7,3 ve 2'sinde koleoptil çıkışı gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, düşük su potansiyelindeki koleoptil çıkışının yaşlı tohumlarda genç tohumlara göre önemli derecede düşük olduğuna dikkat çekmişlerdir. Ahmadizadeh *et al.* (2011), 37 buğday genotipinin ortalaması olarak 0, -0,6 ve -0,8 Mpa stres ortamlarında sürgün uzunluğunu sırasıyla 9,44, 2,83 ve 1,38 cm olarak belirlemişler, genotiplerin uygulamalara tepkilerinin farklı olduğuna ve stres uygulamalarında sürgün uzunluğunun kontrole göre sırasıyla %70,02 ve %85,34 azaldığına dikkat çekmişlerdir.

Naylor and Gurmu 1990; Dhanda *et al.* 2004, kuraklık stresinde, sürgünlere sağlanan su ve besin maddelerinin sınırlanabilmesi ve kök kaynaklı bazı hormonsal mesajlar, kök sürgün uzunluğu oranının artmasına neden olabilmektedir (Sharp and Davis 1989).

Dhanda *et al.* (2004), -10 bar stres düzeyinde 30 ekmeklik buğday genotipinin çimlenme oranının %14,3-64,6, kök uzunluğunun 3,5-7,5 cm, sürgün uzunluğunun 2,0-7,5 cm, tohum gücü indeksinin ise 146,2-585,6 arasında olduğunu saptamışlar, kontrol ile karşılaştırıldığında en yüksek azalma oranının (%85,8) tohum gücü indeksinde olduğunu ifade etmişlerdir. Baloch *et al.* (2012), kontrol ile karşılaştırıldığında, stres koşullarında (%15 PEG) tohum gücü indeksinin genotiplere göre %60,1-76,6 oranında azaldığını bildirmiştir.

PEG 6000'in farklı konsantrasyonları (kontrol, -0,45, -0,77, -1,03 Mpa) ile ozmotik basınç oluşturulan dört farklı arpa çeşidinde ozmotik basınç arttıkça çimlenme oranları, koleoptil uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları ile oransal su içeriğinde önemli ölçüde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Uğur 2015).

Hücre bölünmesi, makro moleküler düzeyde karmaşık bir takım biyokimyasal olayları ihtiva eden ve birbirini izleyen çeşitli işlemler sonucu gerçekleşmektedir. Canlıların

büyüme ve gelişmesi, bu canlıları oluşturan hücrelerin düzenli büyüme ve çoğalmasına bağlıdır (Berkeş ve Kışlalıoğlu 1990). Mitotik indeks ise, hücre bölünme frekansını yansıtır ve büyüme gelişme oranını belirlemede önemli bir parametre olarak kullanılır. Mitotik indeksteki azalmaya paralel olarak büyüme ve gelişme olayları da yavaşlar (Jiang and Liu 2000). Aynı şekilde çeşitli çevresel streslerin hücre bölünmesi ve mitotik indeks üzerinde önemli derecede azalmaya ve kromozom anormalliklerine yol açtığı da bilinmektedir (Avalbaev *et al.* 2003).

Bitkilerde, sıcaklık artışına bağlı olarak meydana gelen su stresinin artması, köklerde hızlı bir biçimde mitotik aktivitenin azalmasına neden olmaktadır (Yee and Rost 1982; Robertson *et al.* 1990; Bitonti *et al.* 1991; Bracale *et al.* 1997). Bu durum var olan hücrelerin sayısının değişiminden çok yeni oluşan hücrelerin sayısında azalmaya neden olmaktadır (Clough and Milthorpe 1975; Randall and Sinclair 1988; Lecoeur *et al.* 1995). Stres, mitoz ya da mayoz yoluyla kalıtılan epigenetik düzenleyicilerin ifadesinin değişmesine yol açarak gen regülasyonunun kararlı olmasını ve nesilden nesile aktarılan stres hafızasının oluşmasını sağlar (Chinnusamy and Zhu 2009).

Sıcaklık stresine bağlı olarak ortaya çıkan su stresi koşullarında çimlendirilen ayçiçeği (Robertson *et al.* 1990) ve mısır bitkisinin kök hücrelerinde (Sacks *et al.* 1997) ve buğdayın yapraklarında (Schuppler *et al.* 1998) mitotik aktivitenin azaldığı rapor edilmiştir. Mitotik aktivitede gözlenen aniazalmanın yeni üretilen hücrelerin sayısında azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda su stresine bağlı olarak ortaya çıkan mitotik indeksteki azalmanın birkaç gün sonra büyük ölçüde iyileştiği gözlemlenmiş, bu durumun da stres yüklemesinin başlangıçta bitki için ani ve ağır olduğunu, ancak sonrasında bitkilerin bu stres faktörüne uyum göstererek yaşam periyotlarını düzenleyebildiklerini göstermektedir (Ben-Haj-Salah and Tardieu 1995; Sacks *et al.* 1997).

Düşük (4°C), optimum (20°C) ve yüksek (30°C) sıcaklık stresi altında çimlendirilen bakla tohumlarının kök uçlarında mitotik indeks, hücre döngüsü ve kromozom

davranışlarının incelendiği araştırmada optimum sıcaklıkta çimlendirilen tohumların mitotik indeks değerinin düşük ve yüksek sıcaklıklarda çimlendirilen tohumlara nazaran daha yüksek olduğu düşük ve yüksek sıcaklık uygulamalarının mitotik indeksi olumsuz etkilediği görülmüştür (Öney 2009).

Bitki büyüme ve gelişmesi, içten üretilen ve fitohormon olarak adlandırılan veya dıştan uygulanırsa bitki büyüme düzenleyicileri olarak bilinen büyüme maddeleri tarafından düzenlenir. Oksin, gibberellin, sitokinin, etilen ve absisik asit (ABA) yüksek bitkilerde en çok aktivite gösteren hormonlardır. Bunlardan etilen ve ABA büyümeyi yavaşlatıcı etkilere sahipken (büyüme geciktiriciler), gibberellin ve sitokinin bitki büyümesini teşvik edici (büyüme artırıcılar) etkilere sahiptirler (Taiz and Zeiger 1991).

Giberellinler birçok otsu bitkinin uzayan gövdelerinde genişleme ve hücre bölünmesi olaylarının başlatılmasında, meyve büyümesi ve tohum çimlenmesinin uyarılmasında, tohum dormansisinin kırılmasında, kozalaklı bitkilerde, erkek ve dişi kozalak oluşumunun başlatılmasında, çiçeklenme için uzun gün veya düşük sıcaklığa ihtiyaç duyan bitkilerin bu şartlara ihtiyaç duymadan çiçeklenmelerinin uyarılmasında görev alırlar. Gibberellinler tahıl tanelerinde alevron hücrelerinde iki rolü bulunmaktadır. Birincisi, endoplazmik retikular zarların sentezini uyarmak, ikincisi ise α -amilaz ve diğer hidrolazların sentezini artırmaktır. Gibberellik asidin en önemli etkilerinden biride hücre uzamasını teşvik etmesidir. Gibberellik asidin bu etkiye nasıl sahip olduğu bilinmemekle birlikte, oksin gibi gibberellik asidinde bazı yollarla hücre çeperi plastisitesini artırdığı tahmin edilmektedir (Kadıoğlu 1998).

Arpa ve turp tohumlarının çimlenme ve fide büyümesi üzerine gibberellik asit, kinetin, benziladenin, etilen, brassinosteroid, trilonanol ve poliaminlerin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada arpa tohumlarında gibberellik asit ve putresin uygulamasında çimlenme yüzdesi kontrol gruba göre artmış, buna karşın turp tohumlarında çimlenme yüzdesi üzerine teşvik edici etkisi görülmemiştir. Her iki türde de fide büyümesi üzerine hormonların farklı derecelerde artırıcı etkisi tespit edilmiştir (Çavuşoğlu 2006).

Bitki büyüme düzenleyicileri (50, 100, 250 ppm GA₃, 50, 100, 250 ppm indolbütirik asit) ile muamele edilen 3 farklı antepfıstığı çeşidinin çimlenme oranı, çimlenme hızı, gövde çapı, fide boyu, sürgün uzunluğu gibi özelliklerin incelendiği çalışmada iki yıl boyunca yapılan gözlemler sonucunda fide büyüme parametreleri üzerine bitki büyüme düzenleyicilerinin olumlu etkileri gözlemlenmiş, farklı çeşitlerde fide büyüme parametrelerinden bazılarının üzerine en iyi etkiyi yapan düzenleyicinin GA₃, bazı parametreler üzerine en iyi etki yapan düzenleyicinin indolbütirik asit (IBA) olduğu tespit edilmiştir (Akkuş 2009).

Erdemli (2015) tarafından ayçiçeğinin Sanbro MR çeşidine ait tohumlara farklı GA₃ dozları [kontrol (saf su), 50, 100, 200, 300 ve 400 ppm] uygulanmış ve abiyotik stres koşullarında çimlenme üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme sonunda GA₃ dozundaki artışın çiçeklenme süresini 2 gün kısalttığı tespit edilmiştir. Araştırmacı GA₃ dozlarının çimlenme oranı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını ancak ortalama çimlenme süresini kısalttığını ve fide boyunu uzattığını bildirmiştir. Özellikle GA₃'ün 50-100 ppm dozlarının tuz ve kuraklık stresinde ortalama çimlenme süresini kısalttığı belirlenmiştir.

Karaerik üzüm çeşidinde yapılan bir araştırmada, tohumların çimlenmesi üzerine GA₃ ve katlama uygulamalarının ayrı ayrı veya birlikte etkisi belirlenmeye çalışılmış ve denemede diğer uygulamaların yanında GA₃ 100, 250, 500 ve 1000 ppm oranlarında uygulanmıştır. Çalışma neticesinde uygulamalara göre çimlenme oranları ve çimlenme hızları tespit edilmiştir. Farklı GA₃ uygulamalarının çimlenme oranını değiştirmede (24 saat 250 ppm GA₃ uygulaması azaltmış), 48 saat GA₃ uygulanan tohumlarda ise çimlenme süresinin kısaldığı, çimlenme hızının ise arttığı ortaya konulmuştur (Hızarcı 2001).

Gibberellinlerin (GA) hücre bölünmesini teşvik edici etkisi uzun zamandan beri bilinmektedir (Salisbury and Ross 1992). Nitekim, Besnard-Wibant *et al.* (1983), *Silene armaria* fidelerinin apikal meristeminde giberellik asidin hücre bölünmesini teşvik ettiğini rapor etmişlerdir. Liu and Loy (1976), karpuz fidelerinin subapikal gövde meristemlerinde giberellik asitlerin hücre çoğalmasını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Giberellinlerin hücre uzamasını teşvik ederek büyüme ve gelişme olaylarında etkili oldukları vurgulanmıştır (Van Der Zanden 1999).

İkili büyüme düzenleyicileri kombinasyonları ile ön uygulamaya tabi tutulan arpalarda tuz stresinin (0,30, 0,35, 0,40, 0,45 molal) mitotik indeks üzerindeki engelleyici etkisini GA₃ (900 mM) kombinasyonlarının hafiflettiği, içinde GA₃'ün bulunmadığı kombinasyonların başarı göstermediği belirtilmiştir (Demir 2007).

Sert ve yumuşak buğday çeşitlerinin kuraklık ve sıcaklığa dayanıklılık derecelerinin incelendiği bir çalışmada, kuraklık stresi uygulaması sonrasında bozulan DNA yapılarının giberellik asit uygulamasından sonra onarıldığı tespit edilmiştir. Bu durumun kuraklığa dayanıklı çeşitlerde daha fazla meydana geldiği belirtilmiştir (Güçlü 1997).

Giberellik asit bitkilerde çimlenme, vejetatif büyüme, çiçeklenme ve meyve oluşumunda etkili olan doğal bir bitki büyüme düzenleyicisidir. Yüksek konsantrasyonda kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi engellemekte ve bitki dokularında anormalliklere neden olmaktadır. Soğanda yapılan bir çalışmada 1200 ppm GA₃ ile muamele edilen tohumlar ile kontrol grup karşılaştırıldığında, çimlenme oranının %90'dan %26'ya, mitotik indeksin %18,5'ten %12,4'e düştüğü ve hücre bölünmesinin farklı aşamalarında ekvator düzleminde kayma, kromozom köprüleri ve c-mitoz gibi anormalliklerinin meydana geldiği gözlemlenmiştir (Tütünoğlu 2015).

Bir aminoasit türevi olan poliaminlerin putresin (Put), kadaverin (Cad), spermidin (Spd) ve spermin (Spm) olmak üzere 4 farklı türü bulunmaktadır. Bunlardan putresin ve kadaverin diamin, spermidin triamin ve spermin ise tetraamindir (Liu *et al.* 2000). Yapılan çalışmalarda portakal, portakal suyu, mandalin, greyfurt suyu, ketçap, donmuş yeşil bezelye ve fermente soya sosu gibi test edilen besinlerin kilogramında 40 mg putresin bulunmuştur (Kalac and Krausava 2005).

Genel olarak poliamin miktarı meristematik ve aktif büyüme özelliğindeki dokularda yüksek oranda bulunurken yaşlanma gösteren dokularda düşük oranda bulunmaktadır (Neves *et al.* 2002). Poliaminlerin hücre içerisindeki seviyelerindeki artış özellikle, su eksikliği, tuz stresi, asit stresi, potasyum eksikliği, su baskını ve çevresel streslere karşı yanıt olarak ortaya çıkmaktadır (Flores *et al.* 1989).

Poliaminler bitki büyüme ve gelişme süreciyle ilgili küçük yaygın polikasyonlardır ve asitleri nötralleştirici ve antioksidan özelliklerine bağlı olarak anti-senesens ve anti-stres etkileri yanısıra hücre zarlarını ve duvarlarını stabilize etme yetenekleri bakımından iyi bilinirler (Zhao and Yang 2008). Poliaminler metal toksiditesi (Groppa *et al.* 2003), oksidatif stres (Rider *et al.* 2007), kuraklık (Yamaguchi *et al.* 2007), tuzluluk (Duan *et al.* 2008) ve don stresini (Cuevas *et al.* 2008; Groppa and Brnavides 2008) kapsayan çeşitli çevresel streslere (Bonchetau *et al.* 1999) karşı bitkilerin savunma sistemlerinin düzenlenmesinde önemli rol oynarlar. Poliaminlerin dıştan uygulaması aynı zamanda arttırılmış verimli ekin için strese toleransı arttırmada etkili yaklaşım olduğu rapor edilmiştir. Putresinin dıştan uygulanması bitkilerin tuzluluğa (Yiu *et al.* 2009), soğuğa (Chattopadhyay *et al.* 2002; Ndayiragije and Luts 2006), kuraklığa (Nayyar and Chander 2004; Nayyar 2005), ağır metallere (Zeid and Shadeed 2006), ozmotik strese (Wang *et al.* 2007), yüksek sıcaklığa (Liu *et al.* 2004), aşırı suya (Murkowski 2001), dayanımlarını arttırmada başarıyla kullanılmıştır.

Poliaminler neredeyse tüm canlı organizmalarda bulunan, hücre büyüme ve gelişmesi ile çevresel streslere tepkiler verme gibi birçok önemli fizyolojik rolü olan alifatik nitrojen yapılı doğal bileşikler grubudur. Putresin, spermidin, ve spermin bitkilerde en çok bulunan poliaminlerdir ve serbest çözülebilir konjuge ve çözümlemeyen bağlı formlarda bulunabilir (Lefevre *et al.* 2001).

Liu *et al.* (2004), buğday fidelerinde PEG (polietilen glikol) ile uyarılmış ozmotik stres esnasında, poliamin konjugasyonunun arttırdığını belirlemiş ve bu olayın yüksek mitokondriyal zar ATPaz aktivitesi ile ilgili olabileceğini öne sürmüştür.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda poliaminlerin biyotik ve abiyotik streslere dayanıklılık mekanizmasında önemli fonksiyonlarının oldukları kanıtlanmıştır. Yapılan çalışmalar farklı bitki gruplarına çeşitli abiyotik streslerin (kuraklık, tuzluluk, sıcaklık, soğuk, ağır metal, ozon, radyasyon, herbisit) uygulanması poliamin seviyesinin yükselmesine sebep olduğunu göstermiştir. Ancak bu artışın, stres sonrası bitkinin zarar görmesiyle mi yoksa bitkinin kendini koruma içgüdüleriyle strese cevap niteliğinde mi meydana geldiği hususunda net bir bilgiye ulaşılamamıştır (Alcazar *et al.* 2010).

Hücre bölünmesi üzerine poliaminlerin (spermin, spermidin, putresin, kadaverin) rolü tam olarak açıklanamamıştır. Bazı araştırmacılar hücre bölünmesinin, poliaminlerin sentezindeki artışın bir sonucu olduğunu ileri sürerken (Smith and Best 1977; Costa and Bagni 1983), diğerleri poliaminlerin dışarıdan uygulamasının hücre bölünmesi üzerinde engelleyici etki yaptığını rapor etmişlerdir (DeAgazio *et al.* 1992; Gatta *et al.* 1992).

Kuraklık ve poliaminlerden putresin hormonunun buğdayda tohum çimlenmesi üzerine olan kombine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar dozda PEG 6000 uygulanarak kuraklık oluşturulmuş ve bu dozlar putresinin 0, 0,01, 0,1 ve 1 mM dozları ile kombine edilmiştir. Araştırma sonucunda kuraklığın şiddeti arttıkça çimlenme oranı ile kök ve sürgün uzunluğunun azaldığı, çimlenme süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Putresinin özellikle 1mM'lık dozunun kuraklığın bu olumsuz etkilerini azalttığı bildirilmiştir (Aydın vd 2016). Yine, aynı araştırmacılar tarafından yapılan diğer bir çalışmada, buğdayda aynı dozlarda PEG 6000 ve putresin uygulanmış ve bazı fide karakterleri ile mitotik indeks üzerine olan etkileri incelenmiştir. Denemede PEG 6000'in farklı dozlarda fide büyüme parametrelerini ve hücre bölünmesini olumsuz yönde etkilediği, putresinin özellikle 1mM'lık dozunun kuraklığın olumsuz etkilerini azalttığı ortaya konulmuştur.

Mısırdaki poliaminlerden olan spermidinin birincil kök uzunluğu, hücre şekli ve mitotik indeks üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada spermidin 2 günlük fidelere 1 mM dozda 18 saat süre ile uygulanmıştır. Denemede, meristematik bölgede mitotik indekste şiddetli bir şekilde azalmaya ve aynı zamanda hücre

uzamasında yavaşlamaya sebep olduğu, bu nedenle kök büyümesinin yavaşladığı belirlenmiştir (De Agazio *et al.* 1995). Araştırmacılar poliaminlerin yüksek dozda uygulanması durumunda genellikle hücre bölünmesini, bitki gelişimini ve gelişimsel süreçleri geciktirdiğini ve bazen de engelleyici etki oluşturduğunu bildirmişlerdir.

İsmailoğlu *et al.* (2004), poliaminlerin; diploit, tetraploit ve heksaploit buğdayların kök ucu hücrelerinde mitotik düzensizliklere ve mitotik indekste azalmaya neden olarak, kök büyümesini engellediklerini rapor etmişlerdir. Aynı araştırmacılar diploit türlerin tetraploit ve heksaploit türlere göre poliaminlere karşı daha duyarlı olduklarını gözlemlemişlerdir.

Poliaminlerin kromozom davranışları üzerine etkileri yeterince bilinmemekle birlikte Ünal vd (2002), arpa tohumları ile yaptıkları çalışmada putresin ön uygulamasının mitotik anormalliklere neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Giberellik asit, spermin, spermidin ve putresinin farklı konsantrasyonlarının fesleğen bitkisinde morfolojik yapı ve uçucu yağ kalitesine etkilerinin incelendiği araştırmada, hormon uygulanan grupların kontrol gruplara göre değişik oranlarda verimi teşvik ettiği gözlenmiş ve poliaminlerin morfolojik yapıyı GA₃'ten daha fazla etkilediği tespit edilmiştir (Kireççi 2006).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Tohum materyali

Araştırmada materyal olarak diploit çavdarın (*Secale cereale* L.) Aslım 95 çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır. Çeşit, kuru alanlar için geliştirilmiş olup yemlik özelliği iyi, verim potansiyeli yüksektir. Kışa, kurağa, hastalıklara ve besin elementi noksanlığına karşı oldukça toleranslıdır. Toprak verimliliği düşük, yüzlek ve eğimli alanlarda arpa ve buğdaydan daha iyi sonuç vermektedir.

3.1.2. Kimyasallar, alet ve ekipmanlar

Araştırmada kullanılan kimyasallar, alet ve ekipmanlar ile bunların kullanıldığı aşamalar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan bazı kimyasallar alet ve ekipmanlar.

Kimyasallar ve ekipmanlar	Kullanıldığı aşaması ve amacı
Kimyasallar	
Çamaşır suyu	Tohum sterilizasyonunda
Putresin	Ekim öncesi büyümeyi teşvik amaçlı
Giberellik asit (GA ₃)	Ekim öncesi büyümeyi teşvik amaçlı
PEG 6000	Ekim sırasında ve sonrasında yapay kuraklık oluşturmada
Feulgen	Kök uçlarının boyanmasında
Malzemeler	
Whatmankağıdı	Tohum kurutmada
Petri kutusu	Tohum çimlendirmede
Çimlendirme kâğıdı	Tohum çimlendirmede
Milimetrik cetvel	Uzunluk ölçümünde
Çimlendirme dolabı	Tohum çimlendirme
Etüv	Numunelerin kurutulmasında
Hassas terazi	Ağırlık ölçümünde
Işık mikroskobu	Mitotik indeks ölçümünde

3.2. Yöntem

Araştırmada kullanılan kimyasalların hazırlanışı, çimlendirme öncesi tohumlara yapılan uygulamalar ve çimlendirme işlemleri aşağıda verilmiştir.

3.2.1. Kimyasalların hazırlanışı

Kontrolün hazırlanışı: Kontrol olarak saf su kullanılmıştır. Saf suyun pH'sı 1N HCl₃ ile 4,5'e ayarlanmıştır.

%10'luk çamaşır suyunun hazırlanışı: %5 NaOCl (sodium hipoklorit) içeren ticari ACE marka çamaşır suyundan 100 ml alınarak toplam hacim safsuile 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

PEG 6000 hazırlanışı: Ozmotik potansiyel oluşturmak amacıyla kullanılan PEG 6000 solüsyonlarının hazırlanışı Çizelge 3.2'de verilmiştir (Michel and Kaufmann 1973).

Çizelge 3.2. PEG 6000 solüsyonunun hazırlanışı.

Konsantrasyon	Çözelti
0 bar	1000 ml saf su
-2 bar	119,6 g/lt PEG6000
-4 bar	178,5 g/lt PEG6000
-6 bar	223,8 g/lt PEG6000
-8 bar	255,3g/lt PEG6000
-10 bar	288,6 g/lt PEG6000

Farklı GA₃ konsantrasyonlarının hazırlanışı: 174 mg GA₃ 500 ml saf suda eritilerek 1mM'lık stok çözelti elde edilmiş ve bu çözeltiden elde edilen uygulama konsantrasyonları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. GA₃ konsantrasyonlarının hazırlanışı.

Konsantrasyon	Çözelti
900 mM GA ₃ .	1 M'lık konsantrasyondan 225 ml alınmış ve üzerine 25 ml saf su eklenmiştir
600 mM GA ₃	1 M'lık konsantrasyondan 150 ml alınmış ve üzerine 100 ml saf su eklenmiştir.
300 mM GA ₃	1 M'lık konsantrasyondan 75 ml alınmış ve üzerine 175 ml saf su eklenmiştir.

Farklı Putresin konsantrasyonlarının hazırlanışı: Putresinin (Put) uygulama konsantrasyonları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Putresin konsantrasyonlarının hazırlanışı.

Konsantrasyon	Çözelti
1 mM putresin	88,15 mg put + 500 ml saf su
0,1 mM putresin	8,815 mg put + 500 m saf su
0.01 mM putresin	0,8815 mg put + 500 ml saf su
0.001 mM putresin	0,08815 mg put + 500 ml saf su

Boyanın Hazırlanışı: Hücrelerin bölünme dönemlerini net bir şekilde görülebilmesini sağlamak amacıyla içerisinde kristal halde bazik fuksin bulunan Feulgen boyası kullanılmıştır. Feulgen boyası Elçi (1982)'nin belirttiği yöntemle hazırlanmıştır.

3.2.2. Tohumlara yapılan uygulamalar

Denemede yapay kuraklık oluşturmak amacıyla PEG 6000'in 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar'lık dozları kullanılmıştır. PEG 6000'in farklı konsantrasyonlarında oluşturulan ozmotik potansiyeller Michel ve Kaufmann (1973)'a göre hesaplanmıştır. İki ayrı çalışma şeklinde yürütülen bu denemelerden birinde, yukarıda belirtilen PEG 6000 konsantrasyonları ile kombine halde GA₃'ün 0, 300, 600 ve 900 mM'lık konsantrasyonları uygulanmıştır. Diğer çalışmada ise yine PEG 6000'in burada verilen dozları ile putresinin 0, 0,001, 0,01 ve 0,1 mM'lık konsantrasyonları kombine halde uygulanmıştır.

Araştırma Tam Şansa Bağlı Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her petri kutusuna 25 adet tohum konulmuştur. Buna göre her bir kombinasyon için $4 \times 25 = 100$ tohum kullanılmıştır. Dolayısıyla PEG 6000 x GA₃ için $6 \times 4 = 24$ kombinasyon oluşturulmuş ve toplam 2400 adet tohum kullanılmıştır. Aynı şekilde PEG 6000 x putresin kombinasyonları için de 2400 adet tohum kullanılmıştır.

GA₃ Uygulaması

Tohumlar musluk suyuyla yıkandıktan sonra %70'lik etil elkolde (EtOH) 3 dakika karıştırılarak steril kabin içerisinde 3 defa steril saf su ile yıkanmış ve birkaç damla Tween 20 (Sigma) içeren %10'luk çamaşır suyunda 15 dakika karıştırılarak yüzey sterilizasyonu yapılmıştır.

Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar, steril saf su ile yıkandıktan sonra 4 farklı GA₃ konsantrasyonunda [0 (saf su), 300, 600 ve 900 mM] oda sıcaklığında 24 saat süreyle bekletilmişlerdir (Gupta ve Gupta 2011). Bu süre sonunda tohumlar su ile yıkanarak GA₃ uzaklaştırılmış ve tohumlar kurutma kağıtlarına aktararak 3 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan tohumlar, içerisinde iki kat çimlendirme kağıdı (1 numaralı whatman kağıdı) bulunan 9 cm çapındaki her petri kutusuna 25 adet tohum olacak şekilde ekim yapılmış ve daha sonra petri kutularına PEG 6000 ile oluşturulmuş 6 farklı

ozmotik potansiyele sahip [0 (saf su), -2, -4, -6, -8 ve -10 bar] solüsyondan 10'ar ml konulmuştur. Bu işlemin ardından tohumlar 16:8 saat ışık:karanlık fotoperyotta 20°C'de çimlendirmeye alınmışlardır. Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan sonra 10 gün boyunca her gün 6 farklı dozdaki PEG 6000 solüsyonundan 10'ar ml eklenmiştir.

Putresin Uygulaması

Tohumlar musluk suyuyla yıkandıktan sonra %70'lik etil alkolde (EtOH) 3 dakika karıştırılarak steril kabin içerisinde 3 defa steril saf su ile yıkanmış ve birkaç damla Tween 20 (Sigma) içeren %10'luk çamaşır suyunda 15 dakika karıştırılarak yüzey sterilizasyonu yapılmıştır.

Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar, steril saf su ile yıkandıktan sonra 4 farklı putresin konsantrasyonunda [0 (saf su), 0,001, 0,01 ve 0,1 mM] oda sıcaklığında 24 saat süreyle bekletilmişlerdir (Gupta ve Gupta 2011). Bu süre sonunda putresin uzaklaştırılmış ve tohumlar kurutma kağıtlarına aktararak 3 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan tohumlar, içerisinde iki kat çimlendirme kağıdı (1 numaralı whatman kağıdı) bulunan 9 cm çapındaki her petri kutusuna 25 adet tohum olacak şekilde ekim yapılmış ve daha sonra petri kutularına PEG 6000 ile oluşturulmuş 6 farklı ozmotik potansiyele sahip [0 (saf su), -2, -4, -6, -8 ve -10 bar] solüsyondan 10'ar ml konulmuştur. Bu işlemin ardından tohumlar 16:8 saat ışık:karanlık fotoperyotta 20°C'de çimlendirmeye alınmışlardır. Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan sonra 10 gün boyunca her gün 6 farklı dozdaki PEG 6000 solüsyonundan 10'ar ml eklenmiştir.

3.2.3. Denemede incelenen karakterler

3.2.3.a. Çimlenme ile ilgili karakterler

a. Çimlenme hızı (ÇH): Çimlenme hızı aşağıdaki formül kullanılarak % cinsinden hesaplanmıştır. Formülde $n_1, \dots, n_4$ 4. güne kadar her gün çimlenen tohum sayısını; $t_1, \dots, t_4$ ise çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısını belirtmektedir (Elkoca 1997).

$$\text{Çimlenme hızı (\%)} = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_4/t_4$$

b. Çimlenme hızı katsayısı (CHK): Aşağıdaki formül kullanılarak çimlenme hızı katsayısı hesaplanmıştır (Maguire 1962). Burada T_i , denemenin başladığı günden itibaren gün sayısı, N_i ise gün başına çimlenen tohum sayısını göstermektedir.

$$\text{CHK} = \sum N_i / \sum N_i T_i \times 100$$

c. Çimlenme hızı indeksi (CHİ): Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Formüle T_i , denemenin başladığı günden itibaren gün sayısını, N_i ise gün başına çimlenen tohum sayısını göstermektedir (Maguire 1962).

$$\text{CHİ} = (N_i) / (T_i)$$

d. Çimlenme gücü (ÇG): Çimlenme gücü aşağıdaki formül kullanılarak tespit edilmiştir. Formüle $n_1, \dots, n_8$ 8. güne kadar her gün çimlenen tohum sayısını; $t_1, \dots, t_8$ ise çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısını göstermektedir.

$$\text{Çimlenme gücü (\%)} = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_8/t_8$$

e. Çimlenme gücü indeksi (ÇGİ): Çimlenme gücü indeksi aşağıda verilen formül kullanılarak tespit edilmiştir (Abdul-Baki and Anderson 1970).

$$\text{ÇGİ} = (\text{ortalama sürgün uzunluğu} + \text{ortalama kök uzunluğu}) \times \text{çimlenme oranı}$$

f. Çimlenme oranı (ÇO): Tohumlar çimlenme ortamına konulduktan sonra her gün aynı saatte çimlenenler sayılmıştır. Kökçük uzunluğu 1-2 mm'ye ulaşan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmişlerdir (Elkoca 1997). Çimlenme tamamlandığında, aşağıdaki formül aracılığı ile çimlenme oranı % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Çimlenme oranı (\%)} = (\text{çimlenen toplam tohum sayısı} / \text{toplam tohum sayısı}) \times 100$$

g. Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ): Ortalama çimlenme zamanı aşağıdaki eşitliğe göre gün olarak belirlenmiştir (Kaya *et al.* 2006). Eşitlikteki f, sayım günündeki çimlenen tohum sayısını; x, sayım yapılan gün sayısını göstermektedir.

$$\text{OÇZ (gün)} = \Sigma(fx) / \Sigma f$$

3.2.3.b. Fide ile ilgili karakterler

Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan 14 gün sonra her petri kutusundan 10'ar adet fide şansa bağlı olarak alınmış ve bunlarda aşağıda verilen özellikler incelenmiştir (Hossein Pour 2016).

a. Toplam embriyonal kök sayısı (adet): Her bir fidede oluşan embriyonal köklerin tamamı sayılmış ve ortalaması alınmıştır.

b. Kök uzunluğu (cm) (KU): İncelenen her bir fidede en uzun kökün uzunluğu milimetrik cetvel ile ölçülmüş ve ortalaması alınarak kök uzunluğu belirlenmiştir.

c. Sürgün uzunluğu (cm) (SU): Sürgünün tohumdan ilk çıktığı yerden yaprak ucuna kadar olan uzunluk milimetrik cetvelle ölçülmüş ve ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.

d. Koleoptil uzunluğu (cm) (KOU): Tohum ile yaprağın çıktığı çim kını ucu arasındaki kısım milimetrik cetvelle ölçülerek tespit edilmiştir.

e. Fide uzunluğu (cm) (ÇU): Kök ucu ile yaprak ucu arasındaki uzunluk milimetrik cetvelle ölçülmek suretiyle fide boyu belirlenmiştir.

f. Kök yaş ağırlığı (mg) (KYA): Kök yaş ağırlığı 10 fidenin tamamından ayrılan embriyonal köklerin yaş ağırlıkları hassas terazide tartılmış ve ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

g. Kök kuru ağırlığı (mg) (KKA): Yaş ağırlığı belirlenen kökler 72°C'de 72 saat kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak kök kuru ağırlığı tespit edilmiştir.

h. Sürgün yaş ağırlığı (mg) (SYA): Her bir tekerrürde örneklenen 10 fidenin tamamında önce sürgünler ayrılmış, daha sonra hassas terazide tartılmış ve elde edilen değer 10'a bölünerek her bir fidenin sürgün yaş ağırlığı hesaplanmıştır.

i. Sürgün kuru ağırlığı (mg) (SKA): Yaş ağırlığı belirlenen sürgünler 72°C'de 72 saat kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak sürgün kuru ağırlığı tespit edilmiştir. Daha sonra elde edilen değer 10'a bölünerek her bir sürgünün kuru ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.3.c. Mitotik indeks

Mitotik indeksi belirlemek amacıyla her bir uygulamanın (hem putresin hem de GA₃ uygulamaları) her tekerrüründe petrilere bulunan fidelerde çimlenme ile ilgili veriler elde edildikten sonra her petri kutusundan şansa bağlı olarak 10 fide ve bunların her birinden bir kök (birincil kök) alınmıştır. Her bir petri kutusundan alınan 10 adet kök aynı tüpe konulmuştur.

Mitotik indeksi belirlemek amacıyla kullanılan örneklerin hazırlanmasında Sağsöz (1974) ve Tosun (1995), tarafından belirtilen yöntem uygulanmıştır. Kökler (1-2 cm uzunluğunda) mitotik aktivitenin yoğun olduğu kabul edilen 09:00-12:00 saatleri arasında alınmış ve içerisine taze hazırlanmış Carnoy solüsyonu (6:3:1 oranında %95'lik etil alkol, glacial asetik asit ve kloroform karışımı) bulunan tüplere konularak oda sıcaklığında iki saat süreyle bekletilmişlerdir. Tespit işleminden sonra kök ucu örnekleri, içerisinde 1 N HCl asit bulunan tüplere alınmış ve 60°C'de 25 dakika bekletilerek hidroliz edilmiştir. Kromozomların boyanmasını sağlamak amacıyla

hidroliz edilen kök ucu örnekleri, içerisinde Feulgen boyası bulunan cam tüplere konulmuş ve oda sıcaklığında 30 dakika tutularak kök ucunun erguvani renginde boyanması sağlanmıştır.

Boyanmış kök ucu örneklerinden bir tanesi lam üzerine konularak kökün 1-1,5mm'lik boyanmış uç kısmı kesilmiş, diğer kısmı atılmıştır. Kök ucu üzerine bir damla %45'lik glasiyal asetik asit damlatılarak, ok uçlu iğne ve bistüri yardımıyla parçalanmıştır. Daha sonra üzerine lamel kapatılarak baş parmakla kuvvetlice bastırılmıştır. Lam üzerine kurşun kalemin arka tarafı ile yavaş yavaş vurularak ezme işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan preparatlar ışık mikroskobunda incelenmiştir.

Mitotik indeksi tespit etmek için, yukarıda belirtildiği şekilde hazırlanan her bir preparatta 5000-6000 hücre sayılmıştır. Profaz, metafaz, anafaz ve telofaz dönemindeki hücreler bölünen hücre, diğerleri ise bölünmeyen hücre olarak değerlendirilmiş ve aşağıda verilen formüle göre mitotik indeks % olarak hesaplanmıştır (Reiger *et al.* 1968)

$$\text{Mitotik indeks (\%)} = (\text{bölünen hücre sayısı} / \text{toplam hücre sayısı}) \times 100$$

3.3. Verilerin İstatistiksel Analizi

Tam şansa bağlı deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulan denemeden elde edilen veriler 6 (ozmotik potansiyel) x 4 (putresin dozu / GA₃ dozu) faktöriyel düzende SPSS istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Tohumlara GA₃ Uygulaması

4.1.1. GA₃ uygulamasının çimlenme ile ilgili karakterler üzerine etkileri

a) Çimlenme hızı (ÇH)

Tohumların çimlenme hızı üzerine kuraklık (PEG 6000 ile oluşturulmuş) ve GA₃ uygulamaları ile kuraklık x GA₃ interaksyonunun etkisi çok önemli ($P<0,01$) olmuştur (Çizelge 4.1).

PEG 6000 uygulamasıyla oluşturulan kuraklığın şiddeti arttıkça tohumların çimlenme hızı düşmüştür. Nitekim kontrol grupta (PEG 6000 uygulanmamış) %56,50 olan çimlenme hızı -2, -4, -6, -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda sürekli azalmış ve nihayetinde %5,50'ye kadar düşmüştür. Diğer taraftan, GA₃ uygulaması çimlenme hızını artırmıştır. Örneğin GA₃ uygulanmadığında %1.00 olan çimlenme hızı 300 mM'lık dozda %36,16'ya, 600 mM'lık dozda %44,50'ye, 900 mM'lık dozda ise %54,50'ye yükselmiştir. Tüm uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak çok önemli olmuştur. Hem GA₃ hem de kuraklığın tohumun çimlenme hızı üzerine etkisi çok önemli olduğu için kuraklık x GA₃ interaksyonu da çok önemli olmuştur. En yüksek çimlenme hızı %80 ile kuraklığın uygulanmadığı, buna karşın GA₃'ün 600 ve 900 mM'lık dozlarda uygulandığı muamelelerden elde edilmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve GA₃ uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili karakterlere ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Kareler ortalaması							
	SD	ÇH	ÇHK	ÇHİ	ÇG	ÇGİ	ÇO	OÇZ
Kuraklık	5	6333,76**	134,98**	35,71**	13838,66**	11175907,47**	8623,76**	20,56**
GA ₃	3	12993,50**	177,90**	10,02**	1362,88**	2166152,12**	60,16**	31,91**
GA ₃ x Kuraklık	15	748,96**	5,04**	0,39**	422,22**	170393,19**	185,10**	1,98**
Hata	72	13,389	0,57	0,08	24	18509,94	20,611	0,07
Toplam	96							

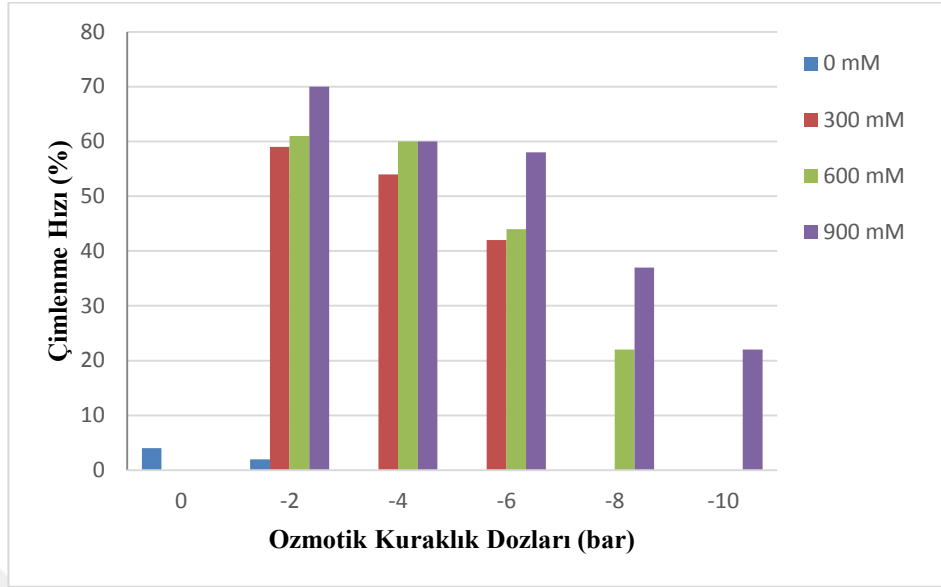
**P<0,01 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.2. Tohumlara PEG 6000 ve GA₃ uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili bazı karakterlere ait veriler

Kuraklık (bar)	GA ₃ (mM)	ÇH (%)	ÇHK	ÇHİ	ÇG(%)	ÇGİ	ÇO(%)	OÇZ(gün)
0	0	4,00 c ¹	18,13 c	18,55 c	97,00	1866,90 d	98,00 b	5,52 a
	300	62,00 b	21,42 b	19,56 b	100,00	2383,00 c	100,00 a	4,67 b
	600	80,00 a	22,93 a	19,87 a	100,00	2721,00 b	100,00 a	4,36 c
	900	80,00 a	22,62 a	19,86 a	100,00	3396,00 a	100,00 a	4,42 c
	Ortalama	56,50 A²	21,28 A	19,46 A	99,25 A	2587,00 B	99,50 A	4,74 F
-2	0	2,00 c	16,92 c	18,26 b	100,00	2032,00 c	100,00	5,93 a
	300	59,00 b	20,10 b	19,35 a	97,00	2521,00 bc	100,00	4,98 b
	600	61,00 b	20,97 ab	19,49 a	99,00	2796,00 b	100,00	4,77 bc
	900	70,00 a	21,96 a	19,68 a	100,00	3250,00 a	100,00	4,56 c
	Ortalama	48,00 B	19,99 B	19,20 B	99,00 A	2649,00 A	100,00 A	5,06 E
-4	0	0,00 c	15,10 c	17,83 c	94,00 ab	1049,00 c	100,00	6,62 a
	300	54,00 b	19,10 b	19,11 b	92,00 b	1363,23 b	99,00	5,24 b
	600	60,00 a	21,48 a	19,50 a	98,00 a	1641,42 a	99,00	4,65 c
	900	60,00 a	19,55 b	19,14 b	90,00 b	1837,18 a	97,00	5,11 b
	Ortalama	43,50 C	18,81 C	18,89 C	93,50 B	1475,32 C	98,75 A	5,40 D
-6	0	0,00 c	12,75 c	17,29 c	67,00 b	890,00 c	100,00 a	7,84 a
	300	42,00 b	17,77 b	18,60 a	83,00 a	1066,90 b	94,00 b	5,63 b
	600	44,00 b	18,68 a	18,18 b	74,00 ab	1052,88 b	82,00 a	5,35 c
	900	58,00 a	18,53 ab	18,97 a	82,00 a	1352,64 a	96,00 a	5,39 bc
	Ortalama	36,00 D	16,93 D	18,26 D	76,50 C	1096,47 D	93,00 B	6,05 C
-8	0	0,00 c	10,05 c	16,17 c	20,00 c	438,90 b	66,00 ab	9,95 a
	300	0,00 c	13,03 b	16,53 bc	44,00 b	539,00 b	70,00 ab	7,69 b
	600	22,00 b	17,56 a	17,43 a	63,00 a	712,08 a	72,00 a	5,70 c
	900	37,00 a	18,63 a	17,17 ab	54,00 ab	679,54 a	61,00 b	5,39 c
	Ortalama	14,75 E	14,82 E	16,82 E	45,25 D	594,49 E	67,25 C	7,18 B
-10	0	0,00 b	10,08 c	14,71 c	1,00 c	97,72 d	28,00 c	9,92 a
	300	0,00 b	13,51 b	15,53 b	34,00 b	165,00 c	44,00 b	7,42 b
	600	0,00 b	14,39 b	15,61 b	38,00 b	259,60 b	44,00 b	6,95 b
	900	22,00 a	17,81 a	16,89 a	51,00 a	405,33 a	59,00 a	5,62 c
	Ortalama	5,50 F	13,95 F	15,68 F	31,00 E	218,75 F	43,75 D	7,48 A
Ortalama GA₃	0	1,00 D	13,84 D	17,14 D	63,16 C	941,36 D	82,00 B	7,63 A
	300	36,16 C	17,49 C	18,11 C	75,00 B	1204,97 C	84,50 AB	5,94 B
	600	44,50 B	19,34 B	18,35 B	78,66 A	1384,92 B	82,83 AB	5,30 C
	900	54,50 A	19,85 A	18,62 A	79,50 A	1674,09 A	85,50 A	5,08 D

¹. Her bir uygulama için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.

². Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.



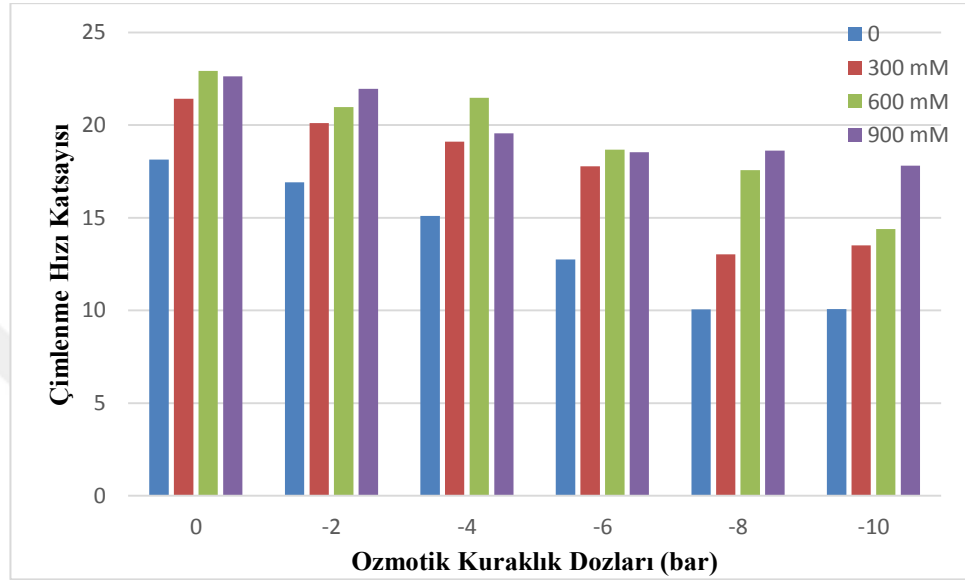
Şekil 4.1. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı üzerine etkileri

b) Çimlenme hızı katsayısı (CHK)

Kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan PEG 6000 ve büyümeyi teşvik etmek için uygulanan GA₃'ün çimlenme hızı katsayısı üzerine etkisi ve yine kuraklık x GA₃ interaksyonu çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.1).

PEG 6000'in uygulanmadığı kontrol (0 bar) grupta 21,28 olan çimlenme hızı katsayısının, kuraklığın şiddeti arttıkça (-2, -4, -6, -8 ve -10 bar) önemli ölçüde düştüğü görülmüştür. Çimlenme hızı katsayısındaki bu düşüş, kuraklığın şiddetine göre sırasıyla 19,99, 18,81, 16,93, 14,82 ve 13,95 şeklinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, GA₃ uygulaması çimlenme hızı katsayısını artırıcı yönde etki etmiştir. Nitekim, ortalamalar bakımından kontrol grupta 13,84 olan çimlenme hızı katsayısı GA₃'ün 300, 600 ve 900 mM'lık konsantrasyonlarında sırasıyla 17,49, 19,34 ve 19,85 olmuştur. Giberellik asidin (GA₃) çimlenme hızı katsayısı üzerine en belirgin etkisi, kuraklığın şiddetli bir şekilde ortaya çıktığı -8 ve -10 bar'lık dozlarda görülmüştür. Örneğin, -8 bar'da kontrol grupta 10,05 olan çimlenme hızı katsayısı 900 mM'lık GA₃ dozunda 18,63'e ve yine -10 bar'da 10,08 olan çimlenme hızı katsayısı GA₃ uygulamalarıyla birlikte artmış ve 900 mM'lık

GA₃ dozunda 17,81'e yükselmiştir. Tüm kombinasyonlar dikkate alındığında en yüksek çimlenme hızı katsayısı PEG 6000'in uygulanmadığı kontrol grupta 600 mM'lık GA₃ uygulamasında (22,93) tespit edilmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.2).



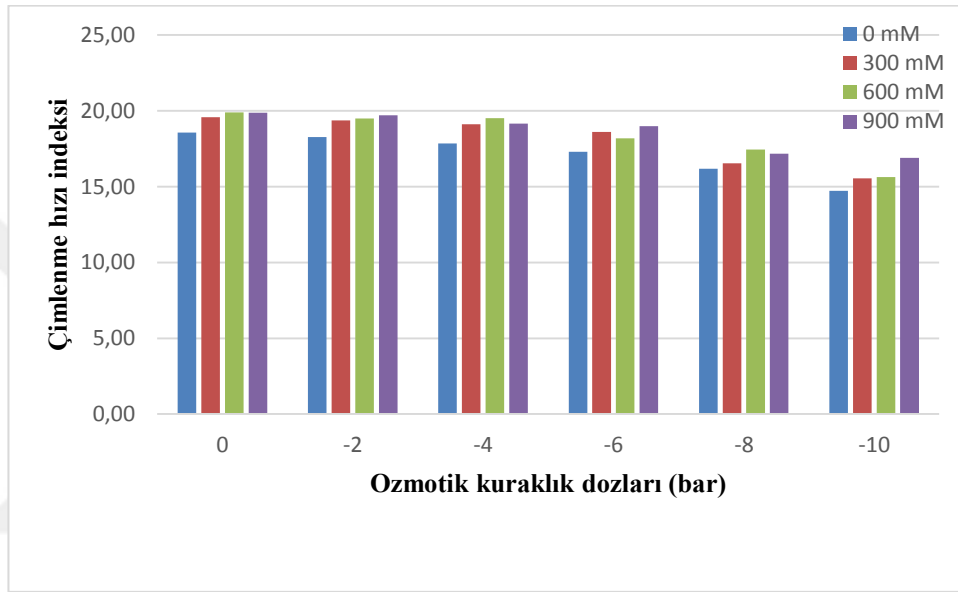
Şekil 4.2. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı katsayısı üzerine etkileri

c) Çimlenme hızı indeksi (ÇHİ)

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık ve GA₃ uygulamalarının çimlenme hızı indeksi üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuş ve aynı şekilde kuraklık x GA₃ interaksiyonunda çok önemli ($P < 0,01$) bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çimlenme hızı indeksi kuraklık uygulamasının şiddetine (PEG 6000'in dozuna) bağlı olarak sürekli bir şekilde azalmıştır. Kontrol grupta 19,46 olan çimlenme hızı indeksi -2 bar'da 19,20, -4 bar'da 18,89 ve -6 bar'da 18,26 olmuştur. Bu dozun üzerindeki uygulamalarda ise çimlenme hızı indeksi çok daha belirgin bir şekilde düşerek -8 bar'da 16,82 ve -10 bar'da ise 15,68 olmuştur. Diğer taraftan, GA₃ uygulamasının çimlenme hızı indeksi üzerine etkisi istatistiksel anlamda çok önemli olmakla birlikte, sınırlı düzeyde kalmıştır. Nitekim ortalama verilere göre GA₃'ün uygulanmadığı kontrol

grupta 17,14 olan çimlenme hızı indeksi 300, 600 ve 900 mM'lık dozlarda küçük bir artışla sırasıyla 18,11, 18,35 ve 18,62 olmuştur. Kuraklık x GA₃ interaksyonu dikkate alındığında en yüksek çimlenme hızı indeksi (19,87) kuraklığın uygulanmadığı (0 bar) x GA₃'ün 600 mM'lık dozda uygulandığı kombinasyonda tespit edilmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.3).



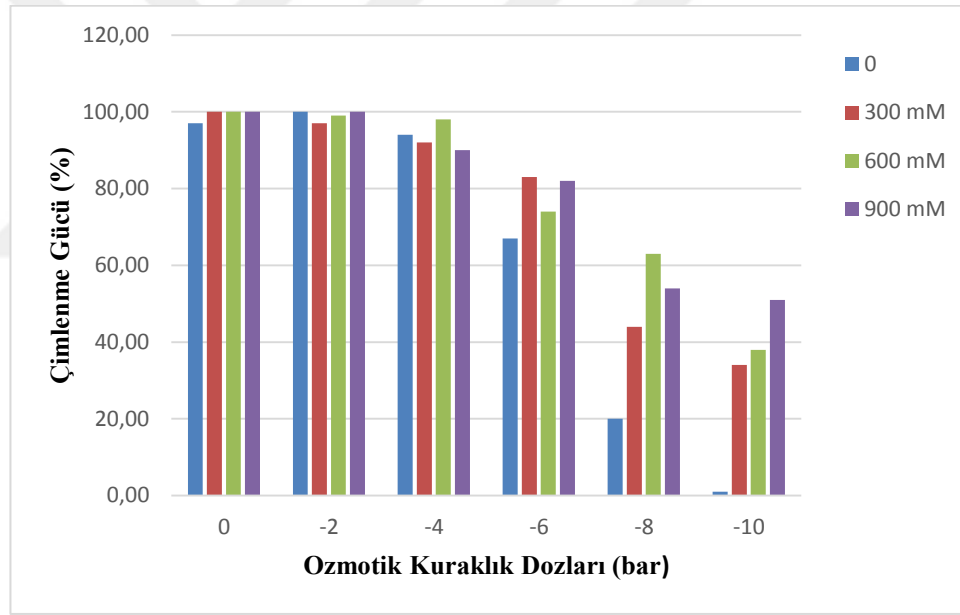
Şekil 4.3. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı indeksi üzerine etkileri

d) Çimlenme Gücü (ÇG)

Kuraklık (PEG 6000 ile oluşturulmuş), GA₃ ve kuraklık x GA₃ interaksyonunun çimlenme gücü üzerine olan etkileri istatistiksel anlamda çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.1).

Kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan PEG 6000'in konsantrasyonu artırıldıkça çimlenme gücünün sürekli olarak düştüğü görülmüştür. Örneğin, kontrol grupta ortalama %99,25 olan çimlenme gücü PEG 6000'in konsantrasyonu arttıkça azalmış ve -10 bar'da %31,00'e kadar düşmüştür. Çimlenme gücündeki bu düşüş: kuraklığın etkisinin daha düşük olduğu -2 ve -4 bar dozlarında nispeten az olmuş; buna karşın -6, -8

ve-10 bar'da çok daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan, PEG 6000'in farklı konsantrasyonları ile oluşturulan kuraklığın çimlenme gücü üzerine olan olumsuz etkisinin, GA₃ uygulandığında nasıl bir değişim gösterdiği incelendiğinde, GA₃'ün uygulanmadığı kontrol grupta ortalama %63,16 olan çimlenme gücü, GA₃ uygulaması ile birlikte artış göstermiş ve 300, 600 ve 900 mM'lık dozlarda sırasıyla %75,00, %78,66 ve %79,50 olmuştur. Bununla birlikte, GA₃'ün çimlenme gücü üzerine en belirgin etkisi kuraklığın en şiddetli şekilde ortaya çıktığı -10 bar'lık dozda gözlenmiştir. Nitekim, bu dozda GA₃ uygulanmadığında %1,00 olan çimlenme gücü; GA₃ uygulaması ile çok belirgin bir artış göstermiş 900 mM'lık dozda %51,00'e yükselmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.4).

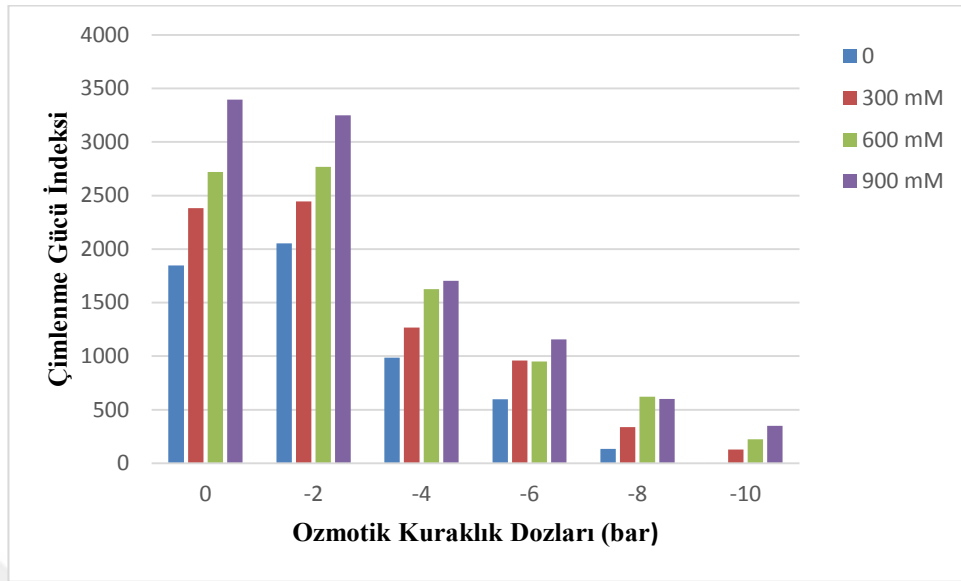


Şekil 4.4. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme gücü üzerine etkileri

e) Çimlenme gücü indeksi (ÇGİ)

Çizelge 4.1'den görüleceği gibi çimlenme ile ilgili parametrelerden olan çimlenme gücü indeksi üzerine PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık, GA_3 ve kuraklık x GA_3 interaksiyonunun etkileri çok önemli ($P<0,01$) olmuştur.

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklığın çimlenme gücü indeksi üzerine etkisi kuraklığın şiddetindeki (PEG 6000 konsantrasyonu) artışa bağlı olarak önemli ölçüde azaldığı ve kuraklık uygulanmadığında ortalama 2587,00 olan çimlenme gücü indeksinin, -10 bar'lık dozda 218,75'e kadar düştüğü görülmüştür. Çimlenme gücü indeksi -2 bar'da (2649,00) kontrole (2587,00) göre bir miktar artmış ancak daha sonra kuraklık şiddeti arttıkça sürekli bir düşüş göstermiştir. Bununla birlikte en fazla düşüş -8 ve -10 bar'lık dozlarda ortaya çıkmıştır. PEG 6000 ile kombine halde uygulanan giberellik asidin (GA_3) çimlenme gücü indeksi üzerine etkisi değerlendirildiğinde, uygulanan doza göre olumlu yönde etki ettiği yani çimlenme gücü indeksini arttırdığı görülmüştür. Nitekim, GA_3 'ün 0 mM'lık dozunda ortalama 941,36 olan çimlenme gücü indeksi, GA_3 konsantrasyonu arttıkça (300, 600 ve 900 mM) sürekli artış göstermiş ve en yüksek dozda ortalama 1674,09'a kadar yükselmiştir. Diğer özelliklerde olduğu gibi çimlenme gücü indeksinde de GA_3 'ün en belirgin etkisi PEG 6000'in -10 bar'lık konsantrasyonda uygulandığı dozda ortaya çıkmıştır. Örneğin bu dozda GA_3 uygulanmadığında 97,72 olan çimlenme gücü indeksi, 900 mM'lık GA_3 dozunda büyük oranda artış göstererek 405,33'e yükselmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.5).



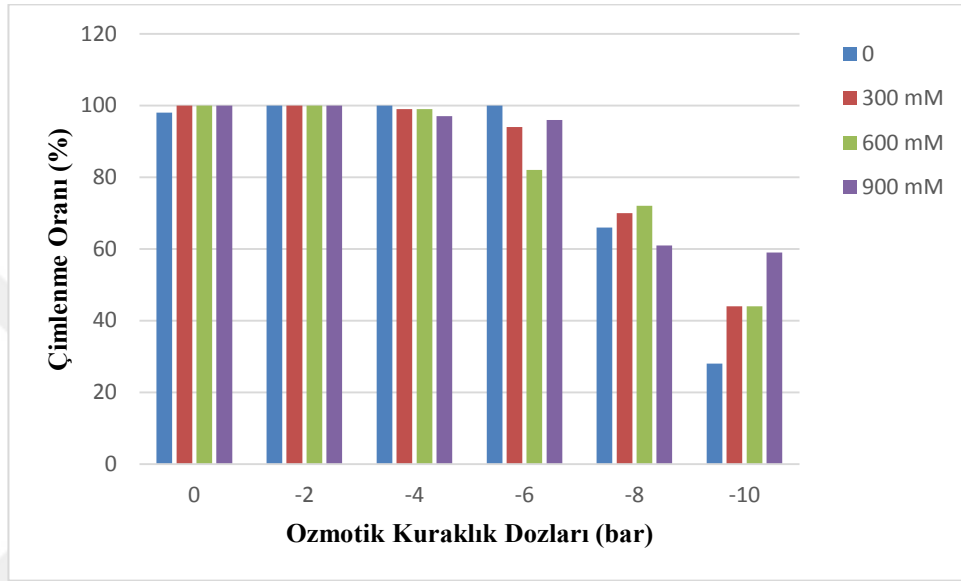
Şekil 4.5. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme gücü indeksi üzerine etkileri

f) Çimlenme Oranı (ÇÖ)

Diploit çavdar tohumlarında çimlenme oranı üzerine PEG 6000 ve GA₃ uygulamalarının etkisi ve kuraklık x GA₃ etkileşimi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.1).

Uygulanan PEG 6000 konsantrasyonu 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar olacak şekilde arttıkça çimlenme oranı genel olarak azalmış, ancak -2 bar'da kontrole göre küçük bir miktar artış olmuştur. Buna göre, kontrol grupta ortalama %99,50 olan çimlenme oranı -2 bar'da küçük bir artışla %100,00'e yükselmiş, -4 bar'da ise ufak bir düşüşle %98,75'e gerilemiş, ancak bu üç grup arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda önemsiz olmuştur. Diğer taraftan, -6, -8 ve -10 bar'da çimlenme oranı ortalama %93,00, %67,25 ve %43,75 şeklinde olmuştur. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi, çimlenme oranında en belirgin düşüş -8 ve -10 bar'lık dozlarda gerçekleşmiştir. GA₃ uygulaması çimlenme ortalamasını bir miktar artırmış ve kontrole göre istatistiksel anlamda en belirgin farklılık kontrol grup (ortalama %82,00) ile 900 mM'lık konsantrasyon (%85,50) arasında gerçekleşmiştir. Yine, GA₃'ün PEG 6000 ile oluşturulan kuraklığın olumsuz

etkisini telafi etmede en belirgin etkisi -10 bar'da ortaya çıkmıştır. Bu konsantrasyonda GA₃ uygulanmadığında (kontrol grup) %28,00 olan çimlenme oranı, GA₃ uygulaması birlikte çok önemli bir artış göstermiş ve 900 mM'lık dozda kontrolün iki katını aşarak %59,00'a yükselmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.6).



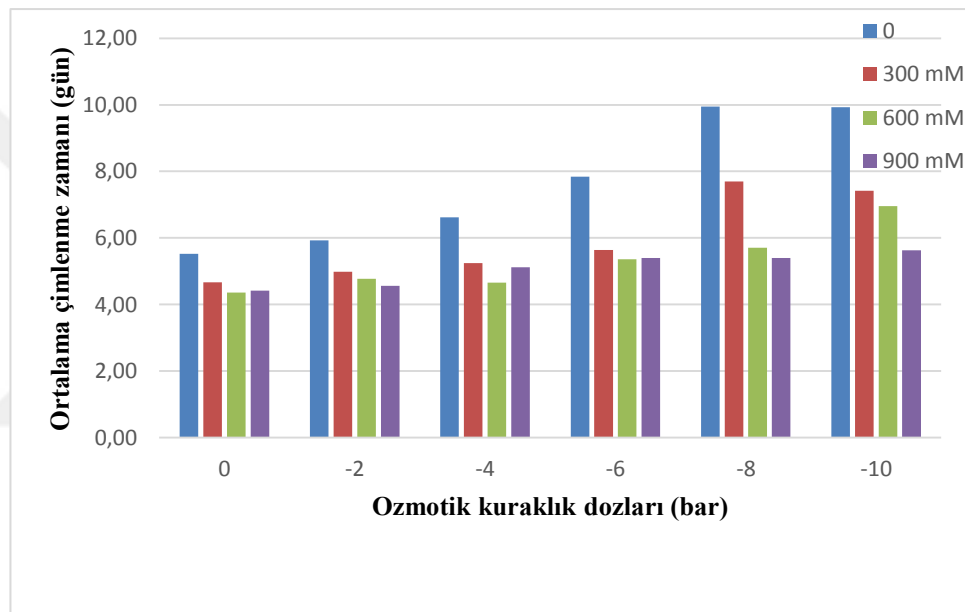
Şekil 4.6. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının tohum çimlenme oranı üzerine etkileri

g) Ortalama çimlenme zamanı (OÇZ)

Kuraklık, GA₃ ve kuraklık x GA₃ interaksiyonunun diploit çavdarda tohumların ortalama çimlenme zamanı üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.1).

PEG 6000'in konsantrasyonu arttıkça çimlenme süresinin uzadığı görülmüştür. Buna göre 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar'lık ozmotik basınç oluşturacak şekilde uygulanan PEG 6000 konsantrasyonlarında ortalama çimlenme zamanı sırasıyla 4,74, 5,06, 5,40, 6,05, 7,18 ve 7,48 gün olmuştur. Burada sunulan verilerden de anlaşılacağı gibi, özellikle -8 ve -10 bar'lık dozlarda çimlenme süresi diğer dozlara göre çok daha belirgin şekilde uzamıştır. Diğer taraftan, ortalama çimlenme zamanı üzerine GA₃'ün etkisi incelendiğinde, farklı konsantrasyonlarda çimlenme süresinin çok belirgin bir şekilde

kısaltıldığı tespit edilmiştir. Örneğin, kontrol grupta 7,63 gün olan ortalama çimlenme zamanı, 300 mM'lık GA₃ uygulamasında 5,94 güne düşmüştür. Ayrıca 600 ve 900 mM'lık GA₃ konsantrasyonlarında ortalama çimlenme zamanı sırasıyla 5,30 ve 5,08 gün olmuştur. Diğer taraftan giberellik asidin (GA₃) ortalama çimlenme zamanı üzerine en belirgin etkisi PEG 6000'in -8 ve -10 bar'lık dozlarında ortaya çıkmıştır. Örneğin, -10 bar'da GA₃ uygulanmadığında 9,92 gün olan ortalama çimlenme süresi, 900 mM GA₃ uygulandığında 5,62 güne düşmüştür (Çizelge 4.2, Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının ortalama çimlenme zamanı üzerine etkileri

4.1.2. GA₃ uygulamasının fide ile ilgili karakterler üzerine etkileri

a) Toplam embriyonal kök sayısı (EKS)

Çizelge 4.3'ten görüleceği gibi, toplam embriyonal kök sayısı üzerine kuraklık, GA₃ ve kuraklık x GA₃ interaksiyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur.

PEG 6000 uygulamasıyla oluşturulan kuraklığın şiddeti arttıkça fidelerin kök sayısı düşmüştür. Nitekim, kontrol grupta (PEG 6000 uygulanmamış) ortalama 4,45 olan kök sayısı -2, -4, -6, -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda sürekli azalmış ve sırasıyla 4,33, 4,08, 3,83, 3,61 ve 3,26'ya düşmüştür. Buna karşın, GA₃ uygulaması kök sayısını artırmış olup, kontrol grupta ortalama 3,64 olan kök sayısı 300, 600 ve 900 mM'lık dozlarda sırasıyla 3,80, 4,04 ve 4,24 adete yükselmiştir. PEG 6000 ve GA₃ uygulamalarının ayrı ayrı çok önemli derecede etkileri olduğundan kuraklık x GA₃ intraksiyonunun kök sayısı üzerine tesiri de çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.3). En yüksek enbriyonal kök sayısı 4,70 adet ile PEG 6000'in uygulanmadığı kontrol grupta GA₃'ün 900 mM'lık dozunda elde edilmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.8).

Çizelge 4.3. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve GA₃ uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	KS	KU	SU	KOU	FU
Kuraklık	5	8,38**	194,20**	576,94**	106,42**	1437,28**
GA ₃	3	16,25**	1365,18**	1906,82**	379,61**	6422,05**
GA ₃ x Kuraklık	15	0,59**	15,65**	31,60**	7,57**	73,43**
Hata	72	0,37	1,33	0,71	0,18	2,04
Toplam	96					

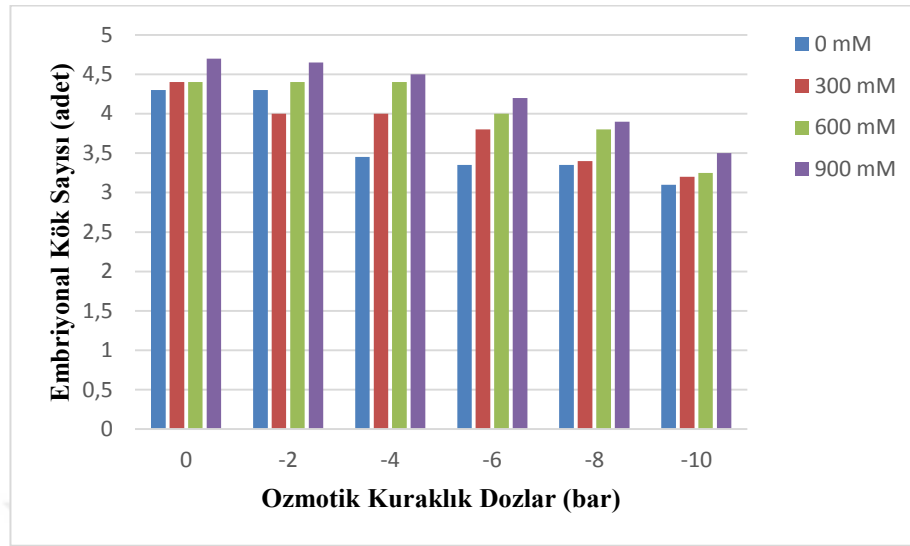
** $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.4. Tohumlara PEG 6000 ve GA₃ uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler

Kuraklık	GA ₃ (mM)	EKS (adet)	KU (cm)	SU (cm)	KOU (cm)	FU (cm)
0	0	4,30	8,73 c ¹	10,32 d	4,58 d	19,05 d
	300	4,40	10,70 b	13,13 c	5,76 c	23,83 c
	600	4,40	11,30 b	15,91 b	7,17 b	27,21 b
	900	4,70	14,50 a	19,46 a	8,71 a	33,96 a
	Ortalama	4,45 A²	11,30 A	14,70 A	6,55 A	26,00 B
-2	0	4,30 ab	11,03 c	9,29 d	3,86 d	20,32 d
	300	4,00 b	11,81 bc	13,40 c	5,73 c	25,21 c
	600	4,40 a	12,65 b	15,31 b	6,53 b	27,96 b
	900	4,65 a	14,64 a	17,86 a	7,25 a	32,50 a
	Ortalama	4,33 A	12,53 A	13,96 B	5,84 B	26,49 A
-4	0	3,45 c	5,03 d	5,46 d	3,66 c	10,49 d
	300	4,00 b	7,20 c	6,57 c	3,89 c	13,77 c
	600	4,40 a	8,60 b	7,98 b	4,81 b	16,58 b
	900	4,50 a	9,75 a	9,19 a	5,88 a	18,94 a
	Ortalama	4,08 B	7,64 B	7,30 C	4,56 C	14,94 C
-6	0	3,35 b	4,79 c	4,11 d	2,54 c	8,90 d
	300	3,80 a	6,03 b	5,32 c	2,38 c	11,35 c
	600	4,00 a	6,30 b	6,54 b	3,11 b	12,84 b
	900	4,20 a	6,80 a	7,29 a	3,76 a	14,09 a
	Ortalama	3,83 C	5,98 C	5,81 D	2,95 D	11,79 D
-8	0	3,35 c	3,70 b	2,95 d	1,68 b	6,65 d
	300	3,40 bc	3,20 c	4,50 c	1,91 b	7,70 c
	600	3,80 ab	4,10 ab	5,79 b	1,91 b	9,89 b
	900	3,90 a	4,50 a	6,64 a	2,52 a	11,14 a
	Ortalama	3,61 D	3,87 D	4,97 E	2,00 E	8,84 E
-10	0	3,10 b	1,55 c	1,94 b	0,51 c	3,49 d
	300	3,20 ab	1,55 c	2,20 b	0,87 b	3,75 c
	600	3,25 ab	2,10 b	3,80 a	0,98 b	5,90 b
	900	3,50 a	2,70 a	4,17 a	1,91 a	6,87 a
	Ortalama	3,26 E	1,97 E	3,03 F	1,06 F	5,00 F
Ortalama GA₃	0	3,64 D	5,80 D	5,68 D	2,80 D	11,48 D
	300	3,80 C	6,74 C	7,52 C	3,42 C	14,26 C
	600	4,04 B	7,50 B	9,22 B	4,08 B	16,72 B
	900	4,24 A	8,81 A	10,77 A	5,00 A	19,58 A

¹. Her bir uygulama için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.

². Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.



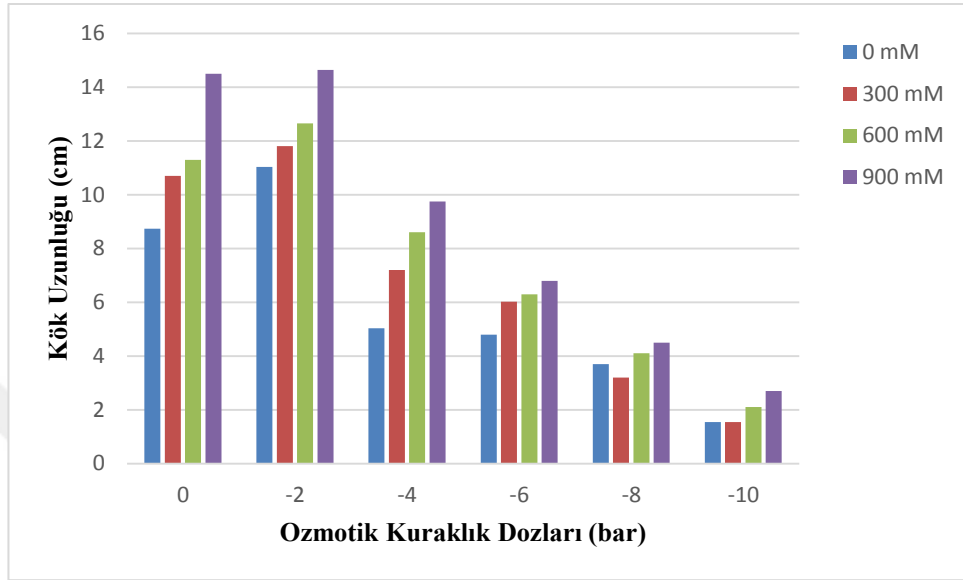
Şekil 4.8. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının embriyonal kök sayısı üzerine etkileri

b) Kök uzunluğu (KU)

Kuraklık (PEG 6000 ile oluşturulmuş), GA₃ ve kuraklık x GA₃ interaksiyonunun kök uzunluğu üzerine olan etkileri istatistiksel anlamda çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.3).

Kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan PEG 6000'in konsantrasyonu artırıldıkça ortalama kök uzunluğunun genel olarak düştüğü görülmüştür. Ancak, kontrol grupta 11,30 cm olarak ölçülen kök uzunluğu -2 bar'lık uygulamada bir miktar artışla 12,53 cm'ye yükselmiş, fakat bu iki grup arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemsiz olmuştur. Buna karşın -4 , -6 , -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda kök uzunluğu sırasıyla 7,64, 5,98, 3,87 ve 1,97 cm'ye kadar düşmüş ve bu gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Diğer taraftan, PEG 6000 uygulanarak oluşturulan kuraklığın kök uzunluğu üzerine olan etkisini GA₃ uygulamasının nasıl değiştirdiği incelendiğinde; kontrol grupta ortalama 5,80 cm olan kök uzunluğu GA₃ uygulaması ile birlikte artış göstermiş ve 300, 600 ve 900 mM'lık dozlarda sırasıyla ortalama 6,74, 7,50 ve 8,81 cm'ye kadar yükselmiştir. Bununla beraber, GA₃'ün kök uzunluğu üzerine en belirgin etkisi -4 bar'lık dozda görülmüştür. Bu dozda GA₃

uygulanmadığında 5,03 cm olan kök uzunluğu GA₃'ün 900 mM'lık dozunda yaklaşık iki kat artarak 9,75 cm'ye yükselmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.9).



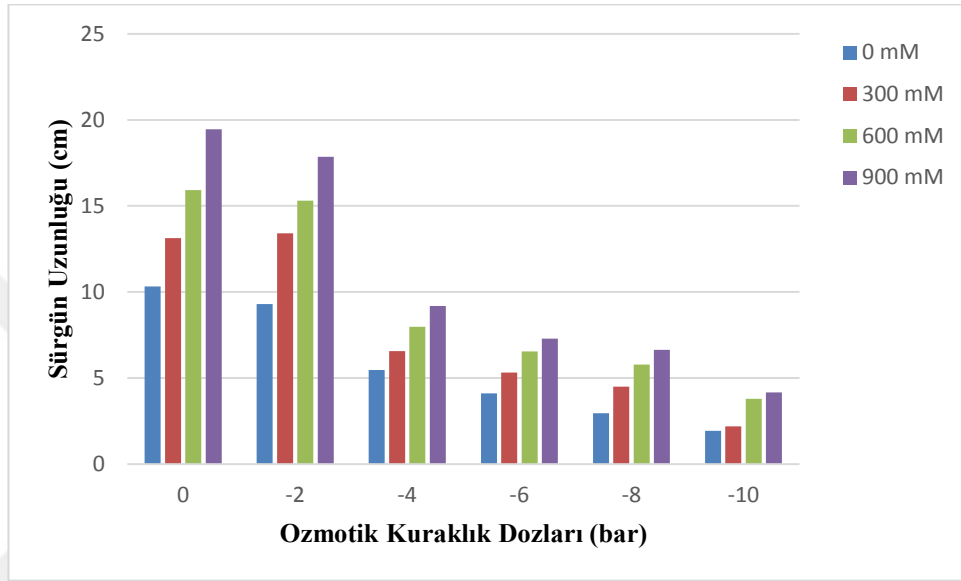
Şekil 4.9. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının kök uzunluğu üzerine etkileri

c) Sürgün uzunluğu (SU)

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık ve GA₃ uygulamalarının sürgün uzunluğu üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuş ve aynı şekilde kuraklık x GA₃ interaksyonunun da çok önemli ($P < 0,01$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

Sürgün uzunluğu kuraklık uygulamasının şiddetine (PEG 6000'in dozuna) bağlı olarak sürekli bir şekilde azalmıştır. Kontrol grupta ortalama 14,70 cm olan sürgün uzunluğu -2 bar'da 13,96 cm'ye, -4 bar'da 7,30 cm'ye, -6 bar'da 5,81 cm'ye, -8 bar'da 4,97 cm'ye ve -10 bar'da 3,03 cm'ye kadar düşmüştür. Diğer taraftan, GA₃ uygulamasının sürgün uzunluğu üzerine etkisi incelendiğinde, kontrol grupta (0 mM) ortalama 5,68 cm olan sürgün uzunluğunun GA₃ uygulamasıyla arttığı ve 900 mM'lık dozda yaklaşık iki katına yükselerek 10,77 cm'ye ulaştığı görülmüştür. Kuraklık x GA₃ interaksyonuna göre en yüksek sürgün uzunluğu 19,47 cm ile 0 bar kuraklık ve 900 mM GA₃ uygulamasında

gerçekleşmiştir. Kuraklık x GA₃ uygulamasının en belirgin etkisi ise -8 bar'lık grupta tespit edilmiştir. Nitekim, bu grupta GA₃ uygulanmadığında 2,96 cm olan sürgün uzunluğu 900 mM'lık GA₃ dozunda yaklaşık 2,5 kat artarak 6,64 cm'ye ulaşmıştır (Çizelge 4.4, Şekil 4.10).



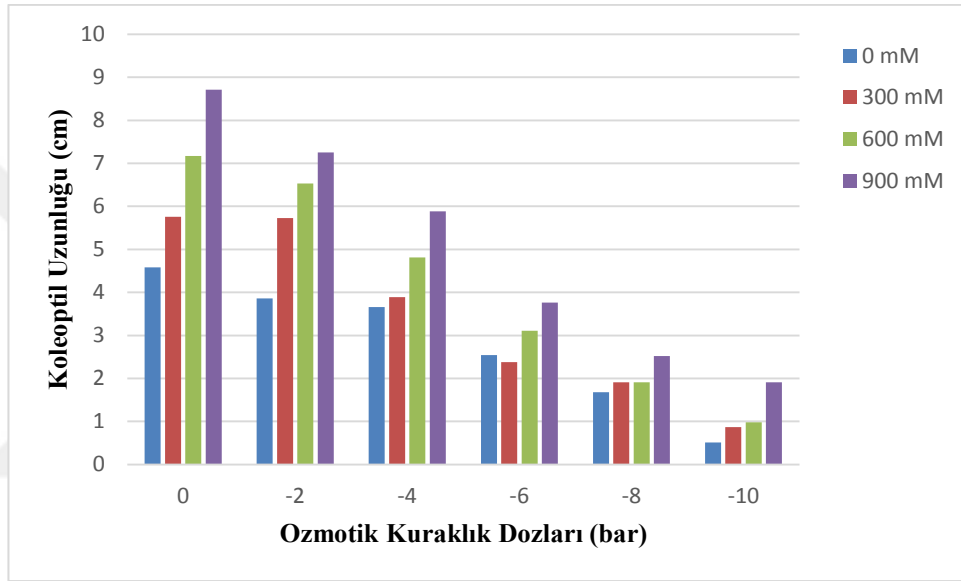
Şekil 4.10. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının sürgün uzunluğu üzerine etkileri

d) Koleoptil uzunluğu (KOU)

Koleoptil uzunluğu üzerine PEG 6000 (kuraklık) ve GA₃ uygulamaları ile kuraklık x GA₃ interaksiyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4'ten görüleceği gibi 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar ozmotik basınç oluşturacak şekilde uygulanan PEG 6000 konsantrasyonu (kuraklık şiddeti) arttıkça koleoptil uzunluğu sürekli olarak azalmıştır. Yukarıda verilen doz sırasına göre koleoptil uzunluğu sırasıyla ortalama 6,55, 5,84, 4,56, 2,95, 2,00 ve 1,06 cm olmuştur. Bu çalışmada GA₃ uygulamasının koleoptil uzunluğunu önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. Örneğin, GA₃ uygulanmadığında ortalama 2,80 cm olan koleoptil uzunluğu GA₃ uygulamaları ile belirgin bir artış göstererek 300, 600 ve 900 mM'lık dozlarda

sırasıyla 3,42, 4,08 ve 5,00 cm'ye yükselmiştir. Yine, ilgili çizelgeden görüleceği gibi, GA₃'ün PEG 6000 ile oluşturulan kuraklığın olumsuz etkisini telafi etmede en belirgin etkisi -10 bar'da ortaya çıkmıştır. Nitekim bu dozda GA₃ uygulanmadığında (kontrol grup) 0,51 cm olan koleoptil uzunluğu GA₃ uygulamasıyla birlikte çok önemli derecede yükselmiş ve nihai olarak 900 mM'lık dozda 1,91 cm'ye ulaşmıştır (Çizelge 4.4, Şekil 4.11).



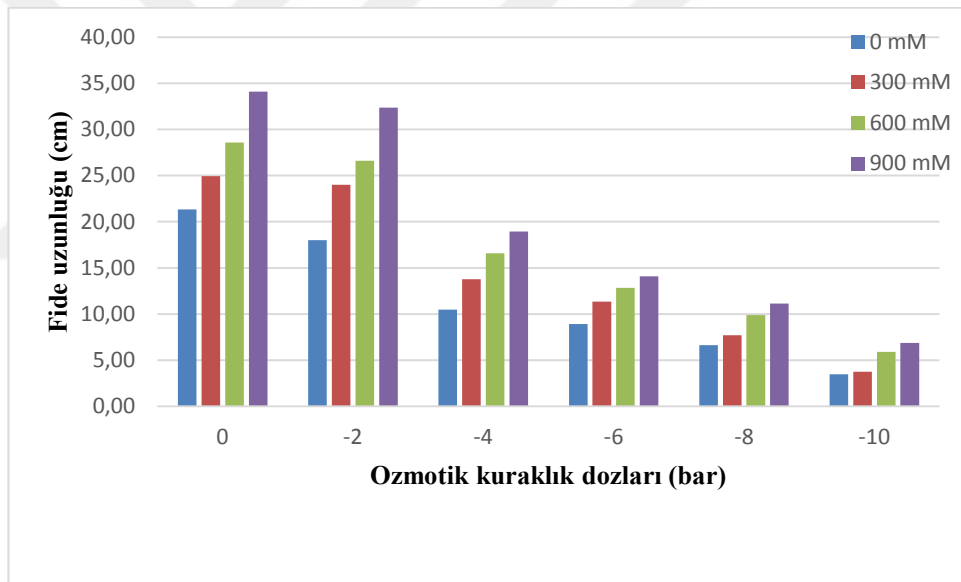
Şekil 4.11. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının koleoptil uzunluğu üzerine etkileri

e) Fide uzunluğu (FU)

Fide uzunluğu üzerine kuraklık ve GA₃ uygulamaları ile kuraklık x GA₃ interaksiyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.3).

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklığın şiddeti arttıkça fide uzunluğunun sürekli olarak azaldığı tespit edilmiştir. Örneğin, kontrol grupta (0 bar) ortalama 26,00 cm olan fide uzunluğu, -2 bar'lık doz hariç artan kuraklık dozlarına bağlı olarak azalmış ve en şiddetli kuraklık dozunda (-10 bar) yaklaşık beşte birine düşerek 5,00 cm olmuştur. Tüm dozlar istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almışlardır. Kontrol gruba göre -2

bar dozunda fide uzunluğunda küçük bir artış olmuştur. Kontrolde 26,00 cm olan fide uzunluğu -2 bar'da 26,49 cm'ye yükselmiştir. Büyümeyi teşvik etmek amacıyla uygulanan GA₃ dozlarının etkisi, doza paralel olarak artmıştır. Nitekim, 0 mM'lık dozda 11,47 cm olan fide uzunluğu 300 mM'lık dozda 14,25 cm, 600 mM'lık dozda 16,73 cm ve 900 mM'lık dozda 19,58 cm olmuş ve her doz farklı istatistiksel grupta yer almıştır. Kuraklığın olumsuz etkisi üzerine GA₃'ün nasıl etki ettiğini belirlemek amacıyla uygulanan GA₃'ün en belirgin etkisi -8 ve -10 bar kuraklık dozlarında ortaya çıkmıştır. Örneğin -10 bar'da GA₃ uygulanmadığında (kontrol grup) 3,49 cm olan fide uzunluğu, 900 mM'lık GA₃ dozunda 6,88 cm'ye ulaşarak yaklaşık iki katına çıkmıştır (Çizelge 4.4, Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının fide uzunluğu üzerine etkileri

f) Kök yaş ağırlığı (KYA)

Çizelge 4.5'ten görüleceği gibi kök yaş ağırlığı üzerine kuraklık (PEG 6000 ile oluşturulmuş), GA₃ ve kuraklık x GA₃ interaksiyonunun etkilerinin çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur.

Kuraklık uygulamalarının ortalamaları dikkate alındığında kök yaş ağırlığının kuraklığın şiddetine bağlı olarak önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Kuraklık uygulanmayan kontrol grupta ortalama 0,0358 mg olan kök yaş ağırlığı -2 bar'lık dozda bir miktar artarak 0,0531 mg'a yükselmiş ve iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmuştur. Buna karşın -4, -6, -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda ise kök yaş ağırlığı sırasıyla ortalama 0,0341, 0,0272, 0,0183 ve 0,0109 mg şeklinde tespit edilmiştir. GA₃'ün kök yaş ağırlığı üzerine etkisi ortalamalara göre değerlendirildiğinde, 0 mM'lık dozda 0,0254 mg, 300 mM'lık dozda 0,0275 mg ve 600 mM'lık dozda 0,0304 mg olan kök yaş ağırlığı, 900 mM'lık dozda 0,0363 mg'a yükselmiştir. Bununla birlikte 0, 300 ve 600 mM'lık GA₃ uygulamalarının etkileri arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemsiz olmuştur. Kuraklığın tesirini azaltmak amacıyla uygulanan GA₃'ün en belirgin etkisi -2 bar'lık uygulama grubunda ortaya çıkmış olup, bu grupta kontrolde (GA₃ uygulanmamış) 0,0350 mg olan kök yaş ağırlığı 600 mM'lık GA₃ dozunda iki kattan fazla artış göstererek 0,0810 mg'a yükselmiştir (Çizelge 4.6, Şekil 4.13).

Çizelge 4.5. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve GA₃ uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	KYA	KKA	SYA	SKA	Mİ
Kuraklık	5	0,003**	0,006**	0,01**	0,008**	7789,61**
GA ₃	3	0,018**	0,013**	0,024**	0,013**	23427,74**
GA ₃ x Kuraklık	15	0,002**	0,001**	0,001**	0,00001**	726,80**
Hata	72	0,001	0,001	0,0001	0,000019	49,25
Toplam	96					

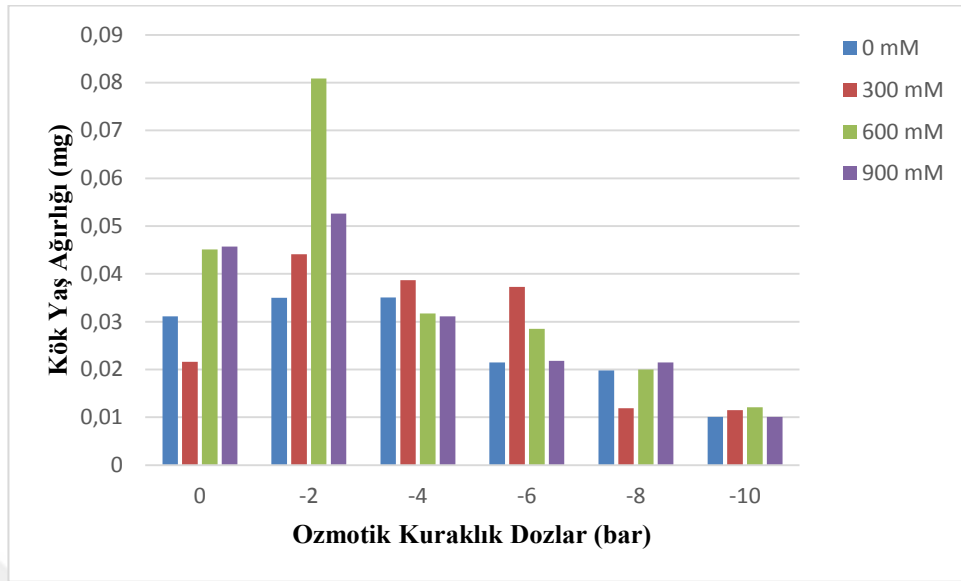
** P<0,01 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.6. Tohumlara PEG 6000 ve GA₃ uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler

Kuraklık	GA3 (mM)	KYA (mg)	KKA (mg)	SYA (mg)	SKA (mg)	Mİ (%)
0	0	0,0311 c ¹	0,0247 b	0,0746 b	0,0594 c	34,27 c
	300	0,0216 d	0,0189 c	0,0854 ab	0,0637 b	44,49 b
	600	0,0451 b	0,0383 a	0,0937 a	0,0694 a	63,96 a
	900	0,0457 a	0,0368 a	0,0749 b	0,0718 a	62,22 a
	Ortalama	0,0358 B²	0,0296 B	0,0821 A	0,0660 A	51,24 B
-2	0	0,0350 b	0,0276 b	0,0672 d	0,0426 d	30,49 c
	300	0,0441 ab	0,0358 b	0,0782 c	0,0549 c	45,25 b
	600	0,0809 a	0,0396 ab	0,0813 b	0,0581 b	69,64 a
	900	0,0526 ab	0,0719 a	0,0846 a	0,0614 a	73,36 a
	Ortalama	0,0531 A	0,0437 A	0,0778 B	0,0542 B	54,68 A
-4	0	0,0351 b	0,0232 b	0,0534 c	0,0395 d	22,21 c
	300	0,0387 a	0,027 a	0,0635 b	0,0514 c	30,99 b
	600	0,0317 c	0,0224 b	0,0804 a	0,0580 b	33,50 b
	900	0,0311 c	0,0268 a	0,0821 a	0,0621 a	49,78 a
	Ortalama	0,0341 BC	0,0248 BC	0,0698 C	0,0527 C	34,12 C
-6	0	0,0215 c	0,0127 b	0,0473 d	0,0319 d	10,36 d
	300	0,0373 a	0,0181 ab	0,0532 c	0,0427 c	13,90 c
	600	0,0285 b	0,0163 ab	0,0719 b	0,0479 b	25,83 b
	900	0,0218 c	0,0281 a	0,0744 a	0,0596 a	31,24 a
	Ortalama	0,0272 C	0,0188 CD	0,0617 D	0,0455 D	20,33 D
-8	0	0,0198 b	0,0096 b	0,0406 c	0,0295 d	5,90 c
	300	0,0119 c	0,0081 b	0,0391 c	0,0338 c	7,62 c
	600	0,0200 b	0,0123 b	0,0544 b	0,0391 b	13,96 b
	900	0,0215 a	0,0265 a	0,0634 a	0,0474 a	22,15 a
	Ortalama	0,0183 D	0,0141 DE	0,0493 E	0,0374 E	12,41 E
-10	0	0,0101 c	0,0044 b	0,0308 d	0,0214 c	2,79 c
	300	0,0115 b	0,0058 b	0,0352 c	0,0296 b	4,68 b
	600	0,0121 a	0,0107 a	0,0391 b	0,0313 b	6,57 a
	900	0,0101 c	0,0067 ab	0,0442 a	0,0374 a	7,21 a
	Ortalama	0,0109 E	0,00691 E	0,0373 F	0,0299 F	5,32 F
Ortalama GA3	0	0,0254 B	0,0170 B	0,0523 C	0,0373 D	17,67 D
	300	0,0275 B	0,0189 B	0,0591 B	0,0460 C	24,48 C
	600	0,0304 B	0,0232 B	0,0701 A	0,0506 B	35,57 B
	900	0,0363 A	0,0328 A	0,0706 A	0,0566 A	40,49 A

¹. Her bir uygulama için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.

². Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.



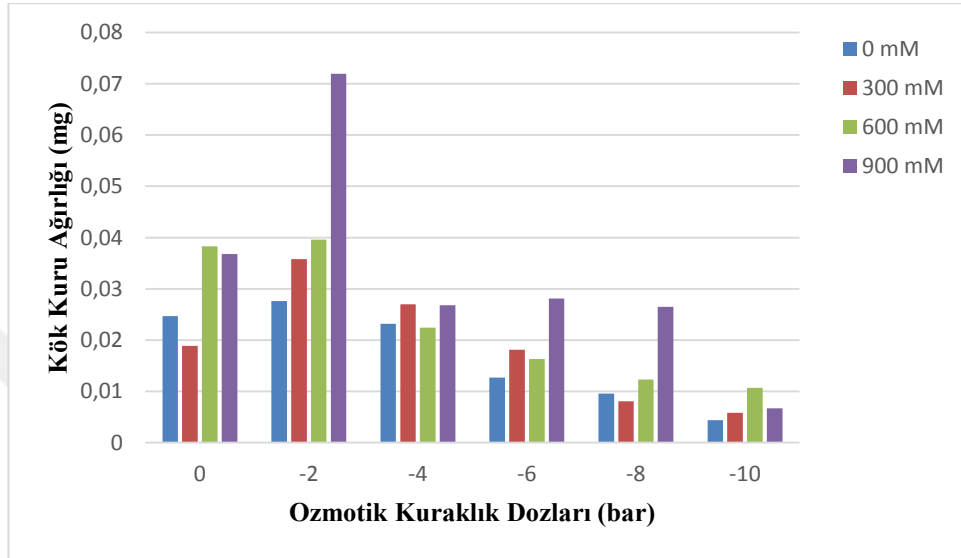
Şekil 4.13. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının kök yaş ağırlığı üzerine etkileri

g) Kök kuru ağırlığı (KKA)

Diploit çavdarda incelenen fide karakterlerinden kök kuru ağırlığı üzerine kuraklık (PEG 6000) ve GA₃ uygulamaları ile kuraklık x GA₃ interaksyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.5).

Kök kuru ağırlığı ile ilgili en yüksek değer (ortalama 0,0473 mg) -2 bar kuraklıkta tespit edilmiş ve kontrol grup (0,0296 mg) ile arasındaki farklılık çok önemli olmuştur. Diğer taraftan -4, -6, -8 ve -10 bar kuraklık dozlarında kök kuru ağırlıkları sürekli olarak azalmış ve son olarak -10 bar'da ortalama 0,0069 mg'a kadar düşürmüştür. Kuraklığın sebep olduğu olumsuz etkiyi azaltma durumunu belirlemek amacıyla uygulanan giberellik asidin (GA₃) kök kuru ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde, GA₃'ün 300 ve 600 mM'lık dozlarının kök kuru ağırlığını kontrol gruba göre bir miktar artırsa da istatistiksel anlamda önemli bir farklılığın meydana gelmediği görülmüştür. Nitekim kontrol grupta ortalama 0,0170 mg olan kök kuru ağırlığı 300 mM dozda küçük bir artışla 0,0189 mg'a, 600 mM dozda ise 0,0232 mg'a yükselmiştir. Buna karşın 900 mM'lık dozun etkisi çok belirgin olmuş ve kontrol grubun yaklaşık iki katına (0,0328

mg) yükselmiştir. GA₃'ün kök kuru ağırlığı üzerine en büyük etkisi -2 bar ozmotik kuraklıkta ortaya çıkmıştır. Bu grupta kontrolde 0,0276 mg olan kök kuru ağırlığı 900 mM'lık dozda iki buçuk katı aşarak 0,0719 mg'a yükselmiştir (Çizelge 4.6, Şekil 4.14).



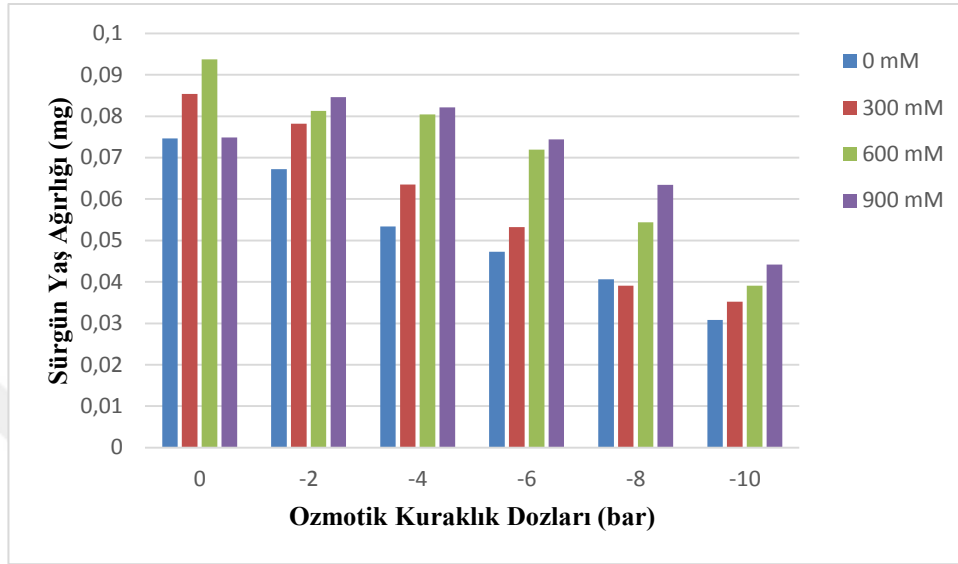
Şekil 4.14. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının kök kuru ağırlığı üzerine etkileri

h) Sürgün yaş ağırlığı (SYA)

PEG 6000 ve GA₃ uygulamalarının diploit çavdarda sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri çok önemli ($P < 0,01$) olmuş ve aynı zamanda kuraklık x GA₃ interaksyonu da çok önemli ($P < 0,01$) bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Sürgün yaş ağırlığı, kuraklığın şiddeti (PEG 6000 dozu) arttıkça sürekli bir şekilde azalmıştır. Ortalamalara göre 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar şeklinde olacak biçimde uygulanan kuraklık dozlarında sürgün yaş ağırlıkları sırasıyla ortalama 0,0821, 0,0778, 0,0698, 0,0617, 0,0493 ve 0,0373 mg olarak tespit edilmiş ve tüm gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Giberellik asit (GA₃) uygulamasının sürgün yaş ağırlığı üzerine teşvik edici etkisinin GA₃ dozu ile paralel şekilde olduğu görülmüştür. Örneğin, GA₃ uygulanmadığında ortalama 0,0523 mg olan sürgün yaş ağırlığı 300, 600 ve 900 mM'lık dozlarda sırasıyla 0,0591, 0,0701 ve 0,0706

mg şeklinde olmuştur. Bununla birlikte 600 ve 900 mM'lık dozlar istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 4.6, Şekil 4.15).



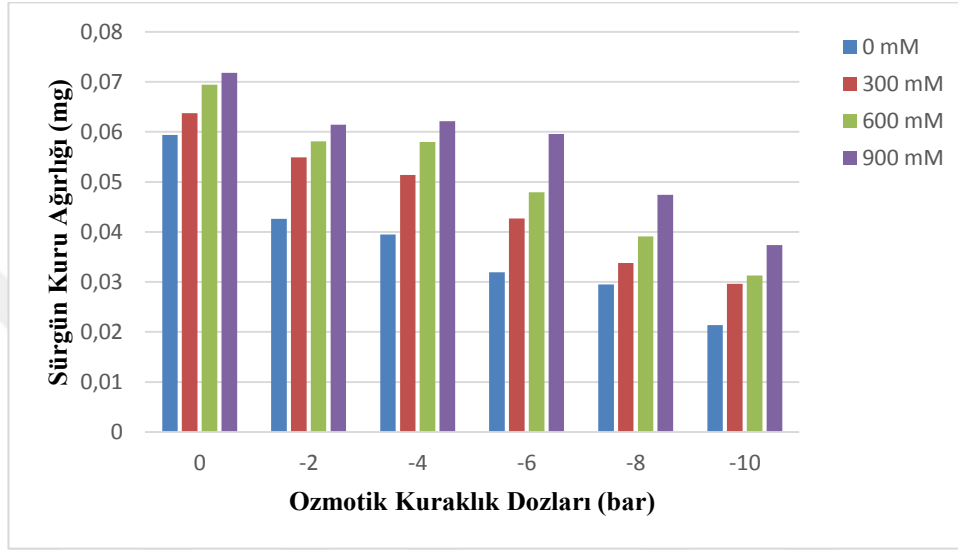
Şekil 4.15. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri

i) Sürgün kuru ağırlığı (SKA)

Kuraklık (PEG 6000) ve GA₃ uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur. Aynı şekilde kuraklık x GA₃ interaksyonu da sürgün kuru ağırlığını çok önemli ($P < 0,01$) düzeyde etkilemiştir (Çizelge 4.5).

Kuraklık ortalama değerlerine göre, kuraklığın şiddeti arttıkça sürgün kuru ağırlığı sürekli bir şekilde azalmış ve bu azalma istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Artan kuraklık şiddetine bağlı olarak kontrol grupta ortalama 0,0660 mg olan sürgün kuru ağırlığı -2 bar'da 0,0542 mg, -4 bar'da 0,0527 mg, -6 bar'da 0,0455 mg, -8 bar da 0,0374 mg ve -10 bar'da 0,0299 mg'a kadar düşmüş ve her bir uygulama farklı bir istatistiksel grupta yer almıştır. Kuraklığın olumsuz etkisini azaltmak için PEG 6000 ile kombine halde uygulanan GA₃, kuraklığın etkisi ile azalan sürgün kuru ağırlığını çok önemli ($P < 0,01$) düzeyde arttırarak olumlu yönde etkilemiştir. Giberellik asidin (GA₃) farklı dozlarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi kontrol grupta (0 mM) ortalama

0,0373 mg iken; 300, 600 ve 900 mM’lık dozlarda artarak sırasıyla 0,0460 mg, 0,0506 mg ve 0,0566 mg’a yükselmiş ve tüm gruplar arasındaki farklılık istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Tüm kuraklık dozlarında en yüksek sürgün kuru ağırlığı 900 mM’lık GA₃ uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.6, Şekil 4.16).



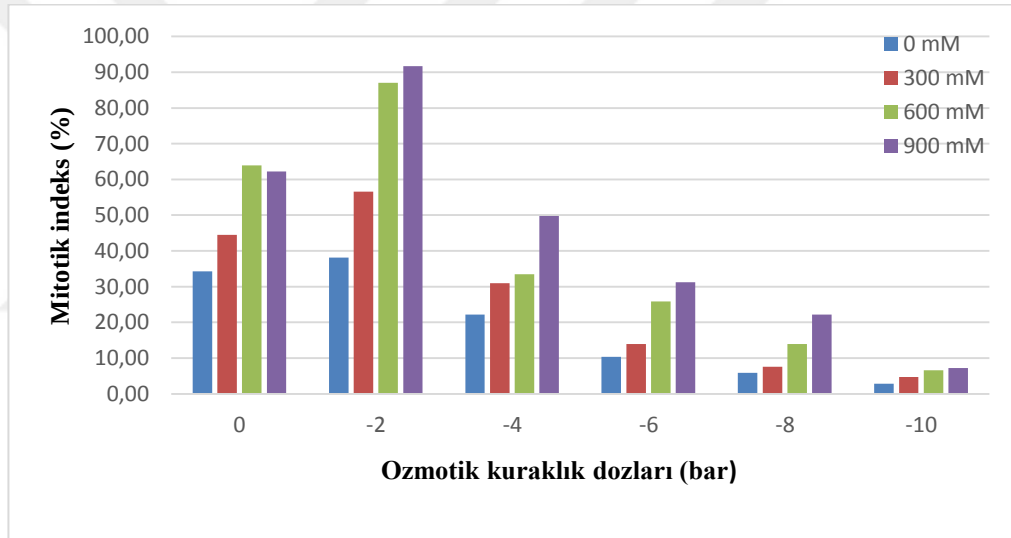
Şekil 4.16. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri

4.1.3. GA₃ uygulamasının mitotik indeks (MI) üzerine etkileri

PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık ve GA₃ uygulamaları ile kuraklık x GA₃ interaksyonunun mitotik indeks üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.5).

PEG 6000’in uygulanmadığı kontrol grupta ortalama %51,24 olan mitotik indeks -2 bar dozunda kontrol gruba göre bir miktar artarak %54,68’e yükselmiştir. 0, -4, -6, -8 ve -10 bar kuraklık dozlarında ise mitotik indeksin sürekli azaldığı ve sırasıyla %51,24, %34,12, %20,33, %12,41 ve nihayetinde %5,32’ye kadar düştüğü görülmüştür. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi, özellikle -8 ve -10 bar’da mitotik indekste çok büyük düşüş gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, ortalama değerler bakımından GA₃’ün mitotik indeks üzerine etkisi incelendiğinde GA₃ dozu arttıkça mitotik indekste arttığı

belirlenmiştir. Nitekim, GA₃'ün uygulanmadığı kontrol grupta %17,67 olan mitotik indeks GA₃'ün 300, 600 ve 900 mM'lık dozlarında sırasıyla %24,48, %35,57 ve %44,05 olmuş ve tüm dozlar farklı istatistiksel grupta yer almıştır. İlgili çizelgeden görüleceği gibi GA₃'ün mitotik indeksi artırıcı yani hücre bölünmesini teşvik edici etkisi, özellikle kuraklığın şiddetli olduğu -8 ve -10 bar dozlarında belirgin bir şekilde gözlenmiştir. Örneğin, -8 bar'da GA₃ uygulanmadığında %5,91 olan mitotik indeks 900 mM'lık dozda yaklaşık 4 kat artış göstererek %22,15'e yükselmiştir. Diğer taraftan, en yüksek mitotik indeks %91,71 ile -2 bar + 900 mM GA₃ dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.6, Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve GA₃ kombinasyonlarının mitotik indeks üzerine etkileri

4.2. Tohumlara Putresin Uygulaması

4.2.1. Putresin uygulamasının çimlenme ile ilgili karakterler üzerine etkileri

a) Çimlenme hızı (ÇH)

Tohumların çimlenme hızı üzerine kuraklık (PEG 6000 ile oluşturulmuş) ve putresin uygulamaları ile kuraklık x putresin interaksyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$)

olmuştur (Çizelge 4.7).

PEG 6000 uygulamasıyla oluşturulan kuraklığın şiddeti arttıkça tohumların çimlenme hızı düşmüştür. Nitekim kontrol grupta (PEG 6000 uygulanmamış) ortalama %58,75 olan çimlenme hızı -2, -4, -6, -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda sürekli azalmış ve nihayetinde %6,00'ya kadar düşmüştür. Diğer taraftan, putresin uygulaması çimlenme hızını artırmıştır. Örneğin putresin uygulanmadığında ortalama %0,50 olan çimlenme hızı 0,001 mM'lık dozda %55,50'ye, 0,01 mM'lık dozda %43,66'ya ve 0,1 mM'lık dozda %36,33'e yükselmiştir. Tüm uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak çok önemli olmuştur. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi putresinin çimlenme hızı üzerine etkisi, 0,001 mM'lık dozda diğer dozlara göre daha yüksek olmuştur. Diğer bir ifadeyle, 0,001 mM'dan daha yüksek dozda yapılan uygulamalar, çimlenme hızını kontrole göre çok önemli derecede artırsada, 0,001 mM'lık doza göre etkileri daha az olmuştur. En yüksek çimlenme hızı %85,00 ile kuraklığın uygulanmadığı, buna karşın putresinin 0,001 mM'lık dozda uygulandığı muamelelerden elde edilmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.18).

Çizelge 4.7. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili karakterlere ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	ÇH	CHK	ÇHİ	ÇG	ÇGİ	ÇO	OÇZ
Kuraklık	5	6344,00**	158,62**	31,30**	12872,66**	14143658,69**	7627,86**	23,69**
Put	3	13467,11**	195,94**	10,09**	1665,33**	3227973,68**	90,22**	35,42**
Put x Kuraklık	15	796,71**	5,26**	0,43**	500,66**	289791,39**	206,08**	2,09**
Hata	72	6,55	0,47	0,06	21,22	9839,28	10,55	0,07
Toplam	96							

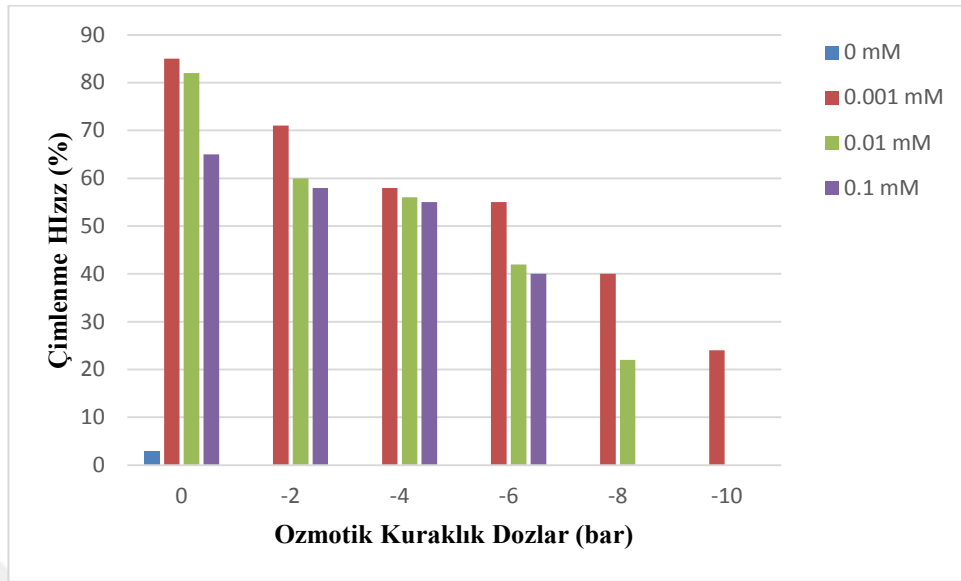
** P<0,01 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.8. Tohumlara PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra çimlenme ile ilgili bazı karakterlere ait veriler

Kuraklık (bar)	Putresin (mM)	ÇH (%)	ÇHK	ÇHİ	ÇG(%)	ÇGİ	ÇO(%)	OÇZ (gün)
0	0	3,00 c ¹	17,96 d	18,60 d	100,00	1966,00 d	100,00	5,57 a
	0,001	85,00 a	23,81 a	20,06 a	100,00	3604,00 a	100,00	4,20 c
	0,01	82,00 a	23,15 b	19,91 b	100,00	3354,00 b	100,00	4,32 c
	0,1	65,00 b	22,03 c	19,66 c	100,00	2709,00 c	100,00	4,54 b
	Ortalama	58,75 A²	21,73 A	19,56 A	100,00 A	2908,00 A	100,00 A	4,65 F
-2	0	0,00 c	16,34 c	18,10 d	100,00	1905,00 d	100,00	6,12 a
	0,001	71,00 a	22,30 a	19,73 a	100,00	3539,00 a	100,00	4,49 c
	0,01	60,00 b	21,64 a	19,57 b	100,00	3320,00 b	100,00	4,62 c
	0,1	58,00 b	20,50 b	19,40 c	99,00	2655,00 c	100,00	4,88 b
	Ortalama	47,25 B	20,19 B	19,20 B	99,75 A	2854,00 B	100,00 A	5,02 E
-4	0	0,00 b	14,64 c	17,70 c	87,00 b	1219,68 d	99,00 a	6,82 a
	0,001	58,00 a	19,15 b	19,21 ab	92,00 ab	2084,00 a	100,00 a	5,22 b
	0,01	56,00 a	21,03 a	19,38 a	95,00 a	179,44 b	98,00 a	4,76 c
	0,1	55,00 a	19,27 b	19,18 b	94,00 a	1553,00 c	100,00 a	5,20 b
	Ortalama	42,25 C	18,52 C	18,87 C	92,00 B	1661,45 C	99,25 A	5,50 D
-6	0	0,00 c	12,82 b	17,31 c	69,00 b	995,00 c	100,00 a	7,80 a
	0,001	55,00 a	18,02 a	18,82 a	79,00 ab	1476,30 a	95,00 a	5,55 b
	0,01	42,00 b	18,19 a	18,16 b	73,00 ab	1171,96 b	83,00 b	5,49 b
	0,1	40,00 b	17,39 a	18,61 a	83,00 a	1053,12 bc	96,00 a	5,76 b
	Ortalama	34,25 D	16,60 D	18,22 D	76,00 C	1172,49 D	93,50 B	6,15 C
-8	0	0,00 c	9,97 c	16,78 b	20,00 c	511,92 b	72,00 ab	10,03 a
	0,001	40,00 a	18,55 a	17,50 ab	61,00 a	796,28 a	68,00 b	5,42 c
	0,01	22,00 b	17,51 a	17,64 a	69,00 a	760,26 a	77,00 a	5,72 c
	0,1	0,00 c	12,53 b	17,11 ab	45,00 b	647,52 ab	76,00 ab	8,00 b
	Ortalama	15,50 E	14,64 E	17,26 E	48,75 D	681,26 E	73,25 C	7,29 B
-10	0	0,00 b	9,75 d	14,92 c	1,00 d	98,56 d	28,00 c	10,29 a
	0,001	24,00 a	17,79 a	17,11 a	55,00 a	453,60 a	63,00 a	5,62 c
	0,01	0,00 b	14,19 b	15,78 b	41,00 b	309,68 b	49,00 b	7,04 b
	0,1	0,00 b	13,11 c	15,51 b	33,00 c	193,16 c	44,00 b	7,63 b
	Ortalama	6,00 F	13,71 F	15,83 F	32,50 E	246,10 F	46,00 D	7,64 A
Ortalama Putresin	0	0,50 D	13,58 D	17,23 D	62,83 D	986,78 D	83,16 C	7,77 A
	0,001	55,50 A	19,94 A	18,74 A	81,16 A	1850,50 A	87,66 A	5,08 D
	0,01	43,66 B	19,29 B	18,41 B	79,66 B	1624,09 B	84,50 BC	5,32 C
	0,1	36,33 C	17,47 C	18,24 C	75,66 C	1333,86 C	86,00 AB	6,00 B

¹. Her bir uygulama için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.

². Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.



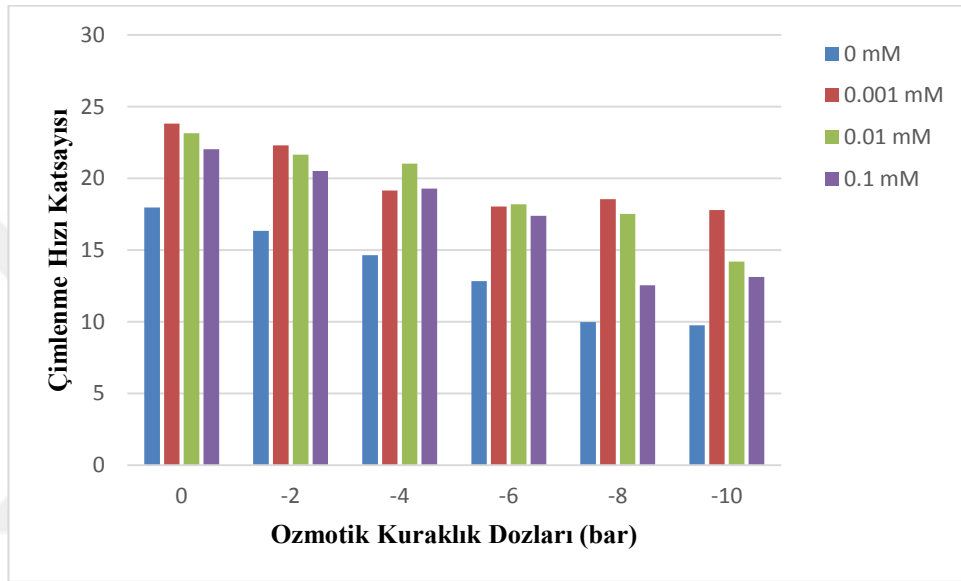
Şekil 4.18. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının çimlenme hızı üzerine etkileri

b) Çimlenme Hızı Katsayısı (CHK)

Kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan PEG 6000 ve büyümeyi teşvik etmek için uygulanan putresinin çimlenme hızı katsayısı üzerine etkisi ve yine kuraklık x putresin interaksyonu çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.7).

PEG 6000'in uygulanmadığı kontrol (0 bar) grupta ortalama 21,73 olan çimlenme hızı katsayısının, kuraklığın şiddeti arttıkça (-2, -4, -6, -8 ve -10 bar) önemli ölçüde düştüğü görülmüştür. Çimlenme hızı katsayısındaki bu düşüş kuraklığın şiddetine göre sırasıyla 20,19, 18,52, 16,60, 14,64 ve 13,71 şeklinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, putresin uygulaması çimlenme hızı katsayısını artırıcı yönde etki etmiştir. Nitekim, kontrol grupta ortalama 13,58 olan çimlenme hızı katsayısı putresinin 0,001 mM'lık konsantrasyonunda en fazla artışı göstererek, 19,94'e yükselmiş ve bunu 19,29 ile 0,01 ve 17,47 ile 0,01 mM'lık putresin dozları izlemiştir. Putresinin çimlenme hızı katsayısı üzerine en belirgin etkisi, kuraklığın şiddetli bir şekilde ortaya çıktığı -8 ve -10 bar'lık konsantrasyonlarda görülmüştür. Örneğin, -8 bar'da kontrol grupta ortalama 9,97 olan çimlenme hızı katsayısı putresinin 0,001 mM'lık dozunda 18,55'e ve yine -10 bar'da

ortalama 9,75 olan çimlenme hızı katsayısı putresin uygulamalarıyla birlikte artmış ve 0,001 mM'lık putresin dozunda 17,79'a yükselmiştir. Tüm kombinasyonlar dikkate alındığında en yüksek çimlenme hızı katsayısı PEG 6000'in uygulanmadığı kontrol grupta 0,001 mM'lık putresin uygulamasında (23,81) tespit edilmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.19).



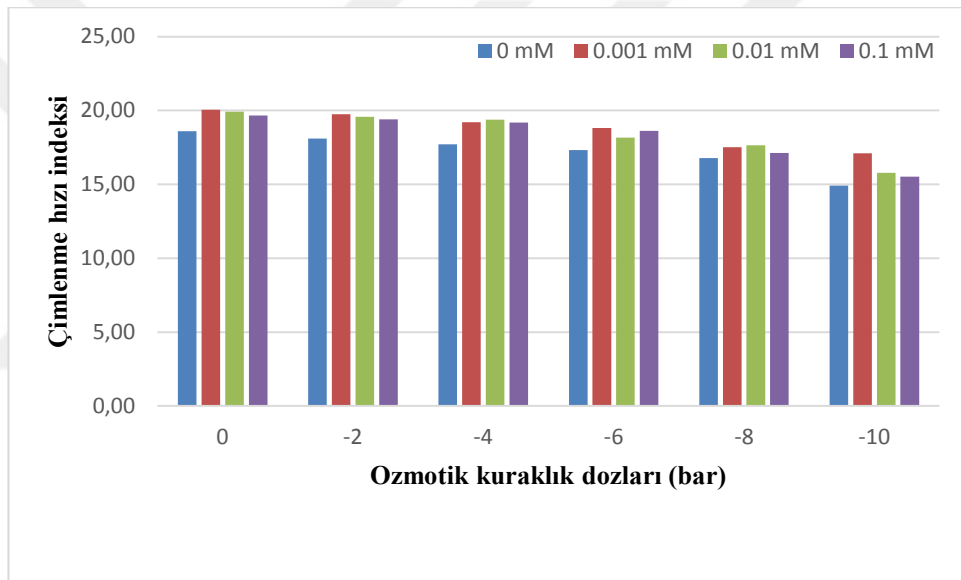
Şekil 4.19. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının çimlenme hızı üzerine etkileri

c) Çimlenme Hızı İndeksi (ÇHİ)

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık ve putresin uygulamalarının çimlenme hızı indeksi üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuş ve aynı şekilde kuraklık x putresin interaksiyonunda çok önemli ($P < 0,01$) bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çimlenme hızı indeksi kuraklık uygulamasının şiddetine (PEG 6000'in dozuna) bağlı olarak sürekli bir şekilde azalmıştır. Kontrol grupta 19,56 olan çimlenme hızı indeksi -2 bar'da ortalama 19,20, -4 bar'da 18,87, -6 bar'da 18,22 ve -8 bar'da 17,26 olmuştur. Bu dozun üzerindeki -10 bar'da ise çimlenme hızı indeksi çok daha belirgin bir şekilde düşerek 15,83 olmuştur. Diğer taraftan, putresin uygulamasının çimlenme hızı indeksi

üzerine etkisi istatistiksel anlamda çok önemli olmakla birlikte, sınırlı düzeyde kalmıştır. Nitekim putresinin uygulanmadığı kontrol grupta ortalama 17,23 olan çimlenme hızı indeksi 0,001 mM'lık putresin uygulamasında ve 18,74 olmuştur. Daha yüksek dozlar olan 0,01 ve 0,1 mM putresin uygulamalarında ise çimlenme hızı indeksi küçük bir düşüş göstererek 18,41 ve 18,24 olmuştur. Kuraklık x putresin interaksyonu dikkate alındığında en yüksek çimlenme hızı indeksi (20,06) kuraklığın uygulanmadığı grupta 0,001 mM'lık putresin uygulamasının yapıldığı dozda tespit edilmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.20).



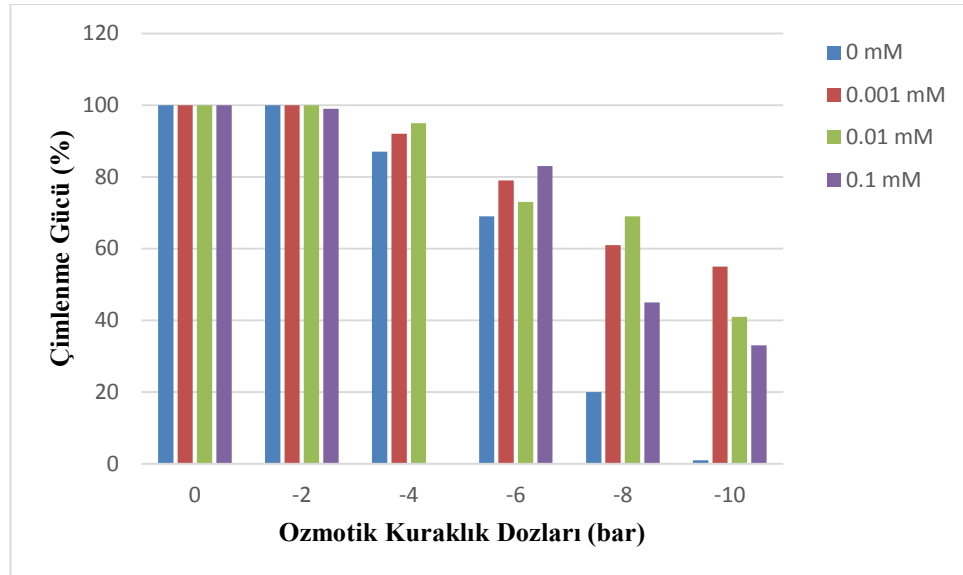
Şekil 4.20. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohum çimlenme hızı üzerine etkileri

d) Çimlenme Gücü (ÇG)

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık, putresin ve kuraklık x putresin interaksyonunun çimlenme gücü üzerine olan etkilerinin istatistiksel anlamda çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.7).

Kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan PEG 6000'in konsantrasyonu artırıldıkça çimlenme gücünün sürekli olarak düştüğü görülmüştür. Ancak bu düşüş -2 bar'lık

dozda çok küçük olmuştur. Nitekim, kontrolde %100,00 olan çimlenme gücü, -2 bar'da ortalama %99,75'e düşmüş ve iki uygulama arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bu dozdan sonra PEG 6000'in konsantrasyonu arttıkça çimlenme gücü belirgin bir şekilde düşmüş ve -10 bar'da %32,50 olmuştur. Diğer taraftan, PEG 6000'in farklı konsantrasyonları ile oluşturulan kuraklığın çimlenme gücü üzerine olan olumsuz etkisinin, putresin uygulandığında nasıl bir değişim gösterdiği incelendiğinde, putresin uygulamasının çimlenme gücü üzerine olumlu yönde etki ettiği, fakat artan putresin dozlarının çimlenme gücünü aynı oranda artırmadığı tespit edilmiştir. Örneğin, putresinin uygulanmadığı kontrol grupta %62,83 olan çimlenme gücü, putresin uygulaması ile birlikte artış göstermiş 0,001 mM'lık dozda ortalama %81,16'lık oran ile en yüksek değere çıkmış, daha sonra 0,01mM'lık dozda %79,66'ya, 0,1 mM'lık dozda ise bir miktar daha azalma göstererek %75,66'ya düşmüştür. Bununla birlikte putresinin çimlenme gücü üzerine en belirgin etkisi kuraklığın en şiddetli şekilde ortaya çıktığı -10 bar'lık dozda gözlenmiştir. Nitekim, bu dozda putresin uygulanmadığında %1,00 olan çimlenme gücü; putresin uygulaması ile çok belirgin bir artış göstermiş ve 0,001 mM'lık dozda %55,00'e yükselmiştir (Çizelge 4.8, Şekil.4.21).

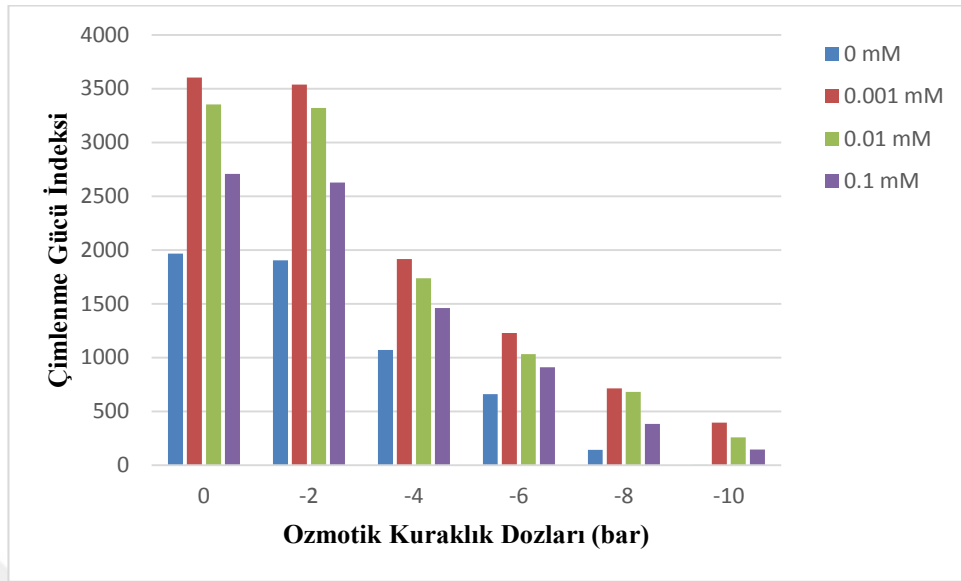


Şekil 4.21. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohum çimlenme gücü üzerine etkileri

e) Çimlenme Gücü İndeksi (ÇGİ)

Çizelge 4.7'den görüleceği gibi çimlenme gücü indeksi üzerine PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık, putresin ve kuraklık x putresin interaksiyonunun etkileri çok önemli ($P<0,01$) olmuştur.

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklığın çimlenme gücü indeksi üzerine etkisi kuraklığın şiddetindeki (PEG 6000 konsantrasyonu) artışa bağlı olarak önemli ölçüde azalmış ve kuraklık uygulanmadığında ortalama 2908,00 olan çimlenme gücü indeksi -10 bar'lık dozda 246,10'a kadar düşmüştür. Çimlenme gücü indeksi kuraklığın şiddetine bağlı olarak sürekli bir düşüş göstermekle birlikte, en fazla düşüş -8 ve -10 bar'lık dozlarda ortaya çıkmıştır. PEG 6000 ile kombine halde uygulanan putresinin çimlenme gücü indeksi üzerine etkisi değerlendirildiğinde, putresinin çimlenme gücü indeksini artırdığı görülmüştür. Nitekim, putresinin 0 mM'lık dozunda ortalama 986,78 olan çimlenme gücü indeksi, 0,001 mM putresin konsantrasyonunda 1850,50 ile yaklaşık iki kat artarak en yüksek değere ulaşmıştır. Bunun üzerindeki putresin konsantrasyonlarında bir miktar düşüş olmuştur. Nitekim, ortalama çimlenme gücü indeksi 0,01 mM'lık dozda 1624,09, 0,1 mM'lık dozda ise 1333,86 olmuştur. Diğer özelliklerde olduğu gibi çimlenme gücü indeksinde de putresinin en belirgin etkisi PEG 6000'in -10 bar'lık konsantrasyonda uygulandığı dozda ortaya çıkmıştır. Örneğin bu dozda putresin uygulanmadığında 98,56 olan çimlenme gücü indeksi, 0,001 mM'lık putresin dozunda çok büyük oranda artış göstererek 453,60'a yükselmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.22).



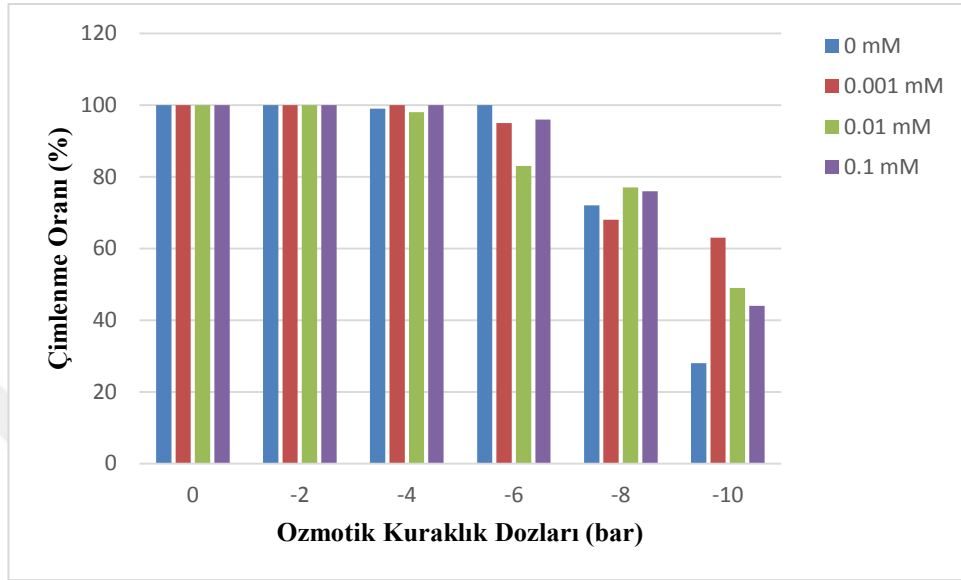
Şekil 4.22. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohum çimlenme gücüindeksi üzerine etkileri

f) Çimlenme Oranı (ÇO)

Diploit çavdarda çimlenme oranı üzerine PEG 6000 ve putresin uygulamalarının etkisi ve kuraklık x putresin interaksyonu çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.7).

Ortalama çimlenme oranı kontrol grupta ve -2 bar dozda ortalama %100, -4 bar dozda ise küçük bir düşüş ile %99,25 olmuş ve bu üç grup arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemsiz olmuştur. Yine -6 bar'da çimlenme oranında küçük bir azalma gerçekleşmiş ve %93,50 olmuş ancak diğer gruplar ile arasındaki farklılık çok önemli olmuştur. Diğer taraftan -8 ve -10 barda ortalama çimlenme oranları sırasıyla %73,25 ve %46,00 olmuştur. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi, çimlenme oranında en belirgin düşüş -8 ve -10 bar'lık dozlarda gerçekleşmiştir. Putresin uygulaması çimlenme ortalamasını bir miktar artırmış ve kontrole göre en belirgin farklılık kontrol grup (ortalama %83,16) ile 0,001 mM'lık konsantrasyon (%87,66) arasında gerçekleşmiştir. Yine, putresinin PEG 6000 ile oluşturulan kuraklığın olumsuz etkisini telafi etmede en belirgin etkisi -10 bar'da ortaya çıkmıştır. Bu konsantrasyonda putresin uygulanmadığında (kontrol grup) %28,00 olan çimlenme oranı putresin uygulaması

birlikte çok önemli bir artış göstermiş ve 0,001 mM'lık dozda kontrolün iki katını aşarak %63,00'e yükselmiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.23).



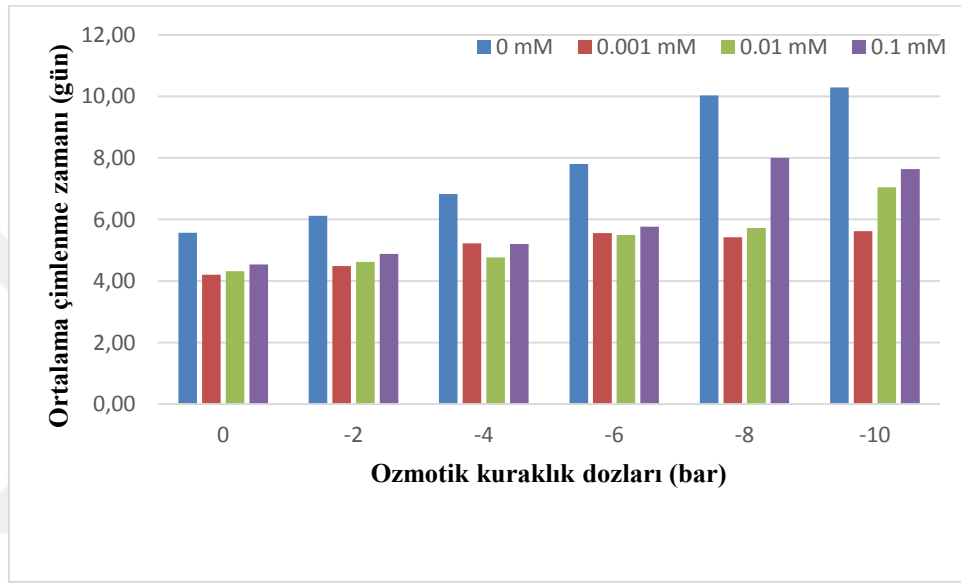
Şekil 4.23. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının tohumların çimlenme oranı üzerine etkileri

g) Ortalama Çimlenme Zamanı (OÇZ)

Kuraklık, putresin ve kuraklık x putresin interaksiyonunun diploit çavdarda tohumların ortalama çimlenme zamanı üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.7).

PEG 6000'in konsantrasyonu arttıkça çimlenme süresinin uzadığı görülmüştür. Buna göre 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar'lık ozmotik basınç oluşturacak şekilde uygulanan PEG 6000 konsantrasyonlarında ortalama çimlenme zamanı sırasıyla 4,65, 5,02, 5,50, 6,15, 7,29 ve 7,64 gün olmuştur. Burada sunulan verilerden de anlaşılacağı gibi, özellikle -8 ve -10 bar'lık dozlarda çimlenme süresi diğer dozlara göre çok daha belirgin bir şekilde uzamıştır. Diğer taraftan, ortalama çimlenme zamanı üzerine putresinin etkisi incelendiğinde, farklı konsantrasyonlarda çimlenme süresinin çok belirgin bir şekilde kısaldığı tespit edilmiştir. Örneğin, kontrol grupta 7,77 gün olan ortalama çimlenme zamanı, 0,001 mM'lık putresin uygulamasında 5,08 güne düşmüştür. Ayrıca 0,01 ve 0,1

mM'lık putresin konsantrasyonlarında ortalama çimlenme zamanı sırasıyla 5,32 ve 6,00 gün olmuştur. Diğer taraftan putresinin ortalama çimlenme zamanı üzerine en belirgin etkisi PEG 6000'in -8 ve -10 bar'lık dozlarında ortaya çıkmıştır. Örneğin, -10 bar'da putresin uygulanmadığında 10,29 gün olan ortalama çimlenme süresi, 0,001 mM putresin uygulandığında 5,62 güne düşmüştür (Çizelge 4.8, Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının ortalama çimlenme zamanı üzerine etkileri

4.2.2. Putresin uygulamasının fide ile ilgili karakterler üzerine etkileri

a) Toplam Embriyonal Kök Sayısı (EKS)

Toplam embriyonal kök sayısı üzerine kuraklık, putresin ve kuraklık x putresin interaksiyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.9).

PEG 6000 uygulamasıyla oluşturulan kuraklığın şiddeti arttıkça fidelerin kök sayısı düşmüştür. Nitekim, kontrol grupta (PEG 6000 uygulanmamış) ortalama 4,66 adet olan kök sayısı -2, -4, -6, -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda sürekli azalmış ve sırasıyla 4,51, 4,16, 3,78, 3,57 ve 3,40 adet'e düşmüştür. PEG 6000'nin uygulanmadığı grup ile

kontrol ve -2 bar doz arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemsiz olmuş ve bu iki uygulama aynı grupta yer almış diğer dozlar (-4, -6, -8 ve -10 bar) ise farklı gruplarda yer almışlardır. Diğer taraftan putresin uygulaması embriyonal kök sayısını artırmıştır. Nitekim, putresin uygulanmadığında ortalama 3,90 adet olan embriyonal kök sayısı putresinin 0,001 mM'lık dozunda 4,35 adet, 0,01 mM'lık dozunda 4,01 adet, 0,1 mM'lık dozunda ise 3,79 adet olmuştur. Kuraklık x putresin interaksyonu daha yakından incelendiğinde -4 bar + 0,01 mM, -4 bar + 0,1 mM, -6 bar + 0,001 mM, -6 bar + 0,01 mM ve -6 bar + 0,1 mM interaksyonlarında kontrole göre küçük bir miktar düşüş gerçekleşmiştir. Putresinin embriyonal kök sayısına üzerine en belirgin etkisi diğer karakterlerde olduğu gibi, -10 bar'da gözlemlenmiştir. Nitekim, bu dozda kontrolde 3,00 olan ortalama embriyonal kök sayısı 0,001 mM'lık putresin uygulamasında 4,00 adet olmuştur (Çizelge 4.10, Şekil 4.25)

Çizelge 4.9. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve putresin uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon kaynağı	sd	EKS	KU	SU	KOU	FU
Kuraklık	5	20,99**	1520,85**	2600,13**	387,21**	7985,05**
Put	3	7,23**	402,04**	626,01**	59,69**	2011,65**
Put x Kuraklık	15	1,06**	25,14**	57,39**	10,37**	140,12**
Hata	72	0,48	1,31	0,98	0,24	2,319
Toplam	96					

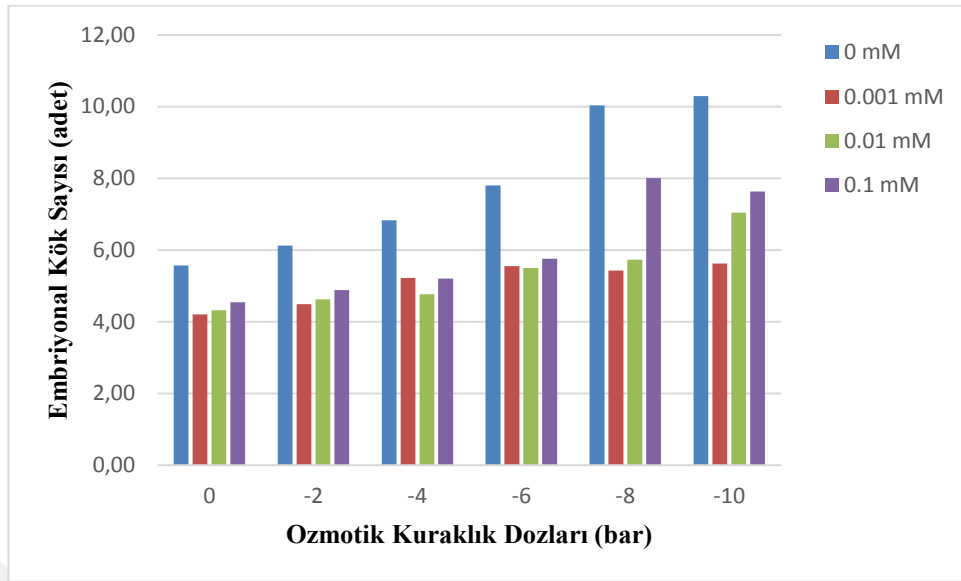
** P<0,01 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.10. Tohumlara PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler

Kuraklık (bar)	Putresin (mM)	EKS (adet)	KU (cm)	SU (cm)	KOU (cm)	FU (cm)
0	0	4,40 b ¹	8,80 d	10,86 c	4,82 c	19,66 d
	0,001	4,95 a	15,80 a	20,24 a	8,12 a	36,04 a
	0,01	4,80 ab	13,89 b	19,65 a	7,46 b	33,54 b
	0,1	4,50 ab	11,36 c	15,73 b	5,04 c	27,09 c
	Ortalama	4,66 A²	12,46 B	16,62 A	6,36 A	29,08 A
-2	0	4,55 ab	10,40 d	8,65 c	4,05 d	19,05 d
	0,001	5,00 a	17,30 a	18,09 a	7,34 a	35,39 a
	0,01	4,40 b	15,05 b	18,15 a	6,31 b	33,20 b
	0,1	4,10 b	12,15 c	14,40 b	5,79 c	26,55 c
	Ortalama	4,51 A	13,72 A	14,82 B	5,87 B	28,54 B
-4	0	4,20 b	6,10 d	6,22 d	3,73 d	12,32 d
	0,001	4,70 a	11,40 a	9,44 a	5,12 a	20,84 a
	0,01	3,80 c	9,80 b	8,48 b	4,81 b	18,28 b
	0,1	3,95 bc	8,28 c	7,25 c	4,09 c	15,53 c
	Ortalama	4,16 B	8,89 C	7,85 C	4,43 C	16,74 C
-6	0	3,85 a	5,38 c	4,17 c	2,36 a	9,55 d
	0,001	3,80 a	8,35 a	7,19 a	2,20 a	15,54 a
	0,01	3,80 a	7,80 a	6,32 b	2,07 a	14,12 b
	0,1	3,70 a	6,48 b	4,49 c	2,06 a	10,97 c
	Ortalama	3,78 C	7,00 D	5,54 D	2,17 D	12,54 D
-8	0	3,40 a	4,20 c	2,91 d	1,92 a	7,11 d
	0,001	3,70 a	5,70 a	6,01 a	2,01 a	11,71 a
	0,01	3,70 a	5,10 b	4,78 b	1,91 a	9,88 b
	0,1	3,50 a	4,70 bc	3,82 c	1,74 a	8,52 c
	Ortalama	3,57 CD	4,92 E	4,38 E	1,89 E	9,30 E
-10	0	3,00 c	1,57 c	1,95 c	0,40 d	3,52 d
	0,001	4,00 a	3,10 a	4,10 a	1,99 a	7,20 a
	0,01	3,60 b	2,80 a	3,52 b	1,35 b	6,32 b
	0,1	3,00 c	2,10 b	2,29 c	1,05 c	4,39 c
	Ortalama	3,40 D	2,39 F	2,96 F	1,19 F	5,35 F
Ortalama Put	0	3,90 BC	6,07 D	5,79 D	2,88 D	11,86 D
	0,001	4,35 A	10,27 A	10,84 A	4,46 A	21,11 A
	0,01	4,01 B	9,07 B	10,15 B	3,98 B	19,22 B
	0,1	3,79 C	7,51 C	8,00 C	3,29 C	15,51 C

¹. Her bir uygulama için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.

². Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.



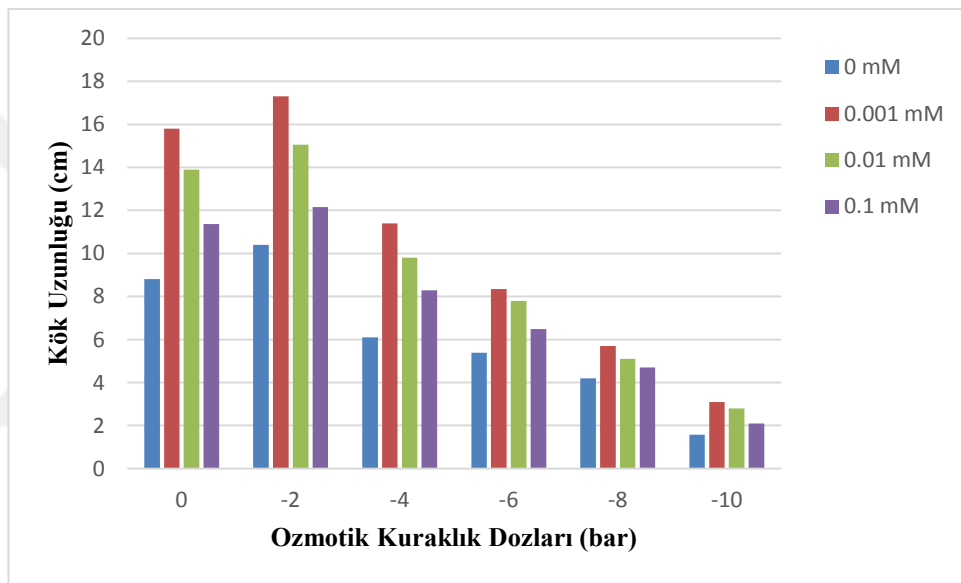
Şekil 4.25. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının embriyonal kök sayısı üzerine etkileri

b) Kök Uzunluğu (KU)

Çizelge 4.9'dan görüleceği gibi PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık, putresin ve kuraklık x putresin interaksyonunun kök uzunluğu üzerine olan etkileri istatistiksel anlamda çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur.

Kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan PEG 6000'in konsantrasyonu artırıldıkça ortalama kök uzunluğunun genel olarak düştüğü görülmüştür. Ancak kontrol grupta ortalama 12,46 cm olarak ölçülen kök uzunluğu -2 bar'lık uygulamada bir miktar artışla 13,72 cm'ye yükselmiş, bu iki grup arasındaki farklılık istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Buna karşın -4 , -6 , -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda kök uzunluğu sırasıyla 8,89, 7,00, 4,92 ve 2,39 cm'ye kadar düşmüş ve bu gruplar arasındaki farklılıklarda istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Diğer taraftan, PEG 6000 uygulanarak oluşturulan kuraklığın kök uzunluğu üzerine olan etkisini putresin uygulamasının nasıl değiştirdiği incelendiğinde; ortalamalar bakımından kontrol grupta 6,07 cm olan kök uzunluğu, putresin uygulaması ile birlikte artış göstermiş ve 0,001 mM'lık dozda 10,27 cm olarak en yüksek değere ulaşmıştır. Ayrıca 0,01 ve 0,1 mM'lık dozlarda ise ortalama

kök uzunluğu sırasıyla 9,07 cm ve 7,51 cm olmuştur. Burada sunulan verilerden de anlaşılacağı gibi, putresinin ortalama kök uzunluğu üzerine en belirgin etkisi 0,001 mM'lık dozda ortaya çıkmıştır. Diğer dozlarda ise kontrole göre artış olmakla birlikte ilk doza göre bir miktar düşüş gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, putresinin embriyonal kök uzunluğu üzerine en belirgin etkisi -10 bar'lık kuraklıkta gözlemlenmiş olup, putresin 0,001 mM'lık dozda uygulandığında kök uzunluğu kontrolün (1,57 cm) yaklaşık iki katına ulaşmıştır (3,10 cm) (Çizelge 4.10, Şekil 4.26).



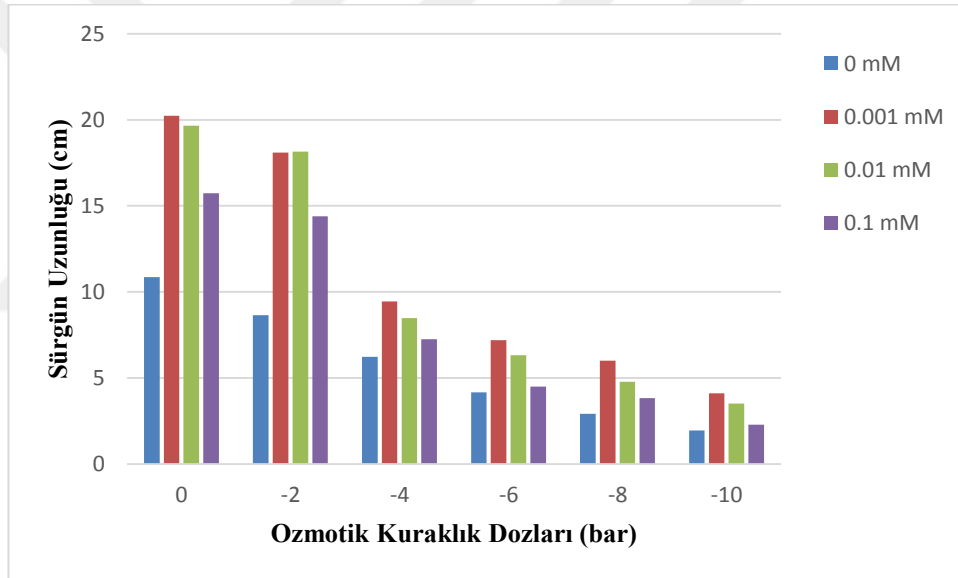
Şekil 4.26. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının kök uzunluğu üzerine etkileri

c) Sürgün Uzunluğu (SU)

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklık ve putresin uygulamalarının sürgün uzunluğu üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuş ve aynı şekilde kuraklık x putresin interaksyonunun da çok önemli ($P < 0,01$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9).

Sürgün uzunluğu kuraklık uygulamasının şiddetine (PEG 6000'in dozuna) bağlı olarak sürekli bir şekilde azalmıştır. Kontrol grupta ortalama 16,62 cm olan sürgün uzunluğu -2 bar'da 14,82 cm'ye, -4 bar'da 7,85 cm'ye, -6 bar'da 5,54 cm'ye, -8 bar'da 4,38 cm'ye

ve -10 bar'da 2,96 cm'ye kadar düşmüştür. Diğer taraftan, putresin uygulamasının sürgün uzunluğu üzerine etkisi ortalama değerler dikkate alınarak incelendiğinde; kontrol grupta (0 mM) 5,79 cm olan sürgün uzunluğunun 0,001 mM'lık dozda yaklaşık iki katına yükselerek 10,84 cm'ye, aynı şekilde 0,01 mM'lık dozda da 10,15 cm'ye ulaştığı görülmüştür. Ortalama sürgün uzunluğu 0,1 mM'lık putresin dozunda ise 8,00 cm olarak ölçülmüştür. Kuraklık x putresin uygulamasının en belirgin etkisi -10 bar'lık grupta tespit edilmiştir. Nitekim, bu grupta putresin uygulanmadığında 1,95 cm olan sürgün uzunluğu, 0,001 mM'lık putresin dozunda iki katını aşarak 4,10 cm'ye ulaşmıştır (Çizelge 4.10, Şekil 4.27).

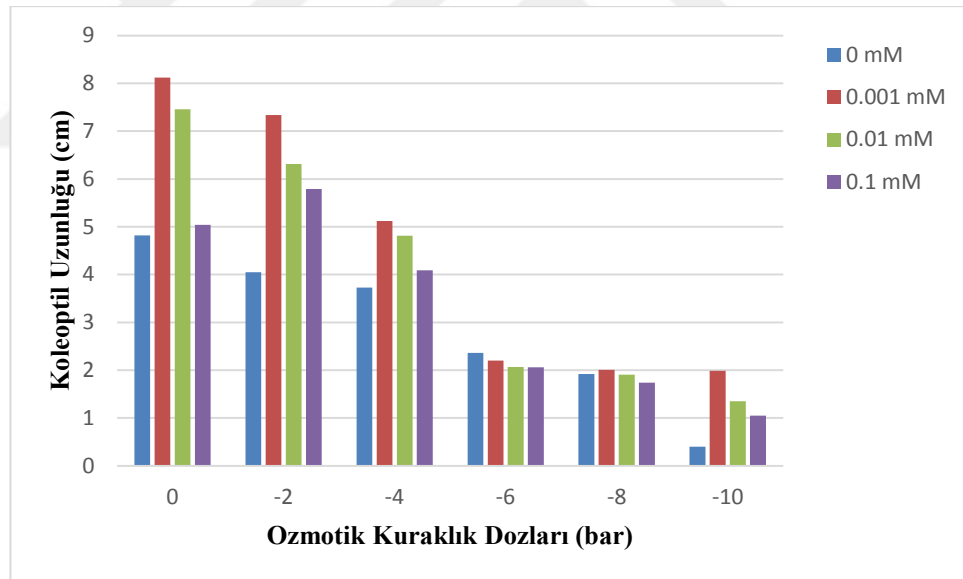


Şekil 4.27. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının sürgün uzunluğu üzerine etkileri

d) Koleoptil Uzunluğu (KOU)

Çizelge 4.9'dan görüleceği gibi koleoptil uzunluğu üzerine PEG 6000 (kuraklık) ve putresin uygulamaları ile kuraklık x putresin interaksiyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur.

0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar ozmotik basınç oluşturacak şekilde uygulanan PEG 6000 konsantrasyonu (kuraklık şiddeti) arttıkça koleoptil uzunluğu sürekli olarak azalmıştır. Yukarıda verilen doz sırasına göre koleoptil uzunluğu sırasıyla ortalama 6,36, 5,87, 4,43, 2,17, 1,89 ve 1,19 cm olmuştur. Bu çalışmada putresin uygulamasının koleoptil uzunluğunu çok önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. Örneğin, putresin uygulanmadığında ortalama 2,88 cm olan koleoptil uzunluğu putresin uygulamaları ile belirgin bir artış göstererek 0,001, 0,01 ve 0,1 mM'lık dozlarda sırasıyla 4,46, 3,98 ve 3,29 cm'ye yükselmiştir. Yine, ilgili çizelgeden görüleceği gibi putresinin PEG 6000 ile oluşturulan kuraklığın olumsuz etkisini telafi etmede en belirgin etkisi -10 bar'da ortaya çıkmıştır. Nitekim, bu dozda putresin uygulanmadığında (kontrol grup) 0,40 cm olan koleoptil uzunluğu, putresin uygulamasıyla birlikte çok önemli derecede yükselmiş ve 0,001 mM'lık dozda 1,99 cm'ye ulaşmıştır (Çizelge 4.10, Şekil 4.28).

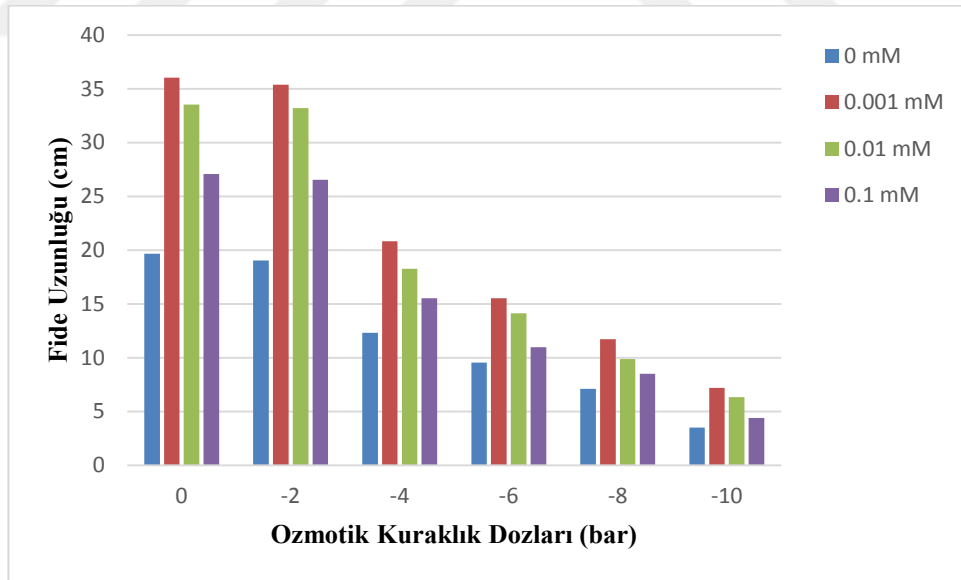


Şekil 4.28. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının koleoptil uzunluğu üzerine etkileri

e) Fide uzunluğu (FU)

Fide uzunluğu üzerine kuraklık ve putresin uygulamaları ile kuraklık x putresin interaksyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.9).

PEG 6000 ile oluşturulmuş kuraklığın şiddeti arttıkça fide uzunluğunun genel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Örneğin, kontrol grupta (0 bar) ortalama 29,08 cm olan fide uzunluğu, -2 bar'da 28,54 cm'ye düşmüş, daha sonraki artan kuraklık şiddetine bağlı olarak kontrol gruba göre sürekli olarak azalmış ve nihayetinde en şiddetli kuraklık dozunda (-10 bar) yaklaşık beşte birine düşerek 5,36 cm olmuştur. Tüm dozlar istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almışlardır. Büyümeyi teşvik etmek amacıyla uygulanan putresin dozlarının etkisi, kontrol gruba göre artmıştır. Nitekim, putresin uygulanmadığında (0 mM'lık dozda) 11,86 cm olan fide uzunluğu, 0,001 mM'lık dozda 21,11 cm, 0,01 mM'lık dozda 19,22 cm, 0,1 mM'lık dozda ise 15,51 cm olmuş ve her doz farklı istatistiksel grupta yer almıştır. Putresinin kuraklığın olumsuz etkisini telafi etme bakımından en belirgin etkisi -8 ve -10 bar kuraklık dozlarında ortaya çıkmıştır. Örneğin -10 bar'da putresin uygulanmadığında (kontrol grup) 3,52 cm olan fide uzunluğu 0,001 mM'lık putresin dozunda 7,20 cm'ye ulaşarak yaklaşık iki katına çıkmıştır (Çizelge 4.10, Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının fide uzunluğu üzerine etkileri

f) Kök Yaş Ağırlığı (KYA)

Kök yaş ağırlığı üzerine kuraklık (PEG 6000 ile oluşturulmuş), putresin ve kuraklık x putresin interaksiyonunun etkilerinin çok önemli ($P<0,01$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.11).

Kuraklık uygulamalarının ortalamaları dikkate alındığında kök yaş ağırlığının kuraklığın şiddetine bağlı olarak genel anlamda önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir. Kuraklık uygulanmayan kontrol grupta ortalama 0,0433 mg olan kök yaş ağırlığı -2 bar'lık dozda bir miktar artarak 0,0463 mg'a yükselmiş ve iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli olmuştur. Buna karşın -4, -6, -8 ve -10 bar'lık uygulamalarda ise kök yaş ağırlığı kontrole göre sürekli azalarak sırasıyla 0,0350, 0,0290, 0,0258 ve 0,0142 mg'a düşmüştür. Putresinin kök yaş ağırlığı üzerine etkisi ortalamalara göre değerlendirildiğinde kontrol grupta 0,0253 mg olan kök yaş ağırlığı, 0,001 mM'lık dozda 0,0388 mg, 0,01 mM'lık dozda 0,0344 mg, 0,1 mM'lık dozda ise 0,0306 mg olmuştur. Kuraklığın tesirini azaltmak amacıyla uygulanan putresinin en belirgin etkisi -10 bar'lık uygulama grubunda ortaya çıkmış olup, bu grupta kontrolde (putresin uygulanmamış) 0,0096 mg olan kök yaş ağırlığı 0,001 mM'lık putresin dozunda iki kattan fazla artış göstererek 0,0208 mg'a yükselmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.30).

Çizelge 4.11. Tohumlara farklı dozlarda PEG 6000 ve putresin uygulamasından sonra fide ve ilgili bazı karakterlere ait varyans sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	KYA	KKA	SYA	SKA	Mİ
Kuraklık	5	0,011**	0,009**	0,024**	0,015**	20388,66**
Put	3	0,004**	0,004**	0,013**	0,018**	9491,71**
Put x Kuraklık	15	0,001**	0,003**	0,0001**	0,002**	962,31**
Hata	72	0,00006	0,001	0,000001	0,001	60,23
Toplam	96					

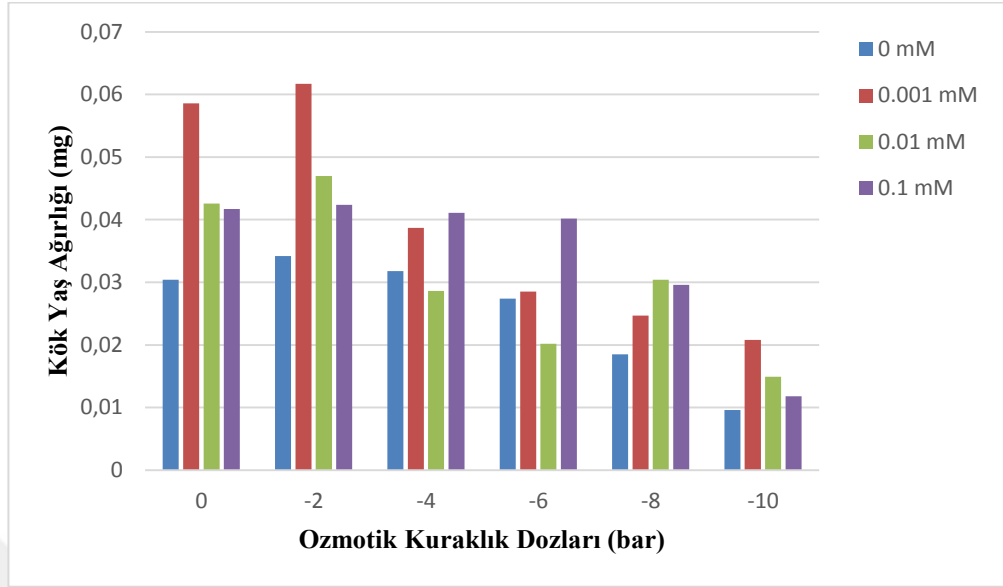
** $P<0,01$ düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.12. Tohumlara PEG 6000 ve putresin uygulamalarından sonra fide ile ilgili bazı karakterlere ait veriler

Kuraklık	Putresin (mM)	KYA (mg)	KKA(mg)	SYA(mg)	SKA(mg)	Mİ (%)
0	0	0,0304 d ¹	0,0186 d	0,0728 d	0,0511 d	26,53 c
	0,001	0,0586 a	0,0384 a	0,0994 a	0,0756 a	60,40 a
	0,01	0,0426 b	0,0288 b	0,0943 b	0,0686 b	65,58 a
	0,1	0,0417 c	0,0252 c	0,0836 c	0,0624 c	45,32 b
	Ortalama	0,0433 B²	0,0277 B	0,0875 A	0,0644 A	49,46 B
-2	0	0,0342 d	0,0309 b	0,0632 d	0,0413 d	23,95 c
	0,001	0,0617 a	0,0602 a	0,0923 a	0,0685 a	72,30 a
	0,01	0,0470 b	0,0421 ab	0,0824 b	0,0624 b	67,10 a
	0,1	0,0424 c	0,0327 ab	0,0741 c	0,0581 c	45,86 b
	Ortalama	0,0463 A	0,0414 A	0,0780 B	0,0575 AB	52,30 A
-4	0	0,0318 c	0,0219 b	0,0546 d	0,0479 a	20,42 c
	0,001	0,0387 b	0,0219 b	0,0865 a	0,0612 a	50,35 a
	0,01	0,0286 d	0,0171 b	0,0744 b	0,0527 a	35,19 b
	0,1	0,0411 a	0,0394 a	0,0634 c	0,0447 a	32,47 b
	Ortalama	0,0350 C	0,0250 BC	0,0697 C	0,0516 BC	34,61 C
-6	0	0,0274 c	0,0077 b	0,0492 d	0,0291 c	11,88 c
	0,001	0,0285 b	0,0164 b	0,0728 a	0,0586 a	38,36 a
	0,01	0,0202 d	0,0096 c	0,0694 b	0,0511 b	26,69 b
	0,1	0,0402 a	0,0568 a	0,0532 c	0,0318 c	14,42 c
	Ortalama	0,0290 D	0,0226 BC	0,0611 D	0,0426 C	22,84 D
-8	0	0,0185 a	0,0151 b	0,0417 d	0,0227 b	7,71 c
	0,001	0,0247 a	0,0159 b	0,0656 a	0,0870 a	23,61 a
	0,01	0,0304 a	0,0114 b	0,0521 b	0,0315 b	14,78 b
	0,1	0,0296 a	0,0256 a	0,0474 c	0,0269 b	7,61 c
	Ortalama	0,0258 E	0,0170 CD	0,0517 E	0,0420 C	13,43 E
-10	0	0,0096 d	0,0053 b	0,0321 a	0,0198 b	4,02 b
	0,001	0,0208 a	0,0181 a	0,0411 a	0,0322 a	7,17 a
	0,01	0,0149 b	0,0077 b	0,0398 a	0,0306 a	6,78 a
	0,1	0,0118 c	0,0081 b	0,0458 a	0,0219 b	4,64 b
	Ortalama	0,0142 F	0,0098 D	0,0397 F	0,0261 D	5,65 F
Ortalama Put	0	0,0253 D	0,0214 BC	0,0522 D	0,0353 C	15,75 D
	0,001	0,0388 A	0,0254 AB	0,0762 A	0,0638 A	42,03 A
	0,01	0,0344 B	0,0178 C	0,0687 B	0,0494 B	36,02 B
	0,1	0,0306 C	0,0310 A	0,0612 C	0,0409 C	25,05 C

¹. Her bir uygulama için aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.

². Aynı sütunda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir.



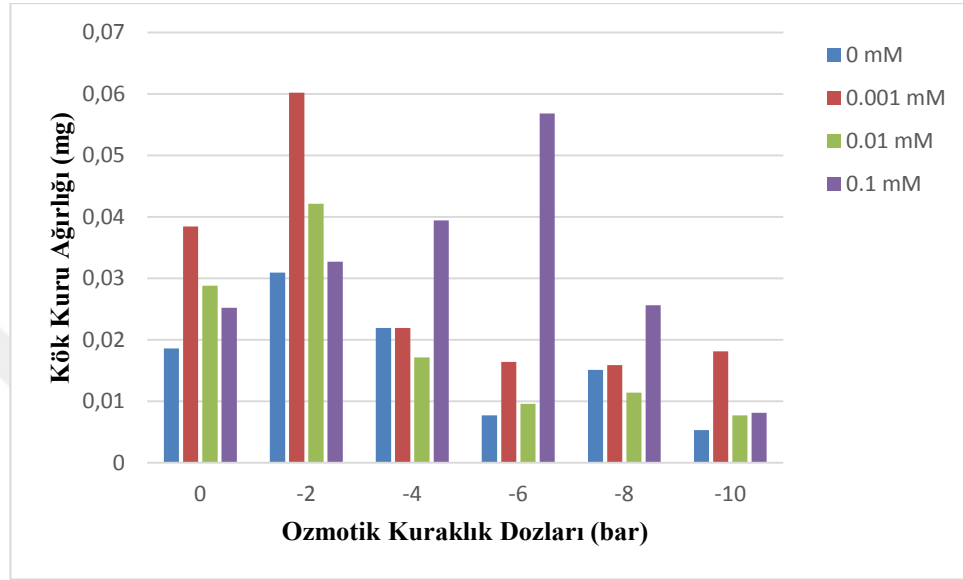
Şekil 4.30. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının kök yaş ağırlığı üzerine etkileri

g) Kök kuru ağırlığı (KKA)

Diploit çavdarda incelenen fide karakterlerinden kök kuru ağırlığı üzerine kuraklık (PEG 6000) ve putresin uygulamaları ile kuraklık x putresin interaksiyonunun etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur (Çizelge 4.11).

Kök kuru ağırlığı ile ilgili en yüksek değer (ortalama 0,0414 mg) -2 bar kuraklıkta tespit edilmiş ve kontrol grup (0,0277 mg) ile arasındaki farklılık çok önemli olmuştur. Diğer taraftan, -4, -6, -8 ve -10 bar kuraklık dozlarında kök kuru ağırlıkları sürekli olarak azalmış ve son olarak -10 bar'da 0,0098 mg'a kadar düşürmüştür. Kuraklığın sebep olduğu olumsuz etkiyi azaltma durumunu belirlemek amacıyla uygulanan putresinin kök kuru ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde, diğer karakterden farklı olarak en yüksek değerler 0,0310 mg ile 0,1 mM'lık konsantrasyonda tespit edilmiş ve bunu 0,0254 mg ile 0,001 mM'lık doz izlemiş, ikisi arasındaki farklılık önemsiz olmuştur. Daha sonra 0,0214 mg ile kontrol grup ve 0,0178 mg ile 0,01 mM'lık konsantrasyon izlemiştir. Putresinin kök kuru ağırlığı üzerine en büyük etkisi -6 bar'da ortaya çıkmıştır. Nitekim, bu dozda putresin uygulanmadığında 0,0077 mg olan kök kuru ağırlığı, putresinin 0.1

mM’lık dozunda yedi kattan fazla artarak 0,568 mg’a yükselmiştir. Bunu kontrol grup ile -2 bar ozmotik kuraklık izlemiştir. Bu iki grupta kontrole göre artış 0,001 mM’lık dozda yaklaşık iki katına çıkmıştır (Çizelge 4.12, Şekil 4.31).



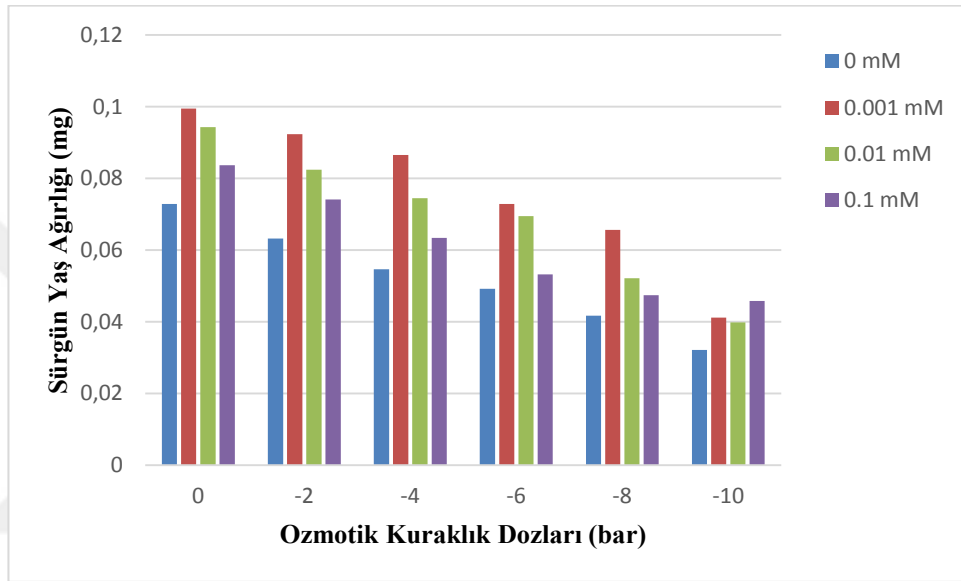
Şekil 4.31. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının kök kuru ağırlığı üzerine etkileri

h) Sürgün Yaş Ağırlığı (SYA)

Çizelge 4.11’den görüleceği gibi, PEG 6000 ve putresin uygulamalarının diploit çavdarda sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri çok önemli ($P<0,01$) olmuş ve aynı zamanda kuraklık x putresin interaksyonu da çok önemli ($P<0,01$) bulunmuştur.

Sürgün yaş ağırlığı, kuraklığın şiddeti (PEG 6000 dozu) arttıkça sürekli bir şekilde azalmıştır. Ortalamalara göre 0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar şeklinde olacak biçimde uygulanan kuraklık dozlarında sürgün yaş ağırlıkları sırasıyla 0,0875, 0,0780, 0,0697, 0,0611, 0,0517 ve 0,0397 mg olarak tespit edilmiş ve tüm gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Putresin uygulamasının sürgün yaş ağırlığını artırdığı ancak bu teşvik edici etkinin putresin dozu arttıkça azaldığı ve en büyük etkinin en düşük dozda ortaya çıktığı görülmüştür. Putresin uygulanmadığında ortalama 0,0522

mg olan sürgün yaş ağırlığı 0,001 mM'lık putresin dozunda 0,0762 mg, 0,01 mM'da 0,0687 mg, 0,1 mM'da ise 0,0612 mg olmuş ve tüm dozlar istatistiksel olarak farklı grupta yer almışlardır. Tüm kombinasyonlar dikkate alındığında en yüksek sürgün yaş ağırlığı 0,0994 mg olup (0 bar) 0,001 mM putresin uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.32).



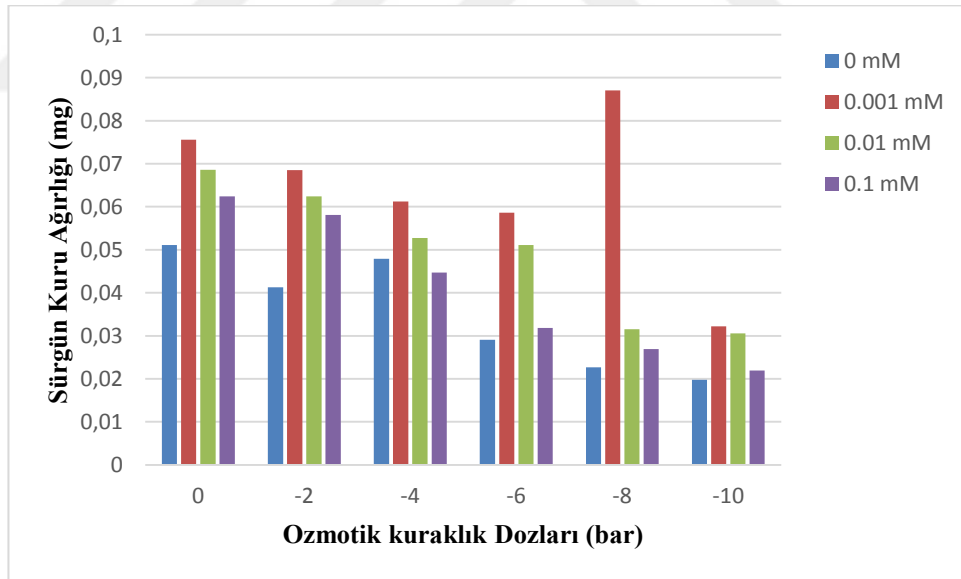
Şekil 4.32. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileri

i) Sürgün Kuru Ağırlığı (SYA)

Kuraklık (PEG 6000) ve putresin uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi çok önemli ($P < 0,01$) olmuştur. Buna paralel olarak kuraklık x putresin interaksyonu da sürgün kuru ağırlığını çok önemli ($P < 0,01$) düzeyde etkilemiştir (Çizelge 4.11).

Kuraklık ortalama değerlerine göre, kuraklığın şiddeti arttıkça sürgün kuru ağırlığı sürekli bir şekilde azalmış ve bu azalma istatistiksel anlamda çok önemli olmuştur. Artan kuraklık şiddetine bağlı olarak kontrol grupta ortalama 0,0644 mg olansürgün kuru ağırlığı -2 bar'da 0,0575 mg, -4 bar'da 0,0516 mg, -6 bar'da 0,0426 mg, -8 bar'da 0,0420 mg ve -10 bar'da 0,0261 mg'a kadar düşmüştür. Kuraklığın olumsuz etkisini

azaltmak için PEG 6000 ile kombine halde uygulanan putresinin ilk iki dozu, kuraklığın etkisi ile azalan sürgün kuru ağırlığını çok önemli ($P<0,01$) düzeyde artırmıştır. Örneğin, putresinin farklı dozlarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi kontrol grupta (0 mM) ortalama 0,0353 mg iken, 0,001 mM'lık dozda 0,0638 mg'a yükselmiş ve en büyük değer bu grupta elde edilmiştir. Diğer taraftan, 0,01 mM'lık dozda ilk doza göre önemli bir düşüş göstererek 0,0494 mg'a düşmüş ancak bu değer kontrole göre daha yüksek olmuştur. Aynı şekilde, putresinin 0,1 mM'lık dozunda da kontrole göre bir artış (0,0409 mg) ortaya çıkmış, ancak bu değer ilk iki dozun gerisinde kalmıştır. Tüm kuraklık dozlarında en yüksek sürgün kuru ağırlığı 0,001 mM'lık putresin uygulamasında saptanmıştır. Diğer taraftan tüm kuraklık dozları dikkate alındığında putresinin en büyük olumlu etkisi -8 bar'da görülmüştür. Bu grupta kontrolde 0,0227 mg olan sürgün kuru ağırlığı 0,001 mM'lık putresin uygulamasında yaklaşık dört kat artarak 0,0870 mg'a yükselmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.33).

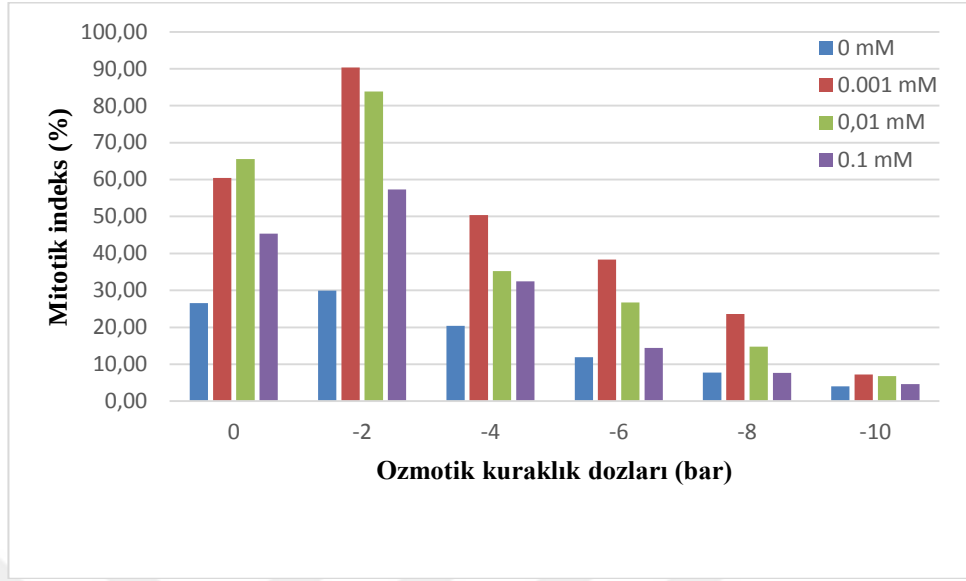


Şekil 4.33. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkileri

4.2.3. Putresin uygulamasının mitotik indeks (Mİ) üzerine etkileri

PEG 6000 ile oluşturulan kuraklık ve putresin uygulamaları ile kuraklık x putresin interaksiyonunun mitotik indeks üzerine etkisi çok önemli ($P<0,01$) olmuştur (Çizelge 4.11).

PEG 6000'in uygulanmadığı kontrol grupta ortalama %49,46 olan mitotik indeks -2 bar dozunda kontrol gruba göre bir miktar artarak %52,30'a yükselmiştir. Ancak -4, -6, -8 ve -10 bar kuraklık dozlarında mitotik indeksin sürekli azaldığı ve sırasıyla %34,61, %22,84, %13,43 ve nihayetinde %5,65'e kadar düştüğü görülmüştür. Bu verilerden de anlaşılacağı gibi, özellikle -8 ve -10 bar'da mitotik indekste çok büyük düşüş gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, ortalama değerler bakımından putresinin mitotik indeks üzerine etkisi incelendiğinde putresin uygulamasının mitotik indekste kontrol gruba göre artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Ancak bu artış, doz artışına paralel olarak gerçekleşmemiştir. Putresinin uygulanmadığı kontrol grupta ortalama %15,75 olan mitotik indeks 0,001 mM'lık putresin dozunda önemli ölçüde artarak %42,03 ile en yüksek değere ulaşmış, bundan sonra artan dozlarda bir miktar düşüş ortaya çıkmıştır. Buna göre 0,01 ve 0,1 mM'lık putresin dozlarında mitotik indeks sırasıyla %36,02 ve %25,05 olmuş ve tüm dozlar istatistiksel olarak farklı grupta yer almıştır. İlgili çizelgeden görüleceği gibi putresinin mitotik indeksi artırıcı yani hücre bölünmesini teşvik edici etkisi, özellikle -6 ve -8 bar kuraklık dozlarında diğerlerine göre daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Her iki kuraklık dozunda da en büyük artış putresinin 0,001 mM'lık konsantrasyonunda ortaya çıkmış ve kontrolün üç katına yakın artış gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, en yüksek mitotik indeks %72,30 ile -2 bar + 0,001 mM putresin dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Farklı dozlarda uygulanan PEG 6000 ve putresin kombinasyonlarının mitotik indeksi üzerine etkileri

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Tartışma

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre çimlenme hızı, çimlenme hızı katsayısı ve çimlenme hızı indeksi PEG 6000'in konsantrasyonu arttıkça, diğer bir ifadeyle ozmotik kuraklığın şiddeti arttıkça düşmüş, buna karşın ortalama çimlenme zamanı yani çimlenme süresi uzamıştır. Bu araştırmadan elde edilen bulgulara benzer şekilde; Lafond and Fowler (1989), toprak su potansiyelindeki azalmaya (-0,20 Mpa; -1,5Mpa) bağlı olarak Norstar kışlık buğday çeşidinde çimlenme süresinin uzadığını, diğer stres düzeylerinde %80'den yüksek olan çimlenme oranının -1,5 Mpa uygulamasında %56'ya düştüğünü saptamışlardır. Taşkesenligil (2016), 64 çeşit buğday genotipinde yürüttüğü çalışmasında çimlenme gücü indeksinin kontrol uygulamasında 2331,1-5028,2 arasında değişim gösterdiğini, -5 bar ozmotik potansiyel uygulamasında, çimlenme gücü indeksinin 82,5 azaldığını, -10 ve -15 bar ozmotik potansiyel uygulamalarında ise hiçbir buğday genotipinde çimlenmenin gerçekleşmediğini tespit etmiştir. Dhanda *et al.* (2004), -10 bar stres düzeyinde 30 ekmeklik buğday genotipinin çimlenme gücü indeksinin 146,2-585,6 arasında olduğunu, kontrol ile karşılaştırıldığında diğer parametrelere göre en yüksek azalma oranının (%85,8) çimlenme gücü indeksinde olduğunu ifade etmişlerdir. Baloch *et al.* (2012), kontrol ile karşılaştırıldığında, stres koşullarında (%15 PEG) tohum gücü indeksinin genotiplere göre %60,1-76,6 oranında azaldığını kaydetmişlerdir.

Bu denemede tespit edilen diğer bir durum, çimlenme gücü indeksi ve çimlenme oranının -2 bar ozmotik kuraklıkta kontrole göre bir miktar artış göstermesidir. Ancak bu karakterlerde de -4 bar ve daha yüksek dozlarda çok önemli düşüşler gerçekleşmiştir. Burada kontrole göre ortaya çıkan bir miktar artış, düşük dozda stres uygulamasının belirtilen karakterleri teşvik etmesinden kaynaklanmış olabilir. Örneğin, Pius *et al.* (1994), kimyasal bir mutajen olan etil metansülfonatın (EMS) birçok stres faktöründen biri olduğunu ve *in vitro*' da bitki rejenerasyonunun uyarıldığını bildirmiştir. Yine, Aydın vd (2015), buğdayda olgun embriyo kültüründe düşük dozda etil metansülfonat

(EMS) uygulamasının rejenerasyonu uyardığını kaydetmiştir. Ayrıca araştırmacı, düşük dozda etil metansülfonat uygulamasının sürgün uzunluğu, koleoptil uzunluğu, fide boyu, kök yaş ve kuru ağırlığı ile sürgün kuru ağırlığında kontrole göre bir miktar artışa neden olduğunu bildirmiştir. Burada verilen literatür bilgilerinden de anlaşılacağı gibi, düşük dozda stres uygulamasının büyümeyi teşvik ettiği, bu nedenle söz konusu karakterlerde kontrole göre bir miktar artış gerçekleştiği söylenebilir. 10 yazlık buğday genotipinin çimlenme ve fide dönemindeki kuraklık stresine tepkisinin araştırıldığı bir çalışmada; -5,9, -8,2 ve -11,3 bar kuraklık (ozmotik potansiyel) uygulamalarında çeşitlerin çimlenme oranlarının kontrole göre sırasıyla %0,0-34,1, %0,0-64,4 ve %51,3-100,0 azaldığını ve çeşit x uygulama etkileşiminin önemli olduğunu belirlemişlerdir (Blum *et al.* 1980).

Gholamin *et al.* (2010), tarafından 2 buğday genotipine 5 farklı (0, -2, -4, -6, -8 bar) ozmotik stres uygulanmış, stres düzeyinin artmasıyla çeşitlerin çimlenme oranlarının azaldığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde Rezzaq *et al.* (2013), 9 ekmeklik buğday çeşidinin ortalaması olarak 0, -2, -4, -6 ve -8 bar ozmotik stres düzeylerinde çimlenme oranlarının sırasıyla %89,7, %55,6, %41,7 ve %24,1 olarak saptamışlardır.

Rauf *et al.* (2007), 16 buğday çeşidi ile yürüttükleri araştırmada, PEG 6000 ile oluşturulan farklı konsantrasyonların (kontrol, 150 g PEG 6000/850 ml saf su, 200 g PEG 6000/800 ml saf su ve 250 g PEG 6000/750 ml saf su) çimlenme ve erken fide gelişmesine etkisini incelemişlerdir. İncelenen karakterler yönünden genotipler arasında önemli farklar bulunmuş, artan PEG konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranının önemli derecede azaldığı, belirlenmiştir.

Almansouri *et al.* (2001), 3 makarnalık buğday çeşidinde yürüttüğü çalışmada PEG 6000 ile oluşturulan -0,15, -0,58, -1,5 ve -1,57 Mpa ozmotik potansiyel uygulamalarının çimlenme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Artan stres düzeylerinde çimlenme oranının önemli derecede azaldığı, -1,57 Mpa stres düzeyinde çimlenmenin tamamen engellendiği tespit edilmiştir.

GA₃'ün farklı konsantrasyonlarının ortalamaları dikkate alındığında, GA₃'ün konsantrasyonu arttıkça çimlenme hızı, çimlenme hızı katsayısı, çimlenme hızı indeksi, çimlenme gücü ve çimlenme gücü indeksinin arttığı, buna karşın çimlenme süresinin kısaldığı tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgulara benzer olarak, antep fıstığında yapılan bir çalışmada farklı dozlarda GA₃ ve indolbütirik asit (IBA) uygulaması sonucunda çimlenme hızı, çimlenme oranı ve diğer fide büyüme parametreleri üzerine olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Akkuş 2009). Yine, Hızarcı (2001), tarafından Karaerik üzüm çeşidinde yapılan bir araştırmada farklı dozlarda GA₃ ve katlama uygulaması sonucunda tohumların çimlenme hızının arttığı, çimlenme süresinin ise kısaldığı ortaya konulmuştur. Diğer taraftan Erdemli (2015), ayçiçeğinde farklı dozlarda GA₃ (50, 100, 200, 400 ppm) uygulamasının çimlenme oranı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını ancak ortalama çimlenme süresini kısalttığını ifade etmiştir.

PEG6000 uygulamasıyla oluşturulan ozmotik stresin şiddeti arttıkça embriyonal kök sayısı, sürgün uzunluğu ve koleoptil uzunluğu sürekli olarak azalmıştır. Buna karşın, kök uzunluğu ve fide uzunluğunda -2 bar ozmotik kuraklık stresinde kontrole göre çok küçük bir artış gözlenmiş, ancak daha yüksek dozlarda çok önemli düşüşler gerçekleşmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara benzer olarak Naylor and Gurmu (1990), PEG 4000 ile oluşturulan ozmotik potansiyel koşullarında buğday tohumlarında kökçük ve koleoptil gelişimini incelemişler ve daha düşük ozmotik potansiyellerde su alımı giderek azaldığı için, -4,5 ve -7,3 bar farklı ozmotik potansiyel uygulamalarında tohumların çıkış oranları %40-90 ve %15-80 arasında değişim göstermiştir. Araştırmacılar yine çim kını (koleoptil) çıkışının düşük su potansiyeline kökçük çıkışına göre daha hassas olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde Barutçular vd (1994), tarafından 14 ekmeklik buğday genotipinde yapılan bir çalışmada PEG 6000 ile oluşturulmuş (-0,67 Mpa) stres koşullarında embriyonal kök sayılarının %18,9-40,0, kök büyüme hızlarının ise %6,1-62,0 oranlarında azaldığı belirlenmiştir. Almansouri *et al.* (2001), 3 makarnalık buğday çeşidinde PEG 6000 ile oluşturulan -0,15, -0,58, -1,5 ve -1,57 Mpa ozmotik potansiyel uygulamalarının çimlenme üzerindeki etkisini incelemişler, araştırmacılar artan stres düzeylerinde kök sayısı ve fide uzunluğunun önemli derecede

azaldığını, -1,57 Mpa stres düzeyinde çimlenmenin tamamen engellendiğini ifade etmişlerdir. Dhanda *et al.* (2004), PEG 6000 solüsyonu ile oluşturulan -10 bar ozmotik stres koşullarında, 30 ekmeklik buğday çeşidinin ortalaması olarak kontrole göre kök uzunluğunun %53,8, sürgün uzunluğunun %63,9, çim kını uzunluğunun %40,2 azaldığını, kök-sürgün uzunluğu oranının ise %40,0 arttığını tespit etmişlerdir. Rauf *et al.* (2007), 16 buğday çeşidi ile yürüttükleri araştırmada, PEG 6000 ile oluşturulan farklı konsantrasyonların (kontrol, 150 g PEG 6000/850 ml saf su, 200 g PEG 6000/800 ml saf su ve 250 g PEG 6000/750 ml saf su) çimlenme ve erken fide gelişimine etkisini incelemişlerdir. Artan PEG konsantrasyonlarına bağlı olarak kök uzunluğunun, sürgün uzunluğunun, koleoptil uzunluğunun önemli derecede azaldığını, kök/sap uzunluk oranının ise önemli derecede arttığını bildirmişlerdir. Taşkesenligil (2016), 64 çeşit buğday genotipinde yürüttüğü çalışmada kontrol uygulamasında çeşitlerin toplam embriyonal kök uzunluklarının 14,84-38,13 cm arasında, sürgün uzunluklarının ise 7,99-19,55 cm arasında, -5 bar ozmotik potansiyeldeki çimlenme ortamında ise sürgün uzunluklarının 0,07-4,73 cm arasında embriyonal kök uzunluklarının 2,91-13,92 cm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacı kontrol koşulları ile -5 bar ozmotik potansiyel uygulamasında genotiplerin ortalaması karşılaştırıldığında toplam embriyonal kök uzunluğu ve sürgün uzunluğunun sırasıyla %67,4 ve %90,7 oranında azaldığını bildirmiştir.

Buğdayda 6 farklı (kontrol, -3, -6, -9, -12 ve -15 bar) ozmotik stres seviyesi uygulayan Jajarmi (2009), kök uzunluğunun -6 bar'dan daha yüksek stres seviyelerinde önemli derecede azaldığını kaydetmiştir. Aynı şekilde Ahmadizadeh *et al.* (2011), düşük su potansiyeli bakımından stres düzeyi arttıkça kök uzunluğunun azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar buğday genotipinin ortalaması olarak 0, -0,6 ve -0,8 Mpa stres ortamlarında sürgün uzunluğunun sırasıyla 9,44 cm, 2,83 cm ve 1,38 cm olduğunu tespit etmişler ve, stres uygulamalarında sürgün uzunluğunun kontrole göre sırasıyla %70,02 ve %85,34 azaldığını ifade etmişlerdir. Yine arpada PEG 6000 ile oluşturulan ozmotik basınç arttıkça (0, -0,45, -0,77, -1,03 Mpa) koleoptil uzunluğu, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu gibi karakterlerde azalma olduğu belirlenmiştir (Uğur 2015).

Giberellik asit (GA_3) uygulamasında dozların ortalamaları dikkate alındığında, GA_3 'ün konsantrasyonu arttıkça embriyonal kök sayısı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, koleoptil uzunluğu ve fide uzunluğunda çok önemli ölçüde artış olduğu tespit edilmiştir. GA_3 'ün teşvik edici etkisi, özellikle ozmotik kuraklık stresinin şiddetli olduğu -8 ve -10 bar dozlarda gerçekleşmiştir. Bu durum PEG 6000 ile oluşturulan ozmotik stresin olumsuz etkisinin azaltılmasında GA_3 'ün önemli rolü olduğunu göstermektedir. Besnard-Wibant *et al.* (1983), *Silene armaria* fidelerinin apikal meristeminde giberellik asidin hücre bölünmesini teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Liu and Loy (1976), karpuz fidelerinin subapikal gövde meristemlerinde giberellik asitlerin hücre çoğalmasını arttırdığını tespit etmişlerdir. Giberellinlerin hücre uzamasını artırarak büyüme ve gelişme olaylarında etkili oldukları vurgulanmıştır (Van Der Zanden 1999). Güçlü (1997), farklı buğday genotiplerinin kuraklık ve sıcaklığa dayanıklılık derecelerini incelediği araştırmasında, kuraklık stresi uygulaması sonrasında bozulan DNA yapılarının giberellik asit uygulamasından sonra onarıldığını tespit etmiş ve bu durumun kuraklığa dayanıklı çeşitlerde daha fazla meydana geldiğini belirtmiştir.

Bu araştırmadan elde edilen bulgulara göre, PEG 6000 ile oluşturulan ozmotik kuraklık stresi, daha önce açıklanan karakterlerde olduğu gibi, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, sürgün yaş ağırlığı ve sürgün kuru ağırlığını çok önemli miktarda azaltmıştır. Ancak, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı -2 bar ozmotik kuraklık stresi koşullarında önemli ölçüde artmış, buna karşın daha sonraki artan ozmotik kuraklık stresinde azalmıştır. Burada -2 bar ozmotik basınçta kontrole göre gözlemlenen artışın daha önce açıklandığı gibi, düşük seviyeli stres koşullarının büyümeyi uyarıcı etkisinden kaynaklanmış olabilir. Barutçular vd (1994), tarafından ekmeklik buğdayda yapılan bir araştırmada, PEG 6000 ile oluşturulan -0,67 Mpa stres şartlarında kök ağırlıklarının kontrole göre %17,2-44,4 koleoptil ağırlıklarının ise %44,9-73,3 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Yine Rauf *et al.* (2007), buğday genotiplerinde, ozmotik stresin şiddeti arttıkça kök uzunluğu ile yaş ve kuru kök ağırlıklarının önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir. Aynı şekilde arpada PEG 6000'in farklı konsantrasyonları (kontrol, -0,45, -0,77, -1,03 Mpa) ile oluşturulan ozmotik basınç arttıkça sürgün yaş ve kuru ağırlıkları ile oransal su içeriğinde önemli ölçüde azalma meydana geldiği kaydedilmiştir (Uğur 2015).

PEG 6000 kullanılarak oluşturulan ozmotik kuraklık stresinde giberellik asit uygulamasının nasıl bir etki oluşturacağını belirlemek amacıyla, GA₃'ün kontrol dahil 4 farklı konsantrasyonu denenmiştir. Uygulanan dozların ortalaması dikkate alındığında, kök yaş ve kuru ağırlığında yalnızca en yüksek uygulama dozu olan 900 mM'lık dozda istatistiksel anlamda kontrole göre önemli bir farklılık olduğu; buna karşın, sürgün yaş ve kuru ağırlığında tüm GA₃ dozlarının kontrole göre çok önemli artışlara sebep olduğu görülmüştür.

PEG 6000 dozlarının ortalamaları dikkate alınarak mitotik indeks yönünden değerlendirildiğinde, -2 bar ozmotik kuraklık stresinde mitotik indeksin kontrole göre biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Daha önce belirtildiği gibi, düşük şiddette bir kuraklık stresi hücre bölünmesini uyarmış olabilir. Diğer taraftan -4 bar ve daha yüksek dozlarda, özellikle -8 ve -10 bar'da mitotik indeks çok önemli derecede düşüş göstermiştir. Sıcaklık stresine bağlı olarak ortaya çıkan su stresi koşullarında çimlendirilen ayçiçeği (Robertson *et al.* 1990) ve mısır bitkisinin kök hücrelerinde (Sacks *et al.* 1997) ve buğdayın yapraklarında (Schuppler *et al.* 1998) mitotik aktivitenin azaldığı ve bu azalmanın yeniden üretilen hücrelerin sayısında düşüşe sebep olduğu bildirilmiştir. PEG 6000 ile oluşturulan ozmotik kuraklık koşullarında buğdayda en yüksek mitotik indeks ortalaması kuraklığın 0 bar uygulamasında %19,3 olarak tespit edilmiş, kuraklığın -10 bar uygulamasında ise hücre bölünmesi görülmemiştir (Aydın vd 2015).

Bitki büyüme düzenleyicilerinden olan giberellik asit (GA₃) dozlarının ortalamaları incelendiğinde, GA₃ uygulamasının mitotik indeksi çok önemli miktarda artırdığı tespit edilmiştir. Bu artış GA₃ dozundaki artışa paralellik göstermiştir. GA₃'ün mitotik indeks üzerine olan en belirgin etkisi -8 ve -10 bar'lık şiddetli ozmotik kuraklık stresinde çok daha belirgin olmuştur. Bu araştırmadan elde edilen bulgulara benzer olarak Demir (2007), bitki büyüme düzenleyicileri kombinasyonları ile ön uygulamaya tabi tutulan arpalarda tuz stresinin [0,30, 0,35, 0,40, 0,45 molal(m)] mitotik indeks üzerindeki engelleyici etkisini GA₃ (900 mM) kombinasyonlarının hafiflettiğini, içinde GA₃'ün bulunmadığı kombinasyonların başarı göstermediğini ifade etmiştir.

PEG 6000 dozlarının ortalamaları dikkate alındığında PEG 6000 + putresin kombinasyonunda, ozmotik kuraklık stresinin çimlenme ve fide özellikleri ile mitotik indeks üzerine etkileri PEG 6000 + GA₃ kombinasyonundakine benzer şekilde olmuştur. Diğer taraftan, putresin konsantrasyonunun ortalamalarına göre putresin uygulaması; çimlenme hızını, çimlenme hızı katsayısını, çimlenme hızı indeksini, çimlenme gücünü, çimlenme gücü indeksini ve çimlenme oranını çok önemli derecede artmış, diğer bir ifadeyle ozmotik kuraklığın olumsuz etkisinin azaltılmasında önemli rolü olmuştur. Aynı şekilde, putresin uygulaması ile birlikte çimlenme süresi kısalmıştır. Yine, putresin konsantrasyonlarının ortalamaları dikkate alındığında putresinin embriyonal kök sayısını, kök uzunluğunu, sürgün uzunluğunu koleoptil uzunluğunu, fide uzunluğunu, kök yaş ağırlığını, sürgün yaş ağırlığını, sürgün kuru ağırlığını ve mitotik indeksi çok belirgin şekilde artırdığı görülmüştür. Putresinin, incelenen karakterlerden kök kuru ağırlığı hariç diğer tamamında en yüksek etkisi 0,001 mM'lık konsantrasyonda ortaya çıkmış, bunu 0,01 ve 0,1mM'lık konsantrasyonlar izlemiştir. Kök kuru ağırlığında ise en etkili doz 0,1mM olmuş ancak bu doz ile 0,001 mM'lık doz arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemsiz olmuştur.

Poliaminlerin polikatyonik yapısı biyolojik aktivitelerini oluşturan önemli özelliklerinden biridir (Valero *et al.* 2002). Birçok çalışmada, putresin, spermidin, spermin gibi poliaminlerin dıştan uygulanması bitkilerde abiyotik strese toleransı artırdığı tespit edilmiştir.

Bu araştırmadan elde edilen bulgulara benzer olarak, kuraklık ve putresin hormonunun buğdayda tohum çimlenmesi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla Aydın vd (2015), yapılan bir çalışmada PEG 6000'in farklı dozları (0, -2, -4, -6, -8 ve -10 bar) uygulanarak farklı şiddetlerde ozmotik kuraklık oluşturmuş ve PEG 6000 dozları putresinin 0, 0,01, 0,1 ve 1 mM dozları ile kombine edilmiştir. Araştırma sonucunda kuraklığın şiddeti arttıkça çimlenme oranı ile kök ve sürgün uzunluğunun azaldığı, çimlenme süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Putresinin özellikle 1 mM'lık dozunun kuraklığın bu olumsuz etkilerini azalttığı bildirilmiştir. Yine, aynı araştırmacılar tarafından yapılan diğer bir araştırmada (Aydın vd 2015), buğdayda aynı dozlarda PEG 6000 ve

putresin (0, 0,01, 0,1, 1 mM) uygulanmış ve bazı fide karakterleri ile mitotik indeks üzerine olan etkileri incelenmiştir. Denemede PEG 6000'in farklı dozlarda fide büyüme parametrelerini ve hücre bölünmesini olumsuz yönde etkilediği, putresinin özellikle 1 mM'lık dozunun kuraklığın olumsuz etkilerini azalttığı ortaya konulmuştur.

Poliaminler DNA replikasyonu, transkripsiyonu, translasyonu, hücre büyümesi, enzim aktivitesinin düzenlenmesi, hücre katyon-anyon dengesi ve membran stabilitesi gibi birçok temel hücresel süreçlerin düzenlenmesiyle ilgilidir. Ayrıca poliaminler; hücre bölünmesi, yumru dormansisinin kırılması, tohum çimlenmesi, çiçek tomurcuklarının uyarılması, desteklenmesi ve gelişimi, meyve oluşumu ve olgunlaşması, embriyogenesis, bitki morfogenez ve biyotik ve abiyotik streslere karşı tepki verme gibi büyüme ve gelişme süreçlerinin pek çoğunda da kilit rol oynamaktadır (Boncheteau *et al.* 1999; Groppa and Benavides 2008). Poliaminlerin, bitkinin yüksek ve düşük sıcaklık, tuzluluk, hiperozmoz, hipoksiya ve atmosferik kirleticiler gibi streslere karşı toleransın kazanılmasında da etkili olduğu kaydedilmiştir (Liu *et al.* 2007; Garcia *et al.* 2007).

Dışarıdan uygulanan poliaminlerin (di-, tri- ve tetra-aminler) bitkilerde hücre zarlarını stabilize ettiği ve onları, stres koşullarında ortaya çıkan hasarlardan koruduğu (Liu *et al.* 2007; He *et al.* 2008), ve içsel poliaminlerinde zar bütünlüğünün devamlılığına katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Borell *et al.* 1997). Yiu *et al.* (2009), *Allium fistulosum* da, dıştan uygulanan putresinin antioksidant kapasitesini artırarak oksidatif hasarı azalttığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar dışarıdan uygulanan putresinin süperoksit radikali (O_2^-) ve H_2O_2 içeriklerini azalttığını, bunun da bitki hücrelerinde daha az oksidatif stres oluşmasını sağladığını kaydetmişlerdir.

Mısırda poliaminlerden spermidinin (spd) 0, 0,25, 0,5, 1, 1,5 mM dozlarının birincil kök uzunluğu, hücre şekli ve mitotik indeks üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada (De Agazio *et al.* 1995), spermidin 2 günlük fidelere 1 mM dozda 18 saat süre ile uygulanmıştır. Denemede, meristematik bölgede mitotik indekste şiddetli bir şekilde azalmaya ve aynı zamanda hücre uzamasında yavaşlamaya sebep olduğu, bu nedenle kök büyümesinin yavaşladığı belirlenmiştir. Araştırmacılar,

poliaminlerin yüksek dozda uygulanması durumunda genellikle hücre bölünmesini, bitki gelişimini ve gelişimsel süreçleri geciktirdiğini ve bazen de engelleyici etki oluşturduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde Sinska and Lewandawska (1991), tarafından embriyonal dormansi gösteren *Malus domestica* Borkh. (elma) üzerine yapılan çalışmada, putresin ve spermidinin 0,1 ve 1 mM gibi düşük konsantrasyonlarının çimlenmeyi uyardığı, ancak 5 mM gibi yüksek dozlardaki uygulamaların çimlenmede etkisiz kaldığı ve hatta inhibe edici olduğu tespit edilmiştir. Yine İsmailoğlu vd (2004), poliaminlerden spermin (spm), spermidin (spd) ve putresinin (put) 1 mM'lık dozlarının diploit, tetraploit ve heksaploit buğdayların kök ucu hücrelerinde mitotik düzensizliklere ve mitotik indekste azalmaya neden olarak, kök büyümesini engellediklerini rapor etmişlerdir.

5.2. Sonuç

Ozmotik kuraklık oluşturmak amacıyla uygulanan polietilen glikol (PEG) 6000'in -2 bar'lık dozu denemede incelenen bazı karakterleri olumlu yönde etkilemiştir. Ancak -2 bar'lık ozmotik kuraklığın teşvik edici etkisi PEG 6000 ile kombine halde uygulanan PEG 6000 + GA₃ ve PEG 6000 + putresin kombinasyonlarına göre küçük değişim göstermiştir. Diğer taraftan bu dozdan sonra ozmotik kuraklığın şiddeti yani PEG 6000'in konsantrasyonu arttıkça tüm karakterler olumsuz yönde etkilenmiştir. PEG 6000 ile kombine halde uygulanan GA₃'ün tüm dozlarının incelenen karakterler üzerine etkisi olumlu yönde olmuş ve ortalama çimlenme zamanını, yani çimlenme süresini kısaltmıştır. GA₃'ün en büyük etkisi en yüksek doz olan 900 mM'lık konsantrasyonda tespit edilmiştir. Aynı şekilde PEG 6000 ile kombine halinde uygulanan putresinin tüm dozları incelenen karakterlerin tamamında olumlu yönde etkili olmuş ve çimlenme süresini kısaltmıştır. Putresinin en yüksek etkisi kök kuru ağırlığında 0,1 mM'lık dozda, diğer tüm karakterlerde ise 0,001 mM'lık dozda gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak, ozmotik kuraklık stresinin özellikle yüksek dozlarının çimlenme, fide gelişimi ve mitotik indeksi çok belirgin şekilde olumsuz yönde etkilediği; GA₃ ve

putresinin tüm dozlarının PEG 6000 ile oluşturulan ozmotik kuraklığın etkisini kısmen telafi edebildikleri belirlenmiştir.



KAYNAKLAR

- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D., 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Science*, 10 (1), 31-34.
- Acevedo, E., 1987. Assessing crop and plant attributes for cereal improvement in water-limited Mediterranean environments. *Proceed of an Int. Workshop*, 303-320, Capri, Italy.
- Aharoni, N., Blumenfeld, A., Richmond, A.E., 1977. Hormonal Activity in Detached Lettuce Leaves as Affected By Leaf Water Content. *Plant Physiol*, 59, 1169-1173.
- Ahmadizadeh, M., Valizadeh, M., Zaefizadeh, M., Shahbazi, H., 2011. Evaluation of interaction between genotype and environments in term of germination and seedling growth in durum wheat landraces. *Advances in Environmental Biology*, 5 (4), 551-558.
- Akkaya, A., 1994. Buğday Yetiştiriciliği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Zir. Fak. Ders Kitabı No:1, 36, Kahramanmaraş.
- Akkuş, G., 2009. Farklı dozlardaki (GA₃) ve IBA Hormonlarının Bazı Standart Antep Fıstığı (*Pistacia vera* L.) Tohumlarının Çimlenme Oranı ve Hızı Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Alcazar, R., Altabella, T., Marco, F., Bortolotti, C., Reymond, M., Konec, C., Carrasco, P., Tiburcio, A.F., 2010. Polyamines: molecules with regulatory functions in plant abiotic stress tolerance. *Planta*, 231, 1237-1249.
- Allan, R.E., Vogel, O.A., Peterson, C.J., 1962. Seedling emergence rate of fall-sown wheat and its association with plant height and coleoptile length. *Agron. J.*, 54, 347-350.
- Almansouri, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231 (2), 243-254.
- Anonim, 2013. Tarım İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, <http://tuik.gov.tr> (17.04.2014).
- Arora, A., Sairam, R.K. and Srivastava, G.C., 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*, 82, 10, 1227-1238.
- Avalbaev, A.M., Bezrukova, M.V., Kildibekova, A.R., Fatkhutdinova, R.A., Shakirova, F.M., 2003. Wheat germagglutinin restores cell division and growth of wheat seedling under salinity. *Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue*, 257-263.
- Aydın, M., Hossein Pour, A., Haliloğlu, K., Tosun, M., 2015. Effect of Application of Putrescine on Seedling Growth and Cell Division of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Drought Stress. *Atatürk University, Faculty of Agriculture, Dept. of Field Crops*, 25240 Erzurum, Turkey.
- Aydın, M., Hossein Pour, A., Haliloğlu, K., Tosun, M., 2015. Effect of Putrescine Application and Drought Stress on Germination of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Atatürk Univ., J. of the Agricultural Faculty*, 46 (1), 43-55.

- Ayhan, B., 2006. Mısır (*Zea mays* L.)'ın bazı çeşitlerinde ağır metal (Cd, Pb) stresin etkilerinin belirlenmesi. Yüksek lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bachrach, U., Y. M. Heimer (Eds.). 1989. The Physiology of Polyamines. I. CRC Press, Boca Raton, pp. 1-346.
- Baloch, M.S., Nadim, M.A., Zubair, M., Awan, I.U., Khan, E.A., Ali, A.S., 2012. Evaluation of wheat under normal and late sowing conditions. Pakistan Journal Botany, 44 (5), 1727-1732.
- Barutçular, C., Koç, M., Genç, İ., 1994. Ekmeklik buğdayda çimlenme ve ilk büyümenin PEG-6000 yardımı ile oluşturulan su geriliminden etkilenişi. Türkiye I. Tarla Bitkileri Kongresi, İzmir.
- Başer, İ., Korkut, K.Z., Bilgin, O., 2005. Ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) kurağa dayanıklılıkla ilgili özellikler arasındaki ilişkiler. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(3), 253-259.
- Ben-Haj-Salah, H., Tardieu, F., 1995. Temperature affect sexpansion rate of maize leaves without change in spatial distribution of cell length. Analysis of the coordination between cell division and cell expansion. Plant Physiology, 109, 861- 870.
- Berkes, F., Kışlalıoğlu, M., 1990. Ekoloji ve Çevre Bilimleri, İstanbul, 171.
- Besnard-Wibant, C., Noin, M., Zeevaart, J.A.D., 1983. Mitotic activities and levels of nuclear DNA in the apical meristem of *Silene armeria* (strain SI.2) following application of gibberellin A3. Plant and Cell Physiology, 24, 1269-1279.
- Bitonti, M.B., Ferraro, F., Floris, C., Innocenti, A.M., 1991. Response of meristematic cells to osmotic stress in *Triticum durum*. Biochemistry Physiology Pflanz, 187, 453- 457.
- Blum, A., 1986. Breeding Crop Varieties for Stress Environments. Critical Reviews in Plant Sciences, 2 (3), 199- 237.
- Blum, A., Ebercon, A., 1981. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Science, 21 (1): 43-47.
- Blum, A., Sinmena, B., Zıvr, O., 1980. An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in Wheat. Euphytica, 29 (3), 727-736.
- Bonchetau, A., Aziz, A., Larher, F., Martin-Tanguy, J., 1999. Polyamines and environmental challenges: Recent Development Plant Sci, 140, 103-25.
- Borell, A., Carbonell, L., Ferras, R., Puig-Parellada, P., Tiburcio, A.F., 1997. Polyamines inhibit lipid Peroxidation in senescing oat leaves. Physiol Plant, 99, 385-390.
- Bozcuk, S., 1978. Domates (*Lycopersicum esculentum* Mill), arpa (*Hordeum vulgare* L.) ve pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkilerinin büyüme ve gelişmesinde tuz kinetin etkilesimi üzerinde araştırmalar. Doçentlik tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Botanik Bölümü, Ankara.
- Bracale, M., Levi, M., Savini, C., Dicorato, W., Galli, M.G., 1997. Water deficit in pea root tips: effects on the cell cycle and on the production of dehydrin-like proteins. Annals of Botany, 79, 593- 600.
- Bray, E.A., 1997. Plants Responses to Water Deficit. Trends Plants Science, 2 (2), 48-54.
- Carpita, N., Sabularse, D., Montezinos, D. and Delmer, D.P., 1979. Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. Science, 205 (4411), 1144-1147.

- Cecarelli, S., Nachit, M.M., Ferrara, G.O., Mekni, M.S., Tahir, M., Van Leur, J. and Srivastava, J.P., 1987. Breeding strategies for improving cereals yield and stability under drought. Proceed of an Int. Workshop, 101-114, Capri, Italy.
- Chattopadhyay, M.K., Tiwari, B.S., Chattopadhyay, G., Bose, A., Sengupta, D.N., Ghosh, B., 2002. Protective role of - Exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plant. *Physiol plant*, 116, 192-9.
- Chaturvedi, G.S., Aggarwal, P.K., Singh, A.K., Joshi, G.M., Sinha, S.K., 1981. Effect of irrigation on tillering in wheat, Triticale and Barley in a water-limited environment. *Irrigation Science*, 2 (4), 225-235.
- Chinnusamy, V., Zhu, J.K., 2009. Epigenetic regulation of stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 12, 1-7.
- Chopra, R.K., Selote, D.S., 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than-susceptible wheat cultivar under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 60, 276-283.
- Clough, B.F., Milthorpe, F.L., 1975. Effects of water deficit on leaf development in tobacco. *Australian Journal of Plant Physiology*, 2, 291- 300.
- Costa, G., Bagni, N., 1983. Effects of polyamines on fruit-set of apple. *Hort. Science*, 18 (1), 59-61.
- Courtois, B., McLaren, G., Sinha, P.K., Prasad, K., Yadav, R., Shen, L., 2000. Mapping QTLs associated with drought avoidance in upland rice. *Molecular Breeding*, 6, 55-66.
- Cuevas, J.C., Lopez-Cobollo, R., Alcazar, R., Zarza, X., Kunez, C., Altabella, T., 2008. Putrescine is involved in Arabidopsis freezing tolerance and Cold acclimation by regulating ABA levels in response to low temperature. *Plant physiol*, 148, 1094-105.
- Cummins, W.R., 1973. The Metabolism of ABA in Relation to its Reversible Action on Stomata in Leaves of *Hordeum vulgare* L. *Planta*, 114, 159-167.
- Çavuşoğlu, K., 2006. Arpa ve Turp Tohumlarının Normal Şartlar Altındaki Çimlenme ve Fide Büyümesine Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fen Dergisi, 1(1-2), 1-13.
- Çeçen, Ö., 2004. Kuraklık stresine maruz bırakılan mısır bitkisine ekzojen olarak uygulanan naftalen asetik asit (NAA), Absisik asit (ABA) ve Jasmonik asit (JA) etkilerinin belirlenmesi. Yüksek lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Das, S., Basuand, A., Ghosh, B., 1995. Effect of salt stress on polyamine metabolism in *Brassica campestris*, *Phytochemistry*, pp. 283-285.
- De Agazio, M., Ciofi-Luzzatto, A., Grego, S., Rea, E., Zaccaria, M.L., Federico, R., 1995. Inhibition of maize primary root elongation induced by spermidine, effect on cell shape and mitotic index. *Plant Growth Regulation*, 14, 85-89.
- De Agazio, M., Federico, R., Angelini, R., De Cesare, F., Grego, S., 1992. Spermidine pretreatment of root tip removal in maize seedlings, effect on K⁺ uptake and tissues modifications. *J. Plant Physiol.*, 140, 741-746.
- Demir, K., 2007. Tuzlu Koşullardaki Arpa Tohumlarının Çimlenmesi Esnasındaki Mitotik İndekse Bazı Hormon ve Hormon Benzeri Aktivite Gösteren Kimyasalların Ön Muamelelerinin Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

- Dhanda, S.S., Sethi, G.S., Behl, R.K., 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190 (1), 6-12.
- Dilday, R., Mgonja, M., Amonsilpa, S., Collins, F. and Wells, B., 1990. Plant Height vs. Mesocotyl and Coleoptile Elongation in Rice: Linkage or Pleiotropism? *Crop Science*, 30 (4), 815-818.
- Duan, J.J., Li, J., Guo, S.R., Kang, Y.Y., 2008. Exogenous Spermidine affects polyamine Metabolism in salinity –stressed *Cucumis sativus* roots and enhances short-term salinity tolerance. *J. Plant Physiol*, 165:1620-35.
- Elçi, S., 1982. Sitogenetikte Gözlemler ve Araştırma Yöntemleri. Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji. 3, 37-85. Elazığ.
- Elkoca, E., 1997. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)’de Tuza dayanıklılık üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Erdemli, H., 2015. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)’nde giberellik asit dozlarının verim ve abiyotik stres koşullarında çimlenme üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. 82 s.
- Flores, H.E., Galston, A.W., 1989. Osmotic stress induced polyamine accumulation in cereal leaves. *Plant Physiol.*, 75, 102-109.
- Flores, H.E., Young, N.D., Galston, A.W., 1984. Polyamines metabolism and plant stress, in J.L. Key, T. Kosuge, eds, *Cellular and Molecular Biology of Plant Stress*. Allan R. Liss, New York, pp. 1–22.
- Garcia-Jimenez, P., Just, P.M., Delgado, A.M., Robaina, R.R., 2007. Transglutaminase activity decrease during acclimation to hyposaline conditions in marine seaweed *Gratelonpiadoryphora* (Rhodophyta, Halymeniaceae). *J. Plant Physiol* 164, 367-70.
- Gatta, L., Marhitelli, C., Federico, R., 1992. Effect of polyamines and their oxydative product on maize and lentil root growth. *Annals of Botany*, 50, 43-48.
- Geçit, H.H., 1982. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde ekim sıklıklarına göre birim alan değerleri ile ana sap ve çeşitli kademedeki kardeşlerin tane verimi ve verimkomponentleri üzerine araştırmalar. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Doçentlik Tezi, (Basılmamış) s 1-91.
- Gedik, A., 1997. Meteoroloji Ders Kitabı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay., No: 10, Samsun.
- Gholamin, R., Khayatnezhad, M., Somarin, S., Mahmoodabad, R.Z., 2010. Effects of polyethylene glycol and NaCl stress on two cultivars of wheat (*Triticum durum*) at germination and early seedling stages. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 9 (1), 86-90.
- Grando, S., Ceccarelli, S., 1995. Seminal root morphology and coleoptile length in wild (*Hordeumvulgaressp.spontaneum*) and cultivated (*Hordeumvulgare* ssp. *vulgare*) barley. *Euphytica*, 86, 73-80.
- Groppa, M.D., Benavides M.P., 2008. Polyamines and abiotic Stress: recent advances. *Amino Acids*, 34, 35-45.
- Groppa, M.D., Benavides, M.P., Tomaro, M.L., 2003. Polyamine metabolism in sunflower and wheat leaf discs under cadmium or copper stress. *Plant Sci.*, 161, 481-8.

- Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E. and Guzelordu, T., 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and postanthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant Soil Environ.*, 52, 368-376.
- Guoth, A., Benyo, D., Csiszar, J., Galle, A., Horvath, F., Cseuz, L., Erdei, L., Tari, I., 2009. Relationship between osmotic stress-induced abscisic acid accumulation, biomass production and plant growth in drought-tolerant and-sensitive wheat cultivars. *Acta Physiol Plant*, 32 (4), 719-727.
- Gupta, N.K., Gupta, S., Kumar, A., 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield in wheat cultivars at different growth stages. *Journal Agronomy*, 186 (1), 55-62.
- Gupta, S., Gupta, N., 2011. Field efficacy of exogenously applied putrescine in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water-stress conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(6), 516-9.
- Güçlü, M., 1997. Buğday (*Triticum* L.) Varyetelerinde Kuraklığa Dayanıklılık Derecesinin Tayini ve Kuraklık Stresinin Genomda Meydana Getirdiği Değişikliklerin İncelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- He, L., Ban, Y., Inoue, H., Matsuda, N., Liu, J., Moriguchi, T., 2008. Enhancement of spermidine Content and antioxidant capacity in transgenic pear shoots over expressing apple spermidine synthase in response to salinity and hyperosmosis. *Phytochem*, 69, 2133-41.
- Hegarty, T.W., 1977. Seed activation and seed germination under moisture stress. *New Phytologist*, 78 (2), 349-359.
- Hızarcı, Y., 2001. Karaerik üzüm çeşidinde katlama ve GA₃ uygulamalarının tohum çimlenmesi ve dinlenmesi üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi. 54 s.
- Hossein Pour, A., 2016. Kimyasal mutagen uygulamalarının buğdayda bazı *invitro* karakterler ve kuraklığa tolerans üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 57 s.
- Hu, S., Yang, H., Zou, G., Liu, H., Liu, G., Mei, H., Cai, R., Li, M., Luo, L., 2007. Relationship between coleoptile length and drought resistance and their QTL mapping in rice. *Rice Science*, 14 (1), 13-20.
- İsmailoğlu, I., Ünal, M., Palavan-Ünsal, N., 2004. effects of spermidine, spermine and cyclohexylamine on mitotic activity of 2X, 4X and 6X wheats. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 3, 83-88.
- Jajarmi, V., 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49, 105-106.
- Jiang, W., Liu, D., 2000. Effects of Pb²⁺ on root growth, Cell Division, and Nucleolus of *Zea mays* L. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 65, 786-793.
- Kalac, P., Krausova, P., 2005. A review of dietary polyamines: formation, implications for growth and health and occurrence in foods. *Food Chemistry*, 90, 219-230.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4), 723-740.
- Kaya, A., 2006. Çukurova'nın taban ve kıraç koşullarında bazı ekmeklik buğday genotiplerinin morfolojik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. 82 Pp.

- Khan, N.A., Singh, S., 2008. Abiotic Stress and Plant Responses. IK Internarional, New Delhi.
- Kirecci, O.A., 2006. Bazı Sentetik Hormonların(Gibberillik Asit, Spermin, Spermidin, Putresin) Fesleğen (*Ocimum basilicum*) Bitkisinde Morfolojik Yapı ve Uçucu Yağ Kalitesine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Kodal, S., 1993. Su bütçesi yaklaşımının ülkemizde sulama zaman planlamasında uygulanması. Toprak-Su Dergisi, 1, Ankara.
- Kumar, A. and Singh, D.P., 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. Annals Botany, 81 (3), 413-420.
- Kutlu, İ., 2010. Tahıllarda kuraklık stresi. Türkiye Bilimsel Derlemeler Dergisi, 3 (1), 35-41.
- Kün, E. 1988. Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1032, Ankara.
- Kün, E., Çiftçi, C.Y., Birsin, M., Ülger, A.C., Karahan, S., Zencirci, N., Öktem, A., Güler, M., Yılmaz, N., Atak, M., 2004. Tahıl ve yemeklik baklagiller üretimi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi - 31.12.2004.
- Lafond, G.P., Fowler, B.D., 1989. Soil temperature and water content, seedling depth, and simulated rainfall effects on winter wheat emergence. Agron. J., 81, 609-614.
- Lagerwerff, J., Ogata, G. and Eagle, H.E., 1961. Control of osmotic pressure of culture solutions with polyethylene glycol. Science, 133 (3463), 1486-1487.
- Lawlor, D.W., and Cornic, G., 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation two water deficits in higher plants. Plant Cell Environ, 25 (2), 275-294.
- Lecoeur, J., Wery, J., Turc, O., Tardieu, F., 1995. Expansion of pea leaves subjected to short water deficit: cell number and cell size are sensitive to stress at different periods of leaf development. Journal of Experimental Botany, 46, 1093- 1101.
- Lefevre, I., Gratia, E., Lustts, S., 2001. Discrimination between the ionic and osmotic compoments of salt stress in relation to free Polyamine level in rice (*Oryza sativa*) Plant Sci., 16, 943-52.
- Lelièvre, F., 1981.L'appoint fourrager par déprimage des céréales au Maroc: Différentes situations et premières études expérimentales. Fourrages,88, 73-94.
- Levitt, J., 1980. Response of plants to environmental stresses. Volume II, Water, Radiation, Salt and Other Stresses. Academic Pres, Orlando.
- Livne, A., Vaadia, Y., 1965. Stimulation of Transpiration Rate in Barley Leaves by Kinetin and Gibberelic Acid. Physiol. Plant., 18, 658-664.
- Lichtenhaler, H.K., 1996. Vegetationstress: an introduction to the stressconcept in plants. Journal of Plant Physiology, 148, 4- 14.
- Liley, J.M., and Ludlow, M.M., 1996. Expression of osmotic adjusment and dehydration tolerance in disease rice ines. Field Crop Research, 48, 185-197.
- Liu, H.H., Dong, B.H., Zhang, Y.Y., Liu, Z.P., Liu, Y.L., 2004. Relationship between osmotic strees and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings. Plant Sci., 166, 1261-7.

- Liu, J.H., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y., Moriguchi, T., 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. *Plant Biotechnol*, 24, 117-26.
- Liu, K., Fu, H., Bei, Q., Luan, S., 2000. Inward potassium channel in guard cells as a target for polyamine regulation of stomatal movements. *Plant Physiology*, 124, 1315-1325.
- Liu, P.B.W., Loy, J.B., 1976. Action of gibberellic acid on cell proliferation in the subapical shoot meristem of watermelon seedlings. *American Journal of Botany*, 63 (5), 700-704.
- Maguire, J.D., 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2 (2), 176-177.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444, 139-158.
- McMaster, G.S., Wilhelm, W., Bartling, P.N.S., 1994. Irrigation and its contribution to yield components of winter wheat. *American Society of Agronomy*, 86 (6), 1123-1127.
- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51 (5), 914-916.
- Mitra, J., 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science*, 80, 6, 758-763.
- Money, N.P., 1989. Osmotic pressure of aqueous polyethylene glycols relationship between molecular weight and vapor pressure deficit. *Plant Physiology*, 91 (2), 766-769.
- Monneveux, P., Belhassen, E., 1996. The diversity of drought adaptation in the wild. *Plant Growth Regulation*, 20, 85-92.
- Mooring, M.T., Cooper, A.W., Seneca, E.D., 1971. Seed germination response and evidence for height ecophenes in *Spartina alterniflora* from North Carolina. *American Journal of Botany*, 58, 48-55.
- Mundree, S.G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Willigen, C.V., Govender, K., Maredza, A., Muyanga, S., Farrant, J.M. and Thomson J.A., 2002. "Physiological and molecular insights into drought tolerance", *Afr. J. Biotechnol.*, 1, 23-38.
- Murkowski, A., 2001. Heat stress and spermidine: effect on chlorophyll fluorescence in tomato plants. *Biol plant*, 44, 53-7.
- Murphy, K.M., Dawson, J.C., Jones, S.S., 2008. Relationship among phenotypic growth traits, yield and weed suppression in spring wheat landraces and modern cultivars. *Field Crops Research*, 105, 107-115.
- Nasri, M., Zahedi, H., Moghadam, H.R.T., Ghosh, F., Paknejad, F., 2008. Investigation of Water Stress on Macro Elements in Rapeseed Genotypes Leaf (*Brassica napus*). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3 (4), 669-672.
- Naylor, R.E.L., and Gurmu, M., 1990. Seed vigour and water relations in wheat. *Annals of Applied Biology*, 117 (2), 441-450.
- Nayyar, H., 2005. Putrescine increases floral retention. Pod set- and seed yield cold stressed chickpea. *J. Agron Crop Sci.*, 191, 340-345.

- Nayyar, H., Chander, S., 2004. Protective effects of polyamines -Against oxidative stress induced by water and cold stress in chickpea. J. Agron Crop Sci., 190, 355-365.
- Ndayiragije, A., Lustts, S., 2006. Do exogenous polyamines have an impact on the response of a salt-sensitive rice cultivar to NaCl. J. Plant physiol, 163, 506-16.
- Neves, C., Santos, H., Luis, V.B., Amancio, S., 2002. Involvement of free and conjugated polyamines and free amino acids in the adventitious rooting micropropagated cork oak and grapevine shoots. Plant Physiol. and Biochem., 40 (12), 1071-1080.
- Okii, M., Onitake, T., Kawai, M. and Takematsu, T., 1980. U.S. patent 4231789, Chem. Abstr. 94. 59810.
- Öney, S., 2009. Sıcaklık Stresi Altında Çimlendirilen *Vicia Faba* L. cv. Eresen-87 Tohumlarında Mitotik İndeks, Hücre Döngüsü ve Kromozom Davranışları Üzerine Kimyasal Gübrelerin Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Isparta.
- Öztürk, A., 1999. Kuraklığın kışlık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi. TÜBİTAK Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 23 (5), 531-540.
- Pan, X.Y., Wang, Y.F., Wang, G.X., Cao Q.D. and Wang, J., 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Acta Phytoecol. Sinica, 26, 177-184.
- Pius, J., George, L., Eapen, S. and Rao, P., 1994. Evaluation of somaclonal and mutagen induced variation in finger millet. Plant Breeding, 112 (3), 239-243.
- Prakash, L.G., Prathapasan, G., 1988. Putrescine reduces NaCl-induced inhibition of germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.), Aust. J. Plant. Physiol., 15, 761-767.
- Premachandra, G.S., Saneoka, H., Ogata, S., 1990. Cell osmotic membrane stability, an indication of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soil. Journal of Agricultural Science, 115(1), 63-66.
- Pugnaire, F.I., Serrano, L., Pardos, J., 1997. Handbook of Photosynthesis. In: Pessarakli, M., Markel Dekker, 271-283 p. New York.
- Radford, B.J., 1987. Effect of constant and fluctuating temperature regimes and seed source on the coleoptile length of tall and semidwarf wheats. Aust. J. Exp. Agric., 27 (1), 113-117.
- Randall, H.C., Sinclair, T.R., 1988. Sensitivity of soybean leaf development to water deficits. Plant Cell Environment, 11, 835- 839.
- Rauf, M., Munir, M., Ul-Hassan, M., Ahmed, M., Afzal, M., 2007. Performance of heat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. African Journal of Biotechnology, 6 (8), 971-975.
- Reiger, R., Michaelis, A., Green, M.M., 1968. A. Glassory Genetics and Cytogenetics. Springer-Verlag, 507 p.
- Reynolds, M.P., Rebetzke, G., Pellegrineschi, A., Trethowan, R., 2006. Drought adaptation in wheat. Drought adaptation in cereals. Ed: J.M. Ribaut. Food Products Press, New York, London, Oxford, 401-446.
- Rezzaq, A., Ali, Q., Qayyum, A., Mahmood, M.A., Rasheed, M., 2013. Physiological responses and drought resistance index of nine wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under different moisture conditions. Pakistan Journal of Botany, 45 (SI), 151-155.

- Richards, R.A., 1992. The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. II. Growth, water use and water use efficiency. *Aust. J. Agric. Res.*, 43, 529-539.
- Richards, R.A., Lukacs, Z., 2002. Seedling vigour in wheat sources of variation for genetic and agronomic improvement. *Australian Journal of Agricultural Research.*, 53 (1), 41-50.
- Rider, J.E., Hacker, A., Mackintosh, C.A., Pegg, A.E., Woster, P.M., Casero, R.A., 2007. Jr. Spermine and spermidine-mediated protection against oxidative damage caused by hydrogen peroxide. *Amino acids*, 33, 231-40.
- Robertson, J.M., Yeung, E.C., Reid, D.M., Hubick, K.T., 1990. Developmental responses to drought and abscisic acid in sunflower roots. 2. Mitotic activity. *Journal of Experimental Botany*, 41, 339- 350.
- Roy, N.N., Murty, B.R., 1970. A selection procedure in wheat for stress environment. *Euphytica*, 19, 509-521.
- Sacks, M.M., Silk, W.K., Burman, P., 1997. Effect of water stress on cortical cell division rates within the apical meristem of primary roots of maize. *Plant Physiology*, 114, 519- 527.
- Sagsöz, S., 1974. Diploid İngiliz çiminden tetraploid İngiliz çiminin elde edilmesi imkanları. Bu bitkilerde mitoz ve meioz kromozomları ile bazı morfolojik özelliklerin mukayesesi. Atatürk Üniv. Yay. No: 325, Zir. Fak. Yay. No: 159, Araş. Serisi No: 95, Erzurum.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1992. *Plant Physiology*. Belmont, CA: Wadsworth., 357-407, 531-548.
- Saxena, N.P., Johansen, C., Saxena, M.C. and Silim, S.N., 1993. Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes. Breeding for stress tolerance in cool-season food legumes. Eds: K.B. Singh and M.C. Saxena. United Kingdom, 245-270.
- Schuppler, U., He, P.H., John, P.C.L., Munns, R., 1998. Effect of water stress on cell division and cell-division-cycle 2-like cell-cycle kinase activity in wheat leaves. *Plant Physiology*, 117, 667- 678.
- Sharp, R.E., Davis, W.J., 1989. Regulation of growth and development of plants growing with a restricted supply of water. In: H.G. Jones, T.J. Flowers, M.B. Jones (eds), *Plant Under Stress*, 71-93 p, Cambridge University Press, Cambridge.
- Sinska, I., Lewandawska, U., 1991. Polyamines and Ethylene in the Removal of Embryonal Dormancy in Apple Seeds, *Physiol. Plant.*, 81, 59-64.
- Sinha, S.K., 1987. Drought resistance in crop plants: A critical physiological and biochemical assessment. *Drought tolerance in winter cereals*, ICARDA, 349-264.
- Slocum, R.D., Flores, E. (Eds.), 1991. *Biochemistry and Physiology of Polyamines in Plants*. CRC Press Boca Raton, pp. 1-264.
- Smith, T.A., Best, G.R., 1977. Polyamines in barley seedlings. *Phytochemistry*, 16, 814-843.
- Taiz, L., Zeiger, E., 1991. *Gibberelins*. *Plant Physiology*, 565 p.
- Taskesenligil, B., 2016. Düşük Su Potansiyelinde Çimlenme, Hücre Membran Hasarı ve Paraquata Tolerans Ölçütleri ile Buğday Genotiplerinin Erken Dönem Kuraklığa

- Dayanıklılık Yönünden Karakterizasyonu. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Tosun, M., 1995. Heksaploid Triticale Çeşit/Hatlarında Tane Verimini Etkileyen Bazı Sitolojik ve Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi. Atatürk Üniv. Fen Bilim. Enst. Doktora Tezi, Erzurum, 112 s.
- Tütünoglu, B., 2015. Gibberellik Asitin (GA₃) *Allium cepa* L. Var. *Cepa* (*alliaceae*) Üzerindeki Sitotoksik Ve Genotoksik Etkilerinin Belirlenmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ugur, Ö., 2015. Kuraklık Stresinin Arpada İlk Gelişme Dönemi Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Ünal, M., Palavan-Ünsal, N., Tüfekçi, M.A., 2002. Role of putrescine and its biosynthetic inhibitor on seed germination rootelongation and mitosis in *Hordeum vulgare* L. Bull Pure and App Sci Sec. B-Botany, 21, 33-38.
- Valero, D., Perez-Vicente, A., Martinez-Rormero, D., Castillo, S., Guillen, F., Serrano M., 2002. Plum Storability imtoved after calcium and Heat postharvest trearments: role of polyamines. J Food Sci, 67, 2571-3.
- Van Der Zanden, A.M., 1999. Oregon State University Extension Service, MasterGardener Handbook, Chapter 1, Botany Basics, internet Sitesi:<http://extension.oregonstate.edu/mg/botany/hormones.html> Erisim Tarihi: 04.05.2006.
- Vranová, E., Inzé, D., Breusegem, F.V., 2002. Signal transduction during oxidative stress. Journal of Experimental Botany 53, 1227- 1236.
- Wang, W., Zou, Q., 1997. Effect of osmotic stress on coleoptile growth in different drought-resistant wheat. Plant PhysiolComm., 33(3), 168-171.
- Wang, X., Shi, G., Xu, Q., Hu, J., 2007. Exogenous polyamines enhance Copper tolerance of *Nyniphotdes peltatum*. J. Plant Physiol, 164,1062.
- Winter, S.R., Musick, J.T., Porter, K.B., 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought resistant winter wheat. Crop Science, 28 (3), 512-516.
- Yamaguchi, K., Takahashi, Y., Berberich, T., Imai, A., Takahashi, T., Michael A., Kusano, T.A, 2007. Protective role for the polyalmine spermine against drought stress in , atabidopsis. Biochem Biophvs Res Commun, 352, 486-90.
- Yazar, A., Oğuzer, V., Arıoğlu, H., Gençoğlu, C., Diker, K., 1991. Harran Ovası koşullarında açık su yüzeyi (Class-A Plan) buharlaşmasından yararlanılarak ikinci ürün soya için sulama programlarının geliştirilmesi. Bitki Su Tüketimi Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu. Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi GAP Yayınları No: 45, Adana.
- Yee, V.F., Rost, T.L., 1982. Polyethyleneglycol induced water stres in *Vicia faba* seedlings: cell division, DNA synthesis and a possible role forcotyledons. Cytologia, 47, 615- 624.
- Yiu, J.C., Juang, L.D., Fang, D.Y.T., Liu, C.W., Wu, S.J., 2009. Exogenous putrescine reduces Flooding-induced oxidative damage by increasing the antioxidant propencies pf Welsh onion. Scientia Horucult, 120, 306-14.
- Yürür, N., 1970. Türkiye’de yetistirilen çavdar çeşitlerinin önemli morfolojik karakterleri üzerinde araştırmalar. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 391, 1-70.

- Zeid, I., Shedeed, Z., 2006. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. *Biologia Plantarum*, 50 (4), 635-640.
- Zhao, H., Yang, H., 2008. Exogenous polyamines alleviate the lipid petoxidation induced by cadmium chloride stres in *Melas hupehensis* Rehd. *Sci Horric*, 116, 442-7.
- Zhu, J.K., Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., and Bohnert, H.J., 1997. Molecular Aspects of Osmotic Stress in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 16(3), 253–277.



ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Erzurum’da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Erzurum’da tamamladı. Üniversite öğrenimine 2005 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde başladı. 2010 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden mezun oldu. 2010 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

