

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI SÜRE VE ŞİDDETLERDE MANYETİK ALAN
UYGULAMALARININ KURAK KOŞULLARDA BİBERDE
TOHUM ÇİMLENMESİ VE FİDE ÇIKIŞI
ÜZERİNE ETKİLERİ

LALE ÖZKAN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Gökçen YAKUPOĞLU

YOZGAT – 2023

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI SÜRE VE ŞİDDETLERDE MANYETİK ALAN
UYGULAMALARININ KURAK KOŞULLARDA BİBERDE
TOHUM ÇİMLENMESİ VE FİDE ÇIKIŞI
ÜZERİNE ETKİLERİ

Lale ÖZKAN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Gökçen YAKUPOĞLU

YOZGAT – 2023

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

LALE ÖZKAN

08/02/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI SÜRE VE ŞİDDETLERDE MANYETİK ALAN UYGULAMALARININ KURAK KOŞULLARDA BİBERDE TOHUM ÇİMLENMESİ VE FİDE ÇIKIŞI ÜZERİNE ETKİLERİ

LALE ÖZKAN

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKÇEN YAKUPOĞLU

Bu çalışma, farklı süre ve şiddetlerde uygulanan manyetik alan (MA) uygulamalarının biberde kuraklık stresi üzerine etkilerinin araştırılması amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait iklim odası ve laboratuvarlarında yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak Arzuman tatlı kıl çeşidi biber kullanılmıştır. Arzuman tatlı kıl çeşidine ait tohumlara Hall Etkisi Ölçüm Sistemi (HEMS) kullanılarak 3, 5 ve 7 dakika süreler ile 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 ve 1.1 T şiddetlerinde MA uygulaması yapılmıştır. Uygulama yapılan tohumlar kurak stresine maruz bırakılarak çimlenme oranı ve çimlenme süreleri incelenmiştir. Çalışmada aynı zamanda MA uygulanmış tohumlar torf perlit karışımı içeren ortamlara ekilmiş ve elde edilen fidelere kuraklık stresi uygulanmıştır. Kuraklık stresi sonrası fidelerde bitki boyu, yaş ve kuru sürgün ağırlıkları, klorofil, karotenoid ve antosiyanin içerikleri yanı sıra doku elektrik iletkenliği, hidrojen peroksit (H_2O_2), malondialdehit (MDA) ve prolin içeriği parametreleri incelenmiştir. En iyi çimlenme oranı %79.50 ile sulanan koşullarda belirlenirken, kurak koşullarda ise bu oran %76.25'e düşmüştür. MA şiddetleri çimlenme parametreleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki göstermezken, 5 dk MA uygulaması %81.40 ile en yüksek çimlenme yüzdesi elde edilmiştir. Kurak koşullarda çimlenme üniformitesi 8.74 gün olarak tespit edilirken, sulanan koşullarda 7.46 gün olmuştur. Ortalama çimlenme süresi ise en erken 5.70 gün ile sulu koşullarda ve en geç 6.23 ile de kurak koşullarda tespit edilmiştir. Yaş ve kuru ağırlık (sırasıyla 2.10 g-0.22 g) açısından en iyi MA şiddeti 0.7 T uygulaması olmuştur. Bitki boyu 3 dk MA uygulamasında 6.09 cm ile en iyi sonucu vermiştir. Tüm uygulamalarda en fazla antosiyanin birikimi KŞ- 5 dk- 0.5 T uygulaması ile KŞ- 7dk- 0.9 uygulamasında belirlenmiştir. MDA içeriği bakımından incelendiğinde en az bozulma 1.20 nmol g^{-1} TA ile 0.7 T uygulamasında olmuştur. Prolin birikimi açısından 0.12 nmol g^{-1} TA ile en iyi sonuç 0.3 ve 0.5 T uygulamalarında belirlenmiştir. Çalışma sonucunda MA uygulamasının kurak koşullarda çimlenme, büyüme ve biyokimyasal içerikler üzerine olumlu etkileri görülmektedir.

2023, 55 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Biber, manyetik alan, kuraklık stresi, tohum, fide

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECTS OF MAGNETIC FIELD APPLICATIONS IN DIFFERENT DURATIONS AND INTENSITIES ON PEPPER SEED GERMINATION AND SEEDLING EMERGENCE OF UNDER DROUGHT CONDITIONS

LALE ÖZKAN

**YOZGAT BOZOK UNIVERSITY
SCHOOL OF GRADUATES STUDIES**

DEPARTMENT OF HORTICULTURE

SUPERVISOR: Asst. Prof. Dr. GÖKÇEN YAKUPOĞLU

This study was conducted in the climate chamber and laboratories of Yozgat Bozok University Faculty of Agriculture to investigate the effects of magnetic field (MF) applications applied at different times and intensities on drought stress in pepper. Arzuman pepper was used as the material. The seeds of the Arzuman cultivar were treated with MF at intensities of 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 and 1.1 T for 3, 5 and 7 min using the Hall Effect Measurement System (HEMS). The germination rate and germination time were investigated by exposing the treated seeds to drought stress. In the study, MF-treated seeds were planted in media containing a peat perlite mixture, and drought stress was applied to the seedlings obtained. After drought stress, plant height, fresh and dry shoot weights, chlorophyll, carotenoid and anthocyanin contents as well as tissue electrical conductivity, hydrogen peroxide (H₂O₂), malondialdehyde (MDA), and proline content parameters were investigated. While the best germination rate was determined at 79.50% in irrigated conditions, this rate decreased to 76.25% in drought conditions. While MF intensities did not have a statistically significant effect on germination parameters, the highest germination percentage was obtained with 81.40% in 5 min MF application. Germination uniformity was determined as 8.74 days in drought conditions, while it was 7.46 days in irrigated conditions. The mean germination time was determined as 5.70 days at the earliest in irrigated conditions and the latest at 6.23 in drought conditions. In terms of wet and dry weight (2.10 g-0.22 g, respectively), the best MF severity was 0.7-T application. The plant height gave the best result with 6.09 cm in 3 min MF application. In all applications, the highest anthocyanin accumulation was determined in the DC-5 min- 0.5 T application and the DC-7 min- 0.9 application. When examined in terms of MDA content, the least deterioration was observed in the application of 1.20 nmol g⁻¹ FW and 0.7 T. In terms of proline accumulation, the best results with 0.12 nmol g⁻¹ FW were determined in 0.3 and 0.5 T applications. Because of this study, positive effects of MF application on germination, growth and biochemical contents are seen in drought conditions.

2023, 55 PAGES

KEYWORDS: Pepper, magnetic field, drought, salt stress, seed, seedling

ÖNSÖZ

‘Farklı süre ve şiddetlerde manyetik alan uygulamalarının biberde kuraklık stresinin çimlenme ve çıkış üzerine etkileri’ adlı bu çalışma Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Araştırmalarım sırasındaengin bilgi birikimi ve çözümleyici tavırları ile her zaman güven ve başarı duygusunu aşılayarak yetismeme ve gelişmeme katkıda bulunan, birlikte çalışmaktan büyük onur ve mutluluk duyduğum değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gökçen YAKUPOĞLU’ na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve iyileştirilmesi konusunda katkılarını sunan tez izleme komitesi üyelerim Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ’a ve Doç. Dr. Gülден BALCI hocalarıma saygılarımla teşekkür ederim.

Çalışmalarımın tüm aşamalarında bilgilerini, fikirlerini, maddi ve manevi tüm desteklerini esirgemeyen hocam Dr. Tuğba KILIÇ’a ve Öğr. Gör. Dr. Gökçe AYDÖNER ÇOBAN’a saygılarımla teşekkür ederim. Ayrıca laboratuvar çalışmalarımda yanımda olan tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lale ÖZKAN

08/02/2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Tez Beyanı.....	iii
Özet.....	iv
Abstract.....	v
Önsöz.....	vi
İçindekiler.....	vii
Tablolar Listesi.....	ix
GrafiklerListesi.....	x
Resimler Listesi.....	xi
Simgeler ve Kısaltmalar Listesi.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENELBİLGİLER.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal	13
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Çimlenme testi	14
3.2.2. Fide çıkış testi.....	20
3.2.3. Yaş ve kuru fide sürgün ağırlığı	20
3.2.4. Klorofil içeriği.....	20
3.2.5. Karotenoid içeriğinin belirlenmesi.....	20
3.2.6. Antosiyanin içeriği.....	21
3.2.7. Doku elektrik iletkenliği.....	21
3.2.8. Hidrojen peroksit analizi.....	21
3.2.9. Malondialdehid analizi.....	22
3.2.10. Prolin analizi.....	22
3.2.11. İstatistik analiz.....	22
4. BULGULAR	23
4.1. Manyetik alan uygulamasının kurak koşullarda çimlenme verileri üzerine etkileri.....	23

4.2. Manyetik alan uygulamasının kurak koşullarda bitki üzerine etkileri.....	27
5. TARTIŞMA.....	43
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	45
7. KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	55



TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1.1	Farklı şiddetlerde, farklı sürelerde MA uygulamasının kurak ve optimum koşullarda çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri.....	23
Tablo 4.1.2	MA uygulamasının kurak ve kontrol gruplarında K x MD, K x MŞ ve MD x MŞ uygulamasının çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri.....	25
Tablo 4.2.1	Farklı koşullarda, farklı dakikalarda ve farklı şiddetlerde uygulanan MA uygulamasının yaş ağırlık, kuru ağırlık, bitki boyu, antosiyanin, toplam klorofil ve karatonoid üzerine etkisi.....	29
Tablo 4.2.2	MA uygulamasının K x MD, K x MŞ ve MD x MŞ uygulamasının yaş ağırlık, kuru ağırlık, bitki boyu, antosiyanin ,toplam klorofil ve karatonoid üzerine etkisi.....	32
Tablo 4.2.3	Farklı koşullarda, Farklı dakikalarda ve farklı şiddetlerde uygulanan Ma uygulamasının MDA, PROLİN,H ₂ O ₂ ve EC üzerine etkisi.....	38
Tablo 4.2.4	MA uygulamasının kurak ve normal koşullarda K x MD, K x MŞ ve MD x MŞ uygulamasının MDA,Prolin,H ₂ O ₂ ve EC üzerine etkileri.....	39

GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafikler</u>	<u>Sayfa No</u>
Grafik 4.1.1 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda çimlenme yüzdesi üzerine etkileri	26
Grafik 4.1.2 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda çimlenme üniformitesi üzerine etkileri.....	27
Grafik 4.1.3 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda ortalama çimlenme üzerine etkileri.....	27
Grafik 4.2.1 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda yaş ağırlık üzerine etkileri.....	34
Grafik 4.2.2 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda kuru ağırlık üzerine etkileri.....	34
Grafik 4.2.3 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda bitki boyu üzerine etkileri.....	35
Grafik 4.2.4 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda antosiyanin içeriği üzerine etkileri.....	35
Grafik 4.2.5 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda toplam klorofil üzerine etkileri.....	36
Grafik 4.2.6 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda karotenoid üzerine etkileri.....	36
Grafik 4.2.7 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda MDA üzerine etkileri.....	41
Grafik 4.2.8 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda prolin üzerine etkileri.....	41
Grafik 4.2.9 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda H ₂ O ₂ içeriği üzerine etkileri.....	42
Grafik 4.2.10 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda EC içeriği üzerine etkileri.....	42

RESİMLER LİSTESİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa No</u>
Resim 3.1 HEMS sisteminin görünümü ve tohumlara MA uygulama.....	13
Resim 3.2. MA uygulanmamış kontrol bitkileri.....	14
Resim 3.3. 0.3 T MA uygulanmış bitkiler.....	15
Resim 3.4. 0.5 T MA uygulanmış bitkiler.....	16
Resim 3.5. 0.7 T MA uygulanmış bitkiler	17
Resim 3.6. 0.9 T MA uygulanmış bitkiler.....	18
Resim 3.7. 1.1 T MA uygulanmış bitkiler.....	19

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
----------	-------------

mT	: MikroT
hz	: Hertz
μmol	: Mikromol
mL	: Mililitre
g	: Gram
μL	: Mikrolitre
nM	: Nanomol
T	: T
Cm	: Santimetre

Kısaltmalar	Açıklamalar
-------------	-------------

MA	: Manyetik alan
N	: Kuzey
S	: Güney
HEMS	: Hall Etkisi Ölçüm Sistemi
BİLTEM	: Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
EC	: Doku elektrik iletkenliği
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
MDA	: Malondialdehit
TCA	: Trikloroasetik asit
TBA	: Thiobarbitürik
TA	: Taze ağırlık

1. GİRİŞ

Solanaceae familyasının üyesi olan biber (*Capsicum annuum* L.), meyvelerinden faydalanılan bir sebzedir. Uzmanlar biberin anavatanının Amerika kıtasının tropik ve subtropik ülkeleri olduğu üzerinde birleşmektedir ve buradan dünyaya yayıldığını kabul edilmektedir. Biber Amerika'dan Avrupa'ya ilk olarak 1493 yılında İspanya'ya ardından 1548 yılında İngiltere'ye daha sonra diğer Avrupa ülkelerine girmiştir. Osmanlı İmparatorluğu döneminde özellikle 16. yy içerisinde ilk olarak İstanbul'a gelmiş ve oradan dağılım göstermiştir. Ege, Marmara, Güney ve Güneydoğu Anadolu ile Karadeniz bölgeleri önemli biber üretim bölgelerimizdir (Vural vd., 2000).

Biberin sistematığı ile ilgili olarak araştırmacıların görüşleri arasında önemli farklılıklar vardır (Vural vd. 2000). Heiser ve Smith'e göre (1953) 4 önemli biber türü mevcut olup, bunlar *Capsicum annuum*, *Capsicum pendulum*, *Capsicum frutescens* ve *Capsicum pubescens*'tir.

Biber sofralarımızda taze olarak kullanıldığı gibi yemeklerde de kullanılır. Ayrıca salçası, turşusu ve kurutulmuşu da sevilerek tüketilir. Bölgelerimize göre çeşitli şekillerde hazırlanmış toz biberlerde yemeklerde kullanılır. Son yıllarda özellikle acı biberlerden elde edilen biber suyu sanayi de geniş ölçüde yayılım gösterir. Biberlerde kapsisin (capsaicin) ($C_{18}H_{28}NO_3$) alkaloidi bulunur (Vural vd. 2000).

Biber toprak isteği bakımından fazla seçici değildir. Kumlu veya killi topraklarda yetiştirilebilir. Toprağın organik bakımından zengin olmasından hoşlanırlar. Biber için en iyi çimlenme sıcaklığı 25-30 °C olurken en düşük sıcaklık ise 13-15 °C arasındadır (Lorenz ve Maynard, 1988).

Bitkisel üretimde karşılaşılan sorunlardan biri abiyotik stres etkisine bağlı yaşanan olumsuzluklardır. Abiyotik faktörleri bitki gelişimine, verime, ürün kalitesine olumsuz etki etmekle beraber hastalık ve zararlıların artışına da sebep olmaktadır (Vural vd., 2000).

Bitkilerin karşılaştığı abiyotik stres faktörlerinden biri de kuraklık stresidir. Kuraklık stresi; bitkinin ihtiyacı olduğu suyu alamaması durumudur. İklim değişikliği kuraklık riskini arttırmaktadır. Kuraklığın gelişmesi başlangıçta yavaştır ve kolaylıkla fark edilmeyebilir. Kuraklığın etkileri hafife alındığında ekosistemler ve ekonomiler üzerinde ciddi zarar verici etkileri olabilir. Bitkiler yetiştirme koşullarında farklı miktarda suya ihtiyaç

duyarlar özellikle büyüme dönemlerinde bitki kök bölgesindeki su oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalarda kurak koşulların bitki gelişimini, verimini ve kalitesini olumsuz etkilediği görülmüştür. Kurak koşullarda büyüyen bitkiler normal koşullarda yetişen bitkilere göre daha küçük (boyları daha kısa) olur. Bu yüzden bitkilerden kaliteli ve fazla miktarda ürün alabilmek için belirli bir düzeyde suyun bulunması gerekmektedir (FAO 2022; Yıldırım vd., 2021).

Manyetik alan (MA); hareket eden elektrik yükleri ile zamanla değişen elektrik alanlardan veya temel parçacıklar tarafından içsel olarak ortaya çıkmaktadır. Vektörel bir büyüklüktür ve herhangi bir noktada yönü ve şiddeti ile belirtilmektedir. Manyetik alan en genel tanımla; hareket eden elektrik yüküne etki eden kuvvet olarak bilinir ve Lorentz kuvveti ile tanımlanmıştır. Elektrik alanı, akım ve onları oluşturan yükler arasındaki ilişki ise Maxwell Denklemleri ile açıklanmıştır. Özel Görelilik Kuramı'nda elektrik ve manyetik alan bir cismin birbiriyle ilişkili iki özelliği olarak belirtilmektedir. Kuantum fiziğinde ise elektromanyetik etkileşimler foton değişimi ile gerçekleşmektedir. Manyetik alanın birçok kullanım alanı bulunmakla birlikte, dönen manyetik alan elektrik motorlarında ve jeneratörlerin çalışma prensibini oluşturmaktadır. Son yıllarda biyoloji, tıp ve tarım ile uğraşan birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu alanlarda kullanımı ve kullanımına ilişkin çalışmalar ağırlık kazanmıştır (Bağatırlar, 2016).

Dünyanın doğal olarak sahip olduğu 50 mikroTlık (mT) bir manyetik alanı bulunmaktadır ve bu manyetik alan pusulanın temel çalışma prensibidir (Belyavskaya, 2004). Manyetik alanları oluşturan elektronlar, kendi eksenleri etrafında ve bulundukları atomun çekirdeklerinin etrafında hareket ederler bununla birlikte elektronların hareketi bir manyetik alan oluşturur. Bu alan içerisinde bulunan malzemelere de manyetik özelliklerine göre bir kuvvet uygular. Manyetik alan çizgilerinin yönü kuzeyden (N) güneye (S) doğrudur. Manyetik alan "B" harfiyle ifade edilmiştir. SI birimi olarak ifadesi bilim adamı Nikola T'nin soyadı olan T'dir. Manyetik alan Lorentz kuvveti kullanılarak ölçüldüğü için birimi coulomb-metre/saniye başına Newton'dur. Günlük olaylar için çok büyük bir birim olan T yerine genellikle, gauss kullanılmaktadır (Anonim 2022; Bağatırlar, 2016).

Üç farklı manyetik alan türü vardır: **1) Statik Manyetik Alan:** MA şiddeti ve yönü zamana bağlı olarak değişmemektedir. Sabit akımla, bir sürekli mıknatısla veya doğru akım elektromıknatıslarıyla yaratılabilmektedir (Kovacs vd., 1997). **2) Hareketli/Salınımlı Manyetik Alan:** MA şiddeti ve yönü zamana bağlı olarak sabit ya da azalan sinüsoidal

dalgalar şeklindedir. Alternating Current elektro mıknatıslarıyla (alternatif akımla çalışan mıknatıs) yaratılabilmektedir (Kovacs vd., 1997). Manyetik alan kuvveti dalga boyu ve frekansına bağılı olarak değişmektedir. **3) Vurgulu Manyetik Alan:** Vurgulu manyetik alan sürekli akım yerine kısa vurgulu elektrik akımı kullanılarak yaratılabilmektedir. Sürekli mıknatıslara göre daha güçlü manyetik alan yaratılmaktadır (Çalışkan ve Dirim, 2016).

Kuraklık stresi üretimi etkileyen önemli kısıtlayıcı çevresel etmenlerdendir. Kuraklık, ekstrem sıcaklıklar gibi abiyotik çevresel stresler bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve moleküler seviyesinde etkileriyle bitki büyümesi ve verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Javadian vd., 2010).

Tohuma MA uygulaması ile tohum kalitesinin, fide büyümesi ve genel olarak bitki büyümesini arttırmak amaçlanmıştır. Biber Türkiye ve dünyada yaygın olarak yetiştirilen bir sebze olduğu için seçilmiştir. MA uygulamaları kimyasal ve biyolojik metodlara alternatif olarak kullanılabilmesi yanında, pratik olması, daha az maliyetle daha fazla miktarda tohuma uygulanabilmesi de kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Uygulamanın bitki sağlığı açısından güvenilir olması da MA uygulamasının seçilmesinde etkili olmuştur. Kuraklık ülkemiz ve ilimizde yetiştiriciliği sınırlayan stres faktörleri arasında başta gelmektedir. Bu açıdan stres etmenlerine karşı MA uygulaması ülkemiz ve ilimiz içinde önem taşımaktadır. Bu çalışmada MA uygulamasının bitkiler üzerindeki faydalı etkilerinden yola çıkarak; biberde kuraklık stresinde MA'nın tohum çimlenme ve fide çıkışı üzerine etkilerini belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Manyetik alan biyolojik organizmalar üzerinde çeşitli etkiler oluşturmaktadır. Bu etkiler hücrelerde ve organizmalarda yapılan araştırmalar ile incelenmektedir. MA'nın biyolojik sistemler ile etkileşime girmesi sonucu bitkilerin normal fonksiyonları üzerinde meydana gelebilecek olan etkilerin değerlendirilmesi biyolojik sistemlerin çok karmaşık yapılı olmaları nedeniyle zordur. Yapılan çalışmalarda bir MA uygulamasının, ara ürünlerin elektron dönüşlerini etkilemesiyle birlikte kimyasal reaksiyonların etkilendiğini ve bu etkilerin biyolojik bazı sonuçlara yol açtığı ileri sürülmüştür (Alshalwi, 2017). Hücre seviyesinde yapılan bazı çalışmalarda G1 fazında RNA ve protein sentezinin, MA şiddetinin değişikliğinden etkilendiği ve MA'a maruz bırakılan hücrelerde, hücre bölünme hızında artış olduğu bildirilmiştir (Negishi vd., 1999; Muraji vd., 1998).

MA'nın bitki gelişimi üzerine etkisi üzerine çalışmalar ilk defa Sawostin tarafından 1930 yılında buğday bitkisinde yapılmıştır. Buğday fidelerinin boyunda iki katı artış olduğu saptanmıştır. Günümüze kadar; mercimek, kantaron, nane, patates, bezelye, soğan, biber, marul, turp, havuç, hıyar, patlıcan, bamya, fasülye, ayçiçeği, tahıl, soya, yerbıstığı, pirinç, pamuk, mısır, lahana, domates, üzüm, çilek, hurma, kadife çiçeği, pavlonya bitkilerinde manyetik alan kullanımına ilişkin araştırmalar yürütülmüştür. Manyetik alan konusundaki çalışmalar incelendiğinde, tohum ya da fideler üzerinde çalışmaların yürütüldüğü; doku kültürü çalışmalarında eksplant olarak kullanılan bitki parçalarına uygulandığı görülmektedir. Çalışmaların bazılarında önce tohumlara nemlendirme yapılmış sonrasında manyetik alan uygulanmış, büyük çoğunluğunda ise kuru tohumlara doğrudan manyetik alan uygulaması yapıldığı görülmüştür. Bazı çalışmalarda ise manyetik alana uygulanmış su ile tohumlar nemlendirilerek çalışmalar yapılmıştır (Sarı, 2019).

Manyetik alanın bitkiler üzerindeki bazı etkileri şunlardır (Vasilevski, 2003):

- Tohum çimlenme oranının arttırılması
- Verimin arttırılması
- Dış etkilere karşı artan direnç (kuraklık, donma vb.)
- Zararlılara ve hastalıklara karşı artan direnç
- Ürünlerin daha iyi niteliksel özellikleri (protein, şeker, vitaminler, yararlı metabolitler)
- Pestisit uygulamasının azaltılması

- Hızlandırılmış olgunlaşma
- Daha yüksek kalitede daha güvenli ürünler
- Yeraltı ve yüzey suyu kirliliğinin azalması
- Herhangi bir toprak ve iklim koşulunda ve farklı kültürlerde tekrarlanan olumlu etkiler
- Üretici gelirinin artırılması

MA uygulamaları; tohum kalitesini, fide büyümesini ve genel olarak büyümeyi arttırarak verimi arttırmak, tohum türlerinde yetersizlik bulunan yönleri ıslah ederek geliştirmek amacıyla kullanılabilmektedir (Pietruszewski, 1993; Ahmet, 2003). Elektromanyetik alanlar bitki gelişim süreçlerini farklı yönlerden etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, elektro MA'nın akışı, maruz kalma süresi bitkilerin farklı süreçlerini farklı yönlerde etkileyebilmektedir (Audus, 1960). Tür farklılığı, MA şiddetlerine ve MA'a maruz kalma süresine göre farklı tepkiye sebep olmaktadır (Majd vd., 2009). Öte yandan, farklı bitki türlerinin fiziksel özellikleri üzerinde MA etkisi mekanizması tam olarak açık değildir. Bitki türlerinin MA'a tepkileri, MA şiddetine ve maruz kalma süresine, tohum hazırlanma metoduna, tür ve tohum özelliklerine göre farklılık göstermektedir (Dhawi vd., 2009). MA'nın bitkiler üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmaların çoğunlukla kültür bitkilerinde yoğunlaştığı görülmektedir, son yıllarda ise orman ağacı türlerinde de çalışmalar mevcuttur (Alshalwi, 2017)

Birçok çalışma, MA uygulamasının tohumlar üzerinde olumlu etki yaptığını göstermektedir. MA uygulaması bazı türlerin tohumlarına ekim öncesi işlemi olarak uygulanabilmektedir. Ekim öncesi uygulanan bu ön işlemler tohum performansını artırmaktadır (Tahir ve Karim, 2010). Ekim öncesi uygulanan MA'nın büyüme hızı, çimlenme yüzdesi ve çimlenme oranı üzerinde olumlu etkiler yaptığı ortaya konulmuştur, ayrıca çimlenme değerleri düşük olan tohumlar içinde önemli olduğu ifade edilmektedir (Pietruszewski vd., 2007). Priming uygulaması olarak MA kullanılmakla birlikte bu magnetopriming uygulamaları, MA'nın bitkilerde biostimülant gibi görev yapabildiğini ortaya koymaktadır. MA uygulaması tohumlarda kimyasal ve biyolojik uygulama metodlarına alternatif olabilecek ekim öncesi uygulama olarak görülmektedir (Vakharia vd., 1991; Alexander ve Doijode, 1995).

MA uygulamasının bazı çalışmalarda tohumlar üzerindeki etkisi yanında fide gelişimi ve verimi üzerine etkili olduğu da belirtilmektedir (Pietruszewski, 1993). Ayrıca

bitkilerde büyüme artışı görüldüğünü belirten çalışmalar bulunmaktadır (Penuelas, vd., 2004; Debeaujon, 2000). Bu çalışmaların sonuçlarına göre, elektromanyetik alan uygulaması bitki büyüme özelliklerini hızlandırmaktadır. Bu sonuçlara göre MA uygulamasının bitkilerde faydalı etkilerinin olduğuna ilişkin genel bir düşünce bulunmaktadır (Morar vd., 1988). MA uygulaması sürgün gelişimi, bitki boyu, yaş ağırlık, bitki başına meyve sayısı ve ortalama meyve ağırlığını olumlu etkilemektedir (Aladjadjiyan, 2002; Rochalska ve Orzeszko-Rywka, 2005; De Souza vd., 2006, Baghel vd., 2016, Kataria vd., 2017, b). Aynı zamanda MA uygulaması çiçek ile ilgili karakterlere başlıca da çiçek sayısı ve verimi (Danilov vd., 1993; Matsuda vd., 1993; Samy, 1998), tohum çimlenmesi (Amaya vd., 1996; Namba vd., 1998;) üzerine olumlu etki yaptığı belirlenmiştir. Uygun şiddet ve sürelerde uygulanan MA bitki su içeriğini klorofil düzeyini (Yinan vd., 2005); karaotenit seviyesini (Nechitailo ve Gordeev, 2001) ve protein miktarını (Mazza vd., 1999) değiştirmektedir. Bununla birlikte MA'nın bitkiler üzerindeki etkisi her zaman olumlu yönde değildir, bazı çalışmalarda MA uygulamasının incelenen özellik üzerinde etkisiz veya olumsuz etki yaptığına ilişkin de sonuçlar elde edilmiştir.

Buğday tohumlarının 125 ve 250 mT'lik iki farklı MA altında geçirdiği süre arttıkça ortalama çıkış zamanında da artış olduğu belirlenmiştir (Gholami vd., 2010). Dominguez vd. 2010 tarafından manyetik radyasyona (160-560 mT) maruz bırakılan mısır tohumlarında tohum ve fide çıkış oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Bilalis vd. (2013) tarafından ekim öncesi pamuk tohumlarına yapılan MA uygulamasının (0.15 ve 30 d 12.5 mT), çimlenme, erken bitki gelişme parametreleri, element birikimi (N, P, K, Ca ve Mg) üzerine olumlu etkileri olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, organik bir uygulama olarak görülen bu uygulamanın; solunum ve fotosentez oranı ile stomatal iletkenlikte gelişim sağladığı bildirilmiştir.

Ayçiçeği, buğday ve soya gibi çeşitli bitkilerde yapılan çalışmalarda MA uygulamasının tohumların kontrole göre çimlenme yüzdelerinde artışında ve çimlenme sürelerinin kısılmasında olumlu bir etkisinin olduğu saptanmıştır (Gubbels, 1982). Rakosy-Tican vd. (2005) patates bitkisinde kallus kültürlerini farklı sürelerde MA aruz bırakmışlardır. Fidelerde yaş ağırlık, sürgün boyu, sürgün sayısı, klorofil (a ve b) ve karoten miktarları üzerine kontrol grubuna göre olumlu bir etki gösterdiğini belirlemiştir. Cardinal üzüm çeşidine, düşük frekanslı (50 Hz 0,15 mT) elektromanyetik alan 5, 10, 15, 20 ve 25 dk'lık sürelerde uygulanmıştır. Üzüm kalemelerinde vegetatif gelişmeye etkileri

incelendiğinde; kontrole göre gelişme gücü, boğum sayısı ve ortalama uzunluğu, kök gelişim düzeyi, köklenme yüzdesi, kök uzunluğu ve ağırlığı, sürgün uzunluğu ve ağırlığı üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Dardeniz ve Tayyar (2007).

Eşitken (2003) tarafından Camarosa çilek çeşidinde yapılan bir çalışmada bitkilerin 30 cm yukarısında çıplak elektrik teli geçirilerek 0.0054 (T) manyetik alan etkisi oluşturulmuştur. Uygulamada ise bitkilerde kontrole göre çiçeklenmenin yaklaşık 11 gün erken olduğu, yaprak alanı, yaprak sayısı, yaprak sapı uzunluğu, kardeşlenme ve kök uzunluğunun arttığı belirlenmiştir. Yaycılı ve Alikamanoğlu (2005), pavlonya bitkisinde, tohumlara 2.9-4.8 mT ve 1 m s⁻¹ hızla ve 0, 2.2, 6.6 ve 19.8 s saniye MA uygulanmış ve doku kültürüne almışlardır. Bitkiler 28 günün sonunda yaş ağırlık, yaprak sayısı ve klorofil miktarlarını açısından incelenmiş ve her 3 uygulamanın da MA uygulanan örneklerde kontrole göre daha yüksek olduğu görülmüştür. MA uygulanan kadife çiçeği tohumlarında, beş farklı MA uygulama şiddeti (25, 50, 75, 100 ve 125 mT) 3 dk süresince uygulanmıştır. Çimlenme, fide gelişimi ve karbonhidrat metabolizması açısından en iyi değerler 100 Mt uygulamasında elde edilmiştir (Afzal vd., 2012).

Ercan vd. (2022) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) üzerinde farklı MF kuvvetlerinin (20, 42, 125 ve 250 mT) etkisini araştırılmışlardır. Fenolojik parametrelerin yanı sıra dokuların olası hücre hasarı, elektron taşıma hızı, klorofil floresansı , manyetik karakteri ve elemental durumu belirlenmiştir. Sonuçlar, MF uygulamasının daha düşük güçlerinin (≤ 125 mT) çimlenmeyi iyileştirdiğini göstermiştir. Daha yüksek güçte (250 mT) MF tedavisinin manyetik momentlerin yönünü etkileyebileceği görülmektedir.. Bu bulgular, MF uygulamasının: bitkilerin manyetik karakterini değiştirebileceğini, çimlenmeyi, fotosentetik makineyi ve büyümeyi geliştirdiğini ve besin alımını etkilediğini göstermektedir. Kahverengi pirinç tohumlarına 10 mT, 60 dakika MA uygulaması çimlenme oranını arttırmıştır (Luo vd., 2022). Ayrıca kontrol ile karşılaştırıldığında, SMF işlemi α -amilaz aktivitesini (%15.2) geliştirerek nişastanın indirgen şekere (%8.2) hidrolizine yol açtığı ve sürgün uzunluğunu (%9.1 -87.3), kök uzunluğu (%19.2 -%110.0) ve taze ağırlığı (%0.9 -%16.5) arttırmıştır. Kamble vd.(2022) zerdaçal (*Curcuma longa*) bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmada zerdaçalın in vitro sürgün tomurcukları 20 ila 120 dakika arasında farklı sürelerde 200 mT yoğunlukta statik bir manyetik alana maruz bırakılmıştır. Kısa süreli (40 dakikalık maruz kalma süresi) SMF'nin taze ağırlık ve sürgün uzunluğunda maksimum artışla sürgün gelişimini uyardığını, buna karşın maruz kalma

süresindeki artışın sürgün uzunluğu ve biyokütlede azalmaya yol açtığını bulmuşlardır.. 40 dakika maruz bırakılan bitkilere ilişkin saha verileri, kontrol bitkilerine göre daha iyi biyokütle ve rizom veriminde maksimum gelişme gösterdiğini tespit etmişlerdir. Susam bitkisine tohum büyümesi ve çimlenme sırasında 50 Hz frekansla 0.0-0.5 mT MA uygulanmıştır. Tohum aşamasında 20 dakikalık MA uygulaması tohumların daha erken çimlenmesine, daha fazla büyümeye neden olmuştur (Tirono vd., 2021). Baghel vd. (2016) soya fasulyesi tohumlarına, farklı tuzluluk seviyelerinde (0, 25 ve 50 mM) 200 mT'lik statik manyetik alan (SMF) ile 1 saat ön işleme tabi tutmuşlardır. Sonuçlar, SMF ön işleminin, işlenmemiş tohumlara kıyasla hem tuzlu hem de tuzlu olmayan koşullar altında bitki büyüme özelliklerini, kök nodül sayısını, nodül sayısını, taze ağırlığı, biyokütle birikimini ve fotosentetik performansı önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Ayrıca SMF' nin hem tuzlu hem de tuzsuz koşullar altında bakla sayısı, tohum sayısı ve tohum ağırlığı açısından soya fasulyesinin verimini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Jiang vd. (2022) hardal otunun (*Brassica juncea*) morfolojik özellikleri ve antioksidan yeteneği üzerine ekim öncesi manyetik alan uygulamışlardır. En iyi uygulamanın 150 Mt uygulaması olduğunu tespit etmişleridir. Manyetik işlemlerin fotosentetik pigmentler üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan çalışmada hurma fideleri iki farklı uygulamada manyetik alanlara maruz bırakılmıştır. Birinci denemede fideler üç seviyede (10, 50 ve 100 mT) ve farklı sürelerde (30, 60, 180, 240 ve 360 dk) statik manyetik alan ile muamele edilmiştir. İkinci denemede fideler 1,5 T'de farklı sürelerde (1, 5, 10 ve 15 dakika) alternatif manyetik alan ile muamele edilmiştir. Sonuçlar, statik manyetik alan altında pigment içeriğinin (klorofil a, klorofil b, karotenoidler ve toplam pigmentler) önemli ölçüde arttığını göstermiştir. En yüksek ölçümler, 360 dakikalık maruziyetten sonra 100 mT'de kaydedilmiştir. (Dhawi vd., 2009). Karimi vd. (2017) tatlı mısır tohumlarına zayıf (15 mT) ve güçlü (150 mT) manyetik alanları farklı sürelerde (0, 6, 12 ve 24 saat) uygulamışlardır. MF uygulamaları, tuzluluktan bağımsız olarak çimlenme oranını ve yüzdesini artırdı ve bitki büyümesini iyileştirdi. Daha güçlü Manyetik alan uygulaması ile daha yüksek çimlenme oranı elde edilmiştir. Chen vd. (2011) maş fasulyesi fidelerinde kadmiyumun toksikolojik etkileri azaltmak için yaptıkları çalışmada tek başına manyetik alan ön işlemleri, elektrolit sızıntısının iletkenliğinde ve köklerde ve yapraklarda MDA, H₂O₂ konsantrasyonlarında azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Abdollahi vd. (2019) badem tohumları üzerinde yaptıkları çalışmada toplam şeker, çözünür protein içerikleri, prolin, malondialdehit (MDA), fenolik bileşikler ve antosiyanin

ile antioksidan enzimlerin aktivitesi ve toplam antioksidan kapasite üzerindeki etkilerini incelenmişlerdir. 5 saat olmak üzere 4 gün boyunca 10 MT uygulanan statik manyetik alanının prolin, fenolik bileşikler ve antosiyanin içeriğini artırdığı gözlemlenmiştir.

Vashisth ve Nagarajan (2010) ayçiçeği tohumlarına beş farklı MA şiddeti (50, 100, 150, 200 ve 250 mT) ve farklı süre (1, 2, 3 ve 4 saat) kombinasyonlarından, çimlenme ve 30 günlük fide gelişim değerleri bakımından en iyi sonuçları 50 ve 200 mT yoğunluk ve 2 saat süre uygulamaları vermiştir. Aladjadjiyan (2010) mercimek tohumlarına MA uyguladığı çalışmada 150 mT yoğunluk ve 4 farklı uygulama zamanı (3, 6, 9 ve 12 dk) içerisinde, çimlenme oranı, sürgün ve kök uzunluğu ve fide ağırlığı değerleri açısından en iyi sonuç 6 ve 9 dk uygulamalarından elde edilmiştir. Vashits ve Nagarajan (2007, 2008) mısır ve nohut tohumlarına statik manyetik alan altında yaptıkları çalışmalarda, tohumların çimlenme, fide gücü, 1 aylık mısır bitkilerinde kök/gövde gelişiminde önemli oranda artışlar olduğu belirlenmiştir.

Statik MA uygulamasının soya fasulyesi tohumlarına etkisinin incelendiği bir çalışmada, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 mT yoğunluk değerleri ile 30, 60 ve 90 dk süre kombinasyonları kullanılmıştır. Çalışmada, 200 mT/60 d ve 150 mT/60 dk uygulamaları pek çok parametre bakımından diğer uygulamalardan daha iyi sonuç vermişlerdir. Uygulama tohumların su alımı ve çimlenme hızını arttırmıştır. Fide uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlık değerleri uygulama yapılmamış tohumlara göre daha yüksek bulunmuştur (Shine vd., 2011). Fasulyede iki farklı uygulama süresi (kontrol ve 1.8 Mt) ve iki farklı sürede (30 ve 60 dk) uygulanan MA işleminin sonucunda; 60 dk'lık uygulama karakterler üzerinde olumsuz etki göstermiştir (Najafi vd., 2013).

Podlesny vd. (2004, 2005) yaptıkları çalışmalarda MA'nın fasulye ve bezelye tohumlarının çimlenme ve çıkışı olumlu etkilediğini tespit etmişlerdir. MA uygulaması fasulye ve bezelye bitkilerinde bakla sayısını arttırarak tohum veriminin artmasını sağlamıştır. Soya fasulyesi tohumlarına 2.9-4.6 mT MA uygulaması kök büyümesi üzerinde olumlu etki yapmıştır (Atak vd., 2007).

Düşük canlılıktaki soğan ve çeltik tohumlarına ekim öncesi uygulanan MA; çimlenme oranı, fide çıkışı, kök ve fide uzunluğu, yaş ve kuru ağırlık değerlerini her iki türde de arttırdığı belirlenmiştir. Kontrol grubuna göre soğan ve çeltik tohumlarında sırasıyla %36.60 ve %161.48 oranında çimlenme artışı belirlenmiştir (Alexander ve Doijode

1995).taze ve eski soğan tohumları ile yapılan çalışmada, taze tohumlarda 0.06 T (60 mT) yoğunlukta 30 dk yapılan uygulama ile çimlenme hızı, çimlenme oranı, fide uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı gibi çimlenme parametreleri kontrol grubuna göre daha iyi çıkmıştır. Eski tohumlarda 0.03T (30 mT) yoğunluk ve 60 dakika uygulama süresinde en iyi sonuçlar elde edilmiştir (Hozayn vd., 2015).

Biber tohumlarına ekim öncesi uygulanan 57-60 mT MA uygulaması çimlenme, fide gelişimi, meyve verim ve kalitesinde artış sağlamıştır. Çalışmada MA uygulanmış kuru tohumlar, MA uygulanmış suyla nemlendirilmiş tohumlar ve MA uygulanmış+MA uygulanmış suda nemlendirilen tohumlar olacal şekilde 3 farklı uygulama yapılmıştır. En yüksek çimlenme oranı (%90.3) MA uygulanmış+MA uygulanmış suda nemlendirilen tohumlardan elde edilmiştir. Uygulama yapılmamış tohumların çimlenme oranı ise %62.3 olarak belirlenmiştir (Ahamed vd., 2013).

Konefal-Janocha vd. (2019), 8 ve 20 mT'lik statik MA yoğunluğu kullanarak 3 ve 12 dk sürelerde MA uygulamışlardır. Çalışmada MA uygulanmış turp tohumlarının çimlenme oranı ve fide uzunluklarının önemli oranda arttığı belirlenmiş, en iyi sonucu veren uygulama 20 mT/12 dakika olarak belirlenmiştir. Yine 60 Hertz (Hz) ve 40 mT uygulanan MA, turp bitkisinde boyut ve ağırlık artışı sağlamıştır (Davies, 1996)

Turpta 30 sn için 50 Hz ve 30 veya 60 mT değişken MA uygulanmış farklı yaşlardaki (1-8 yaş) ve farklı çimlenme kapasitelerindeki (%66.5-92.5) tohumlar incelenmiştir. Her iki dozda da MA uygulaması eski tohumların çimlenmesini %12.3-19.2 oranında artırmıştır. Tohumlar MA'ya maruz bırakıldığında (doza bağlı olarak) hipokotil ve kök uzunluğu sırasıyla %17.8-22.2 ve %11.5-17.3 artmıştır (Krawiec vd., 2013). Touati vd. (2013), iki turp çeşidinin (Kırmızı: RR, Kırmızı Beyaz:R+W) tohumlarına manyetoşartlandırma uygulamış (100 ve 200 mT), farklı uygulama sürelerinde (2 ve 3 saat) fidelerin büyümesi ve oksidatif durumu üzerine etkilerini incelemişlerdir. 3 saat uygulanan 100 mT manyetoşartlandırma uygulaması, 8 günlük fidelerde biyokütlenin kontrole kıyasla RR için %26, R+W için %29 artmasına yol açmıştır. Bununla birlikte turp bitkilerinde katalaz (CAT) aktivitesi önemli ölçüde artmıştır.

Statik MA uygulaması sonrası çimlenme oranı artan marul tohumlarında, su alımının artmasının çimlenme ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (Reina ve Pascual, 2001). Bu ilişkiyi görebilmek için 0-10 mT arasında değişen düşük manyetik alan

uygulamasına maruz bırakılan marul tohumlarında su absorpsiyonunun manyetik alan 14 yoğunluğunun artışına paralel biçimde önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Reina ve Pascual, 2001). MA uygulaması (125 mT ve 250 mT) yapılan marul tohumlarında çimlenme oranı, kök uzunluğu, 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, 12 saat uygulamasının üzerindeki uygulama süresinde (24 saat) ölçülen değerlerde azalış gözlenmiştir (Mousavizadeh vd., 2013). İki farklı havuç çeşidinde yapılan MA uygulamasında, Perfekcja çeşidinde 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 öncesinde nemlendirilen hıyar tohumlarına 0.2 ve 0.45 T yoğunlukta MA uygulaması yapılmıştır. Hıyar tohumlarının MA altında fide çıkış ve çimlenme oranları ile hızlarının arttığı görülmüştür. Ancak, MA uygulamasının fidelerde UV-B stresine hassasiyeti arttırmıştır. (Yinan vd., 2005). Bhardwaj vd. (2012) hıyar tohumlarını 1, 2 ve 3 saat süresince 100 ila 250 mT arasında statik MA kuvvetine maruz bırakmışlardır. Manyetoşartlandırma yapılan tohumların yapılmayanlara oranla çimlenme oranı %49.0, çimlenme yüzdesi %18.5, fide uzunluğu %34.0 ve kuru ağırlığı %33.0 artmıştır. Farklı manyetik alan dozları arasından, 1 saat süresince 200 mT manyetoşartlandırma uygulaması, çimlenme parametreleri üzerinde önemli bir etki göstermiştir. Bu uygulama, çimlenen tohumların su alımını, reaktif oksijen türleri, hidrolitik ve antioksidan enzim sistemindeki değişiklikleri incelemek için seçilmiş ve bir sonraki inceleme aşamasına tabi tutulmuştur. Tohumların şişmesi sürecinde su alma değerleri, uygulamanın yapıldığı tohumlarda kontrole kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Hidrolitik enzimler olan amilaz ve proteazın aktiviteleri, MA uygulananlarda kontrolden sırasıyla %51 ve %13 oranında daha yüksek olmuştur. Yine kontrole kıyasla uygulama yapılan tohumlarda, süperoksit radikalleri %40, H₂O₂ %8 artarken antioksidan enzimlerinden süperoksit dismutaz (SOD) %8, CAT %83 ve glutatyon redüktaz (GR) %77 artış göstermiştir. Hıyar bitkisinin kuru tohumlarının manyetoşartlandırılması uygulamasının tohumların çimlenme gücünü artırmada kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Domates tohumlarına uygulanan 5, 10 ve 15 dakikalık, 12.5 mT elektro manyetik alan yoğunluğunda uygulama yapılmıştır. Uygulamanın bitki büyüme parametrelerine etkileri özellikle 10 ve 15 dakika uygulamaları, bitki boyu ve likopen içeriği hariç tüm parametrelerde en iyi sonucu vermişlerdir. 15 dakika MA uygulanmış tohumlarda kontrol grubu ile en önemli fark bitki başına meyve verimi değerinde %80.93 olarak görülmüştür (Efthimiadou vd., 2014). Hidropriming ve MA uygulamalarının domates tohumlarının çimlenme özelliklerine etkilerinin incelendiği çalışmada, hidropriming (5 saat nemlendirilmiş) uygulamasının ortalama çimlenme zamanını önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır. 3 mT sürekli MA ve 25 mT yoğunlukta 5 d MA uygulamalarında kök uzunluğu kontrol grubuna göre sırasıyla %29 ve %25 oranında artış göstermiştir (Feizi vd., 2012).

Domates tohumlarının ve genç fidelerinin, arazi koşullarına alınana kadar geçen 48 gün boyunca manyetik alan uygulamasına tabi tutulduğu çalışmada, 20, 40 ve 60 mT 22 yoğunlukları ve her gün 20 dakikalık uygulama süresi kullanılmıştır. Çalışma sonunda düşük manyetik alan uygulamalarının, tohum çimlenmesi, genç bitkilerin gelişimi ve meyve iriliğini etkilediği bulunmuştur (Jedlicka vd., 2015). Domates tohumları, 4 ile 12 kV/cm arasında değişen AC elektrik alanları ve 3 ile 1000 G arasında değişen AC manyetik akı yoğunlukları uygulanmış ve 15 ile 60 G arasında değişen üç zaman periyoduna maruz bırakılmıştır. Uygulama yapılmış MA uygulanmış domates tohumlarının çimlenme oranı, uygulama yapılmamış tohumlara göre 1.1 ve 2.8 kat artış göstermiştir (Moon ve Chung 2000).

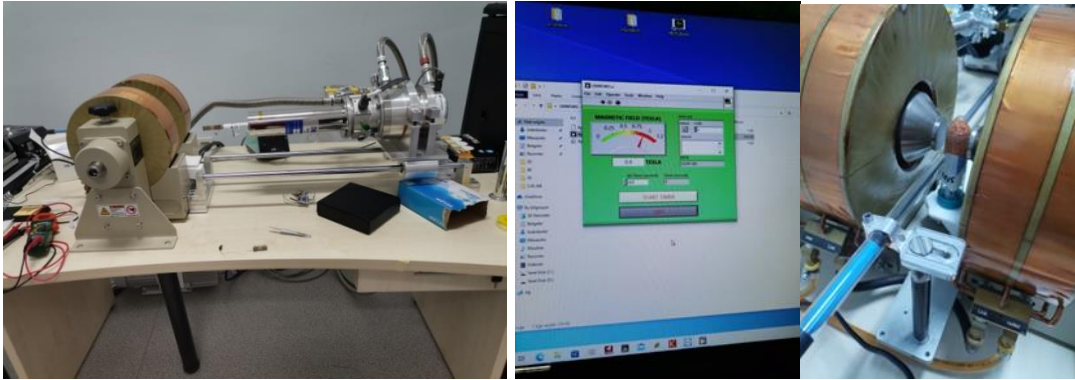
Kuraklık stresi üretimi etkileyen önemli kısıtlayıcı çevresel etmenlerdendir. Kuraklık, ekstrem sıcaklıklar gibi abiyotik çevresel stresler bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve moleküler seviyesinde bir dizi olaylarla, bitki büyümesi ve verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Javadian vd., 2010). Tohum MA uygulaması ile tohum kalitesinin, fide büyümesi ve genel olarak bitki büyümesi ve verimi arttırdığı görülmektedir. MA uygulamaları kimyasal ve biyolojik metodlara alternatif olarak kullanılabilmesi yanında, pratik olması, daha az maliyetle daha fazla miktarda tohum uygulanabilmesi de kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırma, Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait iklim odası ve laboratuvarlarda yürütülmüştür. Çalışmada piyasadan temin edilen ticari olarak satılan biber çeşitlerinden Arzuman tatlı kıl çeşidi kullanılmıştır. MA uygulaması Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (BİLTEM) bulunan Hall Etkisi Ölçüm Sistemi (HEMS) ile 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 ve 1.1 şiddetlerinde ve 3, 5 ve 7 dakikalık sürelerde yapılmıştır.

HEMS 0'dan 1.3 T'ya ulaşabilen geniş gerilim aralığında yüksek manyetik alan ve oda sıcaklığından 10 K aralığına kadar sıcaklık uygulanabilen, Hall Etkisi ölçümlerini mümkün kılan bir sistemdir. HEMS, iletken ve yarı iletken malzemelerin taşıyıcı konsantrasyonlarını, malzemelerin taşıyıcı tipini, taşıyıcıların mobilitesini, Hall voltajını, direnç, öz direnç değerlerini, malzemelerin manyetik alan karşısındaki elektriksel dirençlerini (magnetorezistans) karakterize edebilmektedir. Sistem bu işlemlerde Van der Pauw metodunu kullanmaktadır. Ayrıca sistem, üretilen devre elemanlarının sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Akım-Gerilim (I-V) karakteristiklerini de elde edebilecek ölçümler yapabilmektedir. HEMS sisteminin görünümü ve tohumlara MA uygulama Resim 3.1.'de görülmektedir.



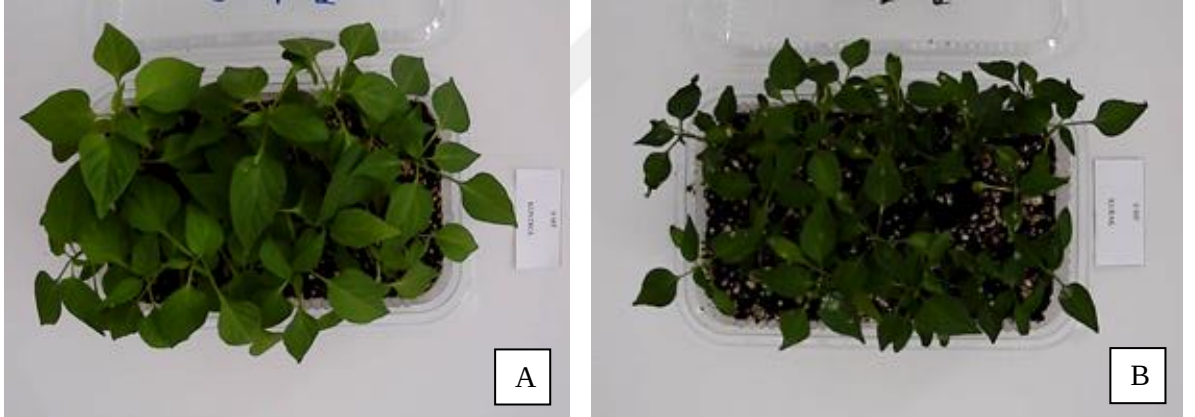
Resim 3.1 HEMS sisteminin görünümü ve tohumlara MA uygulama

3.2. Yöntem

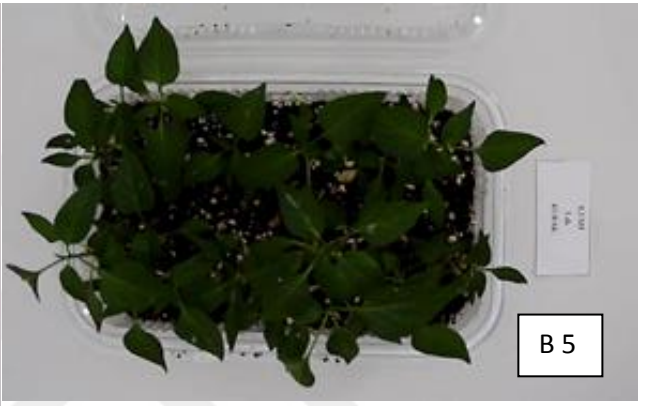
3.2.1. Çimlenme testi

Çimlenme testi tesadüf parselleri deneme desenine göre, 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 50 tohum olacak şekilde çift kat kurutma kağıdı içeren 10 cm çapındaki petri kaplarında gerçekleştirilmiştir. Denemede, kurak uygulaması %5 PEG ile yapılırken optimum koşullarda çimlendirilen tohumlarsaf su ile sulanmıştır ve kontrol olarak kullanılmıştır. Kökçüğün görülmesi (1 mm) çimlenme için yeterli sayılmıştır ve her gün çimlenen tohum sayısı kaydedilmiştir. Çimlenme testi 14 gün sürmüştür. Çimlenme testi sonunda aşağıdaki parametreler belirlenmiştir (Farooq vd., 2006).

- Toplam çimlenme oranı (%)
- Çimlenme hızı: %50 çimlenme için geçen zaman (gün)
- Çimlenme üniformitesi:%10 çimlenme ile %90 çimlenme arasındaki süre (gün)



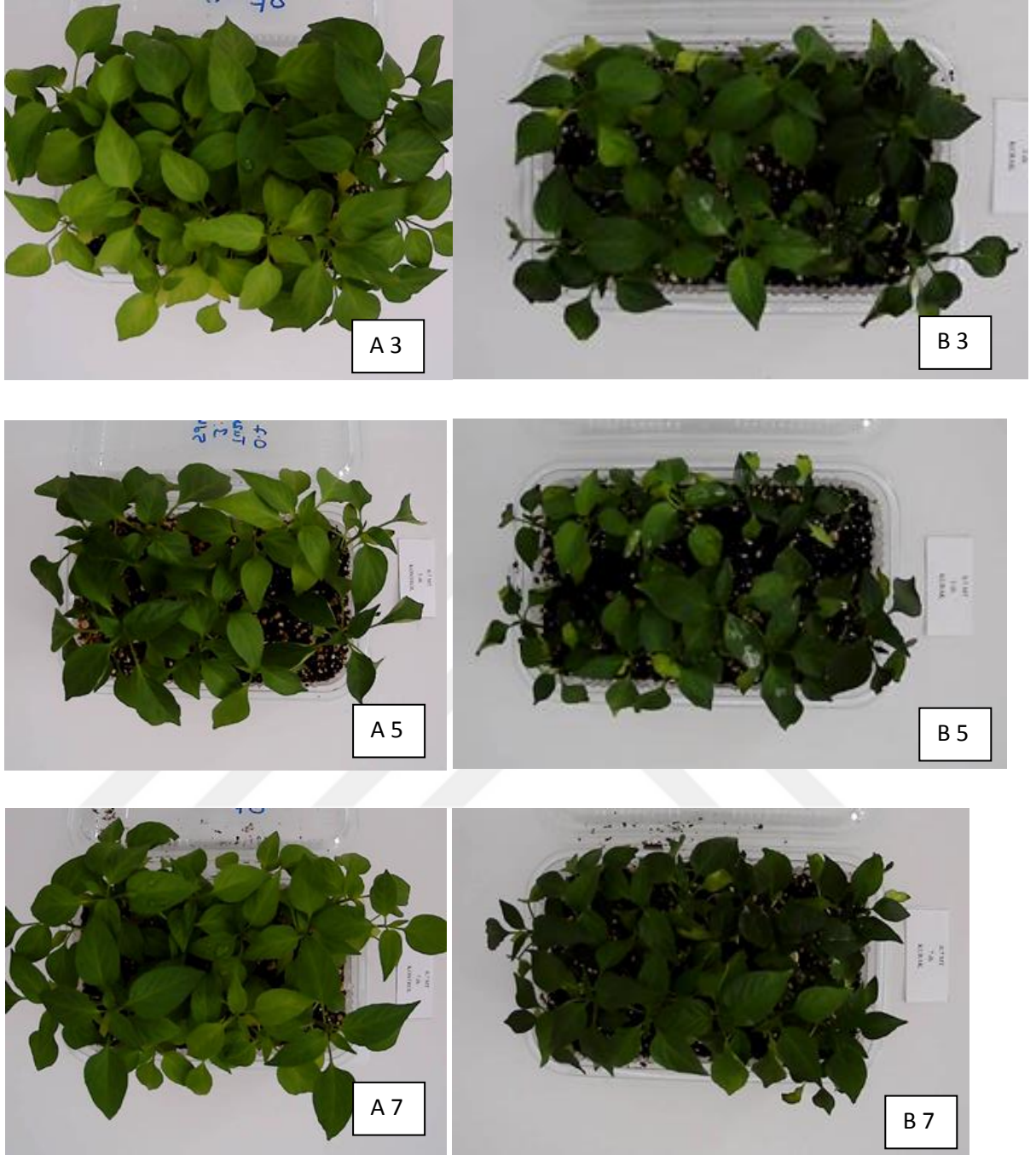
Resim 3.2. MA uygulanmamış kontrol bitkileri. A:Kontrol sulu, B: Kontrol Kurak



Resim 3.3. 0.3 T MA uygulanmış bitkiler. A 3:Kontrol sulu- 3 dk , A 5:Kontrol sulu- 5 dk , A 7:Kontrol sulu- 7 dk , B 3: Kontrol Kurak- 3 dk, B 5: Kontrol Kurak- 5 dk, B 7: Kontrol Kurak- 7 dk



Resim 3.4. 0.5 T MA uygulanmış bitkiler. A 3:Kontrol sulu- 3 dk , A 5:Kontrol sulu- 5 dk , A 7:Kontrol sulu- 7 dk , B 3: Kontrol Kurak- 3 dk, B 5: Kontrol Kurak- 5 dk, B 7: Kontrol Kurak- 7



Resim 3.5. 0.7 T MA uygulanmış bitkiler. A 3:Kontrol sulu- 3 dk , A 5:Kontrol sulu- 5 dk, A 7:Kontrol sulu- 7 dk, B 3: Kontrol Kurak- 3 dk, B 5: Kontrol Kurak- 5 dk, B 7: Kontrol Kurak- 7 dk



Resim 3.6. 0.9 T MA uygulanmış bitkiler. A 3:Kontrol sulu- 3 dk , A 5:Kontrol sulu- 5 dk, A 7:Kontrol sulu- 7 dk , B 3: Kontrol Kurak- 3 dk, B 5: Kontrol Kurak- 5 dk, B 7: Kontrol Kurak- 7 dk



Resim 3.7. 1.1 T MA uygulanmış bitkiler A 3:Kontrol sulu- 3 dk , A 5:Kontrol sulu- 5 dk, A 7:Kontrol sulu- 7 dk , B 3: Kontrol Kurak- 3 dk, B 5: Kontrol Kurak- 5 dk, B 7: Kontrol Kurak- 7 dk

3.2.2. Fide çıkış testi

Fide yetiştiriciliği için MA ile muamele edilen ve edilmeyen tohumlar, 3:1 oranında torf-perlit karışımı ile doldurulmuş 20x10x3 cm ebatlarındaki plastik kaplara tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 100 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Kaplar 25 °C'deki iklim dolaplarına yerleştirilmiş ve 14 saat/gün süre ile ışıklandırma (ışık şiddeti=225 $\mu\text{mol/m}^2 \text{s}^{-1}$) yapılmıştır. Kontrol grubuna saf su uygulaması yapılmıştır. Kuraklık stresine %5 PEG 6000 uygulanmıştır aynı şekilde kontrol grubuna saf su uygulanmıştır (Resim 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7).

3.2.3. Yaş ve kuru fide sürgün ağırlığı

Deneme sonunda tüm biber fideleri toprak seviyesinden kesildikten sonra tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Toprak üstü kısımlar kese kâğıtlarına konularak etüvde 48 saat süre ile 70 °C'de kurutulduktan sonra tartılmış ve böylece kuru fide sürgün ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.4. Klorofil içeriği

Her bir tekerrürden tesadüfî olarak alınan toplam 0.25 g yaprak örneği 8 mL %80 aseton çözeltisi ile porselen bir havan içerisinde homojenize edildikten sonra filtre kâğıdından (Whatman No:2) geçirilmiştir. Filtre edilmiş ekstrak solüsyonu klorofil a ve klorofil b pigmentlerinin konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800, Kyoto, Japonya) 645 ve 663 nm'de absorpsiyonların okunmasından sonra Güneş vd. (2007)'de belirtilen aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Kör numune olarak %80'lik aseton kullanılmıştır.

$$\text{Klorofil a (mg g}^{-1} \text{ taze ağırlık)} = 11.75 \times A_{663} - 2.35 \times A_{645}$$

$$\text{Klorofil b (mg g}^{-1} \text{ taze ağırlık)} = 18.61 \times A_{645} - 3.96 \times A_{663}$$

3.2.5. Karotenoid içeriğinin belirlenmesi

Karotenoid analizleri Kirk and Allen (1965)'e göre yapılmıştır. 0.5 g taze yaprak örneği %80'lik aseton ile ekstrakte edilmiş ve spektrofotometrede 480, 645 ve 663 dalga boylarında okumaları yapılmıştır. Karotenoid miktarları aşağıda verilen formüllere göre mg g^{-1} olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Karotenoid (mg g}^{-1}\text{)} = A480 + (0.114 \times A663 - 0.638 \times A645)$$

3.2.6. Antosiyanin içeriği

Antosiyanin içeriği, tam gelişmiş yapraklarda antosiyonin metre (Opti Science ACM-200 Plus Anthocyanin Meter) ile (ACI) belirlenmiştir.

3.2.7. Doku elektrik iletkenliği (EC)

Bitkiler arasından tesadüfen seçilen 2 bitkiden (her uygulamanın her bir tekerrüründen) alınan yaprak disklerine ait elektrik iletkenliği Korkmaz vd. (2007)' de belirtilen metoda göre ölçülmüş ve böylece hücre zarlarının geçirgenliği (zarar görme oranı) hakkında fikir sahibi olunmuştur. Bu amaçla, yaprak diskleri (1 cm çapında) içerisinde 20 ml saf su ($EC\ 5\ \mu S\ cm^{-1}$ den küçük) bulunan cam şişelere konularak çalkalayıcı da 24 saat çalkalanmış ve daha sonra ıslatma suyunun elektrik iletkenliği ölçülmüştür (EC_1). Örnekler otoklavda $121\ ^\circ C$ 'de 15 dakika bekletildikten sonra ve sıcaklıkları oda sıcaklığına geldiğinde tekrar ölçüm yapılmıştır (EC_2) $\mu s\ cm^{-1}$ olarak ölçülen değerler arasındaki farkın daha net bir şekilde görülebilmesi amacı ile oranlar yüzdeye (%) çevrilerek sunulmuştur (Lutts vd., 1996).

$$EC\ (\%) = EC_1/EC_2 \times 100$$

3.2.8. Hidrojen peroksit (H_2O_2) analizi

H_2O_2 içeriği Özden vd. (2009)'da belirtilen metotta yapılan küçük değişikliklere göre belirlenmiştir. Her bir tekerrürden tesadüfi olarak seçilen toplam 0.25 g yaprak örneği buz üzerindeki porselen havan içerisinde 3 ml %0.1'lik TCA (trikloroasetik asit) ile ekstrakt edilmiştir. Daha sonra ekstraktlar 2 mL hacimli ependorf tüplere konup ve soğutuculu santrifüjde $4\ ^\circ C$ 'de 10.000 g'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra 5 mL hacimli tüplere sırası ile 100 μL süpernatant, 100 μL K-P tampon çözeltisi ve 1.5 ml KI konulmuştur. Örneklerin absorbansı karıştırıcıda 30 sn çalkalandıktan sonra spektrofotometrede 390 nm'de okunmuştur. Kör numune olarak süpernatant yerine saf su kullanılmıştır ve diğer işlemler aynı şekilde tekrarlanmıştır. Değişik yoğunlukta H_2O_2 içeren çözeltilerin yardımıyla standart eğri oluşturulmuş ve örneklerin H_2O_2 içerikleri hesaplanmıştır.

3.2.9. Malondialdehid (MDA) analizi

MDA içeriği Zhang vd. (2005)'de verilen metoda göre belirlenmiştir. Bitkiler arasından tesadüfi olarak 0.25 g yaprak örneği alınarak buz üzerindeki porselen havan içerisinde 5 mL %0.1'lik TCA ile ekstrakt edilmiştir. Ekstraktlar daha sonra 25 °C'de 6.000 g'de 5 dk santrifüj edilmiş ve test tüpüne santrifüj edilen süpernant kısımdan 1 mL alınmıştır, üzerine 4 mL %20'lik TCA içeren %0.5'lik TBA (thiobarbitürik asit) eklenmiştir. Test tüpleri 95-100 °C'deki su banyosunda 30 dk bekletildikten sonra 10 dk boyunca buz içerisine konulmuştur. Daha sonra 5 dk boyunca 6000 g'de santrifüj edilmiş ve oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Oda 22 sıcaklığına gelen karışımdan alınan örneğin absorbansı spektrofotometrede 450, 532 ve 600 nM'lerde okunmuştur. Okuma işlemi esnasında kör numune olarak santrifüj işleminden sonra süpernant yerine 1 mL saf su konulacak ve diğer işlemler aynı şekilde tekrarlanarak elde edilen karışım kullanılmıştır. Örneklerin MDA verileri aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{MDA } (\mu\text{mol g}^{-1} \text{ taze ağırlık}) = 6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450}$$

3.2.10. Prolin analizi

Örneklerde prolin miktarının belirlenmesi Bates vd. (1973)'nin metoduna göre yapılmıştır. Buna göre yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği %3'lük 5-sülfosalisilik asit ile homojenize edilerek, filtre edilen homojenata asit ninhidrin ve glasiyel asetik asit eklenmiş 100 °C'de 1 saat süre ile su banyosunda bekletilmiştir. Ardından buz banyosuna alınan örnekler tolüen ile ekstrakte edildikten sonra sıvı fazdan aspire edilen tolüen fraksiyonunun 520 nm'deki absorbansı spektrofotometre aracılığı ile okunmuştur. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanarak, $\mu\text{mol prolin/g taze ağırlık}$ olarak belirlenmiştir.

3.2.11. İstatistik analiz

Deneme, faktöriyel deneme desenine göre 3 faktörlü ve 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Araştırma süresince elde edilen tüm verilerin ortalamalarının hesaplanmasında "Microsoft Office XP EXCEL" programı kullanılmıştır. SPSS 20.0 paket programı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri değişimlerini analiz emekte kullanılmıştır. Araştırılan özelliklerin ortalamalarına stres, MA şiddeti ve MA sürelerinin etkisi Duncan Multiple Range Test (%5) ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Manyetik alan uygulamasının kurak koşullarda çimlenme verileri üzerine etkileri

Kuraklığın biber tohumlarında çimlenme üniformitesi, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri Tablo 4.1.1 verilmiştir. Tablo incelendiğinde MA uygulamasının kurak koşullarda çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri istatistiksel olarak çok önemli bulunurken, çimlenme yüzdesi üzerine önemli etkileri önemli bulunmuştur. En iyi çimlenme oranı %79.50 ile sulanan koşullarda belirlenirken, kurak koşullarda ise bu oran %76.25'e düşmüştür. Kurak koşullarda çimlenme üniformitesi 8.74 gün olarak tespit edilirken, sulanan koşullarda 7.46 gün olmuştur. Ortalama çimlenme süresi ise en erken 5.70 gün ile sulu koşullarda ve en geç 6.23 ile de kurak koşullarda tespit edilmiştir.

Tablo 4.1.1 Farklı şiddetlerde, farklı sürelerde MA uygulamasının kurak ve optimum koşullarda çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri

		Çimlenme yüzdesi (%)	Çimlenme üniformitesi (gün)	Ortalama çimlenme süresi (gün)
Kuraklık (K)	K-	79.50	7.46	5.70
	K+	76.25	8.74	6.23
		*	**	**
MA Dakika (MD)	0	74.67 b	8.41	5.89
	3	76.27 ab	8.09	5.90
	5	81.40 a	7.94	6.02
	7	76.60 ab	7.33	5.99
		**	Ö.D	Ö.D
MA Şiddet T (MŞ)	0	74.67	7.33	5.89
	0.3	79.00	8.14	5.73
	0.5	78.33	8.16	5.93
	0.7	78.11	7.94	5.89
	0.9	79.00	8.42	6.19
	1.1	76.00	8.09	6.10
		Ö.D	Ö.D	Ö.D

K: Kurak, MD: Manyetik alan uygulama süresi (Dakika), MŞ:Manyetik alan uygulama şiddeti (T) * Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (p<0.05). Ö.D:Önemli değil, *:Önemli, **:Çok Önemli

Kurak koşullardaki biber tohumlarına farklı süre ve şiddetlerde MA uygulamasının etkileri Tablo 4.1.1 verilmiştir. Farklı dakikalarda uygulanan MA uygulamasının çimlenme yüzdesine çok önemli etkisi olduğu görülmektedir. Çimlenme üniformitesi ve ortalama

çimlenme süresine ise istatistiksel açıdan önemli bir etkisi görülmemektedir. En iyi çimlenme oranı %81.40 ile 5 dk MA uygulamasında kaydedilmiştir, en düşük çimlenme oranı ise %74.67 ile kontrol grubunda saptanmıştır. Farklı şiddetlerde uygulanan MA uygulamasının çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine önemli bir etkisi görülmemiştir.

Tablo 4.1.2’de görüldüğü üzere çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi bakımından “K x MD” interaksiyonunun istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, rakamsal olarak kurak koşullarda en yüksek çimlenme yüzdesi (%79,73) 5 dk MA uygulamasından, çimlenme üniformitesi (8.39 gün) 3 dk MA uygulamasından ve ortalama çimlenme süresi ise (6.03 gün) ile yine 3 dk MA uygulamasından elde edilmiştir. Sulama yapılan koşullarda rakamsal olarak en yüksek çimlenme yüzdesi (%83.07) kurak koşullara benzer şekilde 5 dk MA uygulamasından elde edilirken; en iyi çimlenme üniformitesi (5.69 gün) ve en erken ortalama çimlenme süresi (5.20 gün) ile 0 dk MA uygulamasında tespit edilmiştir.

“K x MŞ” interaksiyonunun çimlenme parametreleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Rakamsal olarak normal koşullarda en yüksek çimlenme yüzdesi (% 82.22) ile 0.3 T şiddetinde görülmüştür. Kurak koşullarda ise en iyi çimlenme yüzdesi (%78.22) ile 0.7 T şiddetinde belirlenmiştir. Çimlenme üniformitesi bakımından en yüksek değer sulu koşullara maruz bırakılan (5.69 gün) kontrol grubunda belirlenirken en düşük çimlenme üniformite değeri 0.9 T şiddetinde (8.02 gün) saptanmıştır. Kurak koşullarda en erken çimlenme üniformitesi 8.30 gün ile 0.7 T şiddetinde kaydedilirken, en geç çimlenme üniformitesi (9.15 gün) 0.5 T şiddetinde tespit edilmiştir. En erken ortalama çimlenme süresi normal şartlar olarak belirlenen kontrol grubunda (5.20 gün) belirlenmiştir. En geç ortalama çimlenme süresi ise 6.10 gün ile 0.9 T şiddetinde belirlenmiştir. Kurak koşullarda ise ortalama çimlenme süresi en erken 6.00 gün ile 0.7 T şiddetinde kaydedilirken, en geç ortalama çimlenme süresi 6.58 gün ile kontrol grubunda saptanmıştır.

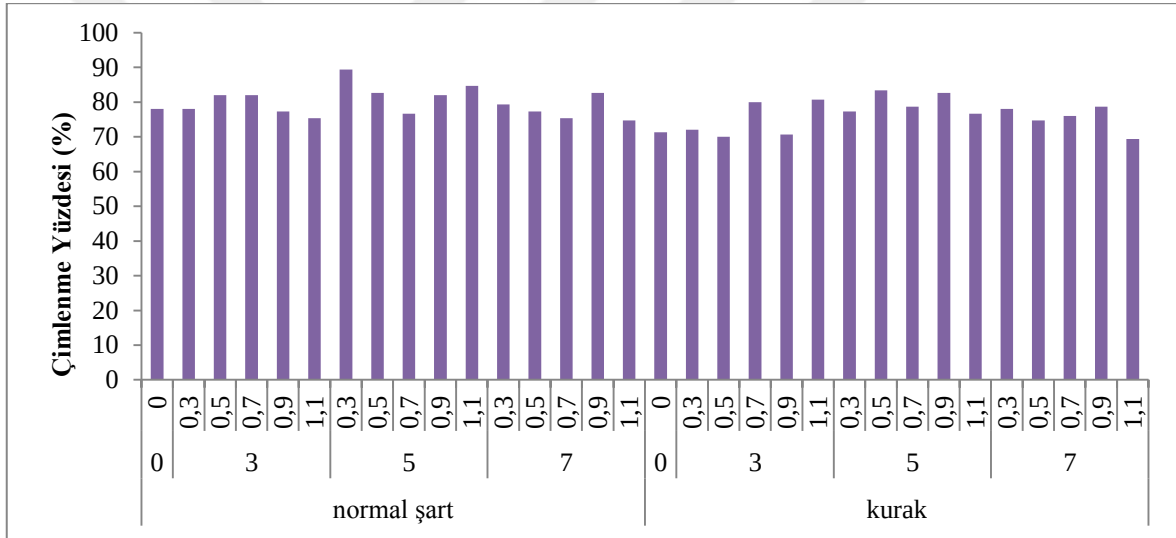
Tablo 4.1.2 MA uygulamasının kurak ve kontrol gruplarında K x MD, K x MŞ ve MD x MŞ uygulamasının çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri

			Çimlenme yüzdesi (%)	Çimlenme üniformitesi (gün)	Ortalama çimlenme süresi (gün)
K*MD	K-	0	78.00	5.69	5.20
		3	77.87	7.49	5.77
		5	83.07	7.60	5.83
		7	77.87	7.63	5.60
	K+	0	71.33	8.97	6.58
		3	74.67	8.39	6.03
		5	79.73	8.58	6.20
		7	75.33	9.20	6.38
	Ö.D		Ö.D	Ö.D	Ö.D
K*MŞ	K-	0	78.00	5.69	5.20
		0.3	82.22	7.57	5.42
		0.5	80.67	7.16	5.60
		0.7	78.00	7.58	5.79
		0.9	80.67	8.02	6.10
		1.1	76.44	7.54	5.78
	K+	0	71.33	8.97	6.58
		0.3	75.78	8.71	6.04
		0.5	76.00	9.15	6.26
		0.7	78.22	8.30	6.00
		0.9	77.33	8.82	6.28
		1.1	75.56	8.63	6.42
	Ö.D		Ö.D	Ö.D	Ö.D
MD*MŞ	0	0	74.67	7.33	5.89
		3	0.3	75.00	7.48
		0.5	76.00	8.84	6.18
		0.7	81.00	7.27	5.41
		0.9	74.00	8.41	6.40
		1.1	75.33	7.71	6.02
	5	0.3	83.33	8.30	5.72
		0.5	83.00	7.46	5.71
		0.7	77.67	8.51	6.62
		0.9	82.33	7.71	5.87
		1.1	80.67	8.49	6.16
	7	0.3	78.67	8.65	5.98
		0.5	76.00	8.17	5.90
		0.7	75.67	8.04	5.66
		0.9	80.67	9.14	6.30
		1.1	72.00	8.07	6.12
	Ö.D		Ö.D	Ö.D	Ö.D
K*MD*MŞ			Ö.D	Ö.D	Ö.D

K: Kurak, MD: Manyetik alan uygulama süresi (Dakika), MŞ:Manyetik alan uygulama şiddeti (T) * Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (p<0.05). Ö.D:Önemli değil, *:Önemli, **:Çok Önemli

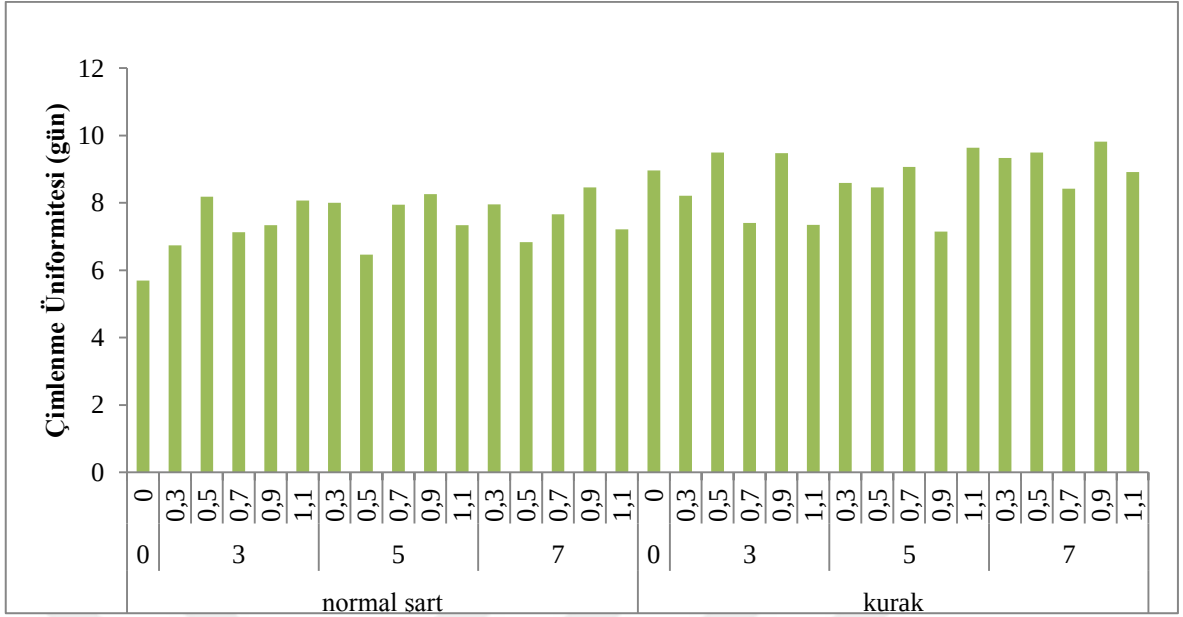
“MD x MŞ” interaksyonunun istatistiksel olarak çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformitesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine önemli bir etkilerinin olmadığı görülmüştür. Rakamsal olarak en iyi çimlenme yüzdesi %83.33 ile 5 dk 0.3 T şiddetinde MA uygulamasında saptanmıştır. En düşük çimlenme yüzdesi ise %72.00 ile 7 dk 1.1 T şiddetinde MA uygulamasından elde edilmiştir. Çimlenme üniformitesi bakımından rakamsal olarak en düşük değer kontrol grubunda (7.33 gün) saptanmışken en yüksek değer 9.14 gün ile 7 dk 0.9 T şiddetinde tespit edilmiştir. Ortalama çimlenme süresi ise en erken 3 dk 0.3 T şiddetinde (5.48 gün) saptanmıştır en geç ise 6.62 gün ile 5 dk 0.7 T şiddetinde kaydedilmiştir.

Grafik 4.1.1 incelendiğinde K x MD x MŞ interaksyonu çimlenme yüzdesi bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.



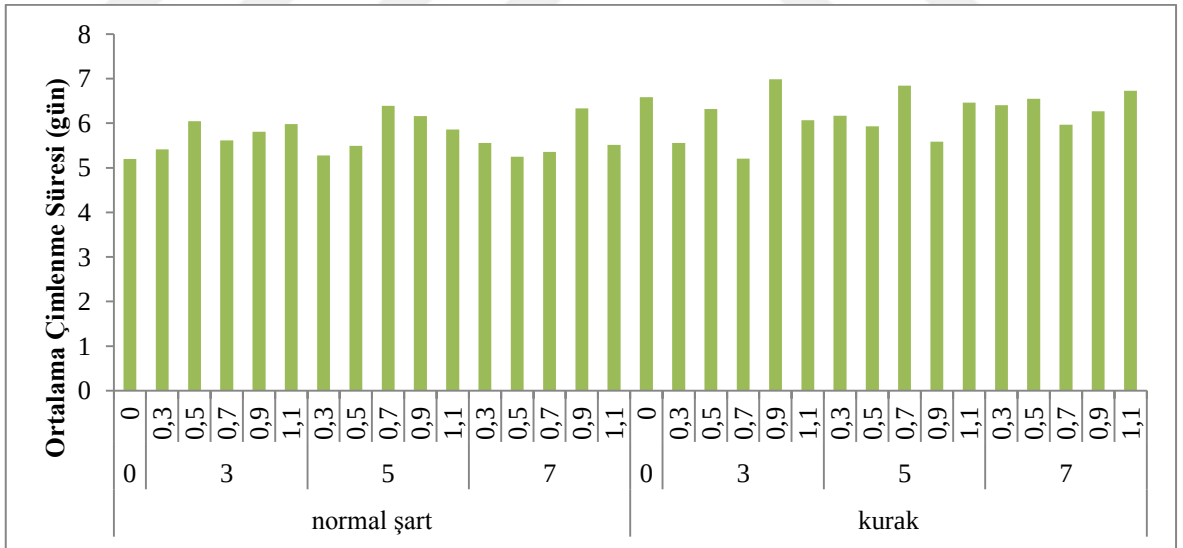
Grafik 4.1.1 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda çimlenme yüzdesi üzerine etkileri

Grafik 4.1.2 incelendiğinde K x MD x MŞ interaksyonunun çimlenme üniformitesi bakımından istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır.



Grafik 4.1.2 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda çimlenme üniformitesi üzerine etkileri

Grafik 4.1.3'e bakıldığı zaman K x MD x MŞ interaksiyonunun ortalama çimlenme süresi bakımından istatistiksel olarak önemli olmadığı kaydedilmiştir.



Grafik 4.1.3 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda ortalama çimlenme üzerine etkileri

4.2 Manyetik alan uygulamasının kurak koşullarda bitki üzerine etkileri

Tablo 4.2.1'e bakıldığında, kuraklığın yaş ağırlık üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önem arz ettiği görülmektedir. Normal koşullarda yaş ağırlık 2.33 g iken kurak

koşullarda yaş ağırlık 1.22 g olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, MA uygulama süresinin yaş ağırlık üzerine önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır. Ancak rakamsal olarak en yüksek yaş ağırlık (1.90 g) 3 dk uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük yaş ağırlık ise 0 dk MA uygulaması olan kontrol grubunda (1.19 g) kaydedilmiştir. Farklı şiddetlerde MA uygulamasının yaş ağırlık üzerine etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmuş olmakla birlikte, en fazla yaş ağırlık 0.7 T şiddetinde (2.10 g); en az yaş ağırlık ise kontrol grubunda (1.19 g) kaydedilmiştir.

Yaş ağırlık sonuçlarına benzer şekilde, kuru ağırlık bakımından da kuraklığın etkileri istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Kurak koşullarda kuru ağırlık 0.20 g, sulu koşullarda ise 0.16 g olarak tespit edilmiştir Farklı sürelerde uygulanan MA uygulamasının istatistiksel açıdan önemli olmadığı saptanmıştır. Ancak rakamsal olarak kuru ağırlığa en fazla etki eden uygulama 7 dk olarak (0.19 g) tespit edilmiştir ve en az kuru ağırlık 0 dk uygulamasında kaydedilmiştir. Farklı şiddetlerde uygulanan MA'nın kuru ağırlık üzerine etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmuş olup, en yüksek kuru ağırlığa sahip uygulama 0.22 g ile 0.7 T'dir. En düşük kuru ağırlık, 0.11 g ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4.2.1).

Bitki boyu üzerine kuraklığın etkileri incelendiğinde normal ve kurak koşullardaki fidelerin bitki boyları arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Normal koşullarda bitki boyu 7.83 cm olarak belirlenmiştir. Kurak koşullarda ise 4.65 cm bitki boyu elde edilmiştir. Farklı sürelerde MA uygulamalarının kuru ve yaş ağırlık özelliklerinin aksine bitki boyu üzerine etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek bitki boyuna sahip uygulama 6.61 cm ile 3 dk olmuştur. En düşük uygulama ise 5.55 cm bitki boyu ile kontrol grubu olmuştur. Farklı şiddetlerdeki MA uygulamasının bitki boyu üzerine etkisi önemli bulunmamıştır (Tablo 4.2.1).

Tablo 4.2.1 incelendiğinde, antosiyanin içeriğinin kurak koşullardan önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Sulu koşullardaki bitkilerde antosiyanin içeriği 3.34 ACI iken, kurak koşullarda 5.08 (ACI) olarak tespit edilmiştir. Farklı sürelerde MA uygulamalarının kurak ya da sulu koşullarda yetiştirilen bitkilerin antosiyanin içeriği üzerine önemli bir etkisi görülmezken farklı şiddetlerde MA uygulamasının antosiyanin içeriği üzerine önemli etkileri saptanmıştır. En yüksek antosiyanin içeriği 4.43 ACI değeri ile 0.5 T uygulamasında belirlenmiştir. En düşük antosiyanin içeriği ise 1.1 T uygulamasında (3.89 ACI) belirlenmiştir.

Kurak koşullardaki bitkilerin toplam klorofil içeriğinin ($25.7 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$), sulu koşullarda yetiştirilen bitkilerin toplam klorofil içeriğinden ($18.4 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) daha yüksek olduğu ve her iki grup arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. Farklı süre ve şiddetlerde MA uygulamalarının da kurak koşullarda toplam klorofil içeriği üzerine etkilerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir. En yüksek klorofil içeriği ile 0 dk uygulamasında ($24.8 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) ve 0 T ($247.50 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) şiddetinde görülürken, en düşük klorofil içeriği $20.9 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$ ile 7 dakika uygulamasında ve $20.8 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$ ile 0.9 T şiddetinde kaydedilmiştir.

Tablo 4.2.1 Farklı koşullarda, farklı dakikalarda ve farklı şiddetlerde uygulanan MA uygulamasının yaş ağırlık, kuru ağırlık, bitki boyu, antosiyanin, toplam klorofil ve karatonoid üzerine etkisi

		Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Bitki boyu (cm)	Antosiyanin (ACI)	Toplam klorofil ($\text{mg g}^{-1} \text{ TA}$)	Karatonoid ($\text{mg g}^{-1} \text{ TA}$)
Kuraklık (K)	K-	2.33	0.20	7.83	3.34	18.4	6.94
	K+	1.22	0.16	4.65	5.08	25.7	9.04
		**	**	**	**	**	**
MA Dakika (MD)	0	1.19	0.11	5.55 c	4.10	24.8 a	8.83 a
	3	1.90	0.18	6.61 a	4.11	23.5 a	8.52 a
	5	1.68	0.17	6.09 b	4.35	21.3 b	7.70 b
	7	1.86	0.19	6.16 b	4.19	20.9 b	7.58 b
		Ö.D	Ö.D	**	Ö.D	**	**
MA Şiddet T (MŞ)	0	1.19 c	0.11 c	5.55	4.10 ab	24.8 a	8.83 a
	0.3	1.58 b	0.15 b	6.52	4.23 ab	21.6 bc	7.68 c
	0.5	1.79 ab	0.18 ab	6.09	4.43 a	23.1 ab	8.42 ab
	0.7	2.10 a	0.22 a	6.35	4.33 ab	22.8 ab	8.19 abc
	0.9	1.84 ab	0.19 ab	6.02	4.19 ab	20.8 c	7.81 bc
	1.1	1.76 ab	0.16 b	6.44	3.89 b	21.1 bc	7.56 c
		*	**	Ö.D	*	*	*

K: Kurak, MD: Manyetik alan uygulama süresi (Dakika), MŞ:Manyetik alan uygulama şiddeti (T) *Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Ö.D:Önemli değil, *:Önemli, **:Çok Önemli

Karatonoid içeriğinin de sulu ve kurak koşullara göre değiştiği ve farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Kurak koşullarda karatonoid içeriği $2.1 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$ kadar bir artış göstermiştir. Bununla birlikte, farklı süre ve şiddetlerde MA uygulamalarının kurak koşullarda yetiştirilen bitkilerin karatonoid içeriği üzerine istatistiksel açıdan önemli etkileri olmuştur. En fazla karatonoid içeriği 0 dk ($8.83 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) MA ve 0 T ($8.83 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) MA uygulamalarında belirlenmiş olup, en düşük

karatonoid içeriği ise 7 dakika ($7.58 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) MA ve 1.1 T MA ($7.56 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$) uygulamalarında tespit edilmiştir.

Tablo 4.2.2 incelendiğinde “K x MD” interaksyonunun yaş ağırlık üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Rakamsal olarak, normal koşullarda en fazla yaş ağırlığa sahip MA uygulaması 3 dk (2.45 g) iken, en az yaş ağırlık 0 dk (1.57 g) uygulamasında saptanmıştır. Kurak koşullarda en fazla yaş ağırlığa sahip uygulama normal koşullardakine benzer şekilde 3 dk (1.35 g) iken, en az yaş ağırlık 0 dk (0.81 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Bununla birlikte “K x MŞ” interaksyonunda MA uygulamasının yaş ağırlık üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Rakamsal olarak bir değerlendirme yapıldığında, normal koşullarda en fazla yaş ağırlığa sahip uygulama 0.7 T (2.60 g) şiddetindeki MA iken, en az yaş ağırlık 0 T (1.57 g) şiddetindeki MA uygulamasından elde edilmiştir. Kurak koşullarda ise en fazla yaş ağırlığa sahip uygulama normal koşullara benzer şekilde 0.7 T (1.60 g) şiddetindeki MA iken, en az yaş ağırlığa sahip uygulama 0 T (0.81 g) şiddetindeki MA olarak saptanmıştır. “MD x MŞ” interaksyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. En fazla yaş ağırlık 3 dk süresince 0.9 T (2.44 g) şiddetindeki uygulamada tespit edilmiştir. En az yaş ağırlık ise 0 dk ve 0 T MA uygulamasından elde edilmiştir. “K x MD x MŞ” interaksyonu istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Yaş ağırlığa benzer şekilde “K x MD” ve “K x MŞ” interaksyonlarının kuru ağırlık üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Rakamsal olarak kurak koşullarda en fazla kuru ağırlık 7 dk (0.17 g) uygulamasından elde edilirken, en düşük kuru ağırlık 0 dk (0.09 g) MA uygulamasında belirlenmiştir. Normal koşullarda kuru ağırlığa en fazla etki eden uygulama 3 dk (0.22 g) iken, en az etkili olan uygulama 0 dk (0.12 g) olarak kaydedilmiştir. “K x MŞ” interaksyonu rakamsal olarak incelendiğinde, kurak koşullarda en fazla kuru ağırlık 0.7 T (0.21 g) şiddetinde saptanırken, en az kuru ağırlık 0 T (0.09 g) şiddetinde belirlenmiştir. Normal koşullarda ise en fazla kuru ağırlık 0.7 T (0.22 g) şiddetinde, en az kuru ağırlık ise 0 T (0.12 g) şiddetinde saptanmıştır. “MD x MŞ” interaksyonunun kuru ağırlık üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak çok önemli olduğu saptanmıştır. En fazla kuru ağırlığa sahip uygulama 3 dk süresince 0.9 T şiddetindeki MA uygulamasıdır (0.24 g). En az kuru ağırlık ise 0 dk boyunca 0 T şiddetindeki MA uygulamasında (0.11 g) tespit edilmiştir. “K x MD x MŞ” interaksyonunun istatistiksel olarak önem arz etmediği saptanmıştır.

Bitki boyu üzerine “K x MD” interaksyonunun etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Normal koşullarda en uzun bitki boyuna sahip uygulama 8.13 cm ile 5 dk MA uygulaması olurken, en kısa bitki boyuna sahip uygulama 6.73 cm ile 0 dk olmuştur. Kurak koşullardaki en uzun bitki boyu ise 5.23 cm ile 3 dk uygulaması iken, en kısa bitki boyu 4.05 cm ile 5 dk uygulamasında saptanmıştır. “K x MD” interaksyonuna benzer şekilde “K x MŞ” ve “MD x MŞ” interaksyonlarının da bitki boyu üzerine etkileri çok önemli bulunmuştur. “K x MŞ” interaksyonunda sulu koşullarda en uzun bitki boyuna sahip uygulama 0.3 T şiddetindeki MA (8.22 cm) olarak belirlenmiş olup, en kısa bitki boyu 6.73 cm ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Kurak koşullarda en uzun bitki boyu 5.30 cm ile 1.1 T şiddetinde belirlenirken, en kısa bitki boyuna sahip uygulama 0.9 T şiddetindeki MA uygulaması (3.98 cm) olarak kaydedilmiştir. “MD x MŞ” interaksyonunda en uzun bitki boyuna sahip uygulama 3 dk süresince 0.7 T şiddetindeki MA uygulaması (6.72 cm) olup, en kısa bitki boyu 5 dk ile 0.9 T şiddetindeki MA uygulamasında (5.31 cm) belirlenmiştir. “K x MD x MŞ” interaksyonunun bitki boyu üzerinde istatistiksel olarak önemli etkisi olmadığı saptanmıştır.

Tablo 4.2.2. incelendiğinde, “K x MD” ve “K x MŞ” interaksyonun antosiyanin içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu saptanmıştır. “K x MD” interaksyonunda kurak koşullarda antosiyanin içeriği daha yüksek tespit edilmiştir ve MA uygulamalarıyla antosiyanin birikimi artmıştır. “K x MŞ” interaksyonunda sulu koşullarda antosiyanin içeriği en yüksek bulunan MA uygulaması 3.93 ACI değeri ile 0 T şiddetindeki uygulamadır. En düşük antosiyanin içeriği 2.92 ACI ile 0.9 T şiddetindeki MA uygulamasından elde edilmiştir. Kurak koşullarda en yüksek antosiyanin içeriği 5.57 ACI ile 0.5 T şiddetinde saptanırken, en düşük antosiyanin içeriği 4.67 ACI ile 1.1 MA uygulamasında belirlenmiştir. “MD X MŞ interaksyonunda antosiyanin içeriği üzerinde önemli etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek antosiyanin içeriği 5 dk ile 0.5 T şiddetinde (5.28 ACI) tespit edilirken, en düşük antosiyanin içeriği 3.59 ACI ile 7 dk ve 1.1 T şiddetindeki MA uygulamasında saptanmıştır. Bununla birlikte “K x MD x MŞ interaksyonunun istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.2.2 MA uygulamasının K x MD, K x MŞ ve MD x MŞ uygulamasının yaş ağırlık, kuru ağırlık, bitki boyu, antosiyanin, toplam klorofil ve karatonoid üzerine etkisi

			Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Bitki boyu (cm)	Antosiyanin (ACI)	Toplam klorofil (mg g ⁻¹ TA)	Karatonoid (mg g ⁻¹ TA)
K*MD	K-	0	1.57	0.12	6.73 b	3.39 b	23.0	8.46
		3	2.45	0.21	7.99 a	3.28 b	20.0	7.54
		5	2.26	0.19	8.13 a	3.55 b	17.3	6.51
		7	2.44	0.20	7.58 a	3.17 b	16.9	6.48
	K+	0	0.81	0.09	4.37de	4.80 a	26.5	9.19
		3	1.35	0.16	5.23 c	4.94 a	26.9	9.50
		5	1.10	0.15	4.05 e	5.14 a	25.3	8.90
		7	1.28	0.17	4.74 cd	5.21 a	24.8	8.68
			Ö.D	Ö.D	**	*	Ö.D	Ö.D
K*MŞ	K-	0	1.57	0.12	6.73 b	3.93 cd	23.0 bc	8.46 abc
		0.3	2.18	0.19	8.22 a	3.65 c	17.4 ef	6.45 d
		0.5	2.42	0.21	7.79 a	3.29 cd	20.0 de	7.87 c
		0.7	2.60	0.22	7.84 a	3.69 c	21.2 cd	7.94 bc
		0.9	2.31	0.19	8.06 a	2.92 d	16.0 f	6.18 d
		1.1	2.42	0.19	7.58 a	3.11 cd	15.7 f	5.78 d
	K+	0	0.81	0.09	4.37 de	4.80 b	26.5 a	9.19 a
		0.3	0.98	0.11	4.82 cd	4.82 b	25.7 ab	8.92 abc
		0.5	1.17	0.15	4.39 de	5.57 a	26.2 a	8.97 ab
		0.7	1.60	0.21	4.87 cd	4.96 ab	24.3 ab	8.45 abc
		0.9	1.37	0.19	3.98 e	5.45 a	25.6 ab	9.44 a
		1.1	1.09	0.13	5.30 c	4.67 b	26.6 a	9.34 a
			Ö.D	Ö.D	**	**	**	**
MD*MŞ	0	0	1.19 f	0.11 c	5.55 de	4.10 b-e	24.8 ab	8.83 bc
		3	0.3	1.69 b-f	0.16 bc	6.65 ab	4.32 b-e	22.0 b-f
		0.5	1.78 a-f	0.16 bc	6.68 ab	3.88 cde	26.0 a	9.32 ab
		0.7	2.20 abc	0.23 ab	6.72 a	4.15 b-e	26.7 a	9.92 a
		0.9	2.44 a	0.24 a	6.45 abc	3.80 cde	21.1 c-f	7.91 c-f
		1.1	1.39 ef	0.13 c	6.56 ab	4.39 bcd	21.6 b-f	7.72 c-f
	5	0.3	1.34 ef	0.12 c	6.25 a-d	4.31 b-e	23.8 abc	8.35 bcd
		0.5	1.96 a-e	0.22 ab	5.70 cde	5.28 a	21.2 c-f	7.82 c-f
		0.7	2.09 a-d	0.22 ab	6.70 ab	4.43 bc	21.3 c-f	7.77 c-f
		0.9	1.44 def	0.15 bc	5.31 e	4.03 b-e	18.7 f	6.90 f
		1.1	1.57 c-f	0.14 c	6.49 ab	3.69 de	21.5 b-f	7.68 c-f
	7	0.3	1.71 b-f	0.18 abc	6.67 ab	4.08 b-e	18.9 ef	6.96 ef
		0.5	1.65 b-f	0.16 bc	5.88 b-e	4.14 b-e	22.1 b-e	8.13 cde
		0.7	2.02 a-e	0.21 ab	5.65 de	4.40 bcd	20.3 def	6.89 f
		0.9	1.63 b-f	0.17 abc	6.31 a-d	4.73 ab	22.8 bcd	8.62 bc
		1.1	2.31 ab	0.21 ab	6.28 a-d	3.59 e	20.4 def	7.29 def
			**	**	**	**	**	**
K*MD* MŞ			Ö.D	Ö.D	**	**	*	**

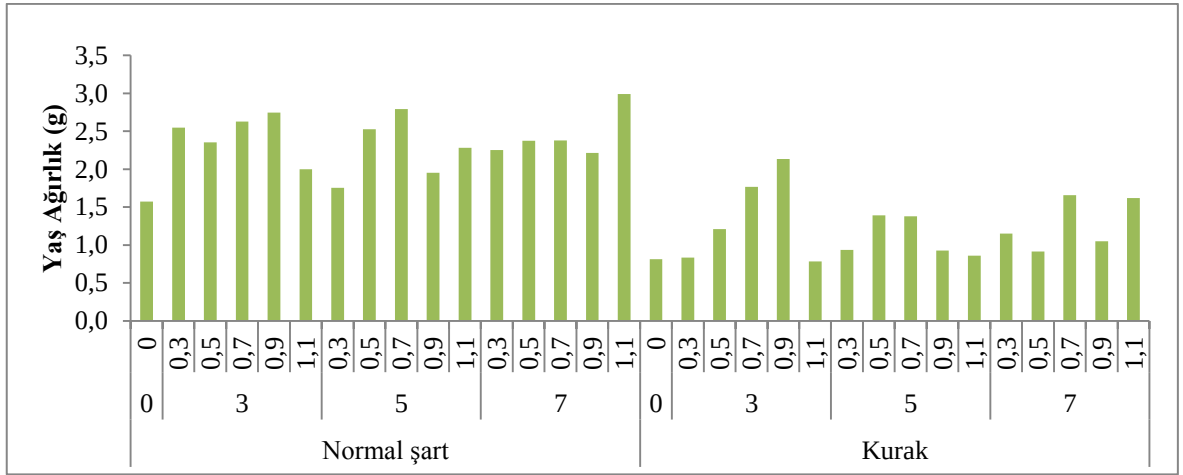
K: Kurak, MD: Manyetik alan uygulama süresi (Dakika), MŞ:Manyetik alan uygulama şiddeti (T) * Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (p<0.05). Ö.D:Önemli değil, *:Önemli, **:Çok Önemli

“K x MD” interaksyonunun toplam klorofil içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli etkileri olmadığı saptanmıştır. “K x MŞ” ve “MD x MŞ” interaksyonlarının ise istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir. “K x MŞ” interaksyonunda sulu koşullarda en yüksek toplam klorofil içeriği 23.0 mg g⁻¹ TA ile 0 T şiddetinde olurken en düşük klorofil içeriği 15.7 mg g⁻¹ TA ile 1.1 T MA uygulamasında saptanmıştır. Kurak koşullarda ise en yüksek toplam klorofil içeriği 1.1 T şiddetinde 26.6 mg g⁻¹ TA olarak kaydedilirken, en düşük toplam klorofil içeriği 0.7 T şiddetinde 24.3 mg g⁻¹ TA olarak saptanmıştır.

“MD x MŞ” interaksyonunda en yüksek toplam klorofil içeriği 3 dk ile 0.7 T şiddetindeki MA uygulamasında (26.7 mg g⁻¹ TA) kaydedilirken, en düşük toplam klorofil içeriği 5 dk ile 0.9 T şiddetindeki MA uygulamasında (18.7 mg g⁻¹ TA) elde edilmiştir. “K x MD x MŞ” interaksyonunun toplam klorofil içeriği bakımından önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir.

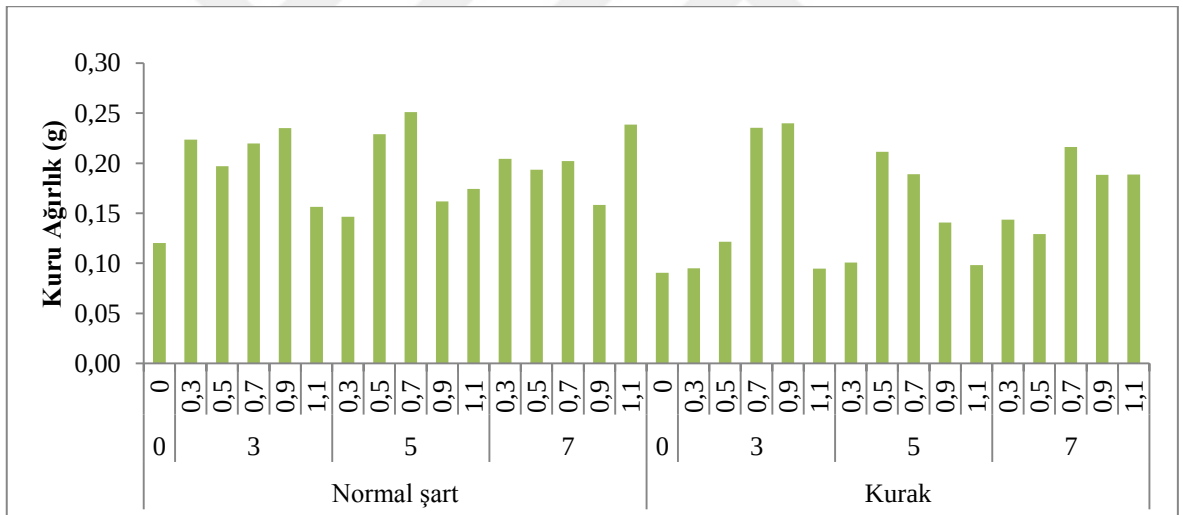
Karatonoid içeriği bakımından “K x MD” interaksyonu istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. “K x MŞ” interaksyonunun ise karatonoid içeriği bakımından önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Normal koşullarda en fazla karatonoid içeriği 0 T şiddetinde (8.46 mg g⁻¹ TA) iken, en düşük karatonoid içeriği 5.78 T MA uygulamasında (5.78 mg g⁻¹ TA) saptanmıştır. Kurak koşullardaysa en yüksek karatonoid içeriği 9.44 mg g⁻¹ TA ile 0.9 T şiddetinde, en düşük karatonoid içeriği ise 8.45 mg g⁻¹ TA ile 0.7 T şiddetinde belirlenmiştir. “MD x MŞ” interaksyonu karatonoid içeriği bakımından istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek karatonoid içeriği 9.92 mg g⁻¹ TA ile 3 dk süresince 0.7 T şiddetindeki MA uygulamasında belirlenirken, en düşük karatonoid içeriği 6.89 mg g⁻¹ TA ile 7 dk ve 0.7 T şiddetindeki MA’da görülmüştür. “K x MD x MŞ” interaksyonunun karatonoid içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir.

MA uygulamasının kurak koşullarda 3’lü interaksyonunun yaş ağırlık üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur (Grafik 4.2.1).



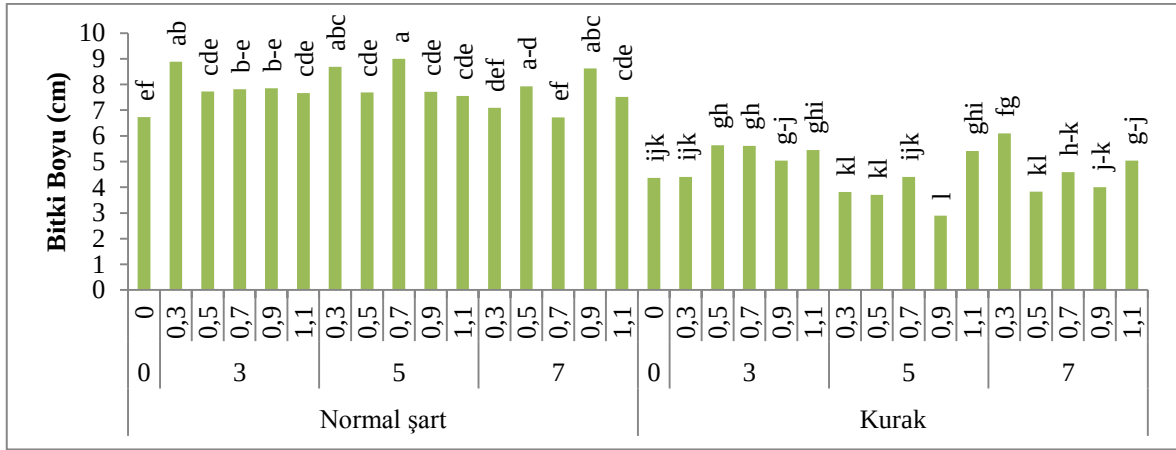
Grafik 4.2.1 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda yaş ağırlık üzerine etkileri

Grafik 4.2.2 incelendiğinde MA uygulamasının K x MD x MŞ interaksiyonunun kuru ağırlık üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur.



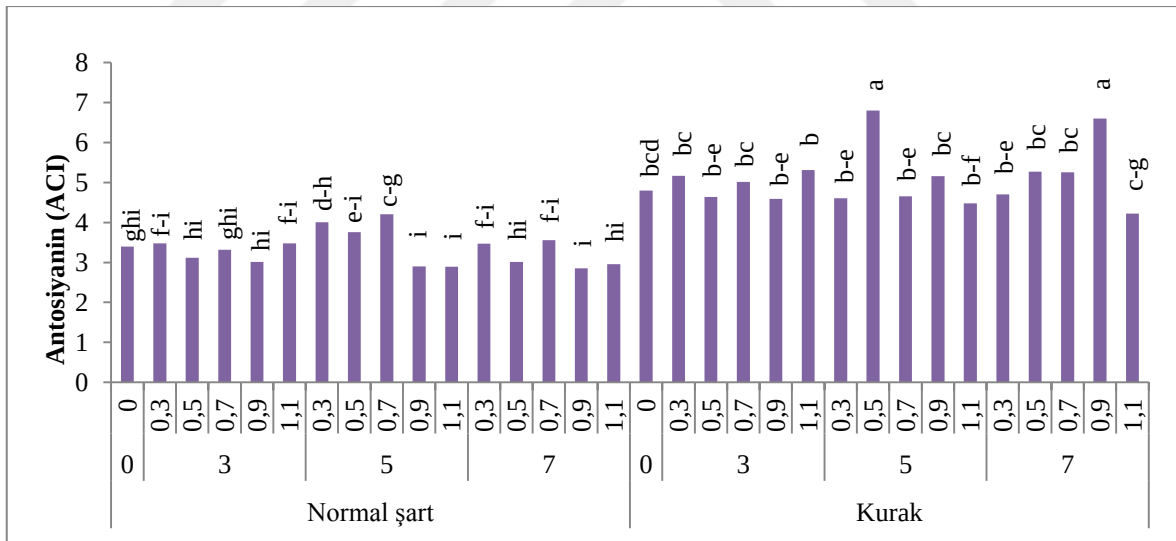
Grafik 4.2.2 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda kuru ağırlık üzerine etkileri

MA uygulamasının 3'lü interaksiyonunun bitki boyu üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri vardır (Grafik 4.2.3). En yüksek bitki boyuna sahip uygulama NŞ - 5 dk - 0.7 T (8.99 cm) olurken en düşük ise KŞ - 5 dk - 0.9 T (2.90 cm) uygulaması olmuştur.



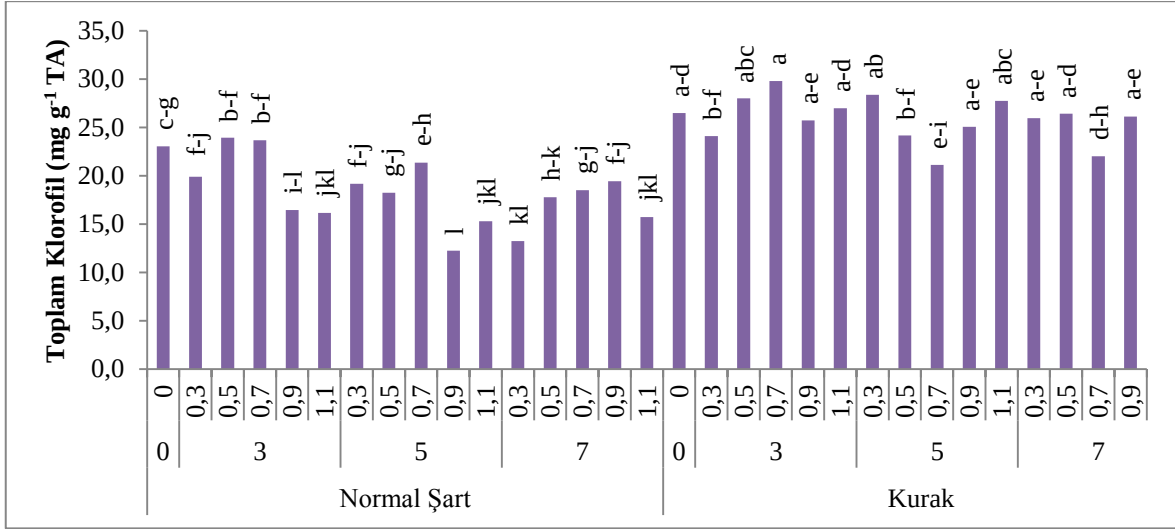
Grafik 4.2.3 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda bitki boyu üzerine etkileri

MA uygulamasının kurak x dakika x şiddet interaksyonu incelendiğinde antosiyanin içeriği bakımından en yüksek çıkan 6.80 ACI ile KŞ -5 dk - 0.5 T ve 6.60 ACI ile KŞ - 7 dk - 0.9T uygulamaları olmuştur (Grafik 4.3.4). En düşük antosiyonin içeriğine sahip uygulamalar ise 2.90 ACI ile NŞ – 5 dk - 0.9 T, 2.89 ACI ile NŞ - 5 dk - 1.1 T ve 2.85 ACI ile NŞ - 7 dk - 0.9 T uygulamaları olmuştur.



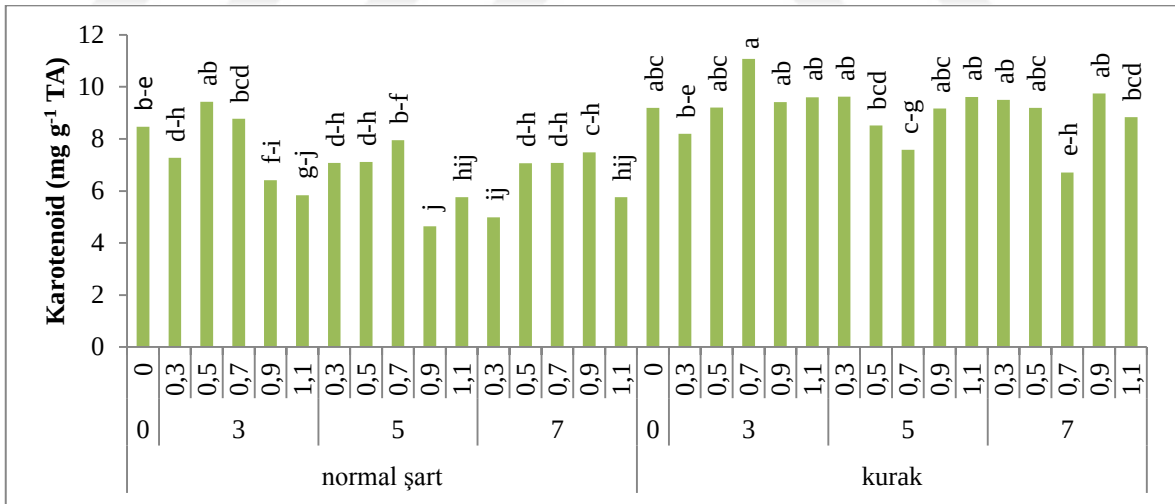
Grafik 4.2.4 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda antosiyanin içeriği üzerine etkileri

MA uygulamasının kurak koşullarda 3 lü interaksyonu incelendiğinde toplam klorofil içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.3.5). Toplam klorofil içeriği bakımından en yüksek çıkan değer 29.8 mg g⁻¹ TA KŞ - 3 dk - 0.7 T uygulamasında olurken en düşükse 12.3 mg g⁻¹ TA ile NŞ - 5 dk - 0.9 T uygulaması olmuştur.



Grafik 4.2.5 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda toplam klorofil üzerine etkileri

Grafik 4.2.6 incelendiğinde kurak koşullarda MA uygulamasının 3'lü interaksiyonunun karatonoid içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek çıkan karatonoid değeri 11.07 mg g⁻¹ TA ile KŞ - 3 dk - 0.7 T uygulaması olurken en düşük ise 4.64 mg g⁻¹ TA ile NŞ - 5 dk - 0.9 T uygulaması olmuştur.



Grafik 4.2.6 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda karotenoid üzerine etkileri

Tablo 4.2.3 incelendiğinde, farklı koşullarda ve farklı sürelerde MA uygulamasının MDA içeriği üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte rakamsal olarak en yüksek MDA içeriğine sahip uygulama 5 dk MA iken, en düşük MDA içeriği 3 dk MA uygulamasında kaydedilmiştir. Farklı şiddetlerde MA uygulamalarının kurak

koşullarda yetiştirilen bitkilerin MDA içeriği üzerinde istatistiksel açıdan önemli etkileri olmuştur. En fazla MDA içeriği, 0.3 T ($1.56 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) şiddetinde olurken en düşük MDA içeriği 0.7 T ($1.20 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) uygulamasında kaydedilmiştir.

Prolin içeriğinin sulu ve kurak koşullara göre değiştiği istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Normal koşullarda prolin içeriği $0.04 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$ olarak belirlenirken kurak koşullarda prolin içeriği $0.16 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$ olarak saptanmıştır. Farklı sürelerde uygulanan MA'nın prolin içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ancak rakamsal olarak en fazla prolin içeriğine sahip olan uygulama 5 dk ($0.11 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) MA olmakla birlikte en az prolin içeriğine sahip uygulama 0 dk ($0.07 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) olmuştur. Farklı şiddetlerde uygulanan MA'nın kurak koşullarda prolin içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. En yüksek prolin içeriği 0.3 ve 0.5 T ($0.12 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) şiddetinde görülürken en az prolin içeriği kontrol grubunda ve 1.1 T ($0.07 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) uygulamalarında saptanmıştır.

Tablo 4.2.3 incelendiğinde H_2O_2 içeriğinin kurak koşullarda istatistiksel olarak çok önemli olduğu saptanmıştır. Normal koşullarda yetiştirilen bitkilerin H_2O_2 içeriğinin $0.14 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$ olduğu belirlenirken kurak koşullarda ise $0.19 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$ olarak kaydedilmiştir. Farklı sürelerde uygulanan MA'nın H_2O_2 içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu saptanmıştır. En yüksek H_2O_2 içeriği 5 dk ($0.19 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) uygulamasında bulunurken en düşük 0 dk ($0.09 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) MA uygulamasında tespit edilmiştir. Farklı şiddetlerde uygulanan MA uygulamasının H_2O_2 içeriği üzerinde etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. En yüksek H_2O_2 içeriği 0.7 T ve 0.9 T ($0.20 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) MA uygulamalarında belirlenmiş olup, en düşük 0 T ($0.09 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) uygulamasında saptanmıştır.

Tablo 4.2.3 Farklı koşullarda, Farklı dakikalarda ve farklı şiddetlerde uygulanan MA uygulamasının MDA, Prolin, H₂O₂ ve EC üzerine etkisi

		MDA (nmolg ⁻¹ TA)	Prolin (nmolg ⁻¹ TA)	H ₂ O ₂ (nmolg ⁻¹ TA)	EC (%)
Kuraklık (K)	K-	1.41	0.04	0.14	%29.57
	K+	1.36	0.16	0.19	%34.77
		Ö.D	**	**	**
MA Dakika (MD)	0	1.35	0.07	0.09 b	%33.55
	3	1.31	0.10	0.16 a	%32.28
	5	1.50	0.11	0.19 a	%32.51
	7	1.35	0.10	0.15 a	%31.45
		Ö.D	Ö.D	*	Ö.D
MA Şiddet T (MŞ)	0	1.35 ab	0.07 d	0.09 c	%33.55
	0.3	1.56 a	0.12 a	0.11 bc	%31.86
	0.5	1.44 ab	0.12 a	0.15 ab	%33.63
	0.7	1.20 b	0.09 bc	0.20 a	%32.21
	0.9	1.50 ab	0.10 ab	0.20 a	%31.89
	1.1	1.24 ab	0.07 cd	0.17 ab	%30.81
		*	**	**	Ö.D

K: Kurak, MD: Manyetik alan uygulama süresi (Dakika), MŞ:Manyetik alan uygulama şiddeti (T) * Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (p<0.05). Ö.D:Önemli değil, *:Önemli, **:Çok Önemli

EC üzerine MA uygulamasının etkileri incelendiğinde normal ve kurak koşullardaki etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Normal koşullardaki EC değeri %29.57 olurken, kurak koşullarda %34.77 olarak tespit edilmiştir. Farklı süre ve şiddetlerde MA uygulamalarının EC değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Fakat rakamsal olarak en yüksek EC değeri 0 dk (%33.55) ve 0.5 T (%33.63) MA uygulamasında saptanmıştır. En düşük EC değeri ise 7 dk (%31.45) ve 1.1 T MA (30.81) uygulamalarında tespit edilmiştir.

Tablo 4.2.4'e bakıldığında “K x MD” ve “MD x MŞ” interaksiyonlarının MDA içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri olmadığı belirlenmiştir. “K x MŞ” interaksiyonunun ise MDA içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu saptanmıştır.

4.2.4 MA uygulamasının kurak ve normal koşullarda K x MD, K x MŞ ve MD x MŞ uygulamasının MDA, Prolin, H₂O₂ ve EC üzerine etkileri

			MDA (nmolg ⁻¹ TA)	Prolin (nmolg ⁻¹ TA)	H ₂ O ₂ (nmolg ⁻¹ TA)	EC (%)	
K*MD	K-	0	0.95	0.05	0.02	33.14	
		3	1.33	0.04	0.14	28.44	
		5	1.60	0.05	0.16	29.56	
		7	1.38	0.04	0.13	30.01	
	K+	0	1.74	0.09	0.16	33.96	
		3	1.29	0.16	0.17	36.12	
		5	1.39	0.17	0.22	35.47	
		7	1.33	0.16	0.17	32.89	
			Ö.D	Ö.D	Ö.D	Ö.D	
K*MŞ	K-	0	0.95 d	0.05 d	0.02	33.14	
		0.3	1.87 a	0.05 d	0.08	28.81	
		0.5	1.60 abc	0.04 d	0.14	32.77	
		0.7	1.20 bcd	0.05 d	0.16	30.39	
		0.9	1.41 a-d	0.03 d	0.16	27.17	
		1.1	1.11 cd	0.04 d	0.17	27.54	
	K+	0	1.74 ab	0.09 c	0.16	33.96	
		0.3	1.26 bcd	0.19 a	0.15	34.91	
		0.5	1.28 bcd	0.20 a	0.16	34.49	
		0.7	1.19 bcd	0.14 b	0.23	34.04	
		0.9	1.59 abc	0.17 a	0.24	36.61	
		1.1	1.36 a-d	0.11 bc	0.16	34.07	
			*	**	Ö.D	Ö.D	
	MD*MŞ	0	0	1.35	0.07 b	0.09	33.55
3		0.3	1.31	0.12 a	0.11	33.38	
		0.5	1.40	0.12 a	0.11	32.29	
		0.7	1.30	0.08 b	0.19	32.24	
		0.9	1.35	0.04 c	0.17	33.03	
		1.1	1.19	0.07 b	0.20	30.45	
5		0.3	1.83	0.08 b	0.12	30.55	
		0.5	1.78	0.12 a	0.18	34.39	
		0.7	1.20	0.13 a	0.24	35.80	
		0.9	1.65	0.14 a	0.24	29.98	
		1.1	1.03	0.06 bc	0.18	31.84	
7		0.3	1.55	0.14 a	0.11	31.65	
		0.5	1.15	0.11 a	0.16	34.20	
		0.7	1.09	0.06 bc	0.15	28.60	
		0.9	1.49	0.12 a	0.20	32.67	
		1.1	1.48	0.04 c	0.12	30.12	
		Ö.D	**	Ö.D	Ö.D		
K*MD*MŞ				*	**	*	**

K: Kurak, MD: Manyetik alan uygulama süresi (Dakika), MŞ:Manyetik alan uygulama şiddeti (T) * Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (p<0.05). Ö.D:Önemli değil, *:Önemli, **:Çok Önemli

Sulu koşullarda en yüksek MDA ieriğine sahip MA uygulaması 1.87 nmolg⁻¹ TA değeri ile 0.3 T şiddetindeki MA olurken, en düşük MDA ieriğiği 0.95 nmolg⁻¹ TA ile kontrol grubunda saptanmıştır. Kurak koşullardaysa en yüksek MDA ieriğine sahip uygulama 1.74 nmolg⁻¹ TA ile kontrol grubu olmuştur. En az MDA ieriğiği ise 1.19 nmolg⁻¹ TA ile 0.7 T şiddetindeki MA uygulamasında belirlenmiştir. “K x MD x Mş” interaksiyonunun istatiksels olarak önemli etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Prolin ieriğiği zerine “K x MD” interaksiyonunun istatiksels olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir. “K x Mş” interaksiyonunda ise istatiksels olarak önemli etkileri olduğu saptanmıştır. Sulu koşullarda prolin ieriğiği düşüş gösterirken kurak koşullarda birikim artmış ve en yüksek prolin ieriğiği 0.20 nmol g⁻¹ TA ile 0.5 T MA uygulamasında saptanırken, en düşük prolin ieriğiği 0.09 nmol g⁻¹ TA ile kontrol grubunda belirlenmiştir. “MD x Mş” interaksiyonunun prolin ieriğiği üzerine önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. En yüksek prolin ieriğine sahip uygulama 5 dk süresince 0.9 T şiddetindeki MA ve 7 dk süresince 0.3 T şiddetindeki MA uygulaması iken, en düşük prolin ieriğiği 3 dk ile 0.9 T şiddetinde ve 7 dk ile 1.1 T şiddetinde belirlenmiştir. “K x MD x Mş” interaksiyonunun prolin ieriğiği üzerine istatiksels olarak önemli etkileri olduğu saptanmıştır.

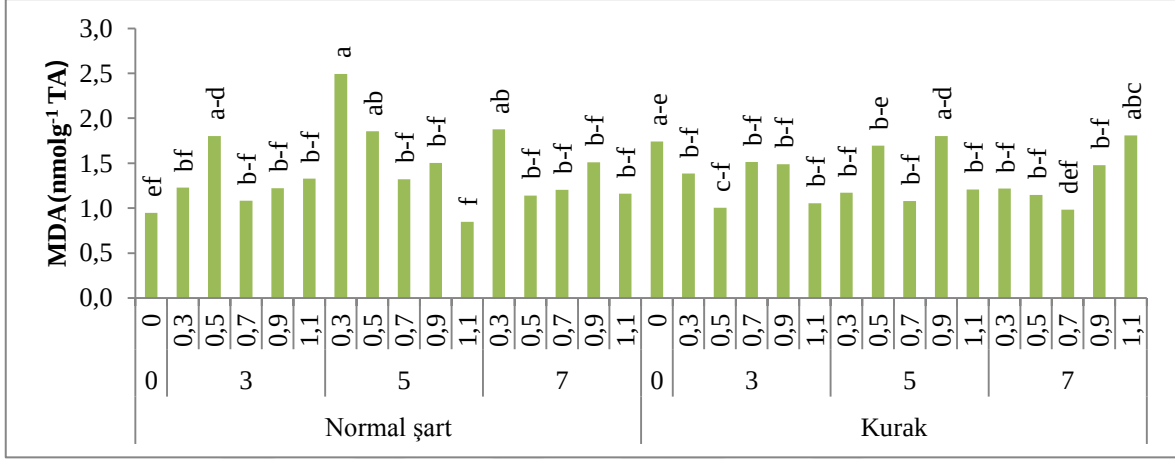
“K x MD”, “K x Mş” ve “MD x Mş” interaksiyonlarının H₂O₂ ieriğiği üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. “K x MD x Mş” interaksiyonunun ise H₂O₂ ieriğiği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tablo 4.2.4. incelendiğinde, “K x MD” interaksiyonunun EC değeri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır.

Kurak koşullarda en yüksek EC değerine sahip uygulama %36.12 ile 3 dk MA uygulaması olurken, en düşük EC değeri %32.89 ile 7 dk uygulamasında saptanmıştır. “K x MD” interaksiyonuna benzer şekilde “K x Mş” ve “MD x Mş” interaksiyonlarının da EC değeri üzerinde önemli etkileri olmadığı kaydedilmiştir. Rakamsal olarak, sulu koşullarda en yüksek EC değeri 0 T şiddetinde %33.14 olarak belirlenirken, en düşük EC değeri 0.9 T şiddetinde %27.17 olarak belirlenmiştir. Kurak koşullarda ise en yüksek EC değeri 0.9 T şiddetinde %36.61 olarak saptanırken, en düşük EC değeri 0 T şiddetinde %33.96 olarak kaydedilmiştir.

“MD x Mş” interaksiyonunda en yüksek EC değerine sahip MA uygulaması 5 dk ile 0.7 T şiddetindeki uygulama (%35.80) olurken, en düşük EC değeri 7 dk süresince 0.7 T şiddetindeki MA uygulamasında (%28.60) bulunmuştur. “K x MD x Mş”

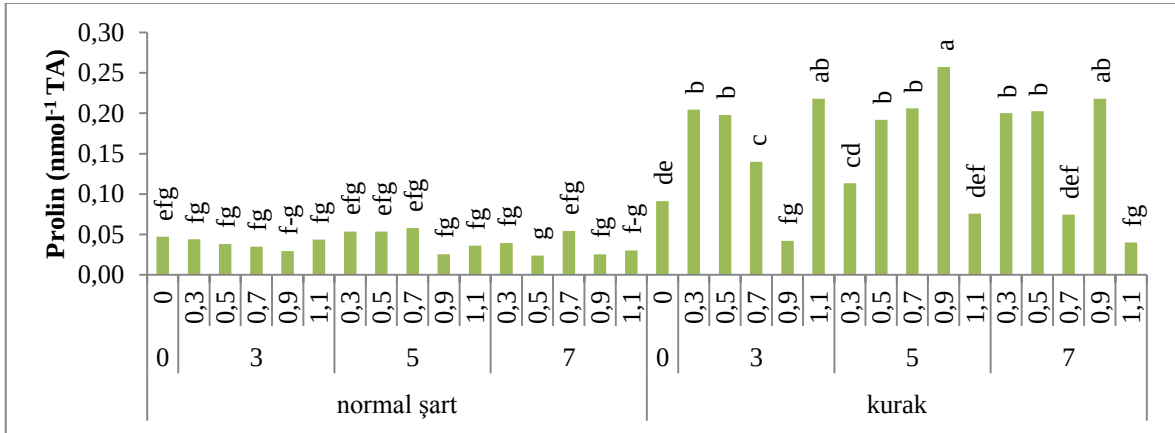
interaksiyonunun EC değeri üzerinde istatistiksel olarak çok önemli etkileri olduğu belirlenmiştir.

Grafik 4.3.7 incelendiğinde K x MD x MŞ interaksiyonunun MDA içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek MDA içeriği NŞ – 5 dk - 0.3 T MA uygulamasında ($2.49 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) olurken en düşük ise NŞ – 5 dk -1.1 T MA uygulamasında ($0.85 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) tespit edilmiştir.



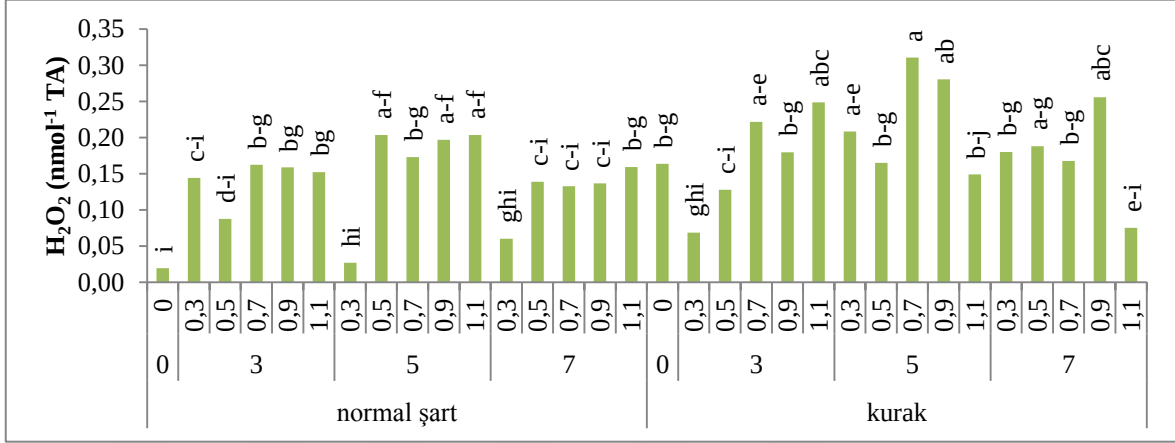
Grafik 4.2.7 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda MDA üzerine etkileri

MA uygulamasının kurak koşullarda 3'lü interaksiyonu incelendiğinde prolin birikimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Grafik 4.3.8). En yüksek çıkan MA uygulaması KŞ -5 dk - 0.9 T ($0.26 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) olurken en düşük çıkan uygulama ise ($0.02 \text{ nmol g}^{-1} \text{ TA}$) NŞ – 7 dk - 0.5 T uygulaması olmuştur.



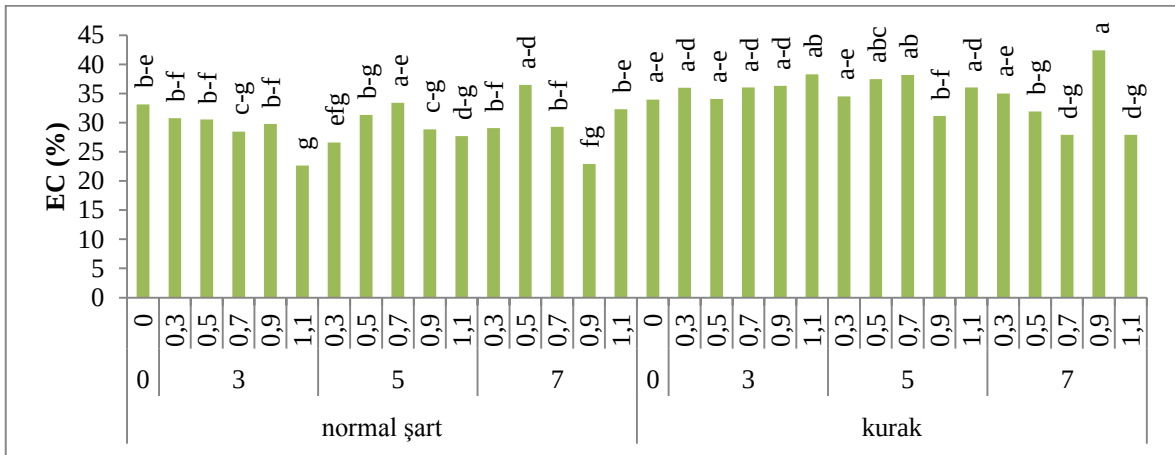
Grafik 4.2.8 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda prolin üzerine etkileri

MA uygulamasının kurak koşullarda 3'lü interaksyonu incelendiğinde H_2O_2 içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önem arz ettiği belirlenmiştir. En yüksek H_2O_2 içeriği KŞ - 5 dk - 0.7 T uygulamasında 0.31 nmol g^{-1} TA olarak bulunurken en düşükse NŞ - 0 dk - 0 T uygulamasında 0.02 nmol g^{-1} TA olarak saptanmıştır (Grafik 4.3.9).



Grafik 4.2.9 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda H_2O_2 içeriği üzerine etkileri

MA uygulamasının kurak koşullarda 3'lü interaksyonu incelendiğinde EC değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek çıkan ec değeri % 42.4 ile KŞ - 7 dk - 0.9 T uygulaması olurken en düşük ise %22.6 ile NŞ - 3 dk - 1.1 T uygulaması olmuştur (Grafik 4.2.10).



Grafik 4.2.10 Farklı sürelerde, farklı şiddetlerde MA uygulamasının kurak koşullarda EC içeriği üzerine etkiler

5. TARTIŞMA

Kurak koşullarda MA uygulamalarının etkisi incelendiğinde en iyi çimlenme yüzdesi 5 dk uygulamasında bulunmuştur. Ayrıca MA uygulanan tohumlarda uygulama şiddetleri çimlenme yüzdesinde artışa sebep olmuştur. Çalışmamıza benzer olarak arpa tohumlarına MA uygulamasının 125 mT'den düşük dozlarda çimlenmeyi arttırdığı tespit edilmiştir (Ercan vd., 2022). Kahverengi pirinç tohumlarına 10 mT, 60 dk MA uygulaması çimlenme oranını arttırmıştır (Luo vd., 2022). Susam bitkisine tohum büyümesi ve çimlenme sırasında 50 Hz frekansla 0.0-0.5 mT MA uygulanmıştır. Tohum aşamasında 20 dakikalık MA uygulaması tohumların daha erken çimlenmesine ve daha fazla büyümeye neden olmuştur (Trino vd., 2021).

Kurak koşullarda MA uygulamalarının etkisi incelendiğinde en iyi yaş ağırlığa sahip uygulama 0.7 T şiddetinde bulunmuştur. Ayrıca MA 3 dk uygulamasında ağırlığa olumlu etkisi olduğu saptanmıştır. Kamble vd. (2022) zerdaçal bitkisinde yaptıkları statik MA uygulamalarında 40 dk maruz bırakılan zerdaçalın MA'nın taze ağırlık ve sürgün uzunluğunda maksimum artışla sürgün gelişimini uyardığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda 200 mT MA'nın in vitro yetiştirilen *C. longa*'nın büyümesi üzerinde uyarıcı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Kurak koşullarda MA uygulamasında en iyi bitki boyuna sahip uygulama 3 dakika uygulamasında ve 1.1 T şiddetinde olmuştur. MA uygulamasını bitki boyuna olumlu etkisi görülmektedir. Bunun yanında KŞ- 5dk- 0.9 T uygulamasında bitki boyu en kısa belirlenmiştir. Bununla birlikte bizim çalışmamıza benzer olarak Teixeira vd. (2016) çalışmasında 25 mT' lik 5 dakika süreyle uygulanan MA, fide boyunu azalttığını rapor etmiştir. Yang vd. (2021) yaptıkları çalışmada *Celosia argentea* tohumlarına farklı şiddetlerde MA uygulamıştır. Kurak koşullarda MA uygulaması ile yaprak ve kök kuru ağırlıkları belirli bir şiddete kadar artarken yüksek dozlarda azalış gösterdiğini bildirmiştir.

Çalışmamızda en yüksek toplam klorofil miktarı ve karotenoid miktarı kontrol gruplarında belirlenmiştir. Bununla birlikte, 3 dakika süre ve 0.5-0.7 T şiddetinde MA uygulamalarının klorofil ve karotenoid içeriği kontrol gurubu ile benzerlik göstermiş, diğer uygulamalarda ise söz konusu pigmentlerin içerikleri azalmıştır. Çalışmamıza benzer şekilde Racuciu (2008a; b) ve Racuciu (2007) MA uygulamalarının pigment içeriklerini azalttığını bildirmişlerdir. MA altında söz konusu pigmentlerdeki azalmalar MA'nın hücre içindeki plastidlerin azalması üzerindeki etkisine bağlıdır (Taia, 2007). Bu durum

kloroplastların manyetik momentleri nedeniyle pigment sentezini bozabilecek yüksek dozda MA enerjisinden etkilenmelerinden kaynaklanabileceği ve karotenoidlerin radikal yakalama reaksiyonlarında tüketilebilmesine veya serbest radikallerin fotosentez enzimlerini etkileyerek sentezi engellemesine bağlı olarak ortaya çıkmış olabilir Commoner vd. (1956). Bununla birlikte MA uygulamalarının söz konusu pigmentlerde artışa neden olabileceğini bildiren çalışmalarda bulunmaktadır. Dhawi vd. (2009) hurma ağaçlarının fidelerinde yaptıkları MA uygulamasının pigment içeriğini (klorofil a, klorofil b, karotenoidler ve toplam pigmentler) önemli ölçüde arttığını saptamışlardır. Yine Yang vd. (2021) yaptıkları çalışmada MA uygulamalarının kurak stresinde klorofil ve karotenoid içeriklerini arttırdığını bildirmiştir.

Kurak koşullarda MA etkisi incelendiğinde en iyi MDA içeriği 3 dk ve 0.7 T şiddetindeki uygulamalarda olmuştur. Yang vd. (2021) yaptıkları çalışmada MA uygulamalarının kurak stresinde MDA içeriğini düşürdüğü ve antioksidan enzim aktivitelerini arttırdığını rapor etmişlerdir. H_2O_2 İçeriğinde ise en yüksek çıkan uygulamalar MA uygulamaları 5 dk uygulamasında olurken 0.7 ve 0.9 T şiddetlerinde olmuştur. Chen vd. (2011) maş fasulyesi fidelerinde kadminyumun toksikolojik etkileri azaltmak için yaptıkları çalışmada tek başına MA uygulamalarının, köklerde ve yapraklarda EC, MDA, H_2O_2 konsantrasyonlarında azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Stres koşullarında MA uygulamasının kontrole yakın sonuçlar verdiğini kaydetmişlerdir. Kurak koşullarda yapılan MA uygulamasında en iyi sonuç veren uygulama 0.3 ve 0.5 T şiddetlerinde olmuştur. Abdollahi vd. (2019) badem tohumları üzerine yaptıkları çalışmada 5 saat olmak üzere 4 gün boyunca 10 MT uygulanan statik manyetik alanının prolin, fenolik bileşikler ve antosiyanin içeriğini artırdığı gözlemlemişlerdir. Kurak koşullarda MA uygulamalarında en yüksek çıkan EC değeri kontrol gruplarında olmuştur. Buna benzer olarak yapılan MA çalışmasında El-Yazied vd. (2012) domates tohumları üzerinde yaptıkları MA uygulamasının EC değerini artırdığını belirlemişlerdir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

MA uygulamaları bitkilerde ve hayvanlarda olumsuz çevre koşullarının etkilerini azaltmak ve hastalıklara dayanımı arttırmak için kullanılabilir. MA su ve besin alımı, karbonhidrat, protein, enzim ve fotosentez aktivitelerinde artış sağlamakta kurak gibi abiyotik stres faktörlüne dayanımı arttırmaktadır (Radhakrishnan, 2019). Çalışmamızda MA uygulamasının bitkiler üzerine olan faydalı etkilerinden yola çıkarak biber bitkisinde kurak koşullarda çimlenme ve çıkış üzerine etkilerini belirlemek amacıyla farklı MA şiddeti ve farklı süreler uygulanmıştır. Çalışmamız sonucunda kurak koşullardaki çimlenme verileri incelendiğinde MA uygulama süreleri ve şiddetlerinin çimlenmeyi olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Bitkiler üzerine MA uygulamalarının etkileri incelendiğinde kurak uygulamasıyla azalan bitki büyüme parametrelerinin MA uygulamaları ile birlikte arttığı gözlenmektedir.

MA uygulamaları farklı sürelerde ve şiddetlerde değişik tepkiler gösterebilmektedir. Bununla birlikte MA uygulamalarının etkileri türe ve genotipe göre farklılık gösterebilmektedir. MA alan etkilerinin ilerleyen dönemlerde etkilerinin devamlılığını belirlemek için moleküler ve sitolojik çalışmalar yapılabilir. Bu araştırmadan yola çıkarak daha sonraki çalışmalarda bitkinin ileriki aşamalarında strese karşı tolerans durumu incelenebilir. Tohumdan uygulanan MA uygulamalarının ilerleyen zamanda meyve verimi ve kalitesi üzerine olası etkileri var mı inceleyebilir.

7. KAYNAKLAR

- Abdollahi, F., Amiri, H., Niknam, V., Ghanati, F., & Mahdigholi, K. (2019). Effects of static magnetic fields on the antioxidant system of almond seeds. *Russian Journal of Plant Physiology*, 66(2), 299-307.
- Afzal, I., Mukhtar, K., Qasim, M., Basra, S.M.A., Shahid, M., & Haq, Z. (2012). Magnetic stimulation of marigold seed. *International Agrophysics*, 26(4); 335- 339.
- Ahamed, M.E.M., Elzaawelely A.A., & Bayumi, Y.A. (2013). Effect of magnetic field on seed germination, growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Asian Journal of Crop Science*, 5, 286-294.
- Ahmet, E. (2003). Effects of magnetic fields on yield and growth in strawberry "Camarosa". *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78,147-147.
- Aladjadjiyan, A. (2002). Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mais*. *Journal of Central European Agriculture*, 3(2), 89-94.
- Aladjadjiyan, A. (2010). Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. *International Agrophysics.*, 24 (3); 321-324.
- Alexander, M.P., & 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 Resources Newsletter*, 104(1).
- Alshalwi, H.A.F. (2017). Manyetik alan uygulamasının bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin tohum çimlenmesi üzerine etkisi (Doctoral dissertation, Kastamonu Üniversitesi).
- Amaya, J.M., Carbonell, M.V., Martinez, E., & Raya, A. (1996). Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. *Horticultural Science Abstracts*, 68, 1363.
- Anonim(2022) https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Manyetik_alan&oldid=28654379
- Atak, C., Celik, O., Olgun A., Alikamanoglu, S., & Rzakoulieva, A. (2007). Effect of Agnetic Field on Peroxidase Activities of Soybean Tissue Culture. *Bitechnology & Biotechnological Equipment*, 21 (2), 166-171.
- Audus, L.J. (1960). Magnetotropism: a new plant-growth response. *Nature*, 185, 132- 134.
- Baghel, L., Kataria, S., & Guruprasad, K. N. (2016). Static magnetic field treatment of

- seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics*, 37(7), 455-470.
- Bağatırlar, A.G (2016). Manyetik alan kullanılarak ısı elde edilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 102 s.
- Bates, L.S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39(1), 205-207.
- Belyavskaya, N.A. (2004). Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in space Research*, 34(7), 1566-1574.
- Bhardwaj, J., Anand, A., & Nagarajan, S. (2012). Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 67-73.
- Bilalis, D.J., Katsenios, N., Efthimiadou, A., Karkanis, A., Khah, E.M., & 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.
- Chen, Y. P., Li, R., & He, J.M. (2011). Magnetic field can alleviate toxicological effect induced by cadmium in mungbean seedlings. *Ecotoxicology*, 20(4), 760-769.
- Commoner, B., Heise, J.J., & Townsend, J. (1956). Light-induced paramagnetism in chloroplasts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 42(10), 710-718.
- Çalışkan G., ve Dirim S. (2016). Gıdaların Dondurulmasında Alan Uygulamasının Kullanılabilirliği. Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Bornova
- Danilov, V., Bas, T., Eltez, M., & Rizakulyeva, A. (1993, April). Artificial magnetic field effect on yield and quality of tomatoes. In *II Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates* 366 (pp. 279-286).
- 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, M. S. (1996). Effects of 60 Hz electromagnetic fields on early growth in three plant species and a replication of previous results, *Bioelectromagnetics*, 17, 154– 61.
- De Souza A., Garcia, D., Sueiro, L., Gilart, F., Porras, E., & Licea, L. (2006). Presowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants.

Bioelectromagnetics, 27, 247–257.

- Debeaujon, I. (2000). Gibb requirement for arabidopsis seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid, *Plant Physiology*, 122, 415-424.
- Dhawi, F., & Al-Khayri, J. M. (2009). Magnetic Fields Induce Changes in Photosynthetic Pigments Content in *Date Palm* (L.) Seedlings. *The Open Agriculture Journal*, 3(1).
- Dhawi, F., Al-Khayri, J.M., & Hassan, E. (2009). Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5, 161-166.
- Dominguez, P.A., Hernandez, A.C. & Cruz, O.A. (2010). Influences of the electromagnetic field in maize seed vigor. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33, 183-188.
- Dorna, H., Gorski, R., Szopinska, D., Tylkowska, K., Jurga, J., Wosinski, S. & Tomczak, K. (2010). Effect of a permanent magnetic field together with the shielding of an alternating electric field on carrot seed vigor and germination. *Ecological Chemistry and Engineering S*. 17, 53-61.
- Efthimiadou, A., Katsenios, N., Karkanis, A., Papastylianou, P., Triantafyllidis, V., Travlos, I. & 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-Yazied, A. A., El-Gizawy, A. M., Khalf, S. M., El-Satar, A., & Shalaby, O. A. (2012). Effect of magnetic field treatments for seeds and irrigation water as well as N, P and K levels on productivity of tomato plants. *Journal of Applied Sciences Research*, (April), 2088-2099.
- Ercan, I., Tombuloglu, H., Alqahtani, N., Alotaibi, B., Bamhrez, M., Alshumrani, R., & Kayed, T. S. (2022). Magnetic field effects on the magnetic properties, germination, chlorophyll fluorescence, and nutrient content of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 170, 36-48.
- Eşitken, A. (2003). Serada yetiştirilen çilekte manyetik alan uygulamasının etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1); 25-27
- FAO (2022). <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf> (access date: January 2022)
- Farooq, M., Basra, S. M., Rehman, H., & Mehmood, T. (2006). Germination and early

- seedling growth as affected by pre-sowing ethanol seed treatments in fine rice. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8, 19-22.
- Feizi, H., Sahabi, H., Moghaddam, P.R., Shahtahmassebi, N., Gallehgir, O. & 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.
- Gholami, A., Sharafi, S. & Abbasdokht, H. (2010). Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 4(8), 675-677.
- Gubbels, G. H. (1982). Seedling growth and yield response of flax, buckwheat, sunflower and field pea after preseeding magnetic treatment. *Canadian Journal of Plant Science*, 62(1), 61-64.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E. G., ve Cicek, N. (2007). Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*, 164(6), 728-736..
- Heiser, C.B., & Jr, Smith, P.G. (1953). The cultivated capsicum peppers. *Economic Botany*, 7: 214-226.
- Hozayn, M., Amal, A. & 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.
- Javadian, N., Karimzadeh, G., Mahfoozi, S., & Ghanati, F. (2010). Cold-induced changes of enzymes, proline, carbohydrates, and chlorophyll in wheat. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57(4), 540-547.
- Jedlicka, J., Paulen, O., & 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.
- Jiang, X., Yang, Y., Feng, S., Hu, Y., Cao, M., & Luo, J. (2022). Reactive effects of pre-sowing magnetic field exposure on morphological characteristics and antioxidant ability of *Brassica juncea* in phytoextraction. *Chemosphere*, 135046.
- Kamble, S. N., Satdive, R. K., Manwatkar, S. N., Salunkhe, C., Itteera, J., Singh, K., Suprasanna, P., & Singh, S. (2022). Influence of magnetic field on the growth,

- development and rhizome yield of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 1-7.
- Karimi, S., Eshghi, S., Karimi, S., & Hasan-Nezhadian, S. (2017). Inducing salt tolerance in sweet corn by magnetic priming. *Acta Agriculturae Slovenica*, 109(1), 89-102.
- Kataria, S., Baghel, L., & Guruprasad, K.N. (2017). 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.
- Kirk, J. T. O., & Allen, R. L. (1965). Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis: effect of actidione. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 21(6), 523-530.
- Konefal -Janocha, M., Bana -Z bczyk, A., Bester, M., Bocak, D., Budzik, S., Gorny, S., Larsen, S., Majchrowski, K. & Cholewa, M. (2019). The effect of stationary and variable electromagnetic fields on the germination and early growth of radish (*Raphanus sativus*). *Polish Journal of Environmental Studies*. 28(2); 709-715
- Korkmaz, A., Uzunlu, M., ve Demirkiran, A. R. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(6), 503-508.
- Kovacs, P. E., Valentine, R. L., & Alvarez, P. J. (1997). The effect of static magnetic fields on biological systems: implications for enhanced biodegradation. *Critical reviews in environmental science and technology*, 27(4), 319-382.
- Krawiec, M., Krzysztof, K., Salwina, P., Magdalena, K., Piotr, B., & Piotr, K. (2013). Does the magnetic field improve the quality of radish seeds? *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 12, 93-102.
- Lorenz, O.A., & Maynard, D.N. 1988. Knott's handbook for vegetable growers. 3 rd Edition, Wiley, New York.
- Luo, X., Li, D., Tao, Y., Wang, P., Yang, R., & Han, Y. (2022). Effect of static magnetic field treatment on the germination of brown rice: changes in α -amylase activity and structural and functional properties in starch. *Food Chemistry*, 383, 132392.

- Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of botany*, 78(3), 389-398.
- Majd, A., Shabrangi, A., Bahar, M., & Abdi, S. (2009). Effect of AC and DC Magnetic Fields on Seed Germination and early vegetative growth in *Brassica Napus* L. *Progress In Electromagnetics Research*, 18(710-714), 18-21.
- Matsuda, T., Asou, H., Kobayashi, M., & Yonekura, M. (1993). Influences of magnetic fields on growth and fruit production of strawberry. *Acta Horticultrae*, 348, 378- 380
- Mazza, C. A., Battista, D., Zima, A. M., Szwarcberg-Bracchitta, M., Giordano, C. V., Acevedo, A., Scopel, A.L., & Ballaré, C. L. (1999). The effects of solar ultraviolet-B radiation on the growth and yield of barley are accompanied by increased DNA damage and antioxidant responses. *Plant, Cell & Environment*, 22(1), 61-70.
- Moon J.D., & Chung H.S. (2000). Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. *Journal of Electrostatic*. 48, 103-114.
- Morar, R., Iuga, A., Dascalescu, L., Neamtu, V., & Munteanu, I. (1988). Separation and biostimulation of soybeans using highintensity electric fields. *Proceedings of the International Conference on Modern Electrics*, Beijing, China.
- Muraji, M., Asai, T., & Tatebe, W. (1998) Primary root growth rate of *Zea mays* seedlings grown in an alternating magnetic field of different frequencies. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*. 44: 271–273
- Mousavizadeh, S. J., Sedaghatoor, S., Rahimi, A., & Mohammadi, H. (2013). Germination parameters and peroxidase activity of lettuce seed under stationary magnetic field. *International Journal of Biosciences*, 3(4), 199-207.
- Namba, K., Mohri, M., Sasao, S., & Shibusawa, S. (1998). Effects of impulse electromagnetic field on plant germination. ASAE Annual International Meeting, Orlando, Florida, USA, 12-16 July.
- Najafi, S., Heidari, R., & Jamei, R. (2013). Influence of the magnetic field stimulation on some biological characteristics of *Phaseolus vulgaris* in two different times. *Global Journal of Science, Engineering and Technology*, 11,51-58.
- Nechitailo, G., & Gordeev, A. (2001). Effect of artificial electric fields on plants grown under microgravity conditions. *Advances in Space Research*, 28/4. 629-631.

- Negishi, Y., Hashimoto, A., Tsushima, M., Dobrota, C., Yamashita, M., & Nakamura, T. (1999). Growth of pea epicotyl in low magnetic field implication for space research. *Adv. Space Res.* 23: 2029–2032
- Özden, M., Demirel, U., ve Kahraman, A. (2009). Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 163-168.
- Penuelas, J., Llusia, J., Marthinez, B., & Fontcuberta, J. (2004). Diamagnetic susceptibility and root growth responses to magnetic fields in *Lens culinaris*, *Glycine soja*, and *Triticum aestivum*. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 23(2), 97-112.
- Pietruszewski, S. T. (1993). Effect of magnetic seed treatment on yields of wheat. *Seed science and technology*, 21(3), 621-626.
- Pietruszewski, S., Muszynski, S., & Dziwulska, A. (2007). Electromagnetic fields and electromagnetic radiation as non-invasive external stimulants for seeds [selected methods and responses]. *International Agrophysics*, 21(1).
- Podlesny, J., Pietruszewski, S. & 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. Podlesna, A. (2005). Influence of magnetic stimulation of seeds on the formation of morphological features and yielding of the pea. *International Agrophysics*, 19, 1.
- Racuciu, M., Creanga, D. & Horga, I. (2008a). Plant Growth Under Static Magnetic Field Influence. *Rom. Journ. Phys.*, 53, 353–359.
- Racuciu, M., Creanga, D.E., & Galugaru, C.H. (2008b). The influence of extremely low frequency magnetic field on tree seedlings. *Rom J Phys*, 35, 337-342.
- Racuciu, M., Creanga, D., & Amaraitei, C. (2007). Biochemical changes induced by low frequency magnetic field exposure of vegetal organisms. *Rom J Phys*, 52, 601-606.
- Radhakrishnan, R. (2019). Magnetic field regulates plant functions, growth and enhances tolerance against environmental stresses. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(5), 1107-1119.
- Rakosy-Tican, L., Aurori, C.M., & Morariu, V.V. (2005). Influence of near null magnetic field on in vitro growth of potato and wild *Solanum* species. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The*

- Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 26(7), 548-557.
- Reina, F. G., & Pascual, L. A. (2001). Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part I: Theoretical considerations. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 22(8), 589-595.
- Rochalska, M. & Orzeszko-Rywka, A. (2005). Manyetik alan tedavisi, tohum performansını artırır. *Tohum Bilimi ve Teknolojisi*, 33 (3), 669-674.
- Samy, C.G. (1998). Magnetic seed treatment. I. Influence on flowering, siliquae and seed characteristics of cauliflower. *Orissa Journal of Horticulture*, 26, 68-69.
- Sarı, ME, (2019). Ultraviyole (UV), manyetik alan (MA) ve hidropriming (HP) uygulamalarının biber, lahana, marul ve soğan tohumlarında kalitenin avantajında kullanımı. *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı. Doktora tezi*.
- Shine, M.B., Guruprasad, K. & Anand, A. (2011). Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 32, 474–484.
- Taia, W. K., Al-Zahrani, H., & Kotbi, A. (2007). The effect of static magnetic forces on water contents and photosynthetic pigments in sweet basil *Ocimum basilicum* L.(Lamiaceae). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 14(1), 103-107.
- Tahir, N.A.R, & Karim, H.F.H. (2010) Impact of magnetic application on the Parameters related to growth of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 3(4), 175-184.
- Teixeira da Silva, J. A., & Dobránszki, J. (2016). Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? *Protoplasma*, 253(2), 231-248.
- Tirono, M., Hananto, F. S., Suhariningsih, S., & Aini, V. Q. (2021). An effective dose of magnetic field to increase sesame plant growth and its resistance to fusarium oxysporum wilt. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 16(3), 285-291.
- Touati MA 2013, Boughanmi NG, Salem MB, Haouala R (2013). Effects of moderate static magnetic field presowing treatment on seedling growth and oxidative status in two *Raphanus sativus* L. varieties. *Afr J Biotechnol* 12(3).

- Vakharia, D. N., Davariya, R. L., & Parameswaran, M. (1991). Influence of magnetic treatment on groundnut yield and yield attributes. *Indian J. Plant Physiol*, 24(2), 131-136.
- Vashisth, A., & 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.
- Vasilevski, G. (2003). Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 29(3), 179-186.
- Vural, H. , Eşiyok, D., ve Duman İ., (2000) Kültür Sebzeleri Kitabı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir/Bornova.
- Yang, P., Gan, T., Pi, W., Cao, M., Chen, D., & Luo, J. (2021). Effect of using *Celosia argentea* grown from seeds treated with a magnetic field to conduct Cd phytoremediation in drought stress conditions. *Chemosphere*, 280, 130724.
- Yaycılı, O., ve Alikamanoğlu, S. (2005). The effect of magnetic field on *Paulownia* tissue cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 83, 109-114.
- Yıldırım, E., Kul, R., Ekinci, M., Örs, S., ve Dursun, A. (2021). Kuraklık stresi.(sayfa: 66-117). Ed:Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Daşgan, H.Y., Kuşvuran, Ş. Sebzelerde stres toleransı ve ıslah stratejileri. *Gece kitaplığı, Ankara*.
- Yinan, Y., Yuan, L., Yongqing, Y. & Chunyang, L. (2005). Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. *Environmental and Experimental Botany*. 54, 286-294.
- Zhang, J. H., Huang, W. D., Liu, Y. P., & Pan, Q. H. (2005). Effects of temperature acclimation pretreatment on the ultrastructure of mesophyll cells in young grape plants (*Vitis vinifera* L. cv. *Jingxiu*) under cross-temperature stresses. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47(8), 959-970.