

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ULTRAVİYOLE (UV), MANYETİK ALAN (MA) VE HİDROPRİMİNG
(HP) UYGULAMALARININ BİBER, LAHANA, MARUL VE SOĞAN
TOHUMLARINDA KALİTENİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE
KULLANIMI**

Mustafa Emre SARI

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2019**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mustafa Emre SARI tarafından hazırlanan “**Ultraviyole (UV), Manyetik Alan (MA) ve Hidropriming (HP) Uygulamalarının Biber, Lahana, Marul ve Soğan Tohumlarında Kalitenin İyileştirilmesinde Kullanımı**” adlı tez çalışması 18/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri:

Başkan : Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ
Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. İbrahim DEMİR
Ankara Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. A. Naci ONUS
Akdeniz Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Hayrettin KENDİR
Ankara Üniversitesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM
Enstitü Müdürü Y.

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

18/07/2019



Mustafa Emre SARI

ÖZET

Doktora Tezi

ULTRAVİYOLE (UV), MANYETİK ALAN (MA) VE HİDROPRİMING (HP) UYGULAMALARININ BİBER, LAHANA, MARUL VE SOĞAN TOHUMLARINDA KALİTENİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIMI

Mustafa Emre SARI

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim DEMİR

Bu çalışmada temel amaç, biber, marul, soğan, lahana tohumlarında çimlenme oranı (ÇO) ve fide çıkış oranının (FÇO) artırılması için 3 farklı priming metodundan (Ultraviyole-UV, Manyetik alan-MA, Hidropriming-HP) yararlanarak tohum kalitesini iyileştirmektir. Uygulamaların stres koşullarındaki etkisini de görebilmek için abiyotik stres şartlarında da kalite testleri yapılmıştır. Uygulamaların fizyolojik etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla, katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimleri kapsamındaki değişimler belirlenmiştir. HP ve UV uygulamaları biber dışındaki tüm türlerde çimlenme ve fide gelişimini olumlu etkilemiştir. MA uygulamaları tüm türlerde ÇO ve FÇO değerlerini önemli ölçüde artırmıştır. UV, MA ve HP uygulamaları en etkili sonucu soğanda gösterirken ÇO değerleri kontrol grubuna göre sırasıyla %38, %48 ve %29 artış göstermiştir. Uygulamalar tüm türlerde FÇO'yu artırırken, en çarpıcı sonuçlar soğan ve marulda tespit edilmiştir. UV, MA ve HP uygulamaları biber dışındaki türlerde çimlenme hızını artırmıştır. Ortalama çimlenme zamanının kısalması, uygulamaların üniform ve iyi gelişmiş fideler oluşturmasını sağlamıştır. Uygulamaların stres testlerin büyük çoğunluğunda istatistiksel olarak önemli farklılık yaratmadığı görülmüne rağmen, tüm stres koşullarında özellikle fide gelişiminde uygulamalar ile kontrol grubu arasında gelişim özellikleri bakımından farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle tuz stresi koşullarında uygulamaların daha etkili oldukları belirlenmiştir. HP8s+MA10d uygulaması 150 mM tuzluluk koşullarında kontrole göre FÇO değerinde %53 artış sağlamıştır. CAT, APX ve SOD enzim aktivitelerinde gözlemlenen artışların, çimlenme ve fide gelişim parametreleri ile stres koşullarında sağlanan pozitif etkilerle bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Marul tohumlarında SOD enzim aktivitesinde MA uygulaması kontrole göre 3 kat artış göstermiştir. Çalışmada kullanılan fiziksel priming tekniklerinin (UV, MA) belirtilen türlerde ekim öncesi ön çimlendirme uygulaması olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Temmuz 2019, 123 sayfa

Anahtar Kelimeler: Priming, ultraviyole, manyetik alan, tohum kalitesi, abiyotik stres

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

USING ULTRAVIOLET (UV), MAGNETIC FIELD (MF) AND HYDROPRIMING (HP) TREATMENTS ON ENHANCEMENT OF SEED QUALITY OF PEPPER, CABBAGE, LETTUCE AND ONION

Mustafa Emre SARI

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim DEMİR

The main objective of this study was to improve seed quality by using 3 different priming methods (Ultraviolet-UV, Magnetic field-MA, Hydropriming-HP) to increase germination rate (GR) and seedling emergence rate (SER) in pepper, lettuce, onion, cabbage seeds. In order to see the effect of the applications under stress conditions, quality tests were also performed under abiotic stress conditions. In order to reveal the physiological effects of the applications, the changes in catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and ascorbate peroxidase (APX) enzymes were determined. HP and UV treatments positively affected germination and seedling growth in all species except pepper. MA applications significantly increased GR and SER in all species. UV, MA and HP applications showed the most effective results in onions, while GR increased 38%, 48% and 29%, respectively, compared to the control group. While all applications increased SER in all species, the most striking results were found in onion and lettuce. UV, MA and HP applications increased germination speed in all species except pepper. The shortening of mean germination time allowed the applications to establish uniform and well developed seedlings. Although it was observed that the applications did not create statistically significant difference in the majority of stress tests, differences were observed between the applications and the control group in all stress conditions, especially in seedling development. It has been found that applications were more effective especially in salt stress conditions. Application of HP8s+MA10d resulted in 53% increase in SER compared to control under 150 mM salinity conditions. Increases observed in CAT, APX and SOD antioxidant enzyme activities were correlated with germination and seedling growth parameters and positive effects under stress conditions. MA application of SOD enzyme activity showed 3-fold increment compared to control in lettuce seeds. It was determined that the physical priming techniques (UV, MA) used in the study could be used as pre-germination application before sowing.

July 2019, 123 pages

Key Words: Priming, ultraviolet, magnetic field, seed quality, abiotic stress

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimimin tüm aşamalarında beraber çalıştığım ve bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında ve yürütülmesinde kıymetli bilgi ve deneyimlerini benden hiç esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. İbrahim DEMİR'e (Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) sonsuz teşekkür ederim. Kendisi beşeri özellikleri, akademik ahlak ve çalışkanlığı ile benim için hayatımın bundan sonraki her aşamasında rol model olacaktır. Tanıştığımız zamandan bugüne kadar bana gösterdiği arkadaşlık, ağabeylik ve öğretmenlik için kendisine minnettarım.

Tez çalışması süresince bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve bana yol gösteren kıymetli tez izleme komitesi üyelerinden, Bahçe Bitkileri camiasının duayen hocası Prof. Dr. Ruhsar YANMAZ (Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) ve TÜBİTAK'ta da beraber çok kıymetli çalışmalarımızın olduğu Prof. Dr. A. Naci ONUS (Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) hocalarıma çok teşekkür ederim. Tez savunma jürisinde yer alan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) ve Prof. Dr. Hayrettin KENDİR'e (Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütüldüğü, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümünün kıymetli öğretim üyelerine ve çalışanlarına teşekkür ederim. Bu çalışmanın, UV ve MA uygulamalarının yapılması esnasında alt yapı olanaklarını ve bilgilerini bizimle paylaşan, Prof. Dr. Yalçın ELERMAN (Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi), Prof. Dr. Ali SINAĞ (Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi), Senem SARITAŞ ve Yusuf Osman DONAR'a teşekkürü borç bilirim. Enzim analizlerinde gösterdikleri işbirliği ve yardımları için Ankara Üniversitesi'nden Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ ve Öğr. Gör. Dr. Özge ŞAHİN'e teşekkür ederim.

Çalışmanın her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim. Beraber çalışmanın önemini ve zevkini bana yaşatan ve çalışmanın kotarılmasında büyük emekleri olan başta Nurcan MEMİŞ olmak üzere Merve ÖLKER, Neslihan ISSI, Seid Hussien Muhie, Ebrima S. Njie, Eda Burcu KÜÇÜKHÜSEYİN, Cihat ÖZDAMAR ve Kutay Coşkun YILDIRIM'a çok teşekkür ederim.

Yaşamımın her döneminde sevgi ve ilgileriyle, maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen annem, babam ve kardeşlerime sonsuz şükranlarımı sunarım. Aldığım tüm kararlarda verdikleri desteklerinden dolayı kendilerine minnettarım. Bu çalışmayı annem ve babama ithaf ediyorum.

Mustafa Emre SARI
Ankara, Temmuz 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	12
2.1 Priming Tekniği Olarak Manyetik Alan (MA) Uygulamaları.....	12
2.2 Priming Tekniği Olarak Ultraviyole (UV) Uygulamaları	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1 Materyal	35
3.2 Yöntem	36
3.2.1 Yapılan uygulamalar ve kalite testleri	37
3.2.1.1 Yapılan uygulamalar	37
3.2.1.2 Kalite testleri (çimlenme ve fide çıkış testi)	40
3.2.1.3 Stres koşullarında kalite testleri (çimlenme ve fide çıkış testi)	44
3.2.1.4 Enzim analizleri (CAT, APX ve SOD)	47
3.2.2 İstatistiksel analiz ve verilerin değerlendirilmesi.....	48
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	49
4.1 HP, UV ve MA Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi.....	49
4.1.1 Biberde HP ve UV uygulamaları	49
4.1.2 Biberde HP ve MA uygulamaları	50
4.1.3 Lahanada HP ve UV uygulamaları	53
4.1.4 Lahanada HP ve MA uygulamaları	54
4.1.5 Soğanda HP ve UV uygulamaları	57
4.1.6 Soğanda HP ve MA uygulamaları	58
4.1.7 Marulda HP ve UV uygulamaları.....	61

4.1.8 Marulda HP ve MA uygulamaları.....	62
4.2 HP, UV ve MA Uygulamalarının Stres Sıcaklıklarında (Yüksek-Düşük) ve Tuz Stresinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi	65
4.2.1 Biber	65
4.2.2 Lahana.....	66
4.2.3 Soğan	68
4.2.4 Marul.....	70
4.3 HP, UV ve MA Uygulamalarının Tohumda Antioksidan Savunma Sistemi Sağlayan Enzimler (CAT, APX ve SOD) Üzerine Etkileri.....	73
4.3.1 Katalaz (CAT) enzimi	73
4.3.2 Askorbat peroksidaz (APX) enzimi	75
4.3.3 Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi	77
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	79
5.1 HP ve UV Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri	80
5.2 HP ve MA Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri	83
5.3 HP, UV ve MA Uygulamalarının Stres Sıcaklıklarında (Yüksek-Düşük) ve Tuz Stresinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi	89
5.4 HP, UV ve MA Uygulamalarının Antioksidan Enzim Aktivitelerine Etkileri ..	94
KAYNAKLAR	102
ÖZGEÇMİŞ.....	123

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

N	Azot
°C	Celcius
Zn	Çinko
d	Dakika
da	Dekar
Fe	Demir
P	Fosfor
G	Gauss
g	Gram
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
Hz	Hertz
Ca	Kalsiyum
kg	Kilogram
kJ	Kilojul
lt	Litre
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
MPa	Megapaskal
µm	Mikromolar
µT	Mikrotesla
µW	Mikrowatt
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimol
mS	Milisiemens
mT	Militesla
mW	Miliwatt
ppm	Milyonda bir birim
M	Molarite
nm	Nanometre
nT	Nanotesla
K	Potasyum
K ⁺	Potasyum iyonu
KNO ₃	Potasyumnitrat
KH ₂ PO ₄	Potasyundihidrojenfosfat
cm	Santimetre
Na	Sodyum
Na ⁺	Sodyum iyonu
NaCl	Sodyumklorür
O ₂ ⁻	Süperoksit
s	Saat
T	Tesla
W	Watt
%	Yüzde

Kısaltmalar

APX	Askorbat peroksidaz
ÇH	Çimlenmez hızı
ÇO	Çimlenme oranı
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
DS	Düşük sıcaklık
FÇH	Fide çıkış hızı
FÇO	Fide çıkış oranı
GPX	Guaiakol peroksidaz
GR	Glutasyon redüktaz
HP	Hidropriming
ISTA	International Seed Testing Association
CAT	Katalaz
MA	Manyetik Alan
NÇO	Normal çimlenme oranı
NFÇO	Normal fide çıkış oranı
ö.d	Önemli değil
PEG	Polietilen glikol
POD	Peroksidaz
ROS	Reaktif oksijen türevleri
SOD	Süperoksit dismutaz
TİGEM	Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
TS	Tuzluluk stresi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV	Ultraviyole
YS	Yüksek sıcaklık

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Elektromanyetik spektrum ve UV ışınları	7
Şekil 1.2	Ultraviyole ışınların dünyaya ulaşma durumları	7
Şekil 1.3	Tohum ve fidelere uygulanan UV priming uygulamasının bitkilerde yarattığı morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimler	9
Şekil 2.1	Yalçın ve Tayyar (2011) çalışmasında kullanılan MA sistemi.....	17
Şekil 2.2	Hozayn vd. (2015), çalışmasında kullanılan statik MA aleti.....	26
Şekil 2.3	Çıbık (2016), çalışmasında kullanılan elektro manyetik alan aleti.....	26
Şekil 2.4	Zaredost vd. (2017), çalışmasında kullanılan statik MA aleti	26
Şekil 2.5	Florez vd. (2007), çalışmasında kullanılan statik MA aleti (125 ve 250 mT).....	27
Şekil 2.6	Vashisth ve Nagarajan (2010), çalışmasında kullanılan MA aleti (0 500 mT).....	27
Şekil 2.7	De Souza vd. (2006), çalışmasında kullanılan MA aleti	28
Şekil 2.8	Konefal-Janocha vd. (2019), çalışmasında kullanılan MA aleti.....	28
Şekil 2.9	Chen vd. (2011), çalışmasında kullanılan MA aletin temsili görüntüsü	29
Şekil 2.10	Efthimiadou vd. (2014), çalışmasında kullanılan MA aleti.....	29
Şekil 2.11	Ruzic ve Jerman (2002), çalışmasında kullanılan MA aleti	30
Şekil 3.1	Tohumlara hidropriming (HP) uygulamasının yapılışı.....	38
Şekil 3.2	Tohumlara MA uygulamasının yapılışı	39
Şekil 3.3	Araştırmada kullanılan UV cihazı	40
Şekil 3.4	1. Biber, 2. lahana, 3. soğan, 4. marul türlerinde çimlenme testleri sonrası normal ve anormal fide yapıları	41
Şekil 3.5	Çimlendirme testi kurulumu	42
Şekil 3.6	Fide çıkış testi kurulumu.....	43
Şekil 3.7	1. Biber, 2. lahana, 3. soğan, 4. marul türlerinde fide çıkış testleri sonrası normal ve anormal fide yapıları	44
Şekil 3.8	Tuzluluk stresi fide çıkış testleri öncesi viyollerin, ekimden 1 gün önce hazırlanması	47

Şekil 4.1	HP, UV ve MA uygulamalarının biberde fide gelişimi üzerine etkisi.....	52
Şekil 4.2	Uygulamaların biber fidelerinin kök gelişimine etkisi	52
Şekil 4.3	HP, UV ve MA uygulamalarının lahanada fide gelişimi üzerine etkisi	56
Şekil 4.4	Uygulamaların lahanada fidelerinin kök gelişimine etkisi	56
Şekil 4.5	HP, UV ve MA uygulamalarının soğanda fide gelişimi üzerine etkisi	60
Şekil 4.6	Uygulamaların soğanda fidelerinin kök gelişimine etkisi	60
Şekil 4.7	HP, UV ve MA uygulamalarının marulda fide gelişimi üzerine etkisi	64
Şekil 4.8	Uygulamaların marulda fidelerinin kök gelişimine etkisi	64
Şekil 4.9	UV ve MA uygulamalarının biberde düşük sıcaklık koşullarında fide gelişimi üzerine etkisi	66
Şekil 4.10	UV ve MA uygulamalarının lahanada 150 mM tuzluluk stresinde fide gelişimi üzerine etkisi	68
Şekil 4.11	Soğanda yüksek sıcaklık stresi fide çıkış testinde iki MA uygulaması arasındaki fark.....	70
Şekil 4.12	MA uygulamalarının marulda yüksek sıcaklık stresinde fide gelişimi üzerine etkisi	71
Şekil 4.13	MA uygulamalarının marulda 75mM tuzluluk stresinde fide gelişimi üzerine etkisi	72
Şekil 4.14	CAT enzim analizleri.....	73
Şekil 4.15	APX enzim analizleri.....	75
Şekil 4.16	SOD enzim analizleri.....	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Çalışmada kullanılan sebze türlerinde ülkemize ait bitkisel üretim istatistikleri.....	11
Çizelge 3.1	Çalışmada kullanılan tohum lotlarının tohum çimlenme oranları (%) ve tohum nem içerikleri (%)	35
Çizelge 3.2	Stres testleri için seçilen uygulamalar	45
Çizelge 3.3	Yüksek sıcaklık çimlenme testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri	45
Çizelge 3.4	Yüksek sıcaklık fide çıkış testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri	45
Çizelge 3.5	Düşük sıcaklık çimlenme testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri	46
Çizelge 3.6	Düşük sıcaklık fide çıkış testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri	46
Çizelge 3.7	Enzim analizleri için seçilen uygulamalar	47
Çizelge 4.1	HP ve UV uygulamalarının biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	50
Çizelge 4.2	HP ve MA uygulamalarının biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	51
Çizelge 4.3	HP ve UV uygulamalarının lahana tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	54
Çizelge 4.4	HP ve MA uygulamalarının lahana tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	55
Çizelge 4.5	HP ve UV uygulamalarının soğan tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi.	58
Çizelge 4.6	HP ve MA uygulamalarının soğan tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	59
Çizelge 4.7	HP ve UV uygulamalarının marul tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	62
Çizelge 4.8	HP ve MA uygulamalarının marul tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	63

Çizelge 4.9	UV ve MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi.....	65
Çizelge 4.10	UV ve MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) lahana tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi	67
Çizelge 4.11	MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) soğan tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi.....	69
Çizelge 4.12	MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) marul tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi.....	71
Çizelge 5.1	Uygulamaların stres testlerinde türler bazında kontrol grubuna göre avantaj-dezavantajları	94
Çizelge 5.2	Uygulamaların kontrol grubuna göre CAT, APX ve SOD enzim aktivitelerine etkileri	99

1. GİRİŞ

İnsanlığın karşılaştığı en büyük sorunlardan birisi artan nüfus ve gıda ihtiyacının yanında tarımsal üretimi kısıtlayan çok çeşitli çevresel faktörlere karşın sürdürülebilir tarımsal üretimi arttırabilmektir (Edmondson vd. 2014). Davies vd. (2009) bildirdiğine göre, 2050 yılında tahminen 9 milyar kişiye çıkacak dünya nüfusunu besleyebilmek için gıda üretiminin de artması gerekmektedir. Sürdürülebilir tarımsal üretim fikri çevreye zararlı olmayan teknolojilerin geliştirilmesi ve eş zamanlı olarak gıda üretiminin arttırılmasına dayanmaktadır. Sürdürülebilir, güvenli ve kaliteli gıda temini için; çeşitli çevre koşullarına uyum sağlayabilen, yüksek verimli yeni çeşitlerinin geliştirilmesi yanında, öncelikli koşullardan birisi gücü yüksek kaliteli tohumluklarla üretime başlamaktır. Yüksek canlılık ve tohum gücü (stres koşullarına dayanım, çimlenme hızı vs.) ile fiziksel ve genetik saflık, tohumda en önemli kalite kriterleri olarak görülmektedir.

2016 yılı itibariyle uluslararası toplam tohum ticareti yaklaşık 12 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı verileri ve Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) 2017 yılı Tohumculuk Sektör Raporu'na göre, Türkiye'nin 2017 yılında tohum ithalatı 185,2 milyon ABD doları iken aynı dönemde ihracat değeri ise 136,2 milyon ABD doları olarak gerçekleşmiştir (TİGEM 2017). Bu kadar yüksek bir ekonomik değer ve rekabet ortamında yenilikçi ürün ve uygulamaların geliştirilmesi tohumculuk sektörü için farklılık yaratarak rekabetçi olmak adına önem arz etmektedir.

Tohum çimlenmesi, bitki bünyesindeki hormonlar ve çevresel faktörlerin de dahil olduğu bazı faktörlerin karmaşık etkisi altında gerçekleşen, bitki yaşamı için oldukça önemli bir evredir. Tohum gücü ise; tohumların, çok çeşitli arazi koşullarında hızlı çimlenme, üniform bir çıkış ve normal fide geliştirebilme potansiyellerini belirleyen özelliklerin tümüdür (AOSA 1983).

Tohumda kaliteyi etkileyen en önemli faktörler arasında; hasat öncesi ana bitkinin beslenme durumu, hasat dönemi ve sonrası hastalık ve zararlı etkileri, hasat sırasında yaşanan zararlanmalar ve sonrasında ise depolama koşulları (depolama sıcaklığı ve ortam nemi, tohum nemi, oksijen) gelmektedir. Tüm bunların yanında tohumun genetik özellikleri de kalitesine önemli ölçüde etki etmektedir. Kalite özellikleri, tohumun üretimi

esnasında yapılan kültürel işlemlerden (bitki besleme, sulama, hastalık-zararlı mücadelesi, ekim ve hasat zamanı ve şekli) ve hasat sonrasında yapılan, tohumların kurutma yöntemi, depolanması gibi birçok faktöre göre değişebilmektedir. Bu aşamalarda yaşanabilecek olumsuzluklar, tohum kalitesini düşürebilmektedir. Hasat sonrasında yapılan işlemler ve uygulamalar da tohumun canlılığını devam ettirmek, çıkış ve çimlenme gücünü artırmak ve depo ömrünü uzatmak için oldukça önemlidir (Kaya 2008).

Tohum ekiminden ve fide çıkışına kadarki sürede ortaya çıkan problemleri bertaraf etmek, ekim ile çıkış arasındaki zamanı kısaltmak, fide çıkışını uniform olarak sağlamak, kısaca çimlenme ve çıkış sorunlarını minimuma indirmek için yapılan ekim öncesi tohum uygulamalarına “ön çimlendirme” veya “seed priming” denilmektedir. “Seed priming” olarak tanımlanan ön çimlendirme işlemi, çimlenmenin ilk safhasıdır. Tohum tarafından su emilimine izin verilir ancak kökçüğün tohum kabuğundan dışarı çıkmasına izin verilmemektedir (Heydecker ve Coolbear 1977, Paparella vd. 2015).

Tohumlara priming uygulanması kolay, düşük risk ve düşük maliyetli bir metod olarak bitkilerin abiyotik stres koşullarına direnç göstermelerinde de etkili olmaktadır (Jisha vd. 2013). Tohum ekimi ve fide çıkışı arasındaki zamanın kısaltılabildiği priming uygulamalarında, bu dönemde karşılaşılan problemler ortadan kaldırılabilmekte, uniform fide çıkışı sağlanabilmekte, düşük ve yüksek sıcaklık, termodormansi (Sung vd. 1998), tuzluluk gibi çeşitli stres koşullarının çimlenme üzerine olumsuz etkileri azaltılabilmekte ve depolama sırasındaki yaşlanmanın seyri yavaşlatılarak depolama ömrü uzatılabilmektedir (Khan 1992, Basu 1994, Parera ve Cantliffe 1994, Okçu 2005, Ventura vd. 2012, Hussain vd. 2015).

Priming, tohumlarda antioksidan sistem ve DNA tamir mekanizmaları gibi ön çimlenme metabolizmalarını geçici bir süreliğine aktive eden, en bilinen tohum kalitesi artırma metodlarından birisidir (Paparella vd. 2015). Bu teknoloji ile tohum gücünün artması yanında hızlı ve uniform fide oluşumuyla bitki verimi de artmaktadır (Bruggink vd. 1999, Basra vd. 2005, Kaur vd. 2005, Garcia-Cristobal vd. 2015, İbrahim 2016). Heydecker (1973), tohum uygulamalarının en temel etkisinin çimlenme ve çıkış hızına olduğunu, bunun da tohumun çimlenmesi için gereksinim duyduğu üç su alım evresinin ilk ikisini uygulama periyodunda tamamlamış olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Toplam

çimlenme etkilenmemiş olsa bile, hızdaki bu olumlu farklılık kısa zaman dilimi içinde iyi gelişmiş, birörnek ve sağlıklı fide oluşumuna büyük katkılar sağlamaktadır. Bu da özellikle erken ilkbahar döneminde düşük sıcaklık, geç yaz döneminde de yüksek sıcaklık gibi ülkemiz sebze fidesi üretiminde sorun olan sıcaklık stresinin bertaraf edilmesinde yardımcı olmaktadır. Ön çimlendirme uygulamalarının belirtilen bu etkilerinin temelinde şeker ve enzimatik değişimler yatmaktadır. Doğrudan tohum ekim yöntemi ile yetiştirilen küçük embriyolu türlerde ön çimlendirme uygulamaları ile tohumların hem çimlenme hem de çıkış hız ve oranlarında önemli iyileşmeler elde edildiği bilinmektedir.

En yaygın priming teknikleri arasında, kontrollü su alımının sadece su ile sağlandığı hidropriming (HP), osmotik çözeltilerin (PEG, KNO_3 , KH_2PO_4) kullanıldığı osmopriming ve vermikülit gibi katı ortamların kullanıldığı matriming gelmektedir (Mc Donald 1999). Kontrollü nemlendirme ya da havalandırılmış suda tutma olarak adlandırılan, zamana ve sıcaklığa bağlı olarak su içinde belirli bir nem yüzdesine kadar tohumun nemlendirilerek uygulandığı yöntemler de geliştirilmiştir (Rowse 1996). Priming etkisi sadece kullanılan yöntemle göre değil türe, çeşide, tohumun başlangıç canlılığı ve kalitesine, uygulama süresi ve sıcaklığına, uygulama sonrası kurutma gibi diğer faktörlere de bağlıdır (Heydecker ve Coolbear 1977, Dearman vd. 1986). Tohumları çimlendirmeden önce ıslatmak, nemlendirmek ve ardından tekrar kurutmak hidropriming olarak adlandırılmaktadır. Bu teknik, çevre için tehlikeli olan kimyasal madde kullanımını da en aza indirmektedir (Rowse 1996). Bu yöntem tohumların kalitesinin artırılmasında sık kullanılan ekonomik ve pratik bir uygulama olarak bilinmektedir.

Günümüzde, hidropriming ve farklı kimyasalların kullanıldığı ön çimlendirme uygulamaları ticari olarak yaygın olarak kullanılmakla birlikte, fiziksel priming uygulamalarının (ultraviyole (UV), manyetik alan (MA), ultrases vb.) özellikle sebze tohumlarında priming metodu olarak kullanımı yaygın değildir. Geleneksel tarımda oldukça fazla kullanılan kimyasal maddelere karşın bitkisel üretimi arttırmak amacıyla, bitki sağlığını koruyacak ve depolama özelliklerini geliştirecek fiziksel metodların kullanılmasının iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir (Aladjadjiyan 2012). Tohumların kalitesini arttırmak için yapılan fiziksel uygulamaların kimyasallar kullanılarak yapılan konvansiyonel uygulamalara göre çeşitli avantajları bulunmaktadır. Öncelikle bu uygulamalar sayesinde atık madde sorunu olmayacağı için çevre kirliliğinin

önüne geçilebilmektedir. Diğer bir fayda ise fiziksel uygulamaların aynı zamanda ekim ve depolama öncesi dezenfeksiyon amaçlı kullanılabilmesidir (Aladjadjiyan 2012).

Elektromanyetik dalgalar, manyetik alan, ultraviyole ışınlar, ultrases ve iyonlaştırıcı radyasyon teknikleri fiziksel metodlar arasında sayılmaktadır (Arujo vd. 2016). Fiziksel uygulamaların bitkilere etkisi çeşitli faktörlere bağlıdır: radyasyon ve manyetik alan (uygulama şekli, uygulama dozu, uygulama süresi vb.) ve bitki özellikleri olarak, tür, çeşit, materyalin yaşı, kromozom sayısı ve hedef organ veya dokunun yapısı bunlar arasındadır (De Micco vd. 2014).

Manyetikbiyoloji; mühendislik, fizik, kimya ve biyoloji gibi çeşitli bilim dallarını kapsayan ve merkezinde biyofizik olan yeni çok disiplinli bir bilim dalıdır. Bu alanın çalışma konularına, elektromanyetik (salınlı) veya statik özellikte olan düşük yoğunluktaki manyetik alanların dokular üzerindeki biyolojik etkileri (doku ısınması olmayan) girmektedir (Kataria 2017). Statik manyetik ve elektromanyetik uygulamalar, tohumlarda çimlenme ve gücü arttırarak nihayetinde verimi arttıran girişimsel olmayan priming teknikleri olarak kullanılmaktadır. Statik manyetik alan sabit bir mıknatıstan üretilmekte iken elektromanyetik alan dışarıdan elektrik akımı verilen cihazlarla üretilmektedir (Mitchell ve Cambrosio 1997). Manyetik alanın canlı yaşamına etkisi konusu, oldukça dikkat çekici araştırma konularından birisi durumundadır. Çevremizde, dünyanın doğal olarak sahip olduğu 50 mikrotelsalılık (μT) bir manyetik alan bulunmaktadır (Belyavskaya 2004). Manyetik alan yoğunluğu değerleri tesla (T) veya gauss (G) olarak ölçülmekte ve ifade edilmektedir. Bilimsel yayınlarda militesla (mT) değeri kullanılmaktadır. Bazı eski çalışmalarda Oersteds değerinin kullanıldığı da görülmektedir.

1 tesla (T) = 10.000 gauss (G) = 1.000 militesla (mT).

Tohumlar için fiziksel bir ön uygulama olarak kullanılan MA, çevreye zarar vermeden, çimlenme ve fide çıkışını geliştirerek üretimin artmasında rol oynamaktadır (Vasilevski 2003). “Magnetopriming” olarak adlandırılan ve ekim öncesi tohumlara manyetik alan (MA) uygulanarak yapılan, tohumları tahrip edici olmayan priming uygulamalarının, tohum gücünü, çimlenme ve fide oluşturma oranını ve verimi artırdığına yönelik sonuçlar

birçok bitki türü için yayınlanmıştır (Shine vd. 2011, Bhardwaj vd. 2012, Razmjoo ve Alinian 2017).

Tüm yaşam aşamaları, hücrelerarası enerji değişimine ve canlının çevresine yüksek derecede bağımlıdır. MA çevrenin bir parçası olup enerji kaynağı rolüyle metabolizmayı etkiler (Aladjadjiyan 2007) ve meristem hücre bölünmesinde etkili olur (Belyavskaya 2001). MA'nın biyolojik etkisi, genotip, akımın frekansı, mıknatıs kutupları, manyetik alan yoğunluğu, uygulamanın süresi ve doğru uygulama dozuna bağlıdır. Yapılan çalışmalarda çimlenme ve fide oluşturma özellikleri bakımından MA etkisi için en belirleyici etkenin türe özgü kesin bir uygulama süresinin belirlenmesi olduğu belirtilmiştir (Pietruszewski 1999, Aladjadjiyan ve Ylieva 2003). MA'nın yarattığı pozitif etkilerin “manyetik alan yoğunluğu x uygulama süresi” gibi bir eşitliğe bağlı olmadığı düşünülmektedir. Örneğin; uygulama yapılmış mısır tohumlarında, 200 mT 1 saat uygulaması, 100 mT 2 saat uygulamasından tüm çimlenme ve büyüme parametreleri bakımından daha etkili bulunmuştur (Shine ve Guruprasad 2012).

Manyetik alan, bitki özelliklerinden olan tohum çimlenmesi, sürgün gelişimi, yaş ağırlık, bitki boyu, bitki başına meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlığına olumlu etkiler sağlamaktadır (Aladjadjiyan 2002, Rochalska ve Orzeszko-Rywka 2005, De Souza vd. 2006, Baghel vd. 2016, Kataria vd. 2017a, b).

Son yıllarda, MA'nın bitki büyümesi/gelişimi ve metabolizma üzerine etkileri gibi çok sayıdaki biyolojik etkilerini özetleyen bazı derleme niteliğindeki makaleler de yayınlanmıştır (Galland ve Pazur 2005, Maffei 2014, Wolff vd. 2014, Silva ve Dobranszki 2016, Arujo vd. 2016, Kataria 2017, Nyakane ve Markus 2018).

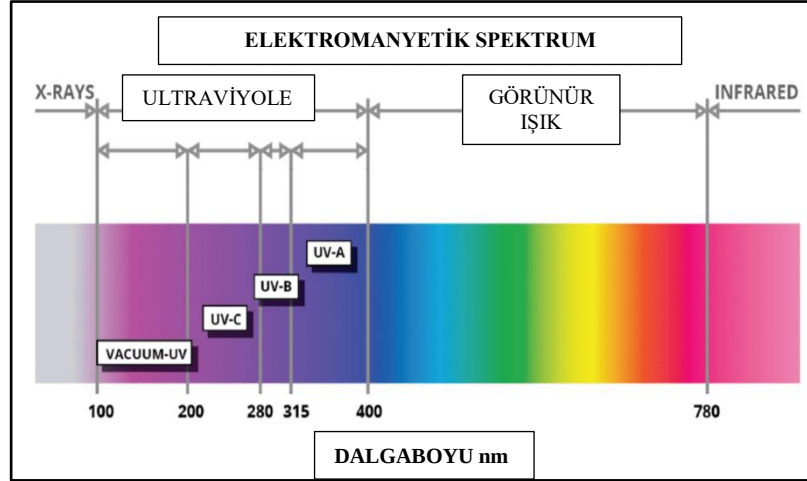
Magnetopriming, ekim öncesi fiziksel tohum uygulamaları arasında, ekonomik ve çevre dostu oluşu ve kanıtlanmış faydaları ile popüler bir duruma gelmiştir. Bu modern priming metodu ile ilgili çalışmalar farklı türlerde giderek yoğunlaşmasına rağmen manyetik alan uygulaması yapılmış tohumların çimlenmesi esnasında yaşanan biyokimyasal ve biyofiziksel mekanizmalarla ilgili detaylar tam anlamıyla açıklanamamıştır (Galland ve Pazur 2005). MA'nın hangi bitkiler tarafından algılanıp sinyal iletim yollarını nasıl etkiledikleri ile ilgili mekanizmalar yeterince aydınlatılamamıştır. Ahmad vd. (2007),

MA'nın algılanması ve sinyalizasyonunun "blue light photoreceptors-cryptochromes" aracılığıyla gerçekleştiğini öne sürmekle birlikte bu hususun tıpkı MA'nın olası genotoksik yan etkileri gibi daha derin araştırmalarla aydınlatılması gerekmektedir (Ghodbane vd. 2013).

Bugüne kadar manyetik alan uygulamasının nasıl bir etki mekanizması ile çalıştığını anlamak için çeşitli çalışmalar yapılmasına karşın bu etkilerin tek bir hipotez ile açıklanamayacağı görüşü hakimdir.

Hatta günümüzde, araştırmacıların bir kısmı MA uygulamalarının zararlı olabileceğini savunurken (Ramazani 2012, Peyvandi vd. 2013), bir kısmı uygulamaların faydalarının olduğunu ileri sürmektedir (Kataria vd. 2017a, b, Podlesna vd. 2019). Bu konudaki fikir ayrılıklarının nedeni MA uygulamalarının canlı organizmalarla olan etkileşimi mekanizmasının henüz yeterince belirlenememiş olmasıdır.

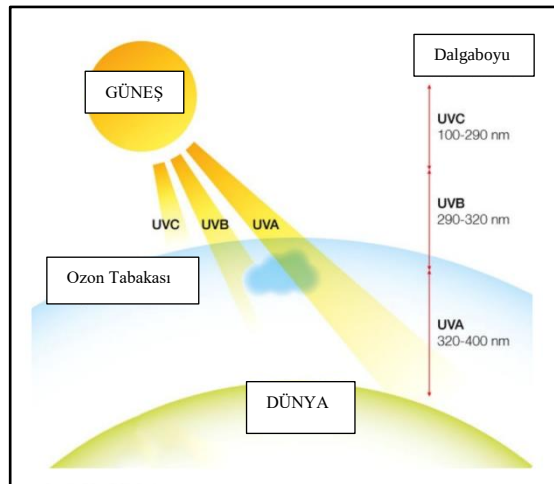
Ultraviyole (UV) ışık, elektromanyetik spektrumun iyonlaşmayan kısmında bulunmakta ve toplam güneş ışığının %8-9'luk kısmını oluşturmaktadır (Coohill 1989, Frederick 1993). UV radyasyonu, elektromanyetik radyasyon spektrumunun bölümlerinden birisi olup, X ışınları ile görünür bölge ışınları arasında yer almaktadır. UV ışınları farklı dalga boylarına göre 3'e (UV-A, UV-B ve UV-C) ayrılmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Elektromanyetik spektrum ve UV ışınları (Anonymous 2019a)

UV-C (200-280 nm) doğal güneş ışığında bulunmayıp, canlılar için oldukça zararlı yapıdadır. UV-C ürünlerin hasat sonrasında yüzey dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır. UV-B (280-315 nm), toplam spektrumun %1,5'ini oluşturmasına rağmen canlı organizmalarda farklı zararlı etkilere neden olabilmektedir. UV-A (315-400 nm) dünya üzerine gelen güneş ışığının %6-7'sini oluşturmakta ve UV ışıkları içerisinde en az zararlı etki yaratan ışık olarak değerlendirilmektedir (Hollosy 2002, Koutchma 2009).

Dünyaya ulaşan UV-A ve UV-B miktarları enlem, rakım, güneş zenit açısı, bulutluluk, mevsim ve gün içindeki saate göre değişebilmektedir (Seckmeyer vd. 2008). Ultraviyole ışınların dünyaya ulaşma durumları birbirlerinden farklılık göstermektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Ultraviyole ışınların dünyaya ulaşma durumları (Anonymous 2019b)

UV ışınlarının organizmalar üzerine etkileri birçok alanda araştırma konusu olmuştur. Tarım ve gıda alanında UV ışınlarının yüzey dezenfeksiyonu (mikrobiyal aktivitelerin azaltılması) (Fonseca ve Rushing 2006) ve hasat sonrası depo ömrü ve fenolik bileşiklerin oranının artırılması amacıyla kullanımları da mevcuttur (Liu vd. 2018).

Farklı dalga boylarındaki UV ışınları, bitki büyüme ve gelişimine farklı şekillerde etki yapmaktadır. Bunlar arasında fotosentez yapımının kolaylaşması, spesifik fotoreseptörlerin aktive edilmesi ve makro moleküllerin yapısının değişmesi (genellikle zarar vererek) vb. yer almaktadır (Verdaguer vd. 2017).

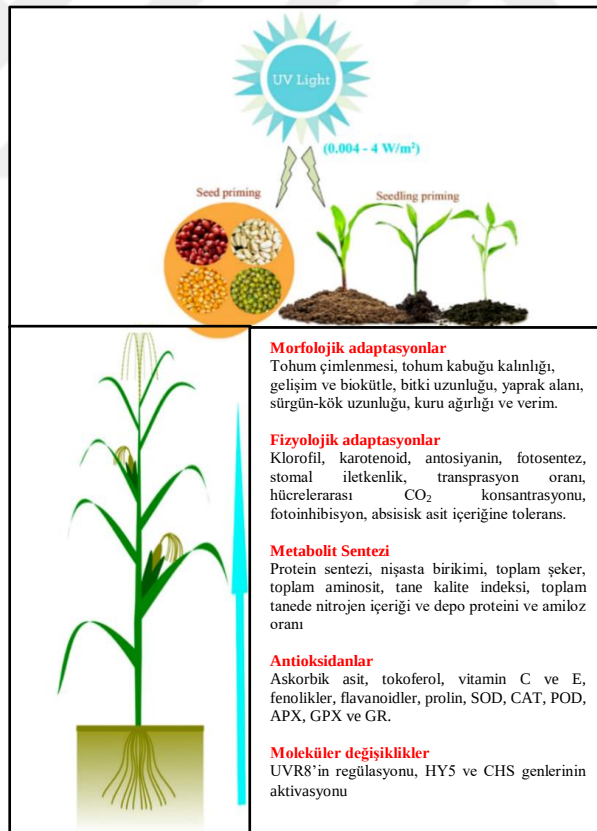
Tohumların UV ile muamele edilmesi ekolojik olarak güvenli bir metod olmasının yanında, bitki verimini, kalitesini, hatta bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere direncinin artırılmasına da fayda sağlamaktadır.

Çeşitli araştırmacıların bildirdiğine göre; farklı bitkilere (çeltik, buğday, mısır, hıyar, börülce) düşük dozlardaki UV radyasyonu ($0.004-4 \text{ Wm}^{-2}$) uygulaması, bitkilerin ileri gelişme dönemlerinde morfolojik ve fizyolojik değişiklikler yaratmaktadır. Düşük dozlardaki UV radyasyonu, tohum çimlenmesi, büyüme, biyokütle oluşumu, tohum kabuğu kalınlığı, sürgün ve köklerin yaş ve kuru ağırlıklarının artmasında etkili olmaktadır. Bunların yanında karotenoid, antosiyanin ve klorofil gibi pigment maddeleri ve fotosentez, düşük radyasyonlardaki UV uygulamaları ile teşvik edilebilmektedir. Tohum veya fidelere UV radyasyonu ile priming yapılması, sadece belirtilen metabolitleri arttırmayıp aynı zamanda antioksidan enzimlerin aktivitesini ve enzimatik olmayan antioksidan seviyelerini artırarak bitkilerin abiyotik stres faktörlerine toleransını geliştirmektedir (Şekil 1.3) (Bussotti vd. 2014, Dhanya Thomas ve Puthur 2017). UV radyasyonunun bitki gelişim özelliklerini ve abiyotik stres koşullarına toleransı arttırması yanında çeşitli biyotik stres koşullarına da tolerans kazanılmasında etkili olduğu görülmüştür (Delibaltova ve Ivanova 2006, Siddiqui vd. 2011). UV uygulamalarının sağladığı faydaların ve uygulamaların ekim öncesi priming metodu olarak kullanılmasının mümkün olabileceğinin anlaşılması sonrası çeşitli araştırma grupları bu konuda çalışmaya başlamış ve UV uygulamasıyla sağlanan kazanımlar yayımlanmıştır (Mazza vd. 2013, Wargent ve Jordan 2013, Bussotti vd. 2014).

Bilimsel yayınlarda UV yoğunluk değeri kJm^{-2} , $\mu\text{W/cm}^2$, W, mW/cm^2 , Wm^{-2} olarak kullanılmaktadır.

Tohum ve fidelere uygulanan UV radyasyonun bitki gelişimi ve biyokütle oluşumunda olumsuz etkilerinin olduğu da çeşitli çalışmalar ile belirlenmiştir (Liu vd. 2013, Choudhary ve Agrawal 2014). Her ne kadar UV radyasyonu bir stres kaynağı olarak görülse de düşük dozlarının priming etkisi yarattığı ve bu pozitif etkilerin bitki gelişimine etkileri bazı yayınlarda incelenmiştir (Hideg vd. 2013, Bornman vd. 2015).

Tohum ve fidelere UV radyasyonu ile priming yapılması farklı bitkilerde; *Vigna mungo* ve *V. acontifolia* (Dwivedi vd. 2015), fasulyenin, lahananın ve pancarın farklı türleri (Kachavara vd. 2009), şeker pancarı, kırmızı lahana, çemen (El-Shora vd. 2015), *V. unguiculata* (Mishra vd. 2008) ve yeşil fasulye (Fotouh vd. 2014) çeşitli olumlu etkiler yaratılmasını sağlamıştır.



Şekil 1.3 Tohum ve fidelere uygulanan UV priming uygulamasının bitkilerde yarattığı morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimler (Dhanya Thomas ve Puthur 2017)

UV uygulamalarının bitkiler üzerine etkileri konusunda en çok çalışma UV-B radyasyonu ile ilgili olmakla birlikte UV-C'nin etkilerinin incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Ancak en az çalışma UV-A radyasyonunun etkileri konusundadır. UV-A radyasyonunun bitkiler üzerindeki etkileri ve mekanizmaları ile ilgili yapılan çalışmaların özetlendiği derleme niteliğinde makaleler (Verdaguer vd. 2017, Neugart ve Schreiner 2018) yayınlanmıştır.

Hem magnetopriming hem de UV-A radyasyonunun tohum ve fideler üzerinde yaratabileceği priming etkisi ve bu etkinin ortaya çıkış mekanizmalarının aydınlatılması özellikle sebze tohumlarında yetersiz seviyededir ve çalışmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu tezde temel amaç, ülkemizde artan miktarlarda üretimi yapılan ve fide üretiminde çıkış ve çimlenme problemlerinin yaşandığı, fide döneminde düşük, yüksek sıcaklık ya da tuzluluk stresine hassasiyeti olan, tohum depolama sürecinde canlılığını hızlı kaybeden biber, marul, soğan ve lahana tohumlarında çimlenme ve fide çıkış oranının artırılması için 3 farklı priming metodundan (UV, MA, HP) yararlanarak tohum kalitesini iyileştirmek olmuştur. Uygulamaların stres koşullarındaki (düşük-yüksek sıcaklık ve tuzluluk) etkisini de görebilmek için belirtilen abiyotik stres şartlarında da çimlenme ve fide testleri planlanmıştır. Uygulamanın tohum kalitesine etkilerini saptamanın yanında fizyolojik etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla, katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimleri kapsamındaki değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Tez çalışmasında hem dünyada hem de ülkemizde yüksek oranda üretilen ve tüketilen sebze türleri arasından, üretim sonrası tohum canlılığını hızlı kaybetme eğiliminde olan ve çimlenme ve fide üretimi esnasında stres koşullarından da (sıcaklık, tuzluluk stresi vb.) olumsuz etkilenebilen 4 tür (biber, lahana, soğan ve marul) seçilmiştir. Ayrıca teze konu olan türlerin seçiminde, çalışmada kullanılan fiziksel priming metodlarıyla (UV-A ve MA) yeteri kadar çalışmanın olmaması da etkili olmuştur.

Çalışma yapılan türler tohum ticareti, ekim ve üretim miktarları (2018 yılı) ve ekonomik değer açısından da ülkemiz için önemli durumdadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Çalışmada kullanılan sebze türlerinde ülkemize ait bitkisel üretim istatistikleri (TÜİK 2019)

Tür	Üretim alanı (da)	Üretim miktarı (ton)
Biber	786.524	2.554.974
Lahana	235.363	765.276
Soğan	613.435	2.073.549
Marul	214.619	487.543

Çalışmada kullanılan priming metodlarının seçilme nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kullanılan priming yöntemleriyle belirtilen sebze türlerinde yeterince çalışmanın olmadığı görülmektedir. UV ve MA uygulamalarının, canlılığını çabuk kaybeden, depolama özellikleri itibariyle hassas olan ve ülkemizdeki üretim potansiyeli yüksek olan, fide üretiminde, arazi çıkışında sorunlarla sıklıkla karşılaşılabilen biber, marul, soğan, lahana tohumlarında nasıl bir etki yaptığının belirlenmesi tohum teknolojisi açısından önem taşıyacaktır.
- Kullanılan yöntemler osmotik priming metodlarına göre, uygulama sonrası tohumların nemlerinin yükseltilmesi ve yıkanma gereksinimi olmaması ve atık madde üretmemiş olması gibi avantajları ile çevre dostu teknolojiler olarak ön plana çıkmaktadır. Bu bakımdan konvansiyonel tohum uygulamalarına göre avantajlara sahiptir. MA ve UV uygulamalarından sonra kurutma işlemi olmadığından konvansiyonel uygulamalardaki riskler bulunmamaktadır.
- Uygulamaların daha geniş kapsamlı şekilde kullanımının olanaklı olması, tohumu suyla temas ettirmeden kalite arttırımının sağlanması da bu konuda söylenmesi gerekenlerdendir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Priming Tekniği Olarak Manyetik Alan (MA) Uygulamaları

Priming uygulamaları sayesinde tohum metabolizması, çimlenme yeteneğinin gelişmesine, fide oluşturma kabiliyetinin ve stres koşullarına dayanımının artmasına olanak sağlayabilmektedir (Mc Donald 2000). Sağladığı faydaların yanında, priming uygulaması sonrasında bazı tohum partilerinde depo ömrü kısalabilmektedir. Bu durumu bertaraf edebilmek için priming sonrası uygulamalar gerekmele birlikte (Varier vd. 2010) fiziksel uygulamalar (lazer, manyetik alan, ultrases, mikrodalga) sonrası bu dezavantaj yaşanmamaktadır (Kataria 2017). Farklı fiziksel priming uygulamalarının (lazer radyasyonu, ultrases etkisi, mikrodalga radyasyonu, manyetik alan etkisi, gama radyasyonu) farklı bitki tohumlarındaki etkilerinin incelendiğı bir çalışmada en faydalı sonuçlar manyetik alan ve daha sonra mikrodalga radyasyonu uygulamalarından elde edilmiştir (Aladjadjiyan 2007).

Bitkilerin, sıfıra yakın seviye (0-40 nT), düşük (40 mT'ye kadar) ve çok yüksek değerler (30 T'ye kadar) olmak üzere farklı yoğunluklardaki MA'ya tepkilerini değerlendiren bazı çalışmalar yapıldığı, Teixeira da Silva ve Dobranszki (2015) tarafından bildirilmiştir. Bilimsel çalışma sonuçları birçok bitki türünde biyokimyasal, moleküler, hücresel ve tüm bitki üzerinde çeşitli etkilerin oluştuğunu göstermektedir.

Magnetopriming uygulamaları, MA'nın bitkiler üzerinde biostimülant gibi görev yapabildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum tohumlara uygulanan kimyasal ve biyolojik metodlara alternatif olabilecek bir ekim öncesi uygulama olarak görölmektedir (Vakharia vd. 1991, Alexander ve Doijode 1995).

Bazı bilimsel çalışmalar, manyetik alan uygulamasının düşük canlılıktaki tohumların çimlenmelerinde artış sağladığı gibi aynı zamanda bu tohumların abiyotik stres şartlarında dahi iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Carbonell vd. 2008, Thomas vd. 2013, Kataria vd. 2017b). Bu etkilerin, MA'nın bitki embriyo hücre zarının her iki yönünde de ozmotik basınç ve iyonik konsantrasyonda değişiklik yaratarak interaksiyonlara olanak vermesi olduğı düşünülmüştür (Yaycılı ve Alikamanoğlu 2005). Hücre zarları arasındaki

iyonik akış değişiklikleri, su alım mekanizmasında başkalaşım lar yaşanmasına neden olmaktadır. Bu değişikliklerin nedeni olarak iyonik transferleri sağlayan embriyo hücrelerinin ozmotik basınçlarında yaşanan farklılaşmalar gösterilmektedir (Garcia-Reina vd. 2001).

Manyetik alan konusundaki çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların bir kısmında önce tohumlara nemlendirme yapılarak sonrasında manyetik alan uygulaması yapılırken, büyük çoğunluğunda kuru tohumlara direkt manyetik alan uygulaması yapıldığı görülmektedir. Bazı çalışmalarda ise manyetik alana maruz kalmış sularla tohumlar nemlendirilerek çalışmalar başlatılmıştır. Kuru tohumlara ön çimlendirme amacıyla MA uygulanması sonrası çimlenme hızının ve fide oluşturma yeteneğinin arttığı, nohutta (Mahajan ve Pandey 2014), soya fasulyesinde (Shine vd. 2011), biberde (Ahamed vd. 2013), havuçta (Dorna vd. 2010), turpta (Krawiec vd. 2013, Konefal-Janocha vd. 2019) bildirilmiştir.

Manyetik alanın bitki gelişimine fayda sağladığını gösteren ilk çalışma, manyetik alan altındaki buğday fidelerinin boyunun uzadığını gözlemleyen Savostin (1930) tarafından yayınlanmıştır. Daha sonra, Pittman (1963a, b), Pittman ve Anstey (1967), Pittman ve Ormrod (1970), Bhatnagar ve Deb (1977) ve Pietruszewski (1999) yaptıkları çalışmalarda MA'ya maruz kalan çeşitli tahıl ve baklagil tohumlarının çimlenmelerinde gelişmeler olduğunu bildirmişlerdir. Günümüze daha yakın yapılan ve daha önceki çalışmalara benzer şekilde olumlu sonuçların alındığı çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Çalışmada kullanılan sebze türlerinde yapılan çalışmalar: Düşük canlılıktaki çeltik ve soğan tohumlarına ekim öncesi uygulana MA sonrası çimlenme oranı, fide çıkışı, kök ve fide uzunluğu ile yaş ve kuru ağırlığının her iki türde de arttığı belirtilmiştir. Kontrol grubuna göre soğan ve çeltik tohumlarında %36.60 ve %161.48 oranında çimlenme artışı görülmüştür (Alexander ve Doijode 1995).

Statik manyetik alan uygulaması sonrası çimlenme oranı artan **marul** tohumlarının, su alımının artmasının çimlenme ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (Garcia-Reina ve Arze 2001). Bu ilişkiyi görebilmek için 0-10 mT arasında değişen düşük manyetik alan uygulamasına maruz bırakılan **marul** tohumlarında su absorbsiyonunun manyetik alan

yoğunluğunun artışına paralel biçimde önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Garcia-Reina vd. 2001).

Soltani ve Kashi (2004), yaptıkları çalışmada, manyetik alan uygulamasının **marul** tohumlarının çimlenmesi üzerine pozitif etki yarattığını ortaya koymuşlardır.

Manyetik alan uygulaması (125 mT ve 250 mT) yapılan **marul** tohumlarının çimlenme oranı, kök uzunluğu ve kök kuru ve yaş ağırlığında artış olduğu görülmüştür. Her iki manyetik alan yoğunluğunda da 1 ve 6 saat yapılan uygulamalar en iyi sonuçları verirken 12 saat uygulamasında kontrol grubuna göre artış sağlanmıştır ancak, 12 saat uygulamasının üzerindeki uygulama süresinde (24 saat) ölçüm parametrelerinde azalış gözlenmiştir (Mousavizadeh vd. 2013).

Ekim öncesi **biber** tohumlarına uygulanan manyetik alan (57-60 mT) uygulaması ile çimlenme, fide gelişimi ve meyve verim ve kalitesinde artışların olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada manyetik alan uygulanmış kuru tohumlar, manyetik alan uygulanmış suyla nemlendirilmiş tohumlar ve manyetik alan uygulanmış+manyetik alan uygulanmış suda nemlendirilen tohumlar olmak üzere 3 farklı uygulama yapılmıştır. En yüksek çimlenme oranı (%90.3) manyetik alan uygulanmış+manyetik alan uygulanmış suda nemlendirilen tohumlardan elde edilmiştir. Uygulama yapılmamış tohumların çimlenme oranı ise %62.3 olarak ölçülmüştür (Ahamed vd. 2013).

2 farklı **soğan** tohumu lotu ile yapılan çalışmada, yüksek kalitedeki tohumlarda 0.06 T (60 mT) yoğunlukta 30 dakika yapılan uygulama sonrası çimlenme oranı, çimlenme hızı, fide uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı gibi tüm çimlenme parametrelerinde kontrol grubuna göre üstünlük sağlanmıştır. Düşük kalitedeki tohumlarda ise 0.03T (30 mT) yoğunluk ve 60 dakika uygulama süresinde en iyi sonuçlar elde edilmiştir (Hozayn vd. 2015).

Tarla bitkileri türlerinde yapılan çalışmalar: MA uygulaması sonrası buğday ve arpa tohumlarında erken çıkış sağlandığı tespit edilmiştir (Martinez vd. 2000, 2002). Arpa tohumlarında 125 mT yoğunlukta uygulama sonrası çimlenme ve erken dönem gelişim parametreleri bakımından uygulamaların kontrol grubuna göre üstün oldukları görülmekle birlikte, 1, 10, 20 ve 60 dakika ile 24 saatlik uygulama süreleri arasında sonuçlar bakımından önemli farklılık görülmemiştir (Martinez vd. 2000).

Mısır tohumlarında manyetik alan uygulaması sonrası çimlenme, çimlenme enerjisi, sürgün boyu ve yaş ağırlığında yükseliş gözlemlenmiştir (Aladjadjiyan 2002).

Düşük güçte (0.5 ve 2 nT) ancak devamlı elektro manyetik alan altında tutulan keten, bezelye ve mercimek bitkilerinin kök gelişiminde artışlar olduğu gözlenmiştir (Belyavskaya 2004).

Manyetik alanın çeltik tohumlarında çimlenme ve erken dönemdeki gelişim parametrelerine etkisinin ölçüldüğü çalışmada iki farklı uygulama dozu (125 ve 250 mT) ve 6 farklı süre (1, 10, 20, 60 dakika, 1 saat ve sürekli uygulama) kombinasyonu kullanılmıştır. Uygulamaların ortalama çimlenme zamanı, çimlenme oranı ve fide gelişim özelliklerini (fide boyu ve ağırlığı) olumlu etkiledikleri gözlenmiştir. Fide boyu sonuçları incelendiğinde kontrol grubu 45.36 mm'de kalırken, her iki manyetik alan yoğunluğundaki (125 ve 250 mT) sürekli uygulama sürelerinde 58.58 ve 80.63 mm değerleri ölçülmüştür (Florez vd. 2004).

Podlesny vd. (2004, 2005) yaptıkları çalışmalarla MA'nın fasulye ve bezelye tohumlarında çimlenme ve çıkışı olumlu etkilediğini teyit etmişlerdir. MA uygulaması fasulye ve bezelye bitkilerinin bakla sayısını arttırarak tohum veriminin de artmasını sağlamıştır.

Çimlenmiş bakla fidelerinin sürgün ve kök gelişimi, 100 mT gücündeki MA altında artmış, bu artış mitotik indeks ve ³H-thymidine alımında yaşanan artışla desteklenmiştir. Ayrıca 100 mT yoğunluğa kadar yapılan diğer uygulamalarda da fayda sağlanmıştır (Rajendra vd. 2005).

Mısır ve nohut türlerinde statik manyetik alan altında yapılan çalışmalarda, tohumların çimlenme, fide gücü, kök/gövde (1 aylık mısır bitkilerinde) gelişiminde önemli oranda artışlar olduğu belirlenmiştir (Vashisth ve Nagarajan 2007, 2008).

Kamışsı yumak ve İngiliz çimi tohumları ile yürütülen çalışmada, iki manyetik alan yoğunluğu (125 ve 250 mT) ve beş farklı süre (10, 20, 60 dakika, 24 saat ve çimlenme süresince sürekli) kullanılmıştır. Farklı kombinasyonlar çeşitli parametrelerde öne çıkmış olmakla birlikte, her iki tür için de tüm uygulamalar sayesinde erken çimlenme, yüksek çimlenme oranı ve kök uzunlukları elde edilmiştir (Carbonell vd. 2008).

Ekim öncesi, düşük frekansta (60 Hz), 3 farklı manyetik alan yoğunluğu (20, 60 ve 100 mT) ve 3 farklı uygulama zamanı (7.5, 15 ve 30 dakika) kombinasyonu uygulanan 3 farklı mısır genotipinde fide çıkış oranı, fide kuru ağırlığı ve çıkış testlerinde olumlu sonuçlar alınmıştır (Aguilar vd. 2009).

Buğday tohumlarının 125 ve 250 mT'lik iki farklı manyetik alan altında geçirdiği süre arttıkça ortalama çıkış zamanı süresinde de artış olduğu gözlenmiştir (Gholami vd. 2010).

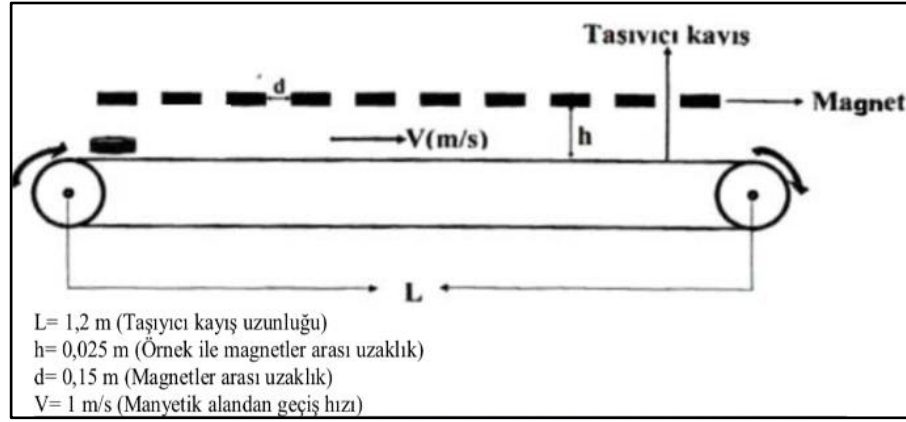
Mercimek tohumlarına uygulanan 150 mT yoğunluk ve 4 farklı uygulama zamanı (3, 6, 9 ve 12 dakika) içerisinde, çimlenme oranı, sürgün ve kök uzunluğu ve fide ağırlığı parametreleri bakımından en iyi sonuç 6 ve 9 dakika uygulamalarından elde edilmiştir (Aladjadjiyan 2010).

Manyetik radyasyona (160 ve 560 mT) tabi tutulan mısır tohumlarında tohum ve fide çıkış oranlarında artışların olduğu belirlenmiştir (Dominguez vd. 2010).

Ayçiçeği tohumlarına uygulanan beş farklı manyetik alan yoğunluğu (50, 100, 150, 200 ve 250 mT) ve farklı süre (1, 2, 3 ve 4 saat) kombinasyonlarından, çimlenme ve 30 günlük fide gelişim parametreleri (fide kuru ağırlığı, kök uzunluğu) bakımından en iyi sonuçları 50 ve 200 mT yoğunluk ve 2 saat süre uygulamaları vermiştir (Vashisth ve Nagarajan 2010).

Tıbbi bitkiler içerisinde yer alan oğulotu (*Melissa officinalis L.*) bitkisi üzerine MA'nın etkilerini saptamak amacıyla tohumlar saniyede 1 metre yol alan hareketli bir zeminde 3.8-4.8 mT'lik bir MA şiddetine maruz bırakılmışlardır. Kontrol ve farklı MA (1 kez, 3 kez, 9 kez ve 15 kez) yoğunluklarına maruz bırakılan tohumlar uygun koşullarda çimlenme ve fide testine tabi tutulmuştur. Çimlenen tohumların 24, 48, 72, 96 ve 120. saatlerdeki optimum MA şiddetini belirlemek için çimlenme yüzdeleri belirlenerek kök uzunlukları ölçülmüştür. MA ile muamele edilmiş tohumlardan elde edilen fidelerin boyları ise 30. günde ölçülmüştür. Sonuç olarak, çimlenme yüzdesi MA uygulanan tohumlarda kontrole göre 72. ve 96. saatlerde yüksek bulunmuştur. 120. saatte ise 1, 9 ve 15 kez uygulama yapılan tohumların çimlenme oranı kontrol grubundan yüksek bulunmuştur. En fazla kök uzunluğu (8.4 cm), 1 kez MA'dan geçirilen tohumlarda

ölçülmüştür. 1, 3, 9 ve 15 kez MA'dan geçirilenlerde fide boylarının kontrole göre azaldığı saptanmıştır (Yalçın ve Tayyar 2011).



Şekil 2.1 Yalçın ve Tayyar (2011) çalışmasında kullanılan MA sistemi

Statik manyetik alanın soya fasulyesi tohumlarına etkisinin incelendiği çalışmada, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 mT yoğunluk değerleri ile 30, 60 ve 90 dakikalık süre kombinasyonları kullanılmıştır. Çalışmada, 200 mT/60 dakika ve 150 mT/60 dakika uygulamaları birçok parametre bakımından diğer uygulama kombinasyonlarından daha iyi sonuç vermişlerdir. Uygulamalarla tohumların su alımı ve çimlenme hızı artmış, fide uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlık değerleri uygulama yapılmamış tohumlara göre oldukça yüksek bulunmuştur (Shine vd. 2011).

Ekim öncesi pamuk tohumlarına yapılan MA uygulaması (0.15 ve 30 d 12.5 mT), çimlenme, bitki erken gelişme parametreleri, element birikimini (N, P, K, Ca ve Mg) arttırmıştır. Bunların yanında organik bir uygulama olarak görülen bu uygulamayla, solunum ve fotosentez oranı ile stomatal iletkenlikde gelişim sağlandığı belirlenmiştir (Bilalis vd. 2013).

Mısır ve soya fasulyesinde ekim öncesi 200 mT ve 1 saat süren statik manyetik alan uygulaması, çimlenme oranı, tohumların su alımı, fide boyu, fide yaş ve kuru ağırlığı parameterlerinde uygulama yapılmamış tohumlara göre artış sağlamıştır (Kataria vd. 2015).

Soya fasulyesi tohumlarına, 4 gün süreyle günde 1 saat 0.5 mT, 1 mT ve 5 mT elektromanyetik alan uygulaması yapılmıştır. MA'nın fide boyu, yaş ve kuru ağırlık,

klorofil a ve b, toplam klorofil, karotenoid miktarı, antioksidant enzimleri (SOD, CAT ve POD) ile toplam protein miktarı üzerine etkileri incelenmiştir. Ondördüncü gün sonunda tüm MA şiddetlerinde fide boyu, yaş ağırlık, klorofil a ve b ve toplam klorofil miktarında artış; kuru ağırlıkta azalma olduğu tespit edilmiştir. Yirmibirinci günde klorofil miktarında 5 mT’de artış saptanmıştır. Karotenoid miktarında 14. günde 0.5 ve 1 mT’de artış, 21. gün ölçümlerinde ise azalma tespit edilmiştir. Ondördüncü günde kontrole kıyasla süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinde 1 mT’de %23.13 ve 5 mT’de %30.43 anlamlı artış olduğu görülmüştür. Katalaz (CAT) aktivitesinde ise MA şiddetlerinde sırasıyla %175.40, %309.10 ve %438.30 anlamlı artış saptanmıştır. Yirmibirinci günde ise peroksidaz (POD) aktivitesinde sırasıyla %218.71, %128.48 ve %110.01 anlamlı artış saptanmıştır. MA şiddeti artışına bağlı olarak protein degradasyonu olmuştur. Total klorofil miktarında korumayı, 14. günde SOD ve CAT enzimlerinin, 21. günde ise POD ve SOD enzimlerinin sağladığı saptanmıştır (Çıbık 2016).

Elektromanyetik (100 mT/2 saat-6 dakika sıklıkta) ve statik manyetik alan (100 mT/2 saat) uygulamalarının mısır tohumlarının çimlenme ve gelişme özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmada, her iki uygulamanında, toplam çıkış, çıkış hızı, fide yaş ve kuru ağırlığı ve yaprak alanı değerlerini uygulama yapılmamış tohumlara göre arttırdığı gözlenmiştir. Sonuçlara göre elektromanyetik alan uygulaması, statik manyetik alan uygulamasından daha iyi sonuçlar vermiştir (Sharma vd. 2017).

Oğulotu (*Melissa officinalis* L.) tohumlarında yapılan çalışmada, 50 ve 100 mT gücünde iki adet statik manyetik alan yaratan mıknatıs kullanılmıştır. Tohumlar şeker ve agar bulunan petrilere konulmuş ve daha sonra 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 144 ve 240 saat MA uygulaması yapılmıştır. Yirmi günlük çimlenme testi sonunda en yüksek çimlenme oranı 100 mT/1 saat uygulamasında %52 olarak ölçülürken, uygulama yapılmamış kontrol grubunda çimlenme oranı %28 olarak gerçekleşmiştir. Bir saat 50 mT uygulamasında ise çimlenme oranı %36 olmuştur. En düşük çimlenme oranları 240 saat uygulamasında ölçülmüştür (100 mT için %27.50 mT için %16). Manyetik alan uygulaması sayesinde ortalama çimlenme süresi de kısalmıştır (Ülgen vd. 2017).

Uygulama yapılmış mısır tohumlarının çimlenme özelliklerinde artış olduğu birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Aladjadiyan 2002, Florez vd. 2007, Racuciu vd. 2008, Kataria vd. 2017b, Shine vd. 2017).

Kimyon tohumlarına, dört farklı manyetik alan yoğunluğu (150, 250, 500 mT ve 1 T) her yoğunluk için 12 dakika olacak şekilde uygulama yapılmıştır. Uygulamaların tümünde, çimlenme oranı ve hızı, sürgün ve kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı parametrelerinin olumlu etkilendiği gözlenmiştir. Ayrıca, uygulama sayesinde bitkilerin çiçeklenme ve olgunlaşma süreleri kısalmış, klorofil içerikleri artarken prolin içeriği azalmıştır. Uygulamalar içerisinde en etkili sonuçlar 150 ve 500 mT uygulamalarından elde edilmiştir (Razmjoo ve Alinian 2017).

MA uygulaması yapılmış bakla tohumlarının çimlenme evresinde su alım miktarlarının arttığı kontrol grubuna göre enzim aktivitelerinde değişiklikler yaşandığı ve bunlara bağlı olarak çimlenme oranlarında ve fide boyu, yaş ve kuru ağırlığında da artışların olduğu tespit edilmiştir (Podlesna vd. 2019).

Bahçe bitkileri türlerinde yapılan çalışmalar: Uygun dozlarda MA uygulanmış domates tohumlarının çimlenme oranı, uygulama yapılmamış tohumlara göre 1.1 ve 2.8 kat artış göstermiştir (Moon ve Chung 2000).

Materyal olarak kısa gün özelliği gösteren Camarosa çilek çeşidinin kullanıldığı çalışmada, MA oluşturmak amacıyla bitkilerin yaklaşık 30 cm yukarisından çıplak elektrik teli geçirilmiş ve yaklaşık 0.0054 (T)'lık manyetik alan etkisi oluşturulmuştur. Uygulama ile bitkilerde çiçeklenmenin kontrole göre yaklaşık 11 gün erken olduğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak sapı uzunluğu, kardeşlenme ve kök uzunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, manyetik alanın bitkilerin yapraklarındaki N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe ve Mn birikiminin artmasına Zn birikiminin ise azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir (Eşitken 2003).

Çilekte yapılan çalışmada fidelere uygulanan düşük manyetik alanın, bitkilerin besin elementelerini daha etkili almasını ve sonuçta daha iri meyveler elde edilmesini toplam verimin artmasını sağladığı belirlenmiştir (Eşitken ve Turan 2004).

Uygulama öncesi nemlendirme yapılan hıyar tohumlarına 0.2 ve 0.45 T yoğunlukta MA uygulaması yapılmıştır. Hıyar tohumlarının MA altında çimlenme ve fide çıkış oranları ile hızlarının arttığı görülmüştür. Ancak, MA uygulamasının fidelerin UV-B stresine hassasiyet kazandıkları gözlenmiştir (Yinan vd. 2005).

Campbell-28 domates çeşidi ile yapılan çalışmada, uygulamanın (154 mT/3 dakika, 90 mT/10 dakika) vejetatif ve generatif gelişme dönemlerindeki büyüme özelliklerine etkisi yanında, meyve verimi ve verim parametreleri incelenmiş, bitkilerin erken yanıklık ve sarı yaprak kıvrıcılığına yakalanma durumları da tespit edilmiştir. Çalışmada uygulamaların yaprak alanı ve yaprak kuru ağırlığını önemli ölçüde arttırdığı, bu durumun da bitkilerin daha etkili fotosentez yaparak vejetatif gelişim için gerekli asimilantlardan daha fazla yararlandığını göstermiştir. Fidelerin uygulama sayesinde erken yanıklık ve sarı yaprak kıvrıcılığı semptomlarını daha geç gösterdiği bu sayede daha sağlıklı ve büyük meyveler oluşturduğu gözlenmiştir (De Souza vd. 2006).

MA'nın, *Asparagus officinalis* ve *Ocimum basilicum* tohumlarının çimlenme ve fide gelişimine etkili olduğu bildirilmiştir. Kuşkonmazda uygulama yapılmış tohumların su alım hızının arttığı tespit edilmiş ve bu durum hızlı çimlenme, yüksek çimlenme oranı ve fide uzunluğu değerleri ile ilişkilendirilmiştir (Soltani vd. 2006a, b).

Cardinal üzüm çeşidiyle yapılan çalışmada, 5, 10, 15, 20 ve 25 d'lık sürelerde uygulanan düşük frekanslı (50 Hz 0,15 mT) elektromanyetik alanın, üzüm kalemelerinde vejetatif gelişime etkileri incelendiğinde; kontrole göre gelişme gücü, boğum sayısı ve ortalama uzunluğu, köklenme yüzdesi, kök gelişim düzeyi, kök uzunluğu ve ağırlığı, sürgün uzunluğu ve ağırlığı üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Dardeniz ve Tayyar 2007).

Domates tohumlarının sabit manyetik alan altında çimlenme oranının arttığı yapılan çalışmayla tespit edilmiştir (Martinez vd. 2009).

Hurma ağacı fidanlarında, statik manyetik alan 10, 50 ve 100 mT (0, 30, 60, 120, 180 ve 240 d) ve elektromanyetik alan 1500 mT (0, 1, 5, 10 ve 15 d) şeklinde yapılan uygulamadan 60 gün sonra her iki fidan grubunun yaprak yaş ve kuru ağırlığında ve su içeriğinde anlamlı artışın olduğu, benzer şekilde kök yaş ve kuru ağırlığında ve su içeriğinde de artışların olduğu belirlenmiştir (Dhawi ve Al-Khayri 2009).

İki farklı havuç çeşidinde yapılan manyetik alan uygulamasında, Perfekcja çeşidi uygulama yapılmayan tohumlara göre daha hızlı çimlenirken diğer çeşit Nantejska'da çimlenme hızı düşmüştür. Perfekcja çeşidinde hastalıklı fide oranı daha az olurken,

Nantejska çeşidinde ise normal çimlenme gösteren fide oranı daha yüksek bulunmuştur (Dorna vd. 2010).

MA uygulaması yapılmış hıyar tohumlarında kontrol grubuna göre çimlenme yüzdesi, normal çimlenme oranı, fide uzunluğu ve fide kuru ağırlığı sırasıyla %18,5, 49, 34 ve 33 oranında artış göstermiştir (Bhardwaj vd. 2012).

Hidropriming ve manyetik alan uygulamalarının domates tohumlarının çimlenme özelliklerine etkilerinin incelendiği çalışmada, hidropriming (5 saat nemlendirilmiş tohumlar) uygulamasının ortalama çimlenme zamanını önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır. 3 mT sürekli MA ve 25 mT yoğunlukta 5 dakika MA uygulamalarında kök uzunluğu kontrol grubuna göre sırasıyla %29 ve %25 oranında artış göstermiştir (Feizi vd. 2012).

Manyetik alan uygulamasının kadife çiçeği tohumlarına etkisinin araştırıldığı çalışmada, beş farklı uygulama yoğunluğu (25, 50, 75, 100 ve 125 mT) 3 dakikalık uygulama süresi kullanılmıştır. Uygulamaların çoğu, çimlenme oranı ve hızı, fide ve kök uzunluğu, suda çözünen şeker miktarı ve α -amilaz aktivitesi bakımından gelişim sağlamıştır. Çimlenme, fide gelişimi ve karbonhidrat metabolizması bakımından en iyi değerler 100 mT uygulamasından elde edilmiştir (Afzal vd. 2012).

Poinapen vd. (2013) yaptıkları çalışmada, domates tohumlarının manyetik alan uygulaması sonrası elektrolit sızıntılarının azaldığını bu durumun ise membran yapılarının korunmasından kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

Domates tohumlarına uygulanan 5, 10 ve 15 dakikalık, 12.5 mT elektro manyetik alan yoğunluğunda bitkilerin çıkış oranı, bitki boyu, gövde çapı, bitki başına yaprak sayısı, fide yaş ve kuru ağırlığı, çiçek sayısı, meyve verimi ve likopen içeriği incelenmiştir. Uygulamaların bitki büyüme parametrelerine etkileri görülürken özellikle 10 ve 15 dakika uygulamaları, bitki boyu ve likopen içeriği hariç tüm parametrelerde en iyi sonucu vermişlerdir. Onbeş dakika MA uygulanmış tohumlarda kontrol grubu ile en önemli fark bitki başına meyve verimi değerinde %80.93 olarak görülmüştür (Efthimiadou vd. 2014).

Domates tohumlarının ve genç fidelerinin, arazi koşullarına alınana kadar geçen 48 gün boyunca manyetik alan uygulamasına tabi tutulduğu çalışmada, 20, 40, ve 60 mT

yoğunlukları ve hergün 20 dakikalık uygulama süresi kullanılmıştır. Çalışma sonunda düşük manyetik alan uygulamalarının, tohum çimlenmesi, genç bitkilerin gelişimi ve meyve iriliğini etkilediği bulunmuştur (Jedlicka vd. 2015).

Statik ve elektromanyetik alan uygulamalarının yapıldığı çeri domatesi tohumlarının çimlenme oranı, fide gücü ve nihayetinde veriminin arttığı gözlenmiştir. Çalışmada statik manyetik alan kullanılarak yapılan uygulamalarda en iyi sonuçlar, 100 mT/30 dakika uygulamasından elde edilmiştir. Sonuçlara göre kuru tohumlara elektro manyetik alan uygulamasının statik manyetik alan uygulamasına göre daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür (Gupta vd. 2015).

Konefal-Janocha vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, 8 ve 20 mT'lik statik MA yoğunluğu kullanılarak 3 ve 12 dakikalık sürelerde uygulamalar yapılmıştır. Çalışmada uygulama yapılmış turp tohumlarının çimlenme oranı ve fide uzunluklarının önemli oranda arttığı tespit edilmiş, en iyi sonucu veren uygulama ise 20 mT/12 dakika olarak belirlenmiştir.

Orman ağacı türlerinde de manyetik alan uygulamasının kullanıldığı görülmektedir. Celestino vd. (2000) bildirdiğine göre, elektromanyetik alan uygulaması yapılan mantar meşesi tohumlarının çimlenme ve fide oluşturma özellikleri gelişmiştir.

Stres koşullarında yapılan çalışmalar: MA uygulamasının kuraklık, tuzluluk, ağır metal, sıcaklık vb. streslere karşı etkisi çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur.

Çok düşük seviyedeki (50 Hz, 100 μ T, 12 saat) elektromanyetik alan uygulamasının, yüksek sıcaklık stresi (40, 42 ve 45°C) altında çimlenen tere tohumlarına etkisi incelenmiştir. Çalışmada sıcaklık stresi öncesi 12 saat boyunca uygulanmış tohumlar, sıcaklık stresi sonrası uygulama yapılmış tohumlar, uygulama yapılmış ancak sıcaklık stresi uygulanmamış tohumlar kullanılmıştır. Sıcaklık stresi öncesi uygulama yapılmış tohumlarda çimlenme özellikleri değerlerinin diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Ruzic ve Jerman 2002).

Stenotermal (sıcaklık toleransı dar) olan soya fasulyesi ve mısır tohumlarının düşük sıcaklık (10°C) koşullarında çimlendirildiği çalışmada, 16 Hz ve 50 Hz olmak üzere 2 farklı frekans, 5 mT yoğunluk ve 2 saat uygulama süresinde tohumların kontrol grubuna

göre daha yüksek oranda çimlenme gösterdiği ve çimlenme hızı bakımından da üstünlük sağladıkları görülmüştür (Rochalska ve Orzeszko-Rywka 2005).

MA kullanımının, *in-vitro* veya tarla şartlarında stres koşullarının yaratacağı olumsuzlukları azaltarak yarar sağlayabileceği, tuzluluk ve kuraklık stresi altındaki buğday ve fasulye tohumlarına 7 gün süre ile 7 mT yoğunlukta uygulama yapılan çalışma ile ispatlanmıştır (Çakmak vd. 2010).

Kadmiyum toksitesini azaltabilmek amacıyla mung fasulyesi tohumlarına 400, 600, 800 ve 1000 mT'lik MA uygulamaları yapılmıştır. Kadmiyum stresi, melondialdehit, H_2O_2 , O_2^- ve elektrik iletkenliği değerlerini artırırken nitrit oksit, klorofil, toplam karbon ve azot, stoma iletkenliği, solunum ve fotosentez oranı, su kullanım etkinliği ve bitki büyümesini azaltıcı etkilerde bulunmuştur. Bunun yanında tohumlara uygulanan 600 mT manyetik alan uygulaması yukarıda bahsedilen olumsuzlukları gidermede olumlu etkiler yaratmıştır (Chen vd. 2011).

İki ve bir saat süre ile 100 ve 200 mT yoğunlukta MA uygulanan mısır tohumları, 7 gün kumda bekletildikten sonra -0.03, -0.2 ve -0.4 MPa toprak su potansiyeli olan saksılara aktarılmışlardır. Uygulama görmüş tohumlardan yetişen fidelerin büyüme parametrelerinde artış tespit edilmiştir. Yaprak su ve turgor potansiyeli ile bağıl su içeriğinde de artış olduğu tespit edilmiştir. MA uygulanan tohumlarda, sulanan ve hafif stres koşulları altında olan grup, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında fotosentez, stoma iletkenliği ve klorofil içeriğinde artış; nem stresi koşullarında ise H_2O_2 ve antioksidan savunma sistemi enzim (peroksidazlar, katalaz ve süperoksit dismutaz) seviyelerinde azalma görülmüştür. MA uygulamasının (200 mT) fidelerde hafif stres olan -0.2 MPa'da fonksiyonel kök parametreleri üzerinde pozitif uyarıcı bir etkiye yol açtığı düşünülmüştür (Anand vd. 2012).

Tuzluluk stresinin etkisini azaltmak amacıyla nohut tohumlarında yapılan 100 mT/1 saat MA uygulaması sayesinde tohumların su alımında, α -amilaz, proteaz ve dehidrogenaz enzim aktivitelerinde artış görülmüştür. Tuz stresi altında uygulamaların çimlenme ve fide gelişimini (kök ve sürgün uzunluğu) geliştirdiği gözlenmiştir (Thomas vd. 2013).

Manyetik alan uygulamasının tuzluluk stresi (150 mM NaCl) altında yetiştirilen iki buğday çeşidine (tuzluluğa hassas ve dayanıklı) etkilerinin incelendiği çalışmada, tohumlara statik manyetik alan (50 mT/2 saat) uygulaması yapılmıştır. Uygulama yapılmış tohumlarda hem stres hem de normal koşullarda bitki boyu, yaprak alanı ve kuru ağırlığı ile kök uzunluğu değerlerinde artış gözlenmiştir. Klorofil miktarı tuzluluğa hassas olan çeşitte daha yüksek bulunmuştur. Tuzluluk stresinde, Na^+/K^+ oranı uygulama yapılmış tohumlarda daha az bulunmuş ve bu durum uygulama yapılmış tohumların tuzluluk stresine daha fazla tolerans göstermesi ile ilişkilendirilmiştir (Rathod ve Anand 2016).

MA uygulamasının *Catharanthus roseus* (pervane çiçeği) tohumlarının tuzlu koşullarda (19 mS cm^{-1}) çimlendirilmesine etkisinin incelendiği çalışmada 3 farklı MA yoğunluğu (50, 100 ve 150 mT) ve 3 farklı süre (10, 20 ve 30 dakika) denenmiştir. En yüksek çimlenme oranı (%74.44 ve %73.05) 20 ve 30 dakikalık sürelerle uygulanan 100 mT uygulamasından elde edilmiştir. Bu çimlenme oranları kontrol grubundan yaklaşık %28 fazla bulunmuştur. Ayrıca uygulamalar kökçük ve sürgün boyunda ve kuru ağırlığında da önemli artış sağlamıştır (Zaredost vd. 2017).

Manyetik alan uygulamasının su stresi altındaki susam tohumlarına etkisinin incelendiği çalışmada, iki farklı MA uygulaması (25 mT/10 dakika ve 75 mT/60 dakika) yapılmıştır. Stres şartlarının oluşması için PEG6000 kullanılmış ve dört farklı ortam (-2, -4, -6 ve -8 bar) yaratılmıştır. MA uygulamaları çimlenme oranı, kök ve sürgün gelişim parametreleri bakımından özellikle yüksek orandaki stres şartlarında daha fazla artış sağlamıştır (Ghazvini vd. 2017).

Su stresi altındaki soya fasulyesi tohumlarının MA uygulamasına vereceği morfolojik ve fizyolojik cevapların incelendiği çalışmada tohumlara 200 mT/1 saat MA uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonunda uygulamanın bitki gelişimi, fide ağırlığı ve fotosentez performansını hem kurak hem de normal koşullarda geliştirdiği belirlenmiştir (Baghel vd. 2017).

MA uygulamasının tuzluluk stresi altındaki soya fasulyesi tohumlarına etkisinin incelendiği çalışmada, dört farklı tuzluluk stres ortamı (25, 50, 75 ve 100 mM NaCl) yaratılmıştır. Çalışmada tek başına kullanılan 200 mT/1 saat uygulaması, tüm koşullarda

tohumların su alımını artırmış, α -amilaz ve proteaz enzim aktivitesinde artış sağlayarak, çimlenme oranı ve fide gelişim parametrelerinde kontrol grubuna göre üstünlük göstermiştir (Kataria vd. 2017b).

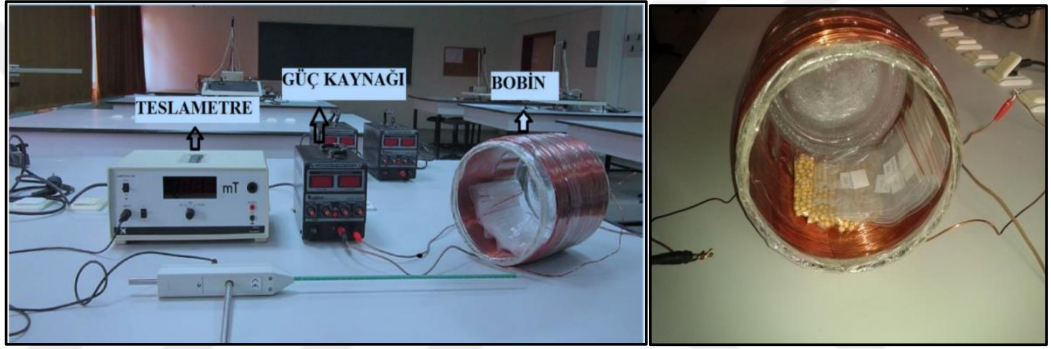
Manyetik alan uygulamasının tuzluluk stresi altında yetiştirilen arpa tohumlarına etkisinin incelendiği çalışma 35 mT'lik MA yoğunluğu ve 324, 2000, 4000, 6000 ve 8000 ppm seviyelerinde farklı tuz stresi koşulları kullanılmıştır. Uygulama görmüş tohumların tüm çimlenme parametrelerinde, sürgün ve kök uzunluğu ile fide kuru ağırlığı bakımından üstünlük sağladığı görülmüştür. Ayrıca, fide çıkışı, tuzluluk dayanım indeksi ve bazı enzim aktivitelerinde gelişim olduğu belirlenmiştir (Hozayn vd. 2018).

MA uygulamasının (200 mT/1 saat), tuz stresi altındaki soya fasulyesi tohumlarının gelişimi, azot fiksasyonu, fotosentez, antioksidan savunma sistemi ve verimi üzerine etkisi incelenmiştir. H_2O_2 oranının artmasıyla, tuz stresi altında yetişen uygulama yapılmamış bitkilerin yapraklarında antioksidan savunma sistemi enzimlerinde artış olduğu gözlenmiştir. MA uygulaması yapılmış bitkilerin yapraklarında ise tuz stresine karşı savunma geliştirilmesine gerek kalınmadığı için bu enzimler azalmış, fotosentez ve nitrojen fiksasyonu artarak verim artışı sağlanmıştır (Kataria vd. 2019).



Şekil 2.2 Hozayn vd. (2015), çalışmasında kullanılan statik MA aleti (57-60 mT)

Porselen huniden geçen tohumlara sistem içerisinde MA uygulanmaktadır.



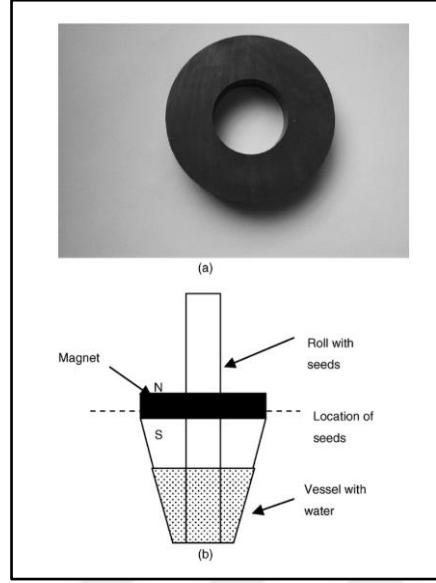
Şekil 2.3 Çıbık (2016), çalışmasında kullanılan elektro manyetik alan aleti

Tohumlar plastik poşet içerisinde bobin içine yerleştirilmiştir. Cihaz dışarıdan sağlanan güç ile elektromanyetik alan üretmektedir.



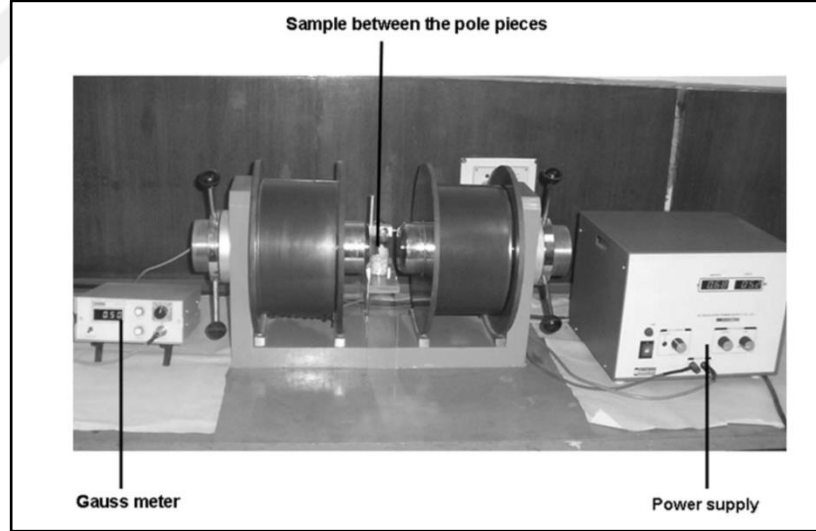
Şekil 2.4 Zaredost vd. (2017), çalışmasında kullanılan statik MA aleti

Tohumlar plastik torbalara konulduktan sonra 2 mıknatıs arasında bekletilerek uygulama yapılmıştır.



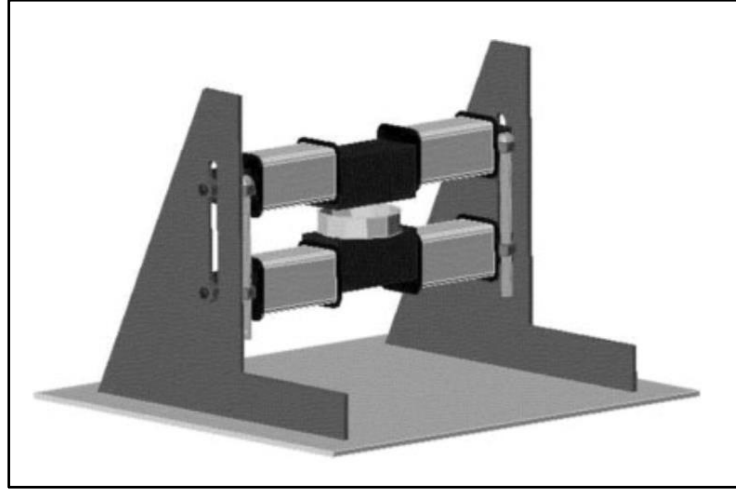
Şekil 2.5 Florez vd. (2007), çalışmasında kullanılan statik MA aleti (125 ve 250 mT)

Tohumlar (20 adet) filtre kağıdına toksik olmayan bir yapıştırıcı ile tutturulmuş ve mıknatıs sisteme ilave edilene kadar 4 saat boyunca nemlendirilmiştir.



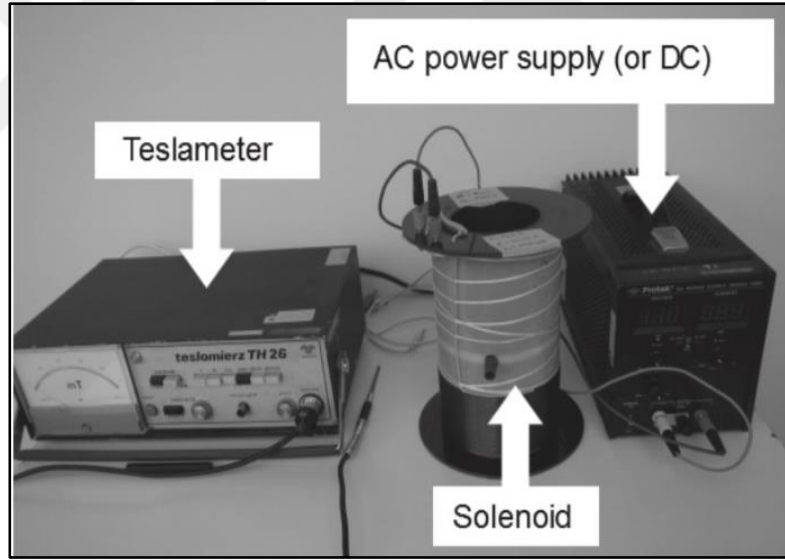
Şekil 2.6 Vashisth ve Nagarajan (2010), çalışmasında kullanılan MA aleti (0-500 mT)

Kutuplar arası 5 cm boşluk olan alet elektromanyetik alan üretmektedir. Tohumlar plastik kaplar içerisinde sistemin boşluk kısmına yerleştirilmiştir.



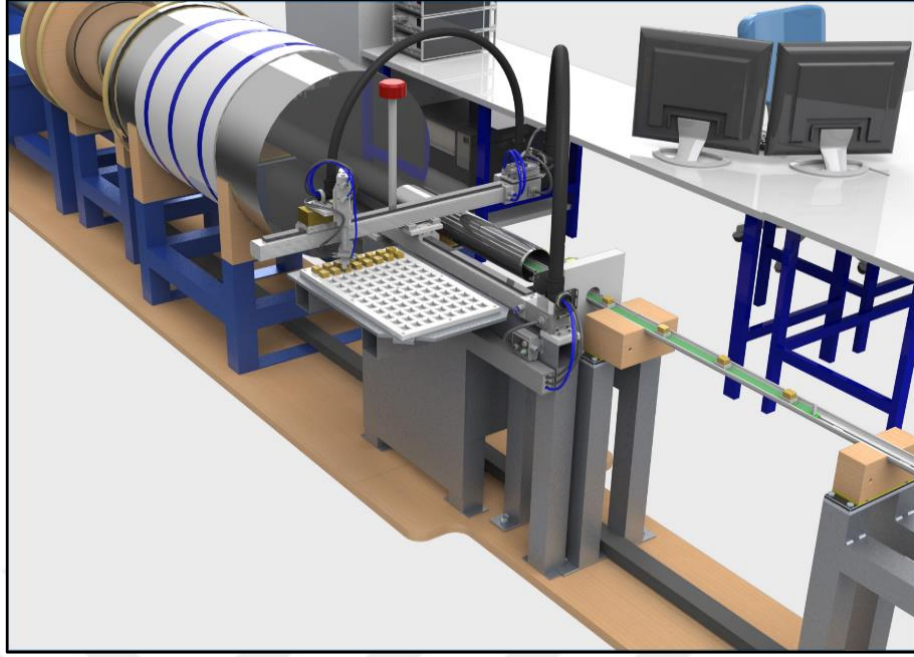
Şekil 2.7 De Souza vd. (2006), çalışmasında kullanılan MA aleti

Petri kapları uygulama için 2 demir barın arasına yerleştirilmektedir. Cihaz dışarıdan sağlanan güç ile elektromanyetik alan üretmektedir.



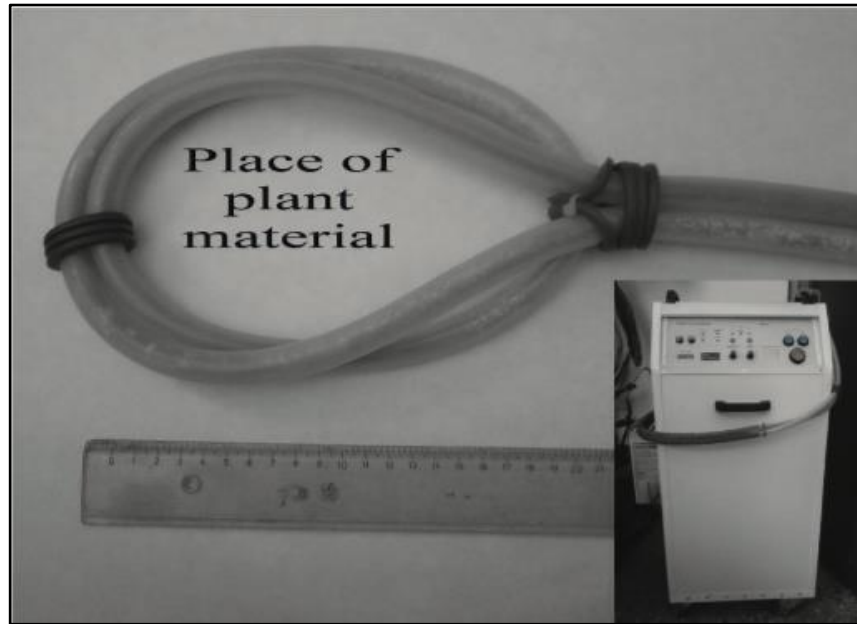
Şekil 2.8 Konefal-Janocha vd. (2019), çalışmasında kullanılan MA aleti

Cihaz dışarıdan sağlanan güç ile elektromanyetik alan üretmektedir. Tohumlar solenoid sistemin içersine yerleştirilmiştir.



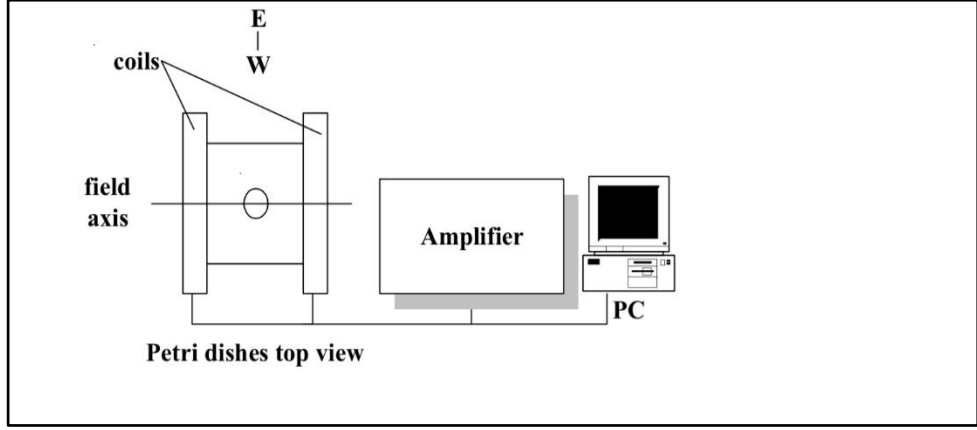
Şekil 2.9 Chen vd. (2011), çalışmasında kullanılan MA aletin temsili görüntüsü

Tohumlar bant içerisinden ilerleyerek MA'ya maruz kalmaktadır. Cihaz dışarıdan sağlanan güç ile elektromanyetik alan üretmektedir.



Şekil 2.10 Efthimiadou vd. (2014), çalışmasında kullanılan MA aleti

Cihaz dışarıdan sağlanan güç ile elektromanyetik alan üretmektedir.



Şekil 2.11 Ruzic ve Jerman (2002), çalışmasında kullanılan MA aleti

Bobinlerin kuzey-güney şeklinde yerleştirildiği cihaz dışarıdan sağlanan güç ile elektromanyetik alan üretmektedir. Tohumlar petri kapları içerisinde bobinlerin arasına yerleştirilmiştir.

2.2 Priming Tekniği Olarak Ultraviyole (UV) Uygulamaları

UV priming uygulamaları konusunda yapılan çalışmalar tohumlara ve fidelere yapılan uygulamalar olarak 2'ye ayrılmaktadır. Hem tohumlarda hem de fidelerde yapılan uygulamalar genellikle UV-B ve UV-C radyasyonu ile yapılmış olup UV-A ile yapılan çalışma sayısı sınırlı kalmıştır (Dhanya Thomas ve Puthur 2017).

Bitkiler üzerinde UV radyasyonun etkileri ile ilgili genellikle UV-B üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. UV-B fotoreseptörünün (UV RESISTANT LOCUS8-UVR8) keşfi ile UV ışınlarının hücre zararında onarıcı rol de oynayabildiği anlaşılmış ve UV ışınlarının olumlu etkilerinin bitki çalışmalarında kullanılabileceği düşünülmüştür (Jenkins 2014). UV-B'nin stres koşullarında bitkilere sağladığı olumlu etkilerin UV-A ile de sağlanıp sağlanamayacağı ile ilgili de çalışmalar yapılmaktadır.

UV dalga boyu arttıkça ışınların bitki dokularına girişi artmaktadır. Bitkiler, doğal koşullarda UV-A fotonlarına UV-B fotonlarına göre 10 ila 100 kat daha fazla maruz kalmaktadır (Moan 2001). Düşük dozlardaki, UV-A ışınları UV-B ışınlarına göre DNA zararı gibi bazı zararlanmaların giderilmesinde daha az etkili olsa bile bitki dokularına ulaşan UV ışını yoğunluğu UV-B'ye göre daha fazla olduğu için yarar sağlama yönünden daha az etkili olduğu söylenemez (Bornman ve Vogelmann 1988, Mc Kenzie vd. 2004).

Genetik ve çevresel faktörler UV ışınlarının sağladığı etkide değişiklikler yaratabilmektedir. Bitkinin morfolojik yapısında ve biyokütlenin farklı organlara paylaşımındaki değişimler, bitkilerin ışık, su ve bitki besin maddelerini alım özelliklerini etkilemektedir (Verdaguer vd. 2017).

Neugart ve Schreiner (2018)'in bildirdiğine göre, UV-A uygulamalarının bitkilerde biyokütle oluşumuna etkileri konusunda az sayıda araştırmanın yapıldığı görülmektedir. UV-A'nın biyokütle oluşumunu arttırdığı için de sebzelerin de olduğu bazı çalışmaların (Krizek vd. 1997, Wenke ve Qichang 2012) yanında etki yaratmadığı çalışmaların da (Baroniya vd. 2014, Zhang vd. 2014) olduğu bilinmektedir. Biyokütle oluşumundaki artışın yüksek fotosentez aktivitesi ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Tezuka vd. 1993, 1994). Hafif kurak koşullarda yetiştirilen defne bitkisinin yapraklarında düşük seviyedeki UV-A uygulaması ile biyokütle oluşumunun arttığı gözlenmiştir (Bernal vd. 2013). Bunun yanında UV-A uygulaması yapılmış amarant fidelerinde yüksek fotosentetik aktiviteye rağmen fidelerde biyokütle oluşumunda azalış görülmüştür (Kataria vd. 2013). UV-A radyasyonunun özellikle yaprak büyüklüğü olmak üzere morfolojik etkiler de yarattığı bilinmektedir. Yaprak büyüklüğünde artışın görüldüğünü belirten (Antonelli vd. 1997) çalışmalar yanında etki göstermediği (Dader vd. 2014) ve azalış olan (Baroniya vd. 2014, Zhang vd. 2014) çalışmalar yapılmıştır. Fide boyu üzerine UV-A'nın etkileri konusunda yeterli çalışma bulunmamakla birlikte, patlıcanda herhangi bir değişiklik yaratmadığı ancak biberde düşüş yarattığı tespit edilmiştir (Dader vd. 2014).

Yapılan tüm bu çalışmaların, az sayıda olmaları, deney tasarımları ve çevresel faktörlerin çok çeşitli olmasından dolayı UV-A uygulamasının etkilerini değerlendirebilmek için yeterli olmadığı düşünülmektedir.

UV priming uygulaması yapılan çalışmalar: Ayçiçeği tohumları kuru ve nemlendirilmiş olmak üzere beş farklı sürede (5, 10, 15, 30 ve 60 dakika) UV-C uygulamasına maruz bırakılmıştır. Uygulama sonrası tohumlar iki gruba ayrılmış bir grup 7 gün boyunca karanlıkta depolanmış, diğer grup vakit kaybedilmeden çimlenme testine alınmıştır. Çalışma sonunda hem kuru hem de nemlendirilmiş tohumlarda UV-C uygulama süresi arttıkça çimlenme oranı azalmış, anormal fide sayısı artmıştır. UV-C uygulaması sonrası depolanan tohumların çimlenme oranı değerlerinde bir miktar artış olduğu gözlenmiştir (Torres vd. 1991).

Lahana tohumlarına, siyah damar çürüklüğü etmenine dayanımın arttırılması için düşük dozda uygulanan UV-C (3.6 kJm^{-2}) radyasyonu, hastalığa toleransın yanında bitkilerin gelişimini ve kalitesini de arttırmıştır (Brown vd. 2001).

UV-B radyasyonu uygulanan kara lahana, lahana, turp ve agave tohumlarının çimlenme özellikleri ve sonrasında yetişen fidelere yapılan 2. uygulamanın bitki gelişimine etkisi incelenmiştir. Uygulamanın tüm türlerin tohumlarında çimlenme hızını artırdığı ancak fidelere uygulanan UV-B uygulamasının özellikle köklerde kısılmaya yol açarak, bitkilerin gelişimini olumsuz etkilediği belirlenmiştir (Noble 2002).

UV-B uygulamasının hıyar bitkisinin ilk gelişim döneminde yüksek sıcaklık ($44-48 \text{ }^{\circ}\text{C}$) stresine göstereceği tepkinin ölçüldüğü çalışmada, 10 günlük hıyar fidelerine 6 gün boyunca 3.4 , 5.5 ve 10.6 kJm^{-2} dozlarında UV uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonunda düşük dozlarda UV-B uygulamasının fidelerin sıcaklık stresine toleransını arttırdığı görülürken yüksek dozlarda lipid peroksidasyonunun artmasına bağlı olarak fide gelişimlerinde düşüş görülmüştür (Teklemariam ve Blake 2003).

Karabuğday fidelerine uygulanan UV-B ($275-380 \text{ nm}$) radyasyonu ile bitki boyu ve verim de artışlar sağlanmıştır (Yao vd. 2007).

5 haftalık biber fidelerine 2 hafta boyunca uygulanan 6.1 , 5.8 ve 5.7 Wm^{-2} dozlarındaki UV-A, UV-B ve UV-C radyasyonu sonucu bitkilerin antioksidan enzim aktivitelerindeki değişimler incelenmiştir. UV-B ve UV-C uygulamaları bitkilerin yaprak ve köklerinde, peroksidaz, polifenol oksidaz, askorbat peroksidaz, katalaz ve glutatyon reduktaz enzim aktivitelerini arttırmıştır. Ayrıca yaprak ve köklerde askorbik asit oranının da arttığı belirlenmiştir (Mahdavian vd. 2008).

Fasulye, lahana ve pancarın 2'ser türünde yapılan çalışmada, tohumlar UV radyasyonunun farklı seviyelerine ($460-760 \text{ } \mu\text{W/cm}^2$) 30, 60 ve 90 dakika maruz bırakılmışlardır. UV radyasyonu, bütün türlerde değişen oranlarda askorbik asit, tokoferol ve farklı plastid pigmentlerinde artış sağlamıştır. Çalışma sonucunda belirtilen parametrelerdeki artışla bitkilerde stres toleransının artacağı görüşü oluşmuştur (Kacharava vd. 2009).

UV-A uygulaması yapılan Maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) tohumlarında, çimlenme oranı ve fide gelişim özelliklerinde (yaprak alanı, sürgün ve kök uzunluğu ve sürgün ve kök kuru ağırlığı) artış olduğu gözlenmiştir (Hamid ve Jawaid 2011).

Maş fasulyesi ve yer fıstığı tohumlarına, 5 ve 60 dakika arasında farklı sürelerde uygulanan UV-C (280 nm) radyasyonu ile çimlenme oranı ve fide gücünün arttığı tespit edilmiştir. Maş fasulyesinin çimlenme oranı 30 dakika uygulamasında %100 bulunurken, yer fıstığında 60 dakika uygulaması ile %87'lik çimlenme oranı sağlanmıştır. Maş fasulyesinde, maksimum sürgün uzunluğu ve ağırlığı 15 dakika, maksimum kök uzunluğu ve ağırlığı ise 30 dakika UV-C uygulamasından elde edilmiştir. Yer fıstığında ise yukarıda belirtilen tüm parametrelerde en yüksek değerler 60 dakika uygulamasından elde edilmiştir (Siddiqui vd. 2011).

Mungo fasulyesi (*V. mungo*) tohumlarının çimlenme oranı UV-B uygulamasıyla %33 oranında artış göstermiştir. Uygun dozda yapılan uygulamalarla antosiyanin ve flavon miktarlarında da kontrol grubuna göre artışların olduğu tespit edilmiştir (Shaukat vd. 2013).

Yeşil fasulye fidelerine uygulanan UV-C radyasyonu ile fideler tuzluluk stresine tolerans kazanmış ve kontrol grubuna göre sürgün ve köklerin yaş ve kuru ağırlığında artış görülmüştür. Çalışmada sürgün ve kök özelliği için en iyi sonuçlar 60 dakika uygulamasından alınmıştır. Bu uygulamada sürgün köklerin ağırlığında kontrole göre sırasıyla %83 ve %94'lük artış sağlanmıştır (Fotouh vd. 2014).

İki farklı UV-C (0.85 ve 3.42 kJm⁻²) radyasyonu uygulanan, 100 mM tuz stresinde yetiştirilen marul tohumlarının, büyüme, antioksidan aktivite ve fenolik bileşik miktarı üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, kök ve yaprak ağırlığı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve yaprak alanı ölçümlerinin yanında yaprak ve köklerde iyon birikimi (Na⁺, K⁺) ile fenolik, flavonid ve antioksidan aktivite ölçümleri yapılmıştır. UV-C uygulamasının tuzluluk stresini azaltıcı etkisinin belirlendiği çalışmada, 0.85 kJm⁻² uygulamasının daha etkin olduğu tespit edilmiştir (Ouhibi vd. 2014).

Nemlendirme yapılmış yer fıstığı tohumlarında 5 ve 60 dakika arasındaki farklı sürelerde uygulanan UV-C uygulaması ile fide gelişimi ve çiçek oluşturma oranı artmıştır. Aynı

zamanda meyve ağırlığında da kontrol grubuna göre artış sağlanmıştır (Neelamegam ve Sutha 2015).

Çemen tohumlarına 4 farklı sürede (1, 2, 3 ve 4) uygulanan 2 farklı UV radyasyonu dozu (15W ve 30W) ile tohumlarda antioksidan enzimlerden SOD, guaiacol peroksidaz (GPX), glutatyon redüktaz (GR) ve APX seviyelerinde artış olduğu gözlenmiştir (El-Shora vd. 2015).

Farklı buğday türlerinde yapılan çalışmada, tohumlar UV-A, UV-B ve UV-C radyasyonlarının 1.19, 1.3 ve 1.84 mW/cm² dozlarında 3 saat boyunca muamele edilmiş ve çıkış sonrası bitkilere stres yaratmak için sprey ile yapay asit yağmuru uygulaması yapılmıştır. Uygulamaların klorofil sentezi, fotosentez oranı ve protein içeriğinde artış sağladığı tespit edilmiştir (Badridze vd. 2015, 2016).

Ekim öncesi uygulama olarak UV-A ve UV-B radyasyonu (300-410 nm) uygulanmış 3 buğday çeşidinde çimlenme özellikleri, oksidatif zararlanma ve antioksidan enzim aktiviteleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda uygulamaların buğday tohumlarının çimlenme oranını artırdığı, lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksit seviyelerinde azalış sağladığı ve CAT, SOD ile askorbik asit peroksidaz aktivitelerinde ise önemli oranda artış sağladığı belirlenmiştir (Abdelghafar ve Heba 2016).

Serada yetiştirilen domates fidelerine 4, 8 ve 16 saat süreyle UV-A radyasyonu (2.28 Wm⁻²) uygulaması yapılmıştır. 8 ve 16 saat süren uygulamalarla bitki biyokütlesi sırasıyla %29 ve %33 oranında artmıştır. Biyokütle artışı, yaprak alanı büyüklüğünü ve bu sayede fotosentez oranını da artırmıştır (Kang vd. 2018).

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Yalova Atatürk Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen biber, marul, soğan ve lahana tohumları kullanılmıştır. Çalışma öncesi kullanılacak tohum partilerinin başlangıç canlılıkları belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Başlangıç çimlendirme testleri her tür için 50 tohum x 3 tekrerrür olacak şekilde ISTA (International Seed Testing Association 2007) kurallarına göre yapılmıştır. 2 mm'lik kökçük çıkışı çimlenme kriteri olarak kabul edilmiştir. Çalışmada kullanılan tohumlar temin edildikten sonra çalışma bitimine kadar 5°C'de muhafaza edilmişlerdir.

Soğan tohumlarının başlangıç canlılığı (%56) düşük bulunduğu için Beta Tohumculuk'a ait Panko soğan çeşidi ile çalışmalara devam edilmesine karar verilmiştir.

Uygulamaların düşük canlılık yüzdelerinde ne kadar etkili olduğunu anlayabilmek için başlangıç canlılığı çok yüksek olmayan tohum lotları kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan tüm türlere ait tohumların başlangıç nem oranları belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Nem tayini yapılırken, biber, soğan ve lahana tohumları 103°C, 17 saat, marul tohumları 130°C'de 1 saat etüvde tutulmuştur (Hanson 1985). Kurutulan tohum örnekleri 30 dakika desikatörde bekletildikten sonra, nihai ağırlıkları tespit edilmiştir. Etüvden çıkarılan örneklerde tohum nem tayini aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (ISTA, 1993). Tohum çapı küçük olan marul tohumları için 0.5 g diğer türler için ise 1 g tohum örneği ile çalışılmıştır. Nem düzeyleri 2 tekrerrür şeklinde ölçülüp ortalaması alınmıştır.

$$\text{Tohum Nemi (\%)} = \frac{(\text{Başlangıç örnek ağırlığı} - \text{Kurutmadan sonraki örnek ağırlığı}) \times 100}{\text{Başlangıç örnek ağırlığı}}$$

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan tohum lotlarının tohum çimlenme oranları (%) ve tohum nem içerikleri (%)

Tür	Çeşit	TÇO (%)	Tohum nemi (%)
Biber	Sürmeli	71	6.6
Lahana	Yalova-1	85	5.8
Soğan	Panko	75	8.0
Marul	Grise Maraichere	88	5.0

TÇO: Tohum çimlenme oranı

Çalışmada kullanılan çeşitlerin özellikleri;

Biber/Sürmeli: Erkenci, orta koyulukta yeşil renge sahip, tatlı, sivri biber çeşididir. Erkenci olan bu çeşidin fide dikiminden hasada kadar geçen gün sayısı 49-53 gündür. Bitkileri dik ve kuvvetli bir yapıya sahip olup, açıkta yetiştiricilik yanında, örtü altı yetiştiriciliğine de uygundur. Açıkta yetiştiricilikte 4.5-5 ton/da olan verimi, örtü altı yetiştiricilikte bu değerin 2.5-3 katına ulaşmaktadır. Meyveleri 15 cm uzunlukta olup, meyve eti ise 15.6 mm kalınlığa sahiptir.

Lahana/Yalova-1: Seleksiyon çalışması sonucu sarmalık, turşuluk ve kapuskalık olarak geliştirilen beyaz baş lahana çeşididir. Başları sıkı, yuvarlak 3,5-4 kg ağırlığında ve iç yaprakları kıvrıktır. Başları dış yaprakları ile iyi korunduğundan soğuğa dayanıklıdır. Dış yaprakların rengi açık yeşildir. Olgunlaşma süresi 90-100 gün olan bu çeşidin verimi yaklaşık 6 ton/da'dır.

Soğan/Panko: Geçci karakterli, 180-200 günde hasat olumuna ulaşan, uzun gün çeşididir. Ortalama baş ağırlığı 200 g civarındadır. Dış kabuğu bronz kahverengidir. Baş yüksek yuvarlak şekillidir. Kuru madde oranı yüksektir. Değişik iklim koşullarına adaptasyonu yüksektir. Ortalama baş ağırlığı 160-180 g ve dış kabuğu kalın olup 4-5 katlıdır. Depo ömrü uzun olup, diğer uzun gün çeşitlerine göre 30-40 gün daha fazladır. Başda iç halka sayısı 7-8 adet olup, kalın ve beyaz etlidir.

Marul/Grise Maraichere: 25-35 cm boyunda, yeşil renkli, iyi göbek yapabilen ve 1.5 kg ağırlığa ulaşabilen bir çeşittir.

3.2 Yöntem

Çalışma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Tohum Bilimi Laboratuvarı (tüm çimlenme ve fide testleri), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü (enzim analizleri), Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü (UV uygulamaları) ve Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümünde (MA uygulamaları) 2018 yılı Şubat-Ekim aylarında gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar öncesi tohumlar dezenfeksiyon için %1 sodium hypoclorite içinde 5 dk bekletilmiş ve akabinde 30 saniye musluk suyunda yıkanmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında kağıtlar üzerinde kurutularak araştırmaya hazırlanmıştır.

3.2.1 Yapılan uygulamalar ve kalite testleri

3.2.1.1 Yapılan uygulamalar

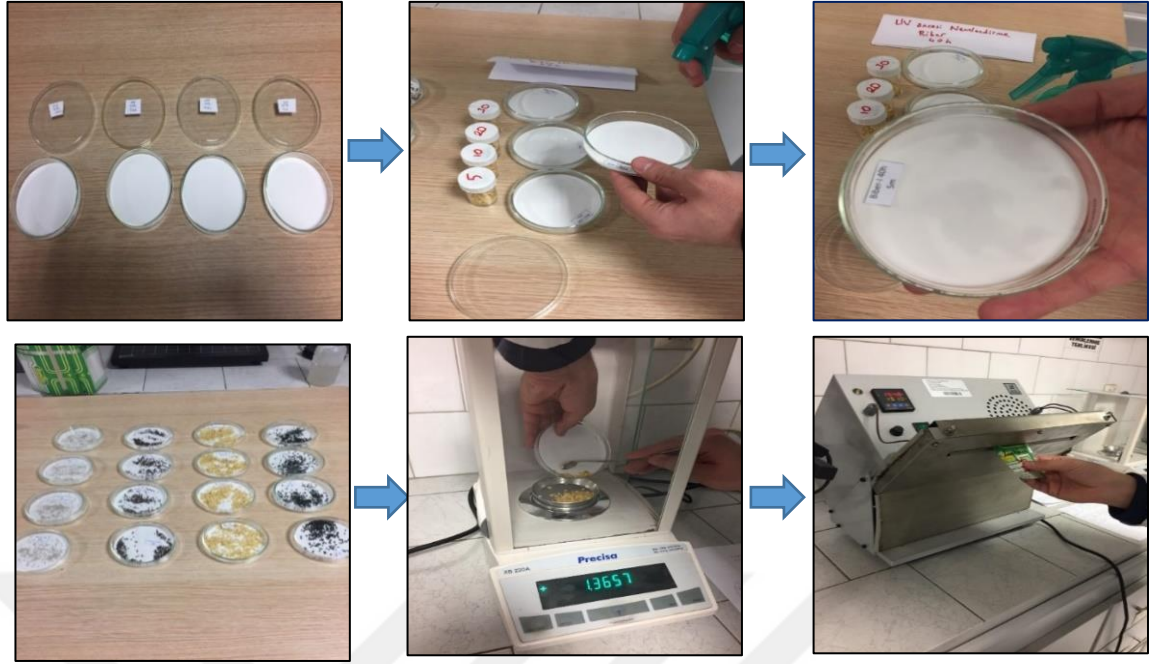
Tohum nemlendirmesi: Petri kaplarına 2 adet Whatmann (No:42) kâğıt konulmuş ve ardından içerisinde saf su bulunan spreyle petri kapları nemlendirilmiştir. Nemlendirilen petri kaplarına tohumlar homojen şekilde dağıtılmıştır. Aşağıda belirtilen formülle, tohumların %30 neme ulaşması için gereken ağırlığa ulaşıncaya nemlendirme sonlandırılmıştır (belirli aralıklarla tartım yapılmıştır). Çalışılan türlerde hidropriming etkinliğinin olabilmesi için tohum nem içeriklerinin yüksek olması gerekliliğinden dolayı tohumlar için %30 tohum nemine ulaşılması amaçlanmıştır. Üçyüz elli tohumla yapılan nemlendirme işleminde, biber 3, marul 1.5, lahana 4 ve soğanda 3.5 saat içerisinde istenilen neme ulaşılmıştır. Uygulama (HP, UV ve MA) sonrası tohumlar başlangıç nemlerine ulaşması için 24 saat 25°C'de kurutulmuştur

%30 neme ulaşmak için kullanılan formül;

$$\text{İstenilen Nemdeki Tohum Ağırlığı (g)} = \frac{\text{Örnek ağırlığı} \times (100 - \text{Örneğin başlangıç tohum nemi})}{100 - \text{Örneğin olması gereken nemi}}$$

Hidropriming (HP): Hidropriming uygulaması tohumların biberde; 25°C, 20 ve 40 saat (Demir 2002), marulda; 15°C, 8 ve 16 saat (Weges ve Karssen 1987), soğanda; 15°C, 8 ve 16 saat, lahanada; 15°C, 8 ve 16 saat (Ermiş vd. 2016), karanlık ortamda hava geçirmez paketler içerisinde nemlendirilmesi yoluyla yapılmıştır (Şekil 3.1).

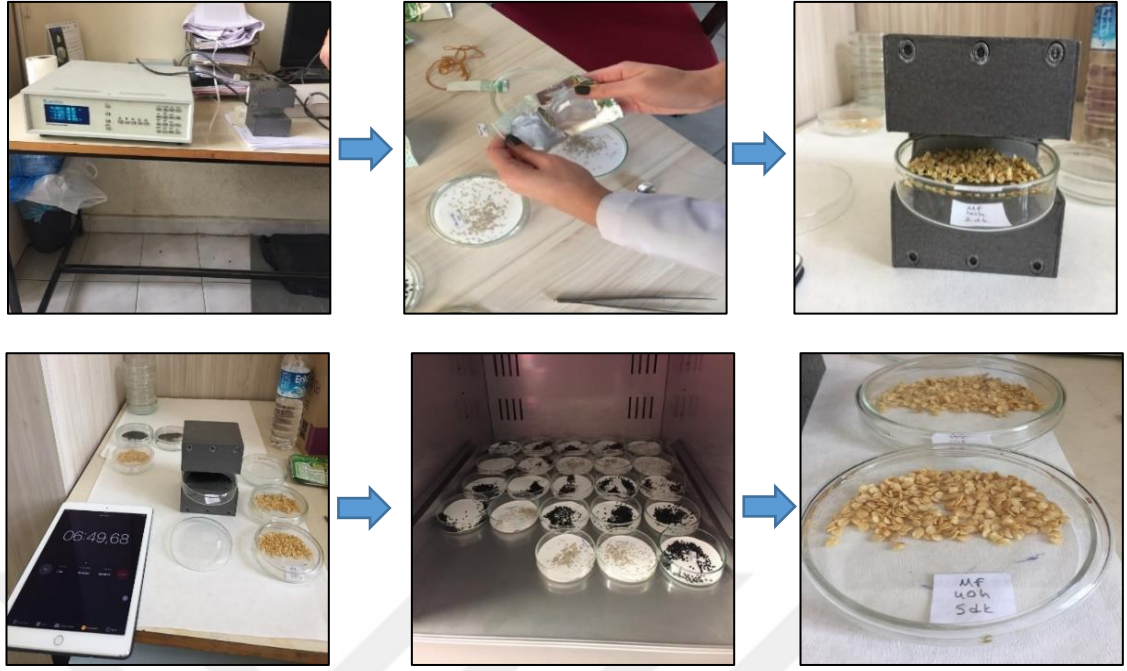
Nemlendirme sonunda tohumlar 24 saat 25°C'de kurutulmuştur. Uygulama her türde 350 adet tohum (50 yedek tohum dahil) kullanılarak yapılmış ve 150 adedi çimlendirme, 150 adedi de fide çalışmaları için kullanılmıştır.



Şekil 3.1 Tohumlara hidropriming (HP) uygulamasının yapılışı

Manyetik alan uygulaması (MA): Hidropriming uygulamasında yapılan nemlendirme yönteminin aynısı yapıldıktan sonra kurutma aşaması olmaksızın vakit kaybedilmeden MA uygulaması yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan cihazın (Şekil 3.2) yarattığı 0,8 tesla (T) = 800 militesla (mT) statik manyetik alan yoğunluğu sabit olup değişmemiştir. Bu nedenle MA uygulamalarında farklı yoğunluklar değil farklı uygulama süreleri kullanılmıştır. Uygulama öncesi cihazın manyetik alan yoğunluğu Lakeshore marka gaussmeter cihazı ile ölçülerek kontrol edilmiştir. MA uygulama süreleri 1, 2, 5 ve 10 dakika şeklinde yapılmıştır. Uygulama süreleri belirlenirken daha önce yapılan çeşitli çalışmalardaki sonuçlar dikkate alınarak cihaz manyetik alan yoğunluğunun güçlü olması nedeniyle nispeten kısa uygulama süreleri seçilmiştir. Uygulama oda sıcaklığında yapılmıştır. Uygulama sonunda tohumlar 24 saat 25°C'de kurutulmuştur. Uygulama her türde 350 adet tohum kullanılarak yapılmış ve 150 adedi çimlendirme, 150 adedi de fide çalışmaları için kullanılmıştır.



Şekil 3.2 Tohumlara MA uygulamasının yapılışı

Ultraviyole Uygulaması (UV): Hidropriming uygulamasında yapılan nemlendirme yönteminin aynısı yapıldıktan sonra kurutma aşaması olmaksızın vakit kaybedilmeden tohumlara UV-A muamelesi yapılmıştır.

UV uygulamaları luzchem marka ICH2 model cihaz kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.3). Cihaz içerisinde 16 UV-A lamba bulunmakta ve her lamba 8 Watt gücündedir (8-W HITACHI FL8BL-B; $\lambda=(350 \pm 50)$ nm). Kullanılan cihaz maksimum $16 \times 8 = 128$ W yoğunluk üretmektedir. Çalışmada 128 W olan maksimum yoğunluk kullanılmıştır. Cam petri kaplarından 300 nm radyasyonun üstündeki ışınlar az absorbe edildiği için UV-A (320-400 nm) ışınlarının tohum yüzeylerini fazla ısıtmaması için tohumların bulunduğu petri kaplarının cam kapakları kapalı tutulmuştur.

Uygulama süreleri olarak 5, 10, 20 ve 30 dk kullanılmıştır. Uygulama süreleri belirlenirken daha önce yapılan çeşitli çalışmalar dikkate alınmıştır. Ayrıca, tohumlar UV uygulaması öncesi nemlendirildiğinden tohumların çimlenme evresine girmemesi için UV uygulama süreleri çok uzun tutulmamıştır. Uygulama oda sıcaklığında yapılmıştır. Uygulama sonunda tohumlar 24 saat 25°C'de kurutulmuştur. Uygulama her türde 350 adet tohum kullanılarak yapılmış ve 150 adedi çimlendirme, 150 adedi de fide çalışmaları için kullanılmıştır.



Şekil 3.3 Araştırmada kullanılan UV cihazı

3.2.1.2 Kalite testleri (çimlenme ve fide çıkış testi)

Çimlendirme Testi: Tohumlar nemlendirilmiş kurutma kâğıtları içerisinde karanlık ortamda çimlendirme testine tabi tutulmuşlardır. Normal ve anormal olan fideler (Şekil 3.4) oransal olarak yüzde (%) ile ifade edilmiştir. Kurutma kâğıtlarının ilk nemlendirilmesi esnasında mantari etmenlere karşı kullanılan saf suya %0.2'lik thiram ilave edilmiştir. Tohumların yerleştirildiği kâğıt rulo şeklinde nem kaybını önleyecek şekilde plastik poşetler içerisine konularak, çimlendirme dolaplarına alınmıştır (Şekil 3.5). Çimlendirme kâğıtları gerekli olduğu zamanlarda kontrol edilerek nemlendirilmiştir.

Biber; Tohumlar uygulamalardan sonra kurutulmuş ve 50 tohum x 3 tekerrür olacak şekilde ISTA kurallarına göre 25°C'de 14 gün boyunca çimlendirilmiştir. Çimlendirme testinde sayımlar günlük olarak yapılmıştır. Ondördüncü günde gelişmesi normal ve anormal olan fideler belirlenmiş ve oransal olarak yüzde (%) ile ifade edilmiştir (Demir vd. 2005).

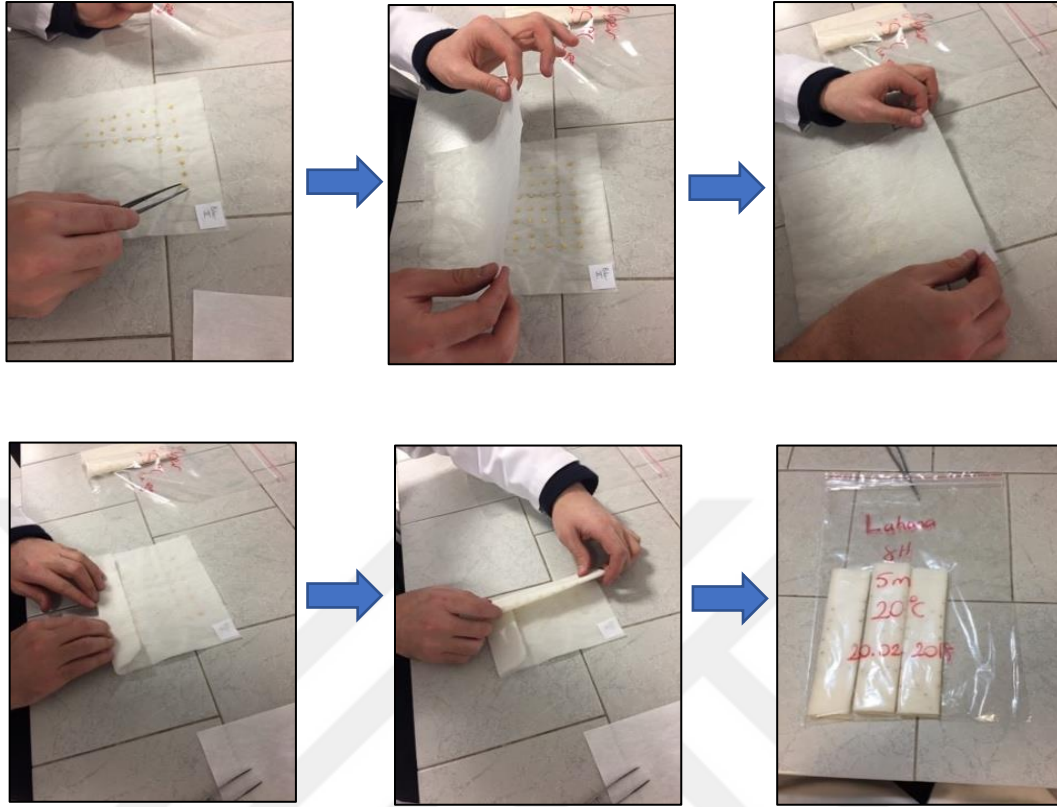
Marul; Tohumlar uygulamalardan sonra kurutulmuş ve 50 tohum x 3 tekerrür olacak şekilde ISTA kurallarına göre 20°C'de 7 gün boyunca çimlendirilmiştir. Çimlendirme testinde sayımlar günlük olarak yapılmıştır. Yedinci günde gelişmesi normal ve anormal olan fideler belirlenmiş oransal olarak yüzde (%) ile ifade edilmiştir (Schwember ve Bradford 2011).

Soğan; Tohumlar uygulamalardan sonra kurutulmuş daha sonra 50 tohum x 3 tekerrür olacak şekilde ISTA kurallarına göre 20°C'de 12 gün boyunca çimlendirilmiştir. Çimlendirme testinde sayımlar günlük olarak yapılmıştır. Onikinci günde gelişmesi normal ve anormal olan fideler belirlenmiş oransal olarak yüzde (%) ile ifade edilmiştir (Schwember ve Bradford 2011).

Lahana; Tohumlar uygulamalardan sonra kurutulmuş daha sonra 50 tohum x 3 tekerrür olacak şekilde ISTA kurallarına göre 20°C'de 14 gün boyunca çimlendirilmiştir. Çimlendirme testinde sayımlar günlük olarak yapılmıştır. Ondördüncü günde gelişmesi normal ve anormal olan fideler belirlenmiş oransal olarak yüzde (%) ile ifade edilmiştir (Ermiş vd. 2016).



Şekil 3.4 1. Biber, 2. lahana, 3. soğan, 4. marul türlerinde çimlenme testleri sonrası normal ve anormal fide yapıları



Şekil 3.5 Çimlendirme testi kurulumu

Ortalama Çimlenme Zamanı (gün): Çimlendirme denemesi sırasında yapılan günlük sayımlardan (2 mm kökçük çıkışı) yararlanılarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts 1980).

$$OÇZ = (\sum n \times D) / \sum n$$

n: Günde çimlenen/çıkan tohum sayısı

D: Çıkış /çimlenme testinin başlangıcından itibaren geçen gün sayısı

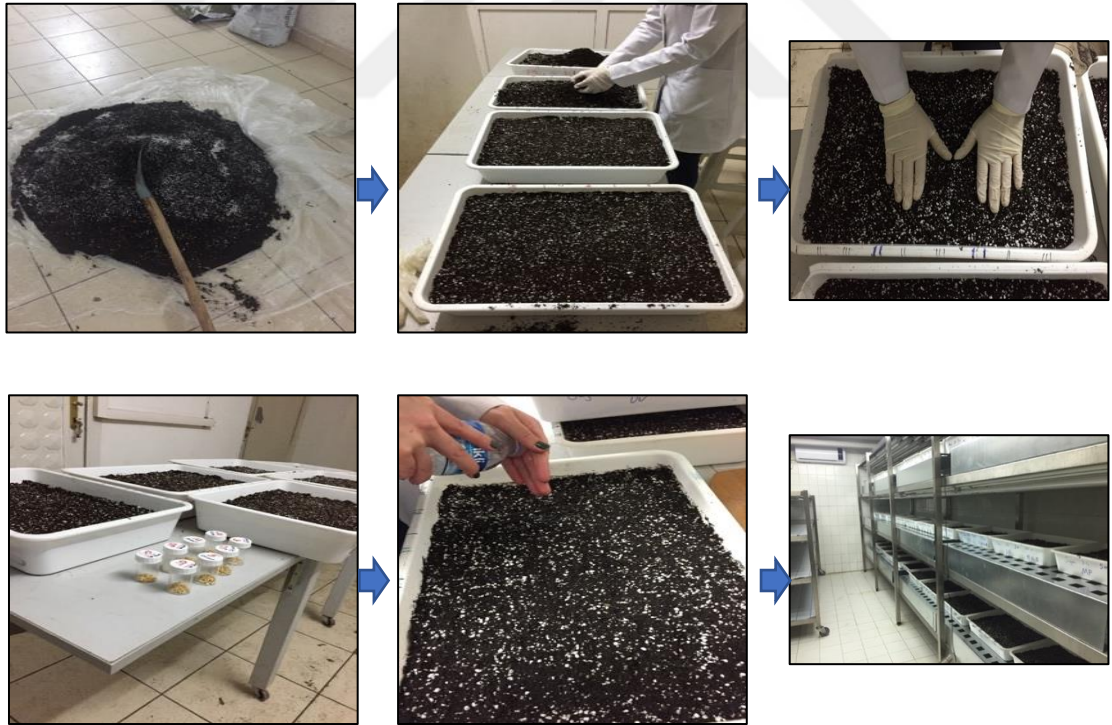
Fide Çıkış Testi: Uygulamaların tohum çıkışına etkisinin belirlenmesi amacıyla tohum partilerinin fide çıkış testleri yapılmıştır (Şekil 3.6). Her tohum partisinden 3 tekerrürlü 50 adet tohum, 1:2 oranında perlit: torf konulan fide kaplarına yaklaşık 2-2.5 cm derinliğe ekilmiştir.

Kullanılan kaplar $22\pm2^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlanabilen iklim odasına yerleştirildikten sonra çıkışlar günlük olarak sayılmıştır. Testlerin yapıldığı ortamda 16 saat aydınlatma 8 saat karanlık uygulanmış ortam nemi %60-65 seviyesinde tutulurken ve ışık şiddeti 6500 lux olarak ölçülmüştür.

Çıkış denemeleri biberde; 20, marulda; 15, lahanada; 20, soğanda; 20 gün boyunca sürdürülmüştür. Bu süreler çimlendirme testlerindeki süreler dikkate alınarak belirlenmiştir. Kotiledon yaprakların toprak yüzeyinde görülmesi çıkış kriteri olmuştur.

Deneme sonunda fideler normal ve anormal (kökçük veya sürgünü oluşmamış, camısı, kendi etrafında spiral oluşturmuş kökçüğe sahip olan, kotiledon yapraklarında nekrozlar saptanan veya hiç gelişmemiş, tohum kabuğundan ayrılamayan) olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3.7).

Fide çıkış hızı: Ortalama çimlenme zamanı belirlenirken kullanılan yöntemle hesaplanmıştır.



Şekil 3.6 Fide çıkış testi kurulumu



Şekil 3.7 1. Biber, 2. lahana, 3. soğan, 4. marul türlerinde fide çıkış testleri sonrası normal ve anormal fide yapıları

3.2.1.3 Stres koşullarında kalite testleri (çimlenme ve fide çıkış testi)

Uygulamaların stres koşullarında da olumlu etkilerinin olup olmadığını tespit etmek için her türde çimlenme ve fide testlerinde en iyi sonucu veren 1'er, toplamda her türde 2 uygulama ve kontrol grubunda stres koşullarında aşağıda belirtilen testler yapılmıştır (Çizelge 3.2). Stres testlerinde de sayımlar günlük olarak yapılmış, belirtilen süreler sonrası gelişmesi normal ve anormal olan fideler belirlenerek oransal olarak yüzde (%) ile ifade edilmiştir. Sonuçlar paylaşılırken toplam çimlenme oranı değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.2 Stres testleri için seçilen uygulamalar

Biber	Lahana	Marul	Soğan
Kontrol	Kontrol	Kontrol	Kontrol
HP20s+MA10d	HP8s+MA10d	HP8s+MA10d	HP8s+MA2d
HP20s+UV20d	HP8s+UV30d	HP16s+MA10d	HP16s+MA10d

HP: Hidropriming UV: Ultraviyole MA: Manyetik alan s: saat d: dakika

Yüksek sıcaklık stresi: Yüksek sıcaklık stresi testi, maksimum sıcaklık değeri ile başlayıp dereceli olarak azaltılan sıcaklıklarda yapılmıştır. Türler bazında belirlenen sıcaklık ve gün değerlerinde, çimlenme testi Çizelge 3.3'deki ve fide çıkış testi ise Çizelge 3.4'deki şekilde yapılmıştır.

Çizelge 3.3 Yüksek sıcaklık çimlenme testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri

Tür	Süre (gün) ve Sıcaklık (°C)		
Biber	1-3 gün 35°C	4-8 gün 30°C	9-14 gün 25°C
Lahana	1-3 gün 30°C	4-8 gün 25°C	9-14 gün 20°C
Soğan	1-3 gün 30°C	4-7 gün 25°C	8-12 gün 20°C
Marul	1-2 gün 30°C	3-5 gün 25°C	6-7 gün 20°C

Çizelge 3.4 Yüksek sıcaklık fide çıkış testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri

Tür	Süre (gün) ve Sıcaklık (°C)		
Biber	1-3 gün 35°C	4-8 gün 30°C	9-20 gün 22±2°C
Lahana	1-3 gün 30°C	4-8 gün 25°C	9-20 gün 22±2°C
Soğan	1-3 gün 30°C	4-8 gün 25°C	9-20 gün 22±2°C
Marul	1-3 gün 30°C	4-8 gün 25°C	9-15 gün 22±2°C

Düşük sıcaklık stresi: Düşük sıcaklık stresi testi, düşük sıcaklık değeri ile başlayıp dereceli olarak artan sıcaklıklarda yapılmıştır. Türler bazında belirlenen sıcaklık ve gün değerlerinde, Çimlenme testi Çizelge 3.5'deki ve fide çıkış testi ise Çizelge 3.6'daki şekilde yapılmıştır.

Çizelge 3.5 Düşük sıcaklık çimlenme testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri

Tür	Süre (gün) ve Sıcaklık (°C)		
Biber	1-3 gün 10°C	4-8 gün 15°C	9-22* gün 25°C
Lahana	1-3 gün 10°C	4-8 gün 15°C	9-14 gün 20°C
Soğan	1-3 gün 10°C	4-7 gün 15°C	8-12 gün 20°C
Marul	1-2 gün 10°C	3-5 gün 15°C	6-7 gün 20°C

*Biber’de düşük sıcaklık stresinde 14 günde sonuçlar alınmadığı için çimlendirme süresi olarak 22 gün belirlenmiştir.

Çizelge 3.6 Düşük sıcaklık fide çıkış testinin türlere göre yapıldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri

Tür	Süre (gün) ve Sıcaklık (°C)	
Biber	1-8 gün 15°C*	9-20 gün 22±2°C
Lahana	1-8 gün 15°C	9-20 gün 22±2°C
Soğan	1-8 gün 15°C	9-20 gün 22±2°C
Marul	1-8 gün 15°C	9-15 gün 22±2°C

*İklimlendirme kabini 10°C’ye düşürülemediği için çalışma 15°C ile başlatılmıştır.

Tuz stresi: Çalışmada kullanılan 4 türde, tuz stresinde, çimlenme ve fide gelişimini belirlemek amacıyla uygulanmış ve kontrol grubu tohumların çimlenme kağıtlarına belirlenen tuz solüsyonu emdirilmiş ve viyollere ekimden önce ve sonra 75 ve 150 mM NaCl solüsyonu uygulanarak sulama yapılmıştır. Çimlenme ve fide çıkış testlerinde nemlendirme ve sulamalar hazırlanan çözeltilerle yapılmıştır. Fide çıkış testi kurulumundan 1 gün önce, ekim ortamının homojen olabilmesi için viyollere belirlenen molaritelerdeki 1 lt tuzlu su ilavesi yapılmıştır (Şekil 3.8). Tüm türlerde, çimlenme ve fide çıkış testleri daha önce belirtildiği şekilde ISTA kurallarına göre yapılmıştır.

NaCl’in molaritesi hesabı;

1 mol suda NaCl çözeltisi 58.44 g NaCl’dir. 1M = 58.44 g/L,

75 mM = 0.075M = 4.383 g/L; 150 mM = 0.15M = 8.766 g/L

Belirtilen miktardaki NaCl 1litre suda çözünerek ilgili konsantrasyonlar hazırlanmıştır.



Şekil 3.8 Tuzluluk stresi fide çıkış testleri öncesi viyollerin, ekimden 1 gün önce hazırlanması

3.2.1.4 Enzim analizleri (CAT, APX ve SOD)

Enzim analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda yapılmıştır. Analizler, stres testleri sonrası her türde kontrole göre en yüksek fide çıkışı gösteren uygulama, hidropriming uygulaması ile kontrol grubunda yapılmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 Enzim analizleri için seçilen uygulamalar

Tür	Uygulamalar		
Biber	Kontrol	HP20s	HP20s+UV20d
Lahana	Kontrol	HP8s	HP8s+MA10d
Soğan	Kontrol	HP8s	HP8s+MA2d
Marul	Kontrol	HP8s	HP8s+MA10d

Enzim analizleri seçilen uygulamalarda üç tekerrür ve her tekerrürde 0.5 g olacak şekilde yapılmıştır. CAT ve APX etkinliği, Abedi ve Pakniyat (2010)'a göre hidrojen peroksit ayrışma oranı üzerinden analiz edilmiştir. APX ve CAT aktiviteleri, protein (g) başına ifade edilmiş ve bir ünite, dakikada protein (g) başına reaksiyona giren 1 μ m substratı temsil etmiştir. SOD aktivitesi, Abedi ve Pakniyat (2010) yöntemine göre nitroblue tetrazolyumun 560 nm'de fotokimyasal indirgenmesinde inhibisyonun belirlenmesine dayanarak hesaplanmıştır.

3.2.2 İstatistiksel analiz ve verilerin değeriendirilmesi

Araştırma sonunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arası farklılıklar %5 seviyesinde LSD testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen yüzde değeri $\sqrt{n}$ transformasyonuna tabi tutulmuştur. Tüm istatistiksel hesaplamalar bilgisayarda JMP 8.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 HP, UV ve MA Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

4.1.1 Biberde HP ve UV uygulamaları

Biber tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, çimlenme oranına etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol grubunda en yüksek çimlenme oranı (%58) elde edilmiş olmakla birlikte uygulama yapılmış tohumlarında %49 ile %56 arasında değişen yakın değerler gösterdiği görülmüştür.

Fide çıkış oranı değerleri incelendiğinde, çimlenme oranı değerlerinin aksine kontrol grubu %59 ile en düşük sonucu vermiştir. Uygulamaların fide çıkış oranına pozitif etkisinin olduğu görülmüştür. En yüksek değer %75 ile HP20s+UV20d uygulamasında ölçülmüştür. Fide çıkış oranı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çimlenme hızı değerlerinin de çimlenme oranında olduğu gibi kontrol grubunda en iyi sonucu (4.6 gün) verdiği görülmüştür. Ancak çimlenme hızı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık görülmemiştir. Uygulama yapılmış tohumlarda çimlenme hızı 4.8 ile 5.4 gün arasında değişim göstermiştir.

Fide çıkış hızı değerleri incelendiğinde, fide çıkış oranı düşük olmasına karşın en hızlı çıkış değeri (9.8 gün) kontrol grubunda ölçülmüştür. En yavaş fide çıkış hızları sırasıyla HP40s+UV20d ve HP40s uygulamalarında (11.3 ve 11.2 gün) ölçülmüştür. Diğer uygulamalarda ise 10.2 ile 11.1 gün arasında değişen sonuçlar bulunmuştur. Fide çıkış hızı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 HP ve UV uygulamalarının biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP20s+UV	5	54±1	71 ^{ab}	5.2±0.3	10.7 ^{b-d}
	10	49±2	56 ^e	5.2±0.3	10.3 ^{de}
	20	55±2	75 ^a	5.3±0.6	10.2 ^{ef}
	30	50±1	60 ^{c-e}	5.2±0.1	10.2 ^{ef}
HP40s+UV	5	49±5	65 ^{b-d}	5.3±0.3	10.5 ^{c-e}
	10	54±3	66 ^{a-d}	4.8±0.3	10.9 ^{a-c}
	20	54±6	70 ^{ab}	5.2±0.3	11.3 ^a
	30	54±3	73 ^{ab}	5.3±0.5	10.4 ^{de}
HP20s		56±6	68 ^{a-c}	5.2±0.2	11.1 ^{ab}
HP40s		52±3	68 ^{a-c}	5.4±0.4	11.2 ^a
Kontrol		58±3	59 ^{de}	4.6±0.2	9.8 ^f
CV		%7.38	%3.84	%7.56	%2.58
LSD			8.37		0.46
P _{uyg}		ö.d.	0.01	ö.d.	0.01

HP: Hidropriming, UV: Ultraviyole, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı, ö.d: Önemli değil, s: saat
Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01). Çimlenme hızı (ÇH) ve Fide çıkış hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir.

4.1.2 Biberde HP ve MA uygulamaları

Biber tohumlarında, HP ve MA uygulamalarının, çimlenme oranı (P<0.05), fide çıkış oranı (P<0.05), çimlenme hızı (P<0.01) ve fide çıkış hızı (P<0.01) değerlerine etkisi arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çimlenme oranı olarak en yüksek değerler HP20s+MA10d ve HP40s+MA10d uygulamalarında (%66) elde edilmiştir. En düşük değerler HP40s+MA5d ve HP40s uygulamalarında %52 olarak ölçülmüştür. Kontrol grubu ise %58 oranında çimlenme göstermiştir.

Fide çıkış oranı sonuçlarında da çimlenme oranlarına paralel şekilde en yüksek sonuç (%72) HP40s+MA10d uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer, kontrol grubunda %59 olarak ölçülmüştür. Diğer uygulamaların fide çıkış oranı değerleri %60-%71 arasında yer almıştır.

Çimlenme hızı olarak en iyi sonuç (4.6 gün) kontrol grubundan elde edilmiştir. En yavaş çimlenen uygulamalar ise 6.1 gün değeri ile HP40s+MA2d ve HP40s+MA5d olmuştur. Diğer uygulamalar ise 4.8-5.4 gün arasında değişen çimlenme hızı göstermişlerdir.

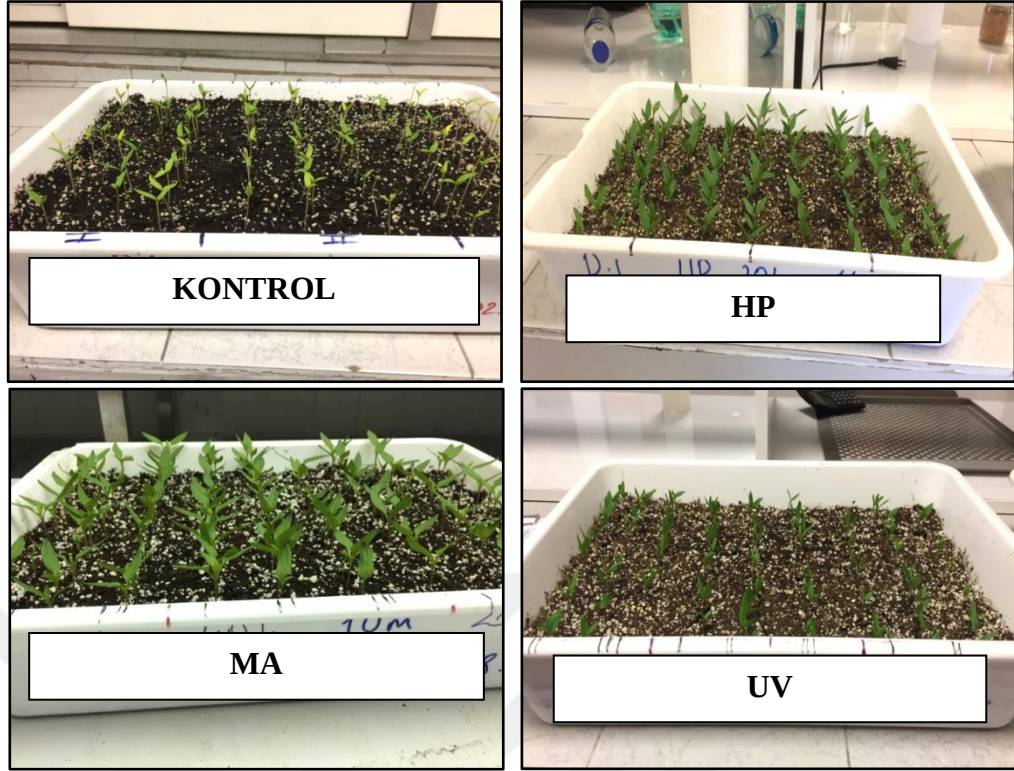
Fide çıkış hızında da çimlenme ve fide çıkış oranında olduğu gibi HP40s+MA10d uygulaması en iyi sonucu (8.3 gün) vermiştir. HP20s ve HP40s uygulamalarında sırasıyla 11.1 ve 11.2 gün ile en yavaş fide çıkış hızı değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.2 HP ve MA uygulamalarının biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP20s+MA					
	1	57 ^{ab}	66 ^{a-d}	5.4 ^b	9.5 ^b
	2	60 ^{ab}	70 ^{ab}	4.8 ^{cd}	9.5 ^b
	5	58 ^{ab}	65 ^{a-d}	5.3 ^{bc}	9.6 ^b
	10	66 ^a	71 ^{ab}	5.1 ^{b-d}	8.7 ^c
HP40s+MA					
	1	56 ^b	63 ^{b-d}	5.3 ^b	8.5 ^c
	2	53 ^b	60 ^{cd}	6.1 ^a	8.4 ^c
	5	52 ^b	71 ^{ab}	6.1 ^a	8.6 ^c
	10	66 ^a	72 ^a	5.0 ^{b-d}	8.3 ^c
HP20s		63 ^{ab}	68 ^{a-c}	5.2 ^{bc}	11.1 ^a
HP40s		52 ^b	68 ^{a-c}	5.4 ^b	11.2 ^a
Kontrol		58 ^{ab}	59 ^d	4.6 ^d	9.8 ^b
CV		%4.83	%3.91	%5.50	%2.40
LSD		9.47	8.74	0.50	0.38
P _{uyg}		0.05	0.05	0.01	0.01

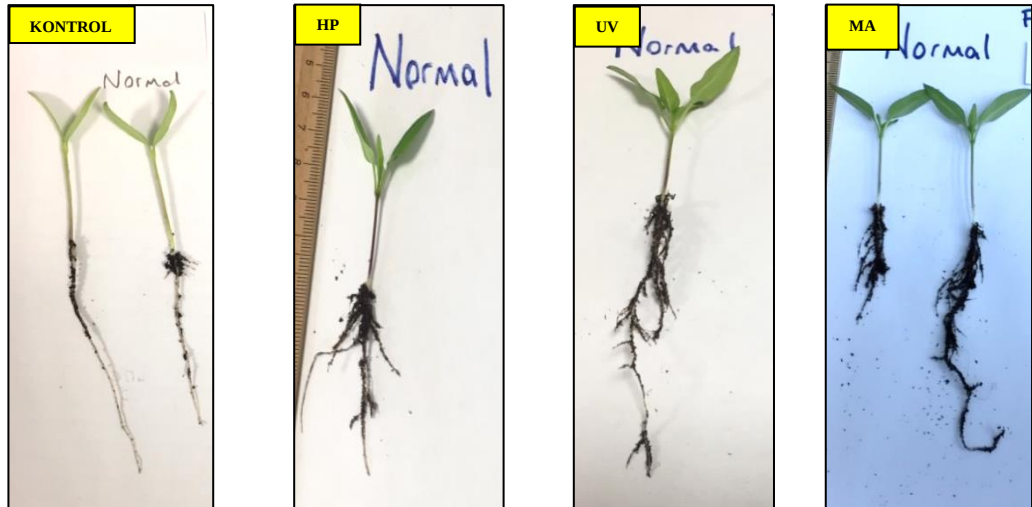
HP: Hidropriming, MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı ö.d: Önemli değil, s: saat

Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01, P<0.05). Çimlenme hızı (ÇH) ve Fide çıkış hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir.



Şekil 4.1 HP, UV ve MA uygulamalarının biberde fide gelişimi üzerine etkisi

Şekil 4.1’de görüleceği üzere biberde tüm uygulamaların, 20 gün boyunca devam eden testler sonucu fide çıkış oranını ve gelişimini artırdığı görülmüştür. Fidelerde boy ve kök uzunluğu ölçümleri yapılamamış olmakla birlikte, yapılan gözlemlerde uygulamaların kök gelişimini özellikle de saçak kök oluşumunu olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Uygulamaların biber fidelerinin kök gelişimine etkisi

4.1.3 Lahanada HP ve UV uygulamaları

Lahana tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, çimlenme ve fide çıkış oranına etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.3).

En yüksek çimlenme oranı (%82) HP16s+UV30d uygulamasında, en düşük değer ise %67 ile HP16s+UV5d uygulamasında ölçülmüştür. Kontrol grubunda bu değer %70 iken diğer uygulamalarda %69 ile %80 arasında değişmiştir.

Fide çıkış oranında en yüksek sonuç HP8s+UV30d uygulamasında %80 iken, en düşük değer (%62) ise HP8s+UV5d uygulamasında gözlenmiştir. Kontrol grubunda ise bu değer %64 olmuştur. Hem çimlenme hem de fide çıkış oranında uygulamalar arası değerlerde ciddi farklılık olmasına karşın standart sapma değerlerinin yüksek olması nedeniyle istatistiksel açıdan önemli farklılık oluşmamıştır.

Çimlenme ve fide çıkış hızı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.3).

En hızlı çimlenme gösteren uygulamalar, sırasıyla HP16s ve HP8s (1.6 gün ve 1.7 gün) uygulamaları olmuştur. Kontrol grubu (1.9 gün) ve diğer tüm uygulamalar 1.9 ile 2.1 gün arasında birbirlerine çok yakın değerler göstermişlerdir.

Fide çıkış hızı değerleri incelendiğinde en iyi sonucu (3.3 gün) HP8s+UV10d uygulaması gösterirken, en yavaş çıkış hızı ise çimlenme hızı değerinin aksine 4.1 gün ile HP16s uygulamasından elde edilmiştir. Çizelgede noktadan sonra tek basamak verildiği için aynı değerlerde olup farklı harflendirme yapılan sonuçlar olmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 HP ve UV uygulamalarının lahanada tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP8s+UV					
	5	69±6	62±6	2.1 ^a	3.3 ^{cd}
	10	73±7	77±1	2.0 ^a	3.3 ^d
	20	78±9	76±3	1.9 ^a	3.6 ^{bc}
	30	72±3	80±5	2.0 ^a	3.4 ^{b-d}
HP16s+UV					
	5	67±15	68±4	2.0 ^a	3.4 ^{b-d}
	10	76±11	70±3	2.1 ^a	3.5 ^{b-d}
	20	72±6	70±4	2.0 ^a	3.6 ^b
	30	82±14	71±9	2.0 ^a	3.7 ^b
HP8s		80±3	74±7	1.7 ^b	3.7 ^b
HP16s		79±3	73±9	1.6 ^b	4.1 ^a
Kontrol		70±1	64±3	1.9 ^a	3.4 ^{b-d}
CV		%3.80	%8.41	%5.54	%5.36
LSD				0.20	0.32
P _{uyg}		ö.d.	ö.d.	0.01	0.01

HP: Hidropriming, UV: Ultraviyole, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı ö.d: Önemli değil, s: saat
Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01). Çimlenme hızı (ÇH) ve Fide çıkış hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir.

4.1.4 Lahanada HP ve MA uygulamaları

Lahana tohumlarında, HP ve MA uygulamalarının, çimlenme oranı (P<0.05), fide çıkış oranı (P<0.05), çimlenme hızı (P<0.01) ve fide çıkış hızı (P<0.01) değerlerine etkisi arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Çimlenme oranı sonuçlarına göre en yüksek değer %84 olarak HP16s+MA2d uygulamasında, en düşük değer ise kontrol grubunda %70 şeklinde ölçülmüştür. Diğer uygulamalarda %74 ile %83 arasında değişen sonuçlar bulunmuştur.

Fide çıkış oranı olarak HP16s uygulaması %84 ile en yüksek değeri verirken, burada da çimlenme oranında olduğu gibi kontrol grubu en düşük sonucu (%64) vermiştir. Diğer uygulamalardan, en düşüğü %72 olmak üzere, %83’e varan sonuçlar elde edilmiştir.

Çimlenme hızı olarak en iyi sonuç 1.3 gün ile HP8s+MA5d uygulamasından elde edilirken, en yavaş çimlenme hızı 1.9 gün ile kontrol grubunda gerçekleşmiştir. Diğer uygulamalarda ise 1.4 ile 1.7 gün arasında değişen sonuçlar bulunmuştur.

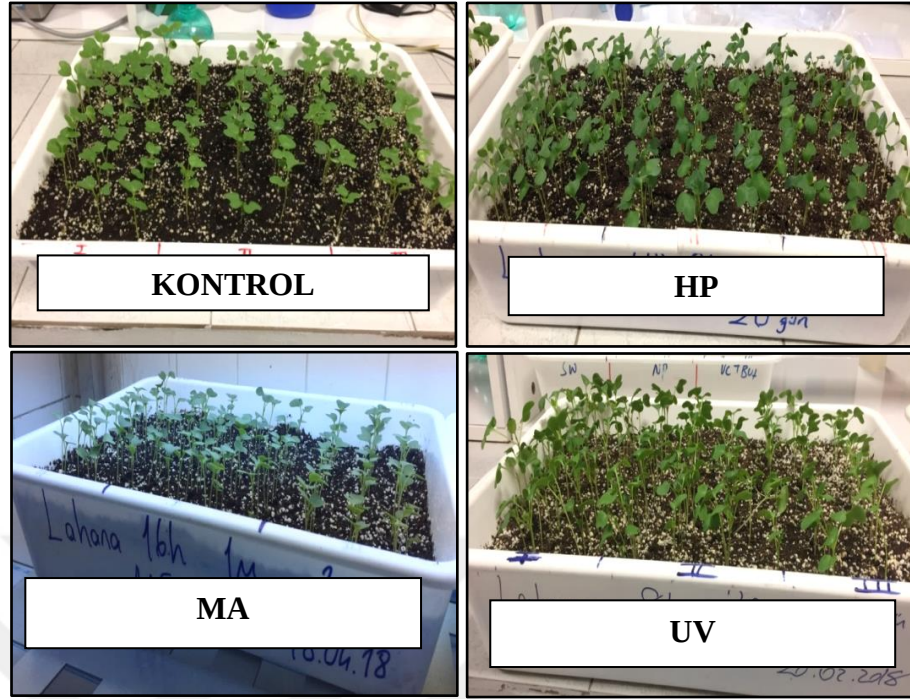
En hızlı fide çıkışı, 3.4 gün ile HP8s+MA2d uygulamasında, en kötü sonuç ise 4.1 gün ile HP16s uygulamasında görülmüştür. Çizelgede noktadan sonra tek basamak verildiği için aynı değerde olup farklı harflendirme yapılan sonuçlar olmuştur (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 HP ve MA uygulamalarının lahana tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP8s+MA	1	81 ^{ab}	78 ^{ab}	1.4 ^c	3.5 ^{cd}
	2	74 ^{cd}	72 ^{bc}	1.4 ^c	3.4 ^d
	5	74 ^{cd}	78 ^{ab}	1.3 ^c	3.6 ^{bc}
	10	83 ^a	79 ^{ab}	1.5 ^{bc}	3.6 ^{cd}
HP16s+MA	1	82 ^{ab}	76 ^{ab}	1.6 ^b	3.4 ^{cd}
	2	84 ^a	72 ^{bc}	1.5 ^c	3.5 ^{cd}
	5	76 ^{bc}	80 ^{ab}	1.5 ^{bc}	3.4 ^{cd}
	10	74 ^{cd}	74 ^{ab}	1.5 ^{bc}	3.5 ^{cd}
HP8s		80 ^{ab}	83 ^{ab}	1.7 ^b	3.7 ^{ab}
HP16s		79 ^{a-c}	84 ^a	1.6 ^b	4.1 ^a
Kontrol		70 ^d	64 ^c	1.9 ^a	3.4 ^{cd}
CV		%2.26	%3.65	%6.84	%4.22
LSD		6.02	9.32	0.18	0.28
P _{uyg}		0.05	0.05	0.01	0.01

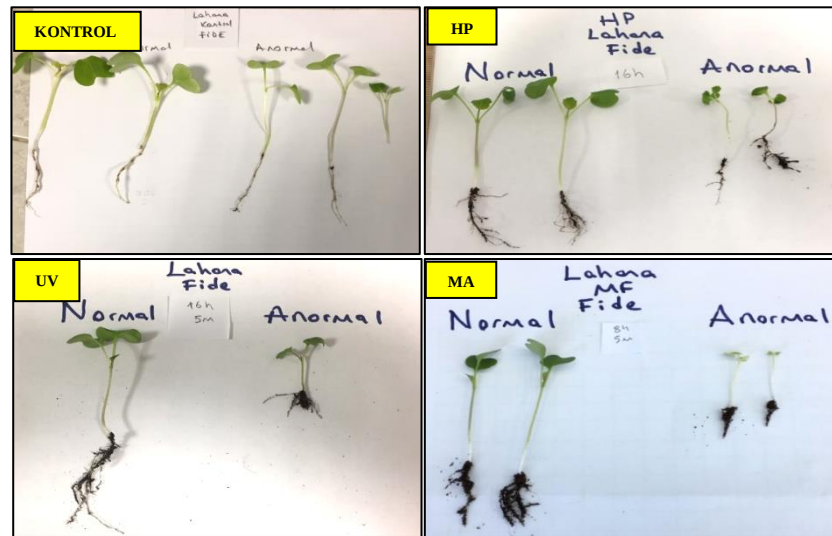
HP: Hidropriming, MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı ö.d: Önemli değil, s: saat

Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01, P<0.05). Çimlenme hızı (ÇH) ve Fide çıkış hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir.



Şekil 4.3 HP, UV ve MA uygulamalarının lahanada fide gelişimi üzerine etkisi

Lahanada tüm uygulamaların, 20 gün boyunca devam eden testler sonucu fide çıkış oranını ve gelişimini artırdığı görülmüştür (Şekil 4.3). Fidelerde boy ve kök uzunluğu ölçümleri yapılamamış olmakla birlikte, yapılan gözlemlerde uygulamaların kök gelişimini (özellikle saçak kök) olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Uygulamaların lahanada fidelerinin kök gelişimine etkisi

4.1.5 Soğanda HP ve UV uygulamaları

Soğan tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, çimlenme oranı ($P<0.01$), fide çıkış oranı ($P<0.05$), çimlenme hızı ($P<0.01$) ve fide çıkış hızı ($P<0.01$) değerlerine etkisi arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çimlenme oranı sonuçları incelendiğinde uygulanmış tohumların kontrol grubuna göre oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. En yüksek değer (%70) ile HP8s+UV5d uygulamasında, en düşük değer (%32) ile Kontrol grubunda ölçülmüştür. Diğer uygulamalarda %54 ile %68 oranları arasında çimlenme oranları bulunurken tüm UV uygulamaları HP uygulamalarından daha yüksek çimlenme oranı göstermiştir.

Fide çıkış oranlarında benzer şekilde kontrol grubu %44 ile en düşük sonucu vermiştir. En yüksek fide çıkış oranı %70 ile HP16s+UV5d uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamalarda %62-%69 arasında değişen sonuçlar alınmıştır.

Çimlenme ve fide çıkış oranlarındaki sonuçlarla uyumlu şekilde çimlenme hızı değerlerinde kontrol grubu 4.1 gün ile en yavaş, HP8s uygulaması 2.4 gün ile en hızlı çimlenme gösteren uygulama olmuştur. Diğer uygulamalar 2.9 ile 3.4 gün arasında çimlenme hızı değerleri göstermiştir.

Fide çıkış hızı sonuçlarına göre en yavaş çıkış gösteren grup 9.5 gün ile HP16s uygulaması olurken en hızlı çıkış gösteren grup 6.9 gün ile HP16s+UV10d olmuştur. Kontrol grubu 7.5 gün olmak üzere, diğer uygulamalarda 7.0 ile 8.5 gün arasında değişen fide çıkış değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.5 HP ve UV uygulamalarının soğan tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP8s+UV					
	5	70 ^a	64 ^a	3.2 ^b	7.5 ^{cd}
	10	62 ^{ab}	66 ^a	3.0 ^b	7.3 ^{de}
	20	64 ^{ab}	64 ^a	3.2 ^b	7.0 ^e
	30	63 ^{ab}	69 ^a	3.1 ^b	7.6 ^{bc}
HP16s+UV					
	5	65 ^{ab}	70 ^a	3.4 ^b	7.3 ^{de}
	10	68 ^a	62 ^a	3.4 ^b	6.9 ^e
	20	68 ^a	63 ^a	3.0 ^b	7.1 ^{de}
	30	67 ^{ab}	68 ^a	2.9 ^b	7.3 ^{de}
HP8s		61 ^{ab}	63 ^a	2.4 ^c	8.5 ^b
HP16s		54 ^b	64 ^a	3.2 ^b	9.5 ^a
Kontrol		32 ^c	44 ^b	4.1 ^a	7.5 ^{cd}
CV		%6.25	%6.25	%9.12	%3.77
LSD		13.00	13.46	0.55	0.49
P _{uyg}		0.01	0.05	0.01	0.01

HP: Hidropriming, UV: Ultraviyole, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı ö.d: Önemli değil, s: saat

Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01, P<0.05). Çimlenme Hızı (ÇH) ve Fide Çıkış Hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir.

4.1.6 Soğanda HP ve MA uygulamaları

Soğan tohumlarında, HP ve MA uygulamalarının, çimlenme oranı (P<0.01), fide çıkış oranı (P<0.05), çimlenme hızı (P<0.01) ve fide çıkış hızı (P<0.01) değerlerine etkisi arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Çimlenme oranları incelendiğinde kontrol grubunun %32 çimlenme oranı ile uygulamalardan oldukça geri kaldığı görülmektedir. En yüksek çimlenme oranı (%80) HP8s+MA2d uygulamasında ölçülmüştür. Diğer uygulamalarda ise %54 ile %73 arasında değişen sonuçlar alınmıştır.

Çimlenme oranında olduğu gibi kontrol grubu fide çıkış oranında da en düşük (%44) sonucu vermiştir. HP16s+MA10d uygulaması %76 ile en yüksek fide çıkışını sağlamıştır. Diğer uygulamalarda ise birbirlerine yakın olmak üzere %61 ile %67 arasında değişen çıkış oranları elde edilmiştir.

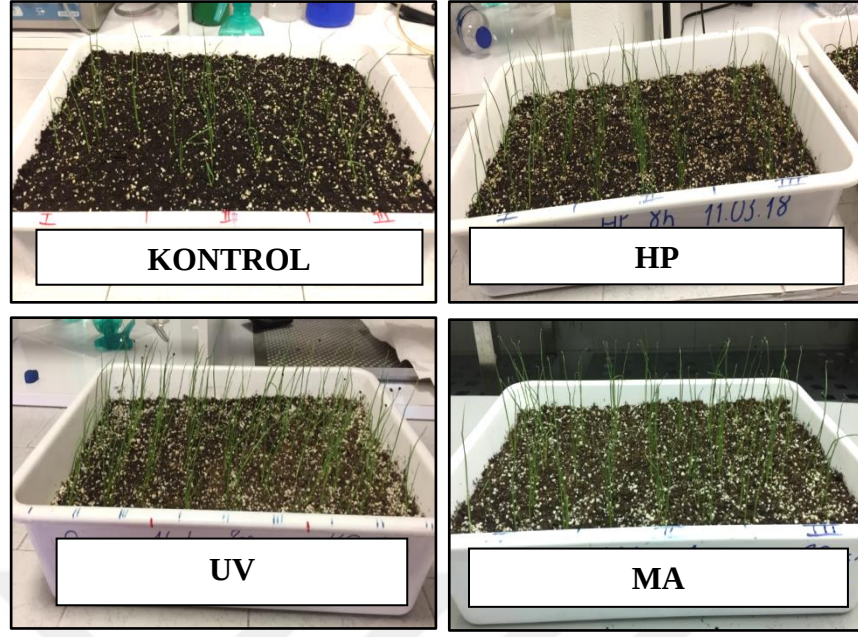
Çimlenme hızı sonuçlarına göre en yavaş çimlenme kontrol grubunda 4.1 gün olarak gerçekleşmiştir. En hızlı çimlenme gösteren uygulama 2.4 gün ile HP8s olmuştur. Diğer tüm uygulamalar da istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Fide çıkış hızı sonuçlarına göre en yavaş çıkış (9.5 gün) gösteren uygulama HP16s olurken, en hızlı çıkış aynı zamanda en yüksek çimlenme oranını da sağlayan HP8s+MA2d uygulamasında 6.9 gün olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.6 HP ve MA uygulamalarının soğan tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP8s+MA	1	73 ^{ab}	67 ^{ab}	3.4 ^b	7.1 ^{de}
	2	80 ^a	62 ^{ab}	3.1 ^b	6.9 ^e
	5	68 ^{b-d}	63 ^{ab}	3.4 ^b	7.8 ^c
	10	67 ^{b-d}	61 ^b	3.3 ^b	7.3 ^d
HP16s+MA	1	61 ^{c-e}	64 ^{ab}	2.9 ^b	7.1 ^{de}
	2	64 ^{b-d}	64 ^{ab}	3.1 ^b	7.1 ^{de}
	5	59 ^{de}	66 ^{ab}	3.2 ^b	7.4 ^{cd}
	10	68 ^{bc}	76 ^a	3.0 ^b	7.2 ^{de}
HP8s		61 ^{c-e}	63 ^{ab}	2.4 ^c	8.5 ^b
HP16s		54 ^e	64 ^{ab}	3.2 ^b	9.5 ^a
Kontrol		32 ^f	44 ^c	4.1 ^a	7.5 ^{cd}
CV		%4.10	%6.75	%8.49	%3.60
LSD		8.56	14.34	0.46	0.46
P _{uyg}		0.01	0.05	0.01	0.01

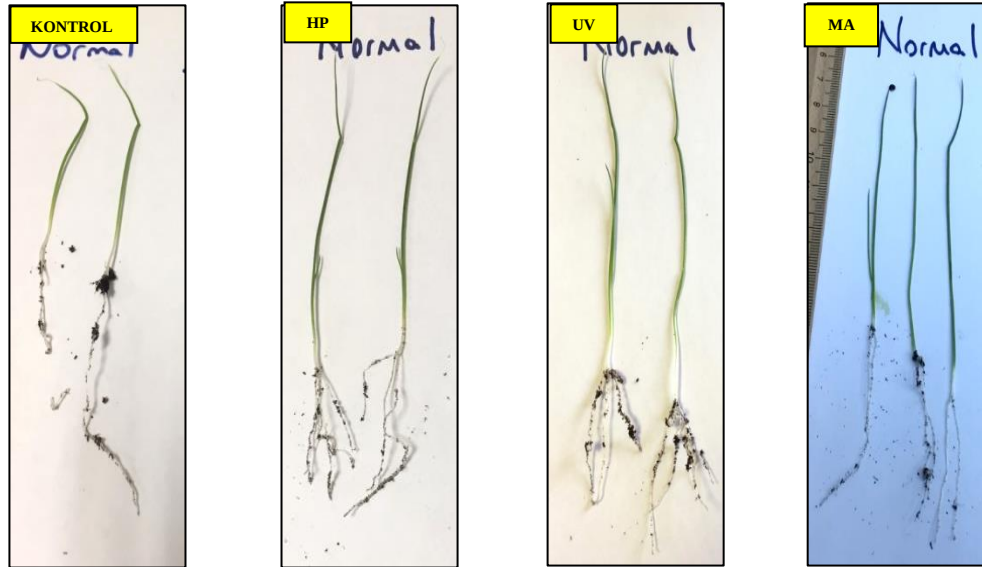
HP: Hidropriming, MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı ö.d: Önemli değil, s: saat

Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01, P<0.05). Çimlenme Hızı (ÇH) ve Fide Çıkış Hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir.



Şekil 4.5 HP, UV ve MA uygulamalarının soğanda fide gelişimi üzerine etkisi

Şekil 4.5’de görüleceği üzere soğanda tüm uygulamaların, 20 gün boyunca devam eden testler sonucu fide çıkış oranını ve gelişimini artırdığı görülmüştür. Fidelerde boy ve kök uzunluğu ölçümleri yapılamamış olmakla birlikte, yapılan gözlemlerde uygulamaların kök gelişimini özellikle de saçak kök oluşumunu olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Uygulamaların soğanda fidelerinin kök gelişimine etkisi

4.1.7 Marulda HP ve UV uygulamaları

Marul tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, çimlenme oranı ($P<0.01$), fide çıkış oranı ($P<0.01$), çimlenme hızı ($P<0.01$) ve fide çıkış hızı ($P<0.01$) değerlerine etkisi arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çimlenme oranları incelendiğinde en düşük değer kontrol grubunda %61, en yüksek çimlenme ise %86'lık oranla HP16s+UV20d uygulamasında görülmüştür. Diğer uygulamalar %63 ile %82 arasında değişen oranlarda olmak üzere çimlenme oranını kontrole göre oldukça artırmıştır.

Fide çıkış oranları değerlerinde de kontrol grubu çimlenme oranlarında olduğu gibi en düşük (%63) sonucu veren grup olmuştur. En yüksek fide çıkışı ise %85'lik oranla HP8s+UV10d uygulamasından elde edilmiştir. Çimlenme oranı değerlerine benzer şekilde fide çıkış oranı değerleri de diğer uygulamalarda %66 ile %82 arasında değişmiş ve kontrole göre önemli artış sağlanmıştır.

Çimlenme hızı değerlerine göre en yavaş çimlenme 2.1 günle HP8s+UV10d uygulamasında, en hızlı çimlenme ise HP16s+UV20d uygulamasında 1.2 gün olarak ölçülmüştür. Kontrol grubu da istatistiksel olarak en yavaş çimlenen grupta yer almıştır.

Fide çıkış hızı olarak en yavaş grup 5.5 gün ile HP8s uygulaması olurken en hızlı fide çıkışı HP16s+UV5d uygulamasında uygulamasında 3.1 gün olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.7 HP ve UV uygulamalarının marul tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP8s+UV					
	5	72 ^{bc}	82 ^a	1.5 ^b	3.2 ^{de}
	10	63 ^{cd}	85 ^a	2.1 ^a	3.3 ^{de}
	20	75 ^{ab}	66 ^d	1.3 ^{bc}	3.6 ^c
	30	72 ^{bc}	70 ^{cd}	1.5 ^b	3.2 ^{d-f}
HP16s+UV					
	5	78 ^{ab}	72 ^{b-d}	1.4 ^{bc}	3.1 ^f
	10	82 ^{ab}	80 ^{ab}	1.3 ^{bc}	3.1 ^{d-f}
	20	86 ^a	66 ^d	1.2 ^c	3.3 ^d
	30	81 ^{ab}	76 ^{a-c}	1.4 ^{bc}	3.1 ^{ef}
HP8s		77 ^{ab}	82 ^a	1.4 ^{bc}	5.4 ^a
HP16s		80 ^{ab}	80 ^{ab}	1.4 ^{bc}	4.4 ^b
Kontrol		61 ^d	63 ^d	1.9 ^a	3.2 ^{d-f}
CV		%4.41	%3.82	%9.97	%3.03
LSD		11.04	9.59	0.29	0.20
P _{uyg}		0.01	0.01	0.01	0.01

HP: Hidropriming, UV: Ultraviyole, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı ö.d: Önemli değil, s: saat

Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01). Çimlenme hızı (ÇH) ve Fide çıkış hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir. Çizelgede noktadan sonra tek basamak verildiği için aynı değerde olup farklı harflendirme yapılan sonuçlar olmuştur.

4.1.8 Marulda HP ve MA uygulamaları

Marul tohumlarında, HP ve MA uygulamalarının, çimlenme oranı (P<0.01), fide çıkış oranı (P<0.01), çimlenme hızı (P<0.01) ve fide çıkış hızı (P<0.01) değerlerine etkisi arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çimlenme oranı sonuçlarına göre en düşük çimlenme oranı %61 ile kontrol grubunda, en yüksek çimlenme ise %87 ile HP16s+MA10d uygulamasında ölçülmüştür. Tüm uygulamalarda %%77 ile %85 arasında değişen, kontrol grubuna göre oldukça yüksek çimlenme değerleri ölçülmüştür.

Fide çıkış oranı olarak en düşük değer (%63) kontrol grubundan elde edilirken en yüksek fide çıkışı 4 farklı uygulamada (HP8s+MA1d, HP8s+MA2d, HP8s+MA10d,

HP16s+MA5d) %86 olarak ölçülmüştür. Diğer tüm uygulamalarda istatistiksel olarak en yüksek değeri veren uygulamalarla aynı grupta yer almıştır. Fide çıkış oranı değerleri çimlenme oranı değerleri ile uyumlu bulunmuştur.

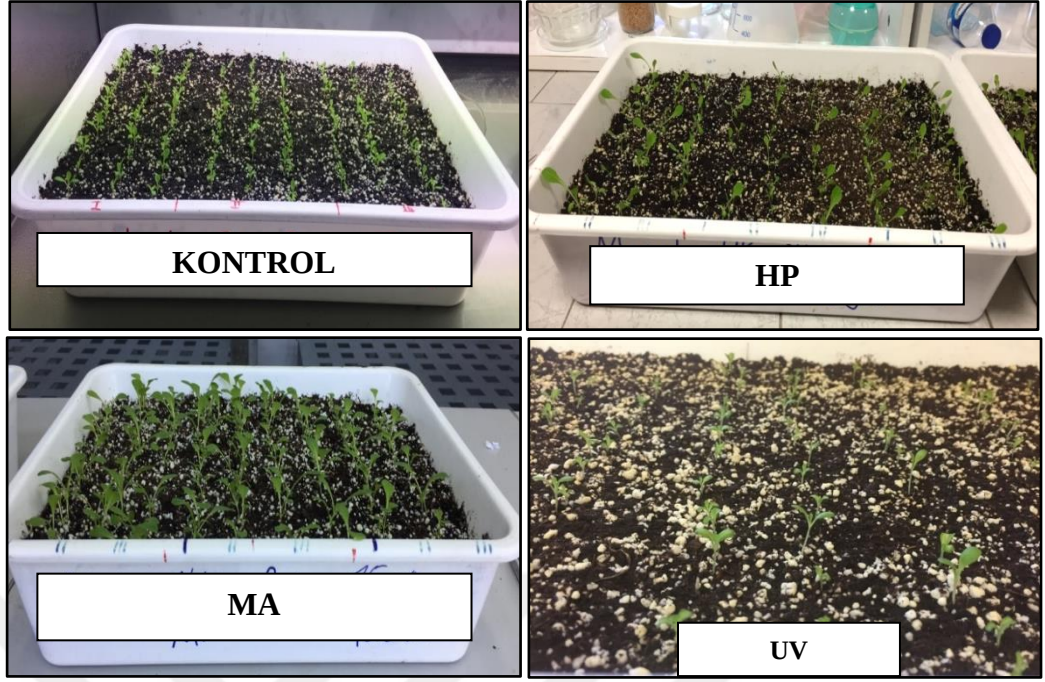
En yavaş çimlenme, 1.9 gün ile kontrol grubu olurken, en hızlı çimlenen tohumlar HP8s+MA1d uygulamasında 1.1 gün olarak görülmüştür. Diğer uygulamalarda birbirlerine yakın değerler (1.2-1.4 gün) vermişlerdir.

Fide çıkış hızı en yavaş (5.4 gün) uygulama HP8s olurken en hızlı fide çıkışı diğer tüm parametrelerin aksi şekilde 3.2 gün ile kontrol grubunda ölçülmüştür.

Çizelge 4.8 HP ve MA uygulamalarının marul tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

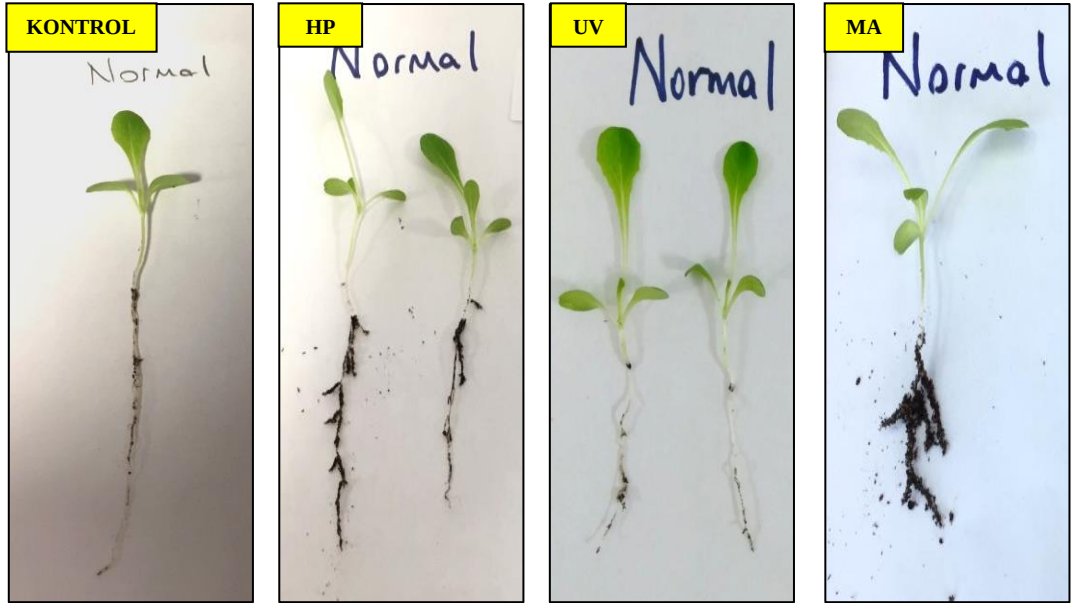
	Uygulama (dakika)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇH (gün)	FÇH (gün)
HP8s+MA	1	86 ^a	86 ^a	1.1 ^e	3.7 ^{cd}
	2	84 ^{ab}	86 ^a	1.3 ^{c-e}	3.8 ^c
	5	82 ^{ab}	82 ^a	1.3 ^e	3.6 ^{c-e}
	10	83 ^{ab}	86 ^a	1.2 ^e	3.7 ^{cd}
HP16s+MA	1	82 ^{ab}	83 ^a	1.3 ^{b-d}	3.6 ^{d-f}
	2	82 ^{ab}	84 ^a	1.3 ^{b-d}	3.4 ^f
	5	85 ^{ab}	86 ^a	1.2 ^{de}	3.5 ^{ef}
	10	87 ^a	83 ^a	1.2 ^{de}	4.4 ^b
HP8s		77 ^b	82 ^a	1.4 ^b	5.4 ^a
HP16s		80 ^{ab}	80 ^a	1.4 ^{bc}	4.4 ^b
Kontrol		61 ^c	63 ^b	1.9 ^a	3.2 ^g
CV		%3.37	%3.48	%7.14	%3.27
LSD		9.01	9.59	0.18	0.21
P _{uyg}		0.01	0.01	0.01	0.01

HP: Hidropriming, MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, ÇH: Çimlenme hızı, FÇH: Fide çıkış hızı ö.d: Önemli değil, s: saat
Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01). Çimlenme hızı (ÇH) ve Fide çıkış hızı (FÇH) değerlerindeki harflendirmeler de “a” en yavaş olan değeri göstermektedir. Çizelgede noktadan sonra tek basamak verildiği için aynı değerde olup farklı harflendirme yapılan sonuçlar olmuştur.



Şekil 4.7 HP, UV ve MA uygulamalarının marulda fide gelişimi üzerine etkisi

Marulda tüm uygulamaların, 15 gün boyunca devam eden testler sonucu fide çıkış oranını ve gelişimini artırdığı görülmüştür (Şekil 4.7). Fidelerde boy ve kök uzunluğu ölçümleri yapılamamış olmakla birlikte, yapılan gözlemlerde uygulamaların kök gelişimini olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Uygulamaların marulda fidelerinin kök gelişimine etkisi

4.2 HP, UV ve MA Uygulamalarının Stres Sıcaklıklarında (Yüksek-Düşük) ve Tuz Stresinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Uygulamaların stres koşullarında da olumlu etkilerinin olup olmadığını tespit etmek için her türde çimlenme ve fide testlerinde iyi sonuç veren 1'er, toplamda her türde 2 uygulama ve kontrol grubunda stres koşullarında çimlenme ve fide çıkış testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde, çimlenme için kökçük çıkışı, fide çıkışı için kotiledon yaprakların toprak yüzeyinde görünmesi çıkış kriteri olarak kabul edilerek sonuçlar paylaşılmıştır.

4.2.1 Biber

Seçilen 2 uygulamanın (HP20s+UV20d ve HP20s+MA10d) stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi incelendiğinde sonuçlar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.9). Ancak her iki tuzluluk stresi fide çıkış testleri (75 mM ve 150 mM-FÇO) hariç diğer tüm stres koşullarında uygulamalar kontrol grubuna göre daha yüksek çimlenme ve fide çıkış değerleri sağlamıştır. Uygulamaların tekerrürleri arasındaki farklı sonuçlar, standart sapma değerlerini yükseltmiştir.

Çizelge 4.9 UV ve MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

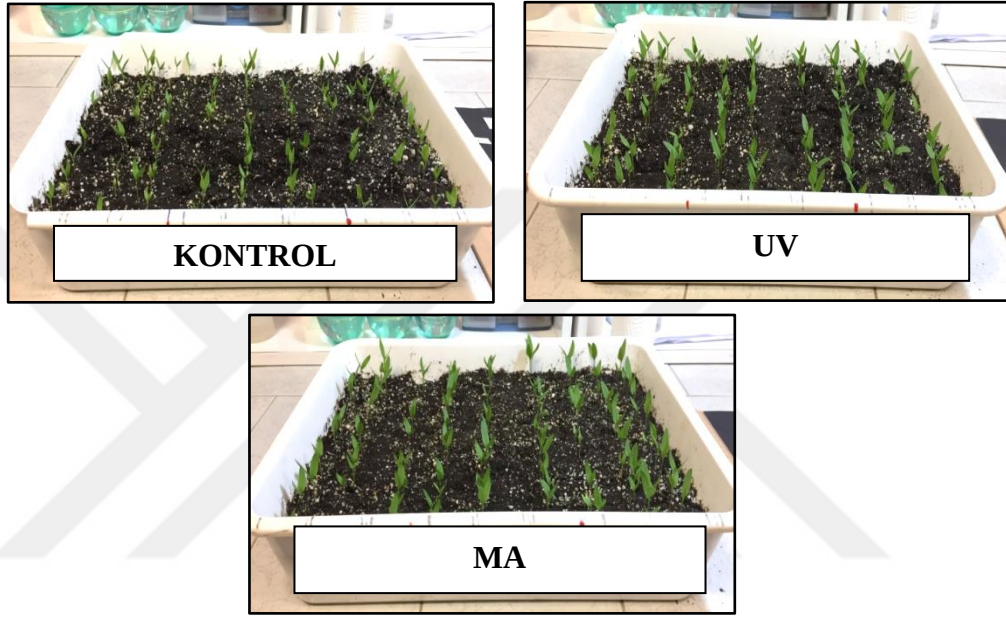
Uygulama	DS		YS		TS (75 mM)		TS (150 mM)	
	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)
HP20s+UV20d	75±9	84±6	66±4	90±9	80±7	60±3	72±3	56±5
HP20s+MA10d	74±3	79±11	73±7	82±5	73±4	60±3	74±3	42±13
Kontrol	74±3	74±5	68±11	75±1	76±3	71±11	62±8	63±16
CV	%3.86	%5.26	%5.93	%3.61	%3.39	%5.26	%4.04	%11.80
P _{uyg}	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

UV: Ultraviyole, MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, DS: Düşük sıcaklık, YS: Yüksek sıcaklık, TS: Tuzluluk stresi, ö.d: Önemli değil, s: saat
Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01, P<0.05).

Düşük ve yüksek sıcaklık stres koşullarında özellikle fide gelişiminde uygulamalar ile Kontrol grubu arasında gelişim özellikleri bakımından farklılıklar gözlenmiştir. Şekil

4.9’da düşük sıcaklık stresi altında gelişen fidelerin gelişim farklılıkları açıkça gözlenmiştir.

Tuzluluk stresi koşullarında her ne kadar kökçük çıkışı sayımı yapılmış olsa da normal ve anormal fide gözlemleri de yapılmıştır. 75 mM tuzluluk koşullarında biber tohumlarının normal çimlenme gösteren fide sayısında kontrol grubuna göre önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.9 UV ve MA uygulamalarının biberde düşük sıcaklık koşullarında fide gelişimi üzerine etkisi

4.2.2 Lahana

Stres koşullarında lahana tohumlarının çimlenme ve fide çıkış oranları incelendiğinde; düşük sıcaklık ve 150 mM tuz stresi dışındaki tüm stres koşullarında, uygulamaların çimlenme ve fide çıkış oranı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Belirtilen iki stres şartlarında ise sadece çimlenme oranı değerleri bakımından istatistiksel derecede önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Düşük sıcaklık stresi altında sırasıyla hem UV (%90) hem de MA (%92) alan uygulamaları kontrol grubuna (%79) göre daha yüksek çimlenme oranı sağlamıştır. Düşük sıcaklık stresinde, fide çıkış oranları bakımından uygulamaların etkisi önemli

bulunmamış olsa da normal fide oluşturma oranları kontrol grubuna göre daha yüksek gerçekleşmiştir.

Yüksek sıcaklık stresinde de hem çimlenme hem de fide çıkış oranı olarak önemli farklılık bulunmamış ancak normal çimlenme ve fide oluşturma değerleri bakımından uygulamaların pozitif etkisi görülmüştür.

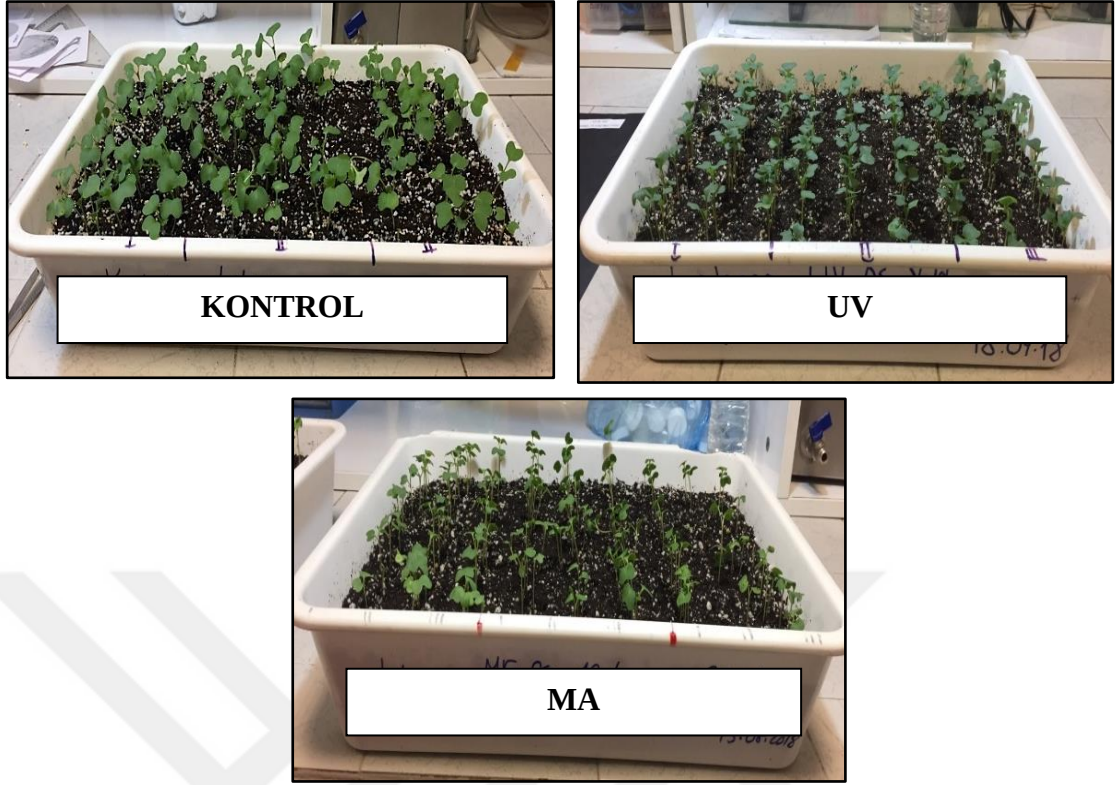
Tuzluluk stresi altında (75 mM), kontrol grubunun çimlenme ve fide çıkış oranları yüksek gözükmeyle birlikte burada da normal çimlenme ve fide oluşturma değerleri bakımından uygulamaların gerisinde kalmıştır.

Tuzluluk stresi altında (150 mM), uygulamalar çimlenme oranı bakımından kontrol grubuna göre daha yüksek sonuçlar sağlamıştır. En yüksek çimlenme ve fide çıkış oranları sırasıyla %90 ve %87 olarak MA uygulamasında gözlenmiştir. UV uygulaması da her iki parametre bakımından kontrol grubundan yüksek sonuçlar vermiştir. Özellikle MA uygulamasının her iki tuzluluk konsantrasyonunda normal çimlenme ve fide oluşturma oranları bakımından da kontrol grubuna göre oldukça üstün sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çizelge 4.10 UV ve MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) lahana tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	DS		YS		TS (75 mM)		TS (150 mM)	
Uygulama	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)
HP8s+UV30d	90 ^a	79±3	86±7	82±2	82±6	76±4	85 ^{ab}	81±8
HP8s+MA10d	92 ^a	79±7	88±6	69±22	91±4	79±4	90 ^a	87±10
Kontrol	79 ^b	75±13	77±4	70±18	91±20	87±18	74 ^b	70±7
CV	%1.81	%6.04	%3.46	%11.87	%2.80	%3.02	%3.76	%5.33
LSD	6.10						11.83	
P _{uyg}	0.01	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	0.05	ö.d.

UV: Ultraviyole, MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, DS: Düşük sıcaklık, YS: Yüksek sıcaklık, TS: Tuzluluk stresi, ö.d: Önemli değil, s: saat
Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01, P<0.05).



Şekil 4.10 UV ve MA uygulamalarının lahanada 150 mM tuzluluk stresinde fide gelişimi üzerine etkisi

4.2.3 Soğan

Stres koşullarında soğan tohumlarının çimlenme ve fide çıkış oranları incelendiğinde; düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık ve 75mM tuz stresi fide çıkış oranı dışındaki tüm stres koşullarında ve testlerinde uygulamaların çimlenme ve fide çıkış oranı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Belirtilen 3 stres şartında ise sadece fide çıkış oranı değerleri bakımından istatistiksel derecede önemli farklılık bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Düşük ve yüksek sıcaklık stresi koşullarında kontrol grubunun çimlenme oranları sırasıyla %87 ve %76 olarak uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Kontrol grubu düşük sıcaklık koşullarında fide çıkış oranı olarakta uygulamalardan daha üstün sonuç vermiştir.

Yüksek sıcaklık stresinde ise en yüksek fide çıkış oranı HP8s+MA2d uygulamasında %68 olarak ölçülürken, kontrol grubu ve diğer MA uygulaması sırasıyla %64 ve %46 sonuçlarını vermiştir. İki manyetik alan uygulaması arasındaki en belirgin fark yüksek sıcaklık stresi fide çıkış testinde gözlenmiştir (Şekil 4.11).

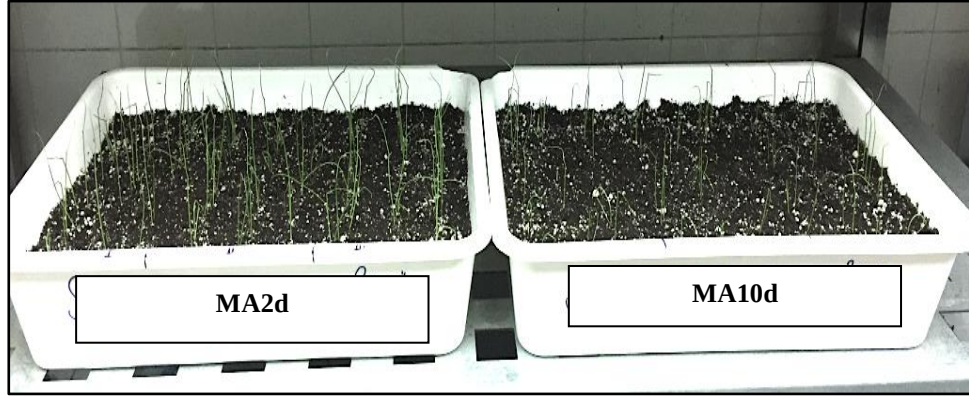
Tuz stresinde (75 mM), sonuçlar birbirine yakın çıkarken en yüksek çimlenme oranı (%83) HP16s+MA10d uygulamasında görülmüştür. Çimlenme oranı değerlerine benzer şekilde fide çıkış testinde de en yüksek sonuç HP16s+MA10d uygulamasından %71 olarak ölçülmüştür.

Tuz stresinde (150 mM), çimlenme oranı olarak birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Kontrol grubu %78, HP8s+MA2d %77 ve HP16s+MA10d %76 oranında çimlenme göstermiştir. Tuzluluk stresi (150 mM), fide çıkış testinde, diğer tuzluluk konsantrasyonunda olduğu gibi HP16s+MA10 uygulaması en yüksek (%56) sonucu vermiştir. En düşük sonuç ise HP8s+MA2d uygulamasında %47 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.11 MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) soğan tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	DS		YS		TS (75 mM)		TS (150 mM)	
Uygulama	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)
HP8s+MA2d	83±6	52 ^b	70±10	68 ^a	77±8	62 ^b	77±4	47±3
HP16s+MA10d	80±4	62 ^{ab}	70±2	46 ^b	83±3	71 ^a	76±6	56±5
Kontrol	87±5	74 ^a	76±3	64 ^a	79±4	60 ^b	78±1	51±5
CV	%3.05	%4.42	%1.94	%5.42	%3.48	%1.26	%3.03	%4.29
LSD		11.45		13.31		3.73		
P _{uyg}	ö.d.	0.01	ö.d.	0.05	ö.d.	0.01	ö.d.	ö.d.

MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, DS: Düşük sıcaklık, YS: Yüksek sıcaklık, TS: Tuzluluk stresi, ö.d: Önemli değil, s: saat
Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01, P<0.05).



Şekil 4.11 Soğanda yüksek sıcaklık stresi fide çıkış testinde iki MA uygulaması arasındaki fark

4.2.4 Marul

Stres koşullarında marul tohumlarının çimlenme ve fide çıkış oranları incelediğinde; yüksek sıcaklık çimlenme oranı ve 150mM tuz stresi çimlenme ve fide çıkış oranı dışındaki tüm stres koşullarında ve testlerinde uygulamaların çimlenme ve fide çıkış oranı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.12).

Düşük sıcaklık stresi çimlenme oranı en yüksek değer HP16s+MA10d uygulamasında %95 olarak ölçülmüş en düşük değer ise %89 ile kontrol grubunda görülmüştür. Fide çıkış oranları arasında da istatistiksel açıdan farklılık bulunmamış olmakla birlikte burada da en yüksek oran (%67) HP16s+MA10d uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol grubu %53 ile en düşük sonucu vermiştir.

Yüksek sıcaklık stresinde ise en yüksek çimlenme oranı %88 ile HP8s+MA10d uygulamasında görülürken en düşük değer HP16s+MA10d uygulamasında %75 olmuştur.

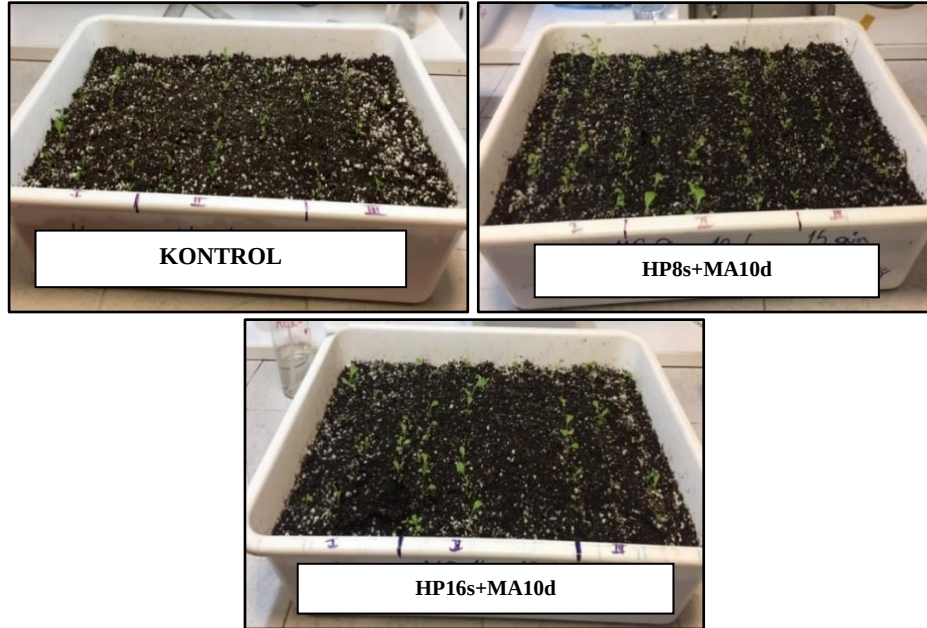
75 mM tuzluluk stresinde en yüksek çimlenme oranı kontrol grubunda %90 olarak ölçülürken, en düşük değer %83 ile HP8s+MA10d uygulamasında görülmüştür. Fide çıkış oranlarına bakıldığında çimlenme oranı değerlerinin aksine en yüksek sonuç %75 ile HP8s+MA10d uygulamasında ölçülürken, kontrol grubu %49 ile en düşük sonucu vermiştir. Buna karşın, standart sapma değerlerinin yüksek olması sebebiyle bu testte farklar istatistiksel açıdan önemli çıkmamıştır.

150 mM tuz stresinde çimlenme oranı bakımından en yüksek sonuç %86 ile HP16s+MA10d uygulamasında ölçülmüş, en düşük sonuç (%72) kontrol grubunda gözlenmiştir. Diğer tuzluluk konsantrasyonunda olduğu gibi 150 mM koşullarında da en yüksek fide çıkış oranı %81 ile HP8s+MA10d uygulamasında ölçülürken, kontrol grubu bu değer oldukça altında bir performans göstererek sadece %28'lik fide çıkışı sağlayabilmiştir. HP16s+MA10d uygulaması da %51 oranında çıkış göstermiştir.

Çizelge 4.12 MA uygulamalarının stres şartlarında (sıcaklık, tuzluluk) marul tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi

	DS		YS		TS (75 mM)		TS (150 mM)	
Uygulama	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)	ÇO (%)	FÇO (%)
HP8s+MA10d	95±4	65±8	88 ^a	58±14	83±9	75±15	78 ^b	81 ^a
HP16s+MA10d	95±1	67±7	75 ^c	50±3	88±1	68±2	86 ^a	51 ^b
Kontrol	89±3	53±4	82 ^b	38±4	90±3	49±13	72 ^b	28 ^c
CV	%1.75	%5.39	%1.15	%8.75	%2.18	%9.85	%2.13	%7.72
LSD			3.76				6.65	14.22
P _{uyg}	ö.d.	ö.d.	0.01	ö.d.	ö.d.	ö.d.	0.01	0.01

MA: Manyetik alan, ÇO: Çimlenme oranı, FÇO: Fide çıkış oranı, DS: Düşük sıcaklık, YS: Yüksek sıcaklık, TS: Tuzluluk stresi, ö.d: Önemli değil, s: saat
Sütunlarda verilen değerlerde aynı harf ile gösterilenler arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P<0.01).



Şekil 4.12 MA uygulamalarının marulda yüksek sıcaklık stresinde fide gelişimi üzerine etkisi

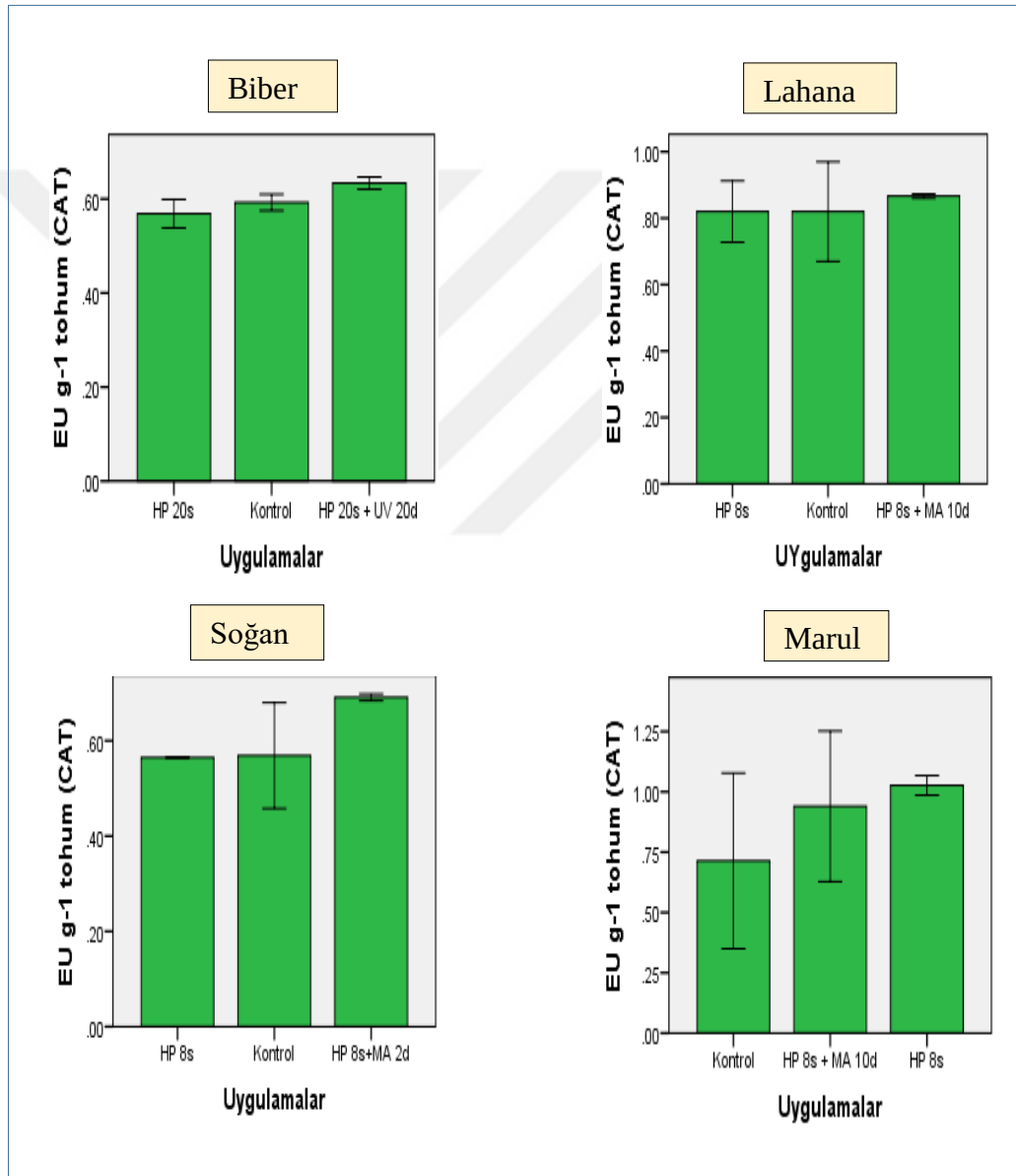


Şekil 4.13 MA uygulamalarının marulda 75 mM tuzluluk stresinde fide gelişimi üzerine etkisi

4.3 HP, UV ve MA Uygulamalarının Tohumda Antioksidan Savunma Sistemi Sağlayan Enzimler (CAT, APX ve SOD) Üzerine Etkileri

4.3.1 Katalaz (CAT) enzimi

Çalışmada kullanılan türlerde, stres testleri sonucu iyi sonuç veren bir uygulama, hidropriming uygulaması ve kontrol grubunda CAT enzim analizleri yapılmıştır.



CAT: Katalaz, HP: Hidropriming, UV: Ultraviyole, MA: Manyetik Alan, s: saat, d: dakika
Sütunların üzerinde yer alan çubuklar standart hatayı (SEM) göstermektedir

Şekil 4.14 CAT enzim analizleri

CAT aktivitesi incelendiğinde, biber tohumları için en yüksek değer, 0.63 EUG⁻¹ ile UV uygulamasında, en düşük değer 0.56 EUG⁻¹ olarak HP uygulamasında ölçülmüştür. kontrol grubunda ise 0.59 EUG⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Lahana tohumlarında en yüksek değer, 0.86 EUG⁻¹ ile MA uygulamasında, en düşük değer 0.81 EUG⁻¹ olarak HP uygulamasından elde edilirken, kontrol grubunda bu değer 0.82 EUG⁻¹ olmuştur.

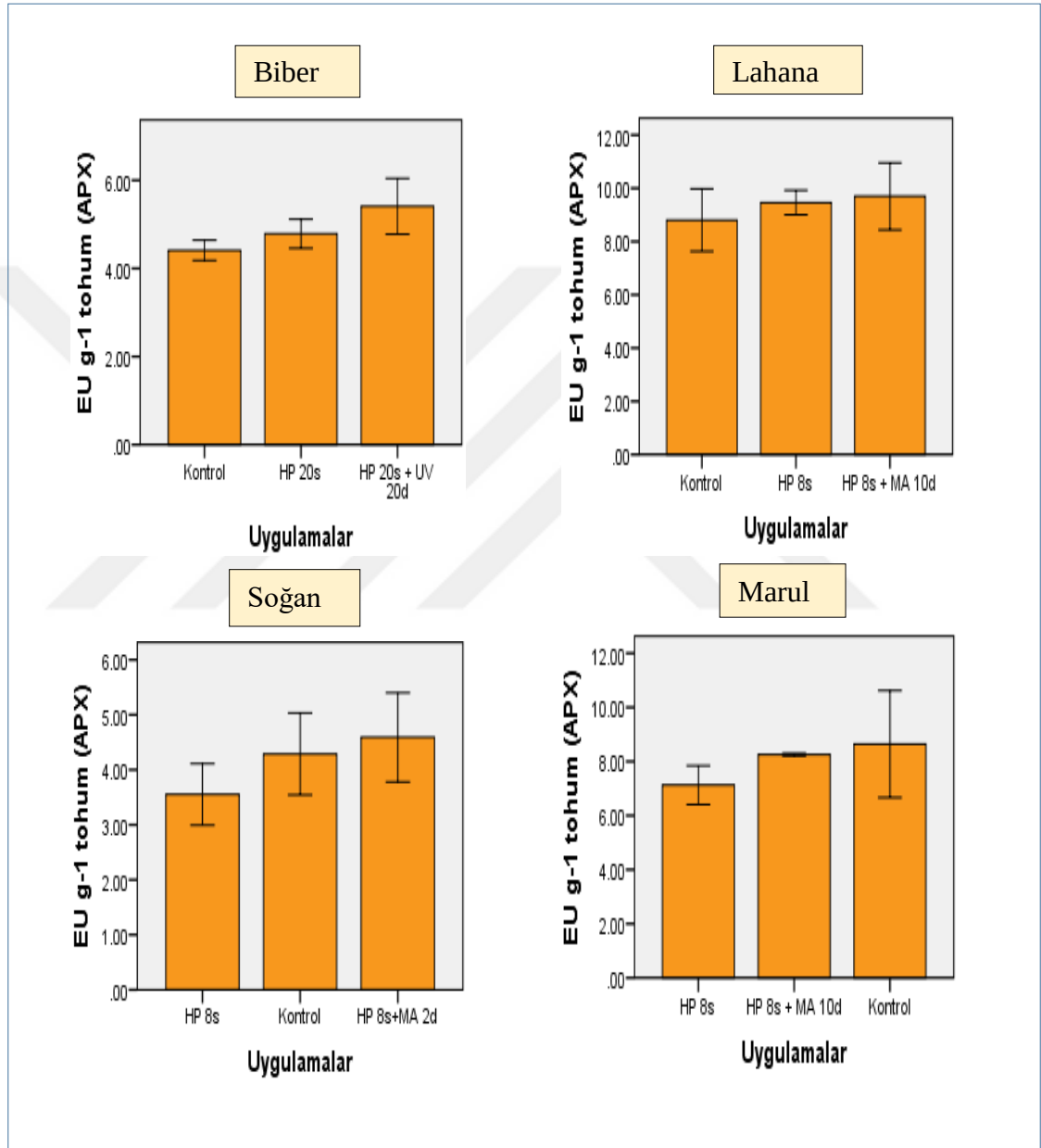
Soğan tohumlarında MA uygulamasından 0.69 EUG⁻¹ ile en yüksek sonuç elde edilirken burada da en düşük değer 0.565 EUG⁻¹ olarak HP uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol grubunda ise 0.569 EUG⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Marulda en yüksek sonuç diğer tüm türlerin aksine 1.02 EUG⁻¹ olarak HP uygulamasından, en düşük değer kontrol grubunda 0.74 EUG⁻¹ olarak ölçülmüştür. MA uygulamasında ise 0.94 EUG⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Biber, lahana ve soğanda uygulamalar, kontrol ve HP uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Marul tohumlarında HP ve MA uygulaması kontrole göre daha yüksek sonuç vermiştir.

4.3.2 Askorbat peroksidaz (APX) enzimi

Çalışmada kullanılan türlerde, stres testleri sonucu iyi sonuç veren bir uygulama, hidropriming uygulaması ve kontrol grubunda APX enzim analizleri yapılmıştır (Şekil 4.15).



APX: Askorbat peroksidaz, HP: Hidropriming, UV: Ultraviyole, MA: Manyetik Alan, s: saat, d: dakika, Sütunların üzerinde yer alan çubuklar standart hatayı (SEM) göstermektedir

Şekil 4.15 APX enzim analizleri

APX aktivitesi incelendiğinde, biber tohumları için en yüksek değer, 5.41 EUG⁻¹ ile UV uygulamasında, en düşük değer 4.41 EUG⁻¹ olarak kontrol grubunda ölçülmüştür. HP uygulamasında ise 4.78 EUG⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Lahana tohumlarında en yüksek değer, 9.69 EUG⁻¹ ile MA uygulamasında, en düşük değer 8.80 EUG⁻¹ olarak kontrol grubunda ölçülmüştür. HP uygulamasında ise 9.46 EUG⁻¹ değeri elde edilmiştir.

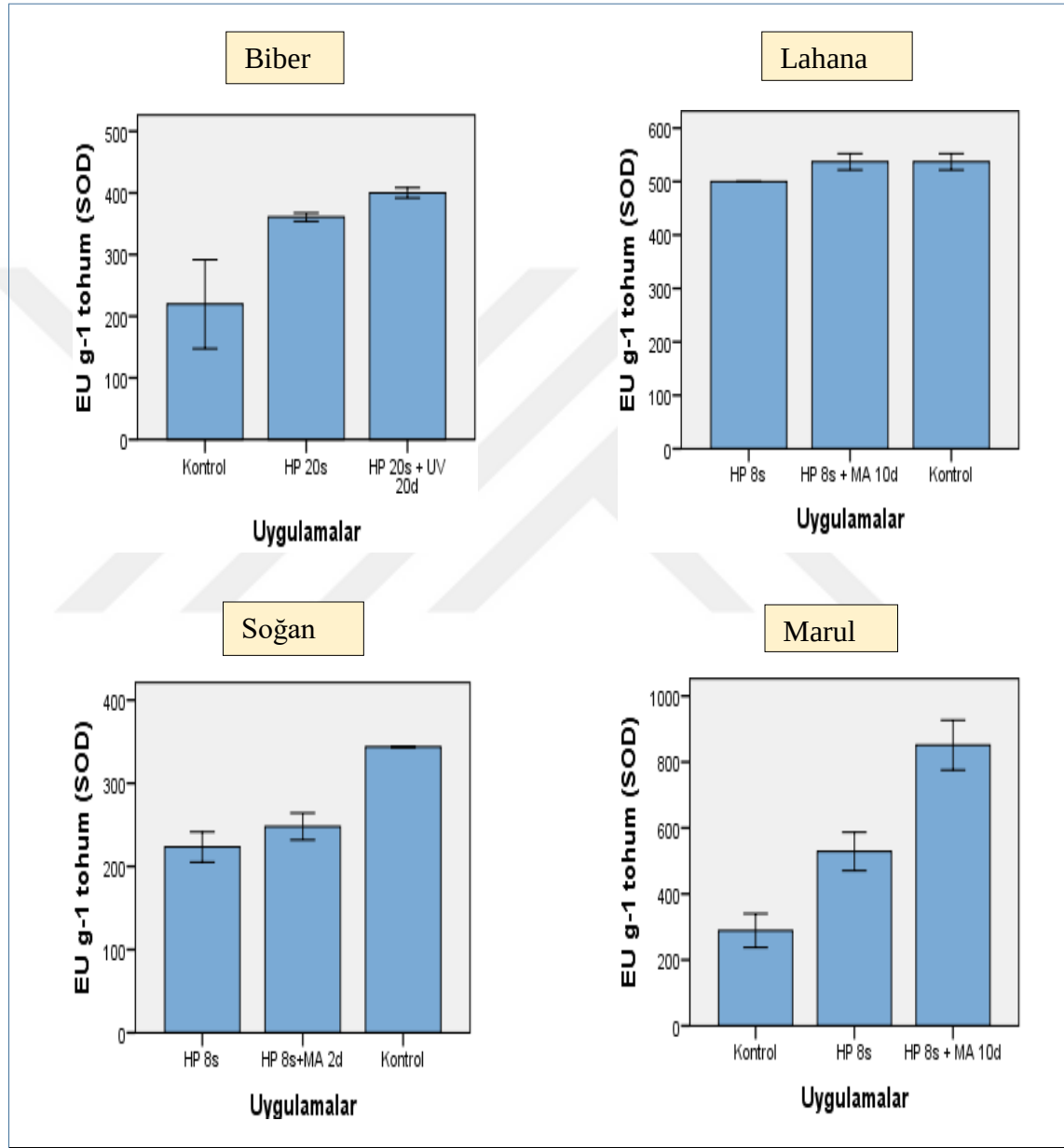
Soğan tohumlarında MA uygulamasından 4.58 EUG⁻¹ ile en yüksek sonuç elde edilirken en düşük değer 3.55 EUG⁻¹ olarak HP uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol grubunda ise 4.28 EUG⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Marulda en yüksek sonuç 8.64 EUG⁻¹ olarak kontrol grubundan, en düşük değer HP uygulamasında 7.12 EUG⁻¹ olarak ölçülmüştür. MA uygulamasında ise 8.25 EUG⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Biber, lahana ve soğanda uygulamalar, kontrol ve HP uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Marul tohumlarında kontrol grubu, HP ve MA uygulamasından daha yüksek sonuç vermiştir.

4.3.3 Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi

Çalışmada kullanılan türlerde, stres testleri sonucu iyi sonuç veren bir uygulama, hidropriming uygulaması ve kontrol grubunda SOD enzim analizleri yapılmıştır (Şekil 4.16).



SOD: Süperoksit dismutaz, HP: Hidropriming, UV: Ultraviyole, MA: Manyetik Alan, s: saat, d: dakika, Sütunların üzerinde yer alan çubuklar standart hatayı (SEM) göstermektedir.

Şekil 4.16 SOD enzim analizleri

SOD aktivitesi incelendiğinde, biber tohumları için en yüksek değer, 400.1 EUg⁻¹ ile UV uygulamasında, en düşük değer 219.6 EUg⁻¹ olarak kontrol grubunda ölçülmüştür. HP uygulamasında ise 360.8 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Lahana tohumlarında en yüksek değer, 536.9 EUg⁻¹ ile MA uygulaması ve kontrol grubunda, en düşük değer 500.0 EUg⁻¹ olarak HP uygulamasından elde edilmiştir.

Soğan tohumlarında kontrol grubunda 343.8 EUg⁻¹ ile en yüksek sonuç elde edilirken en düşük değer 223.3 EUg⁻¹ olarak HP uygulamasından elde edilmiştir. MA uygulamasında ise 248.0 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Marulda en yüksek sonuç 851.2 EUg⁻¹ olarak MA uygulamasından, en düşük değer kontrol grubunda 288.9 EUg⁻¹ olarak ölçülmüştür. HP uygulamasında ise 528.6 EUg⁻¹ değeri elde edilmiştir.

Biber ve marulda uygulamalar, kontrol ve HP uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Lahanada MA uygulaması ve kontrol grubu aynı sonucu verirken en düşük değer HP uygulamasında ölçülmüştür. Soğan tohumlarında kontrol grubu, HP ve MA uygulamasından daha yüksek sonuç vermiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması, UV, MA ve HP uygulamalarının biber, lahana, soğan ve marul tohumlarının kalitesinin arttırılmasında kullanımını test etmek amacıyla yapılmıştır. Uygulamaların, tohumların çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisinin yanında abiyotik stres koşullarındaki (düşük-yüksek sıcaklık ve tuzluluk) etkileri de belirlenmiştir. Priming uygulamalarının tohum kalitesine etkilerini saptamanın yanında fizyolojik etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla, katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimleri kapsamındaki değişimler de belirlenmiştir.

Biberde, UV uygulamasıyla FÇO değerlerinde kontrol grubuna göre %1 ile %14 arasında değişen artışlar sağlanırken en dikkat çekici artış HP20s+UV20d uygulamasında %16 olarak gerçekleşmiştir ($P<0.01$) (Çizelge 4.1). MA uygulamaları ÇO ve FÇO değerlerinde kontrole göre artış yaratırken, en iyi sonuçlar HP20s+MA10d ve HP40s+MA10d uygulamalarından alınmıştır. Bu iki uygulama kontrol grubuna göre ÇO değerlerinde %8, FÇO değerlerinde ise sırasıyla %12 ve %13 artış sağlamışlardır ($P<0.05$) (Çizelge 4.2). UV uygulamasının (400.1 EUg^{-1}) SOD enzim aktivitesinde kontrole (219.6 EUg^{-1}) göre önemli fark oluşturduğu görülmüştür (Şekil 4.17).

Lahanada, HP ve MA uygulamalarıyla çimlenme ve fide çıkış oranı değerlerinde, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur ($P<0.05$). HP8s+MA2d uygulaması ÇO değeri olarak kontrol grubuna göre %14'lük artış göstermiştir. HP8s ve HP16s uygulamalarıyla FÇO değerlerinde kontrole göre sırasıyla %19 ve %20 artış sağlanmıştır. HP8s+MA10d uygulamasıyla, düşük sıcaklık ve 150 mM tuz stresi ÇO değerlerinde kontrole göre sırasıyla %13 ve %16 artış sağlanmıştır (Çizelge 4.4). Düşük sıcaklık stresindeki ($P<0.01$) farklılık istatistiksel açıdan 150 mM tuzluluk stresine ($P<0.05$) göre daha önemli bulunmuştur.

Soğanda, 3 priming metoduyla da ÇO ve FÇO değerleri önemli oranda artmıştır. HP8s+MA2d uygulaması ÇO değerini kontrole göre %48 oranında arttırmıştır. HP16s+MA10d uygulamasında FÇO değeri (%76) kontrole göre %32 artış göstermiştir (Çizelge 4.6). En hızlı çimlenen tohumlar HP8s uygulamasında 2.4 gün olarak tespit edilmiştir. HP16s+MA10d uygulaması 75 mM tuzluluk stresinde de kontrol ve diğer

uygulamaya göre üstün sonuçlar vermiştir. Bu stres koşulunda FÇO değeri kontrol grubuna göre %11 artış göstermiştir (Çizelge 4.11). MA uygulamasının (0.69 EUg^{-1}) CAT enzim aktivitesinde kontrole (0.56 EUg^{-1}) göre önemli fark oluşturduğu görülmüştür (Şekil 4.15).

Marulda, 3 priming metoduyla da ÇO ve FÇO değerleri artmıştır. HP16s+UV20d ve HP16s+MA10d uygulamaları ile ÇO değeri kontrole göre sırasıyla %25 ve %26 artış göstermiştir. MA uygulamalarının tamamında ÇO değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. HP16s+MA5d uygulamasında FÇO değeri kontrole göre %23 oranında artmıştır (Çizelge 4.8). 150 mM tuzluluk stresi koşullarında MA uygulamasının farklı kombinasyonları hem çimlenme hem de fide çıkış oranında kontrol grubuna göre önemli oranda artış sağlamıştır. HP8s+MA10d uygulaması 150 mM tuzluluk koşullarında kontrole göre FÇO değerinde %53 artış sağlamıştır (Çizelge 4.12). MA uygulamasıyla CAT ve SOD enzim aktivitelerinde kontrole göre artış olduğu görülmüştür. SOD enzim aktivitesinde MA uygulaması kontrole göre 3 kat artış göstermiştir (Şekil 4.17).

Çalışmada ÇO ve FÇO değerleri incelendiğinde, FÇO değerlerinin bazı uygulamalarda ÇO değerlerinden daha fazla olduğu görünmekle birlikte bu durumun fide çıkış testlerinin çimlenme testlerine göre daha uzun sürmesinden dolayı olduğu gözlenmiştir.

Tohumlara ekim öncesi uygulanan priming teknikleri ile tohumların hızlı çimlenmesi ve bir örnek fide oluşturma kabiliyetlerinin artması sağlanmaktadır. Priming uygulamaları ile normal koşullarda olduğu gibi abiyotik stres koşullarında da fidelerin gücü ve büyüme özelliklerinin iyileştirilebildiği bilinmektedir. Çalışmada kullanılan priming teknikleri ile de çimlenme ve fide gelişim özelliklerinde artışlar olduğu tespit edilmiştir.

5.1 HP ve UV Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Biber tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, çimlenme oranına etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol grubunda en yüksek ÇO (%58) elde edilmiş olmakla birlikte uygulamaların da yakın değerler gösterdiği görülmüştür. Uygulamaların çoğunda kontrol grubuna yakın çimlenme değerleri elde edildiği için UV uygulamasının çimlenme oranını azaltıcı etkisinden ziyade pozitif etki yaratmadığı düşünülmüştür. FÇO

değerleri incelendiğinde, ÇO değerlerinin aksine uygulamaların FÇO'ya pozitif etkisinin olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, biberde daha önce yapılan ve benzer sonuçların alındığı HP çalışmalarını (Demir ve Okçu 2004, Uche vd. 2016, Yıldırım vd. 2016, Debbarma vd. 2018) destekler niteliktedir. Lahana tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, çimlenme ve fide çıkış oranına etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamış olsa da ÇO ve FÇO değerlerinde kontrol grubuna göre artışlar sağlanmıştır. Soğan tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, ÇO ($P<0.01$), FÇO ($P<0.05$), ÇH ($P<0.01$) ve FÇH ($P<0.01$) değerlerine etkisi arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur. ÇO ve FÇO değerleri incelendiğinde uygulamaların kontrol grubuna göre oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. HP8s ve HP16s uygulamalarında da ÇO değerlerinde artış gözlenmiştir. Bulunan sonuçlar daha önce soğanda HP uygulaması sonucu çimlenme oranının arttığını tespit eden çalışmalarla (Caseiro vd. 2004, Demirkaya 2006, Selvarani ve Umarani 2011, Dorna vd. 2013) paralellik göstermiştir. HP8s ve HP16s uygulamalarında da FÇO değerleri de artış göstermiştir. HP uygulaması sonucu soğanlarda fide çıkış oranı ve gelişimin arttığını belirten çalışmalarla (Demirkaya 2006, Thejeshwini vd. 2019) benzer sonuçlar elde edilmiştir. Marul tohumlarında, HP ve UV uygulamalarının, ÇO ($P<0.01$), FÇO ($P<0.01$), ÇH ($P<0.01$) ve FÇH ($P<0.01$) değerlerine etkisi bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. ÇO ve FÇO değerleri incelendiğinde uygulamaların kontrol grubuna göre oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. HP uygulamalarından elde edilen sonuç, marul tohumlarına HP uygulamasının kök gelişiminde artış ve anormal fide oluşumunda azalış sağladığını belirten Rao vd. (1987) ile benzerlik göstermiştir.

Tez çalışması kapsamında yapılan UV uygulamalarından alınan sonuçlar, UV uygulamalarının çimlenme oranını arttırdığını belirten benzer çalışmalarla (Hamid ve Jawaid 2011, Shaukat vd. 2013, Guajardo-Flores vd. 2014, Neelamegam ve Sutha 2015) uyumlu bulunmuştur. Maş fasulyesi ve yer fıstığı tohumlarına, 5 ve 60 dakika arasındaki farklı sürelerde uygulanan UV-C (280 nm) radyasyonu ile çimlenme oranı ve fide gücünün arttığı tespit edilmiştir. Maş fasulyesinin çimlenme oranı 30 dakika uygulamasında %100 bulunurken, yer fıstığında 60 dakika uygulaması ile %87'lik çimlenme oranı sağlanmıştır (Siddiqui vd. 2011). Marulda yapılan bir çalışmada, 2 farklı UV-C (0.85 ve 3.42 kJm^{-2}) radyasyonunun, çimlenme oranı değerlerini arttırdığı görülmüştür (Ouhibi vd. 2014).

UV radyasyonunun hızlı çimlenmeye yardımcı olduğu düşünülmektedir, bu durum 400 nm'den düşük dalga boyuna sahip UV ışınlarının görünür ışık fotonlarından daha yüksek enerjiye sahip olmaları ve böylece fotonların hücre yüzeyinde daha fazla etki yaratmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Kovacs ve Keresztes 2002). UV fotonlarının hücre yüzeyinde daha etkin olması sayesinde tohum kabuğundan kaynaklanan çimlenme sorunlarının giderildiği değerlendirilmiştir (Noble 2002). Çalışmamızda da benzer etkilerin olduğu ileri sürülebilir.

Tüm türlerin fidelerinde boy ve kök uzunluğu ölçümleri yapılamamış olmakla birlikte, yapılan gözlemlerde uygulamaların kök gelişimini (özellikle saçak kök) olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. Bu durum, lahanada; Noble (2002), maş fasulyesinde; Hamid ve Jawaide (2011), yeşil fasulyede; Fotouh vd. (2014) ve biberde; Debbarma vd. (2018) bulunan sonuçlara benzerlik göstermiştir. UV-A ve UV-B uygulamalarının indol asetik asit üretimini teşvik ederek fide gelişimini olumlu yönde etkilediğini belirten (Jayakumar vd. 2003) sonuçların çalışmamızda da etkili olduğundan bahsedilebilir.

ÇH ve FÇH sonuçları değerlendirildiğinde;

Biberde, ÇH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık görülmemesine rağmen, çimlenme oranında olduğu gibi kontrol grubunun en iyi sonucu (4.6 gün) verdiği görülmüştür. FÇH değerleri incelendiğinde, fide çıkış oranı düşük olmasına karşın en hızlı çıkış değeri (9.8 gün) kontrol grubunda ölçülmüştür. Bu sonuçlar, UV radyasyonunun çimlenme hızını arttırdığını belirten Kovacs ve Keresztes (2002) ile uyumlu bulunmamıştır. Lahanada, ÇH ve FÇH değerleri bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ($P<0.01$) bulunmuştur. Çimlenme ve fide çıkış hızındaki artış daha önce lahana tohumlarına UV uygulaması yapılan ve çimlenme hızının arttığı tespit edilen bir çalışmayla (Noble 2002) benzerlik göstermiştir. Soğan ve marul tohumlarında, ÇH ve FÇH sonuçları da uygulamaların olumlu etkilerini ortaya çıkarmıştır. Bu sonuçlar, UV radyasyonunun çimlenme hızını arttırdığını belirten Kovacs ve Keresztes (2002) ile benzerlik göstermiştir.

5.2 HP ve MA Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Çalışmada kullanılan tüm türlerin tohumlarında, HP ve MA uygulamalarının, ÇO, FÇO, ÇH ve FÇH değerlerine etkisi bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Uygulamalar ÇO ve FÇO değerlerini önemli ölçüde arttırmıştır. Türler arasında en önemli artışlar soğanda gerçekleşmiştir.

MA uygulamasının çimlenme oranlarını artırdığı oldukça fazla çalışmayla (Moon ve Chung 2000, Aladjadjiyan 2002, Vashisth ve Nagarajan 2007, 2008, Afzal vd. 2012, Efthimiadou vd. 2014, Gupta vd. 2015, Shine vd. 2017, Podlesna vd. 2019) ispatlanmıştır.

MA uygulamasının çimlenme oranını arttırdığı biberde yapılan başka bir çalışmada daha önce belirlenmiştir. Ahamed vd. (2013), ekim öncesi biber tohumlarına uygulanan manyetik alan (57-60 mT) uygulaması ile çimlenme, fide gelişimi ve meyve verim ve kalitesinde artışların olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada manyetik alan uygulanmış kuru tohumlar, manyetik alan uygulanmış suyla nemlendirilmiş tohumlar ve manyetik alan uygulanmış+manyetik alan uygulanmış suda nemlendirilen tohumlar olmak üzere 3 farklı uygulama yapılmıştır. Çimlenme oranı sonuçları incelendiğinde en iyi sonuç (%90.3) manyetik alan uygulanmış+manyetik alan uygulanmış suda nemlendirilen tohumlardan elde edilmiştir. Uygulama yapılmamış tohumların çimlenme oranı ise %62.3 olarak ölçülmüştür. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, Alexander ve Doijode (1995) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermiştir. Düşük canlılıktaki çeltik ve soğan tohumlarına ekim öncesi uygulama olarak MA muamelesi sonrası çimlenme oranı, fide çıkışı, kök ve fide uzunlukları ile yaş ve kuru ağırlıklarının her iki türde de arttığı belirtilmiştir. Kontrol grubuna göre soğan ve çeltik tohumlarında sırasıyla %36.60 ve %161.48 oranında çimlenme artışı görülmüştür. Tez kapsamında marul tohumlarında elde edilen sonuçlar marulda daha önce yapılan çalışmalarla (Garcia-Reina ve Arze 2001, Garcia-Reina vd. 2001, Soltani ve Kashi 2004, Mousavizadeh vd. 2013) uyumlu bulunmuştur. MA uygulamasıyla marulda çimlenme oranının artışının tohumların su alım özelliklerinin gelişmesine bağlı olduğunu belirten çalışmalar yapılmıştır. Statik manyetik alan uygulaması sonrası çimlenme oranı artan marul tohumlarının, su alımının artmasının çimlenme ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (Garcia-Reina ve Arze 2001). Bu ilişkiyi görebilmek için 0-10 mT arasında değişen düşük manyetik alan uygulamasına

maruz bırakılan marul tohumlarında su absorpsiyonunun manyetik alan yoğunluğunun artışına paralel biçimde önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Garcia-Reina vd. 2001). Çalışmamızda elde edilen sonuçların marul tohumlarının su alımını artmasıyla ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Tüm türlerde, MA uygulamaları ile fide çıkış oranında da önemli artış elde edilmiştir. Bu veriler daha önce yapılan çalışmalarla da örtüşmektedir. MA uygulamasının fide çıkışına olumlu etkisi hiyarda; (Yinan vd. 2005), domatesde; (De Souza vd. 2006), pamukta; (Bilalis vd. 2013), arpada; (Hozayn vd. 2018), turpda; (Konefal-Janocha vd. 2019) daha önce belirlenmiştir. FÇO değeri yüksek uygulamalarda fide gelişiminde paralel şekilde iyi olduğu gözlenmiştir. Fide gelişimin artmasında, MA'nın embriyo hücre zarının her iki yönünde de ozmotik basınç ve iyonik konsantrasyonda değişiklik yaratarak interaksiyonlara olanak vermesi olduğu düşünülmüştür (Yaycı ve Alikamanoğlu 2005). Hücre zarları arasındaki iyonik akış değişiklikleri, su alım mekanizmasında başkalaşımın yaşanmasına neden olmaktadır. Bu değişikliklerin nedeni olarak iyonik transferleri sağlayan embriyo hücrelerinin ozmotik basınçlarında yaşanan farklılaşmalar gösterilmektedir (Garcia-Reina vd. 2001). Belirtilen bu durumların fide çıkış oranı ve gelişiminin artmasında etkili olduğu öne sürülebilir. Fide gelişiminde, MA uygulamasının fotosentetik pigment (klorofil a-b ve karotenoidler) konsantrasyonunu artırarak asimilasyon miktarını yükseltmesinde (Ahamed vd. 2013) etkili olabileceği düşünülmüştür. Bitkinin büyüme ve gelişimini sağlayan bitki büyüme düzenleyicilerinden olan sitokininlerin en önemli etkisi hücre bölünmesini; oksin ve gibberellinlerin en önemli etkisi ise bitki uzamasını artırmasıdır (Jansen 1982). MA'nın fide ve kök uzunluklarının artmasındaki rolü bitki büyüme düzenleyicilerinden özellikle oksin, sitokinin ve gibberellin metabolizmasına etki ederek gerçekleştiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Atak vd. 2003, Eşitken 2003). Benzer etkilerin çalışmadaki türlerde de gerçekleştiği ileri sürülebilir.

Fidelerde boy ve kök uzunluğu ölçümleri yapılamamış olmakla birlikte, yapılan gözlemlerde uygulamaların kök gelişimini olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir. Bu gözlem daha önce yapılan çalışmalarla benzer bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarla, köklerin sürgünlere göre uygulamadan daha fazla etkilendiği ortaya konulmuş (Bhatnagar ve Deb 1977, Kavi 1983, Kato vd. 1989) bu durumda da besin

maddelerinin alınımının arttığı gözlenmiştir. MA uygulamasına, köklerin sürgünlere göre daha duyarlı olduğu ve kök uzunluklarının uygulama yapılmış marul tohumlarında kontrol grubuna göre daha yüksek bulunduğu (Soltani ve Kashi 2004, Mousavizadeh vd. 2013) tarafından da bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, MA uygulamasının kök gelişimini arttırdığı bir çalışmayla (Mousavizadeh vd. 2013) uyumlu bulunmuştur. Manyetik alan uygulaması (125 mT ve 250 mT) yapılan marul tohumlarının çimlenme oranı, kök uzunluğu ve kök kuru ve yaş ağırlıklarında artışlar olduğu görülmüştür. Her iki manyetik alan yoğunluğunda da 1 ve 6 saat yapılan uygulamalar en iyi sonuçları verirken 12 saat uygulamasında kontrol grubuna göre artış sağlanmıştır ancak 12 saat uygulamasının üzerindeki uygulama süresinde (24 saat) ölçüm parametrelerinde azalış gözlenmiştir. Domates tohumlarında 3 mT sürekli ve 25 mT 5 dakika manyetik alan uygulamasının kök gelişimini uygulama yapılmamış tohumlara göre önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir (Feizi vd. 2012). Mısır tohumlarına 40-160 Hz alternatif frekansta uygulanan 5 mT'lik manyetik alanın kök gelişimini arttırdığı belirlenmiştir (Muraji vd. 1992). Çeltik tohumlarında, 2 farklı uygulama dozu (125 ve 250 mT) ve 6 farklı süre (1, 10, 20, 60 dakika, 1 saat ve sürekli uygulama) kombinasyonu kullanılan çalışmada, 7. gün ölçümleri itibarıyla 125 mT/Sürekli uygulama ve 250 mT/24 saat uygulamalarında kök uzunluklarında kontrole göre farklılıklar bulunmuştur. Ancak 10. gün sonuçlarında kontrol grubuna göre hem uzunluk hem de ağırlık olarak yüksek değerler elde edilmesine karşın önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Bunun yanında, kılcal köklerin gelişiminde kontrol grubuna göre farklılıklar açıkça gözlenmiştir (Florez vd. 2018). MA uygulamasının soğanda kök gelişimini arttırdığı diğer bir çalışmayla (Alexander ve Doijode 1995) paralelik göstermiştir.

Çalışmalarda fidelerin boy ve kök uzunluklarında elde edilen artışların MA'nın hücre bölünmesini teşvik etmesinden kaynaklandığı üzerinde durulmuştur. MA'nın biyolojik etkilerini gösteren çalışmalarda, uygulamaların hücre çoğalmasını artırdığı, hücre döngüsünün G1 evresinde RNA ve protein yapımında önemli değişiklikler meydana getirdiği belirlenmiştir (Polk ve Postow 1996, Tkalec vd. 2009, Hozayn vd. 2015). Bitkilerin meristem hücreleri üzerine MA'nın etkisini saptamak amacıyla yapılan çalışmalarda, MA'nın hücre çoğalmasında etkili olduğu saptanmıştır (Formicheva vd. 1992a, b).

Tohumlarda su alımı sırasında DNA, RNA, proteinler, hücre zarlarının onarımı ve enzimlerin bulunması tamir mekanizmasının en önemli kanıtıdır. Su alımı sırasında artan nem miktarı tamir mekanizmasını harekete geçirir. Solunum aktivitesi ise tamir mekanizmasının temel parçasıdır. Oksijen varlığında, yüksek nem içeriğine sahip marul ve buğday tohumlarının tamir mekanizması hızlanmıştır (Ward ve Powell 1983). Tamir mekanizmasının su alımı sırasında harekete geçmesinin anlaşılması sonucunda tohumculuk endüstrisi tarafından pek çok türde priming pratiğe adapte edilmiştir. Genellikle lipid peroksidasyonu sonucu tohumda meydana gelen bozulmaların tamiri priming ile su alımı sırasında gerçekleşmektedir.

Priming, depolama sırasında meydana gelen lipid peroksidasyonunu da azaltmaktadır. Soğan tohumlarında hidropriming uygulaması sonucunda hücrelerde dehidrogenaz aktivitesi artarken peroksidasyon oluşumu azalmıştır (Choudhuri ve Basu 1988). Benzer şekilde, patlıcan ve turpta hidropriming sonrası hücresel bileşenlere zarar veren serbest radikallerin miktarında azalma meydana gelmiştir (Rudrapal ve Nakamura 1988). Yaşlandırılmış yerfıstığı tohumlarında yapılan hidropriming uygulaması serbest radikal parçalayıcı enzimlerden olan süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz enzimleri ile izositrat liyaz ve malat sintaz gibi gloksizom enzimlerinin aktivitesini de artırmıştır (Jeng ve Sung 1994). Chang ve Sung (1998), mısır tohumlarında vermikülitte yaptıkları matripriming uygulaması sonunda lipid peroksit parçalayıcı enzimlerin aktivitesinde artış saptamışlardır.

MA uygulaması yapılmış tohumlarda çimlenme ile ilgili enzimlerin aktivitesinin artışı ile tohumların çimlenme oranı ve özelliklerinin geliştiği düşünülmektedir. Tez çalışmasında bu enzimlerin ölçümü ile ilgili çalışmalar yapılmamış olsa da çimlenme oranlarındaki artışın, aşağıda verilen çalışmalarla açıklanabileceği düşünülmektedir. Gibberellin, RNA ve protein yapımını etkileyerek, α -amilaz oluşumunu teşvik etmektedir. MA'nın, α -amilaz üretiminin artmasını sağlayan gibberellin oluşumunu ve diğer reaksiyonları etkileyerek çimlenme üzerine etkili olduğu düşünülmektedir (Pittman vd. 1979, Özel vd. 2015). Çalışmada artan çimlenme oranlarının α -amilaz enzminin artmasıyla ilişkili olabileceği tahmin edilmiştir.

Çimlenme esnasında yaşanan nişasta yıkımı, aralarında en bilinenleri α -amilaz ve β -amilaz olan hidroliz enzimlerinin etkisiyle gerçekleşmektedir. Solunum esnasında substratların yıkımında görevli bu 2 enzim, gelişmekte olan embriyoya enerji ve karbon iskeletini sağlamaktadırlar (Nandi vd. 1995). MA uygulaması sonrası çimlenen buğday tohumlarında, şeker içeriğinde önemli azalmaların olduğu gözlenmiştir (Pittman ve Ormrod 1970).

Farklı yoğunluklara sahip manyetik etki altında bırakılan tohumların çimlenirken amilaz ve nitrat redüktaz aktivitelerinde değişiklikler yaşandığı gözlenmiştir (Levedev vd. 1977). Statik manyetik alan etkisinde kalan buğday ve mısır tohumlarında α -amilaz aktivitesi kontrol grubuna göre oldukça yüksek düzeyde ölçülmüştür (Bhatnagar ve Deb 1978). Manyetik alan etkisinde (50 ve 300 mT) kalan buğday tohumlarında fide gücü, solunum katsayısı ve α -amilaz aktivitesinde kontrol grubuna göre artış olduğu görülmüştür (Bhatnagar ve Deb 1978).

İki saat 50 ve 200 mT yoğunlukta uygulama yapılan ayçiçeği tohumlarında hidroliz enzimlerinin (alfa-amilaz, dehidrogenaz ve proteaz) aktivitesinin arttığı görülmüş, bu enzimlerin artışı ile de hızlı çimlenme, fide gücünde artış ve kök özelliklerinde iyileşmeler tespit edilmiştir (Vashisth ve Nagarajan 2010).

Çimlenme oranı ve erken gelişme dönemindeki bitki özelliklerinde artış gözlenen, statik manyetik alan (SMA) etkisindeki soya fasulyesi ve mısır tohumlarında su alımı, α -amilaz ve proteaz aktivitelerindeki artışın gözlemlenen değişikliklerle ilgili olabileceği ileri sürülebilir (Shine vd. 2011, Shine ve Guruprasad 2012).

Soya fasulyesi tohumları 20 gün boyunca günlük 5 saat olacak şekilde 10Hz-1500 nT manyetik alan etkisine tabi tutulduklarında karbonhidrat metabolizması ile ilgili enzim aktivitelerinde uyarım olduğu gözlenmiştir (Radhakrishnan ve Kumari 2012).

Tuz stresine hassas bir buğday çeşidinde yapılan çalışmada magnetopriming yapılmış tohumlarda α -amilaz aktivitesi artarken β -amilaz aktivitesinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir (Rathod 2013). Bu çalışma ile magnetopriming yapılmış tohumlarda gözlenen hızlı metabolizma ile α -amilaz aktivitesinin ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Bunun yanında β -amilaz'ın nişasta yıkımında buğday tohumların ilk çimlenme

döneminde önemli bir rol oynamadığı tespit edilmiştir. Tuzluluk stresi altındaki tohumlarda düşük ozmotik basınç etkisi ile oluşan su stresi, α -amilaz aktivitesinin artışı ile tohumların bünyelerine su alımının hızlanması sonuç olarak tuzlu koşullar altında tohumların çimlenmesine yardımcı olunmasıyla ortadan kalkabilmektedir (Thomas vd. 2013).

Çimlenmekte olan tohumlarda proteinlerin hidrolize olmasında proteaz aktivitesinin rolü bulunmaktadır. Bu süreç endoproteazların suda çözünmeyen depo proteinleri çözünebilir peptitlere dönüştürmesi, daha sonra bu peptitlerin ekzopeptidaz ile hidrolize edilip aminoasitlere parçalanması ile sonuçlanır (Callis 1995). Tohumların her gram ağırlığında hidrolize olmuş proteinlerin artması proteaz aktivitesindeki artışla ilişkilidir. Manyetik alan uygulaması yapılmış soya fasulyesi, nohut, ve mısır tohumlarının yüksek proteaz aktivitelerini uygulama yapılmamış tohumlara kıyasla devam ettirdikleri gözlenmiştir (Shine vd. 2012, Thomas vd. 2013, Kataria vd. 2015).

MA uygulaması sonrası ve tuz stresi altında çimlenme oranları artan nohut, soya fasulyesi ve mısır tohumlarında bu durum α -amilaz ve proteaz aktivitelerindeki yüksek derecedeki artışla ilişkilendirilmiştir (Thomas vd. 2013, Kataria vd. 2017b). MA, su alımını, muhafazasını ve iyonizasyonu da etkilemektedir (Taia vd. 2007). MA'nın hücre membranlarının yapısını etkileyerek geçirgenliğini arttırmakta ve iyon kanalları ile iyon transferini sağlayarak metabolizmada etkili olduğu da düşünülebilir (Reina ve Pascual, 2001).

Bakla ve bezelye tohumlarında uygulama sonrası, serbest radikallerin oranının artışına tohumların çimlenme oranlarının da artışı eşlik etmiştir (Podlesny vd. 2001, 2005). Statik manyetik alanın (SMA) fide gelişimini olumlu etkilemesi sadece depo maddelerin taşınması ve solunumu başlatmasına bağlı değil aynı zamanda mRNA'lardan protein biyosentezi, gen transkripsiyonu ve hücre tamir gibi metabolik değişiklikleri de harekete geçirmesinden kaynaklıdır (Racuciu vd. 2008, Shabrangi ve Majd 2009a).

ÇH ve FÇH sonuçları değerlendirildiğinde;

Biberde, çimlenme hızı olarak en iyi sonuç (4.6 gün) kontrol grubundan elde edilmiştir. En yavaş çimlenen uygulamalar ise 6.1 gün değeri ile HP40s+MA2d ve HP40s+MA5d

olmuştur. Çimlenme hızı sonuçları daha önce yapılan çalışmalardan (Rochalska ve Orzeszko-Rywka 2005, Hozayn vd. 2015) elde edilen sonuçlarla örtüşmemiştir. Fide çıkış hızında da çimlenme ve fide çıkış oranında olduğu gibi HP40s+MA10d uygulaması en iyi sonucu (8.3 gün) vermiştir. Elde edilen sonuçlar daha önce hıyar da yapılan çalışmayla (Yinan vd. 2005) benzer bulunmuştur. Lahanada, çimlenme hızı olarak en iyi sonuç 1.3 gün ile HP8s+MA5d uygulamasından elde edilirken, en yavaş çimlenme hızı 1.9 gün ile kontrol grubunda gerçekleşmiştir. Çimlenme hızı sonuçları soya fasulyesi ve mısırdaki; Rochalska ve Orzeszko-Rywka (2005) tarafından yapılan çalışma sonucuyla paralellik göstermiştir. En hızlı fide çıkışı, 3.4 gün ile HP8s+MA2d uygulamasında, en yavaş fide çıkış sonucu ise 4.1 gün ile HP16s uygulamasında görülmüştür. Soğan tohumlarında en yavaş çimlenme kontrol grubunda 4.1 gün olarak gerçekleşmiştir. En hızlı çimlenme gösteren uygulama 2.4 gün ile HP8s olmuştur. Diğer tüm uygulamalar da istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Fide çıkış hızı sonuçlarına göre en yavaş çıkış (9.5 gün) gösteren uygulama HP16s olurken, en hızlı çıkış aynı zamanda en yüksek çimlenme oranını da sağlayan HP8s+MA2d uygulamasında 6.9 gün olarak gerçekleşmiştir. Çimlenme ve fide gelişim özellikleri ile çimlenme hızının da ölçüldüğü başka bir çalışmayla da benzer sonuçların alındığı görülmüştür. 2 farklı soğan tohumu lotu ile yapılan çalışmada, yüksek kalitedeki tohumlarda 0.06 T (60 mT) yoğunlukta 30 dakika yapılan uygulama sonrası çimlenme oranı, çimlenme hızı, fide uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı gibi tüm çimlenme parametrelerinde kontrol grubuna göre üstünlük sağlanmıştır. Düşük kalitedeki tohumlarda ise 0.03T (30 mT) yoğunluk ve 60 dakika uygulama süresinde en iyi sonuçlar elde edilmiştir (Hozayn vd. 2015). Marulda, en yavaş çimlenme, 1.9 gün ile kontrol grubu olurken, en hızlı çimlenen tohumlar HP8s+MA1d uygulamasında 1.1 gün olarak görülmüştür. HP8s ve HP16s uygulamalarında ise çimlenme hızı 1.4 gün olarak ölçülmüştür. Fide çıkış hızı en yavaş (5.4 gün) uygulama HP8s olurken en hızlı fide çıkışı diğer tüm parametrelerin aksi şekilde 3.2 gün ile kontrol grubunda ölçülmüştür.

5.3 HP, UV ve MA Uygulamalarının Stres Sıcaklıklarında (Yüksek-Düşük) ve Tuz Stresinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Strese maruz kalan bitkilerde oluşan tekli (singlet) oksijen, süperoksit anyonu, hidroksil radikali ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türleri, lipidler, proteinler ve DNA gibi

canlı için hayati öneme sahip olan biyomoleküllerde oksidatif zarara yol açmaktadır. Stres bitkilerde çimlenmeyi ve fide gelişimini engellemekte, besin ve su dengesini bozmakta, fotosentetik pigmentlerde bozulmalara ve antioksidant enzimlerin aktivitesinde değişimlere neden olmaktadır (Büyükuslu vd. 2006, Yıldız vd. 2011).

Uygulamaların stres koşullarında da olumlu etkilerinin olup olmadığını tespit etmek için her türde çimlenme ve fide testlerinde iyi sonuç veren 1'er, toplamda her türde 2 uygulama ve kontrol grubunda stres koşullarında çimlenme ve fide çıkış testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde, çimlenme ve fide çıkışı için kökçük çıkışı kabul edilerek sonuçlar paylaşılmıştır. Biber ve lahanada 1 MA ve 1 UV uygulaması kullanılırken, soğan ve marulda 2 farklı MA uygulaması yapılmıştır.

Tohumlara priming uygulanması kolay, düşük risk ve düşük maliyetli bir metod olarak bitkilerin abiyotik stres koşullarına direnç göstermelerinde de etkili olmaktadır (Jisha vd. 2013). Tohum ekimi ve fide çıkışı arasındaki zamanın kısaltılabildiği priming uygulamalarında, bu dönemde karşılaşılan problemler ortadan kaldırılabilenekte, uniform fide çıkışı sağlanabilenekte, düşük ve yüksek sıcaklık, termodormansi (Sung vd. 1998), tuzluluk gibi çeşitli stres koşullarının çimlenme üzerine olumsuz etkileri azaltılabilmekte ve depolama sırasındaki yaşlanmanın seyri yavaşlatılarak depolama ömrü uzatılabilmektedir (Okçu 2005, Khan 1992, Basu 1994, Parera ve Cantliffe 1994, Ventura vd. 2012, Hussain vd. 2015).

Çeşitli araştırmacıların bildirdiğine göre; farklı bitkilere (çeltik, buğday, mısır, hıyar ve börülce) düşük dozlardaki UV radyasyonu ($0,004-4 \text{ Wm}^{-2}$) uygulaması, bitkilerin ileri gelişme dönemlerinde morfolojik ve fizyolojik değişiklikler yaratmaktadır. Düşük dozlardaki UV radyasyonu, tohum çimlenmesi, büyüme, biyokütle oluşumu, tohum kabuğu kalınlığı, sürgün ve köklerin yaş ve kuru ağırlıklarının artmasında etkili olmaktadır. Bunların yanında karotenoid, antosiyanin ve klorofil gibi pigment maddeleri ve fotosentez, düşük radyasyonlardaki UV uygulamaları ile teşvik edilebilmektedir. Tohum veya fidelere UV radyasyonu ile priming yapılması, sadece belirtilen metabolitleri arttırmayıp aynı zamanda antioksidan enzimlerin aktivitesini ve enzimatik olmayan antioksidan seviyelerini arttırarak bitkilerin abiyotik stres faktörlerine toleransını geliştirmektedir (Bussotti vd. 2014, Dhanya Thomas ve Puthur 2017). UV

radasyonunun bitki gelişim özelliklerini ve abiyotik stres koşullarına toleransı arttırması yanında çeşitli biyotik stres koşullarına da tolerans kazanılmasında etkili olduğu saptanmıştır (Delibaltova ve Ivanova 2006, Siddiqui vd. 2011).

UV-B'nin stres koşullarında bitkilere sağladığı olumlu etkilerin UVR8'in keşfinden sonra açıklanmaya çalışıldığı çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte UV ışınlarının tam olarak nasıl bir mekanizmayla stres dayanımı kazandırdığı detaylı olarak aydınlatılamamıştır (Dhanya Thomas ve Puthur, 2017).

Bazı bilimsel çalışmalar, MA uygulamasının düşük canlılıktaki tohumların çimlenmelerinde artış sağladığı gibi aynı zamanda bu tohumların abiyotik stres şartlarında dahi iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Alexander ve Doijode 1995, Carbonell vd. 2008, Thomas vd. 2013, Kataria vd. 2017b). Bu etkilerin, MA'nın bitki embriyo hücre zarının her iki yönünde de ozmotik basınç ve iyonik konsantrasyonda değişiklik yaratarak interaksyonlara olanak vermesi olduğu düşünülmüştür (Yaycı ve Alikamanoğlu 2005). Hücre zarları arasındaki iyonik akış değişiklikleri, su alım mekanizmasında başkalaşımın yaşanmasına neden olmaktadır. Bu değişikliklerin nedeni olarak iyonik transferleri sağlayan embriyo hücrelerinin ozmotik basınçlarında yaşanan farklılaşmalar gösterilmektedir (Garcia-Reina vd. 2001).

Düşük sıcaklık stresi testlerinde soğan dışındaki tüm türlerde uygulamaların ÇO ve FÇO değerlerini arttırdığı ancak sadece lahanada ÇO sonuçlarının istatistiksel açıdan farklılık gösterdiği görülmüştür. MA uygulamasıyla düşük sıcaklık koşullarında sağlanan fayda daha önce MA uygulamasının soya fasulyesi ve mısır türlerinde (Rochalska ve Orzeszko-Rywka 2005) yarattığı etkiler ile benzer sonuçlar vermiştir.

Yüksek sıcaklık stresinde, MA uygulaması, soğan dışındaki tüm türlerde ÇO değerlerini arttırmıştır. Ancak sadece marulda sonuçlarının istatistiksel açıdan farklılık gösterdiği görülmüştür. UV uygulaması lahanada olumlu sonuç verirken (istatistiksel açıdan önemli farklılık bulunmamıştır) biberde olumlu etki yaratmamıştır. Bunun yanında UV uygulaması her iki türde de FÇO değerlerini arttırmış olmakla birlikte istatistiksel açıdan önemli farklılık bulunmamıştır. Yüksek sıcaklık stresi altında alınan bu olumlu sonuçlar daha önce Teklemariam ve Blake (2003) tarafından hıyarda yüksek sıcaklığa toleransın UV-B uygulamasıyla arttığını işaret eden çalışma ile uyumlu bulunmuştur. Bu çalışmada

UV uygulamasının hücre membran yapılarının bozulmasında engelleyici etki yaratarak membran sızıntılarını azalttığı vurgulanmıştır. MA uygulaması lahana dışındaki tüm türlerde FÇO değerlerini arttırmıştır. Çok düşük seviyedeki (50 Hz, 100 μ T, 12 saat) elektromanyetik alan uygulamasının, yüksek sıcaklık stresi (40, 42 ve 45°C) altında çimlenen tere tohumlarına etkisi incelenmiştir. Çalışmada sıcaklık stresi öncesi 12 saat boyunca uygulanmış tohumlar, sıcaklık stresi sonrası uygulama yapılmış tohumlar, uygulama yapılmış ancak sıcaklık stresi uygulanmamış tohumlar kullanılmıştır. Sıcaklık stresi öncesi uygulama yapılmış tohumlarda çimlenme özellikleri değerlerinin diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Ruzic ve Jerman 2002).

Tuzluluk stresi sonuçları incelendiğinde uygulamaların büyük çoğunlukla 150 mM tuzluluk stresinde etkili olduğu görülmüştür. Yetmişbeş milimolar tuzluluk stresinde, UV uygulaması ÇO değerleri bakımından, biberde pozitif, lahanada negatif etki yaratmıştır. FÇO değerleri bakımından iki türde de olumlu sonuç alınamamıştır. MA uygulaması bu iki türde hem ÇO hem de FÇO değerlerini artırıcı etki yaratamamıştır. MA uygulaması soğanda ÇO değerini artırırken, marulda FÇO değerlerinde yükseliş sağlamıştır. Yüzelli milimolar tuzluluk stresinde, UV uygulamaları hem biber hemde lahanada ÇO değerlerini arttırmıştır. FÇO değerleri bakımından olumlu etki lahanada gözlenirken biberde olumlu sonuç alınamamıştır. MA uygulaması soğan dışındaki tüm türlerde ÇO değerlerini arttırmıştır. FÇO sonuçlarına bakıldığında MA uygulaması sadece biberde pozitif etki yaratamamıştır.

Tuzluluk stresi testlerinde elde edilen pozitif sonuçlar, MA uygulamalarının, buğday ve fasulye; Çakmak vd. 2010, nohut; Thomas vd. 2013, buğday; Rathod ve Anand 2016, pervane çiçeği; Zaredost vd. 2017, soya; Kataria vd. 2017b, 2019 ve arpa; Hozayn vd. 2018 gibi farklı bitkilerde tuz stresine dayanımı arttırdığını gösteren çalışmalarla uyumlu bulunmuştur.

UV uygulamasının tuz stresinde çimlendirilen tohumlarda sağladığı olumlu etkiler, Ouhibi vd. (2014)'nin bildirdiği sonuçlarla uyumlu bulunmuştur. İki farklı UV-C (0.85 ve 3.42 kJm⁻²) radyasyonu uygulanan, 100 mM tuz stresinde yetiştirilen marul tohumlarının, büyüme, antioksidan aktivite ve fenolik bileşikler üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, kök ve yaprak ağırlığı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve yaprak alanı

ölçümlerinin yanında yaprak ve köklerde iyon birikimi (Na^+ , K^+) ile fenolik, flavonid ve antioksidan aktivite ölçümleri yapılmıştır. UV-C uygulamasının tuzluluk stresini azaltıcı etkisinin belirlendiği çalışmada, 0.85 kJm^{-2} uygulamasının daha etkin olduğu tespit edilmiştir (Ouhibi vd. 2014). UV uygulamalarının antioksidan enzim aktivitesini arttırarak tuz stresine dayanımı arttırdığı çalışmamızda elde edilen sonuçlarla da ileri sürülebilir.

Uygulamaların tekerrürleri arasındaki farklı sonuçlar, standart sapma değerlerini yükseltmiştir. Bu durumun, çalışmada nispeten yaşlanmış tohumların kullanılması ve tohum kaynaklarının çok iyi bilinmemesi nedeniyle yaşanmış olduğu düşünülmüştür.

Stres testlerinin sonuçları bakımından uygulamaların testlerin büyük çoğunluğunda istatistiksel olarak önemli farklılık yaratamadığı görülmüne rağmen, tüm stres koşullarında özellikle fide gelişiminde uygulamalar ile kontrol grubu arasında gelişim özellikleri bakımından farklılıklar gözlenmiştir. Tohumların normal çimlenme gösteren fide sayısında kontrol grubuna göre üstünlük sağladığı gözlenmiştir (Çizelge 5.1). Her ne kadar fide çıkışı sayımı yapılmış olsa da normal ve anormal fide gözlemleri de yapılmıştır (Çizelge 5.1). Araştırma bulguları bölümünde verilen fotoğraflarda, stres altında gelişen fidelerin gelişim farklılıkları açıkça gözlenmiştir.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar ve UV uygulamalarının abiyotik ve biyotik stres koşullarına toleransı arttırabileceğini belirleyen çalışmalar (Brown vd. 2001, Kacharava vd. 2009, Ouhibi vd. 2014, Dhanya Thomas ve Puthur 2017, Neugart ve Schreiner 2018) UV uygulamasının stres koşullarında priming metodu olarak kullanılabileceğini işaret etmiştir.

Tez kapsamında MA uygulamalarının stres koşullarında pozitif etki yaratabileceği ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar, MA uygulamasının düşük canlılıktaki tohumların çimlenmelerinde artış sağladığı gibi aynı zamanda bu tohumların abiyotik stres şartlarında dahi iyi sonuçlar verdiğini gösteren (Alexander ve Doijode 1995, Carbonell vd. 2008, Thomas vd. 2013, Kataria vd. 2017b) çalışmalarla uyumlu bulunmuştur. MA uygulamasının da stres koşullarında priming metodu olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5.1 Uygulamaların stres testlerinde türler bazında kontrol grubuna göre avantaj-dezavantajları

Düşük Sıcaklık	Biber	Lahana	Marul	Soğan
NÇO	-	+	+	-
NFÇO	+	+	+	-
Yüksek Sıcaklık				
NÇO	-	+	+	-
NFÇO	+	+	+	-
75 mM Tuz Stresi				
NÇO	+	+	+	-
NFÇO	-	+	+	-
150 mM Tuz Stresi				
NÇO	+	+	+	+
NFÇO	-	+	+	-

NÇO: Normal çimlenme oranı, NFÇO: Normal fide çıkış oranı, +: avantaj, -:dezavantaj
Tabloda verilen sonuçlar stres testlerinde normal çimlenme ve fide çıkış oranı değerleri alınarak hazırlanmıştır

5.4 HP, UV ve MA Uygulamalarının Antioksidan Enzim Aktivitelerine Etkileri

Atom veya moleküller, son yörüngesinde bir ya da daha fazla eşlenmemiş elektron bulunduruyor ise serbest radikaller olarak tanımlanırlar. Eşlenmemiş elektronların bulunması serbest radikalleri kararsız bir yapıda bırakmakta bu durumda da kararlı durumu geçme eğiliminde olan serbest radikaller diğer maddelerle reaksiyona girmektedirler. Serbest radikaller oksijen ve azot kaynaklı olabilir. Reaktif oksijen türleri (ROS); süperoksit, hidroksil, peroksil, lipid peroksil ve alkoksil radikalleri iken reaktif azot türlerini ise nitrik oksit ve azot dioksit oluşturur. Serbest radikaller endojen ve eksojen kaynaklı olabilmektedir. Mitokondri, endojen kaynaklı üretimin en önemli yeridir. Eksojen kaynaklar ise UV ışınlar ve çeşitli kimyasal maddelerdir. Serbest radikallerin canlı bünyesinde yoğunlukları artığı durumlarda lipidler, proteinler ve nükleik asitler üzerinde yapısal bozukluklara neden olarak zararlı etkilere yol açabilirken düşük düzeylerde yararlı etkilerinden de söz edilebilmektedir (Karabulut ve Gülay 2016).

Reaktif oksijen türleri, tohumların yaşamı boyunca çimlenme ve dormansinin kırılması gibi oldukça önemli olaylarda rol oynarlar (Shine vd. 2012). Uzun yıllar boyunca tohumlardaki ROS'ların zararlı etkileri (yaşlanma, oksidatif stres vb.) üzerine çalışmalar yapılmıştır (Bailly 2004). Bununla birlikte yapılan bazı araştırmalar ROS'ların tohumlarda sanıldığı gibi sadece zararlı etkiler yaratmadığını göstermektedir (Gidrol vd. 1994, Khan vd. 1996, Liskay vd. 2003, 2004). ROS'lar çimlenmekte olan tohumlarda aerobik metabolizmanın sonucu olarak mitokondri, peroksizom ve apoplastlarda üretilirler. Bunun yanında tohumlar fazla miktarda üretilen ROS'ları uzaklaştırmak için spesifik mekanizmalara sahiptir (Kataria 2017).

Bitkilerde abiyotik stres faktörleri altında ROS'ların üretimi artmaktadır. Hücresel ROS miktarının arttığı koşullarda antioksidan savunma sistemleri ve ROS üretimi arasındaki denge bozulmakta ve bitkiler oksidatif strese girmektedirler. Stres koşullarında ROS üretiminin artışı lipidlerin peroksidasyonuna, proteinlerin oksidasyonuna, nükleik asit hasarına, enzim inhibisyonuna, programlı hücre ölümü (apoptosis) aktivasyonuna ve hücrelerin ölümüne kadar birçok hasara yol açabilmektedir (Smirnoff 1993, Sgherry vd 1996).

Stres faktörleri sonucu bitkilerde oluşan süperoksit radikallerinin ortamdan uzaklaştırılması süperoksit dismutaz enzimi tarafından gerçekleştirilmektedir. Süperoksit dismutaz, süperoksit radikallerini hidrojen peroksit ve oksijene dönüştürür. Bu dismutasyon reaksiyonu sonucu oluşan ve canlı sistemlerde oldukça toksik etki gösteren hidrojen peroksit enzimatik savunma görevi yapan peroksidaz ve katalaz enzimleri tarafından su ve oksijene çevrilir (Bowler vd. 1992, Arora vd. 2002, Kılıç ve Kılıç 2002, Blokhina vd. 2003).

Kuru tohumlarda, yavaş metabolizmaya rağmen ROS gibi serbest radikallerin üretimi gerçekleşebilmekte ancak bu serbest radikallerin oranları ve faaliyetleri manyetik alan uygulamaları tarafından kontrol edilebilmektedir (Hunt vd. 2009). Uygulama yapılmış soya fasulyesinde hem SOD hem de CAT aktivitesinin arttığı gözlenmiştir bunun etkili bir detoksifikasyon sağladığı belirtilmiştir. Burada sağlanan yararın, MA uygulamasının, özellikle Zn^{2+} ve Cu^{2+} olmak üzere SOD metal kofaktörleri üzerinde etki yaratmış olmasının sonucu olduğu düşünülmüştür (Çelik vd. 2009).

Sitatik manyetik alan uygulamasının, canlıda membran bütünlüğünü iyileştirerek, ROS detoksifikasyonunda rol aldığı ve oksidatif zararı azalttığı ayçiçeğinde gözlemlenmiştir (Vashisth ve Nagarajan, 2010). Burada muhtemelen demir alımının azaldığı düşünülüp (Hajnorouzi vd. 2011) hidroksil gruplarıyla yapabileceği Fenton reaksiyonun engellendiği varsayılmıştır.

Hıyar tohumlarının statik manyetik alan uygulaması sonrası antioksidan enzim aktivitelerinde (SOD (%8), CAT (%83) ve glutayon redüktaz-GR (%77)) artış olduğu gözlenmiştir (Bhardwaj vd. 2012). Bulunan bu sonuçlar, Baby vd. (2011)'nin magnetopriming uygulaması yapılmış soya fasulyesi tohumlarında süperoksit radikallerinin (O_2^-) üretiminin azaldığını belirten sonuçları ve bizim araştırma sonuçlarımız ile uyumludur.

Turp tohumlarının hem çimlenmesi hem de fide gelişimine yarar sağlayan statik manyetik alan uygulaması (100 mT/3 saat), CAT aktivitesinin artmasına yardımcı olurken H_2O_2 üretiminin artmasına da engel olmuştur. Aynı zamanda genç bitkinin organlarında SOD aktivitesinin artmasını sağlamıştır (Touati vd. 2013). Marul tohumlarının, 125 mT yoğunlukta 1, 6, 12, 18 ve 24 saatlik uygulama sonrası peroksidaz aktivitesinde artış olduğu, 250 mT yoğunlukta ise 12 saate kadar artış daha sonra peroksidaz aktivitesinde azalış olduğu gözlenmiştir (Mousavizadeh vd. 2013). Tez çalışmasında marul tohumlarının CAT ve SOD aktivitelerindeki artış bu sonuçlarla paraleldir.

Tohumlara MA uygulandıktan sonra bünyelerinde serbest radikallerin üretiminin arttığı rapor edilmiştir (Shine vd. 2012). Erken dönemde (çimlenme başlangıcı ve 8 günlük fideler), O_2^- ve OH radikallerinden oluşan elektron paramanyetik rezonans yörüngeleri; ROS'ların bu dönemde tohum gelişiminde önemli bir rol oynadığının kanıtı olarak görülmüştür. Bu bulgular, daha önce bakla ve bezelye de yapılan lazer ve MA uygulamaları sonrası serbest radikallerin artarak su alımını hızlandırması ve biyokütle üretimini artırması sonuçlarıyla uyushmaktadır (Podlesny vd. 2001, 2005). Çimlenmekte olan tohumlarda serbest radikallerin artış göstermesi durgun dönemden çimlenmenin hızlandığı metabolik olarak aktif bir döneme geçildiğinin işareti olarak görülmektedir (Puntarulo vd. 1991, Gidrol vd. 1994). Serbest radikallerin aynı zamanda bitki organlarının uzamasında da etkili olduğu belirtilmektedir (Schopfer 2001).

Statik ve elektro manyetik alan ile yapılan magnetopriming uygulamasında, domates tohumlarında süperoksit iyonları ve hidrojen peroksitin 2 kat arttığı gözlenmiştir (Gupta vd. 2015). Çimlenmeleri esnasında ROS üretimi artan manyetik alan uygulaması yapılmış soya fasulyesi tohumlarında peroksidaz enzimi de artış göstermiş ve bu enzimin antioksidatif kapasitesi sayesinde gereğinden fazla serbest radikal üretimi engellenmiştir (Shine vd. 2012). Bu çalışmada yükselen ROS üretimi ile MA uygulamasının fide gelişimini arttırması ilişkili bulunmuştur. İkiyüz militesla uygulama dozunda, yüzelli militesla yoğunluktaki uygulamaya kıyasla daha yüksek boylu fideler elde edilmiştir.

Manyetik uygulama yapılmış tohumlarda homeostasis, ROS üretimi ve ROS'ların süpürülmesi arasında devam ederek tohumların çimlenmesini teşvik etmiştir. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da ROS üretimi ve tohum çimlenmesinin bağlantılı olduğu bildirilmiştir. Çimlenme esnasında ROS oluşumu, endosperm weaking, patojenlere karşı korunma, Ca^{2+} ve hormonların sinyalizasyonu, gen ekspresyonu, redoks reaksiyonu, hücre duvarı uzaması vb. sebeplerle gerçekleşmektedir (Bailly vd. 2008, El-Maaouf Bouteau ve Bailly 2008). MA uygulaması yapılmış tohumlarda çimlenme esnasında ROS üretimi artarken, uygulama sonrası yetiştirilen bitkilerde ROS'ları süpürücü olarak görev yapan CAT ve SOD enzimlerinde azalış gözlenmiştir (Shine ve Guruprasad 2012, Shine vd. 2012) bunun yanında artan POD enziminin ise NADPH (Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat) aktivitesinin artmasına bağlı olarak arttığı tahmin edilmiştir (Radhakrishnan ve Kumari 2012).

Çalışmamızda, CAT enzim aktivitesi sonuçları incelendiğinde, biber, lahana ve soğanda uygulamalar, kontrol ve HP uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Marul tohumlarında HP ve MA uygulamalarının her ikisi de kontrole göre daha yüksek sonuç vermiştir (Çizelge 5.2).

APX enzim aktivitesi sonuçlarına göre, biber, lahana ve soğanda uygulamalar, kontrol ve HP uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Marul tohumlarında kontrol grubu, HP ve MA uygulamasından daha yüksek sonuç vermiştir (Çizelge 5.2).

SOD enzim aktivitesi sonuçlarına göre, biber ve marulda uygulamalar, kontrol ve HP uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Lahanada MA uygulaması ve kontrol grubu aynı sonucu verirken en düşük değer HP uygulamasında ölçülmüştür. Soğan

tohumlarında kontrol grubu, HP ve MA uygulamasından daha yüksek sonuç vermiştir (Çizelge 5.2).

UV ve MA uygulamalarının antioksidan enzim aktivitelerine etkileri tohumlar yerine genellikle fidelerden yapılan ölçümlerle belirlenmektedir (Fotouh vd. 2014, Kataria vd. 2019). Fidelerden yapılan ölçümlerde enzim aktivitelerinin düşük çıktığı sonuçlar görülmüştür. Bu durum, uygulamaların lipit peroksidasyonunun oluşmasına engel olması ve genç bitkilerde bu enzimlerin oluşmasına gerek kalmamasından kaynaklandığı savunulmaktadır (Kataria 2017). Çalışmamızda fidelerden alınan örneklerle çalışılmamış ancak uygulamaların enzim aktivitesinde sağladıkları artışlar tohumlarda yapılan ölçümlerle tespit edilmiştir.

MA uygulaması sonucu canlı organizmalarda meydana gelen reaksiyon ortamındaki serbest radikal konsantrasyonunun artmasına yol açmaktadır. Bunun nedeni, MA'nın reaksiyon ortamında oluşan serbest radikallerin elektron spinini etkileyerek kısmen kararlı yapıya dönüşmelerine ve buna bağlı olarak serbest radikallerin yarı ömürlerinin uzatması olduğu düşünülmektedir. Artan serbest radikal konsantrasyonu oksidatif stres yaratmakta ve bu durum strese karşı antioksidan artışına neden olmaktadır (Scaiano vd. 1995, Büyükuslu vd. 2006, Shabrangi ve Majd 2009b). Tez çalışmasında elde edilen enzim aktivitesi artışlarının bu sebeple gerçekleşmiş olması muhtemeldir.

UV uygulamaları bitkiler için hayati öneme sahip süreçleri etkileyerek strese dayanım mekanizmalarını, yapraklarda antioksidan enzim seviyelerini arttırarak sağlamaktadır (Kachavara 2009). UV uygulamaları sonucu bitkilerde antioksidan enzimlerin (SOD, CAT, APX, ...) arttığı bir çok çalışma ile tespit edilmiştir (Fedina vd. 2010, Hideg vd. 2013, Fotouh vd. 2014, El Shora vd. 2015). Düşük dozdaki UV radyasyonu antioksidan kapasitede değişimleri uyaraabilmektedir. Bu değişiklikler; glutatyon, fenilpropanoidler, sinamat, flavonoidler ve piridoksin biyosentezi yolaklarının düzenlenmesi ile gerçekleşmektedir (Hideg 2013).

Hormesis olarakta bilinen bazı toksik ajanların düşük dozlarının, gelişime olumlu etkilerinin olduğu çeşitli yayınlarda rapor edilmiştir (Luckey 2006, Belz ve Piepho 2012, De Micco vd. 2014). Toksik maddelerin düşük konsantrasyonlarında yaşamı devam ettirebilmeyi ve bu maddelere karşı geliştirilen adaptif olguları açıklamak için öne sürülen

Hormesis kavramı, toksik molekül ve ortam şartlarının hem yaşamı destekleyici hem de yok edici iki zıt etkiye (bifazik etki) sahip olduğunu ifade etmektedir. Hormesis mekanizması, toksik ajanların düşük dozları ile aktifleşerek ve canlılara adaptif cevap kazandırabilmektedir. Koruyucu proteinler, antioksidan enzimler ve şaperon proteinlerinin rol aldığı hormesis, hücrelerdeki adaptif cevabın özel bir şeklidir. Hormetik uyarılara bağlı olarak artış gösteren bu moleküller, hücrenin ayakta kalmasını destekler (Kısım ve Uzunoğlu 2012). Çalışmada yer alan Ultraviyole (UV) ve Manyetik Alan (MA) alan gibi fiziksel priming uygulamalarının düşük dozlarının da hormesis mekanizmasını etki etmiş olabileceği ileri sürülebilir.

Çizelge 5.2 Uygulamaların kontrol grubuna göre CAT, APX ve SOD enzim aktivitelerine etkileri

CAT	Biber	Lahana	Marul	Soğan
HP	-	-	+	-
Uygulama	+ (UV)	+ (MA)	+ (MA)	+ (MA)
APX				
HP	+	+	-	-
Uygulama	+ (UV)	+ (MA)	- (MA)	+ (MA)
SOD				
HP	+	-	+	-
Uygulama	+ (UV)	+ (MA)	+ (MA)	- (MA)

CAT: Katalaz, APX: Askorbat peroksidaz, SOD: Süperoksit dismutaz, UV: Ultraviyole, MA: Manyetik Alan, HP: Hidropriming

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar özetlendiğinde;

HP ve UV uygulamaları biber dışındaki tüm türlerde çimlenme ve fide gelişimini olumlu etkilemiştir. MA uygulamaları tüm türlerde çimlenme ve fide çıkış oranlarını önemli ölçüde artırmıştır. UV, MA ve HP uygulamaları en etkili sonucu soğanda gösterirken çimlenme oranı değerleri kontrol grubuna göre sırasıyla %38, %48 ve %29 artış göstermiştir. Uygulamaların tamamı tüm türlerde fide çıkış oranını artırırken, en çarpıcı sonuçlar soğan ve marulda tespit edilmiştir.

Çalışmada UV ve MA uygulamaları, öncesinde HP uygulanmış tohumlarda yapılmıştır. UV ve MA uygulamalarının çimlenme ve fide çıkış oranları HP uygulamalarından daha yüksek bulunmuştur. Bu durum yaşanan artışların sadece tohumlara nemlendirme

yapılmasından dolayı değil uygulamalarında çimlenme ve fide çıkışına önemli etkilerinin olduğunu kanıtlamıştır.

MA uygulamalarının nemlendirme yapılmamış kuru tohumlar üzerinde de olumlu etkiler yarattığı tez çalışmasına paralel yapılan ek çalışmalarla gözlenmiştir. Lahana, soğan ve marulda kuru tohumlara uygulanan MA uygulamalarının, tek başına uygulanan HP uygulamalarından dahi üstün sonuçlar vermesi oldukça önemli bulunmuştur.

UV, MA ve HP uygulamaları biber dışındaki tüm türlerde çimlenme hızını artırmıştır. UV uygulamasının biber, MA uygulamasının da marul dışındaki tüm türlerde fide çıkış hızlarını da artırdığı belirlenmiştir. Ortalama çimlenme zamanının kısalması, uygulamaların üniform ve iyi gelişmiş fideler oluşturmalarını sağlamıştır.

Stres testlerinin sonuçları bakımından uygulamaların testlerin büyük çoğunluğunda istatistiksel olarak önemli farklılık yaratmadığı görülmüne rağmen, tüm stres koşullarında özellikle fide gelişiminde uygulamalar ile kontrol grubu arasında gelişim özellikleri bakımından farklılıklar gözlenmiştir. Uygulamaların abiyotik stres şartlarında da etkili olabileceği düşünülmüştür. Özellikle tuz stresi koşullarında uygulamaların daha etkili oldukları tespit edilmiştir.

Bu çalışmada alınan sonuçlara bakıldığında, kullanılan dalga boyu ve radyasyon yoğunluklarına göre en uygun uygulama süreleri UV için 20 ve 30 dakikalar iken MA için 10 dakika olduğu görülmüştür. Uygulama süre ve dozu türlere ve hatta çeşitlere göre bile değişebileceği için uygun doz ve sürelerin belirlenmesi yapılacak birçok çalışma sonucunda belirlenebilecektir. UV-A uygulamasının etkilerine göre UV-B uygulamalarının bu türlerde nasıl etki yaratacağı yapılacak çalışmalarla incelenmelidir.

Uygulamaların tohumlarda yarattığı fizyolojik etkilerin de anlaşılabilmesi için yapılan CAT, APX ve SOD enzim aktivitelerinde gözlemlenen artışların, çimlenme ve fide gelişim parametreleri ile stres koşullarında sağlanan pozitif etkilerle bağlantılı olduğu belirlenmiştir.

Ekim öncesi uygulamalarla tohum kalitesinin artırılabilmesi bitkisel üretim için önemli bir aşama olarak kabul edilmektedir. Tez çalışmasında kullanılan fiziksel priming metodlarının (UV, MA) seçilen türlerde kaliteye etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bu

metodlar nemlendirme yapılmamış tohumlarda da kullanılabildikleri için bu sayede konvansiyonel priming metodlarında uygulanan nemlendirme ve kurutma aşamalarını devre dışı bırakarak daha ekonomik ve hızlı sonuçlar alınmasını sağlayacaktır.

UV ve MA uygulamalarının daha önce çalışma yapılmamış farklı türlerde de etkinliklerinin belirlenmesi tohum bilimi ve teknolojisi için önemli sonuçlar üretecektir.



KAYNAKLAR

- Abdelghafar, M.A.E. and Heba, M.H. 2016. Effect of UV_{A+B} on Germination consequences, oxidative stress and antioxidant defence mechanisms of wheat *Triticum aestivum* L. J. Eco. Heal. Env., 4(2); 75-86.
- Abedi, T. and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzymes changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46(1); 27-34.
- Afzal, I., Mukhtar, K., Qasim, M., Basra, S.M.A., Shahid, M. and Haq, Z. 2012. Magnetic stimulation of marigold seed. International Agrophysics, 26(4); 335-339.
- Aguilar, C.H., Pacheco, D., Carballo, A., Orea, A.C., Ivanov, R., López-Bonilla, J.L. and Valcarcel, J.P. 2009. Alternating magnetic field irradiation effects on three genotype maize seed field performance. Acta Agrophysica., 14 (1); 7–17.
- Ahamed, M.E.M., Elzaaweley A.A. and Bayumi, Y.A. 2013. Effect of magnetic field on seed germination, growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Asian J. Crop Science, 5, 286-294.
- Ahmad, M., Galland, P., Ritz, T., Wiltschko, R. and Wiltschko, W. 2007. Magnetic intensity affects cryptochrome-dependent responses in *Arabidopsis thaliana*. Planta, 225(3); 615-624.
- Aladjadjiyan, A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of Zea mays. Journal of Central European Agriculture, 3(2); 89-94.
- Aladjadjiyan, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. Journal of Central European Agriculture, 3, 369-380.
- Aladjadjiyan, A. 2010. Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. Int. Agrophys., 24 (3); 321-324.
- Aladjadjiyan, A. 2012. Physical factors for plant growth stimulation improve food quality. Food Production-Approaches, Challenges and Tasks, ed. (Rijeka:InTech), 145-168.
- Aladjadjiyan, A. and Ylieva, T. 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.). J. Cent. Eur. Agr., 4, 132–137.
- Alexander, M.P. and Doijode, S.D. 1995. Electromagnetic field, a novel tool to increase germination and seedling vigour of conserved onion (*Allium cepa* L.) and rice (*Oryza sativa* L.) seeds with low viability. Plant Genetic Res. Newsletter, 104, 1-5.

- Anand, A., Nagarajan, S., Verma, A.P.S., Joshi, D.K., Pathak, P.C. and Bhardwaj, J. 2012. Pre- treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Biochemistry and Biophysics, 49, 63-70.
- Anonymous, 2019a. Applications of ultra-violet LEDs and safety considerations. Web Sitesi: <https://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=1087>. Erişim Tarihi: 27.05.2019.
- Anonymous, 2019b. Web Sitesi: <https://www.quora.com/When-is-the-best-time-to-get-vitamin-D-from-the-Sun>, Erişim tarihi: 27.05.2019.
- Antonelli, F., Grifoni, D., Sabatini, F., and Zipoli, G. 1997. Morphological and physiological responses of bean plants to supplemental UV radiation in a Mediterranean climate. In UV-B and Biosphere, 127-136.
- AOSA (Association of Official Seed Analysts). 1983. Seed Vigor Testing Handbook, AOSA Handbook 32.
- Arora A., Sairam R. K. and Srivastava G. C., 2002. Oxidative Stress and Antioxidative System in Plant. Current Science, 82(10); 1227-1238.
- Arujo, S.S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D. and Balestrazzi, A. 2016. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. Frontiers in Plant Science, 7 (646); 1-12.
- Atak Ç., Emiroğlu Ö., Alikamanoğlu S. and Rzakoulieva A. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. Journal of Cell and Molecular Biology, 2, 113-119.
- Baby, S.M., Guruprasad, K.N. and Anand, A. 2011. Superoxide radical production and performance index of Photosystem II in leaves from magnetoprimered soybean seeds. Plant Signaling and Behavior, 6(11); 1635-1637.
- Badridze, G., Kacharava, N., Chkhubianishvili, E., Rapava, L., Kikvidze, M., Chanishvili, S.H. and Chigladze, L. 2015. Influence of ultraviolet irradiation and acid precipitations on the content of antioxidants in wheat leaves. Appl. Ecol. Environ. Res., 13(4); 993–1013.
- Badridze, G., Kacharava, N., Chkhubianishvili, E., Rapava, L., Kikvidze, M., Chanishvili, S., Shakarishvili, N., Mazanishvili, L. and Chigladze, L. 2016. Effect of UV radiation and artificial acid rain on productivity of wheat. Russ. J. Ecol. 47(2); 158–166.
- Baghel, L., Kataria, S. and Guruprassad, K.N. 2016. Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. Bioelectromagnetics, 37, 455-470.

- Baghel, L., Kataria, S. and Guruprassad, K.N. 2017. Effect of SMF pretreatment on growth, photosynthetic performance and yield of soybean under water stress. *Photosynthetica*, 55, 718-730.
- Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Sci. Res.*, 93, 107–114.
- Bailly, C., El-Maaouf Bouteau, H. and Corbineau, F. 2008. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. *Comptes Rendus Biol.*, 331, 806-814.
- Baroniya, S. S., Kataria, S., Pandey, G. P., and Guruprasad, K. N. 2014. Growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in soybean varieties after exclusion of the UV-B and UV-A/B components of solar radiation. *The Crop Journal*, 2(6); 388-397.
- Basra, S.M.A., Farooq, M., Tabassam, R. and Ahmad, N. 2005. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Sci. Technol.*, 33(3); 623–628.
- Basu, R.N. 1994. An appraisal of research on wet and dry physiological seed treatments and their applicability with special reference to tropical and subtropical countries. *Seed Science and Technology*, 22, 107-126.
- Belyavskaya, N.A. 2001. Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields. *Advances in Space Research*, 28(4); 645-50.
- Belyavskaya, N.A. 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in Space Research*, 34(7 SPEC. ISS.), 1566–1574.
- Belz, R.G. and Piepho, H.P. 2012. Modeling effective dosages in hormetic dose-response studies. *PloSone*, 7, 1-10.
- Bernal, M., Llorens, L., Badosa, J., and Verdager, D. 2013. Interactive effects of UV radiation and water availability on seedlings of six woody Mediterranean species. *Physiologia Plantarum*, 147(2); 234-247.
- Bhardwaj, J., Anand, A. and Nagarajan, S. 2012. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 67-73.
- Bhatnagar, D. and Deb, A.R. 1977. Some aspects of pre-germination exposure of wheat seeds to magnetic field I. Germination and early growth. *Seeds Res.*, 5, 129-137.
- Bhatnagar, D. and Deb, AR. 1978. Some aspects of pre-germination exposure of wheat seeds to magnetic field. II. Effect on some physiological processes. *Seed Res.*, 6, 14-22.

- Bilalis, D.J., Katsenios, N., Efthimiadou, A., Karkanis, A., Khah, E.M. and Mitsis, T. 2013. Magnetic field pre-sowing treatment as an organic friendly technique to promote plant growth and chemical elements accumulation in early stages of cotton. *Australian Journal of Crop Science*, 7(1); 46-50.
- Blokhina O., Virolainen E. and Fagerstedt K. V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a Review, *Anal Botany*, 91, 179-194.
- Bornman, J.F. and Vogelmann, T.C. 1988. Penetration of blue nad UV radiation measured by fiber optics in spruce and fir needles. *Physiologia Plantarum*. 72(4); 699-705.
- Bornman, J.F., Barnes, P.W., Robinson, S.A., Ballaré, C.L., Flint, S.D. and Caldwell, M.M. 2015. Solar ultraviolet radiation and ozone depletion-driven climate change: effects on terrestrial ecosystems. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 14(1); 88–107.
- Bowler C., Montagu V. M. and Inze D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 43, 83-116.
- Brown, J.E., Lu, T.Y., Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y and Wilson, C.L. 2001. The effect of low dose ultraviolet light-C seed treatment on induced resistance in cabbage to black rot (*Xanthomonas campestris* cv. *campestris*). *Crop Prot.*, 20, 873–883.
- Bruggink, G.T., Ooms, J.J.J. and Van der Toorn, P. 1999. Induction of longevity in primed seeds. *Seed Sci. Res.*, 9(1); 49–53.
- Bussotti, F., Ferrini, F., Pollastrini, M. and Fini, A. 2014. The challenge of Mediterranean sclerophyllous vegetation under climate change: from acclimation to adaptation. *Environ. Exp. Bot.*, 103, 80–98.
- Büyükuslu N., Çelik Ö. and Atak Ç. 2006. The effect of magnetic field on the activity of superoxide dismutase. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 5, 57-62.
- Callis, J. 1995. Regulation of protein degradation. *Plant Cell*, 7, 845-857.
- Carbonell, M.V., Martínez, E., Floírez, M., Maqueda, R., Loípez-Pintor, A. and Amaya, J.M. 2008. Magnetic field treatments improve germination and seedling growth in *Festuca arundinacea* Schreb. and *Lolium perenne* L. *Seed Sci. Tech.*, 36(1); 31-37.
- Caseiro, R., Bennett, M. A. and Marcos, Filho. J. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. *Seed Sci. Tech.*, 32, 365–375.
- Celestino, C., Picazo, M.L. and Toribio M. 2000. Influence of chronic exposure to an electromagnetic field on germination and early growth of *Quercus suber* seeds:

- Preliminary study. *Electro. Magnetobiol.*, 19(1); 115-120.
- Chang, S. M. and Sung, J. M. 1998. Deteriorative changes in primed sweet corn seeds during storage. *Seed Sci. and Tech.*, 26, 613-626.
- Chen, Y.P., Li, R. and He, J.M. 2011. Magnetic field can alleviate toxicological effect induced by cadmium in mugbean seedlings. *Ecotoxicology*, 20, 760-769.
- Choudhary, K. K., and Agrawal, S. B. 2014. Ultraviolet-B induced changes in morphological, physiological and biochemical parameters of two cultivars of pea (*Pisum sativum* L.). *Ecotoxicology and environmental safety*, 100, 178-187.
- Choudhuri, N. and Basu, R. N. 1988. Maintenance of seed vigour and viability of onion (*Allium cepa* L.) *Seed Sci. and Tech.*, 16, 51-61.
- Coohill, T. P. 1989. Ultraviolet action spectra (280 to 380 nm) and solar effectiveness spectra for higher plants. *Photochemistry and Photobiology*, 50(4); 451-457.
- Çakmak, T., Dumlupınar, R. ve Erdal, S. 2010. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. *Bioelectromagnetics*, 31, 120-129.
- Çelik, O., Büyüksulu, N., Atak, C. and Rzakoulieva, A. 2009. Effects of magnetic field on activity of superoxide dismutase and catalase in *Glycine max.* (L.). *Merr. Roots.*, 18, 175-182.
- Çıbık, Ö.G. 2016. Elektromanyetik Alanın Soya (*Glycine max* l. merrill) Bitkisinin Gelişim Parametreleri ve Antioksidant Enzimleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Dáder, B., Gwynn-Jones, D., Moreno, A., Winters, A., and Fereres, A. 2014. Impact of UV-A radiation on the performance of aphids and whiteflies and on the leaf chemistry of their host plants. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 138, 307-316.
- Dardeniz, A. ve Tayyar, Ş. 2007. Elektromanyetik alanın Cardinal üzüm çeşidi kalemelerinin vejetatif gelişimi üzerindeki etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1); 23-28.
- Davies, B., Baulcombe, D., Crute, I., Dunwell, J., Gale, M., Jones, J., Pretty, J., Sutherland, W. and Toulmin, C. 2009. Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture. Royal Society, London.
- De Micco, V., Paradiso, R., Aronne, G., De Pascale, S., Quarto, M. and Arena, C. 2014. Leaf anatomy and photochemical behaviour of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionising radiation. *Scientific World Journal*, 1-14.

- De Souza A., Garcia, D., Sueiro, L., Gilart, F., Porras, E. and Licea, L. 2006. Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics*, 27, 247–257.
- Dearman, J., Brocklehurst, P.A. and Drew, L.K. 1986. Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. *J. Appl. Biol.*, 108, 639-648.
- Debbarma, A., Devi, J., Barua, M., and Sarma, D. 2018. Germination performance of chilli (*Capsicum annuum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) as affected by seed priming treatments. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1); 2648-2652.
- Delibaltova, V. and Ivanova, R. 2006. Impact of the pre-sowing irradiation of seeds by helium-neon laser on the dynamics of development of some cotton varieties. *J. Environ. Protect. Ecol.*, 7(4); 909–917.
- Demir, İ. 2002. The effect of controlled hydration treatment on germination and seedling emergence of unaged and aged pepper seeds during development. *Israel Journal of Plant Science*, 50(4); 251-257.
- Demir, İ. ve Okçu, G. 2004. Aerated hydration treatment for improved germination and seedling growth in aubergine (*Solanum melongena*) and pepper (*Capsicum annuum*). *Ann. Appl. Biol.*, 144, 121-123.
- Demir, I., Ermiş S. ve Okçu G. 2005. Effect of dehydration temperature and relative humidity after priming on quality of pepper seeds. *Seed Sci. and Tech.*, 33, 563-569.
- Demirkaya, M. 2006. Soğan (*Allium cepa* L.) tohumlarında canlılık kaybı ve onarı aşamasında meydana gelen fizyolojik değişimler. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Dhanya Thomas, T.T. and Puthur, J.T. 2017. UV radiation priming: a means of amplifying the inherent potential for abiotic stress tolerance in crop plants. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 57-66.
- Dhawi, F. and Al-Khayri, J.M. 2009. Magnetic Field Increase Weight and Water Content in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3(1); 14-24.
- Dominguez, P.A., Hernandez, A.C. and Cruz, O.A. 2010. Influences of the electromagnetic field in maize seed vigor. *Rev. Fitotec. Mex.* 33, 183-188.
- Dorna, H., Gorski, R., Szopinska, D., Tylkowska, K., Jurga, J., Wosinski, S. and Tomczak, K. 2010. Effect of a permanent magnetic field together with the shielding of an alternating electric field on carrot seed vigor and germination. *Ecol. Chem. Eng. S.*, 17, 53-61.

- Dorna, H., Jarosz, M., Szopinska, D., Szulc, I., and Rosinska, A. 2013. Germination, vigour and health of primed *Allium cepa* L. seeds after storage. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 12(4); 43-58.
- Dwivedi, R., Singh, V.P., Kumar, J. and Prasad, S.M. 2015. Differential physiological and biochemical responses of two *Vigna* species under enhanced UV-B radiation. *J. Radiat. Res. Appl. Sci.*, 8(2); 173–181.
- Edmonson, J.L., Davies, Z.G., Gaston, K.J. and Leake, JR. 2014. Urban cultivation in allotments maintains soil qualities adversely affected by conventional agriculture. *J. Appl. Ecol.*, 51, 880-889.
- Efthimiadou, A., Katsenios, N., Karkanis, A., Papastilianou, P., Triantafyllidis, V., Travlos, I. and Bilalis, D.J. 2014. Effects of presowing pulsed electromagnetic treatment of tomato seed on growth, yield, and lycopene content. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-6.
- El-Maaouf Bouteau, H. and Bailly, C. 2008. Oxidative signaling in seed germination and dormancy. *Plant Signal Behav.*, 3, 175-182.
- El-Shora, H.M., El-Farrash, A.H., Kamal, H. and Abdelrazek, A. 2015. Enhancement of antioxidant defense system by UV radiation in fenugreek as medical plant. *Inter. J. Sci. Res.*, 3, 529–535.
- Ellis, R. H., and Roberts, E. H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45(1); 13-30.
- Ermiş S., Kara F. ve Özden. E. 2016. Solid matrix priming of cabbage seed lots: repair of ageing and increasing seed quality. *Tarım Bilimleri Dergisi–Journal of Agricultural Sciences*, 22, 588-595.
- Eşitken, A. 2003. Serada yetiştirilen çilekte manyetik alan uygulamasının etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1); 25-27.
- Eşitken, A. ve Turan, M. 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. *Camarosa*). *Acta Agriculturae Scandinavica*, 54(3); 135–139.
- Fedina, I., Hidema, J., Velitchkova, M., Georgieva, K. and Nedeva, D. 2010. UV-B induced stress responses in three rice cultivars. *Biologia Plantarum*, 54(3); 571-574.
- Feizi, H., Sahabi, H., Moghaddam, P.R., Shahtahmassebi, N., Gallehgir, O. and Amirmoradi, S. 2012. Impact of intensity and exposure duration of magnetic field on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 4(1); 116-120.

- Florez, M., Carbonell, M.V. and Martinez, E. 2004. Early sprouting and first stages of growth of rice seeds exposed to a magnetic field. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 23(2); 167-176.
- Florez, M. Carbonell, M.V. and Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: effects on germination and early growth. *Environ. Exp. Bot.*, 59, 68-75.
- Florez, M., Alvarez, J., Martinez, E. and Carbonell, M.V. 2018. Stationary magnetic field stimulates rice roots growth. *Romanian Reports in Physics*.
- Fonseca, J. M., and Rushing, J. W. 2006. Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*, 40(3); 256-261.
- Formicheva V. M., Zaslavskii V. A., Govorun R. D. and Danilov V. I. 1992a. Dynamics of RNA and protein synthesis in the cells of the root meristem of the pea, lentil and flax. *Biophysics*, 37(4); 649- 656.
- Formicheva V.M., Govorun R.D. and Danilov V.I. 1992b. Proliferative activity and cell reproduction in the root meristems of the pea, lentil and flax in the conditions of screening the geomagnetic field. *Biophysics*, 37(4); 645- 648.
- Fotouh, A.M.M., Moawad, F.G., El-Naggar, H.A., El-Din, M.T. and Eldeen, H.S. 2014. Influence of seed treatment with UV-C on saline stress tolerance in green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Biol. Chem. Environ. Sci.*, 9(2); 391–414.
- Frederick, J. E. 1993. Ultraviolet sunlight reaching the earth's surface: a review of recent research. *Photochemistry and Photobiology*, 57(1); 175-178.
- Galland, P. and Pazur, A. 2005. Magnetoreception in plants. *J. Plant. Res.*, 118, 371–389.
- Garcia Reina, F. and Arze, L.I. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: Theoretical considerations. *Bioelectromagnetics*, 22, 589–595.
- Garcia Reina, F., Pascual, L.A. and Fundora, I.A. 2001. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: Experimental Results. *Bioelectromagnetics*, 22, 596-602.
- Garcia-Cristobal, J., Garcia-Villaraco, A., Ramos, B., Gutierrez-Manero, J. and Lucas, J.A. 2015. Priming of pathogenesis related-proteins and enzymes related to oxidative stress by plant growth promoting rhizobacteria on rice plants upon abiotic and biotic stress challenge. *J. Plant Physiol.*, 188, 72–79.
- Ghazvini, M.J., Nezami, A., Khazaie, H.R., Goldani, M. and Feizi, H. 2017. Effect of magneto priming on seed germination of sesame (*Sesamun indicum*) seed under

- water stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 1(6); 165-176.
- Ghodbane, S., Lahbib, A., Sakly, M. and Abdelmelek, H. 2013. Bioeffects of static magnetic fields: oxidative stress, genotoxic effects, and cancer studies. *BioMed Research International*, 1-12.
- Gholami, A., Sharafi, S. and Abbasdokht, H. 2010. Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars. *World Academy Sci. Eng. Tech.*, 62, 270-282.
- Gidrol, X., Lin, W.S., Degousee, N., Yip, S.F. and Kush, A. 1994. Accumulation of reactive oxygen species and oxidation of cytokinin in germinating soybean seeds. *Eur. J. Biochem.*, 224, 21-28.
- Guajardo-Flores, D., Serna-Guerrero, D., Serna-Saldívar, S. O., and Jacobo-Velázquez, D. A. 2014. Effect of germination and UV-C radiation on the accumulation of flavonoids and saponins in black bean seed coats. *Cereal Chemistry*, 91(3); 276-279.
- Gupta, M.K., Anand, A., Paul, V., Dahuja, A. and Singh, A.K. 2015. Reactive oxygen species mediated improvement in vigour of static and pulsed magneto-primed cherry tomato seeds. *Ind. J. Plant Physiol.*, 20, 205-212.
- Hajnorouzi, A., Vaezzadeh, M., Ghanati, F., Jamnezhad, H. and Nahidian, B. 2011. Growth promotion and a decrease of oxidative stress in maize seedlings by a combination of geomagnetic and weak electromagnetic fields. *J. Plant Physiol.*, 168, 1123-1128.
- Hamid, N., and Jawaaid, F. 2011. Influence of seed pre-treatment by UV-A and UV-C radiation on germination and growth of Mung beans. *Pakistan J. Chem*, 1, 164-167.
- Hanson J. 1985. *Practical Manuals for Genebanks: no. 1*. International Board for Plant Genetic Resources.
- Heydecker, W. 1973. Germination of an idea: The priming of seeds. University of Nottingham School of Agriculture Report, 1973/1974, 50-67.
- Heydecker, W. and Coolbear, P. 1977. Seed Treatments for improved performance, survey and attempted pronosis, *Seed Sci. and Tech.*, 5, 353-425.
- Hideg, E., Jansen, M.A., Strid, A. 2013. UV-B exposure ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates? *Trends Plant Sci.*, 18(2); 107–115.
- Hollósý, F. 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*, 33(2); 179-197.

- Hozayn, M., Amal, A. and Abdel-Rahman, H.M.H. 2015. Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.). African Journal of Agricultural Research, 10(8); 859-867.
- Hozayn, M. Amal, A. and Zalama, M.T. 2018. Magneto-priming for improving germination, seedling attributes and field performance of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress. Middle East Journal of Agriculture Research, 7(3); 1006-1022.
- Hunt, R.W., Zavalin, A., Bhatnagar, A., Chinnasamy, S. and Das, C.K. 2009. Electromagnetic biositumulation of living cultures for biotechnology, biofuel and bioenergy applications. Int. J. Mol.Sci., 10, 4515-4558.
- Hussain, S., Zheng, M., Khan, F., Khaliq, A., Fahad, S., Peng, S., Huang, J., Cui, K. and Nie, L. 2015. Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. Scientific Reports, 5, 8101.
- Ibrahim, E.A. 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. J. Plant Physiol., 192, 38–46.
- ISTA. 1993. Internatinal Seed Testing Association. Internatiol Rules for Testing Seed. Seed Science and Technology 21, Supplement.
- ISTA, 2007. Handbook of Vigour Test Methods. Third Edition. (J.G. Hampton, D.M. TeKrony, editörlar) International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
- Jansen F. K., Blythman H. E., Carrière D., Casellas P., Gros O., Gros P., ... and Richer G. 1982. Immunotoxins: Hybrid molecules combining high specificity and potent cytotoxicity. Immunological reviews, 62(1); 185-216.
- Jayakumar, M., Amudha, P. and Kulandaivelu, G. 2003. Changes in growth and yield of *Phaseolus mungo* L. induced by UV-A and UV-B enhanced radiation. Journal of Plant Biology, 46(1); 59-61.
- Jedlicka, J., Paulen, O. and Ailer S. 2015. Research of effect of low frequency magnetic field on germination, growth and fruiting of field tomatoes. Acta Horticulturae et Regiotecturae, 1, 1-4.
- Jenkins, G.I. 2014. The UV-B photoreceptor UVR8: from structure to physiology. The Plant Cell., 26(1); 21-37.
- Jeng, T. L. and Sung, J. M. 1994. Hydration effect on lipid peroxidation and peroxide scavenging enzyme activity of aertificially-aged peanut seed. Seed Sci. and Tech., 22: 531-539.
- Jisha, K.C., Vijayakumari, K. and Puthur, J.T. 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. Acta Physiol. Plant, 35(5); 1381–1396.

- Kacharava, N., Chanishvili, S., Badridze, G., Chkhubianishvili, E. and Janukashvili, N. 2009. Effect of seed irradiation on the content of antioxidants in leaves of kidney bean, cabbage and beet cultivars. *Aust. J. Crop Sci.*, 3(3); 137-145.
- Kang, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Zou, J., Yang, Q., and Li, T. 2018. Ultraviolet-A radiation stimulates growth of indoor cultivated tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. *HortScience*, 53(10); 1429-1433.
- Karabulut, H. ve Gülay, M.Ş. 2016. Serbest Radikaller. *MAKÜ Sağ. Bil. Enst. Derg.*, 4(1); 50-59.
- Kataria, S., Guruprasad, K. N., Ahuja, S. and Singh, B. 2013. Enhancement of growth, photosynthetic performance and yield by exclusion of ambient UV components in C3 and C4 plants. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 127, 140-152.
- Kataria, S., Baghel, L. and Guruprasad, K.N. 2015. Acceleration of germination and early growth characteristics of soybean and maize after pre-treatment of seeds with static magnetic field. *Int. J. Tropical Agri.*, 33, 985-992.
- Kataria, S. 2017. Role of reactive oxygen species in magnetoprimed induced acceleration of germination and early growth characteristics of seeds. *Reactive Oxygen Species in Plants: Boon or Bane-Revisiting the Role of ROS*. 75-88.
- Kataria, S., Baghel, L. and Guruprasad, K.N. 2017a. Alleviation of adverse effects of ambient UV stress on growth and some potential physiological attributes in soybean (*Glycine max*) by seed pre-treatment with static magnetic field. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36, 550-565.
- Kataria, S., Baghel, L. and Guruprasad, K.N. 2017b. Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 83-90.
- Kataria, S., Baghel, L., Jain, M. and Guruprasad, KN. 2019. Magnetopriming regulates antioxidant defense system in soybean against salt stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101090.
- Kato, R., Kamada, H. and Aashima, M. 1989. Effects of high and very low magnetic field on the growth of hairy roots of *Daucus carota* and *Atropa beladonna*. *Plant Cell Physiol.*, 30, 605–608.
- Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. *J. Agron. Crop Sci.*, 191(2); 81–87.

- Kavi, P.S. 1983. The effect of non-homogeneous, gradient magnetic field on the magnetic susceptibility values of in sit ragi (*Eleusine coracana* Gaertn) seed material. Mysore J. Agric. Sci., 17, 121-123.
- Kaya, G. 2008. Tohum uygulamaları (Priming)'nın tohum yağ asitleri kompozisyonuna etkisi ve tohum kalitesi ile ilişkisi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 17, 1-2.
- Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Horticultural Reviews, 14, 131-181.
- Khan, M.M., Hendry, G.A.F. Atherton, N.M. and Vertucci-Walters, C.W. 1996. Free radical accumulation and lipid peroxidation in testas of rapidly aged soybean seeds: A light promoted process. Seed. Sci. Res., 6, 101–107.
- Kılıç K., Kılıç A., 2002. Oksijen toksisitesinin aracı molekülleri olarak oksijen radikalleri. Hacettepe Tıp Dergisi, 33(2); 110-118.
- Kısım, A. ve Uzunoğlu, S. 2012. HORMESIS: Antecedent phenomena for adaptation to low doses of toxic agents. J. For. Med., 26(3), 180-190.
- Konefał-Janocha, M., Banaś-Ząbczyk, A., Bester, M., Bocak, D., Budzik, S., Gorny, S., Larsen, S., Majchrowski, K. and Cholewa, M. 2019. The effect of stationary and variable electromagnetic fields on the germination and early growth of radish (*Raphanus sativus*). Pol. J. Environ. Stud., 28(2); 709-715.
- Koutchma, T. 2009. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. Food and Bioprocess Technology, 2(2); 138-155.
- Kovacs, E. and Keresztes A. 2002. Effect of gamma and UV-ByC radiation on plant cells. Micr on, 33(2); 199–210.
- Krawiec, M., Krzysztof, K., Salwina, P., Magdalena, K., Piotr, B. and Piotr, K. 2013. Does the magnetic field improve the quality of radish seeds? Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus., 12, 93-102.
- Krizek, D. T., Mirecki, R. M. and Britz, S. J. 1997. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cucumber. Physiologia Plantarum, 100(4); 886-893.
- Levedev, I.S., Litvinenko, L.G. and Shiyan, L.T. 1977. After effect of a permanent magnetic field on photochemical activity of chloroplasts. Soviet Plant Physiol., 24, 394-395.
- Liszkay, A., Kenk, B. and Schopfer, P. 2003. Evidence for the involvement of cell wall peroxidase in the generation of hydroxyl radicals mediating extension growth. Planta, 217, 658–667.

- Liszkay, A., Van der Zalm, E. and Schopfer, P. 2004. Production of reactive oxygen intermediates O_2^- , H_2O_2 , and OH by maize roots and their role in wall loosening and elongation growth. *Plant Physiol.*, 136, 3114-3123.
- Liu, B., Liu, X. B., Li, Y. S. and Herbert, S. J. 2013. Effects of enhanced UV-B radiation on seed growth characteristics and yield components in soybean. *Field Crops research*, 154, 158-163.
- Liu, C., Zheng, H., Sheng, K., Liu, W., and Zheng, L. 2018. Effects of postharvest UV-C irradiation on phenolic acids, flavonoids, and key phenylpropanoid pathway genes in tomato fruit. *Scientia Horticulturae*, 241, 107-114.
- Luckey, T.D. 2006. Radiation hormesis: the good, the bad, and the ugly. *Dose-response*, 4(3); 169-180.
- Maffei, M.E. 2014. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 5(445); 1-15.
- Mahajan, T.S. and Pandey, O.P. 2014. Magnetic-time model at off-season germination. *Int. Agrophys.*, 28, 57-62.
- Mahdavian, K., Ghorbanli, M. and Kalantari, K. M. 2008. The effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in *Capsicum annuum* L. *Turkish Journal of Botany*, 32(1); 25-33.
- Martinez, E., Carbonell, M.V. and Amaya, J.M. 2000. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electro and Magnetobiology*, 19(3); 271-277.
- Martinez, E. Carbonell, M.V. and Florez, M. 2002. Magnetic biostimulation of initial growth stages of wheat (*Triticum aestivum*. L). *Electromagnetobiol. Med.*, 21(1); 43-53.
- Martinez, E., Carbonell, M.V., Flórez, H., Amaya, J.M. and Maqueda, R. 2009. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculantum* L.) under magnetic fields. *Int. Agrophysics*, 23, 44-50.
- Mazza, C.A., Gimenez, P.I., Kantolic, A.G., Ballare, C.L. 2013. Beneficial effects of solar UV-B radiation on soybean yield mediated by reduced insect herbivory under field conditions. *Physiol. Plant*, 147(3); 307–315.
- Mc Donald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assesment. *Seed Sci. and Tech.*, 27, 177-237.
- Mc Donald, M.B. 2000. Seed priming. In “Seed Technology and Its Biological Basis” (M. Black and J. D. Bewley, Eds.), 287–325.

- Mc Kenzie, R., Smale, D. and Kotkamp, M. 2004. Relationship between UVB and erythemally weighted radiation. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 3(3); 252-256.
- Mishra, V., Srivastava, G., Prasad, S.M., Abraham, G. 2008. Growth, photosynthetic pigments and photosynthetic activity during seedling stage of cowpea (*Vigna unguiculata*) in response to UV-B and dimethoate. *Pest Biochem. Physiol.*, 92(1); 30–37.
- Mitchell, L.M. and Cambrosio, A. 1997. The invisible topography of power: electromagnetic fields, bodies and the environment. *Social Studies of Science*, 27(2); 221-271.
- Moan, J. 2001. Visible light and UV radiation. Radiation at Home, outdoors and in the workplace. Scandinavian Science Publisher, 69-85.
- Moon J.D. and Chung H.S. 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. *J. Electrostat.*, 48, 103-114.
- Mousavizadeh, S. J., Sedaghathoor, S., Rahimi, A. and Mohammadi, H. 2013. Germination parameters and peroxidase activity of lettuce seed under stationary magnetic field. *International Journal of Biosciences*, 3(4); 199-207.
- Muraji, M., Nishimura, M., Tatebe, W. and Fujii, T. 1992. Effect of alternating magnetic field on the growth of the primary root of corn. *IEEE Trans. Magn.*, 28, 1996-2000.
- Nandi, S.K., Palni, L.M.S. and De Klerk, J.M. 1995. The influence of the embryonic axis and cytokinins on reserve mobilization in germinating lupine seeds. *J. Exp. Bot.*, 46, 329–336.
- Neelamegam, R. and Sutha, T. 2015. UV-C irradiation effect on seed germination, seedling growth and productivity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 4(8); 430-443.
- Neugart, S., and Schreiner, M. 2018. UVB and UVA as eustressors in horticultural and agricultural crops. *Scientia Horticulturae*, 234, 370-381.
- Noble, R.E. 2002. Effects of UV-irradiation on seed germination. *Science of the Total Environment*, 299(1-3); 173-176.
- Nyakane, N.E. and Markus, E.D. 2018. The effects of magnetic fields on plants growth: A comprehensive review. *International Journal of Food Engineering*, 5(1), 79-87.
- Okçu, G. 2005. Sebze tohumlarında çimlenmeyi artırmak amacıyla yapılan bazı tohum uygulamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2); 64-68.

- Ouhibi, C., Attia, H., Rebah, F., Msilini, N., Chebbi, M., Aarouf, J., ... and Lachaal, M. 2014. Salt stress mitigation by seed priming with UV-C in lettuce plants: growth, antioxidant activity and phenolic compounds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 126-133.
- Özel H.B., Kırdar E., Bilir N. 2015. The effects of magnetic field on germination of the seeds of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and growth of seedlings. *Agriculture and Forestry*, 61(3); 195-206.
- Paparella, S., Araújo, S.S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D. and Balestrazzi, A. 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34(8); 1281-1293.
- Parera, C.A. and Cantliffe, D.J. 1994. Presowing seed priming. *Horticulture Reviews*, 16, 109-141.
- Peyvandi, M., Khaledi, N.K. and Arbabian, S. 2013. The effects of magnetic fields on growth and enzyme activities of *Helianthus annuus* L. seedlings. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3(3); 717-724.
- Pietruszewski, S. 1999. Magnetic biostimulation of spring wheat sowing material (in Polish). *Rozprawy Naukowe AR Lubnin*, Poland.
- Pittman, U.J. 1963a. Magnetism and plant growth. I. Effect on germination and early growth of cereal seeds. *Can. J. Plant Sci.*, 43, 512-518.
- Pittman, U.J. 1963b. Magnetism and plant growth. III. Effect on germination and early growth of corn and beans. *Can. J. Plant Sci.* 45, 549-555.
- Pittman, U.J. and Anstey T.H. 1967. Magnetic treatment of seed orientation of a single harvest snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 91, 310-314.
- Pittman, U.J. and Ormrod D.P. 1970. Physiological and chemical features mangelnetically treated winter wheat seeds and resultant seedlings. *Can. J. Plant Sci.*, 50, 211-217.
- Pittman U.J., Carefoot, J.M. and Ormrod D.P. 1979. Effect of magnetic seed treatment on amylolytic activity of quiescent and germinating barley and wheat seeds. *Can J. Plant Sci.*, 52, 727-733.
- Podleśna, A., Bojarszczuk, J. and Podleśny, J. 2019. Effect of pre-sowing magnetic field treatment on some biochemical and physiological processes in faba bean (*Vicia faba* L. spp. *Minor*). *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-8.
- Podlesny, J., Misiak, L. and Koper, R. 2001. Concentration of free radicals in faba bean seeds after the pre-sowing treatment of the seeds with laser light. *Int. Agrophysics.*, 15, 185–189.

- Podlesny, J., Pietruszewski, S. and Podlesna, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. *International Agrophysics*, 18, 65–71.
- Podlesny, J., Pietruszewski, S. and Podlesna, A. 2005. Influence of magnetic stimulation of seeds on the formation of morphological features and yielding of the pea. *Int. Agrophysics*, 19, 1–8.
- Poinapen, D., Brown, D.C. and Beeharry, G.K. 2013. Seed orientation and magnetic field strength have more influence on tomato seed performance than relative humidity and duration of exposure to non-uniform static magnetic fields. *Journal of Plant Physiology*, 170(14); 1251-1258.
- Polk C., Postow E. 1996. *Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields*. CRC. Press, New York, 103-104.
- Puntarulo, S., Galleano, M., Sanchez, R.A. and Boveris, A. 1991. Superoxide anion and hydrogen peroxide metabolism in soybean embryonic axes during germination. *Biochimica et Biophysica Acta.*, 1074, 277-283.
- Racuciu, M., Creanga, D. and Horga, I. 2008. Plant Growth Under Static Magnetic Field Influence. *Rom. Journ. Phys.*, 53, 353–359.
- Radhakrishnan, R. and Kumari, D.B.R. 2012. Pulsed magnetic field: A contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 51, 139-144
- Rajendra, P., Nayak, H.S., Sashidhar R.B., Subramanyam, C., Devendranath, D., Gunasekaran, B., Aradhya, R.S.S. and Bhaskaran, A. 2005. Effects of power frequency electromagnetic fields on growth of germinating *Vicia faba* L., the broad bean. *Eletromagn. Biol. Med.*, 24, 39–54.
- Ramazani, V.F., Majd, A., Nejadstatti, T. and Arbabian, S. 2012. Study of effects of extremely low frequency electromagnetic radiation on biochemical changes in *Satureja bachtiarica* L. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 1(7); 77-82.
- Rao, N.K, Roberts, E.H. and Ellis, R.H. 1987. Loss of viability in lettuce seeds and the accumulation of chromosome damage under different storage conditions. *Annals of Botany*, 60, 85-96.
- Rathod, G. 2013. Effect of magnetopriming on carbohydrate metabolism under salinity in wheat (*Triticum aestivum* L.). MSc. Thesis. Division of plant physiology, IARI, PUSA, New Delhi.
- Rathod, G.R. and Anand, A. 2016. Effect of seed magneto-priming on growth, yield and Na/K ratio in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. *Indian Journal of Plant Physiology*, 21(1); 15-22.

- Razmjoo, J. and Alinian, S. 2017. Influence of magnetopriming on germination, growth, physiology, oil and essential contents of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Electromagnetic Biology and Medicine*, 36, 325-329.
- Rochalska, M. and Orzeszko-Rywka, A. 2005. Magnetic field treatment improves seed performance. *Seed Sci. and Tech.*, 33, 669-674.
- Rowse, H.R. 1996. Drum priming: a non osmotic method of priming seeds. *Seed Sci. and Tech.*, 24, 281-294.
- Rudrapal, D. and Nakamura, S. 1988. Use of halogens in controlling eggplant and radish seed deterioration. *Seed Sci. and Tech.*, 16, 115-122
- Ruzic, R. and Jerman, I. 2002. Weak magnetic field decreases heat stress in cress seedlings. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 21(1); 69-80.
- Savostin, P.W. 1930. Magnetic growth relations in plants. *Planta*, 12, 327.
- Scaiano J.C., Cozens F.L., Mohtat N., 1995. Influence of combined AC-DC magnetic fields on free radicals in organized and biological systems. Development of a model and application of the radical pair mechanism to radical in micelles. *Photochemistry and Photobiology*, 62(5); 818-829.
- Schopfer, P. 2001. Hydroxyl radical induced cell wall loosening in vitro and in vivo: implications for the control of elongation growth. *Plant J.*, 28, 679-688.
- Schwember Andre's R. and Bradford Kent J. 2011. Oxygen interacts with priming, moisture content and temperature to affect the longevity of lettuce and onion seeds. *Seed Science Research*, 21, 175–185.
- Seckmeyer, G., Pissulla, D., Glandorf, M., Henriques, D., Johnsen, B., Webb, A., ... and Lenoble, J. 2008. Variability of UV irradiance in Europe. *Photochemistry and photobiology*, 84(1); 172-179.
- Selvarani, K., and Umarani, R. 2011. Evaluation of seed priming methods to improve seed vigour of onion (*Allium cepa* cv. *aggregatum*) and carrot (*Daucus carota*). *Journal of Agricultural Technology*, 7(3); 857-867.
- Sgherry, C.L.M. Pinzino, C. and Navari-Izzo, F. 1996. Sunflower seedlings subjected to increasing water stress by water deficit: changes in O₂-production related to the composition of thylakoid membranes. *Physiol Plant*, 96, 446-52.
- Shabrangi, A. and Majd, A. 2009a. Effect of magnetic fields on growth and antioxidant systems in agricultural plants. *PIERS Proceedings*, 1142-1147.
- Shabrangi A. and Majd A. 2009b. Effect of magnetic field on growth and antioxidant systems in agricultural plants. *Progress in Electromagnetics Research Symposium*, Beijing; China, March, 23-17.

- Sharma, V., Dadlani, M., Basu, S., Anand, A. and Hossain, F. 2017. Comparison between pulsed and static magnetic treatment for enhancement of germination characteristics in differentially aged maize seeds. *Chem. Sci. Rev. Lett.*, 6(23); 1617-1622.
- Shaukat, S. S., Farooq, M. A., Siddiqui, M. F. and Zaidi, S. A. H. A. R. 2013. Effect of enhanced UV-B radiation on germination, seedling growth and biochemical responses of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *Pak. J. Bot.*, 45(3); 779-785.
- Shine, M.B., Guruprasad, K. and Anand, A. 2011. Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 32, 474-484.
- Shine, M.B. and Guruprasad, K. 2012. Impact of pre-sowing magnetic field exposure of seeds to stationary magnetic field on growth, reactive oxygen species and photosynthesis of maize under field conditions. *Acta Physiol. Plant.*, 34, 255-265.
- Shine, M.B., Guruprasad, K. and Anand, A. 2012. Effect of stationary magnetic field strengths of 150 and 200 mT on reactive oxygen species production in soybean. *Bioelectromagnetics*, 33, 428-437.
- Shine, M.B., Kataria, S., Guruprasad K.N. and Anand, A. 2017. Enhancement of maize seeds germination by magnetopriming in perspective with reactive oxygen species. *Journal of Agriculture and Crop Research*, 5(4); 66-76.
- Siddiqui, A., Dawar, S. H. A. H. N. A. Z., Zaki, M. J., and Hamid, N. 2011. Role of ultra violet (UV-C) radiation in the control of root infecting fungi on groundnut and mung bean. *Pak. J. Bot.*, 43(4); 2221-2224.
- Silva, J.A.T. and Dobranszki, J. 2016. Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? *Protoplasma*, 253, 231-248.
- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytol.*, 125, 27-58.
- Soltani, F. and Kashi, A. 2004. Effect of magnetic field on lettuce seed germination and its growth. *Iranian Horticultural Science and Technology*, 5, 101-108.
- Soltani, F., Kashi, A. and Arghavani, M. 2006a. Effect of magnetic field on *Asparagus officinalis* L. seed germination and seedling growth. *Seed Sci. and Tech.*, 34(5); 349-353.
- Soltani, F., Kashi, A. and Arghavani, M. 2006b. Effect of magnetic field on *Ocimum basilicum* seed germination and seedling growth. I International Symposium on the Labiatae. *ISHS Acta Horticulturae*, 723, 279.

- Sung, Y., Cantliffe, D.J. and Nagata, R.T. 1998. Using a puncture test to identify the role of seed covering on thermotolerant lettuce seed germination. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 123, 1102-1106.
- Taia, W., Al-Zahrani, H. and Kotbi, A. 2007. The effect of static magnetic forces on water contents and photosynthetic pigments in sweet basil *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). Saudi J. Biol. Sci., 14, 103-107.
- Teixeira da Silva, J.A. and Dobranszki, J. 2015. How do magnetic fields affect plants in vitro? In Vitro Cell Dev. Biol-Plant., 51, 233-240.
- Teklemariam, T. and Blake, T. J. 2003. Effects of UVB preconditioning on heat tolerance of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Environmental and Experimental Botany, 50(2); 169-182.
- Tezuka, T., Hotta, T., and Watanabe, I. 1993. Growth promotion of tomato and radish plants by solar UV radiation reaching the Earth's surface. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 19(1); 61-66.
- Tezuka, T., Yamaguchi, F. and Ando, Y. 1994. Physiological activation in radish plants by UV-A radiation. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 24(1); 33-40.
- Thejeshwini, B., Rao, A.M., Nayak, M.H. and Sultana, R. 2019. Effect of seed priming on plant growth and bulb yield in onion (*Allium cepa* L.). Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 8(1); 1242-1249.
- Thomas, S., Anad, A., Chinnusamy, V., Dahuja, A. and Basu, S. 2013. Magneto-priming circumvents the effect of salinity stress on germination in chickpea seeds. Acta Physio. Plant, 35, 3401-3411.
- TİGEM. 2017. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) 2017 yılı Tohumculuk Sektör Raporu.
- Tkalec M., Malarić K., Pavlica M., Pevalak-Kozlina B., Vidaković-Cifrek Ž. 2009. Effects of radiofrequency electromagnetic fields on seed germination and root meristematic cells of *Allium cepa* L.. Mutation Research, 672, 76–81.
- Torres, M., Frutos, G., and Duran, J. M. 1991. Sunflower seed deterioration from exposure to UV-C radiation. Environmental and Experimental Botany, 31(2), 201-207.
- Toutai, M.A., Boughanmi, N.G., Salem, M.B. and Houala, R. 2013. Effects of moderate static magnetic field presowing treatment on seedling growth and oxidative status in two *Raphanus sativus* L. varieties. African J. Biotech., 12, 275-283.
- TÜİK. 2019. 2018 Yılı bitkisel üretim istatistikleri. Web Sitesi: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim Tarihi: 27.05.2019.

- Uche, O. J., Adinde, J. O., Omiye, T. E., Ager, C. J. and Anieke, U. J. 2016. Influence of Hydropriming on germination and seedling emergence of green bell pepper (*Capsicum annuum* cv. Goliath). International Journal of Science and Nature, 7(1); 70-75.
- Ülgen, C., Yıldırım, A.B. ve Türker, A.U. 2017. Effect of magnetic field treatments on seed germination of *Melissa officinalis* L. International Journal of Secondary Metabolites, 4(3); 43-49.
- Vakharia, D.N., Davariya, R.L. and Parameswaran, M. 1991. Influence of magnetic treatment on groundnut yield and attributes. Indian J. Plant Physiol., 34, 131-136.
- Varier, A., Vari, A.K. and Dadlani, M. 2010. The subcellular basis of seed priming. Curr. Sci., 99, 450-456.
- Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2007. Effect of pre-sowing exposure to static magnetic field of maize (*Zea mays* L.) seeds on germination and early growth characteristics. Pusa Agrisci., 30, 48–55.
- Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2008. Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Bioelectromagnetics, 29(7); 571–578.
- Vashisth, A. and Nagarajan, S. 2010. Effect on germination and early growth characteristic in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. Journal of Plant Physiology, 167, 149-156.
- Vasilevski, G. 2003. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue, 179-186.
- Ventura, L., Donà, M., Macovei, A., Carbonera, D., Buttafava, A., Mondoni, A., Rossi, G. and Balestrazzi, A. 2012. Understanding the molecular pathways associated with seed vigor. Plant Physiology and Biochemistry, 60, 196-206.
- Verdaguer, D., Jansen, M.A., Llorens, L., Morales, L.O. and Neugart, S. 2017. UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown. Plant Science, 255, 72-81.
- Ward, F. H. and Powell, A. A. 1983. Evidence for repair processes in onion seeds during storage at high seed moisture contents. Journal of Experimental Botany, 34, 277-282.
- Wargent, J.J. and Jordan, B.R. 2013. From ozone depletion to agriculture: understanding the role of UV radiation in sustainable crop production. New Phytol., 197, 1058–1076.
- Weges, R. and Karssen, C.M. 1987. The influence of desiccation following pretreatment

- on germination of lettuce seeds. *Acta Horticulturae*, 215, 173-178.
- Wenke, L. and Qichang, Y. 2012. Effects of day-night supplemental UV-A on growth, photosynthetic pigments and antioxidant system of pea seedlings in glasshouse. *African Journal of Biotechnology*, 11(82); 14786-14791.
- Wolff, S.A., Coelho, L.H., Karoliussen, I. and Jost, A.I.K. 2014. Effects of the extraterrestrial Environment on plants: recommendations for future space experiments for the MELiSSA higher plant compartment. *Life*, 4, 189–204.
- Yalçın, S. ve Tayyar, Ş. 2011. Oğulotu Tohumlarının Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Manyetik Alanın Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Journal of Agricultural Sciences*, 21(3); 190-197.
- Yao, Y., Xuan, Z., He, Y., Lutts, S., Korpelainen, H. and Li, C. 2007. Principal component analysis of intraspecific responses of tartary buckwheat to UV-B radiation under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 61(3); 237-245.
- Yaycı, O. ve Alikamanoğlu, S. 2005. The effect of magnetic field on Paulownia tissue cultures. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 83, 109-114.
- Yıldırım, K. C., Özden, E., Demir, İ., Sönmez, İ. ve Şimşek, M. 2016. Organik biber (*Capsicum annuum* L.) tohumlarında hidropriming uygulamalarının tohum kalitesine etkisi. *Journal of Atatürk Central Horticultural Research Institute*, 45, 191-194.
- Yıldız M., Terzi H., Uruşak B., 2011. Bitkilerde krom toksisitesi ve hücrel cevaplar. *Erciyes Üniv., Fen Bilimleri Enst. Dergisi*, 27(2); 163-176.
- Yinan, Y., Yuan, L., Yongqing, Y. and Chunyang, L. 2005. Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. *Environ. Exp. Bot.*, 54, 286-294.
- Zaredost, F., Hashemabadi, D. and Jadid Soleimandarabi, M. 2017. Effect of strengths and exposure durations of magnetic field on seeds germination of *Catharanthus roseus* cv. 'Acillata'. *Journal of Ornamental Plants*, 7(2); 93-102.
- Zhang, L., Allen Jr, L. H., Vaughan, M. M., Hauser, B. A. and Boote, K. J. 2014. Solar ultraviolet radiation exclusion increases soybean internode lengths and plant height. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184, 170-178.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa Emre SARI

Doğum Yeri : ANKARA

Doğum Tarihi : 02.02.1987

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Maltepe Askeri Lisesi (2005)

Lisans : Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü (2010)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri A.B.D
(09.2010-02.2012)

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

- SESVANDERHAVE Turkey-Mühendis (2010-2011)
- TÜBİTAK-ARDEB-Bilimsel Programlar Uzmanı (2011-devam ediyor)

Yayınlar (SCI)

Özden, E., Mavi, K., Sarı, E. ve Demir, İ. 2017. Radicle emergence test predicts longevity (half viability period, p 50) of leek seed lots. Seed Science and Technology, 45(1); 243-247.

Araştırma Projeleri

Aşılı Fide Kullanımının Kavunda Tohum Verim ve Kalitesine Etkisi. Ankara Üniversitesi BAP, Araştırmacı, 2016-2018.