

T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MISIR (*Zea mays*. L.) BİTKİSİNİN ÇİMLENME VE FİDE  
DÖNEMLERİNDE UYGULANAN KİTOSANIN FİZYOLOJİK VE  
MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müge ÖNER

Enstitü Anabilim Dalı : BAHÇE BİTKİLERİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Rahime CENGİZ

Temmuz 2023

T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MISIR (*Zea mays*. L.) BİTKİSİNİN ÇİMLENME VE FİDE  
DÖNEMLERİNDE UYGULANAN KİTOSANIN FİZYOLOJİK VE  
MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müge ÖNER

Enstitü Anabilim Dalı : BAHÇE BİTKİLERİ

Bu tez 06/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Dr. Öğr. Üys. Rahime CENGİZ	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. Mehmet ÖTEN	BAŞARILI

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim

Müge ÖNER

02/06/2023

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Rahime CENGİZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi birikimi ve tüm yardımlarından dolayı saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Ferzat TURAN'a, tecrübelerini ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Sezen TOKSOY KÖSEOĞLU'na ve laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Adapazarı Pancar Ekicileri Kooperatifi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Bu süreçte en büyük desteği gördüğüm eşim Nurdoğan ÖNER'e, aileme ve Tuğba İNCE'ye teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisansa başladığım süreçte hayatta oldukları her an yardımcı olan ancak kaybettiğim sevgili babam Barlas BALABANLAR, değerli annem Zekiye BALABANLAR ve kıymetli kayınpederim Yusuf Cahit ÖNER'e de Allah'tan rahmet dilerim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 096-2022) teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
KISALTMALAR .....	iv
SİMGELER .....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT .....	ix

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
1.1. Mısır ( <i>Zea mays.</i> ) Bitkisi.....	2
1.1.1. Mısır bitkisi tarihçesi .....	2
1.1.2. Mısır bitkisinin özellikleri ve tarımı .....	3
1.2. Kuraklık.....	5
1.2.1. Kuraklık çeşitleri .....	5
1.2.1.1. Meteorolojik kuraklık.....	5
1.2.1.2. Tarımsal kuraklık .....	6
1.2.1.3. Hidrolojik kuraklık.....	6
1.2.1.4. Sosyo-ekonomik kuraklık .....	7
1.3. Bitkilerde Stres .....	7
1.3.1. Kuraklık stresi.....	8
1.4. Bitkilerde Antioksidan Enzim Aktiviteleri.....	10
1.4.1. Katalaz (CAT) .....	10
1.4.2. Süperoksit dismutaz (SOD) .....	11
1.4.3. Peroksidaz (POD) .....	11
1.5. Biyostimülant .....	11
1.5.1. Kitosan.....	18

## BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ÖZETLERİ .....	23
--------------------------	----

### **BÖLÜM 3.**

<b>MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>30</b>
3.1. Materyal .....	30
3.1.1. Kullanılan malzemeler.....	30
3.1.2. Mısır tohumunun özellikleri .....	31
3.2. Metot .....	31
3.2.1. Mısır çeşidinin çimlenme testi.....	31
3.2.2. Uygulanacak kitosanın doz belirleme çalışması.....	33
3.2.3. Kuraklık stresi ve tohum kaplama yöntemi ile kitosanın çeşitli parametrelere etkisinin incelenmesi .....	35
3.2.4. Kitosanın kuraklık stresi altındaki mısıra yapraktan püskürtme yöntemi ile uygulanarak enzim aktivitelerinin ölçülmesi.....	38

### **BÖLÜM 4.**

<b>BULGULAR.....</b>	<b>41</b>
4.1. Uygulanacak kitosanın doz belirleme çalışması .....	41
4.1.1. Farklı kitosan dozlarının kökçük üzerindeki etkisi.....	43
4.1.2. Farklı kitosan dozlarının koleoptil üzerindeki etkisi .....	44
4.2.1. Çimlenme oranı (%) .....	45
4.2.2. Kökçük uzunluğu (mm).....	45
4.2.3. Koleoptil uzunluğu (mm) .....	46
4.2.4. Klorofil miktarı ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ) .....	47
4.2.5. Kök kuru ve yaş ağırlıkları (g) .....	48
4.2.6. Enzim Aktiviteleri .....	51
4.2.6.1. CAT aktivitesi (U.mg-1).....	51
4.2.6.2. POD aktivitesi (U.mg-1).....	52
4.2.6.3. SOD aktivitesi .....	53

### **BÖLÜM 5.**

<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>54</b>
5.1. Sonuçlar.....	54
5.1.1. Tohum kaplama yöntemi ile uygulanan kitosanın bazı parametrelere etkisi.....	54
5.1.2. Yapraktan püskürtme yöntemiyle uygulanan kitosanın enzim aktivitelerine etkisi.....	55
5.2. Öneriler.....	55

<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>57</b>
------------------------	-----------

## KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ATP	: Adenozin trifosfat
AMF	: Arbusküler Mikorizal Fungus
CAT	: Katalaz
cm	: Santimetre
CV	: Coefficient of Variation (Varyasyon Katsayısı)
FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
g	: Gram
LSD	: Least Significant Difference (En Az Anlamlı Fark)
m <sup>3</sup>	: Metreküp
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
M.Ö.	: Milattan önce
PGPR	: Plant Growth Promotin Rizobakter
POD	: Peroksidaz
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
SOD	: Süperoksit dismutaz
yy	: Yüzyıl

## SİMGELER

°	: Derece
°C	: Santigrat derece
Al	: Alüminyum
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
Ca	: Kalsiyum
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen peroksit
K	: Potasyum
KOH	: Potasyum hidroksit
N	: Azot
Na	: Sodyum
O <sub>2</sub>	: Oksijen molekülü
P	: Fosfor
S	: Kükürt
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
SiO <sub>2</sub> .nH <sub>2</sub> O	: Amorf silika

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1: Kitinin kristal yapısı. ....	19
Tablo 1.2: Kitosanın kullanım alanları. ....	21
Tablo 4.1: Çimlenme oranı (%). ....	41
Tablo 4.2: Çimlenme süresi (gün). ....	42
Tablo 4.3: Çimlenme indekisi (hızı). ....	42
Tablo 4.4: Kökçük sayısı. ....	42
Tablo 4.5: Kökçük uzunlukları ve kökçük ortalamaları (mm). ....	42
Tablo 4.6: Koleoptil uzunlukları ve koleoptil ortalamaları (mm). ....	43
Tablo 4.7: Farklı kitosan dozlarında ölçülen kökçük uzunluklarının Duncan testi sonuçları. ....	44
Tablo 4.8: Farklı kitosan dozlarında ölçülen koleoptil uzunluklarının Duncan testi sonuçları. ....	45
Tablo 4.9: Çimlenme oranı (%). ....	45
Tablo 4.10: Kökçük uzunluğu (mm) Duncan testi. ....	46
Tablo 4.11: Koleoptil uzunluğu (mm) Duncan testi. ....	46
Tablo 4.12: Klorofil miktarları ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ). ....	47
Tablo 4.13: Kök yaş ağırlığı (g) Duncan testi. ....	48
Tablo 4.14: Kök kuru ağırlığı (g) Duncan testi. ....	49
Tablo 4.15: Kök kuru- yaş ağırlık farkının (g) Duncan testi. ....	49
Tablo 4.16: CAT aktivitesi MSTAT-C varyans analizi. ....	50
Tablo 4.17: POD aktivitesi (U.mg-l) Duncan testi. ....	51
Tablo 4.18: SOD aktivitesi (u.mg-l) Duncan testi. ....	52

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1: Cam petrielerde çimlendirilen mısır tohumları. . . . .	32
Şekil 3.2: Çimlenme testi uygulanan mısır tohumlarının çıkış sonrası görüntüsü. ...	32
Şekil 3.3: Kurutma kağıdındaki mısır tohumlarının muamele sonrası görüntüsü. ....	33
Şekil 3.4: Cam petrilerdeki mısır tohumlarının görüntüsü.....	34
Şekil 3.5: Ekim sırasında cam petrilerdeki mısır tohumlarının görüntüsü. ....	34
Şekil 3.6: Milimetrik cetvelle yapılan ölçümün görüntüsü.....	35
Şekil 3.7: 22x40 cm ölçülerinde fide üretim poşetlerinin hazırlanmış görüntüsü. ....	36
Şekil 3.8: 1:1:1 oranındaki torf, perlit, cocopeat karışımı görüntüsü. . . . .	36
Şekil 3.9: Mısır fidelerinin ilk gerçek yaprak görüntüsü. . . . .	37
Şekil 3.10: FALKER CFL1030 marka klorofilmetre görüntüsü. ....	37
Şekil 3.11: Kitosanın mısır yapraklarına püskürtme yoluyla uygulanma görüntüleri. . . . .	39
Şekil 3.12: Kitosan uygulaması yapılan sera görüntüleri. ....	39
Şekil 4.1: Farklı kitosan dozlarında ölçülen kökçük uzunlukları (mm).....	43
Şekil 4.2: Farklı kitosan dozlarında ölçülen koleoptil uzunlukları (mm). . . . .	44
Şekil 4.3: 0,5 ppm kitosan muamelesi yapılan mısır tohumlarının farklı kuraklık stresi altında ölçülen kökçük uzunlukları (mm). ....	45
Şekil 4.4: 0,5 ppm kitosan muamelesi yapılan mısır tohumlarının farklı kuraklık stresi altında ölçülen koleoptil uzunlukları (mm). ....	46
Şekil 4.5: Klorofil ortalamalarının strese bağlı değişimi ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ). ....	47
Şekil 4.6: Kök yaş ağırlık ortalamalarının strese bağlı değişimi (g).....	48
Şekil 4.7: Kök kuru ağırlık ortalamalarının strese bağlı değişimi. ....	48
Şekil 4.8: Kök kuru- yaş ağırlık farkı ortalamalarının strese bağlı değişimi (g). . ....	49
Şekil 4.9: Kontrol ve kuraklık uygulamalarında CAT aktivitesi (U.mg-1). . . . .	50
Şekil 4.10: Kontrol ve kuraklık uygulamalarında POD aktivitesi (U.mg-1). ....	51
Şekil 4.11: Kontrol ve kuraklık uygulamalarında SOD aktivitesi (U.mg-1). ....	52

# MISIR (*Zea mays*. L.) BİTKİSİNİN ÇİMLENME VE FİDE DÖNEMLERİNDE UYGULANAN KİTOSANIN FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

## ÖZET

Nüfus artışıyla beraber tarımsal ürün yetiştiriciliğinde verim ve kalite artışlarındaki önem daha da artmıştır. Verim ve kaliteyi artırırken ekolojik zararı minimum düzeye indirmek doğal dengenin korunabilmesi açısından önem arz etmektedir. Bütün bunların yanı sıra yakın gelecekte tarımda karşılaşılabilecek beklenen en büyük tehlike kuraklıktır. Tüm dünya gibi ülkemiz de içinde bulunduğu bu tehlikeden zarar görmemek için önlemler almaya başlamıştır. Yapılan çalışmalar doğrultusunda gerek uygulama kolaylığı gerekse düşük maliyetler göz önüne alındığında son yıllarda kullanımı yaygınlaşan biyostimülantların önemi artmaktadır. Doğada en yaygın polisakkaritlerden biri olan kitinin en önemli türevidir olan kitosan da bu biyostimülantların bir çeşidi olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yengeç, ıstakoz gibi kabuklu deniz canlılarından yaygın şekilde elde edilebilen kitosan, tarımsal alan dışında da pek çok alanda kullanılabilir.

Yapılan çalışmada mısır Kale hibrit mısır (*Zea mays* L.) çeşidinde, tohum kaplama yöntemi ile doz belirleme çalışması yapılmıştır. Ayrıca belirlenen doz oranı ile kuraklık stresi altında tohum kaplama yapılan mısırın çimlenme döneminde, kökçük sayısı, kökçük uzunluğu, koleoptil uzunluğu, çimlenme yüzdesi hesaplanmıştır. Başka bir çalışmada ise kuraklık stresi altındaki mısır bitkisinde çiçeklenme gün sayısının %50'sine ulaşıldığında yaprakтан püskürtme yoluyla uygulanan kitosanın bitkide POD, SOD ve CAT enzim aktivitelerini ne şekilde değiştirdiği araştırılmıştır. Yapılan çalışmada 0,5 ppm kitosanın tohum muamele uygulamasında en etkin sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar, kitosanın stresli ve stressiz ortamlarda gerek tohum, gerek yaprak gerekse toprağa uygulanması ile bitki üzerinde iyileştirici etkiye sahip olduğu görüşünü desteklemektedir. Yapılan diğer uygulama ise yine 0,5 ppm'lik kitosan çözeltisinin yaprağa püskürtülmesi olup antioksidan enzim aktivitelerinde (SOD ve POD) iyileştirici etkisi olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kitosan, kuraklık stresi, mısır bitkisi, enzim aktivasyonu, çimlenme, fide dönemi.

## **THE EFFECT OF CHITOSAN ON PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF MAIZE (*Zea mays* L.)**

### **ABSTRACT**

With the increase in population, the importance of yield and quality increases in agricultural product cultivation has increased even more. While increasing yield and quality, it is important to minimize ecological damage in order to preserve the natural balance. In addition to all these, the biggest danger expected to be faced in agriculture in the near future is drought. Like the whole world, our country has started to take precautions in order not to be harmed by this danger. In line with the studies carried out, the importance of biostimulants, which have become widespread in recent years, is increasing, considering both ease of application and low costs. Chitosan, the most important derivative of chitin, one of the most common polysaccharides in nature, appears as a type of these biostimulants. Chitosan, which can be widely obtained from crustaceans such as crab and lobster, can be used in many areas other than agricultural fields.

In this study, a dose determination study was carried out by seed coating method in Kale variety of hybrid maize (*Zea mays* L.). In addition, the number of rootlets, rootlet length, coleoptile length and germination percentage were calculated during the germination period of the seed coated maize under drought stress with the determined dose rate. In another study, it was investigated how chitosan applied by foliar spraying changed POD, SOD and CAT enzyme activities in maize plants under drought stress at 50% of flowering stage. In the study, it was found that 0.5 ppm chitosan gave the most effective results in seed treatment application.

The results obtained support the view that chitosan has a healing effect on the plant by applying it to seeds, leaves and soil in stressful and non-stressful environments. Another application is the spraying of 0.5 ppm chitosan solution on the leaves, and it can be said that it has a healing effect on antioxidant enzyme activities (SOD and POD).

**Keywords:** Chitosan, drought stress, maize plant, enzyme activation, germination, seedling stage.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Dünya üzerindeki nüfusun 7 yıl içinde yaklaşık 8,5 milyara, 2050 yıllarında ise 10 milyara yakın bir sayıya ulaşacağı FAO (Food and Agriculture Organization, Gıda ve Tarım Örgütü) tarafından bildirilmektedir (Url-1). Bu artışla beraber değişen iklim koşulları da göz önüne alındığında artan gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için tarımda özellikle temel gıda hammadde olacak ürünlerin üretiminde verim artışı sağlanması ve verimle birlikte kalitenin de en üst seviyelere çıkarılması azami önem arz etmektedir.

Mısır bitkisi, buğday ve arpadan sonra, dünyada olduğu gibi ülkemizde de üretim alanında oldukça önemli bir pazara sahiptir. Mısır, gerek insan gerekse hayvan beslenmesinde doğrudan kullanılması, endüstriyel alanda etanol üretiminden sanayide hammaddeye, gıda katkı maddesi olarak kullanılmasından, tekstile kadar hemen hemen her sektörde karşımıza çıkması bakımından üretiminde devamlılık gösterecek ürünlerden biridir.

Dünya mısır üretimi başta Amerika ve Çin olmak üzere pek çok ülkede yaygın olarak yapılmaktadır (Ağdacı, 2022). Bu durum Türkiye’de 2020 yılında 6,5 milyon ton iken 2021 yılında rekor bir artışla (%3,8) 6,75 milyon tona ulaşmıştır (Url-2). Artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için birim alandan elde edilen ürün miktarının ve elde edilecek olan ürün kalitesinin en üst seviyeye çıkarılması gerekmektedir. Ürün verim ve kalite parametrelerinin artırılmaya çalışılmasının yanı sıra tüketiciler açısından bir diğer önemli etken de çevrenin ve insan sağlığının korunmasıdır. Buna bağlı olarak da ekolojik ürünlere olan talep giderek artmaktadır. Sürdürülebilir ve ekolojik tarımın teknolojik gelişmelerle desteklenmesinde biyostimülant olarak adlandırılan biyomalzemelerin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Günümüzde tarımsal uygulama ve araştırmadaki sıkıntılardan biri, özellikle kuraklık başta olmak üzere abiyotik stres koşullarıyla, ekonomik ve çevresel olarak

sürdürülebilir bir yaklaşımla nasıl başa çıkılması gerektiği konusudur. Verim ve kaliteyi artırmak için, optimum sulama miktarını tespit etmek ve biyostimülant uygulaması gibi tarım için en yeni araçları kullanmak hayati önem taşımaktadır (Bulgari ve diğ, 2015).

Bu çalışmada amacımız dünyada yaygın olarak yetiştirilen ve uzun vadede yetiştirilmeye devam edecek olan mısır bitkisinin, çimlenme döneminde tohum kaplama, fide döneminde yapraktan püskürtme yoluyla uygulanan kitosanın abiyotik stres faktörlerinden biri olan kuraklık altında, bitkide meydana getirdiği değişiklikleri gözlemlemektir.

## **1.1. Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisi**

### **1.1.1. Mısır bitkisi tarihçesi**

Mısır bitkisinin orijini ile ilgili net bir bilgi olmamakla birlikte, M.Ö. 8000-6000 yılları arasında Meksika'da ortaya çıktığı belirtilmektedir (Göçer, 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan kazılarda ise yaklaşık 5000 yıllık olduğu tahmin edilen mısır kalıntılara rastlanmıştır ve aynı bölgede tekrarlanan kazılarda da toprağın 50 cm derinlerinde mısır bitkisine ait çiçek tozu kalıntıları bulunmuştur. Çiçek tozlarının yaklaşık olarak 7000 yıllık olduğu tahmin edilmektedir (Jugenheimer, 1958; Berger, 1962; Babaoğlu, 2005). Yüzyıllardır yapılan çalışmalarda mısır bitkisinin 8000-10000 yıllık bir geçmişe dayandığı kabul görmektedir (Kün, 1985). Amerika kıtasının keşfiyle birlikte Avrupa topraklarına Kristof Kolomb tarafından getirilen mısır bitkisi ilk olarak İspanya'da yetiştirilmeye başlanmıştır. Yeni Dünya'nın keşfinden sonra oraya yerleşen İspanyollar ve İngiliz sömürgesi altındaki halk tarafından, tarımını Kızılderili yerlilerden öğrenen insanlar mısır tarımının başlangıcında etkin rol oynamışlardır (Jugenheimer, 1958). Mısırın İspanya'ya girmesiyle birlikte akabinde Portekiz, Fransa ve İtalya başta olmak üzere Güneydoğu Avrupa ve Kuzey Afrika'da yetiştiriciliği hızla yayılmıştır. Portekizliler 16. yy başlarında mısırı önce Afrika'ya sonrasında da Hindistan ve Çin'e ulaştırmışlar ve mısır bitkisi Asya'da ana bitki olan koca darının yerini kısa sürede almıştır.

Mısır, tarımsal alanda önemli bir hammadde kaynağı olmakla birlikte bitki gen kaynaklarının çevresel değişimine karşı da oldukça önemli bir bitkidir (Wilkes, 1982).

Geçmiş yıllardan günümüze kadar gelişen, değişen ve genetik adaptasyon kaynağı olarak kullanılan mısır, endemik popülasyonlarda ya da yabancı formdaki bitkilerde genetik kaynak olarak doğrudan ve dolaylı olarak kullanılabilir (Esquinaz Alcazar, 1993).

Mısır bitkisinin tarihi ve kökeni ile ilgili görüş farklılıkları olmakla birlikte, genetikçilerin, biyologların ve arkeologların hala devam etmekte olan çalışmalarında elde ettikleri ortak taksonomik bulguların, mısır ile benzer familyalarda bulunan Teosinte bitkisinin, Meksika'nın endemik bir bitkisi olması dolayısıyla ana vatanının Meksika olduğu kuvvetle kabul gören bir bilgidir (Wilkes, 1966). 1972 yılından itibaren Teosinte ile *Tripsacum* melezlemeleri başarısız sonuçlanmış ve ilerleyen yıllarda tekrarlanan çalışmalar sonucu mısır bitkisinin *Tripsacum* x Teosinte (*Zea diploperennis*) melezi olmadığı; mısırın Teosinte ile seleksiyon sonucu farklı değişimlere uğrayarak köken kaynağı olduğu en yaygın görüş olarak günümüzde kabul görmektedir (Cömertpay, 2000).

Ülkemize mısırın girişi Mısır ve Suriye üzerinden olduğu düşünülmektedir. Ülkemiz mısır bitkisinin ilk kültüre alındığı ülkelerden biri olma özelliği taşımaktadır. Uzun yıllardır kültür bitkisi olan mısırın ülkemiz topraklarında pek çok varyetesi bulunmakta ve çok geniş bir tarımsal alana sahip olduğu bilinmektedir (Kün, 1985).

### **1.1.2. Mısır bitkisinin özellikleri ve tarımı**

Ülkemizde ve dünyada yaygın şekilde yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisi, *Poaceae* (buğdaygiller) familyasına ait tek çenekli (monokotiledon) bir bitkidir. *Poaceae* familyasında çiçeklenme bakımından diğer türlerden farklı olan mısır bitkisinin, çiçekleri monoik yapıda olup, erkek (tepe püskülü) çiçek ve dişi çiçekler (koçan) aynı bitki üzerinde ancak farklı yerlerde bulunmaktadır. Bitki üzerinde erkek çiçekler tepe püskülünde, dişi çiçekler ise sap boğumundan çıkan koçanlar üzerindedir. Mısır bitkisi ( $2n=20$ ) diploid bir bitkidir. Adaptasyon yeteneği oldukça fazla olduğundan dünyanın farklı bölgelerinde yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Yorgancılar ve diğ, 2019). Dünya'da ılıman ve tropik bölgelerde yetiştirilen mısır bitkisi adaptasyonu oldukça yüksek bitki olmakla birlikte, kuzey yarım kürede 58°'den Güney Afrika'da 40°'ye ve deniz

seviyesinden 4000 m yüksekliğe kadar yaygın bir alanda yetiştirilebilmektedir (Albayrak, 2019). Mısır yaklaşık %99 oranında yabancı döllenen bir bitkidir.

Mısır bitkisi sıcak iklim tahıllarındandır. Çimlenme için gerekli sıcaklık 8-10°C olup, optimum çimlenme sıcaklığı 18°C'nin üstünde olması istenmektedir. Mısır için en uygun büyüme sıcaklığı ise 25-30°C arasındadır. 15°C'nin altındaki sıcaklıklar ilk büyümeyi yavaşlatır bu da verim kaybına sebep olur (Sönmez, 2019). Ortalama bitki boyu 50 cm ile 600 cm arasında değişmekle beraber tepe püskülü çıkış süresiyle koçan püskülü çıkış süresi arasında 4-8 günlük farklılıklar olabilmektedir (Berger, 1962). Sıcak iklim tahılı olmasına rağmen aşırı sıcaktan hoşlanmayan mısır, sıcaklığın 35-38°C'nin üzerine çıkması durumunda köklerle aldığı suyu, trasnpirasyonla kaybettiği ile karşılayamaz (Erdal, 2014). Her sıcaklık artışı tepe püskülünün çıkış süresini kısalttığından yüksek sıcaklıkta üreme organları deformasyona uğrayarak döllenmede anormalliklere sebep olmaktadır (Albayrak, 2019).

Toprak seçiciliği fazla olmadığından farklı tip topraklarda mısır başarıyla yetiştirilebilir. Ancak mısır en iyi gelişmeyi ve en yüksek verimi, organik maddece zengin, bitkiye yarayışlı formda bitki besin elementleri içeren ve drenajı iyi, tınlı topraklarda gösterir (Sönmez, 2019).

Mısır tarımı yapılacak alanlarda yıllık yağış miktarının 700-750 mm olması istenmektedir. Ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ve çalışmanın yapıldığı Sakarya ilinde sulama yapılmadan mısır yetiştirilebilmekle birlikte, sulama imkanı olduğunda yüksek verimlere ulaşabilmektedir. Mısır ekimi yapılan diğer bölgelerde ise sulama olmadan mısır yetiştiriciliği yapılamamaktadır. Mısır bir C4 (CO<sub>2</sub>'i önceden biriktirerek fazla fotosentez yapabilen) bitkisidir ve doğru sulama, yeterli güneş ışığı ve yeterli besin maddesi sağlandığında verimi artan bir üründür (Lamm ve diğ, 1993). Mısır bitkisi 1 g kuru madde üretebilmek için ortalama 250-300 ml su tüketmekte, bu açıdan su ihtiyacı fazla olan bir bitki olarak karşımıza çıkmaktadır (Kırtok, 1998).

Agronomik özellikler bakımından farklılıklara sahip olan mısır bitkisi genel olarak birim alandan yüksek verim alınabilen bir bitkidir (Öner, 2011). Yaprak sayılarında da değişiklik gösteren mısır bitkisi 8-48 yaprak oluştururken, bu büyük farklılık çeşitlerin erkenci ya da geçici olmasından kaynaklanmaktadır (Kün, 1985).

## **1.2. Kuraklık**

Küresel iklim değişikliğinin oluşturduğu sonuçlardan biri kuraklıktır. Kuraklık genel olarak, yağışların hesaplanan seviyelerinin aşırı derecede bu optimum düzeyin altına düşmesi sonucu toprak ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Mengü ve diğ, 2011). Kuraklığın meydana gelmesinde yağış miktarıyla birlikte, sıcaklık başta olmak üzere pek çok iklim faktörü de etkilidir (Cebeci ve diğ, 2019). Ülkemizin coğrafi konumu, dört mevsimin aynı anda yaşanması ve değişkenlik gösteren topografik özellikleri sebebiyle bölgelerimizin iklim özelliklerinde farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıklar olası kuraklığın da etkisinde değişkenliğe sebep olmaktadır. Kuraklığın etkisindeki farklılığın bir diğer sebebi de su kaynaklarının bilinçsiz kullanımınıdır. Hem yağış azlığı hem de bilinçsiz kaynak kullanımı sebebiyle kuraklık gün geçtikçe ülkemizde daha da etkin bir şekilde hissedilmeye başlamıştır.

Yapılan araştırmalarla iklim değişikliği ve son dönemdeki yağış rejimlerinin değişmesi nedeniyle su kaynaklarının azalması, kuraklık ve çölleşme ülkemizi olumsuz bir şekilde etkilemekte ve etkilemeye de devam edecektir. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için yılda ortalama kişi başına 1 ton su potansiyeline sahip olması gerekir. Su potansiyeli 1 tondan az olan ülkeler “Su Fakiri” kabul edilmektedir. Kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli 3,7 ton olan ülkemiz, dünya ortalaması olan 7,5 tonun oldukça altında olmasından dolayı su fakiri olmamakla birlikte su kısıtı bulunan ülkeler arasındadır. Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarımız 1,735 tondur (Atalık, 2009).

### **1.2.1. Kuraklık çeşitleri**

#### **1.2.1.1. Meteorolojik kuraklık**

En yaygın kullanılan ve ilk akla gelen kuraklık türüdür. Meteorolojik kuraklık, “Belirlenmiş gün sayısından çok, yağışların ise beklenen miktarın altında olduğu dönem” olarak tanımlanmıştır. Meteorolojik kuraklık tanımları da bölgeseldir. Dünyanın çeşitli ülkelerinde uygulama için geliştirilen bazı meteorolojik kuraklık tanımları şu şekildedir. ABD için, kırk sekiz saatte 2,5 mm’den az yağış alan bölge; İngiltere için, on beş gün boyunca 0,25 mm dahi yağış almayan bölge; Libya için, yıllık yağış miktarının 180 mm’den az olan bölge; Hindistan için, gerçek mevsimsel yağışın,

ortalama sapmanın iki katından daha az olduğu bölge ve Bali için, yağmur yağmadan en az 6 gün geçen bölge olarak belirlenmiştir (Wilhite ve Glantz, 1985).

Kuraklıkla sonuçlanan meteorolojik koşullar dünya çapında oldukça değişken olduğundan, bir bölgeye getirilmiş tanımlamalar, diğer bölgede tanım yapmaya olanak vermez. Kuraklığın özelliklerini belirleyebilmek ve bölgeler arasında karşılaştırma yapabilmek için farklı parametrelerin de dikkate alınması gerekir. Türkiye açısından kuraklığın, yıllık yağış miktarının 400 mm'nin altında olan bölgeler için geçerli olduğu bilinmektedir (Mengü ve diğ, 2011).

#### **1.2.1.2. Tarımsal kuraklık**

Tarımsal kuraklık tanımları, meteorolojik kuraklığın çeşitli özelliklerini tarımsal-kültürel etkilerle ilişkilendirir, örneğin yağış sıkıntısı, normalden sapsmalar veya evapotranspirasyon gibi sayısız meteorolojik faktörlere odaklanır. Bir bitkinin su talebi, mevcut meteorolojik koşullara, bitkinin biyolojik özelliklerine, büyüme aşamasına ve toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerine bağlıdır. Tarımsal kuraklığın opsiyonel bir tanımı, ürün gelişiminin farklı aşamalarında ürünün değişken duyarlılığını hesaba katmak olmalıdır. Örneğin, erken büyüme dönemindeki yetersiz toprak altı nemi eğer üst toprak nemi erken büyüme gereksinimlerini karşılamak için yeterliyse, nihai ürün verimi üzerinde çok az etkiye sahip olacaktır. Bununla birlikte, toprak altı nem eksikliğinin devam etmesi halinde, önemli bir verim kaybı ortaya çıkacaktır. Yapılan bir araştırmada bitki su talebi ile mevcut toprak suyu arasındaki fark olarak kuraklık yoğunluğu araştırılmış ve besin kaynakları ile bu tabakada yer alan mikroorganizmaların kök aktivitesi nedeniyle üstteki 20 cm toprağın bitki büyümesi için kritik olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, bu toprak tabakasının kurumması, verim kaybının erkencil bir göstergesi, yani kuraklık yoğunluğu ölçüsü olmuştur (Wilhite ve Glantz, 1985).

#### **1.2.1.3. Hidrolojik kuraklık**

Hidrolojik kuraklığın tanımı, olayın meteorolojik açıklamasından çok, kuru dönemlerin yüzey veya yer altı hidrolojisi üzerindeki etkileriyle ilgilidir. Örneğin, Linsley ve diğ hidrolojik kuraklığı, akarsu akışlarının belirli bir su yönetim sistemi altında yerleşik

kullanımları sağlamak için yetersiz olduğu bir dönem olarak değerlendirmiştir (Linsey ve diğ, 1975). Hidrolojik kuraklığın sıklığı ve şiddeti genellikle nehir havzaları üzerindeki etkisine göre tanımlanır. Hidrolojik kuraklıklar genellikle hem meteorolojik hem de tarımsal kuraklık nedeniyle birlikte değerlendirilmelidir.

#### **1.2.1.4. Sosyo-ekonomik kuraklık**

Kuraklığın sosyo-ekonomik etkilerinin özelliklerini ifade eden tanımlar, meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığın özelliklerini de içermektedir. Genellikle ekonomik açıdan önemli olan tarımsal ürünlerin arz ve talebiyle ilişkilendirilmiştir. Arz ile talebin zaman ve mekân süreçlerinin, kuraklığın objektif bir tanımı için dikkate alınması gereken iki temel süreç olduğu öne sürülmüştür. Tarımsal faaliyet (talep) ve doğal olaylar (arz) arasında su ile sonuçlanan bir etkileşim olduğu savunulmaktadır. Bir bölgenin ekonomik kalkınmasında, insan normalde mevcut olandan daha fazla su talebi yaratırsa kuraklıkların ortaya çıkabileceği belirtilmektedir (Wilhite ve Glantz, 1985).

Temel veya uygulamalı yönleriyle kuraklık toleransına olan ilgi son zamanlarda artmaktadır. Tarımda iklim değişikliği ve su kıtlığı ile ilgili endişeler, bu araştırma alanını genişletmenin önemli nedenlerindedir (Blum, 2011). Tarım için su kaynakları azalırken gıda için artan küresel talep, kurak alan verimliliğinin artması gerektiğini göstermektedir. Abiyotik stresler, özellikle kuraklık, mahsullerin potansiyel üretkenliğini güçlü bir şekilde etkiledikleri ve dünya çapında büyük verim kayıplarından sorumlu oldukları için küresel ölçekte tarımın temel zorluklarından biridir (Alvarez-Iglesias ve diğ, 2017).

### **1.3. Bitkilerde Stres**

Stres, dengeyi bozma eğilimindeki faktörlerin neden olduğu fizyolojik değişimlerdir. Günlük ve mevsimsel döngülerde, normal bir metabolizmanın gösterdiği değişkenlik, öngörülebilir çevresel değişimlere karşı tepki vermesine olanak sağlar. Dolayısıyla her faktörün optimumundan sarkması mutlak stresle sonuçlanmaz. Metabolizmanın normal işleyişine karşı oluşan bir kısıtlama, stres veya anormal değişimler, bitkide hastalık, hasar veya anormal fizyolojik değişimlere sebep olur. Bitkiler büyüme ve gelişme evreleri boyunca sıklıkla kuraklık, düşük sıcaklık, don, tuzluluk, oksidatif stres ve ağır

metal toksisitesi gibi birçok strese maruz kalırlar (Jaleel ve diğ, 2009). Stresin şiddeti, süresi ve bitkinin strese maruz kalma süresi ile strese karşı dayanıklılık bitkilerin genotiplerine göre değişkenlik göstermektedir. Stres faktörlerinin bitkilerdeki verim ve kaliteye verdiği zarar %90'a ulaşır bitkinin ölümüyle sonuçlanmasına neden olabilmektedir.

Stres faktörleri genel olarak, biyotik ve abiyotik olmak üzere 2 ana başlık altında toplanır. Biyotik stres faktörleri; fungus, bakteri, virüs gibi canlı mikroorganizmaların bitkide meydana getirdiği hastalık, zarar ve hasar şeklinde tanımlanmaktadır. Abiyotik stres faktörleri ise; su, yüksek ve düşük sıcaklık, tuzluluk, ağır metaller ve radyasyon gibi çevresel faktörlerin bitkide meydana getirdiği etkiler şeklinde özetlenmektedir.

### **1.3.1. Kuraklık stresi**

Ülkemizi de kapsayan oldukça geniş bir alanda yüksek sıcaklık ve azalan yağış miktarıyla orantılı şekilde artan bir kuraklık etkisi mevcuttur. Bu nedenle sulamaya gerek kalmaksızın kuru tarıma elverişli pek çok zirai ürün son yıllarda artan kuraklık etkisini azaltmak amacıyla sulanmak durumunda kalmaktadır. Su kaynaklarının sınırlı olması ve kuraklık sebebiyle azalan yağışların yer altı kaynaklarını yeterince besleyememesinden dolayı tarımda kuraklığa karşı önlem alma zorunluluğu doğmuştur (Öztürk, 2015).

Kuraklık stresi bitkilerin verim ve kalite potansiyellerini tam manasıyla kullanamamalarına neden olmaktadır. Kuraklık stresinden dolayı bitkide pek çok fizyolojik, morfolojik, biyokimyasal hatta moleküler düzeyde değişimler meydana gelmektedir (Albayrak, 2019). Temel olarak, bitkinin su ihtiyacını karşılayamaması durumunda, fotosentez hızı, stoma iletkenliği, büyüme ve gelişme parametrelerinin azalması şeklinde etkiler görülmektedir. Yani bitkinin yaprak yüzeylerinde terleme yoluyla meydana gelen su kaybının, bitki tarafından alınan su miktarından fazla olması sonucu kuraklık stresi etkisi gözlenmeye başlamaktadır (Anjum ve diğ, 2011). Bitkiler kuraklık stresi etkileri karşısında büyüme ve gelişmelerini ayarlayabilme özelliğine sahip olmakla birlikte, bu yetenek stres derecesine, strese maruz kalma süresine, bitkinin yaşına, türüne ve genotipine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Demirevska ve diğ, 2009).

Bitkilerde kuraklık stresi, hücrede su kaybına neden olduğundan turgor azalır ve hücre zarı yapısındaki bozulma nedeniyle sinyal iletimini engelleyerek stomaların kapanmasına neden olur (Demir, 2023). Kuraklık stresine maruz kalan bitki, turgorunu koruyabilmek adına hücrelerinde glikoz, sakkaroz gibi çözünebilir şekerler, malat, potasyum, şeker alkolleri, asparajin, prolin, glisin ve bazı organik asitler biriktirmeye başlar (Çırak ve Esendal, 2006; Öztürk, 2015; Erdal, 2016). Bitkiler bu osmotik dengeyi korumak zorundadırlar. Çünkü yaprak ve su arasındaki basıncın dengesini bu metabolik faaliyet yardımıyla koruyabilmektedirler (Kutlu, 2010). Kuraklık stresi altındayken bu dengeyi belirli bir süre daha koruyabilmek için stoma hareketleri hızlanır ancak stresinin devam etmesi halinde bitkinin biriktirdiği osmolitler bu stoma hareketlerinin devam edebilmesinde yetersiz kalmaya başlamaktadır (Öztürk, 2015). Kuraklığın uzun süreli devam etmesi halinde de bitki stomalarını kapatarak su kaybını en aza indirmeye çalışmaktadır. Stomalar genel olarak bitkinin yeşil aksamında bulunan, bitkide yaprak ve gövde epidermisinde, çevreyle gaz alışverişini sağlamak için fotosentezde gerekli CO<sub>2</sub>'i dışarıdan alıp, O<sub>2</sub>'i dışarıya vermekle görevli yapılardır (Çeçen, 2004). Kültür bitkilerinin bitki-su dengesini koruyarak stoma sayılarının ve kalitesinin artırılmasının, kuraklık stresine karşı artırılan direnç ile sağlanabilmesinin mümkün olduğu bilinmektedir (Gökbayrak ve diğ., 2008).

Kuraklık stresi altındaki bitkilerde meydana gelen diğer bir değişim ise bitkinin transpirasyonla yapraktan kaybettiği suyu köklerde oluşturduğu bazı değişimlerle topraktan daha yüksek kuvvetle suyu absorbe etmesi ile gerçekleşmektedir. Kuraklık stresiyile birlikte önce kök gelişimi hızlanır ve azalan fotosentezle birlikte elde edilen ürünlerin büyük bir kısmı köke taşınmaya başlar. Bu taşınma ile köklerdeki osmotik basınç artarak suyu absorbe etme kuvveti artırılmaya çalışılır (Çırak ve Esendal, 2006).

Kuraklık stresi gelecek yıllarda şiddetini artırarak bitkileri olumsuz etkilemeye devam edeceğine dair pek çok bildiri bulunmaktadır. Kuraklık stresinin bitkide meydana getirdiği olumsuz etkileri azaltmaya yönelik bilimsel çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir.

#### **1.4. Bitkilerde Antioksidan Enzim Aktiviteleri**

Bitkiler herhangi bir stres etmeniyle karşılaştıkları zaman genel olarak reaktif oksijen üretimini, büyümeyi ve fotosentezi azaltma eğilimine girmektedirler (Özcan ve diğ., 2001). Fizyolojik aktifliklerinde aksamaya neden olan stres faktörleri bitkinin biyolojik kapasitesini azaltmakta, fiziksel ve kimyasal aktivitesini bozmakta hatta bitkinin ölümüne yol açabilmektedir (Lichtenhaler, 1996). Bitkilerde gerçekleşen fizyolojik süreçler; enzim ve hormon gibi ajanlar tarafından yönlendirilen fiziksel ve kimyasal reaksiyonların kombinasyonlarını kapsayan dengesiz bir döngü ile açıklanmaktadır. Çeşitli stres faktörleri tarafından bozulan redoks denge, bitki hücrelerinde çok sayıda savunma mekanizmasını harekete geçirmektedir (Kara, 2008). Stres koşullarında bitki yaşamsal faaliyetlerine devam edebilmesi için bazı antioksidanlara sahiptir.

Bu çalışmada enzimatik antioksidanlardan olan katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidazın (POD), kuraklık koşullarında bitkinin oksidasyonuna karşı olan değişimine değinilmektedir.

##### **1.4.1. Katalaz (CAT)**

Katalaz, diğeri antioksidan enzimler arasında keşfedilen ve çözümlenebilen ilk enzim olma özelliğini taşımaktadır. Pek çok hayvan, mantar ve aerob canlıların yapılarında bulunmakta olan katalaz, yüksek molekül ağırlığına sahiptir. Ayrıca bitkilerin sitosol, kloroplast ve mitokondrilerinde bulunabilmektedir (Karaca, 2020).

Katalaz, pek çok stres faktörü gibi kuraklık stresine karşı bitkinin geliştirdiği savunma mekanizmalarından biridir. Bitki strese maruz kaldığında hücrelerinde hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) birikimi başlamaktadır (Yavuz, 2022) Farklı konsantrasyonlarda biriken  $H_2O_2$ , yüksek konsantrasyonda bitki hücrelerine zarar verir, protein ve lipit oksidasyonuna sebep olur. Bu nedenle birikim başladığında hücreden  $H_2O_2$ 'in uzaklaştırılması bitkinin hasar almaması yönünden çok önemlidir. Bu işlem de katalaz tarafından yürütülmektedir (Büyük ve diğ., 2012). Katalaz  $H_2O_2$ 'in su ve moleküler oksijene ( $O_2$ ) dönüşmesinde aktif rol oynayan katalizördür (Pektaş, 2009).

### **1.4.2. Süperoksit dismutaz (SOD)**

Süperoksit dismutaz (SOD), moleküler  $O_2$ 'i  $H_2O_2$ 'e çevirmede görevli katalizör olup, stres koşullarında bitkinin hayatta kalabilmesi için oldukça önemli bir enzimdir. Reaksiyon sonucu ortaya çıkan  $H_2O_2$ 'in hücrede herhangi bir zarar vermemesi adına ortamdan uzaklaştırılması gerekir. Strese bağlı ortaya çıkan reaktif oksijen türleri (ROS), SOD'ın ortamdaki  $O_2^-$ 'den elektron alması sonucu ortamdan uzaklaştırılmaktadır. SOD'ın katalizör olarak görev aldığı bu reaksiyona dismutasyon tepkimesi denmektedir (Kireççi, 2018).

### **1.4.3. Peroksidaz (POD)**

Peroksidaz, stres koşullarında  $H_2O_2$ 'i kullanır yani peroksitler gibi serbest radikallerin ortamdan uzaklaştırılmasında ve substratlarda oksidasyonu katalizleme görevindedir. Bitkilerin hücre duvarlarında, membranlarda, köklerde, yapraklarda ve bunun gibi pek çok kısımda bulunmaktadır (Denli, 2013). POD'ın bu çalışmada kuraklık stresi altında yapraklardaki etkinliği araştırılmaktadır.

## **1.5. Biyostimülant**

Günümüz tarımsal üretiminde, verim ve kaliteyi, biyotik ve abiyotik stres etmenleri, girdi maliyetleri, iklim faktörleri olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarının artması, hastalık ve zararlı etmenlerinin adaptasyonu, bilinçsiz gübreleme ve olması gerekenden fazla pestisit kullanımı ürün yetiştirmeyi güçleştirmeye başlamıştır. Son yıllarda artan küresel nüfusun beslenmesi amacıyla yetiştirilen ürünlerde verim ve kaliteyi artırmak ancak ekosistemdeki canlılığın da devamlılığını sağlayabilmek adına çeşitli teknolojilerden faydalanılarak mümkün olabilmektedir. Bu teknolojilerden biri olan, bitkilerin beslenmesini, gelişimini, strese karşı gösterdikleri dayanıklılığı açısından ciddi önem arz eden, ürünlerin verim ve kalitesini olumlu olarak etkileyen ve içeriğinde organik ya da inorganik bileşiklerle mikroorganizmaları da bulundurabilen, bir kısmının toprak yapısında düzenleyici etkisinin de bulunduğu bilinen materyaller olarak adlandırılan biyostimülantlar; son yıllarda artarak kullanılmaya devam etmektedir (Url-3). Biyostimülantlar, içeriğinde iyileştirici etkiye sahip madde ve mikroorganizmaları barındırmasından dolayı tarımsal

girdilerin çeşitliliğinin artırılmasında giderek gelişme gösteren bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

Biyostimülantlar, tarımda hastalık ve zararlılara karşı doğrudan bir etki mekanizmasına sahip değildir. Bununla birlikte toprağın bazı fizikokimyasal özelliklerini güçlendirmesi ve toprak mikroorganizmalarının gelişimini desteklemesi yönünden doğrudan pestisit ya da gübre sınıflarına dahil edilmeyen maddelerdir (Michalak ve diğ., 2021). Tüm bunlardan yola çıkarak biyostimülantları, bitki büyüme ve gelişmesini iyileştirmeye, biyotik ve abiyotik stres toleransına, verim ve kalite ile ilgili etkilere yoğunlaşan maddeler olarak tanımlamak mümkündür. Ayrıca biyostimülantlar, toprağın belirli fizikokimyasal özelliklerinin güçlendirilmesi ve tamamlayıcı toprak mikroorganizmalarının gelişiminin desteklenmesi yönünden de oldukça etkilidir. Son olarak biyostimülantlar, ürünlerdeki besin maddelerinin varlığından bağımsız olarak, bitki büyümesi üzerindeki etkinin doğrudan gübreleme yoluyla olmaması koşuluyla, bazı besinleri içeren ürünleri bünyesinde barındırır (Calvo ve diğ., 2013). Toprakta farklı yollarla bitkiler tarafından alınması mümkün olmayan besin maddelerinin, örneğin fosforun bitkiye yararlı formlara dönüşmesini sağlar (Url-3).

Biyostimülantlar, 1997 yılında Zang ve diğerleri tarafından “küçük miktarlarda bitki büyümesini destekleyici materyaller” olarak tanımlanmış ancak ilerleyen yıllarda “küçük miktarlar” ifadesini düzenleyerek biyostimülantları, bitki büyümesini destekleyen, daha büyük miktarlarda da uygulanabilen besin maddeleri ve toprak düzenleyicilerden ayrı değerlendirmek gerektiği görüşünü savunmuşlardır (Goosen, 1997). Bunun üzerine çalışmalar genişletilerek yaklaşık 250 makaleden ortak bir tanım elde edilmiştir. Bu tanıma göre; “Bitki biyostimülantları, besin maddeleri ve pestisitler hariç, belirli formülasyonlarda, bitki, tohum veya yetiştirme ortamına uygulandığında, bitkilerin büyüme, gelişme gibi fizyolojik süreçlerini ve/veya biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı fayda sağlayabilecek şekilde değiştirme kapasitesine sahip heterojen materyallerdir” şeklinde bir düzenleme getirilmiştir (Vernieri, 2006). Yine 2015 yılında Jardin tarafından yürütülen çalışmada biyostimülant kategorisine ait 8 başlık önerilmiştir. Bunlar, hümitik maddeler, kompleks organik maddeler (tarımsal-endüstriyel ve kentsel atık ürünlerden, arıtma çamuru özütlerinden, kompostlardan ve gübreden elde edilen), faydalı kimyasal elementler (Al, Co, Na, Se ve Si), fosfit dahil inorganik tuzlar, deniz yosunu özleri (kahverengi, kırmızı ve yeşil makroalgler), kitin ve kitosan

türevleri, antitranspirantlar (kaolin ve poliakrilamid) ve serbest amino asitler ve N içeren maddeler (peptidler, poliaminler ve betainler) şeklinde kategorize edilmiştir. Paralel yürütülen çalışmalar 2015 yılında Colla ve Rouphael tarafından yeni bir tanım önerilmiştir. Bu tanıma göre, “bitki biyostimülantı, besin içeriğine bakılmaksızın, beslenme verimliliğini, abiyotik stres toleransını ve/veya ürün kalite özelliklerini geliştirmek amacıyla bitkilere uygulanan herhangi bir madde veya mikroorganizmadır” şeklinde kabul görmüştür. Bu haliyle biyostimülantlar aynı zamanda bu tür maddeleri ve/veya mikroorganizmaları içeren ticari ürünleri de kapsar hale gelmiştir (Beaudreau, 2013). Son on yılda da titizlikle devam eden çalışmalar sonucunda 2019 yılı AB yönetmeliğinde şu şekilde tanımlanmıştır: Sadece bitki veya bitki yapılarının bazı özelliklerden bir veya birkaçını iyileştirmek amacıyla ürünün besinsel içeriğinden ayrı tutularak, beslenme süreçlerini teşvik etmek adına kullanılan bir Avrupa Birliği (AB) gübreleme ürünüdür. Bu özellikler şunlardır:

- Bitki besin elementi kullanımı,
- Abiyotik strese tolerans,
- Kalite özellikleri,
- Toprakta ve rizosferde kısıtlı bulunan elementlerin varlığı (Rouphael ve Colla, 2020).

Uzun yıllardır üzerinde çalışılan biyostimülantlar farklı şekillerde kategorize edilebilmektedir.

Toprakta organik maddenin doğal bileşenlerinden biri olan hümik maddeler; bitki, hayvan ve mikrobiyal kalıntıların ayrışmaları sonucunda ortaya çıkmakta, aynı zamanda açığa çıkan substratları kullanan mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri sonucunda da oluşmaktadır. Hümik maddeler, molekül ağırlıklarına ve çözünürlüklerine göre, hüminler, hümik asitler ve fulvik asitler olarak kategorize edilen heterojen bileşiklerdir. Hümik maddeler etki mekanizmaları bakımından; hümik maddenin kaynağına, çevresel koşullara, alınan bitkiye, hümik maddenin dozu ve şekline göre farklılıklar göstermektedir (Yavuz, 2022). Hümik maddeler, doğal yollarla oluşmuş organik maddelerden, kompostlardan veya mineral birikintilerden (örneğin leonardit) elde edilebilmektedir. Ayrıca kimyasal süreçlerle kontrollü parçalanmaya ve oksidasyona

elverişli olduklarından hümik maddeler kolaylıkla hümik asit, hümin ve fulvik asitlere dönüştürülebilmektedirler. Hümik maddeler tarımda uzun yıllardır toprağın fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirme üzerindeki etkilerinden dolayı toprak verimliliğine katkı sağlaması açısından yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat bu maddelerin biyostimülantlar kategorisinde değerlendirilmesi, bitkide farklı mekanizmalarla kök beslenmesinin iyileştirilmesi ile ilgilidir. Bunlardan biri, polianyonik hümik madde içeren toprağın katyon değişim kapasitesinin artması ile birlikte, kalsiyum fosfat çökelmesine etki etmesi sonucu makro ve mikro besin elementlerinin alımının artarak özellikle topraktaki fosfor içeriğinin yükselmesini sağlamasıdır. Hümik maddelerin kök beslenmesiyle ilgili diğer etkisi de, ATP hidrolizi ile açığa çıkan serbest enerjinin nitrat ve diğer besin maddelerinin alımını kolaylaştırmak için elektrokimyasal potansiyele dönüştüren plazma membranını uyarılmasından kaynaklanmaktadır (Jardin, 2015). Plazma membranının uyarılması aynı zamanda bitkinin hücre duvarının gevşemesine, hücrenin genişlemesine böylece bitki organlarının büyümesine de katkı sağlamaktadır. Hümik maddeler, biyotik ve abiyotik stres koşullarında da olumlu etkiler göstermektedir. Örneğin fenolik bileşiklerin üretiminde merkezi bir rol oynayan fenilpropanoid mekanizmasında enzim aktivitelerini artıran hümik maddeler pek çok açıdan bitkiye yararlı biyostimülantlardan biridir (Rose ve diğ, 2014).

Biyostimülantların içerisine dahil edilen bazı protein hidrolizatları ve azot içeren bileşiklerden, aminoasitler ve peptit karışımları hem bitkisel kalıntılardan hem de kolajen, epitel dokular gibi hayvansal atıklardan enzimatik hidroliz yoluyla elde edilmektedir. Diğer azotlu moleküller arasında betainler, poliaminler ve yüksek bitkilerde çeşitlilik gösteren ancak fizyolojik ve ekolojik rolleri bakımından zayıf karakterize edilen “protein olmayan amino asitler” bulunmaktadır (Vranova ve diğ, 2011). Glisin betain, iyi bilinen anti-stres özelliklerine sahip özel bir amino asit türevidir (Chen ve Murata, 2011). Protein hidrolizatları ve azot içeren diğer bileşiklerin bitki büyümesinde biyostimülant olarak değerlendirilmesini sağlayan pek çok rolü bilinmektedir. Bitkiler üzerindeki doğrudan etkileri arasında, N asimilasyonunda yer alan enzimlerin ve bunların yapısal genlerinin düzenlenmesi ve köklerde N kazanımının sinyalizasyon yolu üzerinde etkili olarak N alımının ve asimilasyonunun modülasyonu yer almaktadır (Halpern ve diğ, 2015). Bazı amino asitler (prolin gibi) için bitkileri ağır metallere karşı koruyabilen ancak aynı zamanda mikro besinlerin hareketliliğine ve

kazanımına katkıda bulunan şelatlama etkileri rapor edilmektedir. Antioksidan aktivite, glisin betain ve prolin de dahil olmak üzere bazı nitrojen bileşikler tarafından serbest radikallerin temizlenmesi ile sağlanmaktadır bu da çevresel stresin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Bitki beslenmesi ve büyümesi üzerindeki dolaylı etkiler, protein hidrolizatları bitkilere ve topraklara uygulandığında tarımsal uygulamada da önemlidir. Protein hidrolizatlarının mikrobiyal biyokütle ve aktiviteyi, toprak solunumunu ve genel olarak toprak verimliliğini artırdığı bilinmektedir. Belirli amino asitlerin ve peptitlerin şelatlama ve kompleks oluşturma faaliyetlerinin, besin maddelerinin kullanılabilirliğine ve kökler tarafından alınmasına katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bitkisel ve hayvansal protein hidrolizatları bahçe ve tarla bitkilerinde birçok verim ve kalite parametreleri üzerinde önemli gelişmeler göstermektedir. Hayvansal kaynaklı hidrolize proteinlerin güvenliği yakın zamanda değerlendirilmiş ve test organizması olarak maya ve bitkilerin kullanıldığı biyoanalizler, temelinde herhangi bir genotoksisite, ekotoksisite veya fitotoksisite rapor edilmemiştir (Corte ve diğ, 2014). Bununla birlikte, hayvansal yan ürünlerden elde edilen protein hidrolizatlarının gıda zincirinde kullanılmasına ilişkin artan bir güvenlik endişesi bulunmaktadır. AB (Avrupa Birliği), organik üretim, etiketleme ve kontrol ile ilgili 354/2014 sayılı Komisyon Uygulama Yönetmeliği aracılığıyla bu tür hayvansal protein hidrolizatlarının organik ürünlerin yenilebilir kısımlarına uygulanmasını yasaklamıştır (Jardin, 2015).

Deniz yosunlarının organik madde kaynağı olarak gübrelemede kullanılması çok eskilere dayanmaktadır, ancak biyostimülant olarak etkileri son yıllarda kanıtlanmıştır. Alg türlerinin çoğu *Ascophyllum*, *Fucus*, *Laminaria* gibi ana cinslerin bulunduğu kahverengi alg filumuna aittir, ancak karragenanlar farklı bir filogenetik çizgiye karşılık gelen kırmızı deniz yosunlarından kaynaklanmaktadır (Muhie ve diğ, 2021). Bitki büyüme biyostimulantı olarak kullanılan 20'den fazla deniz yosunu ürünü bilinmektedir. Deniz yosunları hem toprak hem de bitkilerde oldukça etkili olup, topraksız tarımda da yaygın şekilde kullanılabilir (Jardin, 2015). Toprakta, polisakkaritlerden jel oluşumuna, su tutmaya ve toprağın havalanmasına katkıda bulunmaktadır. Polianyonik bileşikler, ağır metallerin fiksasyonu ve toprak iyileştirmesi için katyonların fiksasyonuna ve değişimine katkıda bulunmaktadır. Bitkilerde, mikro ve makro besinlerin elementlerinin bitki tarafından alımıyla beslenmedeki etkileri, diğer rollerinin yanı sıra gübre olarak hareket ettiklerini göstermektedir. Tohum çimlenmesi, filizlenme,

büyüme ve gelişme üzerindeki etkiler, bitkiler üzerindeki biyostimülasyon aktivitesinin ana nedenleri olarak görülen hormonal etkilerle ilişkilidir. Sitokininler, oksinler, absisik asit, gibberellinler, steroller ve poliaminler gibi diğer hormon benzeri bileşik sınıfları, deniz yosunu özütlerinde biyolojik testler ve immünolojik araçlarla tanımlanmaktadır (Craigie, 2011). Kahverengi deniz yosunu *Ascophyllum nodosum* özütlerinin hormonal etkilerinin büyük ölçüde bitki dokularındaki hormon biyosentetik genlerinin aşağı ve yukarı regülasyonu ve deniz yosunu özütlerinin hormonal içerikleri ile açıklandığına dair kanıtlar bulunmaktadır (Wally ve diğ, 2013). Deniz yosunu özütlerinin içerisinde bulunan koruyucu bileşikler ve strese duyarlı endojen genlerin düzenleyici etkileri bu açıdan strese karşı da oldukça etkili olduklarını kanıtlamaktadır (Calvo ve diğ, 2013). Son olarak ekosistemdeki bitki etkileşimlerine, allelokimyasal olarak adlandırılan, bitkide aktif halde bulunan bazı bileşiklerin aracılık etmekte sürdürülebilir tarımda ilgi görmeye devam ettiği bilinmektedir (Ertani ve diğ, 2013).

Bitki büyümesini destekleyen ve belirli taksonlar için gerekli olabilen ancak tüm bitkiler için gerekli olmayan kimyasal elementler faydalı elementler olarak adlandırılmaktadır (Pilon-Smits ve diğ, 2009). Beş ana faydalı element; Al, Co, Na, Se ve Si olup, toprakta ve bitkilerde farklı inorganik tuzlar halinde ve *Graminacea* türlerinde amorf silika ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) gibi çözünmeyen formlar halinde bulunmaktadır. Bu faydalı işlevler, silika birikintileri ile hücre duvarlarının güçlendirilmesi gibi yapısal olabilmekte veya selenyum için patojen saldırısı ve sodyum için ozmotik stres gibi tanımlanmış çevresel koşullarda ifade edilebilmektedir. Bu nedenle faydalı elementlerin tanımı kimyasal doğalarıyla sınırlı olmayıp, bitki büyümesi ve stres tepkisi üzerindeki olumlu etkilerin gözlemlenebileceği gerçeğini göstermektedir. Deniz yosunları, bitki artıkları veya hayvan atıklarının özütleri gibi bazı karmaşık biyostimülantların biyoaktivitesinin, içerdiği faydalı elementlerin fizyolojik işlevlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Jardin, 2015). Faydalı elementlerin bitki büyümesini, bitki ürünlerinin kalitesini ve abiyotik strese karşı toleransı artıran birçok etkisi bilimsel literatür tarafından rapor edilmektedir. Bu etkiler arasında hücre duvarı sertleşmesi, osmoregülasyon, kristal birikintileri ile transpirasyonun azaltılması, radyasyon yansımaları yoluyla termal düzenleme, ko-faktörler tarafından enzim aktivitesi, alım ve hareketlilik sırasında diğer elementlerle etkileşimler yoluyla bitki beslenmesi, antioksidan koruma, simbiyotik canlılarla etkileşimler, patojen ve herbivor saldırısı, ağır metal toksisitesine karşı

koruma, bitki hormon sentezi ve sinyalizasyon yer almaktadır (Pilon-Smits ve diğ, 2009). Ayrıca fungusit olarak faydalı elementlerin inorganik tuzlarından faydalanılmaktadır. Bitki büyümesinin biyo-uyarıcı işlevi, beslenme verimliliği ve abiyotik stres toleransı üzerinde gösterdikleri etki dolayısıyla da biyostimülantlar sınıfında değerlendirilmektedirler (Jardin, 2015).

Faydalı mikroorganizmalar arasında, Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF)'in bitki büyümesi ve sağlığı üzerindeki olumlu etkileri uzun zamandır bilinmektedir. Arbüsküler Mikorizal Funguslar, tahıllar, baklagiller, patatesler, meyve ağaçları, sebzeler ve tıbbi aromatik bitkiler gibi en önemli gıda bitkileri de dahil olmak üzere, bitkilerin çoğunluğunun kökleriyle karşılıklı ortak yaşamlar kuran zorunlu biyotroflardır. Konak bitkilerden karbon elde ederler ve karşılığında, kolonize köklerden çevreye yayılan geniş bir ağ ile topraktan fosfor (P), azot (N), kükürt (S), potasyum (K), kalsiyum (Ca), bakır (Cu) ve çinko (Zn) mineral besin maddelerinin alımını ve transferini kolaylaştırırlar. Arbüsküler Mikorizal Funguslar, mineral beslenmesini geliştirmenin ötesinde, biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki toleransını artırır ve biyokimyasal döngülerin tamamlanmasından biyolojik toprak verimliliğinin korunmasına kadar doğal ve tarımsal ortamlarda birden fazla ekosistem hizmeti sağlar (Turrini ve diğ, 2018). Bu tür çok işlevli rollere ek olarak, AMF bitki ikincil metabolizmasında değişikliklere neden olur, polifenoller ve karotenoidler gibi fitokimyasal bileşiklerin biosentezini uyarmaktadır (Sbrana ve diğ, 2014). Tarımsal yan ürünlerden türetilen biyostimülant örnekleri incelenmiş ve verimli biyostimülantlar geliştirmek için potansiyel yan ürünleri seçmek amacıyla bazı kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler; pestisitlerin ve ağır metallerin yokluğu, düşük maliyetle toplama ve depolama ve tüm yıl boyunca yeterli bulunabilirliktir. Solucan humusu, kompostlanmış kentsel atık, kanalizasyon çamuru, pH ve kitin-kitosan türevleri dahil olmak üzere tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerden türetilen çeşitli biyostimülant örnekleri ayrıntılı olarak araştırılmaktadır (Jardin, 2015).

Bitki büyümesini teşvik eden rizobakterler (PGPR), gelişmiş biyolojik azot fiksasyonu, bitki hormonlarının sentezi, özellikle fosfor ve potasyumun toprakta çözünmesi yoluyla bitki büyümesini teşvik ettiği iyi bilinen mikroorganizma grubudur (Olivares ve diğ, 2015). Yapılan çalışmalarda bitki büyümesini teşvik edebilen, rizosfer alanını iyileştirebilen ve farklı hareketsiz fosfor kaynaklarını çözebilen böylelikle bitki

tarafından alınabilir fosfor formunun elde edilebildiği birkaç bakteriyel izolat tanımlanmaktadır (Granada ve diğ., 2018). Mikroorganizmalar, fosforu aktif hale getirebilecek olan yapısındaki protonların, organik asitlerin ve ligandların üretimi yoluyla inorganik fosforun mevcudiyetini artırmakta ve aynı zamanda fitaz üretimi ile fitatı harekete geçirmektedir (Hinsinger ve diğ., 2011). Bununla birlikte, sera ve/veya tarla koşullarında, çalışmaların çoğu farklı P-gübreleme seviyelerini, toprakta fosfat çözünürlüğünü ve bitkiler tarafından P alımını değerlendirmemektedir. Yine çalışmaların çoğu, sadece bitki agronomik parametrelerini ve N gübrelemeli veya N gübrelemesiz koşullarda bitki N içeriğini dikkate alarak yürütülmektedir (Jorquera ve diğ., 2008). Bu da biyostimülantların toprakta bitkiye yarayışlı formdaki besin elementlerinin alımını kolaylaştırdığını göstermektedir.

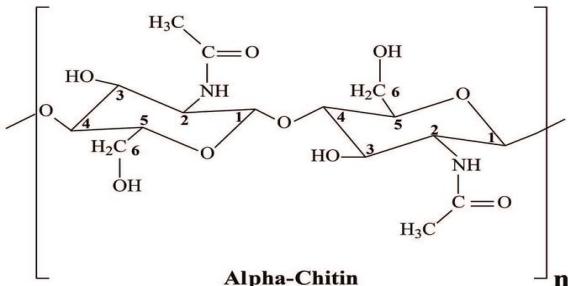
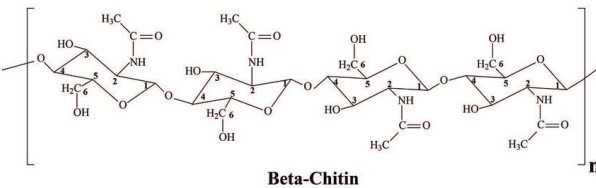
Dünyadaki iklim değişiklikleri sebebiyle yakın gelecekte karşılaşılabilecek olan kuraklık stresinin üstesinden gelmek için, mikrobiyal olmayan ve mikrobiyal biyostimülantların uygulanması, daha yüksek verim ve kalite elde edilmesine yönelik en umut verici ve etkili yöntem olarak önerilmektedir. Biyostimülantların son kategorisi olan kitosan daha detaylı araştırılmış ve ayrı bir başlıkta incelenmiştir.

### **1.5.1. Kitosan**

Biyostimülantlar farklı kaynaklarda değişkenlik gösteren çeşitliliğe sahip olmakla birlikte bu çalışmada dünyada selülozdan sonra biyopolimer olarak en fazla karşılaşılan kitin maddesinin deasetilasyonu yoluyla elde edilebilen kitosan polisakkaritinden faydalanılmaktadır. Kitin, tamamen doğal ve toksik etkisi bulunmayan bir biyopolimer olma özelliğini taşımaktadır. Kitin kaynağının yengeç, karides ve ıstakoz gibi kabuklu deniz canlılarının dış iskeletleri, algler, bazı protozoa (tek hücreliler), halkalı ve yuvarlak solucanlar, eklembacaklılar, su yosunları ile bazı mantar türlerinin hücre duvarlarının temel bileşenleri olduğu bilinmektedir. İlk olarak 1811 yılında Frechman Braconnot tarafından hakkında bilgi verilen bir biyopolimerdir (Domard ve Domard, 2002). Braconnot, mantarlarda bulunan kitin maddesini sülfürik asit içerisinde çözmeye çalışmış fakat başarı sağlayamamıştır. Kitin o zamandan beri çeşitli maya ve mantar türlerinin hücre duvarları ve kerevit, karides ve yengeçlerin dış iskeleti dahil olmak üzere birçok başka kaynaktan elde edilmiştir (Park ve diğ., 2002). 1894'de Hoppe-Seyler, kitini potasyum hidroksit içerisinde 180°C'de işleme sokmuş (deasetilasyon) ve

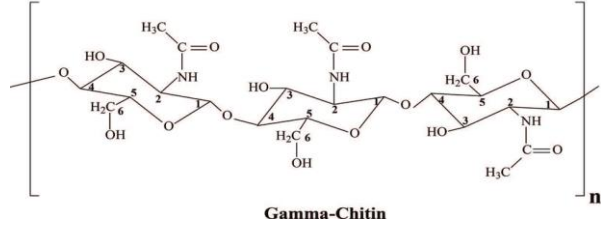
asetil içeriği azaltılmış bir ürün olan kitosanı elde etmiştir (Demir ve diğ, 2009). Kitinin ideal yapısı poli- $\beta$ -(1-4)-2-asetamido-2-deoksi-D-glukopiranoz'un lineer polisakkaritidir. Tüm rezidüler N-asetil glukozamin yapısındadır (Yazgan, 2010). Kitin ve kitosanın yapısal farklılığı, kitinin ikinci karbon atomundaki asetamid (-NHCOCH<sub>3</sub>) yerine, kitosanda amin (-NH<sub>2</sub>) grubu bağlı olmasıdır (Taştan ve Baysal, 2013). Yani kitosanın kimyasal yapısı, poli-[ $\beta$ -(1,4)-2-amino-2-deoksi- $\beta$ -D-glukopiranoz] şeklindedir (Khor, 2001). Kitin doğada eklembacaklıların ve deniz kabuklularının dış iskeletlerinde, mantar veya maya hücrelerinin hücre duvarlarında yapısal bileşenler oluşturan, elektron mikroskobu ile gözlemlenebilen düzenli kristal mikrofibriller halinde bulunmaktadır ve kitinin alfa, beta ve gama formları vardır (Cho ve diğ, 1998; Rinaudo, 2006; Tozluoğlu ve diğ, 2015). Kaynağına bağlı olarak kitin, X-ışını kırınımı ile birlikte kızılötesi ve katı hal NMR spektroskopisi ile ayırt edilebilen  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  formları olmak üzere 3 farklı mikrofibril yapıda ortaya çıkmaktadır. Kitinin en sık karşılaşılan mikrofibril formu  $\alpha$  halidir. Özellikle mantar ve maya hücre duvarlarında, ıstakoz ve yengeç tendonlarında ve kabuklarında ve karides kabuklarında bulunur (Rinaudo, 2006). Tablo 1.1' de kitinin yukarıda bahsedilen 3 kristal yapısı gösterilmektedir.  $\alpha$ -kitin yapısal olarak en stabil form olmakla birlikte, diğer formlara oranla daha serttir (Hamzaoğlu, 2023).

Tablo 1.1: Kitinin kristal yapısı.

Kitin Formu	Özellikleri	Polimerik Gösterimi
$\alpha$ - kitin	Doğada en çok bulunan formudur. Kristal yapısı diğerlerine göre daha serttir. Stabildir. Kitinin en kararlı formudur.	 <p>The diagram shows the repeating unit of Alpha-Chitin. It consists of two N-acetylglucosamine (GlcNAc) units linked by a <math>\beta</math>(1-4) glycosidic bond. The first unit is in a chair conformation with the acetamido group (-NHCOCH<sub>3</sub>) at C2 in the endo position. The second unit is also in a chair conformation with the acetamido group at C2 in the exo position. The units are enclosed in brackets with a subscript 'n'.</p>
$\beta$ -kitin	Çözülme ve şişme halinde $\alpha$ -kitine dönüşür. $\alpha$ -kitine göre daha az kararlıdır. Funguslarda hücre duvarının ana bileşenidir.	 <p>The diagram shows the repeating unit of Beta-Chitin. It consists of two N-acetylglucosamine (GlcNAc) units linked by a <math>\beta</math>(1-4) glycosidic bond. The first unit is in a chair conformation with the acetamido group (-NHCOCH<sub>3</sub>) at C2 in the endo position. The second unit is in a chair conformation with the acetamido group at C2 in the endo position. The units are enclosed in brackets with a subscript 'n'.</p>

$\gamma$ - kitin

Daha nadir bulunur. Diğer formların karışımı veya ara bileşeni olduğu düşünülmektedir. Paralel ve antiparalel bir düzene sahiptir.



Kitin dünyada yılda 150.000 ton civarında üretilmekte olup, üretim kaynağı olarak en büyük paya 56.000 ton ile karides sahiptir. Kitin kaynakları arasında, bazı yengeç, karides ve ıstakoz türleri ile yabani kaz midyesi bulunan deniz kabukluları; istiridye ve kalamar gibi yumuşakçalar; hamam böceği, uğur böceği, kelebek ve ipek böceği gibi böcekler ile bazı mantar türleri bulunmaktadır (Üçgül ve diğ., 2016).

Kitin genel olarak 6 adımda sentezlenir. Ön arıtma işlemi, demineralizasyon, deproteinizasyon, ağartma, koku giderme ve kurutma olmak üzere takip edilmesi gereken bu adımlardan ilki olan ön ağartma işleminde, bitkisel bileşiklerin, organik dokuların, kirleticilerin, toprak kalıntılarının ve yağların giderilmesi amacıyla spesifik kitin kaynağının damıtılmış su ile yıkanması gerçekleştirilir. Demineralizasyon işlemi, ısıtma altında seyreltilmiş hidroklorik asit çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilir ve kalsiyum ve magnezyum gibi kül ve mineral kalıntılarını azaltmayı amaçlar. Kitin kaynaklarının demineralizasyonu için kullanılacak diğer yaygın reaktifler nitrik, sülfür ve asetik asitlerdir. Deproteinizasyon işlemi, proteinlerin uzaklaştırılması için seyreltilmiş sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak gerçekleştirilir. Bu işlem demineralizasyon işleminden sonra gerçekleştirilmelidir. Deproteinizasyon işlemlerinde sıklıkla kullanılan reaktifler arasında sodyum karbonat, potasyum hidroksit, sodyum fosfat ve kalsiyum hidroksit bulunmaktadır. Ağartma ve koku giderme işlemleri sırasıyla renk pigmentlerinin giderilmesinden ve hazırlanan polisakkaritin tadının iyileştirilmesinden sorumludur. Her iki işlem de seyreltilmiş sodyum hipoklorit çözeltisi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Kitosan, polisakkarit bozulmasını önlemek amacıyla sodyum borhidrür içeren konsantre sodyum hidroksit çözeltisi kullanılarak kitin deasetilasyonundan yaygın olarak hazırlanmaktadır. Hidroliz reaksiyonu sırasında birçok birincil amino grubu kitosan molekülünden çıkarılır ve farklı boyutlarda polisakkarit zincirleri ortaya çıkar. Bu durumda, molar kütle dağılımı ekstraksiyon süresi, sıcaklık, reaktif konsantrasyonu ve atmosferik koşullar gibi parametrelerden

etkilenir. Dolayısıyla, kitosan molekülleri ana kitine kıyasla farklı molar kütlelere sahip olabilir. Bunun ötesinde, deasetilasyon dereceleri ve viskoziteleri, nihai polisakkaritin performansını önemli ölçüde etkileyebilecek deasetilasyon sürecinden etkilenir (Rafuato ve diğ, 2018). Özetle endüstriyel olarak kitin üretimi, kabuklulardan kalsiyum karbonatı çözmek için asit işlemi ve ardından proteinleri çözmek için alkali ekstraksiyon ile ekstrakte edilmektedir. Çünkü kitinin yapısında asetamid (-NHCOOH<sub>3</sub>) bulunur ve kitosanın yapısındaki amin (-NH<sub>2</sub>) grubunun asetamid yerine geçebilmesi için bu asetamidin ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu da deasetilasyon ile yapılabilmektedir (Karaca, 2020). Buna ek olarak, kalan pigmentleri gidermek ve renksiz bir ürün elde etmek için genellikle bir renk giderme adımı eklenmektedir. Bu işlemler, başlangıç materyallerinin yapısal farklılıklar nedeniyle her kitin kaynağına göre uyarlanmak durumundadır. Elde edilen kitinin saflık ve renk açısından derecelendirilmesi gerekir, çünkü artık protein ve pigment, özellikle biyomedikal ürünler için daha fazla kullanımda sorunlara neden olabilir. Alkali koşullar altında kısmi deasetilasyon ile, uygulamalar açısından en önemli kitin türevidir olan kitosan elde edilir (Rinaudo, 2006).

Kitosan, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 2 şekilde üretilmektedir (Cho ve diğ, 1998). Kimyasal yöntemde, asidik ve bazik hidroliz kullanılmaktadır. Biyolojik üretimi ise birkaç farklı yöntemle sağlanmaktadır (Özdemir, 2014). Temel olarak kitosan, kitinin alkali bir ortamda içeriğindeki asetil fonksiyonel grubunun kısmen veya tamamen deasetilasyonu sonucunda elde edilen polikatyonik özellikte bir biyopolimerdir (Knaul ve Hudson, 1999; Kurtuluş ve Vardar, 2020).

Son 30 yıldan beri özellikle tarımsal alanda organik gübre, biyopestisit, tohum ve meyveler için kaplama maddesi olarak kitosandan faydalanılmaktadır (Malerba ve Cerana, 2019). Kitosanın yalnızca bitkilerin tohum, yaprak, meyve uygulamaları ile sonuç alınabilmesinin yanı sıra, toprak, su veya yetiştirilen ortama uygulanmasının da etkisi bilinmektedir (Kurtuluş ve Vardar, 2020). Tablo 1.2' de kitosanın kullanım alanları detaylı bir şekilde vurgulanmaktadır.

Tablo 1.2: Kitosanın kullanım alanları.

Antimikrobiyal	Bakteri oluşumunu engeller Tarımda hammadelerin küf kontaminasyonunu önler
Gıda sektöründe	Gıdaların hava ile arasındaki nem transferini kontrol eder Antimikrobiyal maddelerin açığa çıkmasını kontrol eder Antioksidatif açıdan katkı maddesidir Besin değeri olan maddelerin, tatlandırıcıların ve ilaçların proses kontrolünde etkindir Oksijenin basıncını kısmen azaltmada önemlidir Meyvelerde enzimatik kararmalara engel olur Şarap vb. ürünlerin artılmasında kullanılır Gıda proseslerinde atık hale gelen suların geri kazanımında kullanılır Gıda kaplama malzemesi olarak yararlanır
Katkı maddesi	Meyvelerin ve içeceklerin asitlendirilmesinde kullanılır Meyve sularının stabilizasyonunda ve asidite kontrolünde kullanılır Doğal tatlandırıcıdır Kas yapısı kontrol maddesidir Kalınlaştırıcı ve stabilize edici madde olarak kullanılır Renk sabitleyicidir
Besinlerde kalite	Yüksek kolesterolü azaltmada etkilidir Diyet yardımcı olarak vücutta depolanan yağ ile birleşerek sindirim yoluyla atılmasını sağlar Kabuklu canlıların ve balıkların beslenmesinde aktif olarak kullanılır Besinlerdeki yağ absorpsiyonunu azalmaya yönelik kullanılır Gastriti önler Bebek besin maddelerinde kaliteyi artırıcı olarak kullanılır
Suyun saflaştırılması	Pestisitlerin, metal iyonların ve fenollerin tutulmasını sağlar Renklendiricilerin uzaklaştırılmasında kullanılır Alkol ve suyun ayrıştırılmasında sahte bağlar meydana getirerek saflaştırmayı kolaylaştırır
Diğer alanlar	Enzimlerin aktivasyonlarının durdurulmasında etkindir Hayvan yemlerinde kullanılarak, yem tüketimini azaltıcı, karkas ağırlığını artırıcı etkisi vardır Kağıt bazlı bazı ambalaj malzemelerinin fonksiyonel özelliklerinin artırıcıdır İnsan sağlığı açısından zararlı ve toksik olmamasından dolayı serum kolesterolü seviyesini düşürür İnsanlarda tümör oluşumuna engel olma özelliği vardır Yaraların iyileşmesinde etkin rol oynar

Kitosanın pek çok sektörde kullanımı gittikçe artmaktadır. Tarımda bitkilerde biyotik ve abiyotik streslere karşı, tohum kalitesini artırmak amacıyla en sık kullanılan tekniklerden biri olan priming ve kaplama yöntemlerinde, çabuk bozunabilen taze meyve ve sebzelerde hasat sonrası oluşabilecek hastalıkları engellemede, gübre yapımında ve tarımsal ilaçlarda olmak üzere, endüstriyel kullanımın %12'sine denk gelen oldukça sık bir kullanıma sahiptir (Cosgrove ve diğ., 2010; Yazgan 2010; Yağız, 2020).

Kitosan kullanımının kuraklık stresi altındaki etkileri bu çalışmada incelenmekte olup sonuçlar kısmında detaylandırılmıştır.

## BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Çimrin ve arkadaşlarının 2001 yılında Walkley Black metodundan faydalanarak yapmış oldukları çalışmada, toprağa katı ve sıvı halde uygulanmış azot, fosfor, potasyum ve hümik asitin, mısır bitkisinin kuru ağırlığını azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko ve mangan içeriklerine etkisi araştırılmış ve kalsiyum ve magnezyum içeriklerinin azaldığını diğer parametrelerin ise önemli ölçüde arttığını göstermişlerdir. Buna bağlı olarak toprağa uygulanan N-P-K gübrelmesiyle birlikte hümik asit uygulaması da eklenirse üründe verim ve kalite artışı sağlanacağı sonucuna varmışlardır.

Stahl ve Sies (2003), karotenoidlerin bitkilerde fotooksidatif süreçlere karşı bitkilerin korunmasında çok önemli rol oynayan pigmentler olduğunu ve serbest oksijen radikallerinin zararlı etkilerinin giderilmesinde son derece etkin rol oynayan antioksidanlar olduğunu bildirmişlerdir.

Şeker pancarı tohumlarına *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis*, *Paenibacillus polymyxa*, *Rhodobacter capsulatus* ve *Pseudomonas putida* bakterileri aşılansmış, hem serada hem de tarlada PGPR uygulamasının şeker pancarının kök ağırlığı, yaprak, meyve ve şeker verimi ile ilgili araştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmada sera koşullarında kök ağırlığında %46,7 oranında artış görülmüştür. Tarla koşullarında da yaprak, meyve ve şeker verimlerinde artış kaydedilmiş ve PGPR'lerin tarımda biyostimülant olarak kullanımının önemini vurgulamışlardır (Çakmakçı ve diğ, 2006).

Biyostimülant kategorisindeki hümik asitle ilgili yapılan pekçok çalışma olmakla beraber, 2006 yılında Cangi ve arkadaşları tarafından üzümde verim, meyve parametreleri ve bitki tarafından besin maddesi alımının etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada katı halde toprağa uygulanan %55 hümik asit, %30 fulvik asit ve %9 K<sub>2</sub>O (potasyum sülfat) ile çözünebilir besin maddesi miktarlarında artış gözlemlenmişlerdir.

Rathore ve diğ 2009 yılında kırmızı alg ekstraktlarının soya fasulyesi yapraklarına uygulanması sonucunda bitki boyunun uzadığı, bakla ve tohum sayılarının arttığı saptanmıştır.

Guan ve diğ (2009), mısır tohumlarını çimlendirmek için kitosan kullanımını incelemişlerdir. Kitosanın düşük sıcaklıklarda çimlenme üzerinde önemli bir etkisi olmamasına rağmen, test edilen iki mısır hattında çimlenme indeksini artırmış, ortalama çimlenme süresini azaltmış ve sürgün yüksekliğini, kök uzunluğunu, sürgün ve kök kuru ağırlıklarını artırmıştır. Test edilen her iki hatta da kitosan, malonildialdehit içeriğinde bir düşüşe neden olmuş, plazma zarının nispi geçirgenliğini değiştirmiş ve çözünür şeker ve prolin konsantrasyonları ile peroksidaz ve katalaz aktivitelerini artırmıştır.

Mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada, 2, 5 ve 8 gün boyunca kuraklık stresine maruz bırakılmış, kontrol ve stres grubundaki bitkilerin yapraklarının dokularına bazı fizyolojik ve biyokimyasal analizler yapılmış ve bitki metabolizmasındaki değişimler gözlemlenmiştir. Mısır 4 yapraklı evreye ulaştığında uygulanan kuraklık stresi, kök uzunlukları açısından değerlendirildiğinde kontrol grubuna göre 5 ve 8 gün kuraklığa maruz kalmış bitkilerin %15 ve %18 arasında bir azalma görülmüştür. Gövde boylarında ise istatistiksel anlamda bir farklılık görülmemiş, toplam bitki boyunda kuraklığın 8. gününde kontrole kıyasla %12 ve önemli bir düşüş meydana gelmiştir. Klorofil oranlarının 5 günlük kuraklık stresine maruz bırakılmış bitkilerde %35 ve önemli istatistiksel azalmalara neden olduğu kanıtlanmıştır (Ecem, 2010).

2010 yılında Özfıdan tarafından yapılan araştırmada *Arabidopsis* mutantlarında -0,73 MPa kuraklık stresi uygulanmış gövde uzunlukları, yaş ağırlıkları ve 72 saat etüvde bırakıldıktan sonra kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde ABA uygulamasının stres altındaki mutantlarında azalmalar meydana gelmiştir. Total CAT aktivitesinde mutantlardan biri kontrole oranla, stresin 24 saatinde değişmemiş ancak diğer mutantta 24. saatte CAT aktivitesi %61 civarında artmıştır. Yani kuraklık stresi altında olan bitkilere ABA uygulaması, kuraklık stresinin CAT aktivitesindeki azalmalara engel olduğu gözlemlenmiştir.

Sheikha ve Al-Malki (2011) tarafından yapılan çalışmada, kitosan uygulamalarının bitkinin fide ve kök boyu, yaş ve kuru ağırlık gibi büyüme parametreleri üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Kitosanın mısır fidelerine yapraktan uygulama yapılması ile dokularda fitoaleksinin artışı gözlemlenmiş ve bazı mantar türlerinin bitki dokularında mikotoksin artışını engellediği kanıtlanmıştır (Lizarraga-Paulín ve diğ., 2011).

Yine aynı çalışmada kuraklık, nem, pH gibi abiyotik stres faktörleri mısır bitkisinde çalışmış ve kitosanın kök ve gövde uzunlukları ile yaprak genişliği gibi parametrelerinde iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Ma ve diğ., (2012) buğday tohumlarının yetiştirildiği besin çözeltisine %0,0625 oranında kitosan uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığını bildirmiştir.

Hurma bitkisinde (*Phoenix dactylifera* L.) El-Boray ve diğ. (2015), yaptıkları çalışmada, mikro elementlerden demir, mangan, çinko, fulvik asit ve bazı mikroorganizmaların etkileri incelenmiş ve sonuçta azot, fosfor, potasyum gibi makro elementlerin alımının arttığı buna bağlı olarak da mangan ve yine çinko değerlerinde kontrol grubuna oranla önemli derecede artışın olduğu gözlemlenmiştir.

2013 yılında Denli tarafından kiwano bitkisinde, bitkinin etli kısımlarından elde edilen peroksidaz enziminin kinetik özellikleri incelenmiş ve POD'ın inhibitör etkisi, organik çözücü olarak etkisi, iyonik şiddet etkisi gibi pek çok parametre incelenmiş sonuç olarak, oda sıcaklığında aktivasyonunu 400 saatte %84; 60 gün sonrasında %63 ve 135 gün sonrasında %73 kaybettiği bulgularına erişmiştir.

Colla ve diğ. (2014), bir protein hidrolizatının kullanımının gibberellinlere benzer şekilde hareket ederek bezelye sapının büyümesini uyardığını gözlemlemiştir. Aynı çalışmada soyada bin tane ağırlığının azaldığı gözlemlenmiş bu yönüyle Öktem ve diğ. (2017) sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

Zewail (2014), yürütmüş olduğu çalışmasında adi fasulyeye uygulanan aminoasit bazlı biyostimülantların bitkide protein içeriğinde artış gözlemlemiştir.

Kitinden kitosan elde edilmesiyle ilgili en çarpıcı çalışma Yıldız ve Yangılar tarafından 2014 yılında yapılmış ve teknik olarak kitosan elde edilebilecek yöntemlerden deproteinizasyon, demineralizasyon, dekolorizasyon ve deasetilasyon deneylerinde

gözlemledikleri sonuca göre en uygun yöntemin 1M NaOH kullanılarak yapılan deasetilasyon işlemi olduğu kanıtlanmıştır.

Sera koşullarında yetiştirilen farklı domates çeşitlerine fide, çiçeklenme ve meyve oluşum dönemlerinde farklı dozlarda toprağa deniz yosunu uygulayan Özenç ve Şen (2016)'in bu çalışmada elde ettikleri verilere göre, bitki gelişiminin ve bazı meyve kalite özelliklerinin olumlu yönde etkilendiğini gözlemlemiştir.

2016 yılında Yahyaabadi ve arkadaşları tarafından çemen bitkisine tuzlu koşullar altında kitosan uygulaması sonucunda, uygulamanın yaprak su içeriği, fotosentetik pigmentler ve bitki gelişimi üzerine olumlu etkilerinin varlığını ispatlamışlardır.

Patates bitkisinde Harfoush ve diğ, (2017) tarafından, hümik asit ve kitosan uygulamasının etkileri araştırılmış, yumru veriminin ve bazı büyüme parametrelerinin hümik asit, kitosan ve N-K uygulamalarından önemli düzeyde artış sağlandığı kanıtlanmıştır.

Turfan (2017), ıspanak bitkisine çeşitli abiyotik stresler (tuz, ağır metal, kuraklık ve kireç) uygulamıştır. Çalışma sonucunda kuraklık ve kireç stresi uygulamalarında klorofil a, b, toplam klorofil ve karotenoid,  $\beta$ -karoten ve likopen içeriğinin arttığını bildirmiştir.

Zheng ve diğ, (2017) tarafından yapılan çalışmada, kivide CAT, SOD ve APX gibi enzimlerin aktivasyonunda kitosan uygulamasının etkisi olumlu olarak gözlemlenmiş ve hasat sonrası kivide oluşan kurşuni küf ve mavi küfün etkilerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

2017 yılında Gürsoy ve Kolsarıcı'nın yapmış oldukları çalışmada, 0-20 l/ha hümik asiti yapraktan püskürtme yöntemiyle leonarditli toprakta yetiştirilmeye bırakılan kolza bitkisinde yağ oranı ve yağ asitlerine olumlu etki ettiği kanısına varılmıştır.

Mercimek bitkisinde hümik asitin sıvı formunun toprağa karıştırılması ile ilgili Öktem ve diğerlerinin 2017 yılında yaptıkları çalışmada uygulamanın verim ve kalite unsurlarına etkileri araştırılmış; ancak mercimek bitkisinin baklagil kategorisine ait olmasından dolayı zaten toprağa azot ve organik madde sağladığı bu nedenle de hümik asit uygulamalarından herhangi olumlu bir yanıt alınmadığını belirtmişlerdir.

Abdulhadi ve diğ 2017 yılında çerezlik kabakta yapmış oldukları çalışmada, toprak tuzluluğunun mevcut olduğu durumda AMF uygulaması yaparak, genel olarak fide gelişim döneminde olumlu etkilerle karşılaşmışlardır. Ancak bazı durumlarda AMF'a karşı bitkiler tarafından oluşturulabilen bağımlılıkla birlikte simbiyotik yaşam formu dolayısıyla olumsuz etkiler de gözlemlenmiştir.

Al-Tawaha ve diğ (2018), bitki boyunu kontrol uygulamasında 81,94 cm, 30 mg/l kitosan uygulamasında 84,06 cm, 60 mg/l kitosan uygulamasında 84,38 cm, 60 mg/l kitosan uygulamasında 84,81 cm olarak belirlediklerini bildirmişlerdir.

Rahman ve diğ (2018), kitosanın çilek bitkisine sprey şeklinde uygulanmanın bitkinin karotenoid içeriğinde artışa neden olduğunu bildirmiştir.

Behboudi ve diğ (2018) yaptıkları çalışmada kuraklık stresi altındaki arpa bitkisinde yaprak ve topraktan kitosan uygulamaları yapılmış; enzim aktivitelerinde, hasat indeksinde ve yaprak renginde iyileşme gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kitosanın yalnızca verim parametrelerinde değil aynı zamanda su kullanım etkinliğinin düzenlenmesinde de etkisi olduğu bildirilmiştir.

2019 yılında Kocira tarafından yapılan çalışma soya bitkisine, aminoasit içerikli biyostimülantın yapraktan uygulanmasından sonra bakla ve tohum sayısında belirgin bir artış olduğunu göstermiştir. Soya fasulyesi yetiştiriciliğinde serbest amino asitler ve *Ascophyllum nodosum*'dan elde edilen ekstrakt içeren biyostimülant kullanımından sonra bakla ve tohum sayısında artış ve tohum veriminde artış gibi benzer bulgular rapor edilmiştir.

2019 yılında ekinezya bitkisine tuz stresi altında deniz yosunu verilerek yaprak alanı, yaprak dokularındaki bağıl su içeriği, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi ve klorofil miktarı gibi parametreleri inceleyen Kara ve arkadaşları, inceledikleri tüm fizyolojik özellikler üzerinde deniz yosununun olumlu etkilerine rastlamışlardır.

Jabeen ve Ahmad tarafından 2019 yılında yürütülen bir çalışmada, düşük dozda uygulanan kitosanın tuz stresi altındaki aspir ve ayçiçeğinde çimlenme oranında artışa, prolin, CAT ve POD içeriklerinde ise azalmalara neden olduğu bildirilmiştir.

Hashem ve diğ., 2019 yılında nohut bitkisinin kuraklık stresinin etkilerini en aza indirebilmek adına uyguladıkları biyokömür ve AMF'lerin klorofil sentezi, fotosentez oranı ve nispi su içeriğinin korunmasını olumlu etkilediğini gözlemlemiştir.

Taş ve Öktem tarafından 2019 yılında yayımlanmış bir çalışmada, mısır bitkisine %50 ve %100 su kısıntısı uygulanmış ve 20 farklı genotipten elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Bulgulara göre kuraklık stresindeki çeşitlerde bitki boyu, yaprak sayısı, koçanlardan harmanlanan tanelerin nemlerini %15 civarında kuruttuktan sonra tanelerin hektolitreye ağırlıkları, bintane ağırlıkları, yaprakların klorofil içerikleri ölçülmüş ve stres koşullarındaki çeşitlerin tüm parametrelerinin azaldığı ve interaksiyonların  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli bulunduğunu gözlemlemiştir.

Gürsoy tarafından 2020 yılında aspir çeşitlerine farklı dozlarda tuz ile çeşitli dozlarda kitosan ön işleme yapılmış ve sonuçlar değerlendirildiğinde, tuz dozlarının artışına bağlı olarak bazı morfolojik özelliklerde azalma görülürken, kitosan uygulaması ile fide boyu, kök boyu, kök yaş ağırlığı, fide yaş ağırlığı ve çimlenme oranı özelliklerinde artış gözlenmiştir. Bununla birlikte stres koşullarında kitosan uygulamasının etkisi ile biyokimyasal özelliklerde artışlar görülmüştür.

He ve diğ. (2020), mısır bitkisinde yaptıkları çalışma sonucunda NaCl ve CaCl<sub>2</sub> uygulamasının karotenoid birikimi yoluyla antioksidan aktiviteyi artıracak bir strateji olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Güçlüer, (2022) İzmir'de yapmış olduğu çalışmada, B1 (113- *Bacillus megaterium*) ve B2 (377-*Bacillus cereus*) bakterilerinin kuraklık stresine yanıt veren genlerinin (CAT1, LEA1, LEA4, HSP21, hsp70, CDPK1, ER5, HSFA, OSMLP1, OSMLP2, OSMLP13, SODCL, SOD1, SICDPK, PIP2, XIP), domates bitkisinde kuraklık stresini tolere edebildiğini gözlemlemiştir.

Demir (2023) tarafından yapılan farklı biber çeşitlerine uygulanan kuraklık stresinin poliamin uygulaması sonrası stres toleranslarının incelendiği çalışmada; süperoksit radikalının H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'e dönüştürmedeki etkinliği önemli bulunmuştur. Aynı çalışmada CAT enziminin H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'i temizleyerek, bitkinin savunma mekanizmasının güçlendirildiğini yani SOD ve CAT enzimlerinin aktivitelerinin Varol çeşidinde en önemli artışı sağladığı gözlemlenmiştir.

Yukarıda özetlenen literatür taramalarında tam olarak çalışmamızın amacına yönelik kaynak bulunmamakla birlikte, çalışma sonucunda elde edilen veriler literatür için büyük önem arz etmektedir. Mısır bitkisinde kitosan uygulamasının tohum muamelesi ve yaprak püskürtme yöntemi ile kıyaslanabilecek veriler bulunmadığından çalışmanın özgünlük değeri oldukça yüksektir.



## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT**

### **3.1. Materyal**

Bu çalışmada FAO 700 olum grubunda tescilli, sarı atdışı tane tipinde tanelik KALE mısır çeşidi kullanılmıştır. Araştırmanın bir bölümü Adapazarı Pancar Ekicileri Toprak Analiz Laboratuvarı'nda, bir bölümü Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Laboratuvarı'nda, bir bölümü ise sera koşullarında gerçekleştirilmiştir.

#### **3.1.1. Kullanılan malzemeler**

Kaba filtre kağıdı,

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (di-Sodium hydrogen phosphate dihydrate),

Titriplex® III GR for analysis (ethylenedinitrilotetraacetic acid, disodium salt dihydrate),

NBT (Nitro blue tetrazolium chloride),

L-Methionine,

Sodyum hipoklorit,

Potassium chloride, ReagentPlus®,  $\geq 99,0\%$ ,

Guaiacol (W253200),

Kitosan (Yüksek molekül ağırlıklı),

Asetik asit solüsyon 11,

% 1'lik NaOH (Sodyum hidroksit),

Polivinilpirolidon (PVP),

Hydrogen peroxide solution ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) % 34,5-36,5,

Asetik asit % 100 (CH<sub>3</sub>COOH),  
Potasyum Dihidrojen Fosfat Çözeltisi,  
Potasyum tamponu,  
Potasyum klörür (KCl),  
EDTA (Etilendiamin tetraasetik asit),  
PEG (Polietilen glikol),  
Torf,  
Cocopeat,  
Perlit,  
15 cm'lik cam petri kapları,  
22x40 fide üretim poşeti

### **3.1.2. Mısır tohumunun özellikleri**

Mısır Araştırma Enstitüsü tarafından tescillenmiş; Ege, Akdeniz, Karadeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yetiştirilmeye elverişli; yüksek hektolitre ağırlığına sahip, ortalama verimi 1590 kg/da ve maksimum tane verimi 1889 kg/da olan KALE mısır çeşidi olup, FAO 700 olum grubuna ait tanelik bir çeşittir.

## **3.2. Metot**

### **3.2.1. Mısır çeşidinin çimlenme testi**

Çalışmada ilk olarak mısır çeşidinin herhangi bir muamele olmaksızın çimlenme oranı belirlenmiştir. Adapazarı Pancar Ekicileri Kooperatifi Toprak, Su ve Gübre Analiz Laboratuvarı'nda 15 cm'lik cam petri kaplarına tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak mısır tohumları Şekil 3.1'deki gibi konulmuştur. Üzerleri kaba filtre kağıdı ile kaplanıp kapağı kapatılan petri kapları, streç filmle sarılarak hava alması engellenen tohumlar yeterli miktarda saf su eklenerek 23°C'de karanlık ortamda çimlenmeye bırakılmıştır (Muhie ve diğ., 2021).



Şekil 3.1: Cam petrilerde çimlendirilen mısır tohumları.

7. günde yapılan gözlemlerde çimlenme oranı ISTA 2003'e göre belirlenmiş ve %100 çıkmıştır. ISTA 2003'e göre: (sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı/toplam tohum sayısı) x 100 formülü uyarınca hesaplanmış çimlenme durumu Şekil 3.2' de gösterilmiştir. (Sivritepe, 2011).



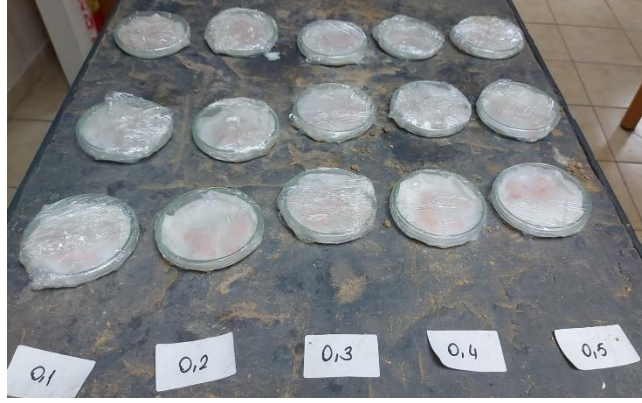
Şekil 3.2: Çimlenme testi uygulanan mısır tohumlarının çıkış sonrası görüntüsü.

### 3.2.2. Uygulanacak kitosanın doz belirleme çalışması

Çalışmamızın diğer aşamasında öncelikle tohum kaplama uygulaması yapılacak mısır tohumlarında en etkin dozu belirlemek amacıyla farklı kitosan dozları uygulanmıştır. Öncelikle kitosan asidik ortamda çözünebilir bir madde olduğundan %1'lik asetik asit içerisinde sırasıyla 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 g yüksek molekül ağırlıklı kitosan tartılmış ve % 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ve 0,5 ppm oranında elde edilmek istenen kitosan çözeltileri 250 rpm'de 6 saat çalkalamaya bırakılmıştır. Hazırlanan solüsyona tesadüfen seçilmiş tohumlar eklenmiş ve 4°C'de karanlık ortamda 3 saat beklemeye alınmıştır (Suvannasara ve Boonlertnirun, 2013). 3 saat sonunda kitosanla muamele edilmiş mısır tohumları saf sudan geçirilerek Şekil 3.3'teki gibi kurutma kağıtlarına alınarak kısa bir süre bekletilmiş ve vakit kaybetmeden ekim yapılmıştır (Şekil 3.4; Şekil 3.5). Ekimden sonraki 7. günde ISTA 2003' göre, çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (çimlenme indeksi), çimlenme süresi (gün), koleoptil uzunlukları, kökçük sayısı ve kökçük uzunlukları gözlemlenmiştir (Sivritepe, 2011).



Şekil 3.3: Kurutma kağıdındaki mısır tohumlarının muamele sonrası görüntüsü.



Şekil 3.4: Cam petrilerdeki mısır tohumlarının görüntüsü.



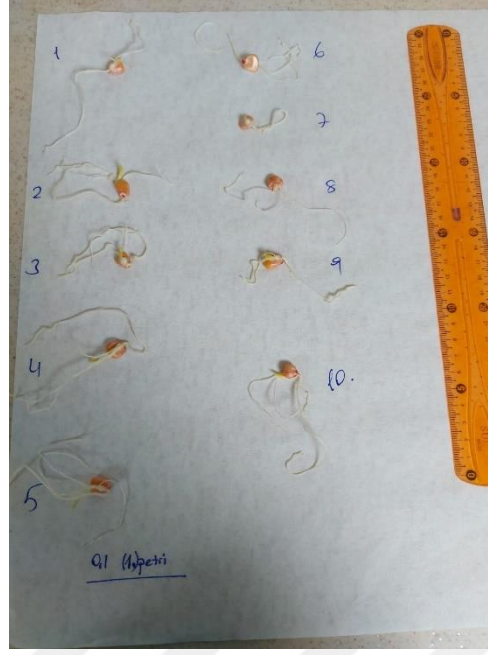
Şekil 3.5: Ekim sırasında cam petrilerdeki mısır tohumlarının görüntüsü.

Çimlenme Oranı (%): ISTA 2003'e göre; (sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / toplam tohum sayısı) x 100 formülü ile hesaplanmıştır.

Çimlenme Süresi (gün): ISTA 2003'e göre; (sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı x sayımın yapıldığı gün) / toplam çimlenmiş tohum sayısı formülü uyarınca hesaplanmıştır.

Çimlenme Hızı (Çimlenme İndeksi): ISTA 2003'e göre (sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / sayıma kadar geçen gün sayısı formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Abdul Baki ve Anderson, (1973); Bewley ve Black, (1994) ve Sivritepe, (2012) tarafından önerilen formüller uyarınca hesaplanmıştır.

Kökçük sayısı, kökçük uzunlukları ve koleoptil uzunlukları milimetrik cetvelle ölçülmüştür (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Milimetrik cetvelle yapılan ölçümün görüntüsü.

### 3.2.3. Kuraklık stresi ve tohum kaplama yöntemi ile kitosanın çeşitli parametrelere etkisinin incelenmesi

Çalışmanın bu aşamasında, daha önce belirlemiş olan 0,5 ppm oranındaki kitosan çözeltisi hazırlanmıştır. 200 ml asetik asit içerisinde 1 g yüksek molekül ağırlıklı kitosan tartılmış ve 200 ml %1'lik asetik asit içerisinde 500 rpm'de 6 saat çalkalamaya bırakılmıştır. Hazırlanan çözeltiliye rastgele seçilen mısır tohumları atılmış ve 3 saat muameleye bırakılmıştır. 3 saatin sonunda saf sudan geçirilen muameleli mısır tohumları kurutma kağıdına alınarak oda sıcaklığında bir süre kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra ekim yapılmak üzere 22x40 cm ölçülerinde fide üretim poşetlerine 1:1:1 oranlarda 90 l'lik kovada eşit şekilde karıştırılarak hazırlanmış torf, cocopeat ve perlit karışımı (Şekil 3.8) doldurulmuş ve ekim gerçekleştirilmiştir. Fide poşetlerine uygulanmak üzere PEG-6000 (-0,33 ve -0,51 MPa) çözeltiler hazırlanmıştır. PEG-6000 (-0,33MPa) için, 2 l saf suda 320,86 g polietilen glikol ve PEG-6000 (-0,51 MPa) için 2 l saf suda 410,89 g polietilen glikol çözülmeye bırakılmıştır. Kuraklık stresi PEG-6000 olarak 3 dozda (0; -0,33; -0,51 MPa) uygulanmıştır. Daha sonra her birine 66 ml olmak üzere cam pipet yardımıyla hazırlanan miktardaki PEG çözeltileri fide poşetlerine verilmiştir. Ekim tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). Ekimden sonra çıkış gözlemlenene kadar gün aşırı 250

ml sulama yapılmış fide poşetlerinden su çıkmayacak fakat toprağı nemli tutacak şekilde ayarlanmıştır. Fidelerin çıkmış görüntüsü Şekil 3.9'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7: 22x40 cm ölçülerinde fide üretim poşetlerinin hazırlanmış görüntüsü.



Şekil 3.8: 1:1:1 oranındaki torf, perlit, cocopeat karışımı görüntüsü.



Şekil 3.9: Mısır fidelerinin ilk gerçek yaprak görüntüsü.

Çalışmamızın diğer aşamasında ise FALKER marka klorofilmetre yardımıyla, mısır bitkisinin 3 yapraklı döneminde 2. yapraktan klorofil miktarları ölçülmüştür (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: FALKER CFL1030 marka klorofilmetre görüntüsü.

### **3.2.4. Kitosanın kuraklık stresi altındaki mısıra yapraktan püskürtme yöntemi ile uygulanarak enzim aktivitelerinin ölçülmesi**

Kale çeşidi mısır tohumları % 5'lik hipoklorit çözeltisinde 10 dk. bekletilmiştir. 3 kez distile sudan geçirilen tohumlar 25°C'de bir süre kurumaya bırakılmıştır. 22x40 cm ölçülerinde fide poşetlerine 1:1:1 oranında torf, perlit ve cocopeat karışımı hazırlanarak doldurulmuştur. Doldurulan karışım tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde kontrol, (PEG-6000) -0,33 ve -0,51 MPa olarak ayrılmıştır. PEG-6000 -0,33 MPa için, 2 l saf suda 320,86 g polietilen glikol ve (PEG-6000) -0,51 MPa için 2 l saf suda 410,89 g polietilen glikol tartılmış ve çözeltilerden kontrol grubu haricindeki poşetlere her biri 66 ml olacak şekilde cam pipet yardımıyla uygulanmıştır. Bu sırada kurumaya bırakılan tohumlar her bir fide poşetine 2 adet olacak şekilde tamamen tesadüfi olarak ekilmiş ve ilk günden itibaren çiçeklenme gün sayısının %50'si tamamlanana kadar düzenli olarak 250 ml su ile sulanmıştır. Ekim, sera koşullarında gerçekleştirilmiştir. %1'lik 2000 ml asetik asit içerisinde 10 gr kitosan çözdürülerek elde edilen çözelti, ekimden sonraki 40. gün bitkilerin yapraklarının ön ve arka yüzeyleri ıslanacak şekilde bitki başına 33 ml olarak püskürtme yöntemiyle uygulanmıştır (Şekil 3.11). Yapraktan uygulama işlemi ilk yapraktan sonraki 5, 6 ve 7. yapraklardan numune örnek alınacak şekilde beklemeye bırakılmıştır. Ekimden sonraki 55. gün ilk yapraktan itibaren 5, 6 ve 7. yapraklar toplanıp bir folyoya sarılmış, -80°C'de, enzim aktivasyon ölçümleri yapılmak üzere saklanmıştır (Rabelo, 2018; Karaca, 2020). Yaprak numuneleri sıvı azotta porselen havan içerisinde ekstre edilmiş, her bir ependorf tüpüne 0,5 g olacak şekilde 0,001 g'a duyarlı hassas terazide tartılmıştır.



Şekil 3.11: Kitosanın mısır yapraklarına püskürtme yoluyla uygulanma görüntüleri.



Şekil 3.12: Kitosan uygulaması yapılan sera görüntüleri.

#### 3.2.4.1. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin ölçümü

PEG 6000 (0; -0,33 ve -0,51 MPa) ortamında yetiştirilmiş ve yapraktan bitki başına 0,5 ppm kitosan çözeltisi uygulanmış yaprak numunelerindeki CAT aktivitesinin ölçümü

için, 240 nm dalga boyunda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin kaybının izlenmesine dayalı yöntemden yararlanılmıştır. Enzim ekstraktı hazırlanışında 0,1 M'lık potasyum tamponundan faydalanılmıştır. 0,1 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> çözeltisine %1'lik PVP ve 1mM EDTA son hacim 250 ml olacak şekilde hazırlanmıştır. Her bir tüpe 3 ml tampon çözelti eklenerek örnekler +4°C ve 10000 rpm'de 15 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrasında çöken substratın üstünde kalan süpernatant dikkatlice alınarak temiz tüplere aktarılmıştır. CAT enzim aktivitesi için 10 µl ekstrakt üzerine, 0,375 µl (40mM) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 0,750 µl tampon çözelti eklenmiş ve her bir tüp vortekslenerek 240 nm dalga boyunda 3 dakika boyunca kontrole karşı okunmuştur. Sonuçlar U.mg-1 olarak kaydedilmiştir.

#### **3.2.4.2. Peroksidaz (POD) enzim aktivitesinin ölçümü**

POD aktivitesi guaiacol ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin substrat olduğu reaksiyonda, bileşikte renk değişiminin absorbans artışının izlenmesi esasına dayanmaktadır. PEG (0; -0,33 ve -0,51 MPa) koşullarında yetiştirilen ve yapraktan bitki başına 0,5 ppm kitosan çözeltisinin püskürtme yöntemiyle uygulandığı numunelerdeki POD aktivitesi ölçümü için hazırlanmış ve sıvı azotta ekstre edilerek hazırlanan homojenatlar 0,1 M, 540 µl tampon çözeltisinde 540 µl (5 mM) guaiacol ve 150 µl (5mM) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> manyetik karıştırıcıda homojen olana kadar çalkalanmış ve oluşan çözeltiye 20 µl süpernatant ilave edilmiş ve 470 nm'de 3 dakika boyunca kontrole karşı okunmuş ve sonuçlar U.mg-1 olarak kaydedilmiştir. U.mg-1, 25°C'de 1 dakikadaki absorbansın 0,01 abs artıran enzim miktarı 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiştir.

#### **3.2.4.3. Süperoksitdismutaz (SOD) enzim aktivitesinin ölçümü**

SOD aktivasyonu, NBT'nin, süperoksit anyonu (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) ile mavi renkli indirgenme reaksiyonunun SOD enzimi tarafından engellenmesinin 560 nm dalga boyunda, renk açılma yoğunluğunun spektrofotometrede okunması esasına dayanır. 1 mM Na<sub>2</sub>EDTA çözeltisine 130 mM methionin (pH: 7,8), 750 µl NBT ve 20 µl riboflavin çözeltisine 20 µl süpernatant eklenerek vortekslenmiştir. Örnekler renk değişiminin belirginleşmesi amacıyla 30 dakika sarı ışık altında beklemeye alınmıştır.

## BÖLÜM 4. BULGULAR

### 4.1. Uygulanacak kitosanın doz belirleme çalışması

Çimlenme Oranı (%): ISTA 2003'e göre; [(sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / toplam tohum sayısı) x 100] formülüne göre çıkan sonuçlar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Çimlenme oranı (%).

Doz	Çimlenme Oranı %
0,1	100
0,2	83,33
0,3	100
0,4	100
0,5	93,33

Çimlenme oranlarına bakıldığında 0,2 ppm uygulanan tohumlarda en düşük çimlenme oranı ölçülmüştür. Yine 0,5 ppm oranında muameleli tohumlarda çimlenmede düşüş gözlemlendi. Bu durum rastgele seçilmiş mısır tohumlarının ekiminde yapılan çalışma hatası olarak kabul edilmiştir. Doz belirlenirken sadece çimlenme oranı değil kökçük ve koleoptil uzunlukları da dikkate alınmıştır.

Çimlenme Süresi (gün): ISTA 2003'e göre; (sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı x sayımın yapıldığı gün) / toplam çimlenmiş tohum sayısı formülü uyarınca hesaplanmış olup Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Çimlenme süresi (gün).

Doz	Çimlenme Süresi (gün)
0,1	7
0,2	7
0,3	7
0,4	7
0,5	7

Çimlenme Hızı (Çimlenme İndeksi): ISTA 2003'e göre (sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / sayıma kadar geçen gün sayısı formülü kullanılarak hesaplanmış ve tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Çimlenme indeksi (hızı).

Doz	Çimlenme İndeksi (hızı)
0,1	4,2857
0,2	3,5714
0,3	4,2857
0,4	4,2857
0,5	4,0000

Kökçük sayısı, kökçük uzunlukları ve koleoptil uzunlukları mm'lik cetvelle ölçülmüş olup istatistik analizler Bulgular bölümünde yorumlanmıştır. Tablo 4.4'te kökçük sayıları, Tablo 4.5'te kökçük uzunlukları ve ortalamaları mm cinsinden verilmiştir.

Tablo 4.4: Kökçük sayısı.

Doz	Kökçük Sayısı
0,1	125
0,2	104
0,3	129
0,4	130
0,5	114

Tablo 4.5: Kökçük uzunlukları ve kökçük ortalamaları (mm).

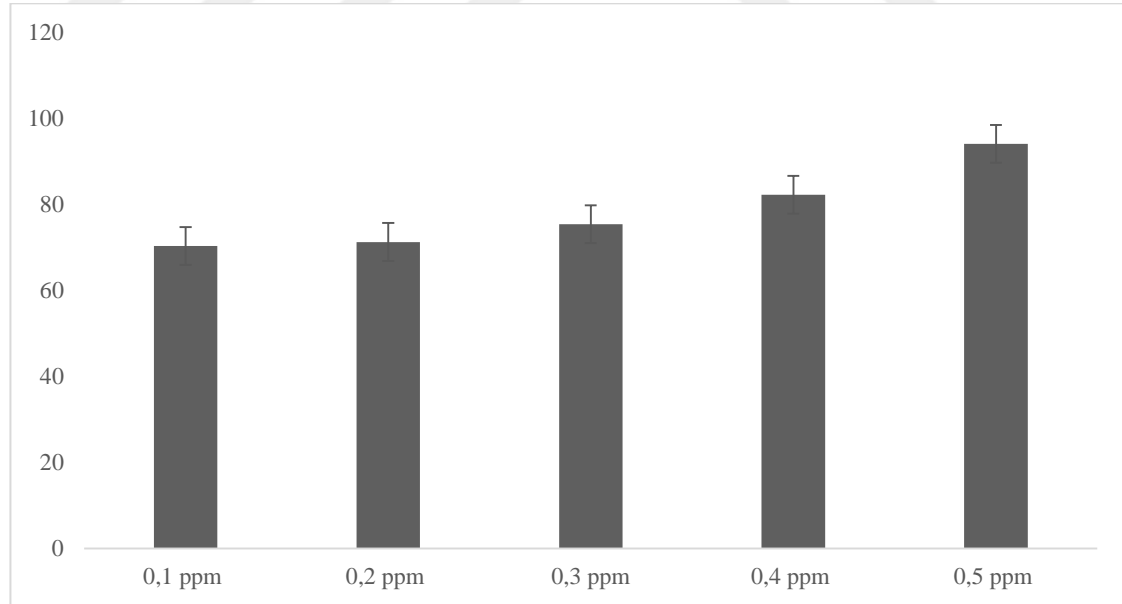
Doz	Kökçük Uzunlukları Toplamı (mm)	Kökçük Uzunlukları Ortalaması (mm)
0,1	211,151	70,3837
0,2	213,905	71,3017
0,3	226,241	75,4137
0,4	246,849	82,2828
0,5	282,484	94,1613

Çalışmanın diğer aşamasında koleoptil uzunlukları ölçülmüş ve elde edilen veriler Tablo 4.6’da gösterilmiştir. Buğdayda, suda çözünebilir kitosan çözeltisini 6 farklı dozda tohum muamelesi uygulaması ile çimlenme ve kök aktivitelerinin araştırıldığı bir çalışmada; en yüksek doz olan 1 ppm’lik çözeltide çimlenmede ve kök uzunluklarında en yüksek artışı sağladığı tespit edilmiştir (Lian-Ju ve diğ., 2014). Bu sonuca bakacak olursak yaptığımız çalışmada da en yüksek dozda uyguladığımız 0,5 ppm’lik kitosan muamelesinde kökçük uzunlukları önemli ölçüde artmış ve kitosanın çimlenme ve büyüme parametrelerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Tablo 4.6: Koleoptil uzunlukları ve koleoptil ortalamaları (mm).

Doz	Koleoptil Uzunlukları Toplamı (mm)	Koleoptil Uzunlukları Ortalaması
0,1	70,857	23,619
0,2	88,727	29,576
0,3	103,492	34,497
0,4	90,145	30,048
0,5	173,976	57,992

#### 4.1.1. Farklı kitosan dozlarının kökçük üzerindeki etkisi



Şekil 4.1: Farklı kitosan dozlarında ölçülen kökçük uzunlukları (mm).

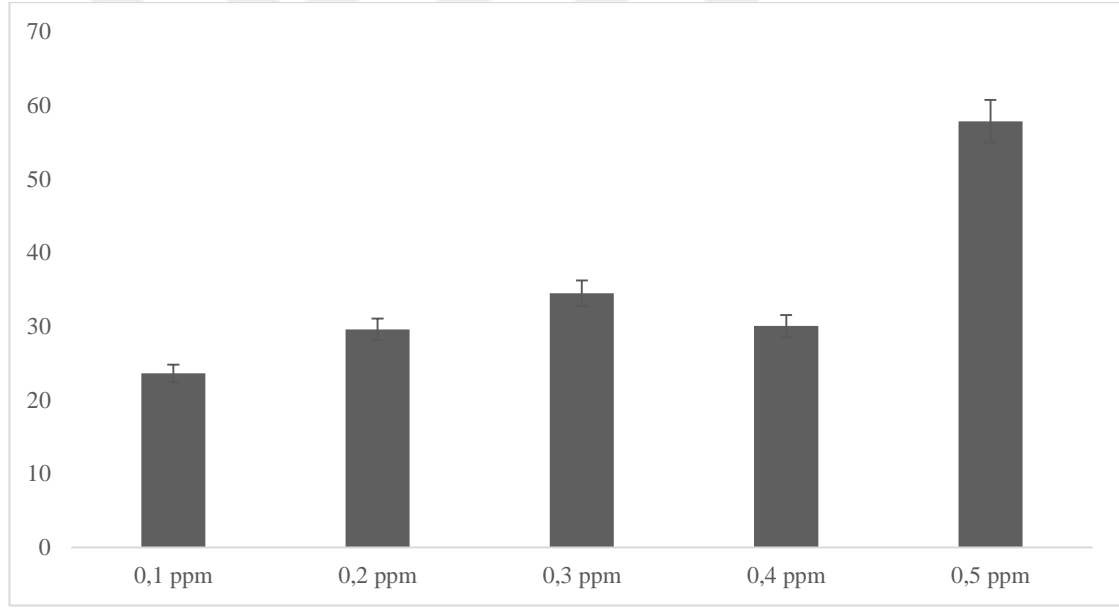
Şekil 4.1’de görüldüğü üzere, başka bir uygulama olmadan yalnızca tohumun kitosan ile muamelesi sonucunda en yüksek doz değeri olarak belirlenen 0,5 ppm oranındaki kitosan uygulaması çalışmamızda önemli bulunmuştur. Gelişen teknolojiyle birlikte

kullanımı artan kitosanın farklı şekillerde uygulanabilirliği göz önüne alındığında çalışmamızda tohum kaplama ve yapraktan uygulama durumları değerlendirilmiş ve tohum muamelesi yapılan mısır çeşidinde kökçük uzunlukları açısından en yüksek dozun en iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Sonuçlar MSTAT-C programında ANOVA-1'e göre değerlendirilmiş (Tablo 4.7) ve buna göre  $P \leq 0,05$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.7: Farklı kitosan dozlarında ölçülen kökçük uzunluklarının Duncan testi sonuçları.

0.5 ppm CHT	0.3 ppm CHT	0.4 ppm CHT	0.2 ppm CHT	0.1 ppm CHT
97.49a	82.28b	76.74b	74.63b	63.71c

#### 4.1.2. Farklı kitosan dozlarının koleoptil üzerindeki etkisi



Şekil 4.2: Farklı kitosan dozlarında ölçülen koleoptil uzunlukları (mm).

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi (Şekil 4.2), 0,5 ppm oranında uyguladığımız kitosan yapılan ölçümlerde büyük farklılıklara yol açmıştır. Tohum muamelesinde kitosan uygulaması bitkinin çimlenme döneminde gözle görülür artış sağlamıştır. Yapılan varyans analizi sonucu Duncan Testi uygulamasına göre  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli çıkan sonuçlar kitosanın tohum muamelesindeki başarısını ortaya koymaktadır (Tablo 4.8). Yapılan bu çalışmanın sonuçları dikkate alınarak diğer uygulamalarda kitosanın 0,5 ppm dozu kullanılmıştır.

Tablo 4.8: Farklı kitosan dozlarında ölçülen koleoptil uzunluklarının Duncan testi sonuçları.

0,5 ppm CHT	0,3 ppm CHT	0,4 ppm CHT	0,2 ppm CHT	0,1 ppm CHT
61.69a	37.83b	30.72c	29.58c	27.62c

## 4.2. Tohuma uygulanan kitosan dozunun bazı fizyolojik parametrelerdeki etkisi

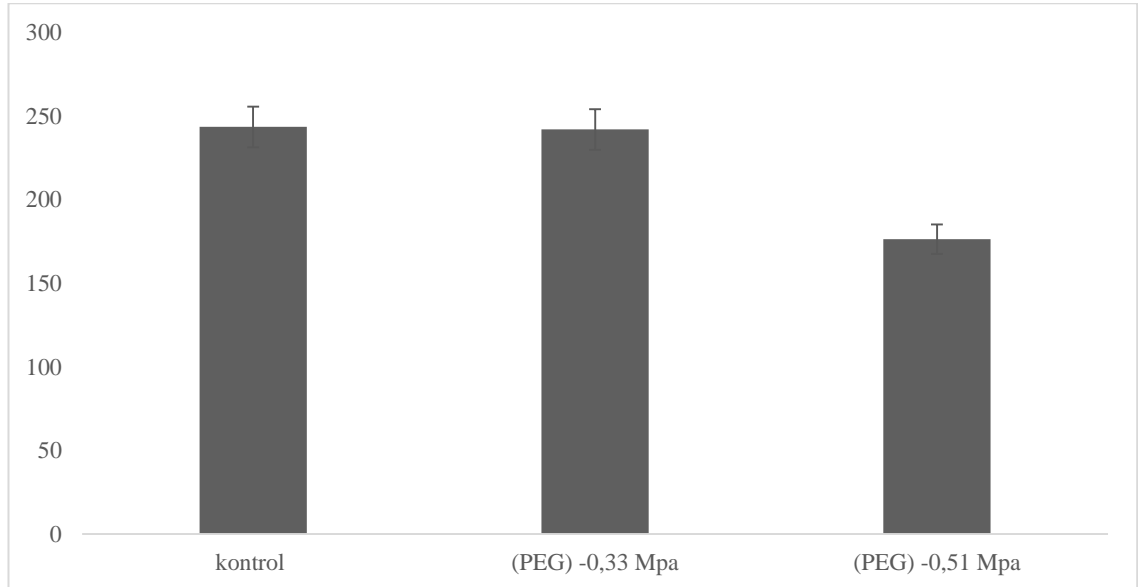
### 4.2.1. Çimlenme oranı (%)

KALE mısır çeşidinin ISTA 2003'e göre; elde edilen çimlenme oranı sonuçları Tablo 4.9'da verilmiştir. Sonuçlar aynı çıktığından varyans analizi yapılmamıştır.

Tablo 4.9: Çimlenme oranı (%)

	0,5 ppm CHT
Kontrol	% 100
-0.33 MPa	% 100
-0.51 MPa	% 100

### 4.2.2. Kökçük uzunluğu (mm)



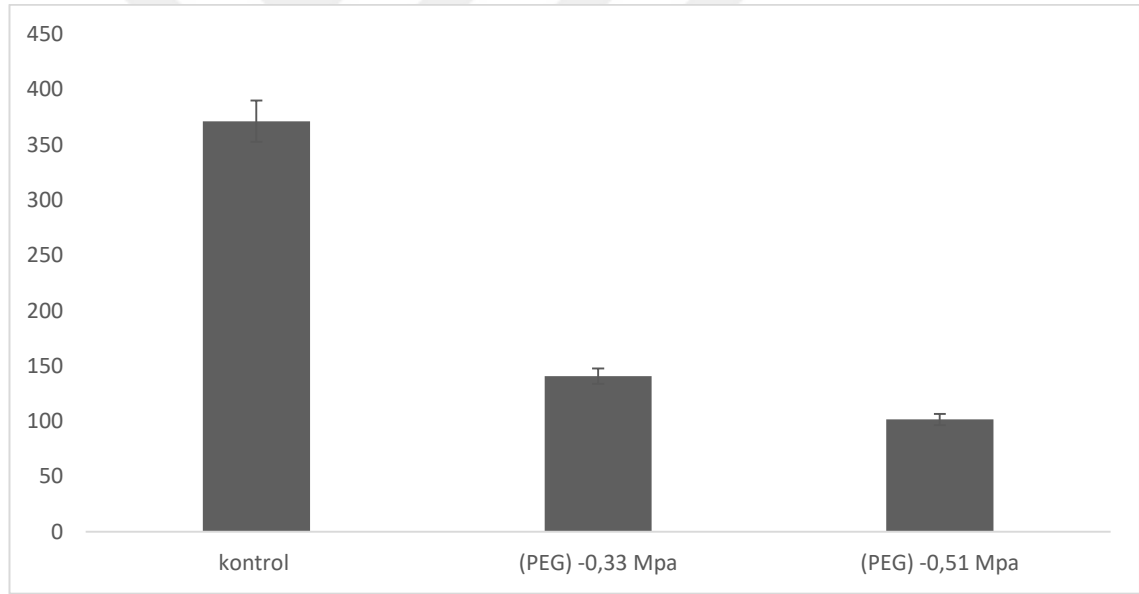
Şekil 4.3: 0,5 ppm kitosan muamelesi yapılan mısır tohumlarının farklı kuraklık stresi altında ölçülen kökçük uzunlukları (mm).

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi, PEG-6000 (0; -0.33 ve -0.51 MPa) kuraklık stresi koşullarında tohumun kitosan ile muamelesi sonucunda kuraklık stresi uygulanmamış bitkilerde kökçük ortalamaları yüksek bulunmuştur. Sonuçlar MSTAT-C programında ANOVA-1'e göre değerlendirilmiş (Tablo 4.10) ve buna göre  $P \leq 0,05$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan istatistik analizine göre -0,33 MPa kuraklık stresi koşullarında kitosan uygulanmış tohumların kökçük uzunlukları kontrol ile aynı gruba girmiştir.

Tablo 4.10: Kökçük uzunluğu (mm) Duncan testi

	0,5 ppm CHT
Kontrol	243.5a
-0.33 MPa	242.0a
-0.51 MPa	176.3b

#### 4.2.3. Koleoptil uzunluğu (mm)



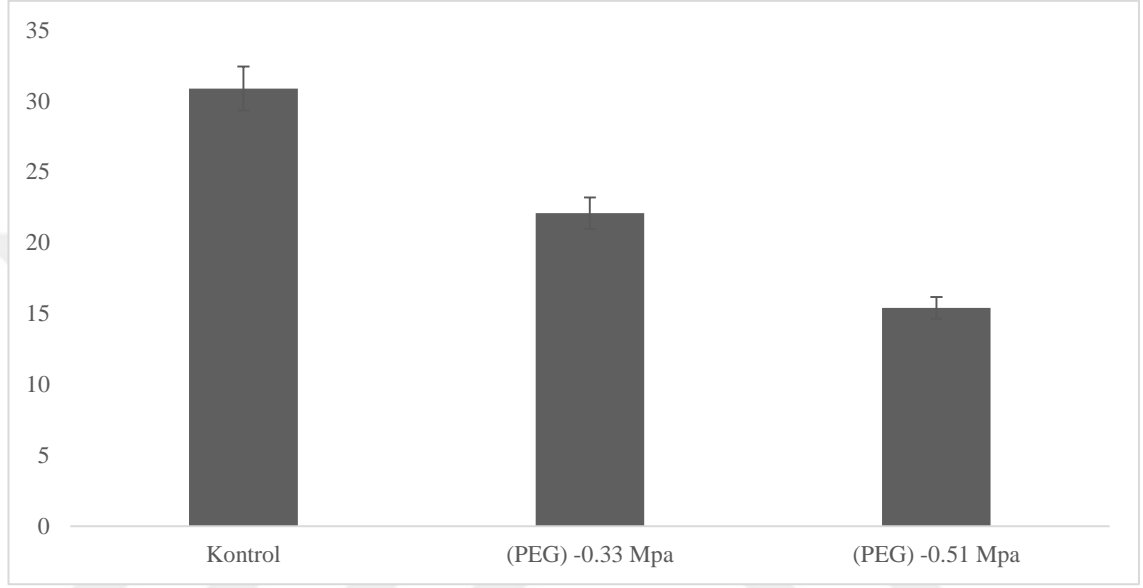
Şekil 4.4: 0,5 ppm kitosan muamelesi yapılan mısır tohumlarının farklı kuraklık stresi altında ölçülen koleoptil uzunlukları (mm).

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi, PEG-6000 (0; -0,33 ve -0,51 MPa) kuraklık stresi koşullarında tohumun kitosan ile muamelesi sonucunda kuraklık stresi uygulanmamış bitkilerde koleoptil ortalamaları yüksek bulunmuştur. Sonuçlar MSTAT-C programında ANOVA-1'e göre değerlendirilmiş (Tablo 4.11) ve buna göre  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.11: Koleoptil uzunluğu (mm) Duncan testi.

	0,5 mg/bitki CHT
Kontrol	123,8a
-0,33 MPa	46,90b
-0,51 MPa	33,88b

#### 4.2.4. Klorofil miktarı ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ )



Şekil 4.5: Klorofil miktarının strese bağlı değişimi ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ).

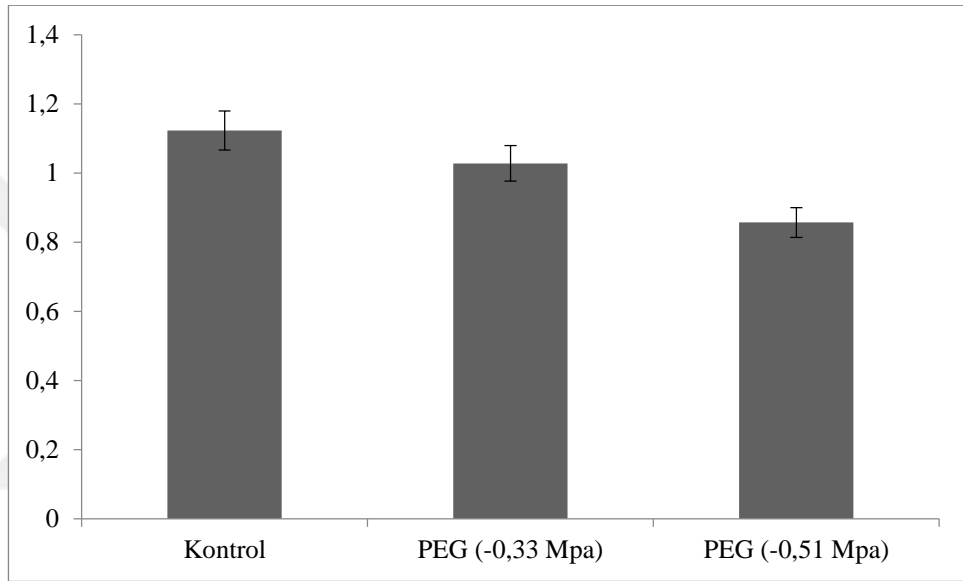
Şekil 4.5'te görüldüğü gibi iki farklı dozda uygulanan kuraklık stresi (PEG) etmeninin, kitosan muameleli mısır tohumlarında, çıkıştan sonraki 3 yaprak olduğu devrede yapılan ölçümler sonucunda kontrol grubunda en yüksek klorofil miktarı değerine ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte bu koşullarda gözlemlenen klorofil düzeylerinin kitosan uygulaması sayesinde iyileştiği gözlemlenmiştir. Sonuçlar Duncan testine göre  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Klorofil miktarları ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ) Duncan testi.

	0,5 ppm CHT
Kontrol	30,89a
-0,33 MPa	22,10ab
-0,51 MPa	15,40b

#### 4.2.5. Kök kuru ve yaş ağırlıkları (g)

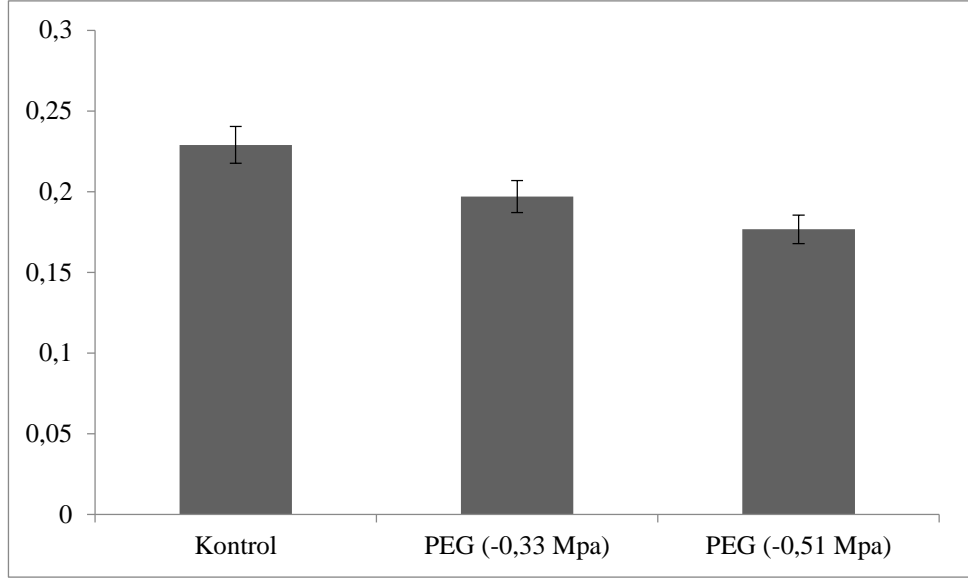
Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de PEG (0; -0,33 ve -0,51 MPa) ortamlarında yetiştirilen kitosan uygulamalı mısır fidelerinin kök yaş ve kuru ağırlık ortalamaları tekerrürlere göre verilmiştir. Sonuçlar MSTAT-C programında ANOVA-1’e göre değerlendirilmiş (Tablo 4.13 ve Tablo 4.14) ve buna göre  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.6: Kök yaş ağırlığının strese bağlı değişimi (g).

Tablo 4.13: Kök yaş ağırlığı (g) Duncan testi.

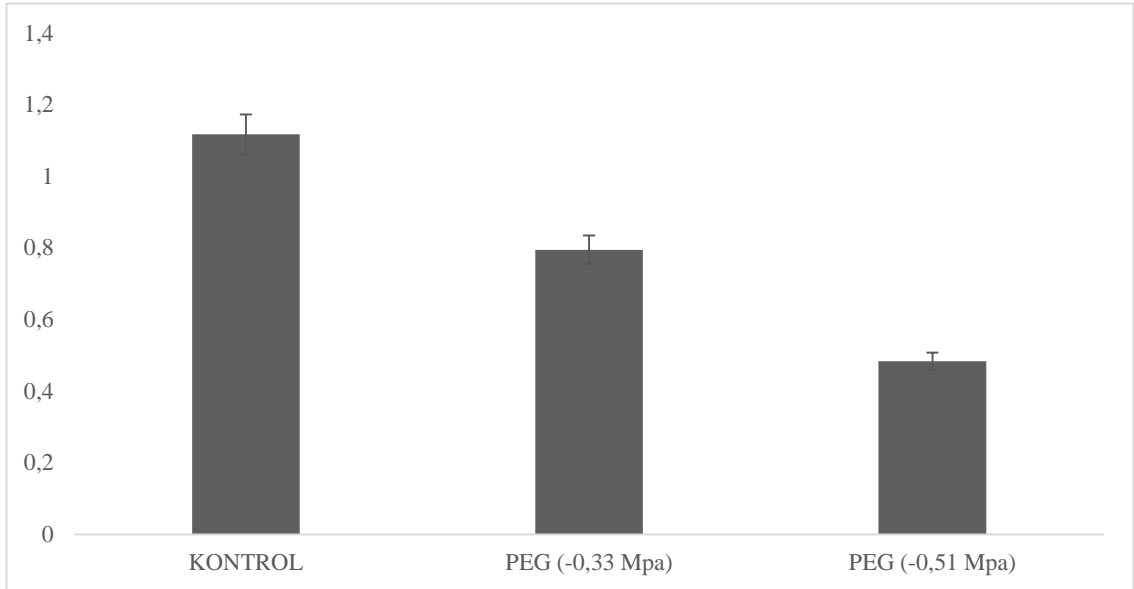
	0,5 ppm CHT
Kontrol	1,123a
-0,33 MPa	1,028b
-0,51 MPa	0,8570c



Şekil 4.7: Kök kuru ağırlığının strese bağlı değişimi.

Tablo 4.14: Kök kuru ağırlığı (g) Duncan testi.

	0,5 ppm CHT
Kontrol	0,229a
-0,33 MPa	0,197b
-0,51 MPa	0,1760c



Şekil 4.8: Kök kuru- yaş ağırlık farkının strese bağlı değişimi (g).

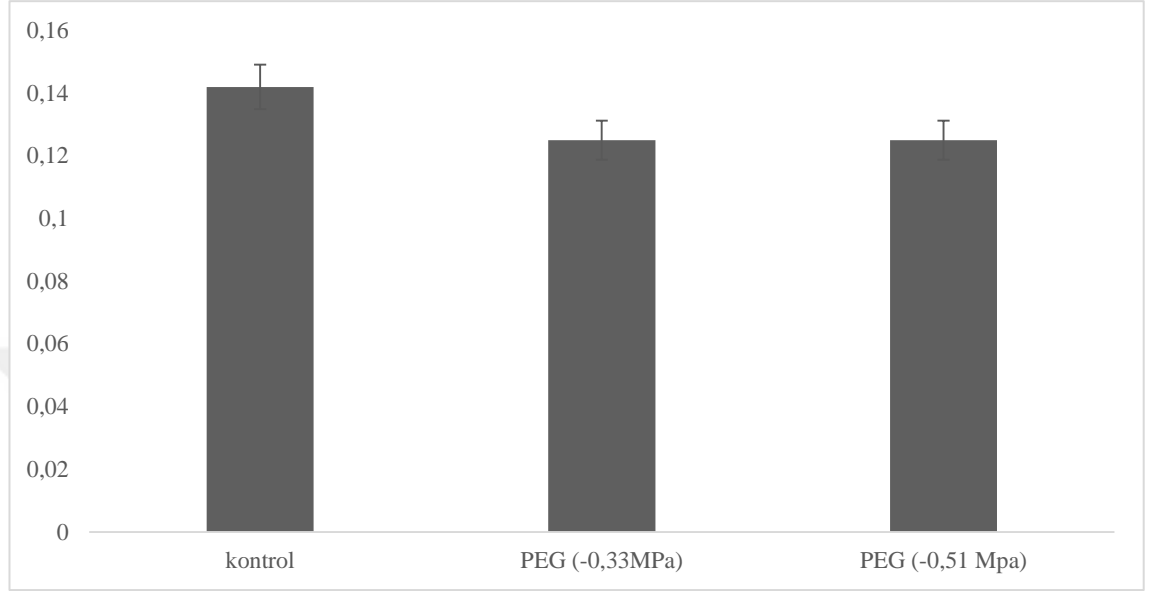
Tablo 4.15: Kök kuru-yaş ağırlık farkının (g) Duncan testi.

	0,5 mg/bitki CHT
Kontrol	1,405a
-0,33 MPa	0,7948b
-0,51 MPa	0,4835c

Şekil 4.8’de gözlemlendiği üzere PEG (0; -0,33 ve -0,51 MPa) koşullarında yetiştirilen kitosan tohum muameleli bitkilerden elde edilen fidelerdeki kök yaş ve kuru ağırlık farkları, kontrol grubuna oranla belli bir miktar düşüş gözlemlenmiştir. Sonuçlar MSTAT-C programında ANOVA-1’e göre değerlendirilmiş (Tablo 4.15) ve buna göre  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Kök gelişiminin kuraklık koşullarında olumsuz etkilenmekte olduğu birçok literatürde bildirilmiştir. Çalışmamızda uygulanan kitosanın kök gelişimindeki olumsuz etkileri iyileştirme eğiliminde olduğu söylenebilir.

## 4.2.6. Enzim Aktiviteleri

### 4.2.6.1. CAT aktivitesi (U.mg-l)



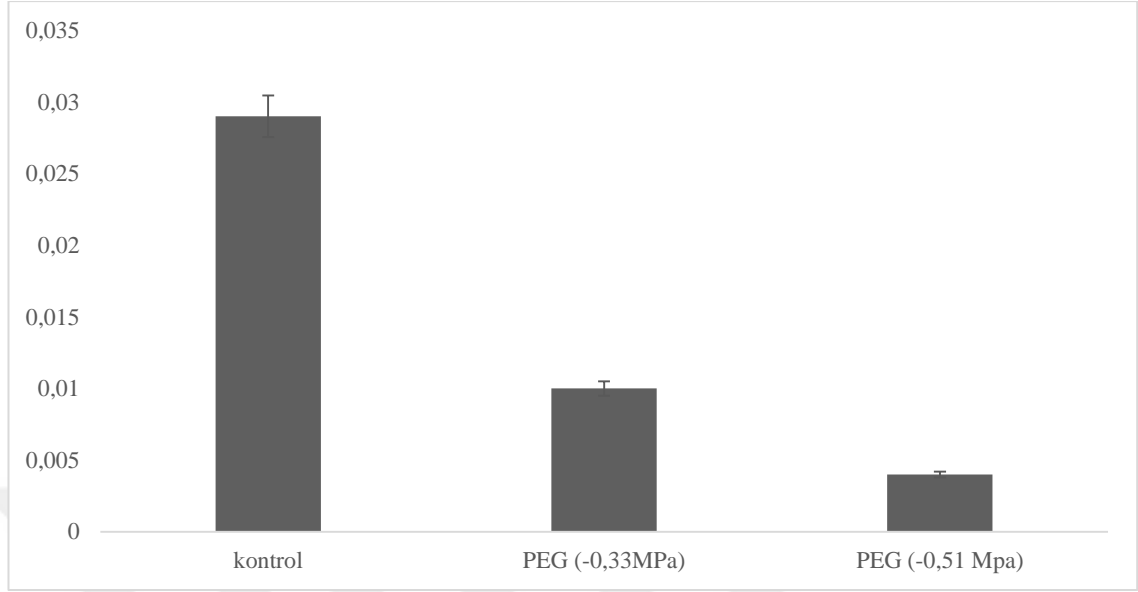
Şekil 4.9: Kontrol ve kuraklık uygulamalarında CAT aktivitesi(U.mg-l).

Yapılan varyans analizinde, CATxkuraklık interaksyonu önemli bulunmamıştır (Tablo 4.16). Katalaz, kitosanın molekül ağırlığının çok yüksek olmasından kaynaklı yaprak bünyesine alınmasında katalazın kısa sürede uyarılmasına engel olduğu ve herhangi bir aktivite gözlemlenmediği söylenebilir (Şekil 4.9). Zheng ve diğ (2017) kiviye kitosan uygulamışlar ve düşük dozda kitosanın CAT'ın olumlu etkisini gözlemlemişlerdir. Jabeen ve Ahmad (2019)'ın yaptıkları çalışmada ise aspir ve ayçiçeğine stres altında kitosan uygulanmış ve CAT içeriğinde azalma gözlemlemişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada kuraklık stresi koşullarında CAT aktivitesi azalmış ancak kitosan buna engel olamamıştır sonucuna ulaşmıştır.

Tablo 4.16: CAT aktivitesi MSTAT-C varyans analizi.

	CAT (U.mg-l)
Kontrol	0,142
-0,33 MPa	0,125
-0,51 MPa	0,125

#### 4.2.6.2. POD aktivitesi (U.mg-l)



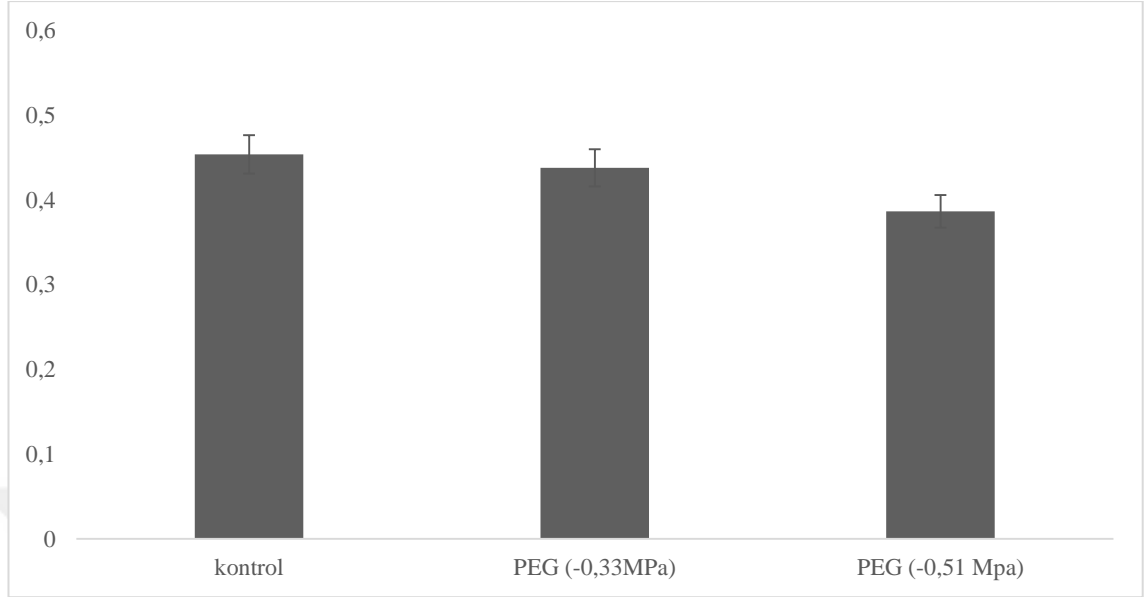
Şekil 4.10: Kontrol ve kuraklık uygulamalarında POD aktivitesi (U.mg-l).

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi PEG-6000 (0; -0,33 ve -0,51 MPa) kuraklık stresi koşullarında çiçeklenme gün sayısının %50'sinin tamamlandığı dönemde yapraktan uygulanan 0,5 mg/l kitosan çözeltisinde belirlenen POD için yapılan Duncan testinde  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli olduğu gözlemlenmiştir. Özfıdan tarafından 2010 yılında yapılan araştırmada kuraklık stresi koşullarında POD enzim aktivitesinin total enzim aktivitesine oranı %17,36 olduğu söylenmiş, bizim çalışmamızda ise PEG (0; -0,33 ve -0,51 MPa) koşullarında total enzim aktivite ortalaması yaklaşık %43 düzeylerinde bulunmuştur. Bu değer göz önüne alındığında kitosanın kuraklık koşullarında POD aktivitesine olumlu etkide bulunduğu söylenebilir. POD enzim aktivite değeri Duncan testi Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17: POD aktivitesi (U.mg-l) Duncan testi.

	POD (U.mg-l)
Kontrol	0,0293a
-0,33 MPa	0,0100a
-0,51 MPa	0,0040a

#### 4.2.6.3. SOD aktivitesi



Şekil 4.11: Kontrol ve kuraklık uygulamalarında SOD aktivitesi (U.mg-1).

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi PEG-6000 (0; -0,33 ve -0,51 MPa) kuraklık stresi koşullarında çiçeklenme gün sayısının %50’sinin tamamlandığı dönemde yapraktan uygulanan 0,5 ppm kitosan çözeltisinin yapılan Duncan testinde  $P \leq 0,01$  düzeyinde önemli olduğu gözlemlenmiştir. Kuraklık streslerinde belirlenen SOD aktivitesi kontrol grubu ile aynı gruba girmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18: SOD aktivitesi (U.mg-1) Duncan testi.

	SOD (U.mg-1)
Kontrol	0,4537a
-0,33 MPa	0,4380a
-0,51 MPa	0,3867a

## BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

#### 5.1.1. Tohum kaplama yöntemi ile uygulanan kitosanın bazı parametrelere etkisi

Tohum kaplaması ile uygulanan 0,5 ppm dozunda kitosanın etkilerinin PEG-6000 (0; -0,33 ve -0,51 MPa) kuraklık stresi koşulları altında değerlendirilmesi yapılmıştır. Kökçük uzunluğu, koleoptil uzunluğu, klorofil miktarı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök yaş-kuru ağırlık farkı parametreleri incelenmiştir. Kökçük uzunluğu parametresi kontrol grubu ve 2 farklı kuraklık stresi uygulamaları arasındaki istatistiksel fark  $P \leq 0,05$  seviyesinde, diğer tüm parametreler için  $P \leq 0,01$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Kontrol grubu kitosan uygulamalı olduğundan kuraklık stresleri altında her parametre için alınan gözlemlerin daha düşük çıkması beklenen bir sonuçtur. Fakat kökçük uzunluğu parametresinde -0,33 Mpa kuraklık stresi kontrol grubu ile a grubunda yer almıştır. Kök yaş ve kuru ağırlığı açısından -0,33 Mpa kuraklık stresinin kontrolün bir miktar gerisinde kalması ümit vericidir.

Çeltikte yapılan bir çalışmada kitosan tohumu, yaprağa ve yetiştirme ortamına eklenmiş ve bu interaksiyonların etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre en yüksek büyüme parametrelerine tohum muamele ve toprağa uygulama interaksiyonlarında ulaşılmıştır (Boonlertnirun ve diğ., 2008). Bir başka çalışmada ise bamya bitkisine 5 farklı dozda kitosan uygulaması yapılmış ve en yüksek dozun büyüme parametrelerinde tavsiye edilmiştir (Mondal ve diğ., 2012). Benzer şekilde çalışmamızda kuraklık stresi altında azalması beklenen büyüme parametrelerinin beklenilenin altında kalması kitosanın tohum muamelede etkisinde kaynaklanmış olabilmektedir.

Klorofil miktarı açısından kontrol grubuna kıyasla -0,33 Mpa ile oluşturulan kuraklık stresi ab grubunda yer almıştır. Kuraklık stresi artıkça tüm parametrelerin ölçüm değerlerinde kontrole göre azalma belirlenmiştir. Ortalama verileri gösterilmiştir.

Frezya çiçeği soğanlarının 3 farklı molekül ağırlığındaki 0,5 ppm kitosan çözeltisinde bekletilmesinin bazı parametrelerdeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, klorofil miktarının yüksek molekül ağırlığa sahip 0,5 ppm kitosan çözeltisinde muamele edilmiş fidelerde olduğu bulunmuş bu da çalışmamızda kullandığımız kitosanın yüksek molekül ağırlıklı olmasının doğruluğunu göstermiş olabilmektedir (Salachna ve Zawadzinska, 2014).

Fasulye bitkisinde yapılan bir çalışmada kuraklık stresine karşı kitosanın etkisi incelenmiş ve en yüksek dozun kök yaş ve kuru ağırlıklar üzerinde olumlu etkiler sağladığı ve kuraklık stresi altında büyüme parametrelerine en yüksek doz kitosanın iyileştirme etkisinin olduğunu saptamışlardır (Abu-Muriefah, 2013).

### **5.1.2. Yapraktan püskürtme yöntemiyle uygulanan kitosanın enzim aktivitelere etkisi**

Çiçeklenme gün sayısının %50'si tamamlandığında yapraktan uygulanan kitosanın kuraklık stresi koşullarındaki mısır örneklerinde CAT, SOD ve POD enzim aktivitelere etkisi gözlemlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre CATxkuraklık interaksyonu önemli bulunmamıştır. Kuraklık stresi koşullarında CAT aktivitesi azalmaya neden olmuş ancak kitosan buna engel olamamıştır. Kitosanın molekül ağırlığının çok yüksek olması sebebiyle yaprak bünyesine alınmasında güçlük olduğu ve katalazın kısa sürede etkinleşmesini sağlamadığı düşünülmektedir. Kontrol grubuna kıyasla kuraklık stresi konularında belirlenen SOD ve POD aktiviteleri  $P \leq 0,01$  seviyesinde önemli bulunmuş fakat aynı grupta yer almıştır. Gholamin ve Khayatnezhad tarafından 2020 yılında yapılan bir çalışmada kuraklık stresinin CAT, SOD ve POD aktivitesinin önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere dayanarak kontrol grubuna göre kuraklık stresi konularında enzim aktivitelerinde çok büyük farklar ortaya çıkmamasından dolayı kitosanın kuraklık stresi koşullarında mısır bitkisinde iyileştirme sağladığını söyleyebiliriz.

### **5.2. Öneriler**

Yakın gelecekte karşılaşılabilecek beklenen en büyük abiyotik stres faktörünün kuraklık olduğu bilindiğinden; yeni teknolojilerden faydalanılarak tarımsal üretimin verim ve

kalite parametrelerinin artırılma zorunluluğu açıktır. Bu teknolojilerin en gelişmeye açık olan alanlarından biri olan biyostimülant uygulamaları gerek girdi maliyetleri gerekse uygulama kolaylığı düşünülerek ivedilikle üzerinde çalışılmaya devam edilmesi gereken bir alandır. Özellikle doğada hammaddenin kolay bulunabilirliği göz önüne alındığında kitinden kitosan eldesi ile hem farklı yöntemlerle etkili sonuçlar alınabilen kitosandan kolaylıkla faydalanılabilir hem de tarımsal üretimde verim ve kalite parametreleri iyileştirilebilir. Yapılan bu çalışma doğrultusunda tohum muamelesi için en uygun dozun 0,5 ppm olduğu ve bu dozun pek çok araştırma ile paralel sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Çalışmamızın bu aşamasına en yakın araştırma fesleğen bitkisinde yapılmıştır. Fesleğende 3 farklı doz kuraklık stresi ve 3 farklı doz kitosan çözeltisi uygulanmış sonuçta da en yüksek doz olan 0,4 ppm'lik kitosan çözeltisinin tohum muamelesi sonucu morfolojik ve fizyolojik özellikleri iyileştirdiği saptanmıştır (Malekpoor ve diğ, 2016). Genel sonuçlar, kitosanın stresli ve stressiz ortamlarda gerek tohum, gerek yaprak gerekse toprağa uygulanması ile bitki üzerinde iyileştirici etkiye sahip olduğu görüşünü desteklemektedir. Yapılan diğer uygulama ise yine 0,5 ppm'lik kitosan çözeltisinin yaprağa püskürtülmesi olup antioksidan enzim aktivitelerinde (SOD ve POD) iyileştirici etkisi olduğu söylenebilir.

Kuraklık stresi altındaki bitkilerde karşılaşılan olumsuz eğilimdeki parametrelerin iyileştirilmesi için yapılan çalışmalarda kitosan uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Kitosan insan sağlığına zararı bulunmayan, toksik etkisi olmayan ve beslenmede direkt kullanım alanı bulunduğundan kullanılması yaygınlaştırılmalıdır. Kitosan tarımsal alanda gübreler dahil olmak üzere kullanılan tüm kimyasalları tamamlayıcı nitelikte değerlendirilmesi gereken, biyotik ve abiyotik streslere karşı bitkinin toleransını artıran, tarla ve bahçe bitkilerinin verim ve kalitesini artıran; yeni ve potansiyel bir tarımsal girdi kategorisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de henüz bir yasal düzenleme olmaması ve ülkeler arası farklılıkların bulunması, biyostimülantlarla yapılacak çalışmaların artması gerektiğini düşündürmektedir. Bu kapsamda yapmış olduğumuz çalışmamızda gerek tohum muamelesi gerekse yapraktan muamele gibi 2 farklı dönemde yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlar literatüre yeni bir kaynak oluşturmuştur. Ülkemizde bu alanda yapılacak yeni çalışmaların kitosanın kullanım alanları ve kullanım şekillerinin çeşitliliği göz önüne alınarak artırılması gerektiği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdul Baki, A. A. ve Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, (13), 630-633.
- Abdulhadi, S., Seymen, M. ve Türkmen, Ö. (2017). Tuzlu Toprak Koşullarında Kabakta Arbusküler Mikorhizal Fungus Uygulamalarının Fide Gelişmesine Etkisi. *Manas J Agr Vet Life Sci*, 7(2), 1-12.
- Abu-Muriefah, S. S. (2013). Effect of Chitosan on Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants Grown Under Water Stress Conditions. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(6), 192-199.
- Ağdacı, G. S. ve Arslan, Z. F. (2022). *Sakarya İli Mısır Tarlalarında Yabancı Otlar İle İlgili Sorunların Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce.
- Albayrak, Ö. (2019). *Bazı Yerel Mısır Popülasyonlarının Kurağa Tepkilerinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Alvarez-Iglesias, L., de la Roza-Delgado, B., Reigosa, M.J., Revilla, P., Pedrol, N. (2017). A simple, fast and accurate screening method to estimate maize (*Zea mays* L.) tolerance to drought at early stages. *Maydica*, 62, 3-24.
- Al-Tawaha, A. R., Turk, M. A., Al-Tawaha, A. R. M., Alu'datt, M. H., Wedyan, M., Al-Ramamneh, E. A. M., Hoang, A. T. (2018). Using Chitosan to Improve Growth of Maize Cultivars Under Salinity Conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 24(3), 437-442.
- Anjum, S. A., Wang, L. C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L. L., ve Zou, C. M. (2011). Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(3), 177-185.
- Atalık, A. (2009). Küresel Isınmanın Su Kaynakları ve Tarım Üzerine Etkileri. *Bilim ve Ütopya*. 139, 18- 21.
- Babaoğlu, M., (2005). Mısır ve Tarımı. Erişim: Nisan. 12 2021, <http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Misir-Tarimi-2.pdf>.
- Behboudi, F., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Kassae, M. Z., Sanavi, M., Mohamad, S. A., Sorooshzadeh, A., Ahmadi, S. B. (2018). Evaluation of chitosan nanoparticles effects on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under late season drought stress. *Journal of Water and Environmental Nanotechnology*, 3(1), 22-39.

- Bewley, J. D., Black, M., (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination. Plenum Press, New York*, 445.
- Berger, J. (1962). Maize Production and the Manuring of Maize. *Centre d' étude de L' azote, Geneva*, 315.
- Beaudreau, Jr., D., G. (2013). Biostimulants in Agriculture: Their Current and Future Role in a Connected Agricultural Economy. *Biostimulant Coalition*, 2. doi: 10.3389/2020.00040.
- Blum, A., (2011). Drought resistance is it really a complex trait. *Functional Plant Biology*, (38), 753-757.
- Boonlertnirun, S., Boonraung, C., Suvanasa, R. (2008). Application of Chitosan in Rice Production. *Journal of Metals. Materials and Minerals*, 18(2), 47-52.
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A. (2015), Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*. 31, 1–17. doi: 10.1080/01448765.2014.964649.
- Büyük, İ., Soydam, Aydın, S., Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69 (2), 97-110.
- Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, W. J. (2013). Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant Soil* 383, 3-41.
- Cangi, R., Tarakçıoğlu, C., Yaşar, H. (2006). Effect of humic acid applications on yield, fruit characteristics and nutrient uptake in Ercis grape (*V. vinifera* L.) cultivar. *Asian Journal of Chemistry*. doi: 20.500.12881/7294.
- Cebeci, İ., Demirkıran O., Doğan O., Karagöz S. K., Öztürk Ö., Elbaşı F. (2019). Türkiye'nin İller Bazında Kuraklık Değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi*, 169-176. doi:10.21657/655613.
- Cesur, S., Koroğlu, C., Sırma, B. Erişim tarihi: Mayıs, 18 2023, *Plastik, Ambalaj, Makine ve Kalıp Sektörünün Aylık Teknik Dergisi*. <http://www.plastik-ambalaj.com/tr/119-plastik-ambalaja-makale/1921-kitosan-ozellikleri-ueretimi-ve-uygulama-alanlar>.
- Chen, T. H. H., Murata, N. (2011). Glycinebetaine protects plants against abiotic stress: mechanisms and biotechnological applications. *Plant Cell Environ*. 34, 1-20. doi:10.1533/9780857093936.1.
- Cho, Y., No H. K., Meyers, S. P. (1998). Physicochemical Characteristics and Functional Properties of Various Commercial Chitin and Chitosan Products. *J. Agric. Food Chem*. 46 (9), 3839-3843.
- Colla, G., Roupael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., and Cardarelli, M. (2015). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science* 5, 448. doi: 10.3389/fpls.2014.00448.
- Colla, G., Roupael, Y. (2015). Biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 1-2.

- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Luccini, L., Canaguier, R., Roupshael, Y., (2014). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, (196), 28-38.
- Corte, L., Dell'Abate, M. T., Magini, A., Migliore, M., Felici, B., Roscini, L., Sardella, R., Tancini, B., Emiliani, C., Cardinali, G., Benedetti, A. (2014). *J. Sci. Food Agric.* 94, 235-345.
- Cosgrove, J. (2010). *The Global Chitosan Market. Nutraceuticals World*. Erişim tarihi: Mayıs, 5 2021, [https://www.nutraceuticalsworld.com/contents/view\\_onlineexclusives/2010-12-02/the-global-chitosanmarket-](https://www.nutraceuticalsworld.com/contents/view_onlineexclusives/2010-12-02/the-global-chitosanmarket-).
- Cömertpay, G. (2000). *Yerel mısır populasyonlarının morfolojik ve DNA moleküler işaretleyicilerinden SSR tekniği ile karakterizasyonu*. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*. (23), 371-393.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F. (2006). Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1482-1487.
- Çeçen, Ö., (2004). *Kuraklık Stresine Maruz Bırakılan Mısır (Zea mays L.) Bitkisine Eksojen Olarak Uygulanan Naftalen Asetik Asit (NAA), Absisik Asit (ABA) ve Jasmonik Asit (JA) 'nın Etkilerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Çırak, C., Esendal, E., (2006). Soyada Kuraklık Stresi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(2), 231-237.
- Çimrin, K. M., Karaca, S., Bozkurt, M. A. (2001). Mısır Bitkisinin Gelişimi ve Beslenmesi Üzerine Hümik Asit ve NPK Uygulamalarının Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 7(2), 95-100.
- Demir, A. Seventekin, N. (2009). Kitin, Kitosan ve Genel Kullanım Alanları, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 3(2), 92-103.
- Demir, Ş. (2023). *Farklı biber (Capsicum annum L.) çeşitlerinin kuraklık stresi toleransları ve toleransın geliştirilmesinde poliaminlerin etkisinin araştırılması*. (Yüksek Lisans tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Rize.
- Demirevska, K., Zasheva, D., Dimitrov, R., Simova-Stoilova, L., Stamenova, M., Feller, U. (2009). Drought stress effects on Rubisco in wheat: changes in the Rubisco large subunit. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(6), 1129-1138.
- Denli, Z. (2013). *Kiwano (Cucumis metuliferus) Bitkisinde Peroksidaz Enzimlerinin Kinetik Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Domard, A., Domard, M. (2002). Chitosan: Structure-properties relationship and biomedical applications. *Polymeric Biomaterials, Revised and Expanded*. 9/ 187-212 doi:10.1201/9780203904671.ch9.

- Ecem, N. (2010). *Farklı Mısır (Zea mays L.) Çeşit ve Hatlarında Kuraklık Stresi Etkilerinin Fizyolojik Olarak İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- El-Boray, M., Mostafa, M., Shaltout, A., Hassan, K. (2015). Influence of fulvic acid plus some microelements and microorganisms on yield and quality characteristics of superior seedless grapevines. *Journal of Plant Production*. 6(3), 287-305.
- Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A., Nardi, S. (2013). Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. Plants. *Plant Soil*, 364, 145-158.
- Esquinaz Alcazar, J.T. (1993). Plant Genetic Resources, Plant Breeding: Principles and prospects. Edited by M.D. Hayward, N.O. Bosemark and I. Romagosa. Published in 1993 by Chapman & Hall, London. ISBN 0 412 43390 7.
- Erdal, Ş. (2014). *Kendilenmiş Mısır (Zea mays L.) Hatlarının Kuraklık Stresine Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi ve Moleküler Karakterizasyonu*. (Doktora Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Erdal, Ş. (2016). Mısırdaki Normal ve Kuraklık Stresi Koşullarında Tane Verimi ile İlişkili Seleksiyon Kriterlerinin Belirlenmesi. *Derim*, 33(1), 131-143.
- Halpern, M., Tal, B. A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*. 129, 141-174.
- Hamzaoğlu, B. (2023). *Karides Atıklarından Elde Edilen Kitosan ile Ticari Kitosanın Moleküler Yapı, Kimyasal Özellikler ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Test ve Analizlerle Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Harfoush, E. A., Abdel-Razek, A. H., El-Adgham, F. I., El-Sharkawy, A. M. (2017). Effects of Humic Acid and Chitosan under Different Levels of Nitrogen and Potassium Fertilizers on Growth and Yield Potential of Potato Plants (*Solanum tuberosum* L.). *Alex. J. Agric. Sci.* 62(1), 135-148.
- Hashem, A., Kumar, A., Al-Dbass, A. M., Alqarawi, A. A., Al-Arjani, A. F., Singh, G., Farooq, M., Abd\_Allah, E. F. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi and biochar improves drought tolerance in chickpea. *Saudi Journal of Biological Science*, 26 (3), 614-624.
- Gholamin, R. ve Khayatnezhad, M. (2020). The effect of dry season stretch on Chlorophyll Content and RWC of Wheat Genotypes (*Triticum durum* L.). *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 13(4), 1829-1833.
- Goosen, F. A. (1997). Applications of Chitin and Chitosan, *CRC Pres LLC*, 336.
- Göçer, U. E. (2019). *Mısır (Zea mays L.) bitkisinde dna metilasyonu ve heterosis ilişkileri üzerine bir araştırma / A study on the dna methylation and heterosis relations in maize (Zea mays L.)*. (Doktora Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Gökbayrak, Z., Dardeniz, A., Bal, M., (2008). Stomatal density adaptation of grapevine to windy conditions. *Trakia Journal of Sciences* 6(1), 18- 22.

- Granada, C. E., Passaglia, L. M. P., Souza, E. M., Sperotto, R. (2018). Is Phosphate Solubilization the Forgotten Child of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. doi: 10.3389/2018.02054.
- Guan, Y. J.; Hu, J.; Wang, X. J.; Shao, C. X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *J. Zhejiang Univ. Sci.*, 10, 427-433.
- Güçlüer, M. E. (2022). *Domateste Kök Bakterilerinin Kuraklık Stresine Etkilerinin Moleküler Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gürsoy, M., Kolsarıcı, Ö. (2017). Effects of Different Humic Acid Doses in Leonardite Environment on the Oil Percentage and Fatty Acids of Summer Rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) under Central Anatolian Conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (11), 6447-6456.
- Gürsoy, M. (2020). Effect of Chitosan Pretreatment on Seedling Growth and Antioxidant Enzyme Activity of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars under Saline Conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*. 18 (5), 6589- 6603.
- He, W., Wang, Y., Luo, H., Li, D., Liu, C., Song, J., Zhang, Z., Liu, C., Niu, L. (2020). Effect of NaCl stress and supplemental CaCl<sub>2</sub> on carotenoid accumulation in germinated yellow maize kernels. *Food Chemistry* 309, 125779.
- Hinsinger, P., Betencourt, E., Bernard, L., Brauman, A., Plassard, C., Shen, J. (2011). P for two, sharing a scarce resource: soil phosphorus acquisition in the rhizosphere of intercropped species. *Plant Physiol.* 156, 1078-1086. doi: 10.1104/111.175331.
- Jabeen, N., Ahmad, R. (2013). The Activity of Antioxidant Enzymes in Response to Salt Stress in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seedlings Raised from Seed Treated with Chitosan. *J Sci Food Agric.* 93, 1699-1705. doi: 10.1002/jsfa.5953.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture & Biology*. 11, 100-105.
- Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae Volume* 196, 3-14. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021.
- Jorquera, M. A., Hernandez, M. T., Rengel, Z., Marschner, P., De La Luz Mora, M. (2008). Isolation of culturable phosphobacteria with both phytate-mineralization and phosphate-solubilization activity from the rhizosphere of plants grown in a volcanic soil. *Biol. Fertil. Soils.* 44, 1025–1034. doi:10.1007/s00374-008-0288-0.
- Jugenheimer, R. W. (1958). Hybrid maize breeding and seed production. *FAO Agricultural Development Paper*. 62, 369.

- Kara, D. (2008). *Sakarya'da Yetişen İki Farklı Kabak Çekirdeğinden (Cucurbita maxima ve moschata) Katalaz Enziminin Karakterizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kara, A., Tunçtürk, M., Tunçtürk, R. (2019). Ekinezya (*Echinacea purpurea* L.) Bitkisinde Tuz Stresi Ve Deniz Yosunu Uygulamalarının Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkisinin Araştırılması. *Derim*, 36(2), 199-206.
- Karaca, G. (2020). *Kitosanın (Zea mays L.) Metilglükosol Toksisitesi Üzerinde Koruyucu Rolünün Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Khor, E. (2001) Chitin: Fulfilling a Biomaterials Promise. *Elsevier Science and Technology*. 148.
- Kırtok, Y., (1998). Mısır Üretimi ve Kullanımı. *Kocaelik Basım ve Yayınevi*. 445.
- Kireççi, O. A. (2018). Bitkilerde Enzimatik ve Enzimatik Olmayan Antioksidanlar. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 473-483.
- Knaul, J. Z., Hudson, S. M. (1999). Improved mechanical properties of chitosan fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 72(13), 1721.
- Kocira, S. (2019). Effect of Amino Acid Biostimulant on the Yield and Nutraceutical Potential of Soybean. *Chil. J. Agric. Res.* 79 (1). doi: 10.4067/S0718-58392019000100017.
- Kurtuluş, G., Vardar, F., (2020). Kitosanın Özellikleri, Uygulama Alanları, Bitki Sistemlerine Etkileri. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32(3), 258-269.
- Kutlu, İ., (2010). Tahıllarda Kuraklık Stresi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 3(1), 35-41.
- Kün, E., (1985). Sıcak İklim Tahılları. *Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 953, Ders Kitabı 275- 317* Ankara.
- Lamm, F.R., Nelson, M.E. ve Rogers, D.H., (1993). *Resource Allocation in Corn Production With Water Resource Constraints*. Trans. of ASAE, 9, 379-385.
- Lian-ju, M., Yueying, L., Lanlan, W., Xuemei, L., Ting, L. & Ning, B. (2014). Germination and Physiological Response of Wheat (*Triticum aestivum*) to PreSoaking with Oligochitosan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16(4), 766-770.
- Lichtenhaler, H. K. (1996). Vegetation stres: an introduction to the stres concept in plant, *J. Plant Physiol.* 148, 4-14.
- Linsey, R.K. Jr., Kohler, M. A., Paulhus, J. L. H. (1975). *Hydrology for Engineers*, 2.
- Lizarraga-Paulín, E. G., Torres-Pacheco, I., Moreno-Martínez, E., Miranda-Castro, S. P. (2011). Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. *African Journal of Biotechnology*, 10(34), 6439-6446.

- Ma, L., Li, Y., Yu, C., Wang, Y., Li, X., Li, N., Bu, N. (2012). Alleviation of exogenous oligochitosan on wheat seedlings growth under salt stress. *Protoplasma* 249(2), 393-399.
- Malekpoor, F., Pirbalouti, A.G. & Salimi, A. (2016). Effect of Foliar Application of Chitosan on Morphological and Physiological Characteristics of Basil Under 47 Reduced Irrigation. *Research on Crops*, 17(2), 354-359.
- Malerba, M., Cerana, R. (2019). Recent applications of chitin and chitosan based polymers in plants. *Polymers*. 11(5), 839.
- Mondal, M. M. A., Malek, M. A., Puteh, A. B., Ismail, M. R., Ashrafuzzaman, M., Naher, L. (2012). Effect of Foliar Application of Chitosan on Growth and Yield in Okra. *Australian Journal of Crop Science*. 685, 918-921.
- Mengü, P. G., Anaç, S., Özçakal, E. (2011). Kuraklık Yönetim Stratejileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2), 175-181.
- Michalak, I., Norrie, J., Critchley, A. T. (2021). Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development. *Chapter7- Enhancing Plant Pigments using Natural Biostimulants*. 165-196.
- Muhie, H. S., Memiş, N., Özdamar, C., Gökdaş, Z., Demir, İ. (2021). Biostimulant priming for germination and seedling quality of carrot seeds under drought, salt and high temperature stress conditions. *Int J Agric Environ Food Sci* 5 (3), 352-359. doi: 10.31015/jaefs.2021.3.13.
- Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Rosa, R. C. C., Canellas, L. P. (2015). Substrate Biofortification in Combination with Foliar Sprays of Plant Growth Promoting Bacteria and Humic Substances Boosts Production of Organic Tomatoes. *Scientia Horticulturae*. 183, 100-108.
- Öktem, A. G., Nacar, A. S., Öktem, A. (2017). Sıvı Olarak Toprağa Uygulanan Hüyük Asit Miktarlarının Kırmızı Mercimek Bitkisinde (*Lens culinaris Medic.*) Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 26, 119-124.
- Öner, F. (2011). *Karadeniz Bölgesindeki Yerel Mısır (Zea mays L.) Genotiplerinin Agronomik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi* (Doktora Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Özcan, S., Gürel, E., Babaoğlu, M. (2001). *Bitki Biyoteknolojisi II*, Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları sf: 308-313.
- Özdemir, Z. (2014). Kitin, Kitosanın Fonksiyonel Özellikleri ve Kullanım Alanları. *Türkiye Kimya Derneği*. 104.
- Özenç, D. B., Şen, O. (2016). Farklı Gelişim Dönemlerinde Uygulanan Deniz Yosunu Gübresinin Domates Bitkisinin Gelişim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*. 6, 235-242.
- Özfidan, C. (2010). *Ekzojen ABA Uygulamasının Kuraklık Stresi (PEG-6000) Altındaki Yabani ve ABA-Eksik Arabidopsis Mutantları Üzerindeki Biyokimyasal ve Fizyolojik Etkilerinin Araştırılması*. (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Öztürk, N. Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Türk Tarım –Gıda Bilim veTeknoloji Dergisi*. 3(5), 307-315.
- Park, R. D., Jo, K. J., Jo, Y. Y., Jin, Y. L., Kim, K. Y., Shim, J. H. (2002). Variation of antifungal activities of chitosans on plant pathogens. *J. Microbiol Biotechnol*, 12, 84–88.
- Pektaş, İ. (2009). *Bitki Gelişim Düzenleyicilerinin Antioksidan Enzimler Üzerindeki Etkisinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Pilon-Smits, E. A. H., Quinn, C. F., Tapken, W., Malagoli, M., Schiavon, M. (2009). Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*. 12/3, 267-274.
- Rahman, M., Mukta, J. A., Sabir, A. A., Gupta, D. R., Mohi-Ud-Din, M., Hasanuzzaman, M., Islam, M. T. (2018). Chitosan biopolymer promotes yield and stimulates accumulation of antioxidants in strawberry fruit. *PloS One* 13(9).
- Rathore, S. S., Chaudhary, D. R., Boricha, G. N., Ghosh, A., Bhatt, B. P., Zodape, S.T. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany* 75:351-355. doi: 10.1016/j.sajb.2008.10.009.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Polymer Science* 31(7), 603-632.
- Rouphael, Y., Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in agriculture. *Front. Plant Sci*. 11. doi: 10.3389/fpls.2020.00040.
- Rose, T. M., Patti, F. A., Little, K. R., Brown, L. A., Jackson, W. R., Cavagnaro, T. R. (2014). Chapter Two: A Meta-Analysis and Review of Plant Growth Response to Humic Substances: Practical Implications for Agriculture. *Advances in Agronomy* Volume 124, 37-89.
- Rufato, K., Galdino, J., Ody, S. K., Pereira, G. A. (2018). Hydrogels Based on Chitosan and Chitosan Derivatives for Biomedical Applications. *Hydrogels*, 1-40.
- Salachna, P., Zawadzinska, A. (2014). Effect of Chitosan on Plant Growth, Flowering and Corms Yield of Potted Freesia. *Journal of Ecological Engineeri*. 15 (3), 97-102.
- Sbrana, C., Avio, L., Giovannetti, M. (2014). Beneficial mycorrhizal symbionts affecting the production of health-promoting phytochemicals. *Electrophoresis* 35, 1535-1546. doi: 10.1002/elps.201300568.
- Sheikha, S. A., Al-Malki, F. M. (2011). Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. *European Journal of Scientific Research*. 50 (1), 124-134.
- Sivritepe, H. Ö. (2011). Tohum Canlılığının Değerlendirilmesi. *Alatarım* 10 (2), 94-105.
- Sönmez, E. (2019). *Tuz Stresi Altındaki Mısır (Zea mays L.) Bitkisinde Potasyum Uygulamalarının Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkisinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Stahl, W., Sies, H. (2003). Antioxidant Activity of Carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine* 24, 345-351. doi:10.1016/S0098-2997(03)00030-X.
- Suvannasara, R., Boonlertnirun, S. (2013). Studies on Appropriate Chitosan Type and Optimump Concentration on Rice Seed Storability. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 8 (3), 196-200.
- Taş, T., Öktem, A. (2019). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Bazı Mısır Genotiplerinin (*Zea mays* L.) Yüksek Sıcaklık ve Su Stresine Fizyolojik, Morfolojik ve Biyokimyasal Tepkilerinin Belirlenmesi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 3 (1), 128-152.
- Taştan, Ö., Baysal, T. (2013). Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Kitosan Kullanımı. *Gıda*. 38 (3), 175-182.
- Tozluoğlu, A., Çöpür, Y., Özyürek, Ö., Çıtlak, S. (2015). Nanoselüloz Üretim Teknolojisi. *Türkiye Ormancılık Dergisi* 16(2), 203-219.
- Turfan, N. (2017). Effect of Some Abiotic Stress Factories on Savrun Spinach (*Spinacea oleracea* L.). *Turkish Journal Of Agriculture, Food Science And Technology* 5(6), 660-667.
- Turrini, A., Avio, L., Giovannetti, M., Agnolucci, M. (2018). Functional Complementarity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Associated Microbiota: The Challenge of Translational Research. *Plant Sci.*,9. doi:10.3389/fpls.2018.01407.
- Üçgül, İ., Aras, S., Özdemir K. D. (2016). Farklı Hammadde Kaynaklarından Kitinin Saflaştırılması ve Tekstil Uygulamaları. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 9, 46-56.
- Vernieri, P., Ferrante, A., Borghesi, E., Mugnai, S. (2006). Biostimulants: a tool for improving quality and yield. *Fertilitas Agrorum*. 1, 17-22.
- Vranova, V., Rejsek, K., Skene, R. K., Formanek, P. (2011). Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant and Soil*. 342, 31-48.
- Wally, O. S. D., Critchley, A. T., Hiltz, D., Craigie, J. S., Han, X., Zaharia, I. L., Abrams, R. S., Prithiviraj, B. (2013). Regulation of Phytohormone Biosynthesis and Accumulation in *Arabidopsis* Following Treatment with Commercial Extract from the Marine Macroalga *Ascophyllum nodosum*. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32, 324-339.
- Wilhite, D. A, Glantz, M. H., (1985). Understanding the drought phenomenon the role of definitions, *Water International*, 10: 111-120.
- Wilkes, G. (1966). Teosinte: The Closest Relative of Maize. *Cambridge, Mass.* 1, 159.
- Wilkes, G. (1982). Wild relatives of the maize gene pool. Maize for Biological Research. *Plant Molecular Biology Association, Charlottesville*. 335-339.
- Yağız, A. (2020). *Detemination of Using Possibilities of Different Nano Particles for Seed Coating and Priming.* (Doktora Tezi). Ömer Halis Demir Üniversitesi Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Yahyaabadi, H. M., Asgharipour, M. R., Basiri, M. (2016). Role of Chitosan in Improving Salinity Resistance Through some Morphological and Physiological

Characteristics in Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *J Sci Technol Greenhouse Cult* 7(25), 165- 174.

Yavuz, A. (2022). *Biyostimülant uygulamalarının çilekte gelişme, verim ve kalite üzerine etkileri*. (Yüksek lisans tezi). Bayburt Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bayburt.

Yazgan, İ. (2010). *Kitosanın Kimyasal Modifikasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Yıldız, O. P., Yangılar, F. (2014). Gıda Endüstrisinde Kitosan Kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30 (3), 198-206.

Yorgancılar, M., Yaşar, M. A., Atalay, E., (2019). Mısır Islahında İndirgeyici Hatların Kullanımı ve Dihaploidizasyon. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*. 1 (8), 170 – 177.

Zewail, R. M. Y. (2014). Effect of seaweed extract and amino acids on growth and productivity and some bioconstituents of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Journal of Plant Production*. 5, 1441-1453.

Zheng, F., Zheng, W., Li, L., Pan, S., Liu, M., Zhang, W., Zhu, C. (2017). Chitosan controls postharvest decay and elicits defense response in kiwi fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 10(11), 1937-1945.

Url-1 <<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=89>. Erişim tarihi: 12.04.2021.

Url-2 <<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/B%C3%BCltenler/OCAK%202022/M%C4%B1s%C4%B1r%20Ocak%20B%C3%BClteni.pdf/>>, erişim tarihi 10.08.2022.

Url-3 <*PUBLICATIONS – EBIC (biostimulants.eu)*, Erişim tarihi: 10.04.2021