

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

**FARKLI MÜZİK TÜRLERİNİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre KÜÇÜKARSLAN

Biyoloji Anabilim Dalı

SUBAT 2023

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

**FARKLI MÜZİK TÜRLERİNİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre KÜÇÜKARSLAN

Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin AKSOY

ŞUBAT 2023

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “FARKLI MÜZİK TÜRLERİNİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığımı, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(13/02/2023)

Emre KÜÇÜKARSLAN

İlime, sanata ve sahibine...

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 Prof. Dr. Hüseyin AKSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Arş. Gör. Dr. Sezen TOKSOY KÖSEOĞLU'na ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin Yasin UZUNOK, fizik bölümü yüksek lisans eğitimini tamamlamış olan arkadaşlarım Başak AKTAY ve Manolya CİN'e teşekkür ederim.

Emre KÜÇÜKARSLAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Bitki Büyümesini Etkileyen Faktörler	2
1.2. Bitkilerde Stres ve Etmeleri	2
1.3. Oksidatif Stres	3
1.3.1. Hidroksil radikali (OH [·])	4
1.3.2. Süperoksit radikali (O ₂ ^{·-})	4
1.3.3. Tekli oksijen (¹ O ₂)	5
1.3.4. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	5
1.4. Bitkilerde Antioksidan Sistem	5
1.4.1. Enzimatik antioksidanlar	5
1.4.1.1. Süperoksit dismutaz (SOD)	5
1.4.1.2. Askorbat peroksidaz (APX)	6
1.4.1.3. Glutasyon redüktaz (GR)	6
1.4.1.4. Guaiakol peroksidaz (GPOD)	7
1.4.1.5. Katalaz (CAT)	7
1.4.2. Enzimatik olmayan antioksidanlar	7
1.4.2.1. Askorbik asit	7
1.4.2.2. Tokoferoller	7
1.4.2.3. Glutasyon	7
1.5. Bitkilerde Fotosentetik Pigmentler (Klorofil a, Klorofil b ve Karotenoid)	8
1.6. Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	8
1.7. Mısır (<i>Zea mays</i> L.)	9
1.8. Ses ve Müzik	9
1.9. Kaynak Araştırması	11
2. MATERYAL VE YÖNTEM	15
2.1. Materyal	15
2.1.1. Bitki materyalleri	15
2.1.2. Ses ve müzik ekipmanları	15
2.1.3. Müzik türleri	15
2.1.4. Laboratuvarında kullanılan araç ve gereçler	15

2.2. Yöntem	15
2.2.1. Bitki yetiştirme safhası.....	15
2.2.2. Müzik uygulama yöntemi.....	16
2.2.3. Bitki boy ölçümleri	18
2.2.4. Fotosentetik pigment miktarının belirlenmesi.....	18
2.2.5. Toplam süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin belirlenmesi	18
2.2.6. Toplam katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi	19
2.2.7. Malondialdehit (MDA) miktarının belirlenmesi	19
2.2.8. İstatistiksel analizler	19
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	21
3.1. Farklı Müzik Uygulamalarının Bitki Gövde Boyu Üzerine Etkisi.....	21
3.2. Farklı Müzik Uygulamalarının Fotosentetik Pigment Miktarı Üzerine Etkisi	24
3.3. Farklı Müzik Uygulamalarının Enzim Aktiviteleri ve MDA Miktarı Üzerine Etkisi.....	25
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	27
4.1. Tartışma.....	27
4.2. Sonuç	34
KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	45

KISALTMALAR

ABA	: Absisik asit
APX	: Askorbat peroksidaz
CAT	: Katalaz
DNA	: Deoksiribonükleik asit
GPOD	: Guaiakol peroksidaz
GR	: Glutasyon redüktaz
GSH	: İndirgenmiş glutasyon
GSSG	: Okside olmuş glutasyon
IAA	: İndol-3-asetik asit
MDA	: Malondialdehit
NADPH	: Nikotinadenin amid dinükleotid fosfat
NADP⁺	: Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat
POD	: Peroksidaz
RNA	: Ribonükleik asit
ROT	: Reaktif oksijen türleri
SOD	: Süperoksit dismutaz
TBA	: Tiobarbitürik asit
TCA	: Trikloroasetik asit
yy	: Yüzyıl

SİMGELER

%	: Yüzde
Cl⁻	: Klor iyonu
cm	: Santimetre
Cu⁺	: Bakır iyonu
Fe⁺²	: Demir iyonu
gr	: Gram
H₂O	: Su
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
Hz	: Hertz
K⁺	: Potasyum iyonu
kHz	: Kilohertz
M	: Molar
mg	: Miligram
µL	: Mikrolitre
µM	: Mikromolar
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
Na⁺	: Sodyum iyonu
O₂⁻	: Süperoksit radikali
OH⁻	: Hidroksil radikali
pH	: Hidrojen gücü
ppm	: Milyonda bir birim
rpm	: Dakikadaki devir sayısı

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Farklı müzik türlerine göre bitki boy uzunlukları.....	21
Tablo 3.2. Farklı müzik türlerinin fasulye ve mısır bitkilerinin gövde boyu büyüme oranı (%) üzerine zamana bağlı etkisi.....	24
Tablo 3.3. Farklı müzik türlerinin fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarı üzerine etkisi.....	25
Tablo 3.4. Farklı müzik türlerinin fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarındaki SOD ve CAT enzimlerinin aktivitesi ve MDA miktarı üzerindeki etkisi.....	26

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bir müzik grubunda bitkilere müzik uygulama şekli.	17
Şekil 2.2. Kontrol grubu ve farklı müzik türleri uygulanan bitkilerin genel görünümü.	17
Şekil 3.1. Farklı müzik türleri uygulanan fasulye bitkilerinin gövde boyunda zamana bağlı olarak gözlenen değişim.....	22
Şekil 3.2. Farklı müzik türleri uygulanan mısır bitkilerinin gövde boyunda zamana bağlı olarak gözlenen değişim.....	23

FARKLI MÜZİK TÜRLERİNİN BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada, farklı müzik türlerinin bitki gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada bitki türü olarak mısır (*Zea mays* L.) ve fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) türleri kullanılırken, müzik türleri olarak metal müzik, tekno-rap ve klasik müzik kullanılmıştır. Müzik türleri belirlenirken, hareketli, negatif-agresif ve sakin türde müzik olmasına dikkat edilmiştir. Uygulamada, 40 adet mısır ve 40 adet fasulye tohumu çimlendirildikten sonra dört gruba ayrılmıştır. Her bir müzik grubuna 10 adet mısır ve 10 adet fasulye olacak şekilde, toprak yüzeyine aynı derinlikte, saksılara ekilmiştir. Kontrol grubu aynı şekilde 10 adet mısır ve 10 adet fasulyeden oluşturulmuştur. Uygulama grupları birbirinden etkilenmeyecek şekilde aynı çevre şartlarına sahip ortamlarda ve birbirine uzak mesafelerde konumlandırılmıştır. 21 gün boyunca saat 10:00-14:00 arası müzik uygulaması yapılmıştır. Ses kaynağı, her grupta bulunan 20 saksının yuvarlak olarak daire yapılmasından oluşan çemberin merkezine konulmuş ve dairenin yarıçapı 20 cm olacak şekilde saksılar yerleştirilmiştir. Her gruptaki müzik ses basıncı 85 desibel olarak ayarlanmıştır.

Deney süresince, bitki boy ölçümleri, toprak hizasından başlayarak mısırdaki en uzun yaprak ucuna kadar, fasulyede ise topraktan en yüksekteki yaprağın yaprak dalına bağlandığı yer baz alınarak, haftalık boy ölçümleri yapılmıştır. 21. gün sonunda bitkiler hasat edilerek analizler için uygun ortamda saklanmıştır. Ayrıca boy ölçümlerinde haftalık gelişim oranları da hesaplanmıştır.

Bitki boy ölçümlerinin yanında, hasat edilen bitkilerden fotosentetik pigmentler olan klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid analizleri yapılmıştır. Bitkilerde müzik etkisini biyokimyasal düzeyde anlamak için, bitki stres markerları olarak bilinen malondialdehit (MDA) seviyesinin yanında, süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzim düzeyinin ölçümleri yapılmıştır. Bütün analizlerde kontrol grubu ile uygulama grupları arasında farklılık olup olmadığı istatistik analiz yapılarak belirlenmiştir.

Bitki boy ölçümlerinde, her iki bitki için, genel olarak müzik grubuna maruz kalan grupların kontrol gruplarına göre daha uzun olduğu gözlemlenmiştir. Birinci hafta sonunda fasulyelerdeki bu artışlar, bütün uygulama gruplarında istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. İkinci hafta sonundaki artışlar anlamlı olmazken, üçüncü hafta sonunda fasulyelerde metal müziğine maruz kalan grup ile mısır bitkisinde klasik müziğe maruz kalan gruptaki boy uzunlukları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Gelişim yüzdelerini karşılaştırmak için 1.-2., 2.-3., 1.-3. haftalardaki boy uzama yüzdeleri hesaplanmıştır. Farklı müzik çeşitlerine maruz bırakılan fasulye bitkilerinden birinci ve ikinci hafta arasında en fazla gelişme kontrol grubunda gözlenirken, ikinci ve üçüncü haftalar arasında metal müziğine maruz bırakılan grupta gözlenmiştir. Üçüncü hafta sonunda birinci haftaya göre en hızlı gelişme yine kontrol grubunda gözlenmiştir. Kontrol grubunu metal grubu izlemiştir. Birinci ve

ikinci hafta arasında en düşük oran klasik müzik grubunda gözlenirken, ikinci ve üçüncü haftalar arasında yine klasik müziğine maruz bırakılan grupta gözlenmiştir.

Farklı müzik çeşitlerine maruz bırakılan mısır bitkilerinden birinci ve ikinci hafta arasında en fazla yüzdesel olarak gelişme kontrol grubunda olmuştur. Kontrol grubunu takiben klasik müzik, tekno-rap müzik ve metal müzikte büyüme gözlenmiştir. 2. ve 3. haftalar kıyaslandığında ise en fazla büyüme oranı tekno-rap müzik grubu, onu takiben ise metal müzik, klasik müzik ve kontrol grubu takip etmiştir. 1. haftadan 3. haftaya kadar olan uzamalar kıyaslandığında ise en çok boy uzama yüzdesi klasik müzik grubunda ölçülmüştür. Klasik müziği takiben büyüme oranları sırasıyla kontrol grubu, tekno-rap müzik grubu ve metal müzik grubunda ölçülmüştür.

Fotosentetik pigment ölçümlerinde bitkilerin klorofil a, klorofil b, toplam klorofil miktarı ve karotenoid miktarlarında kontrol grubuna göre artışlar gözlenirse de bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Burada elde edilen değerler bitki boy uzunlukları ile paralellik göstermektedir.

Süperoksit dismutaz (SOD) enzim analizinde, fasulye bitkisinde SOD enzim miktarı kontrol grubuna göre tüm müzik gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş göstermiştir. En fazla düşüş metal müzik grubunda gerçekleşmiştir. Mısır bitkisinde ise SOD enzim miktarı, kontrol grubuna göre müzik gruplarında anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Katalaz (CAT) enzim analizinde, mısır bitkisinde, klasik müzik grubunda daha fazla olmak üzere, tekno rap grubuyla birlikte anlamlı azalışlar görülmüştür. Fasulyelerde, CAT enzimi açısından, kontrol grubuna göre anlamlı farklılık görülmemiştir.

Malondialdehit (MDA) analizlerinde ise fasulye bitkisinde metal müziğe maruz kalan grupta kontrol grubuna göre anlamlı bir azalış gözlenirken, mısır bitkisinde aynı müzik grubunda, tersine anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Diğer gruplarda anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir.

Yapılan bu araştırma sonucunda, müziğin bitki gelişimi üzerine etki ettiği gözlenmiştir. Diğer yandan uygulanan müzik türlerinin, farklı bitkiler üzerinde gelişim dönemlerine bağlı olarak da farklı etkiler gösterdiği belirlenmiştir.

EFFECTS OF DIFFERENT MUSIC GENRES ON PLANT DEVELOPMENT

SUMMARY

Beans are the most cultivated legume type in the world. It originates from Central America and South America. It is the most common legume species with high protein content, which has created two different gene pools in these two regions. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are members of the legumes (*Fabaceae*) family and belong to the genus *Phaseolus*. It is one of the most produced and consumed legumes in Turkey. Water makes up about 90%. It is a plant rich in carotene and vitamin C. It is rich in manganese, iron, calcium, potassium, phosphorus, sulfur and magnesium minerals and can meet the necessary minerals for the human body. It is an important plant food source because it contains important vitamins such as A, D, E and K.

The maize plant is from the *Poaceae* family. They are diploid and consist of $2n=20$ chromosomes. It is an annual herb with C4 metabolism. It is thought that it has been cultivated since ancient years and spread all over the world from its homeland of America. It is a cold-sensitive plant and can be grown in countries with all kinds of climates in mild conditions. It can be grown in areas between 58 north and 40 south latitudes of the world and up to an altitude of about 4000 meters. It is the most cultivated plant after wheat and paddy.

Plants are indispensable organisms for all living things on earth. They are the main actors of the oxygen existence in the world. These organisms, which form the first step of the food chain; They are the most important food sources for humans, animals, fungi, protozoa and other plant species. Most of their species are photosynthetic species and they provide energy production by performing photosynthesis with the chloroplasts they contain. Chlorophyll a and b, which give the green color to the plant in their chloroplasts, produce energy by using light energy.

Plants have adapted to environmental conditions by regulating their lives throughout their lives. They maintain their diversity until now with the various systems they have developed in their metabolism by being exposed to external and internal factors. There are biotic and abiotic factors that can harm the vital activities of plants. The general term for such challenges faced by plants is stress. On plants that are mostly exposed to abiotic stress, scientists contribute to human life by using plants to understand how plants' metabolisms respond under stress conditions.

Sound is energy and propagates in waves. It is an acoustic energy that can affect solids, liquids and gases. One of the measurement of sound is "Hertz" and the unit of pressure is "Decibel". Every living thing can feel sounds at different hertz (Hz) values unique to them. In humans, this value is between 20 Hz and 20 kHz. Sounds emanating from the sound source create air pressure and spread at a harmonious intensity and frequency. Throughout history, people have affected important changes

in their lives by making use of different wavelengths and vibrations of sound. One of them is its use in medicine. Since ancient times, people have created sounds that will make an impact by evaluating the vibrational differences of the sound and using their harmonies, and we call it music today.

By taking the sounds of nature's souls as an example, people have created many kinds of music with the music they have created. The differences of these sound lines, which affect our mood, are named with notes, and today, music that can have positive and negative effects has emerged. These sounds, which appear with instruments such as stringed, percussion, and wind instruments, have been observed to affect not only humans, but also animals and plants.

In this experiment we do is to observe how musical genre differences will be affected by different plants. Today, there are sectors that can influence people's decision-making by influencing their current psychology with music. Differences are observed even in the behavior of people with different musical tastes. Types of music divided into genres according to the degree of calmness or hardness of the music, affect people's mood at the moment, such as feelings such as joy, peace, longing, courage, hatred, clothing styles, opinions about life, methods of resting themselves, moving rhythm music listened while doing sports. There are effects that can change the mood. We have prepared this experiment in order to understand how the musical genres that can affect us so much will have an effect on plants.

Many music experiments on plants generally focused on only one musical genre or only measure heights. There are studies that argue that plants have emotions or have the capacity to perceive frequencies. In general, ultrasound and sonication experiments were carried out on plants. In this study, we experimented on both different types of music and two different plant species. Also, we examined the effects of music on height measurements at the enzymatic level to find the reason of developments or disadvantages.

In this study, the effects of different music genres on plant growth were investigated. While maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) species were used as plant species in the research, metal music, techno-rap and classical music were used as musical genres. While determining the music genres, attention was paid to live, negative-aggressive and calm music. In practice, after germinating 40 maize and 40 bean seeds, they were divided into four groups. 10 maize and 10 beans for each music group were planted in pots at the same depth on the soil surface. The control group was formed from 10 maize and 10 beans in the same way. The application groups are located in environments with the same environmental conditions and at far distances from each other so that they are not affected by each other. Music was practiced between 10:00 and 14:00 for 21 days. The sound source was placed in the center of the circle, which consists of 20 flowerpots in each group and the distance of pots were set 20 cm away from sound source. The music sound pressure in each group is set at 85 decibels.

During the experiment, plant height measurements were taken from the ground level to the longest leaf tip in maize, and where the highest leaf from the soil was attached to the leaf branch in bean. By making weekly height measurements, the plants were harvested at the end of the 21st day and stored in a suitable environment for analysis. In addition, weekly growth rates were calculated in height measurements.

In addition to plant height measurements, the photosynthetic pigments chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid analyzes were made from the harvested plants. In order to understand the music effect in plants at the biochemical level, measurements of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) enzyme levels were made, as well as malondialdehyde (MDA) level, which are known as plant stress markers. Statistical analysis was performed to determine whether there was a difference between the control group and the treatment groups in all analyzes.

In plant height measurements, it was observed that the groups exposed to the music group were generally taller than the control groups for both plants. These increases in beans at the end of the first week were statistically significant in all treatment groups. While the increases at the end of the second week were not significant, the heights in the group exposed to metal music in beans and in the group exposed to classical music in maize plant at the end of the third week were statistically significant. To compare the growth percentages, the height growth percentages at the 1st-2nd, 2nd-3rd, 1st-3rd weeks were calculated. While the most improvement was observed in the control group between the first and second weeks of bean plants exposed to different types of music, it was observed in the group exposed to metal music between the second and third weeks. At the end of the third week, the fastest improvement compared to the first week was observed in the control group. The control group was followed by the metal group. While the lowest rate was observed in the classical music group between the first and second weeks, it was observed in the group exposed to classical music between the second and third weeks.

The highest percentage growth between the first and second weeks of maize plants exposed to different music varieties was in the control group. Following the control group, growth was observed in classical music, techno-rap music and metal music. When the 2nd and 3rd weeks are compared, the highest growth rate was followed by the techno-rap music group, followed by metal music, classical music and the control group. When the lengthening from the 1st week to the 3rd week is compared, the highest percentage of height growth was measured in the classical music group. Following classical music, growth rates were measured in the control group, techno-rap music group and metal music group, respectively.

Although there were increases in the chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll amount and carotenoid amount of the plants compared to the control group in photosynthetic pigment measurements, these increases were not statistically significant. The values obtained here show parallelism with the plant heights.

In the superoxide dismutase (SOD) enzyme analysis, the amount of SOD enzyme in the bean plant showed a statistically significant decrease in all music groups compared to the control group. The highest decrease was in the metal music group. On the other hand, the amount of SOD enzyme in the maize plant did not show a significant difference in the music groups compared to the control group. In the catalase (CAT) enzyme analysis, significant decreases were observed in the maize plant, more in the classical music group, but with the techno rap group. In terms of CAT enzyme, no significant difference was observed in beans compared to the control group.

In malondialdehyde (MDA) analysis, a significant decrease was observed in the bean plant in the group exposed to metal music compared to the control group, while a

significant increase was found in the same music group in maize plant. No significant differences were observed in the other groups.

As a result of this research, it has been observed that music has an effect on plant growth. On the other hand, it has been determined that the applied music types have different effects on different plants depending on the developmental periods.

1. GENEL BİLGİLER

Bütün canlılar gibi bitkiler de hayatta kalabilmek ve neslini devam ettirebilmek için buldukları ortama uyum sağlamaya çalışır. Bitkiler bu amaçla morfolojik, anatomik, fizyolojik ve moleküler değişimlere uğrayabilir. Bunun dışında bitkiler yaşadıkları ortamda büyümelerini, gelişmelerini ve üremelerini devam ettirebilmeleri için uzun bir zaman içinde adaptasyon da geliştirebilir. Örneğin bir kaktüsün çöl gibi çok sıcak ve kurak bir ortamda indirgenmiş yapraklar geliştirerek su kaybını minimum seviyeye indirmesi uzun zaman diliminde meydana gelen bir adaptasyondur. Bitkiler dinamik yapıdadır ve kısa zamanda farklı ortamlara hızlıca uyum sağlayabilmektedir. Çevresel koşullarda meydana gelen değişimlere karşı fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini yeniden düzenleyerek yaşamlarını sürdürebilir. Yine tüm canlılar gibi bitkiler de yaşadıkları ortamda ortaya çıkan stres faktörlerine karşı öncelikle fizyolojik cevaplar vermektedirler (Campbell ve Reece, 2010). Bu cevaplar bitkilerin hem metabolik stabilitelelerini korumasına hem de ortam koşullarına uyum sağlamalarına katkıda bulunmaktadır. Bazı bitki türlerinde farklı stres faktörlerinin etkisiyle sentezlenen stres proteinleri bitkilerin hayatta kalmasını sağlayabilir.

Adaptasyon doğal seçim sonucu ortaya çıkar ve bir nevi canlının yaşadığı ortama uyum değeridir. Uyum değeri, canlının genlerini bir sonraki kuşağa aktarabilme yeteneğidir. Genlerin bu aktarımıyla birlikte biyokimyasal ve fizyolojik bir takım özelliklerin yanında, yapısal ve davranışsal özellikler de aktarılmış olur. Ancak bu süreç içinde, hem kendisinde hem de yeni nesillerde bu karakterlerde farklılaşmalar da gözlenebilir. Bu farklılaşmanın temeli genlerin işleyişi ile ilgilidir. Buradaki en önemli nokta özellikle mRNA oluşumu sırasında gözlenen farklılıklardır. Aynı genden çok çeşitli mRNA'ların oluşturulması ile canlının maruz kaldığı farklı etkenlere karşı farklı proteinler üretilebilmekte ve hayatta kalması sağlanabilmektedir. Bu tür mekanizmalar canlıların ortak mekanizmaları olmasının yanında bir kısmı ökaryot canlılara özgüdür ve ilave başka mekanizmalarla birlikte farklı ortamlarda maruz kalınan etkenlere karşı bir savunma mekanizması oluşturur.

1.1. Bitki Büyümesini Etkileyen Faktörler

Her bitki yaşamını sürdürdüğü ortamın değişen şartlarına göre büyüme ve gelişme ile ilgili süreçlerini düzenler. Bitki büyümesini etkileyen ortam şartları dışsal (eksojen) ve içsel (endojen) etmenler olarak iki ayrı grupta incelenmektedir. Dışsal etmenler; ışık, sıcaklık, su ve nem, mineraller, yer çekimi etkisi ve endüstriyel ürünlerdir. İçsel etmenler ise bitkilerin kendi sentezledikleri düzenleyici hormonlar ya da çeşitli kimyasallardır. Bitki büyüme düzenleyicileri veya bitkisel hormon olarak adlandırılan bu kimyasallar; oksinler, sitokininler, giberellinler, absisik asit, etilen, brassinosteroidler, poliaminler, salisilik asit ve jasmonatlardır (Vardar, 1985). Bunların yanında hücre metabolizması sonucu oluşan farklı metabolitler de bitki büyümesini etkileyen faktörlerdendir.

1.2. Bitkilerde Stres ve Etmenleri

Biyotik ve abiyotik stres faktörleri, kloroplastlarda moleküler oksijenin indirgenmesi ve aktivasyonuna neden olan düşük sıcaklık stresinde de oksijen radikallerinin bitki zararlanmasında rol oynadığı belirtilmiştir. Bitkiler, yaşadıkları doğal ortamlarda çeşitli stres faktörleriyle başa çıkmak zorundadır. Kimi zaman ekstrem sıcaklıklar bitkide hızlı şekilde stres oluştururken, kimi zaman kuraklık stresi günler sonra stres yanıtı oluşturabilmektedir. Mineral eksikliği ise daha uzun bir süreçte stres etkisi gösterebilmektedir. Bitkilerin sahip olduğu Stres tolerans mekanizmaları doğadaki dağılımlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Bitkilerdeki bu mekanizmayı anlamamanın hem tarım hem de çevre için önemi büyüktür. Bitkilerin çevresel stres faktörlerine karşı sahip olduğu bu adaptasyon ve aklimasyon (uyum) mekanizmalarını anlamak için birçok bilimsel çalışma yapılmıştır Bitkilerin olumsuz çevresel koşullar altında canlılıklarını koruyabilmek için fizyolojik ve morfolojik karaktere sahip aklimasyon ve adaptasyon yeteneği vardır. Bitkiler kuraklık, tuzluluk, ve yüksek ışık yoğunluğu gibi stres koşullarıyla karşılaştıklarında hücrelerde artan reaktif oksijen türleri (ROT) stres aklimasyonunun sağlanmasına katkıda bulunur. Her ne kadar hücrelerdeki ROT konsantrasyonunun belirli bir seviyeye kadar artması aklimasyonu sağlasa da fazlalığı bitki için toksik etki göstermektedir (Choudhury ve ark., 2017). Üşüme stresi ve soğuk aklimasyonu sırasında (0 °C ile 15 °C arası) bitki hücrelerinde H₂O₂ birikimi gözlemlenebilir. Bu zararlı radikallerin stres şartlarında oluşma potansiyelinin soğuğa hassas bitkilerde daha fazla olduğu belirtilmektedir (Hausladen ve Alscher,

1994; Tao ve ark., 1998). Stres kavramı genelde bitkiler üzerinde olumsuz etki eden faktörlerin bitkide oluşturduğu metabolik olaydır. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi engelleyici ve metabolik faaliyetleri sekteye uğratabilecek şartlar biyotik ve abiyotik stresler olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık, tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklıklar, oksijen eksikliği ve hava kirliliği gibi olumsuz şartlarda bitkilerde yoğun bir stres oluşmaktadır. (Taiz ve Zeiger, 2002).

Bitkilerde abiyotik stresin oluşmasına neden olan etmenler; ışık, pH, su, sıcaklık, mineraller, gazlar, radyasyon, kimyasallar örnek verilebilir. Biyotik etmenler ise; böcekler, mikroorganizmalar, patojenler, yabancı otlar, insanlar ve hayvanların olumsuz etkileridir. Bitkiler bu tür etmenlere karşı hayatlarını sürdürebilmeleri için kendi direnç ve dayanıklılık mekanizmalarını geliştirmişlerdir (Doğru, 2006).

1.3. Oksidatif Stres

Bir organizmada heksoz monofosfat yolu, mitokondrial elektron transportu, ksenobiotiklerin metabolizması, doğal uyararla fagositik hücrelerin aktivasyonu, biyosentetik ve biyokimyasal yıkım olayları hücrede ROT oluşturur (Ozturk ve ark., 2003).

Reaktif oksijen türlerinin (ROT) dış yörüngelerinde eşleşmemiş elektron çiftleri bulunur. Elektron dizilimleri normal değildir ve ömürleri kısadır. Çevresindeki moleküllerle etkileşime girerek elektron alışverişi yapabilmektedir. Yapısal olarak kararsız olan ROT molekülleri kararlı hale gelebilmek için çevresindeki moleküllerle etkileşime girerek onların yapılarını bozar. Bu yüzden ROT molekülleri yükseltgeyici ve indirgeyici özelliktedir. Reaktif oksijen türleri radikaller ve radikal olmayanlar olarak iki gruptadır. Radikal grubundaki moleküllerin elektronları eşleşmemiş haldedir ve çevresindeki moleküllerle kolayca tepkimeye girer. Hidroksil (OH⁻) ve süperoksit radikali (O₂⁻) bu gruba örnektir. Radikal olmayan gruptakiler ise kararlı haldedir ve elektronları çiftler halindedir. Böylece çevresindeki moleküllerle tepkimeye girme şansları daha azdır. Hidrojen peroksit (H₂O₂) bu gruba örnektir (Halliwell ve Gutteridge, 2015).

Bitkilerdeki en büyük ROT kaynağı kloroplastlardaki fotosentetik elektron taşıma reaksiyonlarıdır. Mitokondride elektron taşınmasında görevli olan ubisemikionlar, flavinler ve diğer elektron taşıyıcılarının katılımıyla süperoksit, H₂O₂ ve reaktif oksijen türlerini oluşturur. Bu yan ürünler hücreye aşırı şekilde zarar verir. Solunum

zinciri bileşenleri ileri derecede indirgendiğinde ROT oluşumunun yüksek olmasından dolayı solunum zincirinin aşırı indirgenmesini bertaraf etmek için bir mecburiyet oluşur (Lyons ve Raison, 1970). Strese maruz bırakılan canlılarda ROT sistemi uyarılarak ROT üretimi başlatılır. Aktifleştiren bu ROT sistemine karşı ise antioksidan sistem devreye girerek, enzimatik bileşenler olan süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve enzimatik olmayan bileşenler olan karotenoidler ve glutatyon seviyelerinde artışlar meydana getirir (Wei ve ark., 2012). Antioksidan sistemin devreye girmesi canlıyı ROT'nin zararlı etkilerinden korur.

Malondialdehit (MDA), hücre zarındaki çoklu doymamış yağ asitlerinin serbest radikallerin uyarımıyla oksidasyonu sonucunda oluşan bir bileşiktir. Bunun sonucunda MDA varlığı oksidatif stresin indikatörü olup, membrandaki lipidlerin uğradığı oksidatif hasarın boyutunun tespitinde kullanılan bir parametredir (Koca, 2007). Malondialdehit, lipid peroksidasyonunun son ürünüdür ve doku reaksiyon zincir hızının bir belirteci olarak kullanılır. Ayrıca ROT seviyesinin tespitinde kullanılırlar. MDA fosfolipidlere veya nükleik asitlere bağlanırsa hücreye toksik etki gösterirler (Yarıktaş ve ark., 2003).

1.3.1. Hidroksil radikali (OH⁻)

Bu molekülleri detoksifiye eden herhangi bir enzim olmadığından bu ROT türü biyomoleküllerle güçlü bir şekilde tepkimeye girebilir. Bu yüzden biyolojik sistemlere diğer reaktif oksijen türlerinden daha fazla zarar verebilmekte ve hücreyi ölüme kadar götürebilmektedir (Haber ve Weiss, 1934).

Hidroksil radikalleri, Fe⁺² ve Cu⁺ metal iyonları tarafından katalizlenen reaksiyondaki hidrojen peroksitten türerler. Ayrıca Haber-Weiss ve fenton tepkimelerinde patojen savunması amacıyla üretilirler (Laitonjam, 2012).

1.3.2. Süperoksit radikali (O₂⁻)

Süperoksit radikalleri kararsız bir yapıya sahiptir. Ancak hidrojen peroksit kaynağı olarak kullanıldıklarında toksik etki göstermektedirler. Hücrede DNA zincir kırılmalarına ve lipidleri yükseltgeyerek parçalanmalarına sebep olur (Fridovich, 1995). Bir elektron eklenmesiyle moleküler oksijenden türeyen bu radikaller yüksek derecede aktif değildir. Hücre zarlarını geçemez ve üretildikleri hücrenin içinde kalır (Laitonjam, 2012).

1.3.3. Tekli oksijen ($^1\text{O}_2$)

Tekli oksijen ($^1\text{O}_2$) molekülü oksijenin ilk uyarılmış halidir ve çift elektron bulundurur. Oksijene elektron transferi ile değil, enerji aktarımıyla meydana gelir ve fotouyarımla üretilir. Birçok molekülü kolayca okside etme özelliğine sahip ve bu yüzden hücrelerde toksik etki oluşturma yetenekleri vardır (Creissen ve ark., 1996; Clo ve ark., 2007).

1.3.4. Hidrojen peroksit (H_2O_2)

İki peroksit radikalinin bir araya gelmesiyle oluşur. Kloroplast stromasındaki bazı enzimleri inaktive ederler ve toksik etki gösterir. DNA zincirinde kırılmalara ve proteinlerin parçalanarak bozunmasına sebep olabilir (Hagar ve ark., 1997). Hidrojen peroksit (H_2O_2), bitkilerde biyotik ve abiyotik stresi düzenlemede görevli sinyal molekülüdür (Levine ve ark., 1994). Bitki hücrelerinde süperoksit dismutaz, NADPH oksidaz gibi belirli enzimler aracılığıyla üretilir ve hücrel antioksidan sistemler tarafından yok edilir (Neill ve ark., 2002).

1.4. Bitkilerde Antioksidan Sistem

Antioksidanların görevi canlı hücrelerde bulunan reaktif oksijen türlerini inhibe ederek oksidatif stres etkilerini azaltmak veya yok etmektir (Rahal ve ark., 2014).

ROT oksidatif strese neden olur. Stresin dengelenmesi için antioksidanlar görev almaktadır. Antioksidan savunma sistemi oksidatif strese karşı çok etkilidir. Enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenlerden oluşurlar. Süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz, askorbat peroksidaz, dehidroaskorbat redüktaz, monodehidroaskorbat redüktaz ve glutatyon redüktaz antioksidan savunma sisteminin enzimatik bileşenleridir. Enzimatik olmayan bileşenleri ise askorbat, glutatyonin, alfa tokoferol ve karotenoidlerdir (Ahmed ve ark., 2002; Dewir ve ark., 2006).

1.4.1. Enzimatik antioksidanlar

1.4.1.1. Süperoksit dismutaz (SOD)

Aerobik organizmaların tümünde bulunur. Yapısında metal iyonları (Cu-Zn, Fe, Mn) bulduran üç farklı izozimi vardır. Oksidatif strese karşı antioksidan enzimatik savunma sisteminin ilk basamağını oluşturur (Gratão ve ark., 2015).

Süperoksit dismutaz (SOD) bir enzim olup süperoksidin oksijen (O_2) ve hidrojen peroksidi (H_2O_2) dismutasyonunu katalizleme görevi yapar. Genellikle oksijene maruz kalan tüm hücrelerde önemli bir antioksidan savunma özelliği gösterir (Sen Raychaudhuri ve Deng, 2000; Hernández ve Almansa, 2002).

Yüksek bitkilerde SOD, hücrel bileşenlerin (ROT) tarafından oksidasyonunu engelleme ve antioksidan görevini üstlenir. Mitokondriyal enerji üretim sırasında reaktif oksijen türleri birikir. Abiyotik ve biyotik stres faktörleri altındaki bitkilerde SOD enziminin aktivitesi, bitkinin maruz kaldığı stres tipine dayanıklılık derecesine bağlı olarak artabilir (Alscher ve ark., 2002).

1.4.1.2. Askorbat peroksidaz (APX)

Askorbik asitten aldığı elektronla H_2O_2 'yi su ve oksijene dönüştürür (Sharma ve ark., 2012). Katalazdan farklı olarak H_2O_2 'ye bağlanma gücü (afinite) daha yüksektir. Böylece düşük ROT konsantrasyonu hücrel aktiviteyi olumsuz derecede etkilemeye başlamadan önce hidrojen peroksiti parçalamaya başlar. H_2O_2 seviyesini kontrol altına alarak gerekli sinyal iletim olaylarına yardımcı olur ve hücreyi H_2O_2 zararına karşı korur (Mittler, 2002).

Peroksidazlar (POD) lignin biyosentezinde, indol-3-asetik asit bozunmasında ve hidrojen peroksidi suya dönüştürmede görevlidir. Askorbat peroksidaz (APX), askorbat döngüsündeki anahtar enzim olup en çok kloroplast ve sitozolde bulunur. Peroksidazları askorbik asit ve dehidroaskorbatlara dönüştürür (Asada, 1992; Zhang ve Kirkham, 1996).

1.4.1.3. Glutatyon redüktaz (GR)

Genelde kloroplastlarda bulunup bitki hücresinin sitozol, mitokondri ve peroksizomlarında görev alır. Glutatyonu (GSH) indirgeyerek ROT detoksifikasyonu ve hücre proliferasyonu gibi olaylarda görevli olan flavo-protein oksidoredüktaz sınıfı önemli bir antioksidan enzimdir (Jozefczak ve ark., 2012).

NADPH molekülünden aldığı elektronu okside olmuş glutatyona (GSSG) vererek onu indirgenmiş glutatyona (GSH) dönüştürür. Böylece abiyotik stres altındaki bitkilerde yüksek GSH/GSSG oranını düzenlemede görev alır (Yu ve Zhou, 2007).

1.4.1.4. Guaiakol peroksidaz (GPOD)

Tüm hücrelerde özellikle bitki hücrelerinin sitozol ve hücre çeperinde bol bulunan antioksidan enzimdir (Sharma ve ark., 2012). Guaiakol veya pirogallol bileşiklerini kullanarak H₂O₂'yi su ve oksijene parçalar ve hücre içi H₂O₂ düzeyini düzenler. H₂O₂ detoksifikasyonunda anahtar enzimdir (Das ve Roychoudhury, 2014).

1.4.1.5. Katalaz (CAT)

Hidrojen peroksidin hücrelerden uzaklaştırılması, peroksizom ve mitokondride bulunan antioksidan özellikteki katalazlar (CAT) sayesinde gerçekleşir. H₂O₂'yi su ve oksijene ayırıştırarak hücre içi detoksifikasyonu sağlar (Mackerness ve ark., 1998).

1.4.2. Enzimatik olmayan antioksidanlar

1.4.2.1. Askorbik asit

C vitamini olarak da bilinen askorbik asit bitkilerde en çok bulunan antioksidandır. Enzimatik ve enzimatik olmayan çoğu reaksiyonda görevlidir. Çoğunlukla bitki hücrelerinin sitozolünde ve apoplastlarında bulunur. Reaktif oksijen türlerine karşı ilk savunma hattını oluşturan enzimatik olmayan antioksidandır. Bitkilerde, kuraklık stresine karşı savunma için, stomaların kapanmasında etkilidir (Barnes ve ark., 2002).

1.4.2.2. Tokoferoller

Kloroplastların tilakoid membranlarında, plastidlerde ve plastoglobulinlerde bulunur (Blokhina ve ark., 2003). Bitkilerde sadece yeşil kısımlarında bulunmasının nedeni fotosentetik organizmalar tarafından sentezlenmeleridir (Igamberdiev ve ark., 2004). Antioksidan görevi, tekli uyarılmış oksijen radikallerini detoksifiye etmektir (Munné-Bosch ve Alegre, 2002).

1.4.2.3. Glutatyon

Bitkilerin çiçek, yaprak ve polenlerinde bol olarak bulunan antioksidan türüdür. Bitkinin üreme sisteminde, patojen savunmasında, bitkilere pigmentasyon sağlamada görevlidir. Reaktif oksijen türlerini ortadan kaldırarak bitkiye zarar verici etkisini ortadan kaldırır (Colville ve Smirnoff, 2008).

1.5. Bitkilerde Fotosentetik Pigmentler (Klorofil a, Klorofil b ve Karotenoid)

Klorofiller, bitkilerde fotosentez olayında fonksiyonel olan pigmentlerdir. Fotosentetik organizmalarda 8 farklı klorofil molekülü vardır. Klorofil a ve b yüksek bitkilerde bulunur. Klorofil a mavimsi yeşil, klorofil b ise sarımsı yeşil renge sahiptir. Klorofil a molekülünün 3. karbon atomuna metil grubu, klorofil b molekülünün 3. karbon atomuna ise aldehit grubu bağlıdır (Vardar, 1972).

Klorofil molekülleri, fotosentez olayında rol oynayan temel fotoreseptörlerdir. Işık enerjisini kullanarak karbondioksidi karbohidrat ve oksijene parçalarlar. Karotenoidler ise yağda çözünen pigmentlerdir ve fotosentez sürecinde önemli role sahiptir (Ong and Tee, 1992; Britton, 1995). Klorofilleri foto-oksidatif hasardan korur (Siefermann-Harms, 1987). Fotosentetik ve fotosentetik olmayan canlı hücrelerinde bulunabilirler. Çoğunlukla bitki hücrelerinin plastidlerinde bulunurlar (Nisar ve ark., 2015). 450-570 nanometre dalga boyundaki ışınları absorblayarak enerjiyi klorofil moleküllerine transfer eden bir anten özelliği gösterirler. Lipid peroksidasyon ürünleri ile tepkimeye girerek zincir reaksiyonlarını sonlandırmak, tekli oksijeni detoksifiye etmek karotenoidlerin görevleri arasındadır (Fini ve ark., 2011).

Klorofil analizleri, bitkinin stres altında olup olmadığını anlamak için önemli bir yöntemdir. Bunun dışında klorofil a ve b miktarındaki değişimler bitkinin gelişimiyle doğru orantılıdır. Klorofil miktarlarında gözlenen azalma, bitkinin metabolizmasında olumsuz, artma ise bitki metabolizmasının olumlu yönde etkilendiğinin göstergesidir. Bitkinin yaprak klorofil ve karotenoid miktarı tayini, bitkinin fizyolojik durumu hakkında değerli bilgiler verir (Wagh ve ark., 2006; Fini ve ark., 2011).

1.6. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dünyada en fazla üretimi yapılan baklagil türüdür (Singh ve ark., 2007). Kökeni Orta ve Güney Amerika'dır. Bu iki bölgede farklı iki gen havuzu oluşturmuş, protein içeriği yüksek, en yaygın baklagil türüdür (Blair ve ark., 2012; Bitocchi ve ark., 2013).

Fasulye (*Phaseolus vulgaris*), baklagiller (*Fabaceae*) familyasının üyesi olup *Phaseolus* cinsine aittir. Türkiye'de en çok üretim ve tüketimi yapılan baklagillerden biridir. Fasulye bitkisinin yaklaşık %90'ını su oluşturur. Karoten ve C vitamini

bakımından zengin bir bitkidir. Mangan, demir, kalsiyum, potasyum, fosfor, kükürt ve magnezyum minerallerince zengin olup insan vücuduna gerekli mineralleri sağlayabilmektedir. A, D, E ve K gibi önemli vitaminleri içermesinden dolayı önemli bir bitkisel besin kaynağıdır (Akçın, 1974).

Phaseolus vulgaris $2n=2x=22$ kromozumlu diploid bir bitkidir. 633 milyon baz çiftinden oluşan fasulye, küçük bir genoma sahiptir. Kendi kendine tozlaşabilen bir bitki olup çok az oranda dış etkiler vasıtasıyla döllenme gerçekleştirebilir. Fasulye dikotil bir bitkidir ve embriyolarında iki çenek bulunur. Yapraklarında ağsı damarlanma gözlenir ve kazık kök sistemine sahiptir. Fotosentezin CO_2 fiksasyon tepkimeleri mezofil hücrelerinde gerçekleşen C3 bitkileri üyesidir. C3 bitkilerinde karbondioksidi yakalayan ilk molekül ribuloz difosfattır (Vallejos ve ark., 1992).

1.7. Mısır (*Zea mays* L.)

Mısır bitkisi *Poaceae* familyası üyesidir. Diploittir ve $2n=20$ kromozomdan oluşurlar. Antik yıllardan beri yetiştirildiği ve anavatanı olan Amerika kıtasından tüm dünyaya yayıldığı düşünülmektedir. Soğuğa duyarlı bir bitki olup ılıman ve tropikal iklim tipine sahip ülkelerde yetişebilmektedir. Dünyanın 58° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında kalan bölgelerde ve yaklaşık 4000 metre rakıma kadar yetişebilir. Buğday ve çeltikten sonra en çok tarımı yapılan bitkidir. Dünya genelinde tarımı yapılan mısırın yaklaşık %90'ı insanların tüketiminde, geriye kalanı ise endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Bu %90'lık kısmın %65-70'i hayvan yemi, %20'si ise doğrudan insanlar tarafından tüketilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2002). Mısır, C4 metabolizmasına sahip yaprakları paralel damarlı tek yıllık otsu bir bitkidir. C4 bitkilerinde gerçekleşen fotosentezin ilk ürünü olan okzaloasetat adlı bileşik dört karbonlu olduğu için bu isim verilmiştir. C4 bitkileri yaprak dokularında CO_2 'yi konsantre etmek için fotorespirasyonu baskılayan bitkilerdir. C4 bitkilerinde, C3 bitkilerinden farklı olarak demet kını hücrelerinde de kloroplast bulunur. (Scott ve Emery, 2016). Uygun şartlarda, fotosentez hızı mısır gibi C4 bitkilerinde, fasulye gibi C3 bitkilerinden çok daha yüksektir.

1.8. Ses ve Müzik

Ses katı, sıvı ve gazlara etki edebilen titreşimler halinde yayılan akustik bir enerjidir. 20 Hz altında olan ses dalgaları infrases, 20 kHz üzerinde olan ses dalgaları ise

ultrases olarak adlandırılır. İnsanlar bu akustik enerjinin 20 Hz ile 20 kHz arasında frekansa sahip olan sesleri duyabilmektedir. İnfrases ve ultrases tedavi amacıyla son zamanlarda kullanılmaktadır. Termal ve mekanik süreçlerle biyolojik dokulara etki ettikleri gözlemlenmiştir (O'Brien, 2007; Whittingham, 2007; Rokhina ve ark., 2009).

Ses, havada dalgalar halinde yayılır ve hava basıncı değişikliği oluşturur. Böylece ses kaynağından çıkan sesler, hava basıncı oluşturarak uygun yoğunlukta ve frekansta yayılır. Müziklerde notaların farklılıklarından, duraklamalarından ve harmonilerden dolayı frekans değişikliği gözlenir (Nummela ve Thewissen, 2008).

Müzik ve seslerin insan hayatını iyi ve kötü yönde etkileri antik zamanlardan beri bilinmektedir. Antik Roma, Yunan ve Mısırlılarda müzik ve seslerin, kötü ruhları kovmada, tıpta, dini ibadetlerde, psikolojik terapilerde kullanıldığı görülmektedir (Rooke, 1985). Müzikal ölçüde her notanın kendine özgü bir frekansı vardır. Frekans farklılıklarından oluşan sesleri adlandırmak için notalar kullanılmıştır. Bu notalardaki farklı frekanslar müzikal mesafeyi ve farklılıkları belirler. Bu frekanslar belirli ölçüde birlikte kullanıldığında melodiler oluşturur ve canlılar üzerinde olumlu ve olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Bhattacharya, 1989).

Son yıllarda müzik türleri, insanlar üzerinde bıraktığı etkilere göre çok çeşitli türlere ayrılmaya başlamıştır. Temel olarak pozitif veya negatif etki bırakan müzikler zamanla dinleyenlerin duygularını kontrol edebilecek düzeye gelmektedir. Pozitif etki bırakan müzikler genelde insanlarda hoşgörü, huzur, aşk, sevgi, iyileştirme sağlamak için kullanılırken, negatif içerikli olan müziklerin insanda öfke, nefret, saldırganlık, korku, depresyon, zarar vermek amacıyla kullanıldığı veya genelde insanların bu tür duygulara sahip olduğunda negatif etkiye sahip olan müzikleri dinledikleri gözlemlenmektedir (Robertson, 1998).

Müzikler türüne, frekansına ve şiddetine bağlı olarak çeşitli etkiler gösterebilmektedir. Örneğin, Black metal müzik türü (İskandinav ülkelerinde ortaya çıkmış ve buradan dünyaya yayılmıştır), çıktığı bölgenin kültür ve hava şartları dahil bir çok depresif özelliklerden etkilenmiştir. Enstrümanlar aşırı ve agresif şekilde kullanılarak, gürültülü bir şekilde dinleyici kitlesine hitap eder. Faşizm, satanizm, intihar, nefret gibi konuları oldukça fazla içeren bu müzik türünün verdiği negatif

etkileri, sadece bu türün doğduğu zamanlarda değil, günümüzde de görülmektedir (Beckwith, 2002).

1.9. Kaynak Araştırması

Olumsuz his veren akortsuz, ahenksiz müzikler genelde insanlar tarafından huzursuz bulunur. Yapılan bir araştırmada yeni doğmuş dört yaşındaki bebeklere ahenksiz müzikler dinletilmiş ve dinlediklerinde negatif tepkiler verdikleri gözlemlenmiştir (Cromie, 2001; Tramo, 2001). Bir başka araştırmada ise gönüllü kişilere ahenksiz müzik dinletilip serebral kan akışı ölçümü yapılmış ve beyinin belirli bölgelerinde kan akış hızında artış gözlemlenmiş, ayrıca duyguların oluşumunda görevli olan beyinin paralimbik bölgesinde açık bir şekilde kan akışında yükselme gözlemlenmiştir (Blood ve ark., 1999).

Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada, iki ayrı fare grubu oluşturulmuş ve her gruptaki farelere farklı türde müzikler (rock müzik ve klasik müzik) uygulanarak, çıkış noktasında gıda bulunan labirentlere bırakılmıştır. Klasik müzik uygulanarak labirente bırakılan fareler normal davranışlar göstererek çıkışa varabildikleri halde, rock müzik uygulanan fareler panik olma, hiperaktiflik, yön şaşırma ve kannibalizm davranışları geliştirmiş ve çıkışa ulaşamamıştır (Lipkin, 1988).

Bitkiler, çevresel uyarılara göre yaşamlarını düzenler. Nem, sıcaklık, ışık, rüzgar gibi doğal etkenler bitkilere fiziksel olarak etki ederek yaşam döngülerinde büyük rol oynar. Fakat bitkiler üzerinde duyulabilir ses etkisi hakkında, günümüzde yeterli bir bilgi yoktur. Günümüzde duyulabilir ses ile bitkilerin tohum gelişimi, kallus gelişimi, endojen hormonları ve fotosentetik aktivite arasındaki etkileşimler üzerine araştırmalar devam etmektedir. Bu tür araştırmalarda, ses enerjisinin bitkilerin hastalığa karşı dirençlerini güçlendirmeye, böcek ilaçlarını ve gübre kullanımının azaltılmasına olanak sağlayabileceği değerlendirilmektedir (Zhang, 2012).

Akustik biyolojinin stres altındaki bitkilerde büyüme ve gelişme üzerindeki etkileri ile büyüme ve gelişimleri üzerine etkileri ile ilgili araştırmalar günümüzde ilgi çekmeye başlamıştır. Yine de bu alanda birçok karmaşa ve çelişkiler mevcuttur. Bazı çalışmalarda, bitkilere farklı türde müzik dinletildiğinde ya da farklı frekans dalgalarında ses uygulandığında bitkilerin yaşamsal faaliyetlerinde değişimler gözlemlenmiştir (Hou ve Mooneyham, 1999).

Hala günümüzde ses mekanizması tam manasıyla açığa kavuşturulmuş değildir. Bununla birlikte, ses mekanizmasının bitkilerde stres başlatıcı genleri aktif edebileceği ve transkripsiyon hızını yükseltebileceği düşünülmektedir (Xiujuan ve ark., 2003). Ses frekans teknolojisi bitkinin yapraklarında bulunan stomaların açılmasını uyarır. Böylece bitkide, sprey gübre ve çığ alımını yükselir. Hatta ses dalgalarının bitkilerde herbisid ve biyosid alımında etkili olduğu, böylece kimyasal gübre ve ilaçlamaların kullanımını neredeyse yarı yarıya azalttığı gözlemlenmiştir (Carlson, 2013).

Hydrilla verticillata (su kekiği) bitkisinde protoplazma akışı üzerine müziğin etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada, elektrikli diyapozon ile ses titreşimleri vererek günün güneş olmayan saatlerinde de, normal güneş ışığı altında hızlanan protoplazma akışı gibi, protoplazma akışının hızlandığı tespit edilmiştir. Hindu kültürüne özel 7 telli çalgı aleti olan Vina ile geleneksel Hint müziği olan Raga müziği çalınarak yapılan bir çalışmada da, *Impatiens balsamina* (kına çiçeği) bitkisine 1 ay boyunca her sabah günde 25 dakika müzik dinletilmiş ve çiçeklenmenin kontrol grubuyla aynı anda başladığı görülmüştür. İlk hafta eşit büyüme gözlenen gruplarda, beşinci hafta sonunda müzik uygulanan balsam bitkilerinin yapraklanma oranının kontrol grubuna göre %75, boyunun ise %25 oranında daha fazla olduğunu tespit edilmiştir (Tompkins ve Bird, 1989).

Yapılan bir araştırmada, bitkilere dinletmek için, gün doğumunda öten kuşların ses frekansına göre ayarlanmış, 5000 Hz frekansta ses kaydı oluşturmuşlar ve bu sesi *Passiflora incarnata* (çarkıfelek) bitkisine uygulamışlardır. Bu çalışma sonucunda, bitkilerde büyüme hızı önemli derecede indüklendiği belirlenmiştir. Diğer yandan, buğdaylara keman enstrümanlı klasik müzik dinleterek, buğdaylarda %66 daha fazla verim elde ettiğini açıklamıştır. Bunlarla birlikte, Rusya, Amerika ve Kanada'da yapılan çalışmalarda ultrasonik ses uygulanan bitkilerde verimin kayda değer artışlar gösterdiği ortaya çıkarılmıştır (Robertson, 1998).

Farklı müzik türleriyle yapılan çalışmalarda, klasik müziğin diğer müzik türlerine göre, bitkilerde daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Yapılan birçok araştırmada 5000 Hz frekansında verilen seslerin bitkilerde büyümeyi uyardığı gözlemlenmiş ve belirli klasik müzik tiplerinin (18. ve 19.yy klasik müzikleri) bu frekans aralığında etki ettiği belirtilmiştir. Diğer yandan, bitkilerin 16 günlük maruziyette, rock müziğine karşı olumsuz tepki verdiği, bir bölümünün yapraklarının

müziğe zıt yönde büküldüğü ve bir bölümünde ise ölümle sonuçlandığını gözlemlenmiştir. Negatif etki veren, korku ve gerilim temalı klasik müziklerin dinletildiği diğer bir çalışmada, bu tarz müziklerin bitkilerde atrofiye neden olduğunu gözlemlenmiştir (Retallack, 1973). Bu bestecilerin müzikleri, düzensiz akordlu ve harmonisiz olduğundan dinleyicilere huzursuzluk veren müziklerdir.

Ses yoğunluğunun etkisi ile ilgili, Rideau genotipine ait kışlık buğday bitkileri üzerine yapılan bir araştırmada, 90 desibel sesin çok az gelişim ve büyüme etkisi gösterdiği, 105-120 desibel aralığında sese maruz bırakılan bitkilerde ise gelişim ve büyümesinin azaldığı görülmüştür (Weinberger ve Measures, 1979). *Allium cepa* (soğan) bitkisinde 10 gün boyunca hergün 6 saatlik 65 ve 74 desibel değerinde uygulanan klasik müziğin, mitotik indeks ve kök büyümesini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca farklı desibellerde farklı sonuçların alındığı da belirtilmiştir (Ekici ve ark., 2007). Yapılan bir diğer araştırmada ise müziğin sadece bitki büyümesini artırma özelliği değil, aynı zamanda nişasta ve klorofil gibi metabolitlerin miktarında da arttırıcı etki gösterdiği açıklanmıştır (Sharma ve ark., 2015).

Bitki dokuları üzerine sonikasyon uygulaması ile ilgili bir çalışmada, *Chrysanthemum sp.* (kasımpatı) kalluslarına uygulanan 1,4 kHz ses dalgasının, dokulardaki bitki hormonlarından indol-3-asetik asit (IAA) ve absisik asit (ABA) miktarını etkileyerek bitki büyümesini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Bunun sonucunda da bitki gelişimini arttırdığı gözlemlendiği rapor edilmiştir. IAA hormonunun, kontrol grubuna göre %20,2 oranında artış, ABA hormonunun ise kontrol grubuna göre %49,2 oranında azalış gösterdiği belirtilmiştir (Bochu ve ark., 2004).

Rosa chinensis (çin gülü) üzerinde yapılan bir çalışmada, klasik müzik grubundaki güllerin rock müzik ve kontrol grubuna göre daha fazla büyüme gösterdiği ortaya çıkarılmıştır (Chivukula ve Ramaswamy, 2014).

Chrysanthemum (Kasımpatı) bitkisinde yapılan müzik deneylerinde, ses uyarımının kök gelişimini olumlu yönde etkilediği ve çözünebilir şeker, protein ve amilaz aktivitesi değerlerinde artış gözlemlendiği, böylece müzik ile ses uyarımının kök büyümesini güçlendirdiği rapor edilmiştir (Yi ve ark., 2003).

Cyamopsis tetragonalobus (sakız fasulyesi) bitkisi ile yapılan bir çalışmada, sesler ritimli ve ritmsiz olacak şekilde bitkilere tohumdan itibaren 13 gün boyunca uygulanmış ve deney sonucunda bitki boyu ve yaprak sayıları belirlenmiştir. Klasik ve rock müzik gruplarının diğer ritmsiz olan gruba göre daha fazla gelişim gösterdiği rapor edilmiştir (Vanol ve Vaidya, 2014).

Fransız fizikçi ve müzisyen olan Joel Sternheimer'in domates (*Solanum lycopersicum*) bitkisi üzerinde müziğin etkisini araştırdıkları çalışmalarında, müzikteki belirli notaları, domateste belirli aminoasit dizilerine göre kodlayarak, tüm protein dizilimini nota haline getirmiştir. Bu dizilimden oluşan notaların seslerini domatese uyguladığında notalarla kodladığı proteinin daha fazla üretildiğini gözlemlemiştir. Bu proteinler bitkide transpirasyondan sorumlu olan sitokrom C ve sitokrom oksidaz, kalsiyum emiliminden sorumlu troponin C, bitki pigment üretiminden sorumlu olan kalkon sentaz proteindir. Her bir aminoasit sırasına özel hazırlanan bu notaları domatesler üzerine uygulayan Sternheimer, bu domateslerin kontrol grubundan 2,5 kat daha fazla geliştiğini ve tadının daha lezzetli olduğunu keşfetmiştir. Bu uyguladığı özel notaları ise günde sadece 3 dakika uygulayarak sonuca varmıştır (Coghlan, 1994).

Maş fasulyesi (*Vigna radiate*) farklı frekanslarda ve farklı desibellerde seslere maruz bırakılarak etkilerinin incelendiği araştırmada, 72 saat boyunca uygulama yapılmış ve çalışma sonucunda, 90 dB ve 2000 Hz frekansta maş fasulyesinin diğer gruplardan daha fazla büyüme ve kuru ağırlığa sahip olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca çimlenme sürelerinde ise kontrol grubuna göre kayda değer azalma gözlenmiştir (Cai ve ark., 2014).

Bu bilgiler ışığında, yapılan bu araştırmada; olumsuz etki verdiği düşünülen, enstrümanların agresif olarak kullanıldığı depresif ve agresif müzik türü olan black metal, hareketli ve enerjik müzik türü olan rap-tekno müzik ve sakin, huzurlu müzik türü olarak kabul edilen klasik müzik türü seçilerek, farklı müzik türlerinin canlı gelişimi üzerine herhangi bir etkisinin olup olmadığı, farklı bitki türleri kullanılarak, büyüme ve gelişme üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Bitki materyalleri

Araştırmada kullanılan ve monokotil olan mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin ADA 9510 genotipine ait tohumlar Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Dikotil olan fasulye bitkisinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Beril genotipine ait tohumlar ise yerel tohum satıcılarından temin edilmiştir.

2.1.2. Ses ve müzik ekipmanları

3 adet çevresel hoparlör (maksimum 100 dB etki), 3 adet mp3 çalar, uzun ömürlü ve şarj edilebilir 6 adet kalem pil ve 3 adet kumanda pili kullanılmıştır. Her bir hoparlör için 2 adet kalem pil ve her bir mp3 çalar için 1 adet kumanda pili kullanılmıştır.

2.1.3. Müzik türleri

Test müzikleri olarak, enstrümanların aşırı kullanıldığı, agresif ve depresif müzik türü olarak 10 black metal müzik türü, hareketli müzik grubu için rap-tekno türünde 10 müzik ve sakin müzik grubu için ise 10 adet klasik müzik seçilmiştir. Seçilen müzikler, kendi türünde en çok dinlenen müziklerdir. Müzikler her 10 şarkıdan sonra tekrarlanabilir özellikte ayarlanmıştır.

2.1.4. Laboratuvarında kullanılan araç ve gereçler

Shimadzu mini UV 1240 spektrofotometre, Centurion Scientific K3 Series soğutuculu santrifüj, Radwag AS220/C/12 hassas terazi, DragonLab MS-H-Pro manyetik karıştırıcı, Nüve sıcak su banyosu, IsoLab vorteks, Elga saf su cihazı, Hanna HI2211 pH metre, JEIOTECH etüv ve JSR JSPC200C iklim dolabı.

2.2. Yöntem

2.2.1. Bitki yetiştirme safhası

Fasulye ve mısır tohumları cam petri kaplarında, kurutma kağıtları arasına yerleştirilmiştir. Petri kapları 24 °C sıcaklık ve %40-50 oranda nemli iklim dolabında karanlık ortamda çimlendirilmiştir. Oluşan fideler 3. günün sonunda, aynı miktarda

torf içeren saksılara aynı derinlikte olacak şekilde ekilmiştir. Saksılara alınan fideler belirli aralıklarla tarla kapasitesine göre sulanmıştır. Saksılar ortam sıcaklığı ve güneş ışığını alması bakımından aynı şartlarda tutulmuştur. Herhangi besin takviyesi veya gübreleme yapılmamıştır. 21 gün sonra bitkiler hasat edilmiştir.

2.2.2. Müzik uygulama yöntemi

Deney grupları için, 40 adet fasulye ve 40 adet mısır olacak şekilde toplam 80 adet saksı hazırlanmıştır. Her bir müzik türü için 10 adet mısır ve 10 adet fasulye bitkisi içeren saksı kullanılmıştır. Kontrol grubu olarak aynı şartlara sahip, her hangi bir ses kaynağının olmadığı ortamda, yine 10'ar adet bitki kullanılmıştır. Uygulamalar doğal seslerin olduğu açık alanda yapılmıştır.

Saksılar hoparlör etrafına daire olacak şekilde 20 santimetre yarıçap uzaklığında yerleştirilmiştir (Şekil 2.1). Gruplar aynı güneş ışığı, rüzgar ve diğer doğa koşullarına eşit oranda maruz kalacak şekilde müzik seslerinin diğer gruplara ulaşmayacak bir uzaklığa yerleştirilmiştir. Diğer yandan, hem muhtemel ses geçişlerinin önüne geçmek hem de oluşabilecek mikro iklim farklılıklarını ortadan kaldırılmak için deney düzeneğinin üç tarafı bariyerler ile çevrelenmiştir. Her bir müzik çalara farklı sanatçılara ait 10 eser yüklenmiştir. Sistem 4 saat boyunca devam eden 10 şarkıdan sonra tekrar baştan başlayacak şekilde ayarlanmıştır. Her hoparlöre 2 kalem pil olmak üzere toplam olarak, 6 kalem pil takılmıştır. Hoparlörden çıkan müzik seslerinin şiddeti android uygulaması ses ölçer programı ile hoparlörden 20 santimetre uzaklıkta ölçülerek her müzik grubunun ses şiddeti ortalama 85 dB olacak şekilde ayarlanmıştır. 85 desibel değerinin seçilme sebebi, bu değer insanların müzik dinlemenin gürültü eşiği olarak kabul edilmesidir.



Şekil 2.1. Bir müzik grubunda bitkilere müzik uygulama şekli.

Gruplar günde 4 saat olacak şekilde, güneş ışınlarının dik geldiği zamanlar özenle seçilerek (saat 10:00 ile 14:00 arası) müzik uygulamasına maruz bırakılmıştır. Uygulama süresi dışındaki zaman diliminde bütün bitkiler aynı ortamda tutulmuştur. Uygulama toplam 21 gün sürmüştür. Günlük ses şiddeti ölçümü, sulaması ve aynı ortam koşullarına maruz kalması önemle kontrol edilmiştir. Farklı müzik türlerine maruz bırakılan bitkiler Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Kontrol grubu ve farklı müzik türleri uygulanan bitkilerin genel görünümü.

2.2.3. Bitki boy ölçümleri

Farklı müzik türlerine maruz bırakılan bitkilerde boy ölçümleri, saksıya ekim işleminden bir hafta sonra başlamış ve denemenin sonuna kadar haftalık olarak sürdürülmüştür. Ölçümler fasulyede, toprak hizasından başlayıp en yüksek petiol ucuna kadar ölçülürken, mısırdaki en uzun yaprağının ucuna kadar ölçülmüştür. Boy ölçümleri not edilmiş ve aritmetik ortalaması alınarak farklı müzik türlerine maruz kalan bitkilerin haftalık boy gelişimleri incelenmiştir. Bitki boyu cm/hafta olarak ifade edilmiştir. Ayrıca haftalık gelişim oranları da yüzde değişim olarak hesaplanmıştır.

2.2.4. Fotosentetik pigment miktarının belirlenmesi

21 günlük uygulama sonunda tüm bitkiler hasat edildikten sonra her grubun tüm bitkilerinden yaprak diskleri alınarak analizler yapılmıştır. Fotosentetik pigment analizinde Lichtenthaler (1987)'in yöntemi kullanılarak, yaprak dokularındaki klorofil a, klorofil b, toplam klorofil (klo a+b) ve toplam karotenoid (x+c) miktarları belirlenmiştir. Bunun için, yapraklardan alınan 0,5 gramlık üçer örnek tartılarak, cam deney tüplerine alınmış, üzerine 5 mL saf aseton ilave edilerek bir hafta buzdolabında (4 °C) bekletilmiştir. Elde edilen özüt 10.000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilerek süpernatantın absorbans değerleri 661,1, 644,8 ve 470 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiş ve pigment miktarları hesaplanmıştır.

2.2.5. Toplam süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin belirlenmesi

Beyer ve Fridovich (1987)'in yöntemi kullanılarak, farklı müzik türlerine maruz kalan bitkilerin yaprak dokularındaki toplam SOD aktivitesi belirlenmiştir. Yaklaşık 0,3 g taze yaprak dokusu, sıvı azotla öğütülmüş ve 1,5 mL, 100 mM K-PO₄ (pH 7,0) tamponu, %2'lik PVP (polivinilpirolidon) ve 1 mM Na₂EDTA içeren ekstraksiyon çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Homojenizat, 14.000 rpm ve 4 °C'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Son hacim 1.030 µL olacak şekilde 100 mM K-PO₄ tamponu (pH 7,8), 9,9x10⁻³ M metionin, 5,7x10⁻⁵ M NBT (nitroblu tetrazolyum), %1'lik Triton X100 ve enzim karışımından oluşan bir reaksiyon çözeltisi hazırlanmıştır. Reaksiyon 0,9 µM riboflavin ilavesi ile başlatılmış, bu karışım 15 dakika boyunca 375 µmol m⁻²s⁻¹ şiddetinde ışığa maruz bırakıldıktan sonra 560 nm'de absorbans değerleri belirlenmiştir. Toplam SOD aktivitesi daha önce hazırlanmış olan standart grafikten faydalanarak hesaplanmıştır (U/mg protein).

2.2.6. Toplam katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi

Chen ve Zhang (2016)'in yöntemi kullanılarak, farklı müzik türlerine maruz kalan bitkilerin yaprak dokularındaki CAT aktivitesi belirlenmiştir. Yaklaşık 0,3 g taze yaprak dokusu, sıvı azotla öğütülmüş ve 1,5 mL, 100 mM PBS (pH 7,0) tamponu içeren ekstraksiyon çözeltisi ile homojenize edilmiştir. Homojenat, 14.000 rpm ve 4 °C'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra %30'luk H₂O₂ ile reaksiyon karışımı hazırlanmış; 240 nm'de absorbans değerleri belirlenerek CAT aktivitesi hesaplanmıştır (U/mg protein).

2.2.7. Malondialdehit (MDA) miktarının belirlenmesi

Malondialdehit miktarının belirlenmesi için, Ohkawa ark. (1979)'nın yöntemi kullanılmıştır. Kontrol ve müzik uygulanmış bitki yapraklarından alınan yaklaşık 0,3 g örnek 6 mL %5'lik trikloroasetik asit (TCA) ile havanda soğuk ortamda homojenize edilmiştir. Bu karışım 4 °C'de 4.100 rpm'de 20 dakika santrifüj edilerek süpernatanttan 0,5 mL alınmış ve içinde %0,5 tiobarbütirik asit (TBA) bulunan %20'lik TCA çözeltisinden 0,1 M 0,5 mL ve 1 mL Tris tamponu (pH 7,6) eklenerek yeni tüplere alınmıştır. Daha sonra 95 °C'de 60 dakika su banyosunda tutulmuştur. Su banyosundan sonra tüplerdeki reaksiyonları inhibe etmek için tüpler buz banyosuna konulmuştur. Spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüştür. Yaprak dokularındaki MDA miktarı nmol/mg taze ağırlık olarak hesaplanmıştır.

2.2.8. İstatistiksel analizler

Denemelerden elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bitki boyları arasında farklılığın olup olmadığı student-t testi ile diğer analizler ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Farklı Müzik Uygulamalarının Bitki Gövde Boyu Üzerine Etkisi

Yapılan araştırmada, fasulye ve mısır bitkilerinin boy ölçümleri toprak seviyesi baz alınıp mısırdaki en uzun yaprağın ucuna kadar, fasulyede ise en genç yaprağının petiole bağlantı noktasına kadar santimetre cinsinden ölçülmüştür. Her grupta bulunan 10 bitkinin boy ölçümleri haftalık olarak ölçülmüştür. Her grubun haftalık boy ölçümlerinin aritmetik ortalaması Tablo 3.1’de sunulmuştur.

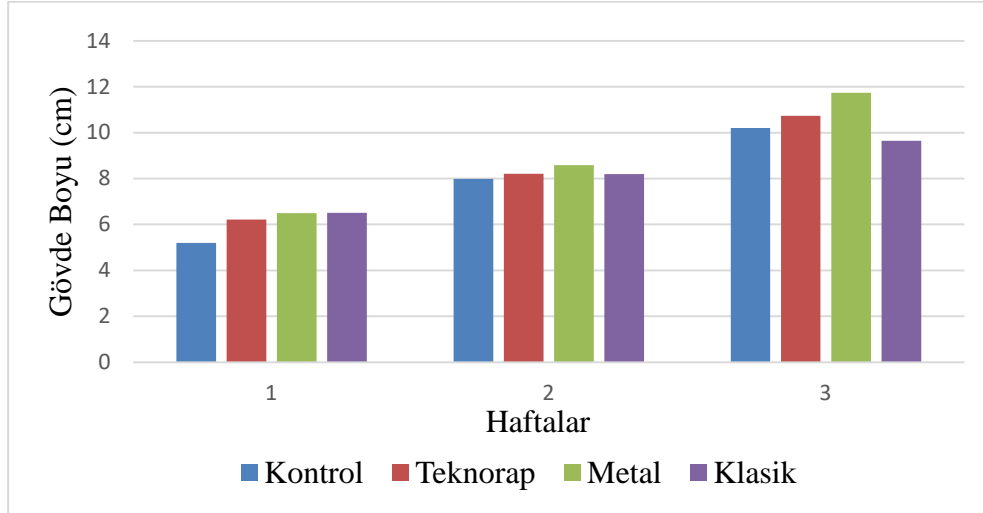
Tablo 3.1. Farklı müzik türlerine göre bitki boy uzunlukları.

Bitki Türü	Müzik Türü	Gövde Boyu (cm)		
		1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta
Fasulye	Kontrol	5,19±0,30	7,44±0,49	9,63±0,55
	Tekno Rap	6,21±0,27*	8,21±0,36	10,44±0,40
	Metal	6,49±0,24**	8,59±0,34	11,74±0,61*
	Klasik	6,51±0,25**	8,20±0,45	10,06±0,56
Mısır	Kontrol	8,08±0,33	15,04±0,57	25,72±0,69
	Tekno Rap	8,60±0,42	15,14±0,81	27,21±0,83
	Metal	8,76±0,29	15,27±0,71	27,43±1,08
	Klasik	8,59±0,53	15,93±0,87	27,77±0,85*

*Kontrole göre anlamlı derecede fark vardır (P<0,05)

**Kontrole göre anlamlı derecede fark vardır (P<0,01)

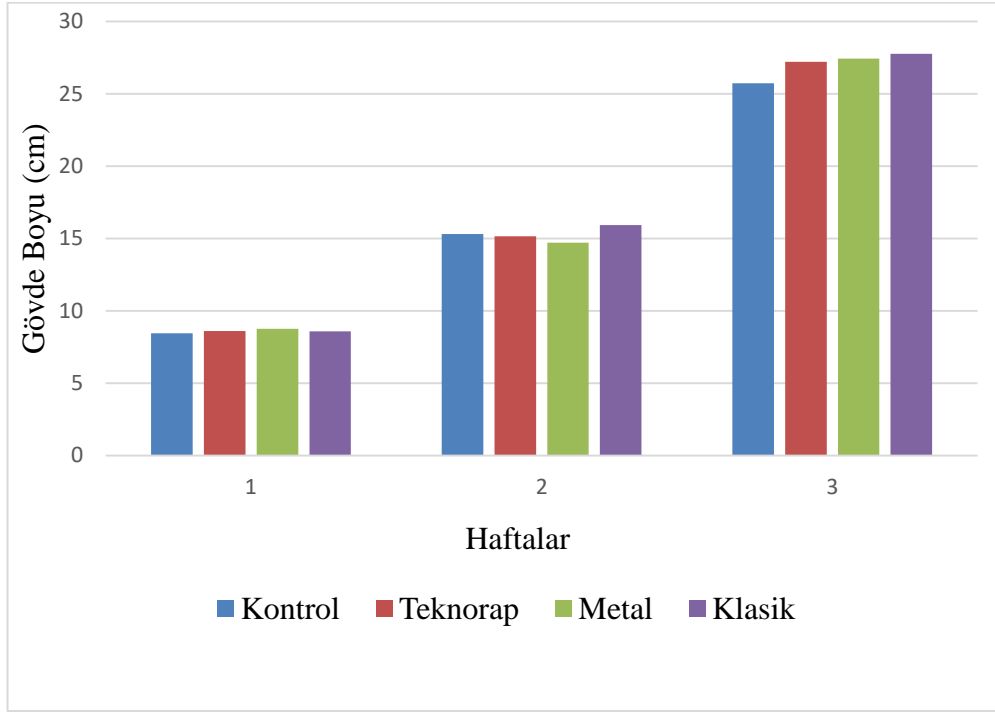
Farklı müzik türlerine maruz bırakılan fasulye bitkilerinin gövde boylarında ilk hafta kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir. İkinci ve üçüncü haftalarda bütün müzik türlerinde artışlar gözlene de bu artışlardan sadece üçüncü haftada metal müziğine maruz kalan gruptakiler anlamlı bulunmuştur. Birinci haftada en fazla büyüme 6,51 cm ile klasik müzik grubunda gözlenirken, ikinci ve üçüncü haftalarda sırasıyla 8,59 ve 11,74 cm olarak metal gruplarında gözlenmiştir. Birinci hafta sonunda klasik müzik grubunu sırasıyla 6,51, 6,21 ve 5,19 cm'lik gövde boyu ile metal, tekno rap ve kontrol grupları izlemiştir. İkinci hafta sonunda metal grubunu sırasıyla 8,21, 8,20 ve 7,44 cm ile tekno rap, klasik müzik ve kontrol grupları takip etmiştir. Üçüncü haftanın sonunda yine metal grubunu tekno rap, klasik müzik ve kontrol grubu izlemiştir. Bu gruptaki bitki boy uzunlukları sırasıyla 10,44, 10,06 ve 9,63 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Farklı müzik türleri uygulanan fasulye bitkilerinin gövde boyunda zamana bağlı olarak gözlenen değişim.

Farklı müzik gruplarına maruz bırakılan mısır bitkilerinde üç haftalık ölçümlerin hepsinde bütün uygulamalar sonucu kontrole göre artışlar gözlenmiştir. Ancak bu artışlar, üçüncü hafta metal müziğe maruz kalan bitkiler dışındakilerde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 3.1). Farklı müzik türlerine maruz bırakılan mısır bitkilerinde ilk hafta en fazla gelişme 8,76 cm ile metal müzik grubunda gözlenirken, bunu 8,60 cm ile tekno rap müzik takip etmiştir. Klasik müzik grubunda 8,59 cm'lik gövde uzunluğu gözlenirken, kontrol grubunda 8,08 cm'lik bir gövde uzunluğu gözlenmiştir. İkinci hafta sonunda 15,93 cm ile en fazla büyüme klasik müzik uygulanan grupta gözlenirken, bunu sırasıyla, 15,27, 15,14 ve 15,04 cm ile

metal, tekno rap ve kontrol grubu izlemiştir. Üçüncü hafta sonunda, yine en fazla gövde büyümesi 27,77 cm ile klasik müzik grubunda gözlenmiş ve bu uzunluk kontrol grubuna (25,72 cm) göre istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur. Metal grubunda gözlenen 27,43 cm ve tekno rap grubunda gözlenen 27,21 cm'lik gövde boyu değerleri kontrol grubuna göre anlamlı bulunmamıştır. Farklı müzik türlerine maruz bırakılan mısır bitkilerinin gövde boyunda gözlenen büyüme Şekil 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.2. Farklı müzik türleri uygulanan mısır bitkilerinin gövde boyunda zamana bağlı olarak gözlenen değişim.

Yapılan çalışmada fasulye bitkilerinde birinci ve ikinci hafta arasında en fazla gövde büyümesi % 43,35 ile kontrol grubunda gözlenirken, ikinci ve üçüncü haftalar arasında % 36,67 ile metal müziğine maruz bırakılan grupta gözlenmiştir. Üçüncü hafta sonunda birinci haftaya göre en hızlı gövde büyümesi % 85,55 ile yine kontrol grubunda gözlenmiştir. Kontrol grubunu % 80,89 ile metal grubu izlemiştir. Birinci ve ikinci hafta arasında en düşük oran % 25,96 ile klasik müzik grubunda gözlenirken, ikinci ve üçüncü haftalar arasında % 22,68 ile yine klasik müziğe maruz bırakılan grupta gözlenmiştir.

Yapılan çalışmada mısır bitkilerinde birinci ve ikinci hafta arasında en fazla gövde büyümesi % 86,13 ile kontrol grubunda gözlenmiştir. Kontrol grubunu takiben klasik müzikte % 85,45, tekno-rap müzikte % 76,05 ve metal müzikte % 74,32 büyüme

gözlenmiştir. 2. ve 3. haftalar kıyaslandığında ise en fazla büyüme oranı % 79,72 ile tekno-rap müzik grubunda, onu takiben ise % 79,63 ile metal müzik, % 74,01 ile klasik müzik ve % 71,01 ile kontrol grubunda elde edilmiştir. Gövde boyunda 1. haftadan 3. haftaya kadar meydana gelen % artış değerleri kıyaslandığında ise en yüksek değer klasik müzik grubunda % 222,70 olarak ölçülmüştür. Klasik müziği takiben büyüme oranları sırasıyla % 218,32 ile kontrol grubu, % 216,40 ile tekno-rap grubu ve % 213,13 ile metal grubunda belirlenmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Farklı müzik türlerinin fasulye ve mısır bitkilerinin gövde boyu büyüme oranı (%) üzerine zamana bağlı etkisi.

Bitki Türü	Müzik Türü	Gövde Boyu Artış Oranları (%)		
		1-2. Hafta	2-3. Hafta	1-3. Hafta
Fasulye	Kontrol	43,35	29,44	85,55
	Tekno Rap	32,21	27,16	68,12
	Metal	32,36	36,67	80,89
	Klasik	25,96	22,68	54,53
Mısır	Kontrol	86,13	71,01	218,32
	Tekno Rap	76,05	79,72	216,40
	Metal	74,32	79,63	213,13
	Klasik	85,45	74,01	222,70

3.2. Farklı Müzik Uygulamalarının Fotosentetik Pigment Miktarı Üzerine Etkisi

Farklı müzik türlerine maruz bırakılan fasulye ve mısır bitkilerinin fotosentetik pigment miktarlarına bakıldığında klorofil a, klorofil b, toplam klorofil miktarı ve karotenoid miktarlarında hemen hemen bütün gruplarda kontrol grubuna göre artışlar tespit edilmiştir. Ancak bu artışların hiçbiri kontrol değerleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 3.3). Bu sonuçlar üç hafta süreyle

farklı müzik uygulamalarının fasulye ve mısır bitkilerinde fotosentetik pigment miktarı üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tablo 3.3. Farklı müzik türlerinin fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarı üzerine etkisi.

Bitki Türü	Müzik Türü	Klorofil a Miktarı (mg/g TA)	Klorofil b Miktarı (mg/g TA)	Toplam Klorofil Miktarı (mg/g TA)	Toplam Karotenoid Miktarı (mg/g TA)
Fasulye	Kontrol	0,115±0,016	0,206±0,031	0,321±0,047	0,073±0,015
	TeknoRap	0,132±0,001	0,237±0,001	0,369±0,001	0,088±0,001
	Metal	0,131±0,001	0,234±0,003	0,366±0,004	0,084±0,003
	Klasik	0,131±0,002	0,229±0,004	0,360±0,006	0,084±0,003
Mısır	Kontrol	0,135±0,001	0,235±0,001	0,369±0,002	0,089±0,002
	TeknoRap	0,136±0,002	0,235±0,004	0,370±0,007	0,087±0,004
	Metal	0,137±0,001	0,239±0,003	0,376±0,001	0,090±0,001
	Klasik	0,138±0,001	0,234±0,005	0,372±0,005	0,085±0,003

3.3. Farklı Müzik Uygulamalarının Enzim Aktiviteleri ve MDA Miktarı Üzerine Etkisi

Çalışmada farklı müzik türleri uygulanan fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarında üçüncü hafta sonunda SOD ve CAT enzimlerinin aktiviteleri ile MDA miktarı belirlenmiştir. Fasulye bitkilerinin yapraklarındaki SOD aktivitesi, uygulanan müzik türüne bakılmaksızın, kontrollere göre anlamlı şekilde azalmıştır. Kontrol grubunda SOD aktivitesi 32,73 U/mg protein iken, en fazla azalma 5,73 U/mg protein ile metal müzik uygulanan bitkilerde görülmüştür. Bunu 10,50 U/mg protein ile tekno rap ve 15,53 U/mg protein ile klasik müzik uygulanan grup izlemiştir. Çalışmada kullanılan mısır bitkilerinin yapraklarındaki SOD aktivitesinde uygulanan müzik türüne bağlı

olarak gözlenen değişimler kontrole göre istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 3.4).

Uygulanan tüm müzik türleri hem fasulye hem de mısır bitkilerinin yapraklarındaki CAT aktivitesinin azalmasına yol açmıştır. Ancak bunlardan sadece tekno rap (42,33 U/mg protein) ve klasik müzik (34,00 U/mg protein) uygulanan mısır bitkilerinin yapraklarındaki değişimler kontrole göre önemli bulunmuştur (Tablo 3.4).

MDA miktarı metal müzik uygulanan fasulye bitkilerinin yapraklarında kontrole göre (33,33 nmol/mg protein) anlamlı şekilde azalırken, diğer gruplardaki farklılıklar anlamlı bulunmamıştır. Mısır bitkilerinde ise sadece metal müzik uygulaması yapraklardaki MDA miktarının (80,67 nmol/mg) kontrole göre önemli derecede artmasına yol açmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Farklı müzik türlerinin fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarındaki SOD ve CAT enzimlerinin aktivitesi ve MDA miktarı üzerindeki etkisi.

Bitki Türü	Müzik Türü	SOD Aktivitesi (U/mg protein)	CAT Aktivitesi (nmol/H ₂ O ₂ /dk/mg protein)	MDA Miktarı (nmol/mg)
Fasulye	Kontrol	32,73±2,22	29,33±5,24	62,00±5,86
	TeknoRap	10,50±3,59*	20,33±5,24	70,00±4,73
	Metal	5,73±1,27*	33,33±3,67	35,00±3,06*
	Klasik	15,53±1,22*	21,67±8,69	56,33±16,83
Mısır	Kontrol	10,97±0,83	91,00±6,00	48,33±8,29
	TeknoRap	17,43±3,66	42,33±3,67*	55,00±1,00
	Metal	8,23±1,65	73,67±6,67	80,67±8,95*
	Klasik	8,03±1,67	34,00±12,53*	62,00±6,56

*Kontrole göre anlamlı derecede fark vardır (P<0,05)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1. Tartışma

Müzik uygulamalarının canlılar üzerine etkilerinin olduğu bilenen bir gerçektir. Özellikle insanlar müzik dinleyerek rahatlar ve kendini daha mutlu hisseder. Bazı durumlarda da ruh haline bağlı olarak dinledikleri müziklerden etkilenerek farklı davranışlar sergileyebilmektedir. Dolayısıyla dinlenen müziğin türü, frekansı ve şiddeti insan davranışlarını değiştirebilmektedir. Öyle ki, insanların dinledikleri müzik türüne göre karakter analizleri de yapılabilmektedir.

Müziğin canlıların gelişimi üzerine etkisinin olup olmadığının araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada, monokotil bir bitki olan mısır ve dikotil bir bitki olan fasulye bitkileri farklı müzik türlerine maruz bırakılmıştır. Tohumların çimlenmesinden itibaren oluşan fideler 3 hafta süreyle belirli saat aralığında günde 4 saat farklı müzik türlerine maruz bırakılmış, haftalık olarak gövde boyları ölçülmüş ve 3 hafta sonunda fotosentetik pigment ve MDA miktarı ile SOD ve CAT enzimlerinin aktiviteleri ölçülmüştür. Müzik türü olarak, agresif ve depresif müzik türü olarak black metal müzik türü, hareketli müzik türü olarak rap-tekno müzik ve sakin müzik türü olarak da klasik müzik seçilmiştir. Aynı şartlarda herhangi bir uygulamanın yapılmadığı kontrol grubu da deneyde yer almıştır.

Bitki büyümesi bakımından değerlendirildiğinde, bütün uygulama gruplarında ve haftalık bazdaki bütün ölçümlerde, bitki boylarında kontrole göre artışlar gözlenmiştir. İlk hafta itibarı ile fasulyenin mısır bitkisine göre uygulanan bütün müzik türlerinden daha fazla etkilendiği ve kontrol grubuna göre anlamlı derecede artışların olduğu görülmektedir. En fazla büyüme de klasik müzik türünde belirlenmiştir. Mısırdaki gözlenen artışlar ise anlamlı bulunmamıştır. İkinci hafta ölçümlerine göre, her iki bitki türü açısından bütün müzik gruplarında artışlar gözlenirse de bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Üçüncü hafta ölçümlerinde ise, fasulyede metal müziğine, mısırdaki klasik müziğe maruz bırakılan gruplarda gözlenen artışlar kontrole göre anlamlı bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara benzer sonuçlara ulaşan araştırmalar da mevcuttur. Bir ay boyunca

her sabah günde 25 dakika yerel klasik müziğe maruz bırakılan balsam bitkilerinde çiçeklenmenin kontrol grubuyla aynı anda başladığı ve ilk hafta sergiledikleri büyüme hızının aynı olduğu görülmüştür. Beşinci hafta itibarı ile müzik uygulanan gruptaki büyüme hızının kontrol grubuna göre %25, yapraklanma oranının da %75 daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Tompkins ve Bird, 1989). Balsam bitkisi de mısır gibi monokotil bir bitkidir ve bizim çalışmamızda da üçüncü hafta itibarı ile en fazla büyüme klasik müzik grubunda gözlenmiştir ve bu artış istatistiksel olarak anlamlıdır. Yapılan bir diğer çalışmada, akortsuz ve harmonisiz bir biçimde negatif bir klasik müzik türü uygulanan bitkilerin büyüme hızı, normal klasik müzik uygulanan bitkilere göre anlamlı derecede azalmış, hatta bitkiyi atrofi haline getirdiği rapor edilmiştir (Retallack, 1973). Bu sonuç, müzikteki harmoni ve akortun bitki büyüme ve gelişmesi üzerinde etkili olduğunu kanıtlamaktadır. Yine aynı çalışmada araştırmacılar, normal klasik müziğe maruz bırakılan bitkilerin kontrol grubuna göre daha fazla büyüme gösterdiğini belirtmişlerdir (Retallack, 1973). Bu sonuçlara göre müziğin, özellikle de belirli bir ritmi olanların, bitki gelişimine olumlu katkılarının olduğu söylenebilir.

Rosa chinensis üzerinde yapılan bir başka çalışmada, klasik müziğin rock müzikle karşılaştırıldığında gül bitkisinin ve gövdedeki dikenlerin büyüme hızını daha etkili bir şekilde uyardığı ortaya çıkarılmıştır (Chivukula ve Ramaswamy, 2014). Yaptığımız çalışmada da farklı bitki türlerinin farklı müzik türlerine farklı tepkiler verdiği görülmektedir. Fasulye bitkisinin ilk hafta itibarı ile en fazla klasik müzik olmak üzere bütün müzik gruplarından olumlu etkilendiği, ikinci ve üçüncü hafta itibarı ile ise metal türü müzikten en fazla etkilendiği görülmektedir. Üçüncü haftada elde edilen bu sonuç istatistiksel olarak da anlamlıdır. Mısır bitkisinde ise hemen hemen bütün ölçümlerde en büyük büyüme hızı klasik müzikte gözlenirken, sadece üçüncü haftadaki artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar farklı bitki türlerinin farklı müzik türlerinden etkilendiğini ve maruz kalma süresinin de önemli olduğunu göstermektedir.

Bitkiler, buldukları ortamdaki çevresel uyarılara göre yaşamlarını düzenler. Nem, sıcaklık, ışık, rüzgar gibi doğal etkenler bitkilere fiziksel olarak etki ederek yaşam döngülerinde büyük rol alır. Çevresel faktörlerden olan sesin bitkiler üzerinde ne tür etkilerinin olduğuna ilişkin fazla çalışma olmasa da, sesin bitkisel hormonları nasıl

etkilediği konusunda çalışmalar sürmektedir. Buradaki amaçlardan birisi de, bitkilerde kullanılan gübre ve ilaç miktarını azaltmaktır (Zhang, 2012).

Gün geçtikçe bitkiler üzerine ses ve müziğin etkilerini araştıran çalışmalar artmaktadır. Yapılan çalışmalarda elde edilen bilgilerde çelişkili sonuçlar yer almaktadır. Bazı çalışmalar ses dalgaları ve müziğin bitkileri olumlu yönde etkilediğini öne sürerken (Ekici ve ark., 2007; Cai ve ark., 2014; Vanol ve Vaidya, 2014), bazı çalışmalar herhangi bir etkisinin olmadığını öne sürmektedir (Hou ve Mooneyham, 1999). Bu çelişkilerin temel nedeni, müzik türlerinin, frekansların, müzik şiddetinin ve uygulama süresinin farklılığı olabilir. Ayrıca bitkinin gelişim evresi de bu farklılıkların ortaya çıkmasında etkili olabilir. Bizim çalışmamızda da farklı fizyolojik yaştaki fasulye ve mısır bitkilerinin farklı farklı metabolik cevaplar verdiği görülmüştür.

Farklı müzik türleri sadece bitkiler üzerinde değil hayvansal organizmalar üzerinde de farklı etkilere sahiptir. Farelerle yapılan bir çalışmada, metal-rock müzik ve klasik müzik türlerinin fareler üzerinde farklı psikolojik etki oluşturduğu ve klasik müziğe maruz kalmış farelerin labirentin çıkışında bulunan gıdaya ulaşabildiği, metal-rock müziğe maruz kalan farelerin ise agresif davranışlar sergilediği ve gıda maddelerine ulaşamadığı tespit edilmiştir (Lipkin, 1988). Araştırmacılar farklı müzik türlerinin hayvanlar üzerinde farklı psikolojik etkiler gösterdiğini belirtmiştir.

Günümüzde ses-canlı etkileşiminin mekanizması tam anlamıyla anlaşılamamıştır. Fakat Ses etkisinin bitkilerde stres başlatıcı genleri aktif etme ve transkripsiyon hızını artırma konusunda etkili olabileceği düşünülmektedir (Xiujuan ve ark., 2003). Ses frekansı ile ilgili bitkiler üzerine yapılan çalışmalarda, sesin bitkilerde stoma açılmasını uyardığı ve böylece gübre ve ilaç kullanımını azalttığı belirtilmektedir (Carlson, 2013). Bazı stress faktörlerine maruz kalan stomalar kapanır, transpirasyon hızı azalır. Bununla birlikte, Stres altındaki bitkilerde fotosentetik pigment miktarı genellikle azalır. Diğer yandan çeşitli stres faktörlerinin faktörlerinin, tilakoid membranların kararlılığını bozduğu ve iyon geçişlerinde düzensizliklere neden olduğu bilinmektedir. Stomaların kapanması sonucu, yaprak dokularına CO₂ girişi azalır ve bunun sonucunda da klorofil moleküllerinin parçalanması söz konusu olabilir (Zhang ve ark., 2001). Sese bağlı olarak stomaların açılması, belirli frekanslardaki sesin, bitkilerde stres azaltıcı etkilere neden olmasından kaynaklanabilir. Ses şiddetinin buğday bitkileri üzerindeki etkisini araştırmak için

yapılan bir çalışmada 90 desibel şiddete sahip olan sesin çok az etki gösterdiği fakat 105-120 desibel aralığında sese maruz bırakılan bitkilerin gelişim ve büyümesinin azaldığı görülmüştür (Weinberger ve Measures, 1979). Bizim çalışmamızda bitkilere 85 desibel şiddetinde farklı müzik türleri uygulanmıştır. Bu sonuçlar, farklı fizyolojik yaşa sahip olan bitkilerin farklı şiddete sahip olan müzik türlerine farklı şekilde cevap verdiğini göstermektedir. Bir başka çalışmada soğanda (*Allium cepa*) müzik uygulamalarının mitotik indeks ve kök büyümesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla bitkilere 10 gün boyunca günde 6 saat 65 ve 74 dB şiddetinde klasik müzik uygulanmıştır. Sonuçta 65 ve 74 dB şiddetinde klasik müzik uygulanan gruplarda kök büyümesi ve mitotik indeks değerlerinin kontrole göre artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca 65 dB şiddetindeki klasik müzik uygulamasının, 74 dB uygulamasına göre kök büyümesini ve mitotik indeksi daha olumlu etkilediği belirlenmiştir (Ekici ve ark., 2007). Yapılan bir diğer araştırmada, farklı frekans ve farklı şiddete sahip olan seslerin etkilerini gözlemlemek için, maş fasulyesi (*Vigna radiata*) 1000-1500 Hz, 1500-2000 Hz ve 2000-2500 Hz aralığındaki ses frekanslarına maruz bırakılmıştır. 3 ayrı gruba uygulanan seslerin desibelleri ise sırasıyla 80 dB, 90 dB ve 100 dB olarak ayarlanmıştır. Çalışma sonucunda, 90 dB şiddet ve 2000 Hz frekansa sahip olan ses uygulaması yapılan maş fasulyesi bitkilerinin diğer gruplardan daha fazla büyüme gösterdiği ve daha yüksek bir kuru ağırlık değerine sahip olduğu rapor edilmiştir. Sese maruz bırakılan 3 grubun çimlenme sürelerinde ise kontrol grubuna göre kayda değer azalma olduğu belirtilmiştir (Cai ve ark., 2014).

Müziklerdeki seslerin ritimleri de bitki büyümesini etkilemektedir. Guar (*Cyamopsis tetragonalobus*) bitkisi ile yapılan bir çalışmada, ritimli gruplar için gruplardan birine rock müzik, diğerine klasik müzik uygulanmıştır. Ritimsiz ses grubu için ise bitkiler trafik seslerine maruz bırakılmıştır. Tohum çimlenmesinden itibaren 13 gün boyunca yukarıda belirtilen nitelikte seslere maruz bırakılan bitkilerde bitki boyu ve yaprak sayıları belirlenmiştir. Klasik ve rock müzik gruplarının diğer ritimsiz ses grubuna göre daha fazla büyüme gösterdiği rapor edilmiştir (Vanol ve Vaidya, 2014). Bizim çalışmamızda da müzikler ritimli müziklerdir ve farklı süreçlerde farklı müzik türlerinin bitki büyümesini etkilediği gözlenmiştir.

Bitki gelişimi üzerine farklı müzik türlerinin etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, bitki büyümesinin zamana bağlı olarak farklı şekilde etkilendiği gözlenmiştir.

Çimlenmeden itibaren ilk hafta içinde, fasulye bitkilerinde, en fazla büyüme klasik müzik uygulanan grupta, birinci hafta ile ikinci hafta arasında en fazla büyüme %43,35 ile kontrol grubunda gözlenirken, müzik grupları içinde en fazla gelişim %32,36 ile metal müzik uygulanan grupta gözlenmiştir. İkinci hafta ile üçüncü hafta arasında ise yine en fazla büyüme %36,67 ile yine metal müzik uygulanan grupta gözlenmiştir. Birinci ve üçüncü hafta aralığına bakıldığında yine kontrol grubunun %85,55 ile ilk sırada yer aldığı, bunu %80,89 ile metal müzik uygulanan grubun takip ettiği görülmektedir. Mısır bitkisinde, ilk hafta itibarı ile tekno rap ve klasik müzik uygulanan gruplarda en fazla büyüme gözlenirken, birinci ve ikinci hafta arasında %86,13 ile kontrol grubu büyüme hızının en fazla olduğu grup olmuştur. Bunu %85,45 ile klasik müzik uygulanan grup takip etmiştir. İkinci ve üçüncü hafta arasında %79,72 ile yine tekno rap, birinci hafta ile üçüncü hafta arasındaki en fazla artış oranı ise %222,70'lik bir artışla klasik müzik uygulanan grupta gözlenmiştir.

Canlıların maruz kaldığı çeşitli faktörler büyüme üzerinde önemli etkiler yapabilir. Bu etkiler sadece fenotip seviyesinde değil aynı zamanda fizyolojik de olabilir. Bitki büyümesinin önemli göstergelerinden birisi yaprak klorofil miktarında meydana gelen değişimlerdir ve çevresel faktörlerin bitki üzerindeki etkisinin anlaşılmasında kullanılmaktadır. Klorofil pigmentleri, bitkide fotosentez olayında görev yapan pigmentlerdir. Klorofil miktarlarında gözlenen azalma, bitkinin çevresel faktörlerden olumsuz yönde etkilendiğini, artma ise olumlu yönde etkilendiğini gösterebilir. Özellikle klorofil a ve b miktarları bitkinin büyümesiyle doğru orantılıdır. Bitkinin yaprak klorofil ve karotenoid miktarında meydana gelen değişimler, bitkinin fizyolojik durumu hakkında değerli bilgiler verir (Wagh ve ark., 2006; Fini ve ark., 2011). Klorofil pigmentleri fotosentez olayında ışık absorpsiyonundan sorumludur. Karotenoidler ise yağda çözünen pigmentlerdir. Fotosentez sürecinde farklı dalga boylarındaki ışınları absorblayarak klorofil grubu pigmentlere bu konuda destek olur (Ong and Tee, 1992; Britton, 1995). Bunun dışında klorofil moleküllerini fotooksidatif hasardan korur (Siefertmann-Harms, 1987). Yapılan bu çalışmada, 3 haftalık uygulama sonucunda hem fasulye hem de mısır bitkilerinin yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarının tüm müzik uygulamaları sonucunda kontrol grubuna göre arttığı gözlenmiş, ancak bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bitki boyunda gözlenen değişimlerle bu sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir. Sharma ve arkadaşlarının (2015) yaptığı çalışmada, 9 farklı bitki türüne (*Tagetes*

erecta L., *Catharanthus roseus* L., *Trachyspermum ammi* L., *Dendranthema grandiflorum* L., *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Epipremnum aureum* L., *Duranta repens* L., *Ocimum sanctum* L.) bir ay boyunca günde 3 saat olacak şekilde uyguladığı sakin ve yumuşak tarz müziklerin bitki büyümesini arttırmasının yanında, nişasta ve klorofil miktarını artırdığı belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda elde edilen pigment sonuçları ile Sharma ve arkadaşlarının (2015) elde ettiği sonuçlar genel anlamda uyumluluk göstermektedir. Çalışmamızda sakin ve yumuşak tarzda olan klasik müziğe maruz bırakılan fasulye bitkilerinde , klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı kontrol grubuna göre artış gösterse de, ancak mısır bitkilerinde aynı parametrelerde meydana gelen artış daha düşük seviyede kalmıştır. Diğer yandan, bu sonuçlar uygulanan diğer müzik türleri için de benzerdir.

Stres faktörleri bitkisel organizmalarda bazı zararlı moleküllerin oluşmasını tetikler. Bu moleküller reaktif oksijen türleri olarak adlandırılır. Bitkilerde reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerini ortadan kaldırmaktan sorumlu olan antioksidan bir savunma mekanizması vardır. Enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenlerden oluşan antioksidan sistemin etkinliğinde meydana gelen değişimler, bitkilerin stres faktörlerinden etkilenme derecesini yansıtmaktadır. Yapılan bu çalışmada, 3. hafta sonunda hemen hemen tüm müzik türlerinin uygulandığı fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarındaki SOD aktivitesinin kontrol gruplarına göre düşük olduğu gözlenmiştir. Fasulye bitkisinde gözlenen bu azalışlar aynı zamanda, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sadece tekno rap müzik uygulanan mısır bitkilerinde SOD aktivitesi kontrole göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Buna göre, genel anlamda bu çalışmada uygulanan müzik türlerinin fasulye ve mısır yapraklarındaki SOD aktivitesini düşürdüğü söylenebilir. Benzer şekilde yapılan bu çalışmada uygulanan tüm müzik türlerinin fasulye ve mısır yapraklarındaki CAT aktivitesini de kontrol gruplarına göre azalttığı gözlenmiştir. Tekno rap ve klasik müzik uygulanan mısır bitkilerinin yapraklarında kontrole göre gözlenen azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, diğer gruptaki azalma anlamlı değildir. Metal müzik uygulanan fasulye bitkilerinin yapraklarında gözlenen artış ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yapılan çalışmada SOD ve CAT aktivitesinde gözlenen değişimlerin birbiri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Buna göre uygulanan tüm müzik türlerinin fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarındaki süperoksit radikali ve hidrojen peroksit molekülünün oluşum hızını azalttığı söylenebilir.

Bitkiler bir stres faktörü ile karşılaştığında ilk etkilenen bölge, hücre zar sistemleridir. Abiyotik stres faktörlerinin hücre zar sistemlerinde neden olduğu hasarın boyutu, stres etkisiyle verdiği hasarın belirlenmesi, doymamış yağ asitlerinin yıkılması sonucu oluşan MDA miktarı ile ilişkilidir. MDA, zar fosfolipitleri düzeyinde oksidatif bir hasarın ve lipid peroksidasyonunun bir göstergesi olarak karşımıza çıkar (Güneş ve ark., 2007). MDA seviyesindeki artış, genellikle reaktif oksijen türlerinin üretiminin artmasına bağlı olarak ortaya çıkan oksidatif hasarın göstergesidir (Mittler, 2002; Miller ve ark., 2010). Buna karşın MDA seviyesinde bir azalışın meydana gelmesi, ortamdaki stres faktörlerinin azalması anlamını taşır. Bu aynı zamanda lipid peroksidasyonunun azaldığını da gösterir. Yapılan bu çalışmada, 3 haftalık müzik uygulamaları sonucunda, metal ve klasik müzik türlerinin fasulye bitkilerinde MDA seviyesini düşürdüğü, metal müzik uygulanan gruptaki azalmanın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Tekno rap türü müzik uygulaması sonucu fasulye yapraklarında gözlenen artış ise kontrole göre istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Mısır bitkilerinde ise bütün müzik türleri fasulye ve mısır bitkilerinin yapraklarındaki MDA seviyesinde artışa neden olmuş, bunlardan metal müzik uygulanan grupta görülen artışın anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, fasulye bitkilerinin yapraklarındaki hücre zar sistemlerinin genel olarak müzik uygulamalarından etkilenmediği, bununla birlikte metal müzik türünün olumlu etkiye sahip olduğu söylenebilir. Mısır bitkilerinde ise fasulyeye göre hücre zar sistemlerinin daha olumsuz etkilendiği söylenebilir. Ayrıca, aynı müzik türünden farklı bitki türlerinin farklı şekilde etkilendiği sonucuna da varılabilir. Fayed ve Bazaid (2014), tuz ve su stresine maruz bırakılan arpa bitkilerinde, salisilik asit gibi stres azaltıcı uygulamaların strese bağlı olarak artan MDA seviyesini azalttığını ve bu sonucun, oksidatif stresin azaldığının göstergesi olduğunu açıklamışlardır. Araştırmacılar bu etkinin, yapraklarda azalmış Na^+/K^+ oranı ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Su stresine maruz bırakılan buğday bitkilerinin hücre zarlarındaki hasarın göstergesi olarak lipid peroksidasyonunda artışların olduğu da açıklanmıştır (Ezzat-Ollah ve ark., 2007; Hameed ve ark., 2011). Bu araştırmalardan da görüleceği üzere MDA seviyesindeki düşüşler ortamdaki stresin azaldığını, artışların ise stresin arttığının bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmaların yanında, kasımpatı (*Chrysanthemum*-krizantem) bitkisi üzerinde yapılan sonikasyon çalışmalarında, kasımpatı fideleri saksılara dikilmiş ve sırasıyla

3, 6, 9, 12 ve 15 gün boyunca ve her gün 60 dakika süreyle belirli yoğunlukta (100 db) ve frekansta (1000 Hz) ses dalgası ile uyarılmıştır. Çalışma sonucunda, ses uyarımının bitki köklerine olumlu yönde etkisinin olduğu ve çözünebilir şeker ve protein miktarı ile amilaz aktivitesi değerlerinde artış gözlemlendiği, böylece müzik ile ses uyarımının kök büyümesini güçlendirdiği rapor edilmiştir (Yi ve ark., 2003). Bochu ve arkadaşlarının (2004), yaptığı araştırmada, sonikasyon uygulamalarının bitki dokularındaki hormon dengesini etkilediği ve büyümeyi olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Araştırmacılar, kasımpatı bitkisinin kalluslarına 1,4 kHz ses dalgaları uygulamışlar ve kontrol grubuna göre indole-3-asetik asit miktarının (IAA) %20,2 oranında artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Bununla birlikte, absisik asit (ABA) hormonunun kontrol grubuna göre %49,2 oranında bir azalış gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır.

4.2. Sonuç

Farklı müzik türlerinin bitki büyümesi üzerine etkisini araştırmak için yapılan bu çalışmada, fasulye ve mısır bitkisi 3 farklı türde müziğe, günde 4 saat olacak şekilde, 3 hafta boyunca maruz bırakılmış ve gövde boyunda, fotosentetik pigment miktarlarında, MDA miktarları ile SOD ve CAT enzimlerinin aktivitelerinde meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Pigment miktarları (klorofil a, klorofil b, krotenoid), bazı antioksidan sistemleri (SOD, CAT) ve oksidatif stres indikatörü olarak MDA düzeyleri incelenmiştir.

Bu incelemeler sonucunda, genel anlamda bütün müzik türlerinin, uygulanan süre ve şiddette, bitki büyümesinin olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Erken dönemde fasulye bitkisinde gövde büyümesinin bütün müzik gruplarından önemli derecede etkilendiği, daha sonraki dönemlerde ise büyümeyi en fazla indükleyen müzik türünün metal müzik olduğu görülmüştür. Mısır bitkisinde ise müzik türlerinin erken dönemdeki gelişimine etkisi daha az iken, ilerleyen dönemlerde özellikle klasik müzik uygulamalarında daha iyi büyüme gösterdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, metal müzik uygulanan mısır bitkilerinde MDA miktarının artması, metal müzik türünün mısır yapraklarındaki hücre zar sistemlerinde oksidatif strese ve hasara yol açtığı şeklinde yorumlanabilir. Fasulye bitkilerinin yapraklarında MDA miktarını artırma konusunda en etkili müziğin tekno rap müzik olduğu gözlenmiştir. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, bitkiler üzerinde gelecekte yapılacak olan çalışmalara ışık tutabileceği gibi bitki yetiştiriciliğinde birçok fayda sağlayabilir. Literatür bilgilerine göre düzenli seslerin bitki büyümesi üzerine olumlu etkilere sahip olduğu, düzensiz ve herhangi bir harmonisi olmayan seslerin bitki büyümesini olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir. Bu tür çalışmalardan elde edilecek bilgiler ışığında tarım alanlarından daha fazla verim almak mümkün olabilir. Hangi bitki türüne ne tür müziklerin olumlu etki yaptığı tam olarak ortaya çıkarıldığı takdirde, özellikle sera tarımı gibi alanlardan çok daha yüksek verim alınabilecektir. Diğer yandan bu tür çalışmalar tarım alanlarının korunmasına da katkı sağlayacaktır.

Müziğin bitki büyümesi üzerindeki olumlu etkilerinin mekanizmasının anlaşılması için ileri düzeyde biyokimyasal ve moleküler çalışmalar yapılması gerekmektedir. Özellikle bitki büyümesinde etkili olan hormon ya da kimyasalların, bu süreçte görev alan genlerin aktivitesinin belirlenmesi bu mekanizmaların ortaya çıkarılmasında önemli bir yer tutacaktır. Ayrıca yapılacak bu tür araştırmalarda farklı uygulama sürelerinin kullanılması, elde edilen ürünün kalitesine, müziğin, her hangi bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesinde önemli olacaktır.

Diğer yandan müziğin sadece bitkiler üzerine değil, genel anlamda canlılar üzerine etkisinin ortaya çıkarılması için hayvan çalışmalarının da yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y. & Sakuratani, T. (2002). Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. *Plant Science*, 163(1), 117-123.
- Akçın, A. (2007). Erzurum şartlarında yetişebilen kuru fasulye çeşitlerinde gübreleme, ekim zamanı ve sıra aralığının tane verimine etkisi ile bu çeşitlerin bazı fenolojik, morfolojik ve teknolojik karakterleri üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 65-76.
- Alscher, R. G., Erturk, N. & Heath, L. S. (2002). Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *Journal of experimental botany*, 53(372), 1331-1341.
- Asada, K. (1992). Ascorbate peroxidase—a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants. *Physiologia Plantarum*, 85(2), 235-241.
- Barnes, J., Zheng, Y. & Lyons, T. (2002). Plant resistance to ozone: the role of ascorbate. *In Air pollution and plant biotechnology* (ss. 235-252) içinde. Springer, Tokyo.
- Beckwith, K. (2002). Black Metal is for white people: constructs of colour and identity within the Extreme Metal scene. *M/C Journal*, 5(3).
- Beyer Jr, W. F. & Fridovich, I. (1987). Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. *Analytical biochemistry*, 161(2), 559-566.
- Bhattacharya, K. (1989). Sound, India: Hindustan Publishing Concern,
- Bitocchi, E., Bellucci, E., Giardini, A., Rau, D., Rodriguez, M., Biagetti, E., ... & Papa, R. (2013). Molecular analysis of the parallel domestication of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Mesoamerica and the Andes. *New Phytologist*, 197(1), 300-313.
- Blair, M. W., Galeano, C. H., Tovar, E., Muñoz Torres, M. C., Castrillón, A. V., Beebe, S. E. & Rao, I. M. (2012). Development of a Mesoamerican intra-genepool genetic map for quantitative trait loci detection in a drought tolerant× susceptible common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. *Molecular Breeding*, 29(1), 71-88.
- Blokhina, O., Virolainen, E. & Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of botany*, 91(2), 179-194.
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P. & Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature neuroscience*, 2(4), 382-387.

- Bochu, W., Jiping, S., Biao, L., Jie, L. & Chuanren, D. (2004). Soundwave stimulation triggers the content change of the endogenous hormone of the Chrysanthemum mature callus. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 37(3-4), 107-112.
- Britton, G. (1995). Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal*, 9(15), 1551-1558.
- Cai, W., He, H., Zhu, S. & Wang, N. (2014). Biological effect of audible sound control on mung bean (*Vigna radiate*) sprout. *BioMed research international*, 1-6.
- Campbell, N. A. & Reece, J. B., (2010). Bitki Yapısı ve Büyüme. *Biyoloji*. (6. Baskı, ss. 720-743) içinde. Palme Yayınevi,
- Carlson, D. (2013). Sonic Bloom. <https://dancarlsonsonicbloom.com/about>, Erişim Tarihi: 12/04/2022.
- Chen, T. & Zhang, B. (2016). Measurements of proline and malondialdehyde content and antioxidant enzyme activities in leaves of drought stressed cotton. *Bio-protocol*, 6(17), e1913.
- Chivukula, V. & Ramaswamy, S. (2014). Effect of different types of music on *Rosa chinensis* plants. *International journal of environmental science and development*, 5(5), 431-434.
- Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E. & Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 90(5), 856-867.
- Clo, E., Snyder, J. W., Ogilby, P. R. & Gothelf, K. V. (2007). Control and selectivity of photosensitized singlet oxygen production: challenges in complex biological systems. *ChemBioChem*, 8(5), 475-481.
- Coghlan, A. (1994). Good vibrations give plants excitations. *New Scientist*, 28.
- Colville, L. & Smirnoff, N. (2008). Antioxidant status, peroxidase activity, and PR protein transcript levels in ascorbate-deficient *Arabidopsis thaliana* vtc mutants. *Journal of Experimental Botany*, 59(14), 3857-3868.
- Creissen, G., Broadbent, P., Stevens, R., Wellburn, A. R. & Mullineaux, P. (1996). Manipulation of glutathione metabolism in transgenic plants. *Biochemical Society Transactions*, 24(2), 465-469.
- Cromie, W. J. (2001). Music on the brain: Researchers explore the biology of music. *Harvard University Gazette*, Erişim Tarihi: 02/10/2022.
- Das, K. & Roychoudhury, A. (2014). Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Frontiers in Environmental science*, 2, 53.
- Dewir, Y. H., Chakrabarty, D., Ali, M. B., Hahn, E. J. & Paek, K. Y. (2006). Lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities of *Euphorbia millii* hyperhydric shoots. *Environmental and Experimental Botany*, 58(1-3), 93-99.
- Doğru, A. (2006). Kolza (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*)'nın bazı kışlık çeşitlerinde düşük sıcaklık toleransı ile ilgili fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin araştırılması [Doktora Tezi]. Sakarya Üniversitesi.

- Ekici, N., Dane, F., Mamedova, L., Metin, I. & Huseyinov, M. (2007). The effects of different musical elements on root growth and mitosis in onion (*Allium cepa*) root apical meristem (musical and biological experimental study). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(2), 369-373.
- Ezzat-Ollah, E., Shakiba, M.R., Mahboob, S.A., Hoshang, A. & Mahmood, T. (2007). Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. *International Journal of Food, Agriculture & Environment*, 5, 149-153.
- Fayez K.A. & Bazaid, S. A. (2014). Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 45-55.
- Fini, A., Brunetti, C., Di Ferdinando, M., Ferrini, F. & Tattini, M. (2011). Stress-induced flavonoid biosynthesis and the antioxidant machinery of plants. *Plant Signaling & Behavior*, 6(5), 709-711.
- Fridovich, I. (1995). Superoxide radical and superoxide dismutases. *Annual review of biochemistry*, 64(1), 97-112.
- Gratão, P. L., Monteiro, C. C., Tezotto, T., Carvalho, R. F., Alves, L. R., Peters, L. P. & Azevedo, R. A. (2015). Cadmium stress antioxidant responses and root-to-shoot communication in grafted tomato plants. *Biometals*, 28(5), 803-816.
- Güneş, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Güneri-Bagci, E. & Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*, 164(6), 728-736.
- Haber, F. & Weiss, J. (1934). The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by iron salts. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences*, 147(861), 332-351.
- Hagar, H., Ueda, N. & Shah, S. V. (1997). Tyrosine phosphorylation in DNA damage and cell death in hypoxic injury to LLC-PK1 cells. *Kidney international*, 51(6), 1747-1753.
- Halliwell, B. & Gutteridge, J. M. (2015). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford university press, USA.
- Hameed, A., Bibi, N., Akhter, J. & Iqbal, N. (2011). Differential changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in flag leaves of wheat genotypes under different levels of water deficit conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49, 178-185.
- Hausladen, A. & Alscher, R. G. (1994). Cold-Hardiness-Specific Glutathione Reductase Isozymes in Red Spruce (Thermal Dependence of Kinetic Parameters and Possible Regulatory Mechanisms). *Plant Physiology*, 105(1), 215-223.
- Hernández, J. A. & Almansa, M. S. (2002). Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves. *Physiologia Plantarum*, 115(2), 251-257.
- Hou, T. Z. & Mooneyham, R. E. (1999). Applied Studies of Plant Meridian System I. The Effect of Agri-Wave Technology on Yield and Quality of Tomato. *The American journal of Chinese medicine*, 27(01), 1-10.

- Igamberdiev, A. U., Seregelyes, C. & Hill, R. D. (2004). NADH-dependent metabolism of nitric oxide in alfalfa root cultures expressing barley hemoglobin. *Planta*, 219(1), 95-102.
- Jozefczak, M., Remans, T., Vangronsveld, J. & Cuypers, A. (2012). Glutathione is a key player in metal-induced oxidative stress defenses. *International journal of molecular sciences*, 13(3), 3145-3175.
- Koca, H. B. (2007). Koroner arter hastalarında lipid ve protein oksidasyonu ile selenyum içeren antioksidanların düzeyi [Yüksek lisans Tezi]. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Laitonjam, W. S. (2012). Natural antioxidants (NAO) of plants acting as scavengers of free radicals. *Studies in natural products chemistry*, 37, 259-275.
- Levine, A., Tenhaken, R., Dixon, R. & Lamb, C. (1994). H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. *Cell*, 79(4), 583-593.
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In *Methods in enzymology*, 148, 350-382. Academic Press.
- Lipkin, R. (1988). Jarring Music Takes Toll on Mice. *Insight*, 4(14), 58.
- Lyons, J. M. & Raison, J. K. (1970). Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissues sensitive and resistant to chilling injury. *Plant Physiology*, 45(4), 386-389.
- Mackerness, A. H. S., Surplus, S. L., Jordan, B. R. & Thomas, B. (1998). Effects of Supplementary Ultraviolet-B Radiation on Photosynthetic Transcripts at Different Stages of Leaf Development and Light Levels in Pea (*Pisum sativum* L.): Role of Active Oxygen Species and Antioxidant Enzymes. *Photochemistry and Photobiology*, 68(1), 88-96.
- Miller, G.A.D., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S. & Mittler, R.O.N. (2010). Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant, Cell & Environment*, 33, 453-467.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, 7(9), 405-410.
- Munné-Bosch, S. & Alegre, L. (2002). The function of tocopherols and tocotrienols in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21(1), 31-57.
- Neill, S., Desikan, R. & Hancock, J. (2002). Hydrogen peroxide signalling. *Current opinion in plant biology*, 5(5), 388-395.
- Nisar, N., Li, L., Lu, S., Khin, N. C. & Pogson, B. J. (2015). Carotenoid metabolism in plants. *Molecular plant*, 8(1), 68-82.
- Nummela, S. & Thewissen, J. G., (2008). *Sensory evolution on the threshold: adaptations in secondarily aquatic vertebrates*. Univ of California Press.
- O'Brien, Jr. W. D. (2007). Ultrasound–biophysics mechanisms. *Progress in biophysics and molecular biology*, 93(1-3), 212-255.

- Ohkawa, H., Ohishi, N. & Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical biochemistry*, 95(2), 351-358.
- Ong, A. S. & Tee, E. S. (1992). [14] *Natural sources of carotenoids from plants and oils*. In *Methods in enzymology* (Sayı 213, ss. 142-167) içinden. Academic Press.
- Orcutt, D. M. & Nilsen, E. T. (2000). *Physiology of plants under stress: Soil and biotic factors* (Vol. 2). Wiley.
- Ozturk, A., Baltaci, A. K., Mogulkoc, R., Oztekin, E., Sivrikaya, A., Kurtoglu, E. & Kul, A. (2003). Effects of zinc deficiency and supplementation on malondialdehyde and glutathione levels in blood and tissues of rats performing swimming exercise. *Biological trace element research*, 94(2), 157-166.
- Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S. & Dhama, K. (2014). Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay. *BioMed research international*, 1-19.
- Retallack, D. L. (1973). *The Sound of Music and Plants*. DeVorss, Santa Monica, Calif., c1973.
- Robertson, D. (1998). About Positive Music: The Plant Experiments, DoveSong International. http://www.dovesong.com/positive_music. Erişim tarihi: 12/04/2022.
- Rokhina, E. V., Lens P. & Virkutyte, J. (2009). Low-frequency ultrasound in biotechnology: state of the art. *Trends in biotechnology*, 27(5), 298-306.
- Rooke, A. (1985). Searching for the Lost Chord: Ancient Uses and Modern Trends. <http://www.theosophy-nw.org/theosnw/arts/ar-rooke.htm>. Erişim tarihi: 12/04/2022.
- Sen Raychaudhuri, S. & Deng, X. W. (2000). The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants. *The Botanical Review*, 66(1), 89-98.
- Scott, M.P. and Emery, M. (2016). The World of Food Grains. In: Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K. & Faubion, J. (eds). *Encyclopedia of Food Grains*, 2nd Edition.
- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S. & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of botany*, 1-26.
- Sharma, D., Gupta, U., Fernandes, A. J., Mankad, A. & Solanki, H. A. (2015). The effect of music on physico-chemical parameters of selected plants. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 5(1), 282-287.
- Siefermann-Harms, D. (1987). The light-harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum*, 69(3), 561-568.
- Singh, R. J., Chung, G. H. & Nelson, R. L. (2007). Landmark research in legumes. *Genome*, 50(6), 525-537.

- Taiz, L. & Zeiger, E. (2002). Stress Physiology. *Plant Physiology*, (3. Baskı, ss. 591-615) içinde. Sinauer Associates.
- Tao, D. L., Öquist, G. & Wingsle, G. (1998). Active oxygen scavengers during cold acclimation of Scots pine seedlings in relation to freezing tolerance. *Cryobiology*, 37(1), 38-45.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2022). Mısır Tarımı. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=89>
Erişim Tarihi: 10/04/2022.
- Tompkins, P. & Bird, C. (1989). *The Secret Life of Plants* (2. Baskı). Harper Collins.
- Tramo, M. J. (2001). Biology and music. Music of the hemispheres. *Science*, 291(5501), 54-56.
- Vallejos, C. E., Sakiyama, N. S. & Chase, C. D. (1992). A molecular marker-based linkage map of *Phaseolus vulgaris* L. *Genetics*, 131(3), 733-740.
- Vanol, D. & Vaidya, R. (2014). Effect of types of sound (music and noise) and varying frequency on growth of guar or cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) seed germination and growth of plants. *Quest*, 2(3), 9-14.
- Vardar, Y. (1972). *Bitki fizyolojisi dersleri*, (Ders Kitabı). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, no:37.
- Vardar, Y., (1985). *Bitki fizyolojisine giriş* (8. Baskı, ss. 157-165) içinde. Bilgehan Basımevi.
- Wagh, N. D., Shukla, P. V., Tambe, S. B. & Ingle, S. T. (2006). Biological monitoring of roadside plants exposed to vehicular pollution in Jalgaon city. *Journal of Environmental biology*, 37(2), 419-421.
- Wei, M., Yang, C. Y. & Wei, S. H. (2012). Enhancement of the differentiation of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* to shoots by ultrasound treatment. *Journal of plant physiology*, 169(8), 770-774.
- Weinberger, P. & Measures, M. (1979). Effects of the intensity of audible sound on the growth and development of Rideau winter wheat. *Canadian journal of botany*, 57(9), 1036-1039.
- Whittingham, T. A. (2007). Medical diagnostic applications and sources. *Progress in biophysics and molecular biology*, 93(1-3), 84-110.
- Xiujuan, W., Bochu, W., Yi, J., Chuanren, D. & Sakanishi, A. (2003). Effect of sound wave on the synthesis of nucleic acid and protein in chrysanthemum. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 29(2-3), 99-102.
- Yarıktaş, M., Döner, F., Doğru, H., Aynalı, G., Yönden, Z. & Delibaş, N. (2003). Baş-boyun malign tümörlerinde malondialdehit düzeyleri ve antioksidan enzim aktiviteleri. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 10(4).
- Yi, J., Bochu, W., Xiujuan, W., Daohong, W., Chuanren, D., Toyama, Y. & Sakanishi, A. (2003). Effect of sound wave on the metabolism of chrysanthemum roots. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 29(2-3), 115-118.

- Yu, J. & Zhou, C. Z. (2007). Crystal structure of glutathione reductase Glr1 from the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 68(4), 972-979.
- Zhang, J. & Kirkham, M. B. (1996). Enzymatic responses of the ascorbate-glutathione cycle to drought in sorghum and sunflower plants. *Plant Science*, 113(2), 139-147.
- Zhang, H.X., Hodson, J.N., Williams, J.P. & Blumwald, E. (2001). Engineering salttolerant Brassica plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(22),12832-6.
- Zhang, J. (2012). Application progress of plant audio control technology in modern agriculture. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, 53, 80-81.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Emre KÜÇÜKARSLAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji
- **Yüksek Lisans** : Devam, Sakarya Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı,
Biyoloji

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015-2017 yılları arasında Milli Eğitim Bakanlığı'nda ücretli öğretmen olarak çalıştı.