



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTROMANYETİK ALANIN SOYA
(*Glycine max* L. Merrill) BİTKİSİNİN GELİŞİM
PARAMETRELERİ VE ANTIOKSİDANT
ENZİMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gizem ÖREN ÇIBIK

Biyoloji Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTROMANYETİK ALANIN SOYA
(*Glycine max* L. Merrill) BİTKİSİNİN GELİŞİM
PARAMETRELERİ VE ANTİOKSİDANT
ENZİMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gizem ÖREN ÇIBIK

Biyoloji Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 27/01/2016

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Fehime Sevil YALÇIN

ÇANAKKALE

Gizem ÖREN ÇİBIK tarafından Yrd. Doç. Dr. Fehime Sevil YALÇIN yönetiminde hazırlanan ve **27/01/2016** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Elektromanyetik Alanın Soya (*Glycine max* L. Merrill) Bitkisinin Gelişim Parametreleri ve Antioksidant Enzimleri Üzerine Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Yrd. Doç. Dr. Fehime Sevil YALÇIN

Başkan

Prof. Dr. Cüneyt AKI

Üye

Doç. Dr. Hüseyin AKSOY

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Gizem ÖREN ÇIBIK

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca her türlü olanağı sağlayan, benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, bilimselliği ve kişiliği ile her anlamda örnek oluşturan saygıdeğer Danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Fehime Sevil YALÇIN'a; Laboratuvar çalışması aşamasında bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen ve Jüri Üyesi olarak da görev yapan, Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Cüneyt AKI'ya ve Jüri Üyelerinden Sakarya Üniversitesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Hüseyin AKSOY'a teşekkür ederim.

Diğer yandan, laboratuvar çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım ve yardımlarını esirgemeyen Doc. Dr. Okan ACAR'a da teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, hayatım boyunca bana yol gösteren, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, daima bana inanıp güvenen babam Turgut ÖREN, annem Nurten ÖREN, kardeşim Ceren ÖREN'e, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen eşim Birol ÇIBIK ve biricik kızım Ada ÇIBIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gizem ÖREN ÇIBIK
Çanakkale, Ocak 2016

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|---------|--------------------------------------|
| EMA | Elektromanyetik alan |
| PMF | Pulsed Manyetik Alan |
| MA | Manyetik alan |
| AC | Alternatif akım |
| DC | Doğrusal akım |
| RF-EMA | Radyofrekans Elektromanyetik Alan |
| ELF-MF | Düşük Frekanslı Manyetik Alan |
| ELF-EMA | Düşük Frekanslı Elektromanyetik Alan |
| SOD | Süperoksit dismutaz |
| CAT | Katalaz |
| GR | Glutathione redüktaz |
| POX | Peroksidaz |
| APX | Askorbat Peroksidaz |
| ROS | Reaktif Oksijen Türleri |
| Hz | Hertz |
| T | Tesla |
| mT | Militesla |
| μ T | Mikrotesla |
| Gy | Gray |
| G | Gauss |
| mg | Miligram |
| mL | Mililitre |
| μ L | Mikrolitre |
| BSA | Bovine (sığır) Serum Albumin |
| MPa | Megapascal |
| SOR | Serbest Oksijen Radikalleri |
| SNR | Serbest Nitrojen Radikalleri |
| kV | Kilovolt |

ÖZET

ELEKTROMANYETİK ALANIN SOYA (*Glycine max* L. Merrill) BİTKİSİNİN GELİŞİM PARAMETRELERİ VE ANTİOKSİDANT ENZİMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Gizem ÖREN ÇIBIK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fehime Sevil YALÇIN

27/01/2016, 70

Bu çalışmada, soyanın Arısoy çeşidi tohumlarına, 4 gün süreyle günde 1 saat 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT elektromanyetik alan (EMA) uygulanmıştır. Uygulama sonrası tohumlar sera koşullarında yetiştirilerek EMA'nın, fide yüksekliği, yaş ve kuru ağırlık, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, karotenoid miktarları, antioksidant enzimleri (SOD, CAT ve POX) ile toplam protein miktarları üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, 14. günde tüm EMA şiddetlerinde fide boyu, yaş ağırlık, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarında artış; kuru ağırlıkta azalma anlamlı bulunmuştur. 21. günde klorofil miktarında 5 mT'de artış saptanmıştır. Karotenoid miktarında 14. günde 0,5 ve 1 mT'de artış, 21. gün ölçümlerinde ise azalma saptanmıştır.

14. günde kontrole kıyasla süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinde 1 mT'de % 23,13 ve 5 mT'de % 30,43 anlamlı artış saptanmıştır. Katalaz (CAT) aktivitesinde ise EMA şiddetlerinde sırasıyla % 175,40, % 309,10 ve % 438,30 anlamlı artış saptanmıştır. 21. günde ise peroksidaz (POX) aktivitesinde sırasıyla % 218,71, % 128,48 ve % 110,01 anlamlı artış saptanmıştır. EMA şiddeti artışına bağlı olarak protein degradasyonu olmuştur. Total klorofil miktarında korumayı, 14. günde SOD ve CAT enzimlerinin, 21. günde ise POX ve SOD enzimlerinin sağladığı saptanmıştır.

Anahtar sözcükler: EMA, Soya, Gelişim Parametreleri, Klorofil, Antioksidant Enzim, Toplam Protein

ABSTRACT

EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON GROWTH PARAMETERS AND ANTIOXIDANT ENZYMES OF SOYBEAN (*Glycine max* L. Merrill) PLANT

Gizem ÖREN ÇIBIK

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Biological Science

Advisor: Yrd. Doç. Dr. Fehime Sevil YALÇIN

27/01/2016, 70

In this study, different intensities of electromagnetic field (EMF) that was 0,5 mT, 1 mT and 5 mT was applied to seeds of Arısoy soybean at 1 hour per day for 4 days and then the seeds were grown up in greenhouse. It was aimed to investigate the effects of EMF on Arısoy soybean's seedling length, fresh and dry weight, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid content, antioxidant enzymes (SOD, CAT and POX) and total protein contents.

As a result, the increase in seedling length, fresh weight, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll contents and the decrease of dry weight were determined significantly in all intensities of EMF on the 14th day. The chlorophyll content was increased in 5 mT on the 21st day. The carotenoid content was increased in 0,5 and 1 mT on the 14th day, and decreased on the 21st day.

On the 14th day compared to control; superoxide dismutase activity was increased significantly in 1 and 5 mT, respectively % 23,13 and % 30,43. Catalase activity was increased significantly in all intensities, respectively % 175,40, % 309,10 and % 438,30. On the 21st day; peroxidase activity was increased significantly in all intensities, respectively % 218,71, % 128,48 and % 110,01. It was been the degradation of protein, depending on the increase in intensities of EMF. It was determined to provide for protection in total chlorophyll contents due to SOD and CAT enzymes on the 14th day and SOD and POX enzymes on the 21st day.

Keywords: EMF, Soybean, Growth Parameters, Chlorophyll, Antioxidant Enzyme, Total Protein

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

| | |
|---|-----|
| TEZ SINAV SONUÇ FORMU | ii |
| İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI | iii |
| TEŞEKKÜR..... | iv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | v |
| ÖZET..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | x |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | xi |
| BÖLÜM 1 | |
| GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Soya Bitkisinin Tarihi, Kökeni ve Yayılışı | 1 |
| 1.2. Soya Bitkisinin Besin Değeri | 1 |
| 1.3. Soya Bitkisinin Kullanım Alanları..... | 2 |
| 1.4. Elektromanyetik Alan | 2 |
| 1.4.1. Elektromanyetik Spektrum | 4 |
| 1.5. EMA'nın Biyolojik Etkileri..... | 4 |
| 1.6. Bitkilerde Oksidatif Stres ve Antioksidanlar | 7 |
| 1.7. Oksidatif Stres ve Serbest Radikaller..... | 8 |
| BÖLÜM 2 | |
| ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR | 10 |
| 2.1. EMA Uygulamalarının Bitkilerde Gelişim Parametreleri Üzerine Etkisi..... | 10 |
| 2.2. EMA Uygulamalarının Bitkilerde Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi..... | 14 |
| 2.3. EMA Uygulamalarının Bitkilerde Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi..... | 14 |
| 2.4. EMA Uygulamalarının DNA Hasarı Üzerine Etkileri | 16 |
| BÖLÜM 3 | |
| MATERYAL VE METOT | 19 |
| 3.1. Bitkisel Materyal..... | 19 |
| 3.1.1. Tohum Nem Oranının Belirlenmesi | 19 |
| 3.2. Soya Tohumlarına EMA Uygulamasında Kullanılacak Düzenegin Belirlenmesi ... | 19 |
| 3.2.1. Tohumlara Uygulanacak Uygun EMA Şiddetinin Belirlenmesi..... | 21 |
| 3.3. Sera Denemesi | 21 |
| 3.4. Gelişim Parametreleri..... | 22 |
| 3.4.1. Fide Yüksekliğinin Saptanması..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4.2. Yaş ve Kuru Ağırlığın Belirlenmesi | 22 |
| 3.4.3. Fotosentetik Pigment Ekstraksiyonu ve Kantitatif Tayini | 23 |
| 3.4.3.1. Klorofil Pigmentlerinin Ekstraksiyonu | 23 |
| 3.4.3.2. Klorofil Pigment Miktarının Belirlenmesi | 23 |
| 3.5. Antioksidant Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi | 23 |
| 3.5.1. Süperoksit dismutaz (SOD; E.C. 1.15.1.1) Aktivitesinin Belirlenmesi..... | 24 |
| 3.5.2. Katalaz analizi (CAT; E.C 1.11.1.6) Aktivitesinin Belirlenmesi | 24 |
| 3.5.3. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesinin Belirlenmesi | 24 |
| 3.6. Toplam Protein Analizi | 24 |
| 3.6.1. Spektrofotometrede Bitki Örneklerinin Protein İçeriklerinin Ölçümü | 25 |
| 3.7. İstatistiksel Analiz..... | 26 |
| BÖLÜM 4 | |
| ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA | 27 |
| 4.1. Tohum Nem Oranı | 27 |
| 4.2. Tohumlara Uygulanacak EMA Şiddeti Ön Denemesi | 27 |
| 4.3. Sera Denemesi Sonuçları..... | 29 |
| 4.4. Gelişim Parametreleri..... | 29 |
| 4.4.1. Çimlenme Yüzdesinin Saptanması..... | 29 |
| 4.4.2. Fide Yüksekliğinin Saptanması..... | 30 |
| 4.4.3. Yaş ve Kuru Ağırlığın Saptanması..... | 31 |
| 4.5. Pigment Analizi | 33 |
| 4.6. Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi | 38 |
| 4.6.1. Soya Fidelerinde SOD Enzim Aktivitesindeki Değişim Bulguları | 40 |
| 4.6.2. Soya Fidelerinde CAT Enzim Aktivitesindeki Değişim Bulguları | 41 |
| 4.6.3. Soya Fidelerinde POX Enzim Aktivitesindeki Değişim Bulguları | 42 |
| 4.7. Toplam Protein Miktarlarının Belirlenmesi | 43 |
| 4.7.1. Soya Fidelerinde Toplam Protein Değişim Bulguları | 43 |
| 4.8. Tartışma..... | 44 |
| BÖLÜM 5 | |
| SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 55 |
| KAYNAKLAR | 57 |
| ÖZGEÇMİŞ | I |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1. Elektromanyetik dalganın şematik gösterimi. Elektrik alanı (E), manyetik alan (B) ve elektromanyetik dalganın ilerleme yönü (Z) (Güçlü, 2011) | 3 |
| Şekil 1.2. Elektromanyetik spektrum (Sağdilek, 2009)..... | 4 |
| Şekil 3.1. Manyetik alan çizgileri | 20 |
| Şekil 3.2. EMA düzeneği..... | 20 |
| Şekil 3.3. Tohumlara Helmholtz düzeneğinde EMA uygulanması..... | 21 |
| Şekil 3.4. Tesadüfi bloklar deneme deseni | 22 |
| Şekil 3.5. Protein standart grafiği ve denklemi | 26 |
| Şekil 4.1. Arısoy çeşidinde çimlenme yüzdesi üzerine elektromanyetik alanın etkisi | 28 |
| Şekil 4.2. Arısoy çeşidinde EMA'nın kök uzunluğu üzerine etkisi (Mayıs 2014) | 29 |
| Şekil 4.3. Arısoy çeşidinde EMA'nın fide yüksekliği üzerine etkisi | 31 |
| Şekil 4.4. Arısoy çeşidinde EMA'nın yaş ve kuru ağırlık üzerine etkisi | 32 |
| Şekil 4.5. Arısoy çeşidinde EMA'nın net ağırlık üzerine etkisi | 33 |
| Şekil 4.6. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde klorofil a miktarları üzerine etkisi..... | 35 |
| Şekil 4.7. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde klorofil b miktarları üzerine etkisi..... | 36 |
| Şekil 4.8. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde toplam klorofil miktarları üzerine etkisi..... | 37 |
| Şekil 4.9. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde karotenoid miktarları üzerine etkisi..... | 38 |
| Şekil 4.10. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde SOD aktivitesi üzerine etkisi | 40 |
| Şekil 4.11. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde CAT aktivitesi üzerine etkisi | 41 |
| Şekil 4.12. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde POX aktivitesi üzerine etkisi | 42 |
| Şekil 4.13. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde toplam protein miktarı üzerine etkisi..... | 44 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|---|----|
| Çizelge 1.1. 100 gr soya fasulyesinde bulunan özel mineral ve vitaminler ile besin değeri .2 | |
| Çizelge 3.1. 1 ml (1000µl) 'de 2 mg çözünmüş protein olduğu için hesaplanan değerler .. 25 | 25 |
| Çizelge 3.2. Protein standart verileri..... 25 | 25 |
| Çizelge 4.1. Arısoy çeşidinde çimlenme yüzdesi üzerine elektromanyetik alanın etkisi.... 27 | 27 |
| Çizelge 4.2. Arısoy çeşidi üzerine EMA'nın kök uzunluğu üzerine etkisi 28 | 28 |
| Çizelge 4.3. Arısoy çeşidinde EMA'nın 24., 48. ve 72. saatlerdeki çimlenme yüzdeleri üzerine etkisi 29 | 29 |
| Çizelge 4.4. Soya bitkisi tohumlarına 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT'lık EMA uygulamasının 14. günde fide yüksekliği üzerine etkisi..... 30 | 30 |
| Çizelge 4.5. Soya bitkisi tohumlarına 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT'lik EMA uygulamasının yaş, kuru ve net ağırlık üzerine etkisi..... 31 | 31 |
| Çizelge 4.6. Arısoy çeşidinde EMA'nın klorofil ve karotenoid miktarları üzerine etkisi (14.gün ve 21.gün) 34 | 34 |
| Çizelge 4.7. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde SOD, CAT, POX aktivitesi ve toplam protein miktarı üzerine etkisi 39 | 39 |
| Çizelge 4.8. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde toplam protein miktarı üzerine etkisi..... 43 | 43 |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Soya Bitkisinin Tarihi, Kökeni ve Yayılışı

Soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merrill) 5000 yıl önce Doğu Asya ovalarında keşfedilmiş ve Doğu Asya Ülkelerinin en önemli tarımsal ürünlerinden biri olmuştur. Çin halkının beş kutsal (çeltik, soya, buğday, arpa ve darı) ürününden biri olan soya için Çinliler 'Harika Bitki, Kutsal Bitki, Tanrı Bitkisi, Üreyen Altın, Sarı Mücevher ve Doğu'nun Kemiksiz Eti' gibi isimler kullanmışlardır (Nazlıcan, 2010).

Mucize bitki olarak anılan soyanın genetik kökeni Çin ve Mançurya'dır. 11. ve 17. Yüzyılda Çin'in doğusunda tarım ürünü olarak kullanılmaya başlanan soya bitkisi, zamanla Japonya, Vietnam, Filipinler, Tayland, Malezya, Nepal ve Hindistan'a yayılmıştır (Öner, 2006).

17. Yüzyılın başında Avrupa'ya getirilen soya, iklim ve toprak koşullarının yetersizliğinden dolayı verimli olarak tarımı yapılamamıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde soya ilk kez 1804'de Orta ve Batı Amerika'da yetiştirilmeye başlanmıştır. Günümüzde 170-180 milyon ton seviyesine ulaşan Dünya Soya Üretimindeki en büyük payı % 50 oranındaki üretimiyle ABD almakta, onu Brezilya, Arjantin ve Çin izlemektedir (Nazlıcan, 2010).

Soya fasulyesi Fabales takımı, Fabaceae familyasına ait olan tek yıllık bir bitkidir. Soya fasulyesi, köklerindeki toprağın serbest azotunu bağlayabilen *Rhizobium japonicum* bulunması sebebiyle hem kendi besin ihtiyacını karşılamakta hem de toprağı azotça zenginleştirerek tarımsal açıdan büyük fayda sağlayan bir kültür bitkisi olmuştur (Anaç ve Ertürk, 2003).

Soya bitkisinin, ülkemizde ilk kez 1.Dünya Savaşı sırasında ana ürün olarak Karadeniz bölgesinde tarımı yapılmıştır (İlisulu, 1983; İşler ve Coşkan, 2009). 2. Ürün projesi ile de Ege ve Akdeniz bölgelerinde yetiştirilmeye başlanılan soyanın tarımı daha çok Çukurova Bölgesinde yapılmaktadır. Verilere göre Adana ve Osmaniye illeri, Türkiye üretiminin % 80-85'ini karşılamaktadır (Nazlıcan, 2010).

1.2. Soya Bitkisinin Besin Değeri

Soya bitkisi yüksek miktarda protein içermesinin yanında lif, kalsiyum ve magnezyum açısından da zengindir. Tohumlarında % 18-24 yağ, % 35-45 protein, % 30 karbonhidrat ve %5 oranında da mineral içermektedir. Çok sayıda vitamin, değerli

aminoasit içermesi ve toprağa organik madde ile azot sağlayan bir bitki olması sebebiyle değerlidir (Öner, 2006). Soya fasulyesinde bulunan özel mineral ve vitaminler ile besin değeri Çizelge 1.1’de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. 100 gr soya fasulyesinde bulunan özel mineral ve vitaminler ile besin değeri

| Besin ve Mineral Adı* | Miktarı | Demir | 15,7 mg |
|------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| Enerji (kcal) | 416 kcal | Çinko | 4,9 mg |
| Protein | 36,5 gr | Manganez | 2,52 mg |
| Karbonhidrat | 30,2 gr | Sodyum | 2,0 mg |
| Toplam yağ | 19,9 gr | Bakır | 1,7 mg |
| Poli-doymamış yağ asitleri | 11,3 gr | Selenyum | 17,8 µg |
| Lif | 9,3 gr | Vitamin Adı | Miktarı |
| Su | 8,59 gr | C Vitamini (askorbik asit) | 6,0 mg |
| Kül | 4,9 gr | E Vitamini | 1,95 mg |
| Mono-doymamış yağ asitleri | 4,4 gr | Niacin (B3 Vitamini) | 1,62 mg |
| Doymuş yağ asitleri | 2,9 gr | Thiamin (B1 Vitamini) | 0,874 mg |
| Potasyum | 1797 mg | Riboflavin (B2 Vitamini) | 0,87 mg |
| Fosfor | 704 mg | Pantothenic asit (B5 Vitamini) | 0,79 mg |
| Magnezyum | 280 mg | B6 Vitamini | 0,38 mg |
| Kalsiyum | 277 mg | Folikasit | 375 µg |
| İzoflavonlar | 200 mg | A Vitamini | 2,0 µg |

*(USDA Nutrient Database for Standart Reference)

1.3. Soya Bitkisinin Kullanım Alanları

Soya taneleri çimlendirilip filizleri sebze olarak tüketildiği gibi, işlenerek yağ ve un elde edilirken, kavrulmuş tohum olarak, yüksek protein oranı nedeniyle soya eti yapımında, süt, yoğurt ve peynir gibi gıda ürünlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca dünyada bitkisel yağların ve yüksek proteinli hayvan yemlerinin başlıca kaynağıdır.

Türkiye’de gıda sektöründe yeni yeni yaygınlaşmaya başlayan tüketiminin dışında, ağırlıklı olarak yem sektöründe kullanılmaktadır. Yağı alındıktan sonra geriye kalan küspe bol miktarda protein içerdiğinden, iyi bir hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Soya bitkisi, beslenme ve tıp alanlarının yanı sıra sanayinin farklı kollarında tutkal, mürekkep, sabun, benzin, böcek ilacı, alkol, plastik ve lastik gibi 400’ün üzerinde endüstriyel ürünün üretiminde de kullanılan ender bitkilerden biridir (Öner, 2006).

1.4. Elektromanyetik Alan

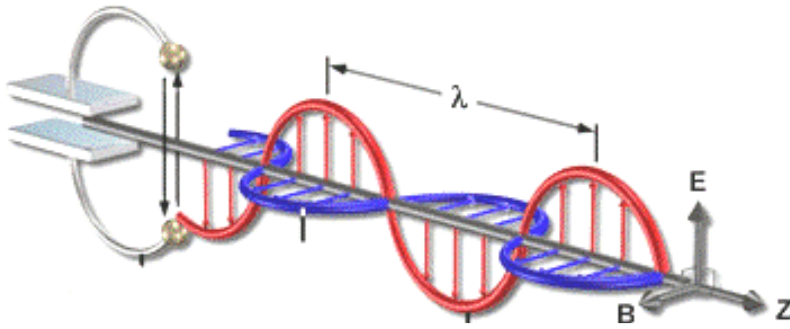
Durgun ve hareket eden yüklerin, durmakta ya da hareket eden diğer yükler üzerinde kuvvet uyguladıkları alanlara elektrik alanı ve manyetik alan denir. Yükler hareketsiz olduğunda ortaya çıkan alan statik elektrik alan, yükler sabit hızla hareket ederken

oluşturdukları alan statik manyetik alan olarak tanımlanmaktadır. Hareketlenen yükler, elektrik ve manyetik alanların zamanla değiştiği elektromanyetik alanları oluşturmaktadır (Özaktaş, 1999; Güçlü, 2011).

Elektromanyetik dalgalar biçiminde yayılan enerjiye elektromanyetik radyasyon (ışınım) denir. Elektromanyetik ışımda elektrik ve manyetik olan dalgaların ilerlemesi boşlukta ışık hızıyla ($c=3 \times 10^8$ metre/saniye) olur. Elektromanyetik ışımalarda iki dalga tepesi arasındaki uzaklığa dalga boyu (λ), belli bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısı ise o ışınımın frekansıdır (f) ve Hertz (Hz) ile ölçülür,

$$c = \lambda \cdot f \quad (1.1)$$

şeklinde gösterilir. Boşlukta elektrik ve manyetik alan vektörleri birbirine diktir ve elektromanyetik dalga her iki alana da dik olarak yayılır. Elektrik alan vektörlerinin değişimi ile manyetik alan vektörlerinin değişimi sinüzoidal eğri biçimindedir ve Şekil 1.1’de gösterilmektedir (Sevgi, 2005; Güçlü, 2011).



Şekil 1.1. Elektromanyetik dalganın şematik gösterimi. Elektrik alanı (E), manyetik alan (B) ve elektromanyetik dalganın ilerleme yönü (Z) (Güçlü, 2011)

EMA, elektrik akımının elektrik kablosu gibi bir iletken boyunca akışı sırasında oluşur. Normal olarak frekansı 200-300 Hz'in altındaki EMA, ELF olarak tanımlanır ve birçok insan, yaşadığı ve çalıştığı çevredeki ELF EMA ile karşı karşıya gelmektedir. EMA genellikle, yüksek gerilim hatları ve elektrik trafolarının çevresinde yoğun olarak oluşmakla birlikte evlerimizde ve iş yerlerimizde bulunan ve elektrik ile çalışan; televizyon, video ve saç kurutma makinası gibi herhangi bir cihazın günlük kullanımı sırasında da ELF-EMA oluşur ve cihazı kullanan ya da civarında bulunan kişiler de bu alanlar ile karşı karşıya gelmiş olur (Goodman ve ark., 1993).

1.4.1. Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum Şekil 1.2’de görüldüğü gibi gama ışınlarından çok düşük frekanslı elektromanyetik dalgalara kadar yayılmış sürekli bir ışımaya dizisidir. Düşük frekanslı yani uzun dalga boylu elektromanyetik dalgalar düşük enerjilidir. Statik elektrik veya statik manyetik alanda frekans sıfırdır (Sağdılek, 2009).

Elektromanyetik spektrumda;

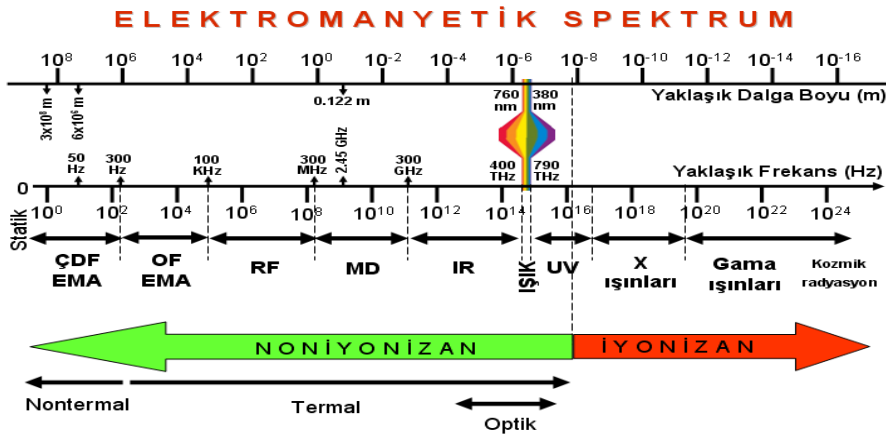
3 Hz - 3 kHz arası çok çok düşük frekans bölgesi,

3 kHz - 30 kHz arası çok düşük frekans bölgesi,

10^{12} Hz’lere kadar olan bölge ise radyo dalgaları denilen bölgedir.

10^{12} Hz’ler kızıl ötesi ışımaya bölgesidir.

10^{14} Hz’ler görünür ışık frekans bölgesidir. Bu frekansların üstü iyonlaştırıcı radyasyon bölgesi olup UV (mor ötesi), X ve gama ışınlarını kapsar (Sevgi, 2005).



Şekil 1.2. Elektromanyetik spektrum (Sağdılek, 2009)

1.5. EMA'nın Biyolojik Etkileri

EMA'nın biyolojik etkileri ile ilgili çalışmalar ilk defa 18.yy ortalarında Galvani (1737-1798) tarafından yapılmıştır. Geçen 20-25 yıl içinde EMA'nın biyolojik organizmalar üzerinde oluşturduğu çeşitli etkileri hem hücrelerde hem de organizmalar ile yapılan araştırmalar sonucunda gözlemlenmiştir (Goodman ve ark., 1993).

EMA ile kanser arasındaki ilişkiyi saptamak için yapılmış olan epidemiyolojik çalışmalar, özgül kanser türleriyle EMA'nın doğrudan ilişkili olmadığını ancak EMA'nın, birçok kanser türünde başta lösemi, lenfoma, melanoma, akciğer kanseri ve diğer kanserler olmak üzere pozitif risk faktörü olduğunu ortaya koymuştur (Favret ve ark., 1977; Goodman ve ark., 1993). EMA'nın biyolojik sistemler ile girdiği fiziksel etkileşimin

araştırılması, maruz kalma ile oluşan biyolojik etkilerle ilgili çalışmaların önemli bir bölümünü oluşturur.

Bu süreler içinde hayvan grupları ve hücre sistemleri ile ilgili bir takım çalışmalar yapılmış ve ELF EMA'nın biyolojik sistemlerle etkileşime girerek bir takım biyolojik etkilere neden olduğu bulunmuştur (Anderson, 1991; Liburdy, 1992).

EMA'ların organizmalar ile etkileşim mekanizmaları şu şekilde açıklanabilir (Şekerci, 1991).

1. Manyetik özellik taşıyan biyolojik moleküllerden oluşan ferromanyetik partiküllerin yönelmesi.
2. Diamanyetik ve paramanyetik anizotrop moleküllerin yönelmesi.
3. Manyetik kuvvetten dolayı iyon akışına dik yönde potansiyel fark oluşması
4. Moleküler enerji düzeyinde Zeeman kaymasının sebep olduğu elektron transferinde yapısal düzenlenmeler veya ara ürünlerdeki değişimler.
5. Elektriksel ve statik alanların indüksiyonu ile organizma içinde oluşan akımlar.

Hücrelerde çok sayıda biyolojik molekül yer almakta ve özellikle protein molekülünün yapı taşları olan C, O, H, N ve S gibi elementlerden bir hücrede, ortalama 10^{14} 'den fazla H ve O atomu, 10^{12} - 10^{14} 'er C ve N atomu bulunmaktadır. Ayrıca her bir hücrede 10^{10} - 10^{12} kadar Si, P, Na, K, Mg, Ga, Cl; 10^6 - 10^8 kadar Sn, Ti, Mo, Co, I, Pb, Ag, Br, Sr, Ni, V, Sc, Cd, Cr, Se; 10^4 - 10^6 kadar U, Be, Hg ve yukarıdaki eser elementlerden başka 40 kadar daha eser elementten de 10^2 - 10^4 dolayında bulunmaktadır. Hücrede mevcut olan bu atomların pek çoğunun ($8O^{16}$ ve $6C^{12}$ gibi) spini sıfırdır. Bu tür atomlarda aşırı ince (ultra structural) yapı oluşmaz. EMA'ya duyarlı bir atomda çiftleşmemiş halde baş değer (valence) elektronları bulunmaktadır. Biyolojik nesnelere, EMA'ya maruz kaldıklarında, bu alanın şiddetine bağlı olarak, aşırı ince yapılarında bir değişme gözlenir. EMA'ya maruz kalan canlıların hücrelerinde bulunan ve kısmen kararsız durumdaki moleküllerin EMA'ya karşı hassas olan eşleşmemiş elektronlarının enerji düzeylerinde değişimler gözlenir. Böylelikle moleküllerin ömürlerine yansıyan değişimler ve açığa çıkan enerji, bunların rol aldıkları kimyasal reaksiyonların oranlarını etkileyecek ve böylece değişik EMA şiddetlerinde büyük kimyasal değişimler ortaya çıkacaktır (Şekerci, 1991).

Biyolojik moleküller, genellikle heterojen yapılar olmasından dolayı, elektriksel alanlarla karşılaştıklarında yapılarında önemli derecede değişimler meydana gelir. Biyolojik sistemden geçen akım, ortamdaki pozitif ve negatif yük içeren moleküllerin, zıt yönlerde sürüklenmelerine neden olur. Böylelikle ortamın yapısal içerik düzeni değişir ve hücrenin farklı kısımlarında, belirli yük içeren iyonların konsantrasyonunda bir artış

gerçekleşir. Elektroforez olarak bilinen bu sistem, moleküler biyoloji alanında, yüklü biyolojik molekülleri ayırtmak için kullanılan deneysel bir yöntemin de temelini oluşturmaktadır. Elektriksel alanın etki derecesi ortamın iletkenlik düzeyine bağlıdır (Şeker ve Çerezci, 2000)

Biyolojik sistemlerde iletkenlik düzeyini belirleyen en önemli unsur, iyonik kuvvet ve viskozitedir. Bu nedenle, EMA'dan en çabuk ve en kolay etkilenen hücresel kısım, sitoplazmada bulunan çözünür moleküllerin oluşturduğu sitozolik fraksiyondur. Bu moleküllerin EMA'dan etkilenmesi durumunda meydana gelebilecek iyon akışları, moleküllerin kendi içinde ve farklı moleküller arasında bulunan iyonik ve hidrojen bağları ile Van der Waals etkileşimlerinin derece ve yapılarını değiştirir. Bu durum özellikle hücresel proteinlerin hem üç boyutlu yapılarında, hem biyolojik aktivitelerinde, hem de diğer protein ve nükleik asit gibi moleküllerle olan etkileşim düzeylerinde değişimler oluşturur. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda, EMA'ya maruz kalan çeşitli hücrelerde G1 fazında bir gecikme olduğu ve sentez fazından önceki devrede gerçekleşen RNA ve protein sentezinin EMA'dan etkilendiği, DNA üzerindeki iyon akış hızının EMA etkisi ile yükseldiği, ornitin dekarboksilaz aktivitesinin EMA'ya maruz kalan hücrelerde normale oranla beş kat yükseldiği belirlenmiştir (Byus, 1987; Blank, 1997). Ayrıca EMA'nın, DNA-protein etkileşimi üzerindeki etkilerine yönelik olarak GAL4 proteininin "zinc-finger" yapıdaki DNA bağlayıcı domaini ile özgül cevap elementi içeren sentetik DNA molekülü ile oluşturulmuş bir protein-DNA kompleksi üzerinde yapılan bir çalışmada, proteinin DNA bağlayıcı domaininin 15 numaralı amit azotunda, EMA'ya bağlı kimyasal kaymalar belirlenmiştir (Bax, 1987). 26 aminoasitlik sentetik bir "zinc-finger" peptid üzerinde yapılan başka bir çalışmada da EMA'nın, peptid iskeleti üzerinde kayma oluşturduğu ve bu etkinin, peptidin kendi monomerleri ile oluşturduğu tetramerler ile monomerler üzerinde farklı derecelerde meydana geldiği ortaya çıkmıştır (Kemple, 1997).

Elektromanyetik ve manyetik alan değişimlerinin, biyolojik sistemler üzerindeki bu etkileri biyoloji, tıp ve tarım ile uğraşan birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Özellikle son yıllarda, dünyada birçok bilim adamı manyetik alanın canlılar üzerindeki olumsuz etkilerinin yanında, olumlu biyolojik etkileri üzerinde de araştırmalara başlamıştır. Yapılan denemeler sonucunda elde edilen verilere göre, elektromanyetik alanın organizmaların canlılık aktivitelerinde bazı değişimlere neden olduğu saptanmıştır (Olcaday Yalçın, 2002).

Biyolojik sistemlerin çok karmaşık yapıları olmaları manyetik veya elektromanyetik alanların biyolojik sistemler ile etkileştiğinde bitkilerin normal fonksiyonları üzerinde meydana gelen etkilerin değerlendirilmesini zorlaştıran temel nedenlerden biridir.

Teknolojideki gelişmelerin bir sonucu olarak elektromanyetik dalgalar artmakta ve doğada bulunanın çok üstündeki seviyelerde elektromanyetik dalgalara maruz kalınmaktadır. Elektromanyetik alanların foton enerjileri, atomları ve molekülleri iyonlaştıracak düzeyde değildir. Elektromanyetik alanların neden oldukları ışınlam, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon bölgesinde yer almaktadır. Ortamdaki iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik dalgaların etkisinde kalma sonucunda canlılarda iki tür etki oluşabilir. Bunlar; ısı etkiler ve ısı olmayan etkilerdir.

Ancak EMA iyonize edici olmamasına karşın radikal çifti rekombinasyonunu etkilediği bilinmektedir ve bu da, hücrelerdeki oksijene dayalı serbest radikal konsantrasyonunu artırabilmektedir (Scarano ve ark., 1995)

Serbest radikallerin zararlı etkilerini engellemek üzere organizmada antioksidant savunma sistemleri çalışır. Serbest radikaller ile antioksidantlar arasındaki hassas denge korunamadığı takdirde birçok fizyolojik zararlanma ortaya çıkabilir. (Malecka, 2001)

Bu durumda, elektromanyetik radyasyon bitkilerde strese neden olmakta ve bu stres büyümeyi ve verimi etkileyen en yaygın çevresel streslerden biri olup bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler cevabı indüklemekte ve buna bağlı olarak bitkiler, sınırlı çevresel koşullara adapte olmayı sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirebilmektedirler (Kılçksız ve Demirel, 2008).

1.6. Bitkilerde Oksidatif Stres ve Antioksidanlar

Bitkilerin maruz kaldıkları çevre faktörleri, kalite ve verimlilik üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bunlar iklim faktörleri, toprak faktörleri, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sınıflandırılabilir. Verimli bir yetiştiricilik için bitkilerin optimum çevre koşullarının karşılanması gereklidir. Bu optimum koşullarda meydana gelen her türlü değişiklik o bitki için stres meydana getirir. Biyologlar canlı organizmalara elverişsiz herhangi bir çevre faktörü için “stres” terimini kullanırlarken, buna karşı bitkinin hayatta kalabilme yeteneği ise “stres direnci” olarak adlandırılmıştır (Levitt, 1980).

Oksidatif stres ve reaktif oksijen veya nitrojen türevleri, toksisitenin olası bir mekanizması olarak son yıllarda araştırmaların odak noktası haline gelmiştir.

Hücrelerde serbest radikallerin oluşumu endojen ve ekzojen kaynaklı etmenlere bağlıdır. İyonize ve ultraviyole radyasyona maruziyet, çeşitli çevresel faktörler ve kimyasalların etkisi altında kalma gibi etmenlerin oluşturduğu serbest radikaller, oksidatif stres ve DNA hasarına neden olmaktadır (Kılçksız ve Demirel, 2008).

1.7. Oksidatif Stres ve Serbest Radikaller

Serbest oksijen radikalleri (SOR) ve serbest nitrojen radikalleri (SNR) biyolojik sistemde, sisteme yarar ve zarar anlamında ikili role sahiptirler.

Radikaller eşleşmemiş elektronları eşleştirme (karşısındaki atom ya da molekülden elektron alma veya verme) eğiliminde oldukları için kararsızdırlar ve bu kararsızlıkları onların kimyasal olarak aktif olmalarını sağlar. Serbest radikaller organizmanın normal metabolik faaliyetlerin sonucunda oluşabileceği gibi, dış faktörlerle de (radyasyon, hava, besin, ilaç, vs) organizmaya girebilmektedir Radikaller yüksek konsantrasyonda bulunduğu SOR, protein, lipit ve DNA'yı içeren hücrel yapıların oksidasyonunun (kısacası oksidatif stresin) mediatörüdür. SOR'un zararlı etkileri enzimatik ve non-enzimatik antioksidanlar ile dengelenir (Kılçksız ve Demirel, 2008).

Oksidatif reaksiyonu düzenleyen oldukça etkili, koruyucu ajanlar ve savunma mekanizmaları "antioksidan savunma sistemi" olarak isimlendirilir. Oksidatif hasarı onarmak için enzimler ve hasarlı moleküllerin değiştirilmesi ya da ortadan kaldırılması için çeşitli mekanizmalar vardır. Antioksidanlar hücreleri serbest radikallerin etkisinden koruyan maddelerdir. Bir redoks tepkimesi olan oksidasyon sırasındaki elektron transferinde, serbest radikallerin oluşumuna yol açabilecek zincir reaksiyonlar meydana gelebilmektedir. İşte antioksidanlar bu reaksiyonlarda kendileri okside olarak radikallerin oluşumundaki artışı dengelemekte, yavaşlatıp durdurabilmektedirler Antioksidanlar eksojen veya endojen kaynaklı olup süpürücü (scavenger) ya da koruyucu (preventive) olarak sınıflanabilir (Kılçksız ve Demirel, 2008; Kavak, 2010).

Süpürücü gruptakiler C vitamini, glutatyon (GSH) gibi suda çözünen veya E vitamini, lipoik asit gibi lipitte çözülebilen küçük moleküllü antioksidanlardır. Strese maruz kalan bitkiler bu serbest oksijen radikallerinin hücrelerde oksidasyonunu önlemek amacıyla süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT) enzimleri ve karotenoidler gibi çeşitli antioksidanları meydana getirmektedirler (Kılçksız ve Demirel, 2008).

Bu çalışmanın amacı; gıda, ilaç ve sanayi gibi çeşitli alanlarda giderek daha da önem kazanan soya bitkisinde yüksek verim elde etmek ve kaliteyi arttırmak amacıyla çeşitli ıslah çalışmaları yapılmaktadır. Tarımda, genetik değeri ve verim potansiyeli yüksek, farklı stres koşullarına dayanıklı varyetelerin geliştirilmesi ve ıslah edilmesine önem verilirken, istenilen özelliklere sahip varyetelerin geliştirilmesi ve ıslah edilmesi de ticari açıdan önemli bir yer tutmaktadır. Bunun sonucunda tarımsal ve ekonomik açıdan değerli bitkiler geliştirilerek ülke ekonomisine de katkı sağlanmış olacaktır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, EMA'ların biyolojik sistemleri etkilediğini göstermiştir. Yapılan alışmalar sonucunda araştırmacıların bir kısmı zararlı olduğunu savunurken (Ramazani, 2012; Peyvandi ve ark., 2013), bir kısmı zararı olmadığını ve hatta bazen yararlı olabileceğini savunmaktadır (Anand ve ark., 2012; Efthimiadou ve ark., 2014). Bu konudaki tartışmaların devam etmesinin en önemli nedeni bu alanların canlı organizmalarla olan etkileşiminin mekanizmasının henüz belirlenememiş ve bu konuda yeterli çalışmaların olamamasıdır. Bu nedenle yapılacak çalışmalara elde edilen verilerle ışık tutulacağı dūřünölmektedir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. EMA Uygulamalarının Bitkilerde Gelişim Parametreleri Üzerine Etkisi

Bilalis ve arkadaşları (2013), yaptıkları bir araştırmada pamuk bitkisine EMA jeneratörüyle 0, 15 ve 30 dk 12,5 mT şiddetinde EMA uygulamışlardır. Çalışma sonunda EMA muamele edilmiş tohumlardan yetiştirilen bitkilerin, kontrol bitkilerine göre terleme oranı, fotosentez hızı, stoma iletkenliği, kök büyümesi, fide büyümesi ve N, P, K, Ca ve Mg yüzdelerinin artarak olumlu yönde etkilendiğini ve bu sonuçların istatistiksel olarak da anlamlı olduğunu ($p<0,05$) saptamışlardır.

Radhakrishnan ve Kumari (2012), soya tohumlarına ön işlem olarak uyguladıkları 10,0 Hz'de 1,5 μ T pulsed manyetik alan (PMF) 20 gün 5 saat/gün şeklinde uygulaması sonucu 8 günlük fidelerin kontrole göre boyunda, yaş ve kuru ağırlığında, protein miktarında artış ve protein yapısında değişiklikler olduğunu saptamışlardır. Aynı çalışmada β -amilaz, asit fosfataz, polifenol oksidaz ve katalaz enzimlerinde artış olduğu halde α -amilaz, alkalik fosfataz, proteaz ve nitrat redüktaz aktivitelerinde PMF'den dolayı bir azalmanın olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda Fe, Cu, Mn, Zn, Mg, K, ve Na miktarında bir artış ve Ca seviyesinde azalış gözlenmiş ancak yaprak, bakla ve tohum sayısında; bakla uzunluğunda; tohum ağırlığında dikkate değer bir artış olduğu bulunmuştur.

Mısır tohumları ile yapılan bir çalışmada; 0, 15, 30 ve 45 dk pulsed elektromanyetik alan uygulanan mısır tohumlarının çimlenme yüzdesi, tohumlardan yetiştirilen fidelerin klorofil içeriği, yaprak alanı, bitki taze, kuru ağırlığında ve verimde, 30 ve 45 dklık EMA uygulamalarında en iyi sonuca ulaştığı tespit edilmiştir (Bilalis ve ark., 2012).

Tıbbi bitki olarak kullanılan *Salvia officinalis L.* (adaçayı) ve *Calendula officinalis L.* (aynısafa çiçeği) tohumlarına 125 mT'lık statik manyetik alan farklı zamanlarda uygulanmıştır. Sürekli uygulamanın sadece ön uygulama yapılmasına oranla daha etkili olduğu; bitki tohumlarının çimlenme oranı ve çimlenen tohum yüzdesinde kontrol grubuna göre artış olduğu belirlenmiştir (Flórez ve ark., 2012).

Shine ve Guruprasad (2012), mısır ile yaptıkları çalışmada mısır tohumlarına 100 mT (2 saat) ve 200 mT (1 saat) manyetik alan uygulamaları sonucunda mısır bitkisinin EMA ile muamele görmüş tohumlardan gelişen bitkilerin büyüme parametreleri arasında en fazla artışın yaprak alanı ve kök boyunda olduğu gözlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada EMA uygulanmış tohumlardan gelişen bitkilerde süperoksit radikali azalırken hidroksil

radikalinde değişim olmadığı ancak süperoksit dismutaz ve peroksidaz da kontrole göre azaldığı bulunmuştur.

Anand ve ark. (2012), mısır tohumlarına sırasıyla 2 ve 1 saat süre ile 100 ve 200 mT statik manyetik alan uygulayarak, 7 gün kum yatağına, daha sonra -0,03, -0,2 ve -0,4 MPa (megapascal) toprak su potansiyeli olan saksılara aktarmışlardır. MA uygulanan tohumlardan yetişen fidelerin büyüme parametrelerinde anlamlı artış tespit etmişler. Bu fidelerden elde edilen köklerdeki gelişime bağlı olarak yaprak su durumunun daha iyi korunması açısından yaprak su potansiyeli, turgor potansiyeli ve bağıl su içeriğinde artış olduğunu tespit etmişler. MA uygulanan tohumlarda, sulanan ve hafif stres koşulları altında olan grup, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında fotosentez, stoma iletkenliği ve klorofil içeriğinde artış; nem stres koşulları altında hidrojen peroksit ve antioksidan savunma sistemi enzim (peroksidazlar, katalaz ve süperoksit dismutaz) seviyelerinde azalma gösterdiği saptanmış. Özellikle yağmurla beslenen koşullarda 200 mT MA uygulamasının fidelerde hafif stres olan -0,2 MPa'da fonksiyonel kök parametreleri üzerinde pozitif uyarıcı bir etkiye yol açtığı ortaya konmuştur.

Shine ve ark. (2011), soya tohumlarına 0-300 mT'lık statik manyetik alan aralığının 50 mT'lık kademelerinde 30, 60 ve 90 dk'lık uygulamalar yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre MA ile muamele edilen tohumların su alımı, çimlenme hızı, yine bu tohumlardan yetiştirilen fidelerin; fide boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlıklarında MA'nın pozitif etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada özellikle 150 ve 200 mT'nın 1 saatlik uygulamalarında çimlenme oranında artış olduğu ve yine farklı büyüme parametrelerinde bir aylık gelişen bitkilerde yaprak alanı ve yaprak yaş ağırlığında kontrole göre iki kat fazla artışın olduğu ortaya konmuştur.

Mo ve ark. (2011), soya bitkisiyle çalışmasında hipojeomanyetik alanın jeomanyetik alana kıyasla çimlenme yüzdesi, çimlenme hızı ve kök ağırlık oranında artışa neden olduğunu göstermişlerdir.

Yalçın ve Tayyar (2011), oğulotu bitkisi tohumları üzerine 3,8 - 4,8 mT'lık manyetik alanı (1, 3, 9 ve 15 kez) uyguladıkları çalışmalarında; 72. ve 96. saatlerde çimlenme yüzdesinin kontrole göre daha yüksek olduğunu; fide yüksekliklerinin ise kontrole göre azaldığını saptamışlardır.

Gholami ve ark. (2010), yaptıkları bir çalışmada ise, buğday tohumları üzerine 125-250 mT'lık MA'nın farklı sürelerle uygulamışlar ve kontrole göre MA uygulanan tohumların çimlenme yüzdesini artırdığını belirlemişlerdir.

Çakmak ve ark. (2010), çalışmalarında farklı yoğunluklardaki statik manyetik alanı

(4 ve 7 mT) fasulye ve buğday tohumlarına uygulamışlar. Statik MA'nın, tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkilerini ayrıca aynı çalışma içerisinde farklı oluşturulan osmotik basınç ortamlarında (0, 2, 6 ve 10 atmosfer (atm) şeker ve 0, 2, 6 ve 10 atmosfer (atm) tuzla hazırlanmış) statik MA'nın etkisini araştırmışlardır. Osmotik basınçtan bağımsız ortamlardaki manyetik alan uygulamalarında fasulye ve buğdayda çimlenme oranında ve tohumdan gelişen fidelerin gelişme oranında kontrole göre 7 mT'lık uygulamalarda önemli artışlar saptanmıştır. Artan osmotik basınç ve tuz stresi koşullarında tohumlara uygulanan statik MA, kontrole göre çimlenme ve büyümeyi arttırarak pozitif bir etki yarattığı tespit edilmiştir. MA uygulamalarının fasulye ve buğday fidelerinin kök ve sürgün kuru biyokütle birikiminin artmasına neden olduğunu ancak yalnız buğday bitkisinden elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Vashisth ve Nagarajan (2008), çalışmalarında nohut (*Cicer arietinum L.*) tohumlarına 50 mT (2 saat), 100 mT (1 saat) ve 150 mT (2 saat) MA uygulamışlardır. MA uygulanan tohumların çimlenme, çimlenme hızı, tohumlardan gelişen fidelerin fide uzunluğu ve fide yaş ağırlığında kontrole göre anlamlı artışlar olduğu tespit edilmiştir. Aynı araştırmacıların bir başka çalışmasında (Vashisth ve Nagarajan, 2010) ayçiçeği (*Helianthus annuus*) tohumlarına 50 ve 200 mT'lık manyetik alanı 2 saat süreyle uygulamışlar ve 1 aylık fidelerde fide kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yüzey alanı ve kök hacmi kontrole göre artış gösterdiği belirlenmiştir.(Vashisth ve Nagarajan, 2008, 2010). Uygulama yapılan çimlenen ayçiçeği tohumlarında α -amilaz, dehidrogenaz ve proteaz enzim aktivitelerinin kontrole grubuna göre yüksek çıktığı, buna bağlı olarak manyetik alanın ayçiçeği tohumlarında çimlenmeyi tetiklemiş olabileceğini belirtmişler (Vashisth ve Nagarajan, 2010).

Camps-Raga ve ark. (2009), yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılan soya çalışmalarında soya tohumlarını helmholtz coil düzeneği içine yerleştirerek alternatif (AC) ve statik (DC) manyetik alanı 6 saat süreyle, sırasıyla 14,1 G ve 9,4 G uygulamışlar ve kök uzunlukları ve çimlenme yüzdesinde artış olduğunu saptamışlardır.

Phaseolus vulgaris L. tohumlarıyla yapılan bir çalışmada helmholtz coil düzeneğine yerleştirilen tohumlara 4,5 saat süre ile 30 mT'lık EMA uygulanmış ve tohumların çimlenme yüzdesinde artış olduğu gözlenmiştir (Odhiambo ve ark., 2009).

Kılıç ve Çavuşoğlu (2009), yaptıkları çalışmada baz istasyonunun yaydığı elektromanyetik alanın incir ağaçlarının yaprak anatomileri üzerinde etkisini incelemişler. Çalışmalarında EMA'nın kutikula kalınlığı, epidermis hücre sayısı, stoma sayısı, stoma

indeksi, stoma eni ve iletim demetleri arası mesafeyi artırırken, epidermis hücre boyu, stoma boyu, trake çapı, yaprak çapı, iletim demeti eni ve boyunu azalttığını bulmuşlardır.

Hurma ağacı ile yapılan bir araştırmada, hurma ağacı fidelerinin bir grubuna statik manyetik alan 10, 50 ve 100 mT (0, 30, 60, 120, 180 ve 240 dk) diğer grubuna ise alternatif manyetik alan 1500 mT (0, 1, 5, 10 ve 15 dk) şeklinde uygulandıktan 2 ay sonra her iki fide grubunun yaprak yaş, kuru ağırlığında ve su içeriğinde anlamlı artışın olduğu, benzer şekilde kök yaş, kuru ağırlığında ve su içeriğinde artış olduğu tespit edilmiştir (Dhawi ve Al-Khayri, 2009).

Flórez ve ark. (2007), mısır tohumlarına 125 ve 250 mT'lık manyetik alan uyguladıkları çalışmalarında çimlenme yüzdelerinde, fide boyunda ve toplam yaş ağırlıkta artış tespit etmişlerdir.

Dardeniz ve Tayyar (2007), cardinal üzüm çeşidiyle yaptıkları çalışmalarında 5, 10, 15, 20 ve 25 dklık sürelerde uygulanan 50 Hz 0,15 mT'lık düşük frekanslı elektromanyetik alanın, üzüm kalemlerinin vejetatif gelişimi üzerindeki etkilerini incelediklerinde; kontrole göre gelişme gücü, boğum sayısı, ortalama boğum uzunluğu, köklenme yüzdesi, kök gelişim düzeyi, kök ağırlığı, sürgün uzunluğu ve sürgün ve kök ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar elde etmişlerdir.

Camarosa çilek çeşidinde yapılan bir çalışmada 0,0054 Tesla (T)'lık manyetik alan uygulaması ile bitkilerde çiçeklenmenin kontrol grubuna göre yaklaşık 11 gün erken olduğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, petiol uzunluğu, kardeşlenme ve kök uzunluğunun arttığı; bitkilerin yapraklarında Na, Mn, P, K, Ca, N, Fe ve Mg birikiminde yükseliş ve Zn birikiminde ise düşüşe neden olduğunu tespit etmişlerdir (Eşitken, 2003). Aynı araştırmacının bir başka çalışmasında 0,096, 0,192 ve 0,384 T'lık MA şiddeti uygulamalarında, kullanılan düşük MA şiddetinin (0,096 T) kontrol ve yüksek MA'ya göre meyve verimi ve bitki başına meyve sayısı arttırdığını, kullanılan artan MA şiddetlerinde de ortalama meyve ağırlığı ve N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Na ve Zn içeriği arttırırken P ve S içeriği azalttığını tespit etmişler (Eşitken ve Turan, 2004).

Aladjadjiyan (2002), mısır tohumlarında 150 mT statik manyetik alanın etkisini incelediğinde bu MA şiddetinin sürgün gelişimini teşvik ettiği; çimlenme, yaş ağırlık ve sürgün uzunluğunda artışa neden olduğunu ortaya koyarken; Aladjadjiyan (2010) bir başka çalışmasında mercimek tohumlarına 150 mT'yi farklı sürelerde (0, 3, 6, 9 ve 12 dk) uyguladığında, çimlenme yüzdesi üzerine 6 ve 9 dklık uygulamaların 14. gün ölçümlerinde kök uzunluğu ve toplam ağırlıkta 7. güne göre daha anlamlı sonuçlar elde etmişlerdir.

2.2. EMA Uygulamalarının Bitkilerde Klorofil Miktarı Üzerine Etkisi

Javed ve ark. (2011), iki mısır çeşidi (*Agaiti-2002* [kuraklık toleranslı] ve *EV-1098* [kuraklığa duyarlı]) tohumlarına 100 ve 150 mT'nin 5 ve 10 dklık uygulamalarında büyüme üzerine klorofil a, fotosentez hızı, transpirasyon hızı, stoma iletkenliği ve stoma altı CO₂ konsantrasyonunu arttırarak; fotokimyasal olan ve olmayan su verme ile kuraklık kaynaklı olumsuz etkilerini önemli ölçüde giderdiği, ancak farklı elektromanyetik alan uygulamalarında stoma iletkenliği ve stoma altı CO₂ konsantrasyonu özellikle de *Agaiti-2002* çeşidinde kuraklık stresi koşullarında olumsuz etkilendiği belirtilmiştir. Tüm elektromanyetik alan uygulamalarında, 100 ve 150 mT'nin 10 dk uygulamaları kuraklık kaynaklı olumsuz etkilerin ortadan kaldırılmasında daha etkili olduğu tespit edilmiştir

Paulownia nod kültürünün 2,2 ve 19,8 saniyelik periyotlar ile 2,9-4,6 mT manyetik akıda manyetik alana maruz bırakarak yapılan çalışmada; 2,2 saniyelik sürede sürgün oluşum hızında, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil içeriğinde ve toplam RNA konsantrasyonunda kontrole kıyasla artış saptanmıştır. Bununla birlikte 19,8 saniye manyetik alana tabi tutulan eksplantların rejenerasyon yüzdesinde azalma tespit edilmiştir (Çelik ve ark. 2008).

Atak ve ark. (2003), soya fasulyesi doku kültürünü 2,2 ve 19,8 saniyelik periyotlarla 2,9-4,6 mT manyetik akı yoğunluğunda manyetik alana maruz bırakarak kontrole göre sürgün oluşum oranında, kök oluşum yüzdesinde ve yaş ağırlıkta artış saptamışlardır. 2,2 saniyede klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içeriğinde kontrole göre artış saptamışlar. Bununla beraber peroksidaz aktivitesinde ve uygulama yapılan eksplantlarda rejenere olan fidelerdeki toplam RNA konsantrasyonunda ise kontrole göre anlamlı artış bulmuşlardır ($p<0,05$) (Atak ve ark., 2007).

Yaycılı ve Alikamanoğlu (2005), 2,9-4,6 mT manyetik akıda 19,8 saniyelik periyotla uygulamalarını 10 ve 25 Gy'lik gamma radyasyonuyla kombine olarak uygulayarak manyetik alanın *Paulownia tomentosa* bitkisinin nod kültüründeki eksplantların yaş ağırlığı, yaprak sayısı ve klorofil miktarında 28. günde pozitif etkisini saptarlarken kombine uygulamanın gamma radyasyonunun negatif etkisini radyasyon dozuna bağlı olarak değiştirdiğini saptamışlardır (Alikamanoğlu ve ark., 2007).

2.3. EMA Uygulamalarının Bitkilerde Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi

Peyvandi ve ark. (2013), çimlenmekte olan *Helianthus annuus* L. tohumlarına 4 gün boyunca günde 1 saat 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT'lik manyetik alan uyguladıklarında elde ettikleri sonuçlara göre; 0,5 mT da uygulamadan 1 gün sonra çimlenme yüzdesinde artış

tespit edilmiştir. 1 mT uygulaması sonucunda en uzun sürgün boyu, oksin oksidaz miktarında azalma, protein içeriği, katalaz ve peroksidaz aktivitesinde minimum seviye gözlenmiştir. Tüm uygulanan manyetik alan şiddetlerinde klorofil a ve b kontrole kıyasla düşüş göstermiştir.

Shine ve ark. (2012), 150 ve 200 mT statik manyetik alanın 1 saat uygulamasının soya tohumlarında reaktif oksijen türleri (ROS) ve antioksidant enzimleri üzerine etkisini değerlendirdiklerinde; çimlenen tohumların hipokotillerinde manyetik alan uygulaması sonucu hücre duvarındaki peroksidaz aracılığıyla ROS yapımı artarken; askorbik asit içeriği, süperoksit dismutaz ve askorbat peroksidaz aktivitesinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. MA uygulaması yapılan tohumlarda sitozolik peroksidaz aktivitesindeki artışın, antioksidan enzimlerinin artan H₂O₂'ın temizlenmesinde hayati rol oynadığını göstermişlerdir.

Radhakrishnan ve ark. (2012), soya tohumlarını 1,5 mT 1,0 Hz sinüzoidal homojen pulsed manyetik alana (PMF) 20 gün süreyle 5 saat/gün maruz bırakılan tohumlardan kallus rejenerasyonu için, embriyonik eksenli eksplantlar alınıp 10 mM NaCl konsantrasyonu olan ortama aşılansarak manyetik alanla tuz stresi birlikte uygulamışlardır. MA ve tuz stresinin kombine uygulaması sonucu kallusların taze ağırlığında, toplam çözünebilir şeker, toplam protein ve toplam fenol içeriğinde anlamlı bir artış tespit edilirken; askorbik asit, lipid peroksidasyonu ve kallus katalaz aktivitesinin kontrole kıyasla azaldığı tespit edilmiştir. PMF uygulaması kalluslardaki tuz stresi toleransını tuz stres altında flavonoid, flavonların, flavonole, alkaloid, saponin, toplam polifenol, genistein ve daidzein içeriğindeki artış yönünden önemli ölçüde geliştirmiştir. Sonuçlar soya tohumlarına PMF uygulandığında tuz stresinin kallus büyümesi üzerine potansiyel olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için tuz stresi koşullarında birincil ve ikincil metabolitleri arttırdığını göstermiştir.

Hajnorouzia ve ark. (2011), mısır tohumlarına manyetik alan uyguladıkları bir çalışmada, kontrole göre büyüme oranında artış; süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinde düşüş saptarlarken, toplam antioksidant kapasitesinde ise kontrole göre yükseliş olduğunu saptamışlardır.

Çelik ve ark.(2009), soya tohumları ile in vitro ortamda SOD enzimlerini 2,2, 19,8 ve 33 saniyelik sürelerle 2,9-4,6 mT manyetik akı aralığında manyetik alana maruz bırakmışlardır. İn vivo ortam olarak soya fidelerinin köklerinden SOD ve CAT değerleri elde etmişlerdir. 19,8 sn MA uygulanan in vitro SOD enzimde 24 saatlik ölçümünde ve in vivo SOD değerlerinde kontrole göre % 21,18 artış saptamışlar. Soya tohumlarına farklı

şiddet ve sürelerle uygulanan manyetik alanın çimlenme sırasında SOD ve CAT aktivitelerinde anlamlı artışa neden olduğunu saptamışlardır.

Sahebamei ve ark. (2007), süspansiyon kültüründeki tütün hücrelerine, 10 ve 30 mT statik manyetik alan günde 5 saat ve 5 gün boyunca uygulanarak elde ettikleri sonuca göre; süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinde artış, katalaz (CAT) ve askorbat peroksidazda (APX) kontrole göre azalış elde ederken, lipid peroksidasyon seviyesinde artış elde etmişlerdir.

Oldacay ve Erdem (2002), çalışmalarında 150 Gy radyasyon ve 5 mT manyetik alan *Helianthus annuus* iki farklı genotipine farklı sürelerle tek tek ve birlikte uygulanarak elde edilen sonuçlara göre; her iki genotipte sadece radyasyon ışınlanması sonucu çimlenme oranında ve klorofil içeriğinde düşüş olurken, peroksidaz aktivitesinde artış gözlemlemişlerdir. Sadece manyetik alan uygulamasında ise çimlenme oranı ve peroksidaz aktivitesi azalırken, klorofil içeriği artmıştır. Diğer yandan radyasyon ve MA'nın birlikte uygulanması sonucu, manyetik alan uygulamasının radyasyonun olumsuz etkilerini azalttığını ortaya koymuşlardır.

2.4. EMA Uygulamalarının DNA Hasarı Üzerine Etkileri

Bakla bitkisi ile yapılan bir çalışmada düşük ve yüksek doğal radyoaktivite şartlarında 8 gün boyunca, her biri 8 saat/gün şeklinde 15 mT statik manyetik alana maruz bırakılan fidelerden elde ettikleri sonuçlarda; yüksek ve düşük doğal radyoaktivitenin hem antioksidan enzimlerin aktivitesinde hem de flavonoid içeriğinde kontrole göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Statik manyetik alan uygulamasında antioksidan savunma sisteminde azalma ve zar lipid peroksidasyonunda artış görülürken; biriken ROS da kromozom aberasyonuna ve DNA hasarına neden olduğu görülmüştür. Bu değişimlerin doğal radyoaktivite ve manyetik alan kombine uygulamalarında daha belirgin olduğu saptanmıştır (Jounia ve ark., 2012).

Răcuciu (2011), yaptığı bir araştırmada, mısır tohumlarını 50 Hz frekans ve 10 mT manyetik indüksiyonla, düşük frekanslı manyetik alan (ELF-MF)'a maruz bırakmıştır. Muamele görmüş tohumlardan gelişen kök meristem hücrelerinde mitotik indeks ve kromozomal aberasyon indeksini değerlendirdiğinde, uygulama sürelerine bağlı olarak bir artış olduğu ve kromozom aberasyon seviyesinin % 1 den daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

Aksoy ve ark. (2010), çalışmasında *Allium cepa* L. soğanlarını 380 kV elektromanyetik alan oluşturan yüksek gerilim hatlarının geçtiği alanda farklı uzaklıklarda

(0, 10, 25, 50 ve 100+ metre) üç gün çimlendirmişlerdir. Diğer yandan aynı alan ve uzaklıklardan toplanan *Triticum baeoticum* Boiss. subsp. *baeoticum* tohumları da laboratuvar koşullarında 3 gün çimlendirildikten sonra elde edilen veriler kontrol gruplarıyla kıyaslandığında EMA'nın mitotik indeks ve kromozom anormalliklerini arttırdığını göstermiştir.

Cellat ve Kılıçalp (2010), elektromanyetik radyasyona maruz bırakılan kobayların böbrek dokusunda Prooksidan-Antioksidan düzeylerine yeşil çayın etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında cep telefonlarından kaynaklanan elektromanyetik radyasyonun kobay böbrek dokusunda meydana getirebileceği oksidatif hasarın tespit edilmesi, yeşil çay ekstratının bu hasarı önleyici veya koruyucu etkisinin olup olmadığının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak; elektromanyetik radyasyona maruz kalmanın kobay böbrek dokusunda oksidatif strese neden olduğu ve önemli bir antioksidan olan yeşil çay ekstratı kullanımının böbrek dokusunda meydana gelen oksidatif stresi azaltıcı yönde etki gösterdiği gözlemlenmiştir.

Allium cepa L. cv. *Srebrnjak Majski* tohumları çimlenmesi üzerine 400 ve 900 MHz arasında 10, 23, 41 ve 120 Vm^{-1} alan kuvvetlerinde 2 saat ve 23 Vm^{-1} alan kuvvetinde 4 saatlik modül radyofrekans elektromanyetik alanlara (RF-EMA) maruz kalma sonucu çimlenme hızı ve uzunluğunda önemli bir değişiklik olmadığı; 900 MHz'de, yüksek güçlü EMA (41 ve 120 Vm^{-1}) ve modülde kontrollerle karşılaştırıldığında mitotik indeksi ve mitotik anormalliklerin yüzdesinde anlamlı artış olduğu saptanmıştır. 400 MHz de ise mitotik indeks modül EMA da artış göstermiş. Kullanılan EMA frekanslarında benzer anormaliler meydana gelirken, başlıca oluşan kalgın (geri kalmış) kromozomlar, vagrant kromozomlar (geri kalmış veya ileri gitmiş kromozomlar), bozulmuş anafaz ve kromozom yapışıklıkları meydana geldiği saptanmıştır. Araştırmacılar elde ettikleri bu sonuçlara göre EMA'nın kök meristematik hücrelerinde mitoz bozukluklara neden olduğunu ve buna bağlı mitotik içciklerde bozulmaların olabileceğini öne sürmüşlerdir (Tkalec ve ark., 2009).

Roux ve ark. (2006), domates bitkilerine homojen ve izotropik alan (900 MHz) karıştırıcı yankılama hücresi modu kullanılarak; stresle ilişkili transkriptleri (kalmodulin, proteaz inhibitörü ve kloroplast mRNA bağlayıcı protein) gerçek zamanlı kantitatif verileri PCR yöntemiyle elde etmişlerdir. Uygulanan EMA'nın iki fazlı yanıtı neden olduğunu, ölçümlerde 15 dk sonunda transkriptlerin üçünde de dört ile altı kat artarken, 30 dk sonunda ilk seviyelerine yaklaştığı ve 60 dk sonunda tekrar arttığını tespit etmişlerdir.

İşler ve Erdem (2003), lökositlerden izole edilen insan DNA'sı ile yaptıkları çalışmalarında askorbik asit oksidasyonu ile oksidatif stres oluşturup, 50 Hz, 0,3 mT elektromanyetik alan uygulayarak, oksidatif DNA hasarı üzerindeki etkisini araştırmışlar ve elde ettikleri sonuçlara göre düşük frekanslı elektromanyetik alanın, oksidatif stresin DNA hasarı üzerindeki etkisini arttırdığını göstermişlerdir.

Rapley ve ark. (1998), *Vicia faba* fidelerine 3 gün boyunca sürekli uyguladıkları düşük frekanslı manyetik alanın (0 Hz 5 mT; 1,5 mT 50 Hz; 1,5 mT 60 Hz ve 1,5 mT 75 Hz'de (DC)) uygulama gruplarında mitozun tüm faz frekanslarının kontrolden farklı olduğunu; meristematik kök ucu hücrelerinde profaz uzunluğunda anlamlı artış olduğunu; ancak sadece profaz frekansında görülen artışın kontrole göre anlamlı olduğunu belirlemişlerdir. Diğer yandan, gözlenen kromozom kırıklarının kontrole göre anlamlı olmadığını tespit etmişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1. Bitkisel Materyal

Yapılan bu araştırmada (*Glycine max* (L.) Merrill) bitkisine ait Arısoy çeşidi tohumlar kullanılmıştır. Arısoy çeşidine ait tohumlar 2014 yılına ait olup Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir. Bu araştırma ile ilgili olarak yapılan ön çalışmalarda soya tohumlarına uygulanacak olan uygun elektromanyetik alan şiddetleri belirlenmiştir.

3.1.1. Tohum Nem Oranının Belirlenmesi

Soya tohumları değirmen ile öğütüldükten sonra ikişer gramlık tohum örnekleri alınarak kuruması için 130 °C sıcaklıktaki etüvde 1 saat bekletilmiştir. Kuruma işleminden sonra üç ayrı kaptaki örnekler soğuması için, içinde CaO bulunan desikatörde 20 dk bekletilmiş ve tartımları alınan örneklerin nem oranları aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır (Conger ve ark., 1977).

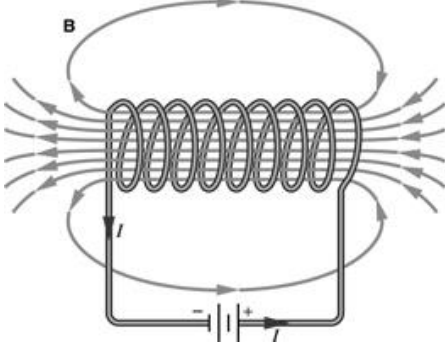
$$\text{Kaybolan ağırlık} = \text{Örnek ağırlığı} - \text{Kuruduktan sonraki ağırlık} \quad (3.1)$$

$$\% \text{ Tohum nem oranı} = \frac{\text{Kaybolan ağırlık} \times 100}{\text{Örnek ağırlığı}} \quad (3.2)$$

3.2. Soya Tohumlarına EMA Uygulamasında Kullanılacak Düzeneğin Belirlenmesi

Araştırmada EMA oluşturmak için Helmholtz (solenoid veya akım makarası) bobin düzeneği kullanılmıştır. Helmholtz bobin iletken bir telin halka şeklinde çok sayıda bükülmesi ile elde edilir. Bobini oluşturan iletken telden akım geçirilirse, sistemde manyetik alan çizgileri oluşur (Şekil 3.1). Bu düzenekte; birbirine paralel tek çembersel kaynağı içinde uygun bir uzaklıkta oluşacak olan akı yoğunluğunun çok az değişebileceği ve böylece akı yoğunluğunun homojen olduğu varsayılır. Manyetik alan bobinin içinde sabit dışında ise uzaklığa bağlı olarak değişir. Bobinin içinden geçen manyetik alanın büyüklüğü aşağıdaki bağıntı (3.3) ile hesaplanmıştır. (N: Sarım sayısı, L:Kangalın boyu, I:Kangaldan geçen akım, n: Birim uzunluğun sarım sayısı, μ_0 : Manyetik geçirgenlik)

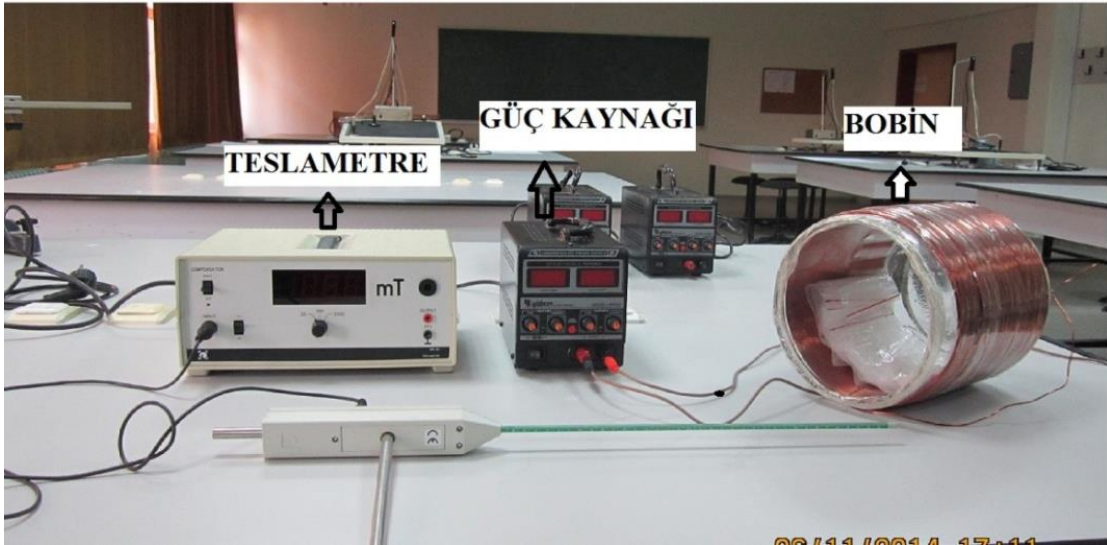
$$B = \mu_0 I \frac{N}{L} = \mu_0 In \quad (3.3)$$



Şekil 3.1. Manyetik alan çizgileri (<http://fizikolog.net/konular/magnetizma/magnetizma2.html>)

50 Hz bandında elektromanyetik alanın elektrik alan bileşeni çok düşük seviyede olduğu için Helmholtz düzeneğinde sadece manyetik akı yoğunluğu dikkate alınmıştır.

Araştırmada kullanılan Helmholtz bobin düzeneği; bobinin çapı 19 cm olan tek bir bobinin çevresi 1,2 cm kalınlığında 196 sarım yapacak şekilde sarılı olarak ve CV_306 model güç kaynağına bağlanarak oluşturulmuştur (Şekil 3.2). EMA uygulamaları Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Manyetik Alan Laboratuvarında kontrollü koşullarda gerçekleştirilmiştir.

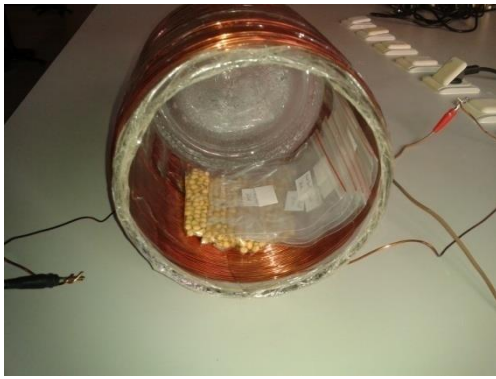


Şekil 3.2. EMA düzeneği

3.2.1. Tohumlara Uygulanacak Uygun EMA Şiddetinin Belirlenmesi

Elektromanyetik alan uygulamalarında kullanılmış olan düzenek, ÇOMÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümündeki manyetik alan laboratuvarlarında hazırlanmış olan Helmholtz düzeneğidir (Şekil 3.2).

Uygun EMA şiddetlerini belirlemek amacıyla Arısoy çeşidine ait tohumlar seçilerek polietilen torbalara konulmuştur. Tohumlar 20 °C oda sıcaklığında, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde kurulan Helmholtz bobin düzeneğinin merkezine yerleştirilerek farklı (0, 0,5, 1, 3, 5 mT) EMA şiddetlerine saat 12.00-13:00 arasında 1 saat maruz bırakılmışlardır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Tohumlara Helmholtz düzeneğinde EMA uygulanması

Tohumlar ilk EMA uygulaması sonunda, % 0,5'lik hipoklorid ile 20 dk muamele edilerek yüzey sterilizasyonu yapılmış daha sonra tohumlar 3 defa saf su ile yıkanarak hipokloritten arındırılmıştır (Peyvandi ve ark., 2013).

Her EMA uygulaması için 100 adet tohum muamele gruplarına göre 3 tekrarlı olarak 25 °C'lik etüvde petri kutularında nemli filtre kağıtları üzerinde çimlendirilmiştir.

Tohumlara ilk EMA uygulamasını takiben, 4 gün süreyle günde 1 saat olacak şekilde EMA uygulanmıştır. Çimlenen tohumların 24., 48., 72. ve 96. saatlerdeki gözlemleri yapılarak en uygun EMA şiddetini belirlemek amacıyla çimlenme yüzdeleri ve kök uzunlukları ölçülmüştür (Yurttaş ve ark., 1999; Oldacay Yalçın, 2002; Erol ve ark., 2003; Dardeniz ve ark., 2006; Peyvandi ve ark., 2013).

3.3. Sera Denemesi

Sera koşullarında (4000-6000 lüks ışık şiddeti, 16 saat/gün aydınlanma periyodu ve 20-24°C sıcaklığa sahip olan iklim odası koşullarında) yürütülen bu denemede, tohumlar ön deneme ile belirlenen uygun EMA şiddetleri (0, 0,5, 1, 5 mT) ile 4 gün boyunca günde

1 saat muamele edilmişlerdir. EMA uygulanmış tohumlar uygulama sonrası 4 gün boyunca 25°C'lik etüvde çimlendirilmişlerdir. Farklı EMA şiddetleri uygulanan çimlenmiş tohumlar 4 gün sonra 27 x 41 x 8 cm ebatlarında, içinde SELTOP tarafından hazırlanan (% 30 torf, % 30 yaprak çürüğü, % 30 çam ibresi, % 10 perlit) toprak olan deneme sandıklarına, tesadüfi bloklar deneme desenine göre 4 paralelli olarak ekilmiştir (Şekil 3.4). Soya fideleri ısı ve ışık bakımından kontrollü koşulların sağlandığı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesinde bulunan bitki yetiştirme odasında yetiştirilmiştir.



Şekil 3.4. Tesadüfi bloklar deneme deseni

3.4. Gelişim Parametreleri

3.4.1. Fide Yüksekliğinin Saptanması

Farklı EMA şiddetleri uygulanan Arısoy çeşidine ait tohumların toprağa ekiminden 7 gün sonra çimlenme yüzdeleri saptanmıştır. Fide yükseklikleri soya fidelerinin ilk gerçek yapraklarının gelişmesinin durduğu 14. günde ölçülmüştür (Gaul, 1977; Atak ve Atilla, 1985).

3.4.2. Yaş ve Kuru Ağırlığın Belirlenmesi

Kontrol ve EMA uygulaması yapılan gruplardan 14 gün sonunda hasat edilen fidelerin yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları kaydedilen bitkiler tek tek numaralandırılarak 60 °C'de 72 saat kurumaya bırakılmış ve kuru ağırlıkları saptanmıştır (Bray, 1963; Shine ve ark., 2011).

3.4.3. Fotosentetik Pigment Ekstraksiyonu ve Kantitatif Tayini

Farklı EMA şiddetleri uygulanan ve 14 gün sonra hasat edilen soya bitkilerinin yapraklarında fotosentetik pigment miktarları ekstraksiyonu ve tayini Arnon (1949)'a göre belirlenmiştir. Bu aşamada yapılan tüm çalışmalar ÇOMÜ Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Bitki Fizyolojisi Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.4.3.1. Klorofil Pigmentlerinin Ekstraksiyonu

Klorofil pigment ekstraksiyonu için; kontrol ve EMA'nın 3 farklı şiddeti uygulanan tohumlardan yetiştirilen fidelerin ilk gerçek yapraklarından 0,1 gram yaprak örneği tartılmıştır. Alınan materyal üzerine 10 ml % 80'lik aseton ilave edilerek beyazlaşmaya denk soğutulmuş havanlarda homojenize edilmiştir. Ezilen materyal filtre kağıdından süzölmüş ve süzöntü % 80'lik aseton ile 10 ml'ye tamamlanmıştır.

3.4.3.2. Klorofil Pigment Miktarının Belirlenmesi

Belirtilen işlem basamaklarına uygun olarak hazırlanan her grup soya bitki örneğinden elde edilen klorofil ekstratının, spektrofotometrede 480 nm, 645 nm ve 663 nm dalga boylarındaki absorbans değerleri okunmuştur. Klorofil ekstratının üç farklı dalga boyundaki absorbans değerleri (D) aşağıdaki formüller kullanılarak, soya bitkisi yaprak dokusunun 1 gramında bulunan klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları mg olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam klorofil} = 20,2 \times D_{645} + 8,02 \times D_{663} \quad (3.8)$$

$$\text{Klorofil a} = 12,7 \times D_{663} - 2,69 \times D_{645} \quad (3.9)$$

$$\text{Klorofil b} = 22,9 \times D_{645} - 4,68 \times D_{663} \quad (3.10)$$

$$\text{Karotenoid} = (D_{480} + (D_{663} \times 0,114) - (D_{645} \times 0,638)) / 112,5 \quad (3.11)$$

Böylece özütün bir litresindeki toplam klorofil miktarı bulunmuş ve buradan da özütün gerçek hacminde bulunan klorofil miktarı hesaplanmıştır (Arnon, 1949).

3.5. Antioksidant Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

SOD ve CAT analizi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Bitki Fizyolojisi Araştırma Laboratuvarında, POX analizi ise Bitki Doku Kültürü ve Genetiği Laboratuvarında yapılmıştır.

3.5.1. Süperoksit dismütaz (SOD; E.C. 1.15.1.1) Aktivitesinin Belirlenmesi

SOD aktivitesi analizlerinde kullanılan yöntem Beauchamp ve Fridovich (1971) ve Giannipolities ve Ries (1977)'e göre belirlenip uygulanmıştır.

Yapraklardan hazırlanan örnekler oda sıcaklığında $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda 10 dk süreyle ışıklandırılmıştır. Ölçümler spektrofotometrede 560 nm 'de gerçekleştirilmiştir. 1 Unit SOD; 1 mg proteinde ortaya çıkan foto redüksiyonun % 50 indirgenmesi olarak saptanmıştır.

3.5.2. Katalaz analizi (CAT; E.C 1.11.1.6) Aktivitesinin Belirlenmesi

Katalaz enziminin aktivitesi, Bergmeyer (1970) metoduna göre düzenlenmiştir. Katalaz miktarındaki azalma 3 dk süre ile spektrofotometrede 240 nm 'deki absorbans azalmasına göre hesaplanmıştır. Veriler arasında elde edilen en büyük fark mg protein düzeyine çevrilerek unit/mg protein birimi olarak verilmiştir.

3.5.3. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesinin Belirlenmesi

Kanner ve Kinsella (1983) metodu kullanılarak POX aktivitesinin spektrofotometrik ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerden önce 2 adet kör hazırlanarak ($200 \mu\text{L}$ pyrogallol (Sabit)- $100 \mu\text{L}$ H_2O_2 (Sabit) - $700 \mu\text{L}$ Tampon) spektrofotometrede auto zero işlemi gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kuantaz küvetler kullanılmıştır (Kıprak, 2013).

Ölçüm yapılacak olan kuantaz küvete önce $670 \mu\text{L}$ hazırlanmış olduğumuz sodyum asetat tamponu, ardından $200 \mu\text{L}$ pyrogallol (bu değer her zaman sabittir) ve $30 \mu\text{L}$ bitki örneği konularak spektrofotometredeki kuyucuğa yerleştirilmiştir. Kalan $100 \mu\text{L}$ H_2O_2 (bu değer her zaman sabittir) reaksiyonun hemen başlattığı için küvet kuyucuğa yerleştirildikten sonra karışıma eklenmiştir (Kıprak, 2013).

POX kinetik reaksiyonunun analizi için spektrofotometrede 300 nm 'de 120 sn süre ile ölçüm alınmıştır. Her 10 sn'de bir alınan absorbans değerleri kaydedilmiştir. Alınan absorbans değerleri arasında en büyük farkı gösteren aralık belirlenmiştir. Belirlenen bu en büyük fark mg protein düzeyine çevrilerek mg/mL/dak POX olarak verilmiştir (Kıprak, 2013).

3.6. Toplam Protein Analizi

Toplam protein analizi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Bitki Doku Kültürü ve Genetiği Laboratuvarında yapılmıştır.

2 mg/ml'lik stok ampul Bovine Serum Albumin (BSA)'dan Çizelge 3.1'deki miktarlar alınarak deney tüplerine aktarılmış ve final hacim 1000 µL'ye tamamlanmıştır.

Çizelge 3.1. 1 ml (1000µl) 'de 2 mg çözülmüş protein olduğu için hesaplanan değerler

| BSA (µL) | Sodyum Fosfat Tamponu (µL) | BSA (mg) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------|
| 00 | 1000 | Blank |
| 10 | 990 | 0,02 |
| 20 | 980 | 0,04 |
| 40 | 960 | 0,08 |
| 60 | 940 | 0,12 |
| 80 | 920 | 0,16 |
| 100 | 900 | 0,2 |

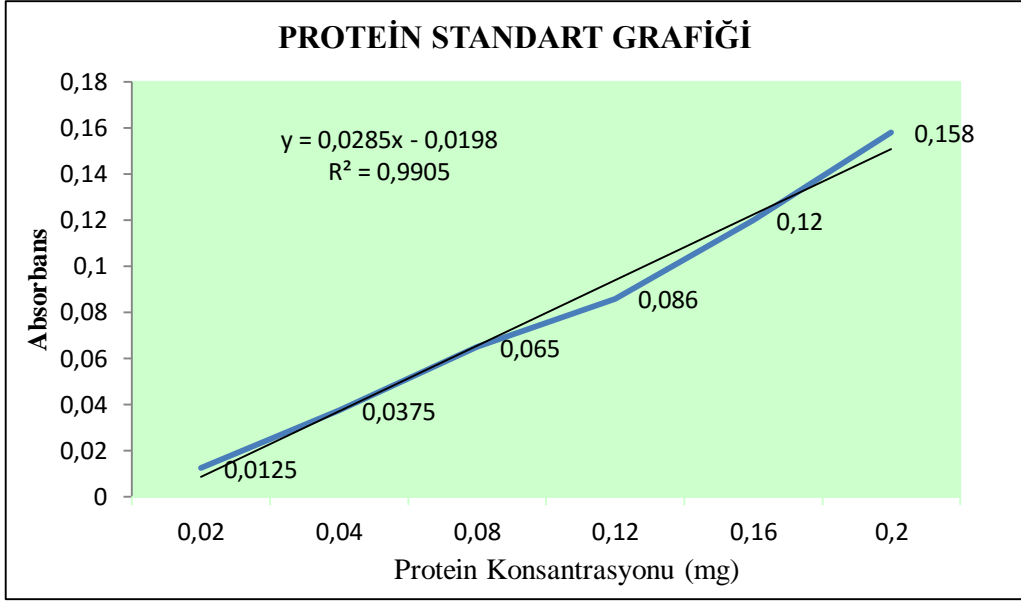
Hazırlanan 1000 µL'lik stoklardan sadece 100 µL alınarak yeni tüplere aktarılmıştır. Üzerlerine önceden hazırlanan ve filtre kağıdı yardımıyla süzülen Brilliant Blue G-250 her deney tüpüne 5'er mL eklenmiş ve 10 dk sonra spektrofotometrede 595nm dalga boyunda ölçümler alınmıştır (Bradford, 1976).

3.6.1. Spektrofotometrede Bitki Örneklerinin Protein İçeriklerinin Ölçümü

Ependorflardaki bitki örneklerinden 100'er µl alınarak deney tüplerine aktarılmış ve her deney tüpüne 5'er mL Protein Reagent Brilliant Blue G-250'den eklenmiştir. 10 dk sonra spektrofotometrede 595 nm dalga boyunda ölçümler alınmıştır. Bulunan absorbans değerleri standart grafikte yerlerine konularak bitki ekstraktı içerisindeki protein miktarı hesaplanmıştır (Akı ve ark., 2009). Protein standart verileri Çizelge 3.2'de ve protein standart grafiği ile denklemini Şekil 3.5' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Protein standart verileri

| Protein Konsantrasyonu (mg protein) | Absorbans |
|--|------------------|
| 0,02 | 0,0125 |
| 0,04 | 0,0375 |
| 0,08 | 0,0625 |
| 0,12 | 0,086 |
| 0,16 | 0,113 |
| 0,20 | 0,156 |



Şekil 3.5. Protein standart grafiği ve denklemi

3.7. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki değerlendirilmeleri tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizi ile gerçekleştirilmiştir. Ortalamaların farklılıklarının belirlenmesi için 'LSD Çoklu Karşılaştırma Testi' kullanılmıştır (SAS 1999).

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesi Bitki Yetiştirme Odası ve Bilimsel Araştırma Laboratuvarında, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Bitki Fizyolojisi Araştırma Laboratuvarı ve Bitki Doku Kültürü ve Genetiği Laboratuvarında ve Fizik Bölümü Manyetik Alan Laboratuvarında yürütülmüştür. Soya bitkisi Arısoy çeşidi tohumlarına yapılan ön denemeler sonucunda belirlenen 0, 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT'lik elektromanyetik alan uygulanmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

4.1. Tohum Nem Oranı

Araştırmada kullanılan Soya bitkisi Arısoy çeşidine ait tohumların nem oranı %13,1 olarak hesaplanmıştır.

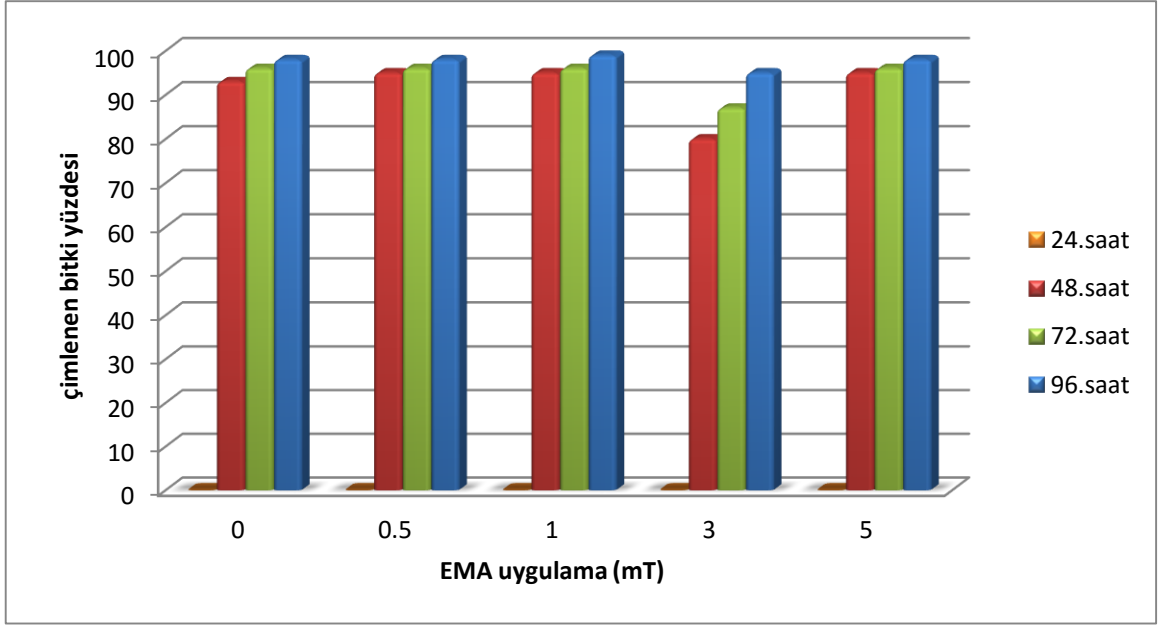
4.2. Tohumlara Uygulanacak EMA Şiddeti Ön Denemesi

EMA'nın soya bitkisinin çimlenme üzerine etkisi Çizelge 4.1'de ve Şekil 4.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Arısoy çeşidinde çimlenme yüzdesi üzerine elektromanyetik alanın etkisi

| Çeşit | EMA Uygulama (mT) | Tohum Sayısı | Çimlenen Bitki Yüzdesi (%) | | | |
|--------|-------------------|--------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| | | | 24. Saat | 48. Saat | 72. Saat | 96. Saat |
| Arısoy | 0 | 100 | - | 93 | 96 | 98 |
| | 0,5 | 100 | - | 95 | 96 | 98 |
| | 1 | 100 | - | 95 | 96 | 99 |
| | 3 | 100 | - | 80 | 87 | 95 |
| | 5 | 100 | - | 95 | 96 | 98 |

Mayıs 2014 tarihinde ilk 24 saatte Arısoy çeşidinde hiç bir çimlenmeye rastlanmamıştır. Kontrole göre 48. saatte 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT'de ve 96. saatte 1 mT'de çimlenme yüzdelерinde artış olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.1. Arısoy çeşidinde çimlenme yüzdesi üzerine elektromanyetik alanın etkisi

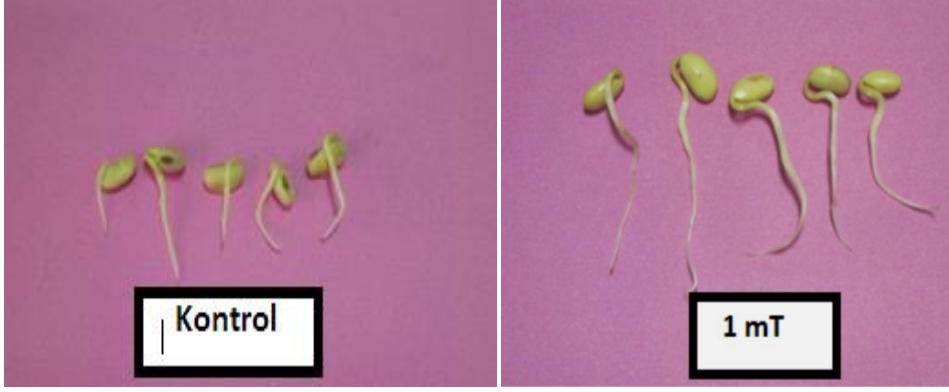
Arısoy çeşidi üzerine EMA'nın kök uzunluğu üzerine etkisi Çizelge 4.2. ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Arısoy çeşidi üzerine EMA'nın kök uzunluğu üzerine etkisi

| Çeşit | EMA Uygulama (mT) | Tohum sayısı | Kök uzunluğu (cm) ± SH | | | |
|--------|-------------------|--------------|------------------------|-------------|-------------|--------------|
| | | | 24. Saat | 48. Saat | 72. Saat | 96. Saat |
| Arısoy | 0 | 100 | - | 4,166±4,193 | 6,611±4,171 | 16,352±5,024 |
| | 0,5 | 100 | - | 2,300±1,414 | 6,250±2,777 | 17,735±6,743 |
| | 1 | 100 | - | 2,500±0,707 | 7,346±5,039 | 17,187±6,007 |
| | 3 | 100 | - | 2,500±0,707 | 4,307±3,351 | 15,388±7,113 |
| | 5 | 100 | - | 2,750±1,060 | 7,117±4,151 | 17,750±7,649 |

SH: Standart Hata

Arısoy çeşitlerinde ilk 24 saatte kök uzunluğu üzerine EMA'nın etkisine rastlanmamıştır. 48. saatte kontrolde kök uzunluğu artarken EMA uygulanmış tohumlardan gelişen kök uzunluklarında artışa rastlanmamıştır. 72. ve 96. saatlerde kontrole göre kök uzunluklarında 0,5, 1 ve 5 mT'de artış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2. Arısoy çeşidinde EMA'nın kök uzunluğu üzerine etkisi (Mayıs 2014)

4.3. Sera Denemesi Sonuçları

Yapılan ön deneme sonucunda Arısoy soya çeşidi için en uygun EMA şiddetleri 0,5, 1 ve 5 mT olarak belirlenmiştir.

Kontrol ve EMA uygulanan Arısoy çeşidine ait 480 adet tohum sera koşullarında yetiştirilmiştir. Elde edilen M1 generasyonunda çimlenme yüzdesi, fide yüksekliği, klorofil miktarları, yaş kuru ağırlık, SOD, CAT, POX enzim aktiviteleri ve toplam protein miktarları üzerine EMA'nın etkisi araştırılmıştır.

4.4. Gelişim Parametreleri

4.4.1. Çimlenme Yüzdesinin Saptanması

Arısoy çeşidine ait kontrol ve 3 farklı EMA şiddeti uygulanan tohumlar ekilerek sera koşullarında yetiştirilmiş 24., 48. ve 72. saatlerdeki çimlenme yüzdeleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Arısoy çeşidinde EMA'nın 24., 48. ve 72. saatlerdeki çimlenme yüzdeleri üzerine etkisi

| Çeşit | EMA Uygulama (mT) | Tohum Sayısı | Çimlenen Bitki Yüzdesi (%) | | |
|--------|-------------------|--------------|----------------------------|----------|----------|
| | | | 24. Saat | 48. Saat | 72. Saat |
| Arısoy | 0 | 120 | 40,00 | 82,50 | 82,50 |
| | 0,5 | 120 | 35,00 | 70,83 | 94,17 |
| | 1 | 120 | 47,50 | 71,67 | 90,83 |
| | 5 | 120 | 60,83 | 85,83 | 91,67 |

Arısoy çeşidinde kontrole göre 24.,saatte 1 ve 5 mT'de, 48. saatte 5 mT'de ve 72. saatte ise 0,5, 1 ve 5 mT da çimlenme yüzdelerinde artış olduğu saptanmıştır.

4.4.2. Fide Yüksekliğinin Saptanması

EMA ile muamele edilmiş tohumlardan yetiştirilen fidelerin yükseklikleri ile ilgili veriler Çizelge 4.4’de ve Şekil 4.3’te verilmiştir. Fide yüksekliği sonuçlarının istatistiksel analizi olarak, elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış önemli bulunan ortalamalara LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

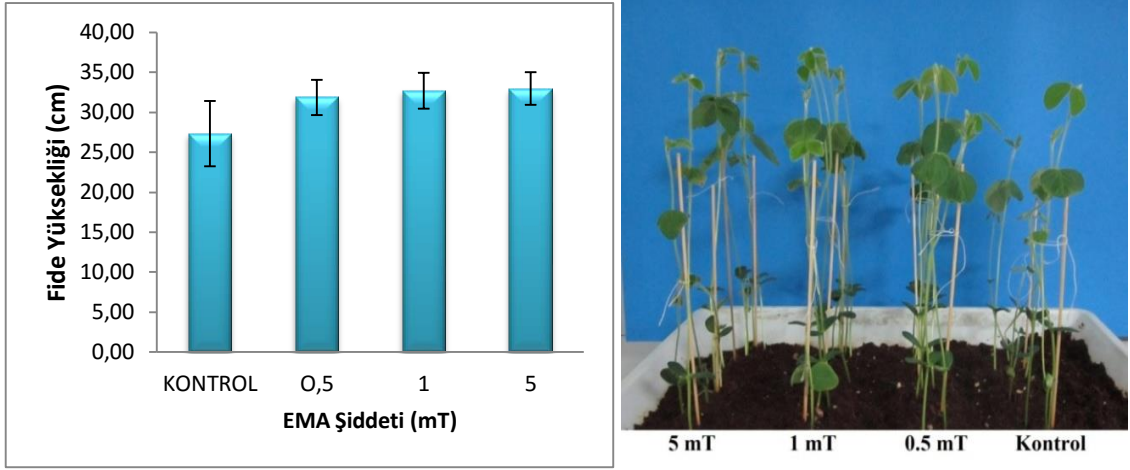
Çizelge 4.4. Soya bitkisi tohumlarına 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT’lık EMA uygulamasının 14. günde fide yüksekliği üzerine etkisi

| EMA Uygulaması (mT) | Fide sayısı | Fide yüksekliği (cm) ± SH* |
|------------------------|-------------|-------------------------------|
| Kontrol | 60 | 27,334±4,086 ^b |
| 0,5 | 60 | 31,864±2,203 ^a |
| 1 | 60 | 32,700±2,249 ^a |
| 5 | 60 | 32,955±2,040 ^a |
| LSD | | 2,8459 |

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (P<0,05). (LSD çoklu karşılaştırma testi) SH: Standart Hata

Arısoy soya çeşidinde fide yükseklikleri incelendiğinde kontrol bitkisinin ortalama yüksekliği 27,334±4,086 cm’dir. Arısoy çeşidinde kontrole göre EMA şiddetleri uygulanmış tohumlardan yetişen fide yüksekliği ortalamalarında artış olduğu saptanmıştır. Fide yüksekliği kontrole göre, 0,5 mT’de 31,864±2,203 cm, 1 mT’de 32,700±2,249 cm ve 5 mT’de 32,955±2,040 cm artış olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4).

İstatistiksel olarak, her üç EMA şiddeti uygulaması ile kontrol grubu arasında fide boyu ortalamalarında p<0,0022 düzeyinde anlamlı bir artış tespit edilirken (p<0,05), EMA şiddetleri arasında anlamlı bir fark elde edilememiştir (p>0,05).



Şekil 4.3. Arısoy çeşidinde EMA'nın fide yüksekliği üzerine etkisi

4.4.3. Yaş ve Kuru Ağırlığın Saptanması

Kontrol ve üç farklı EMA şiddeti ile muamele edilmiş tohumlardan yetiştirilen fidelerin yaş, kuru ve net ağırlıkları Çizelge 4.5, Şekil 4.4 ve 4.5'te verilmiştir. Elde edilen yaş ağırlık, kuru ağırlık ve net ağırlık sonuçlarının istatistiksel analizi olarak, elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış önemli bulunan ortalamalara LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Çizelge 4.5. Soya bitkisi tohumlarına 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT'lik EMA uygulamasının yaş, kuru ve net ağırlık üzerine etkisi

| EMA Uygulaması (mT) | Yaş Ağırlık (gr) ± SH* | Kuru Ağırlık (gr) ± SH* | Net Ağırlık (gr) ± SH* |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Kontrol | 1,493±0,188 ^b | 0,159±0,034 ^a | 1,334±0,188 ^b |
| 0,5 | 1,806±0,298 ^a | 0,143±0,013 ^{ab} | 1,663±0,287 ^a |
| 1 | 1,781±0,203 ^a | 0,136±0,013 ^b | 1,645±0,191 ^a |
| 5 | 1,791±0,181 ^a | 0,138±0,017 ^{ab} | 1,653±0,171 ^a |
| LSD | 0,1784 | 0,0216 | 0,1749 |

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (P<0,05). (LSD çoklu karşılaştırma testi) SH: Standart Hata

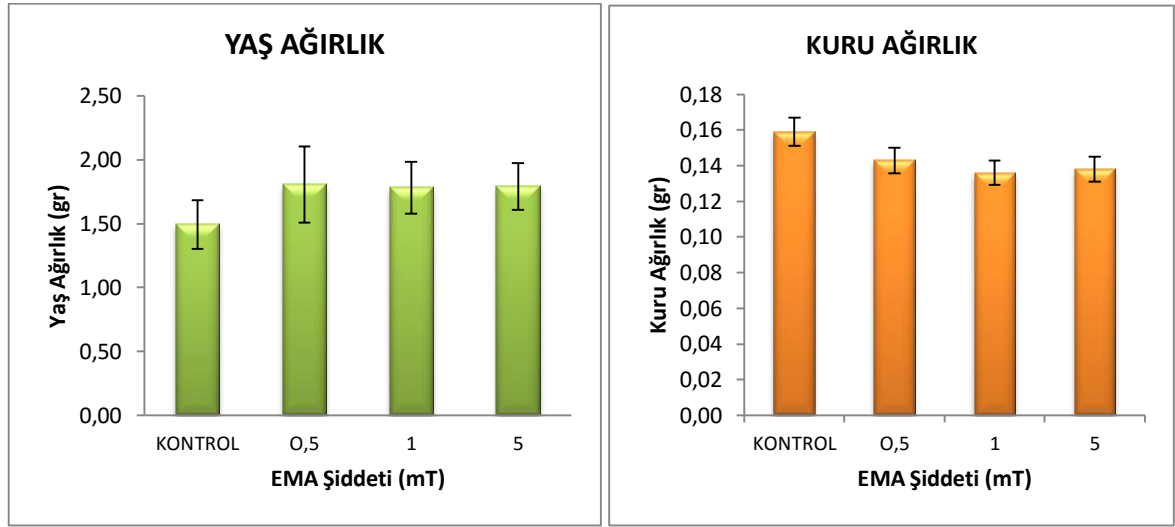
Soya bitkisi Arısoy çeşidinde yaş ağırlık incelendiğinde kontrol bitkisinin ortalama yaş ağırlığı 1,493±0,188 gr'dır. Arısoy çeşidinde kontrole göre EMA şiddetleri uygulanmış tohumlardan yetişen fidelerin yaş ağırlık ortalmalarında kontrole göre bir artış gösterdiği

saptanmıştır. Yaş ağırlık kontrole göre, 0,5 mT’de $1,806 \pm 0,298$ gr, 1 mT’de $1,781 \pm 0,203$ gr ve 5 mT’de $1,791 \pm 0,181$ gr olacak şekilde bir artış ölçülmüştür.

Sonuçlar istatistiksel olarak ele alındığında, her üç EMA şiddeti uygulaması ile kontrol grubu arasında yaş ağırlık ortalamalarında $p < 0,0004$ düzeyinde anlamlı bir artış tespit edilirken ($p < 0,05$), EMA şiddetleri arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Soya bitkisi Arısoy çeşidinde kuru ağırlık incelendiğinde kontrol bitkisinin ortalama kuru ağırlığı $0,159 \pm 0,034$ gr’dır. Arısoy çeşidinde kontrole göre EMA şiddetleri uygulanmış tohumlardan yetişen fidelerin kuru ağırlık ortalamalarında kontrole göre bir azalma gösterdiği saptanmıştır. Kuru ağırlık kontrole göre, 0,5 mT’de $0,143 \pm 0,013$ gr, 1 mT’de $0,136 \pm 0,013$ gr ve 5 mT’de $0,138 \pm 0,017$ gr olacak şekilde bir azalma göstermiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, EMA şiddeti uygulamalarından sonra elde edilen kuru ağırlık ortalamalarının kontrole göre $p < 0,0262$ düzeyinde anlamlı bir azalma gözlemlenirken ($p < 0,05$), EMA şiddetleri arasındaki farkın önemli olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$).

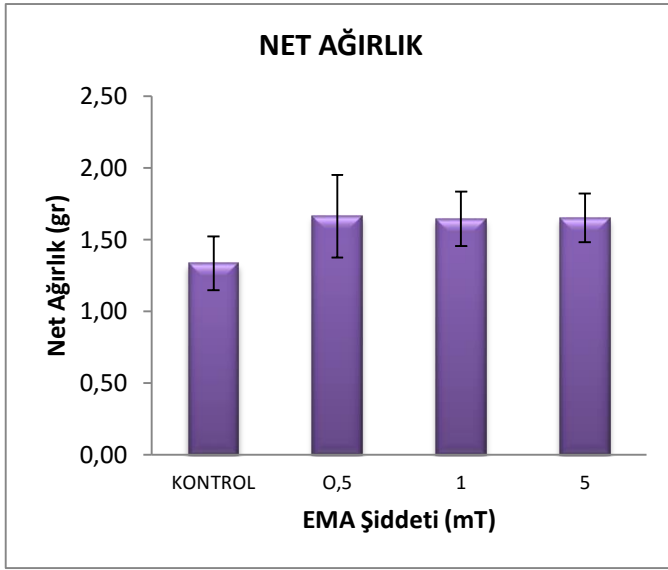


Şekil 4.4. Arısoy çeşidinde EMA'nın yaş ve kuru ağırlık üzerine etkisi

Arısoy çeşidi net ağırlık değerleri incelendiğinde kontrol bitkisinin ortalama net ağırlığı $1,334 \pm 0,188$ gr’dır. Arısoy çeşidinde kontrole göre EMA şiddetleri uygulanmış tohumlardan yetişen fidelerin net ağırlık ortalamalarında kontrole göre bir artış gösterdiği saptanmıştır. Net ağırlık kontrole göre, 0,5 mT’de $1,663 \pm 0,287$ gr, 1 mT’de $1,645 \pm 0,191$ gr ve 5 mT’de $1,653 \pm 0,171$ gr olacak şekilde bir artış saptanmıştır (Şekil 4.5).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, EMA şiddeti uygulamalarından sonra elde edilen net ağırlık ortalamalarının kontrole göre $p < 0,0004$ düzeyinde anlamlı bir artış

gözlemlenirken ($p < 0,05$), EMA şiddetleri arasındaki farkın önemli olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$).



Şekil 4.5. Arısoy çeşidinde EMA'nın net ağırlık üzerine etkisi

4.5. Pigment Analizi

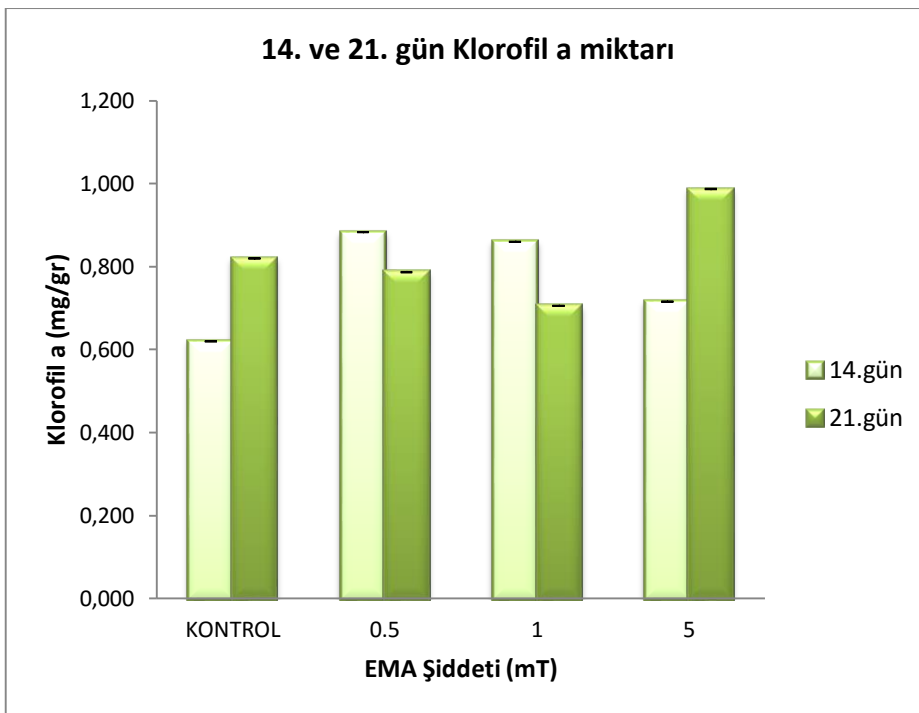
M1 sera denemesinde Arısoy soya çeşidinin klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları üzerine EMA'nın etkisini araştırmak amacıyla kontrol ve uygulama gruplarından 14. ve 21. günde hasat edilen soya bitkisi yapraklarından elde edilen değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Elde edilen klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid sonuçlarının ortalamalarının istatistiksel analizi olarak, elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış önemli bulunan ortalamalara LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Çizelge 4.6. Arısoy çeşidinde EMA'nın klorofil ve karotenoid miktarları üzerine etkisi (14.gün ve 21.gün)

| EMA (mT) | 14.gün | | | | 21.gün | | | |
|----------------|---------------------------|---------------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--|---------------------------|
| | Klorofil a (mg/g)±SH* | Klorofil b (mg/g)±SH* | Total Klorofil (mg/g taze ağırlık)±SH* | Karotenoid (µg/g)±SH* | Klorofil a (mg/g)±SH* | Klorofil b (mg/g)±SH* | Total Klorofil (mg/g taze ağırlık)±SH* | Karotenoid (µg/g)±SH* |
| Kontrol | 0,620±0,0002 ^d | 0,216±0,0004 ^d | 0,836±0,0001 ^d | 0,298±0,0006 ^c | 0,820±0,0004 ^b | 0,286±0,0001 ^b | 1,106±0,0005 ^b | 0,351±0,0004 ^a |
| 0,5 | 0,883±0,0003 ^a | 0,304±0,0005 ^b | 1,186±0,0007 ^a | 0,371±0,0006 ^a | 0,787±0,0003 ^c | 0,255±0,0005 ^c | 1,041±0,0008 ^c | 0,294±0,0010 ^c |
| 1 | 0,860±0,0005 ^b | 0,306±0,0008 ^c | 1,166±0,0013 ^b | 0,357±0,0004 ^b | 0,706±0,0001 ^d | 0,235±0,0005 ^d | 0,941±0,0006 ^d | 0,248±0,0003 ^d |
| 5 | 0,716±0,0002 ^c | 0,252±0,0003 ^a | 0,967±0,0004 ^c | 0,271±0,0003 ^d | 0,987±0,0007 ^a | 0,330±0,0004 ^a | 1,316±0,0011 ^a | 0,320±0,0008 ^b |
| LSD | 0,001 | 0,0007 | 0,0014 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0011 | 0,0017 | 0,0015 |

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (P<0,05). (LSD çoklu karşılaştırma testi) SH: Standart Hata

Soya bitkisine uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14.ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki klorofil a miktarında meydana gelen değişimler incelendiğinde, 14. günde Arısoy çeşidinde 1 gr taze ağırlık başına kontrol grubunda klorofil a miktarı $0,620\pm 0,0002$ mg/gr, 21. günde ise $0,820\pm 0,0004$ mg/gr olarak ölçülmüştür. 14. günde kontrole göre; 0,5 mT’de $0,883\pm 0,0003$ mg/gr, 1 mT’de $0,860\pm 0,0005$ mg/gr ve 5 mT’de $0,716\pm 0,0002$ mg/gr olarak her üç EMA şiddetinde klorofil a miktarında yükselme olduğu bulunmuştur. Ancak 21. günde kontrole göre klorofil a miktarlarında 0,5 mT’de $0,787\pm 0,0003$ mg/gr ve 1 mT’de $0,706\pm 0,0001$ mg/gr azalma olduğu buna karşın 5 mT’de ise $0,987\pm 0,0007$ mg/gr olacak şekilde bir artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.6).

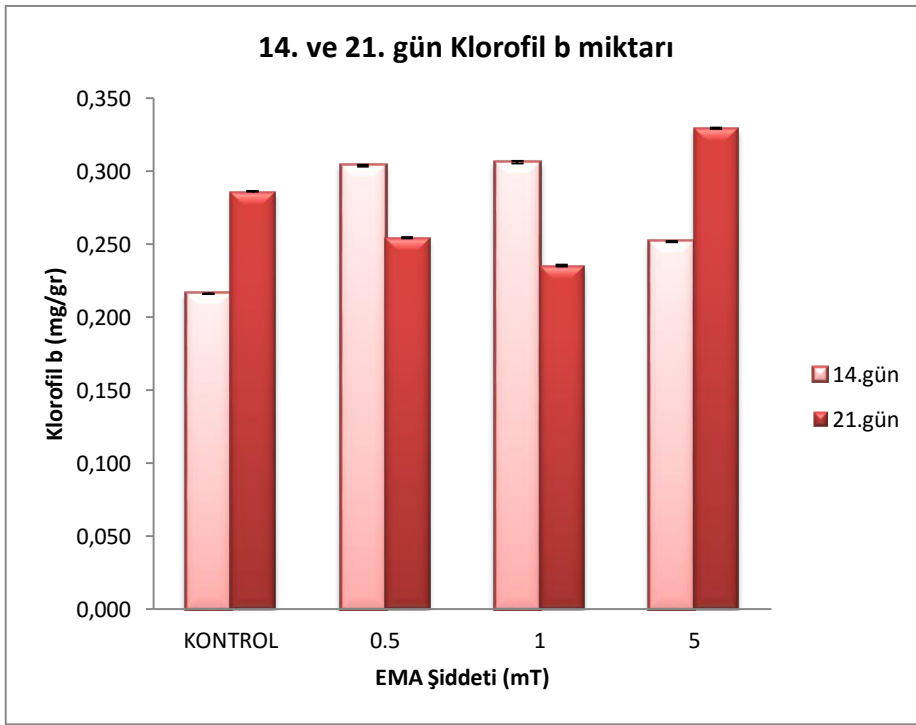


Şekil 4.6. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde klorofil a miktarları üzerine etkisi

Klorofil a miktarı üzerine EMA’nın uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde, elde edilen sonuçlara göre uygulanan EMA değerlerinin birbirleri arasındaki farkların 0,05 seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur. Klorofil a miktarlarının 14. günde ve 21. gündeki ortalamaları karşılaştırıldığında 21. günde klorofil a miktarının artış gösterdiği ve bu farkın önemli olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Soya bitkisine uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14. ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki klorofil b miktarında meydana gelen değişimler incelendiğinde, Arısoy

çeşidinde 1 gr taze ağırlık başına kontrol grubunda klorofil b miktarı 14. günde $0,216 \pm 0,0004$ mg/gr, 21. günde ise $0,286 \pm 0,0001$ mg/gr olarak ölçülmüştür. 14. günde kontrole göre; 0,5 mT'de $0,304 \pm 0,0005$ mg/gr, 1 mT'de $0,306 \pm 0,0008$ mg/gr ve 5 mT'de $0,252 \pm 0,0003$ mg/gr olarak her üç EMA şiddetinde klorofil b miktarında artış olduğu bulunmuştur. Ancak 21. günde kontrole göre klorofil a miktarlarında 0,5 mT'de $0,255 \pm 0,0005$ mg/gr ve 1 mT'de $0,235 \pm 0,0005$ mg/gr azalma olduğu buna karşın 5 mT'de ise $0,330 \pm 0,0004$ mg/gr olacak şekilde bir artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.7).

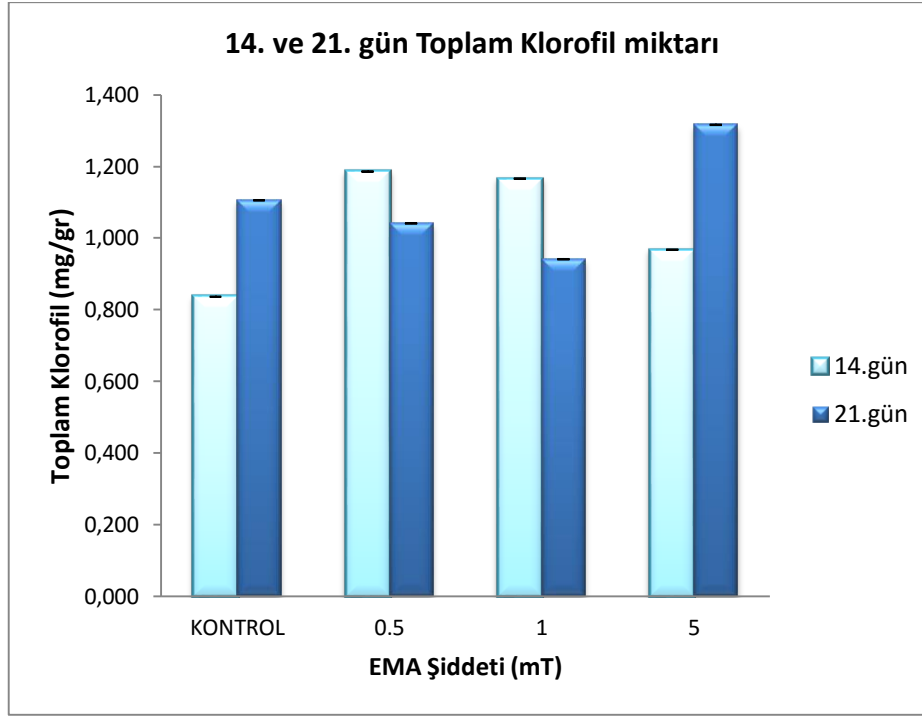


Şekil 4.7. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde klorofil b miktarları üzerine etkisi

Elde edilen sonuçların istatistiksel analizlerine göre uygulanan EMA değerlerinin birbirleri arasındaki farkların 0,05 seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur. Klorofil b miktarlarının 14. günde ve 21. gündeki ortalamaları incelendiğinde aynı klorofil a miktarlarında olduğu gibi 21. günde artış gösterdiği ve bu farkın önemli olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$).

Kontrol ve 0,5, 1, 5 mT EMA uygulamaları sonucunda 14.ve 21. günde hasat edilen soya örneklerdeki toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler incelendiğinde, 14. günde Arısoy çeşidinde 1 gr taze ağırlık başına kontrol grubunda toplam klorofil miktarı $0,836 \pm 0,0001$ mg/gr, 21. günde ise $1,106 \pm 0,0005$ mg/gr olarak ölçülmüştür. 14.

günde kontrole göre toplam klorofil miktarında; 0,5 mT’de $1,186 \pm 0,0007$ mg/gr, 1 mT’de $1,166 \pm 0,0013$ mg/gr ve 5 mT’de $0,967 \pm 0,0004$ mg/gr artış gösterdiği bulunmuştur. Ancak 21. günde kontrole göre toplam klorofil miktarlarında 0,5 mT’de $1,041 \pm 0,0008$ mg/gr ve 1 mT’de $0,941 \pm 0,0006$ mg/gr azalma olduğu buna karşın 5 mT’de ise $1,316 \pm 0,0011$ mg/gr olacak şekilde bir artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.8).

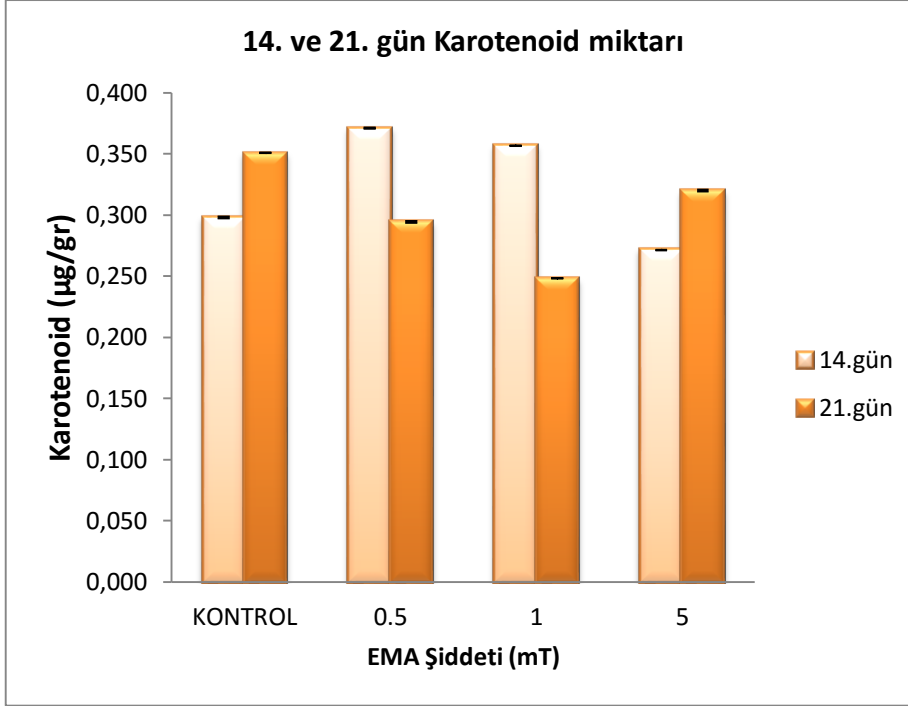


Şekil 4.8. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde toplam klorofil miktarları üzerine etkisi

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre, uygulanan EMA şiddetlerinin birbirleri arasındaki farkların 0,05 seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur. Toplam klorofil miktarlarının 14. günde ve 21. gündeki ortalamaları incelendiğinde aynı klorofil a ve klorofil b miktarlarında olduğu gibi 21. günde toplam klorofil miktarında artış gösterdiği ve bu farkın önemli olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$).

Soya bitkisine uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14. ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki karotenoid miktarında meydana gelen değişimler incelendiğinde, 14. günde Arısoy çeşidinde 1 gr taze ağırlık başına kontrol grubunda karotenoid miktarı $0,298 \pm 0,0006$ μ g/gr, 21. günde ise $0,351 \pm 0,0004$ μ g/gr olarak ölçülmüştür. 14. günde karotenoid miktarı kontrole göre; 0,5 mT’de $0,371 \pm 0,0006$ μ g/gr, 1 mT’de $0,357 \pm 0,0004$ μ g/gr artarken 5 mT’de $0,271 \pm 0,0003$ μ g/gr olacak şekilde bir azalma saptanmıştır. Ancak

21. günde kontrole göre krotenoid miktarlarında 0,5 mT'de $0,294 \pm 0,0010$ $\mu\text{g}/\text{gr}$, 1 mT'de $0,248 \pm 0,0003$ $\mu\text{g}/\text{gr}$ ve 5 mT'de $0,320 \pm 0,0008$ $\mu\text{g}/\text{gr}$ olacak şekilde azalma olduğu saptanmıştır (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde karotenoid miktarları üzerine etkisi

Soya bitkisinin karotenoid miktarı üzerine EMA'nın uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak hesaplandığında elde edilen sonuçlara göre uygulanan EMA değerlerinin birbirleri arasındaki farkların 0,05 seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur. Karotenoid miktarlarının 14. günde ve 21. gündeki ortalamaları karşılaştırıldığında 21. günde artış gösterdiği ve bu farkın önemli olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$).

4.6. Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

Soya bitkisi Arısoy çeşidine uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14. ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki spesifik SOD, CAT ve POX aktivitesinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Elde edilen enzim aktivitelerinin ve toplam protein sonuçlarının ortalamalarının istatistiksel analizi olarak, elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış önemli bulunan ortalamalara LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

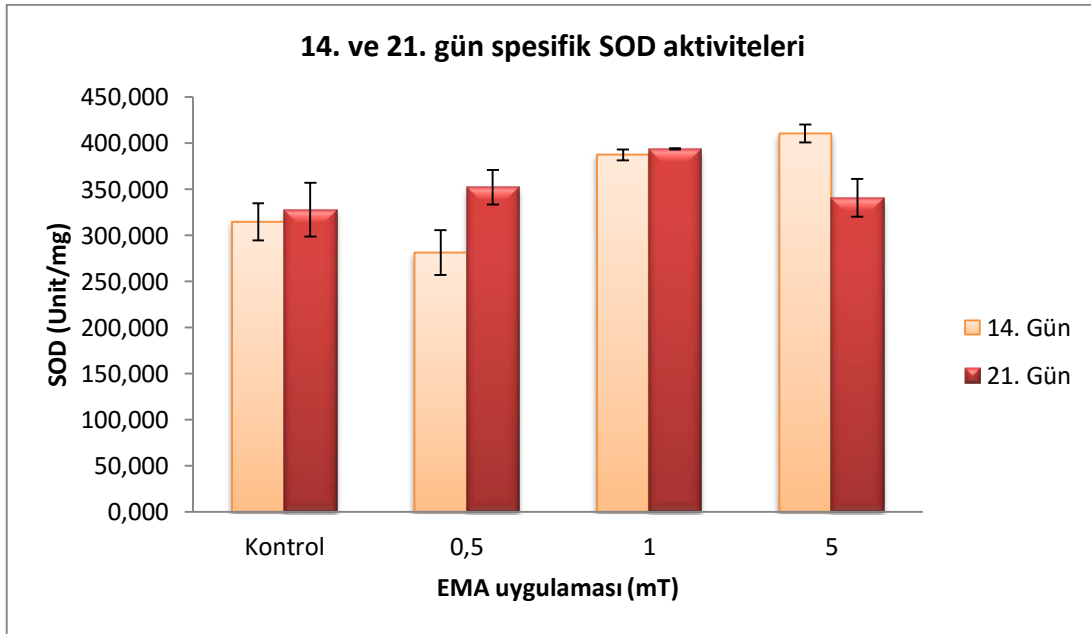
Çizelge 4.7. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde SOD, CAT, POX aktivitesi ve toplam protein miktarı üzerine etkisi

| EMA (mT) | 14.gün | | | 21. gün | | |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | SOD (unit/mg) ±SH* | CAT (unit/mg protein) ±SH* | POX (mg/mL/dk) ±SH* | SOD (unit/mg) ±SH* | CAT (unit/mg protein) ±SH* | POX (mg/mL/dk) ±SH* |
| Kontrol | 314,774±20,168 ^b | 0,362±0,068 ^d | 2,996±0,088 ^a | 328,148±29,012 ^b | 0,623±0,131 ^c | 1,977±0,159 ^d |
| 0,5 | 281,309±24,300 ^c | 0,997±0,165 ^c | 1,248±0,097 ^b | 352,560±18,728 ^b | 1,230±0,359 ^b | 6,301±0,125 ^a |
| 1 | 387,592±6,038 ^a | 1,481±0,163 ^b | 1,556±0,065 ^c | 394,098±0,968 ^a | 1,774±0,112 ^a | 4,517±0,114 ^b |
| 5 | 410,538±9,668 ^a | 1,949±0,290 ^a | 1,936±0,050 ^d | 340,794±20,618 ^b | 1,064±0,193 ^b | 4,152±0,081 ^c |
| LSD | 0,001 | 0,0007 | 0,0014 | 0,0009 | 0,0011 | 0,0017 |

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (P<0,05). (LSD çoklu karşılaştırma testi) SH: Standart Hata

4.6.1. Soya Fidelerinde SOD Enzim Aktivitesindeki Değişim Bulguları

Sera koşullarında yetiştirilen soya bitkisi Arısoy çeşidine uygulanan EMA sonrası, fidelerden 14. gün ve 21. gün sonunda elde edilen yaprak ekstratlarının spektrofotometrik analizleri sonucunda SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Kontrol grubu 14. günde $314,774 \pm 20,168$ unit/mg, 21. günde ise $328,148 \pm 29,012$ unit/mg olarak ölçülmüştür. 14. günde SOD aktivitesi kontrole göre 0,5 mT’de $281,309 \pm 24,300$ unit/mg değeriyle bir azalma saptanırken, 1 mT’de $387,592 \pm 6,038$ unit/mg ve 5 mT’de ise $410,538 \pm 9,668$ unit/mg olacak şekilde bir artış saptanmıştır. 21. günde ise kontrole göre SOD aktivitesi; 0,5 mT’de $352,560 \pm 18,728$ unit/mg, 1 mT’de $394,098 \pm 0,968$ unit/mg ve 5 mT’de ise $340,794 \pm 20,618$ unit/mg olacak şekilde bir artış ölçülmüştür (Şekil 4.10).

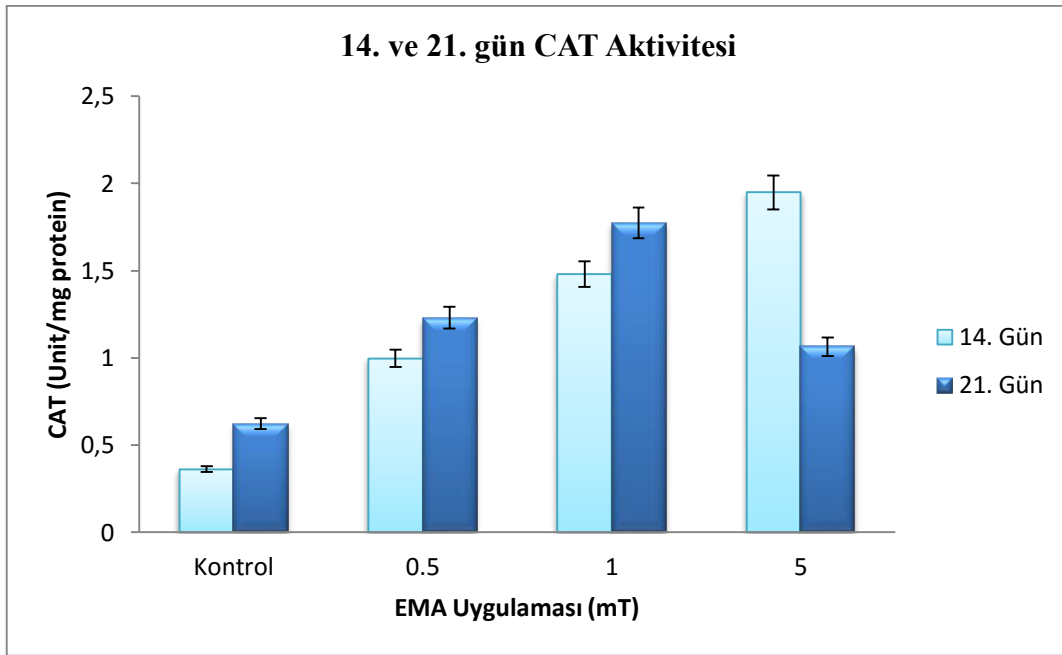


Şekil 4.10. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde SOD aktivitesi üzerine etkisi

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; 14 günlük bitkilerde SOD aktivitesinde uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol grubu arasında anlamlı farkın olduğu ($p < 0,05$) ancak 1 ve 5 mT’lik EMA şiddetleri arasında bir farkın olmadığı saptanmıştır. 21. günde ise uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol arasında önemli bir farkın olduğu ($p < 0,05$) ancak EMA şiddetlerinin kendi aralarında karşılaştırıldığında anlamlı bir fark olmadığı ayrıca 14. ve 21. günlerde elde edilen sonuçların ortalamaları arasındaki farkın yine önemsiz olduğu bulunmuştur ($p > 0,05$).

4.6.2. Soya Fidelerinde CAT Enzim Aktivitesindeki Değişim Bulguları

Sera koşullarında yetiştirilen soya bitkisi Arısoy çeşidine uygulanan EMA sonrası, fidelerden 14. gün ve 21. gün sonunda elde edilen yaprak ekstratlarının spektrofotometrik analizleri sonucunda SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Kontrol grubu 14. günde $0,362 \pm 0,068$ unit/mg protein, 21. günde ise $0,623 \pm 0,131$ unit/mg protein olarak ölçülmüştür. 14. günde SOD aktivitesi kontrole göre 0,5 mT’de $0,997 \pm 0,165$ unit/mg protein, 1 mT’de $1,481 \pm 0,163$ unit/mg protein ve 5 mT’de ise $1,949 \pm 0,290$ unit/mg protein olacak şekilde bir artış saptanmıştır. 21. günde kontrole göre SOD aktivitesi; 0,5 mT’de $1,230 \pm 0,359$ unit/mg protein, 1 mT’de $1,774 \pm 0,112$ unit/mg protein ve 5 mT’de ise $1,064 \pm 0,193$ unit/mg protein olacak şekilde bir artış ölçülmüştür (Şekil 4.11).

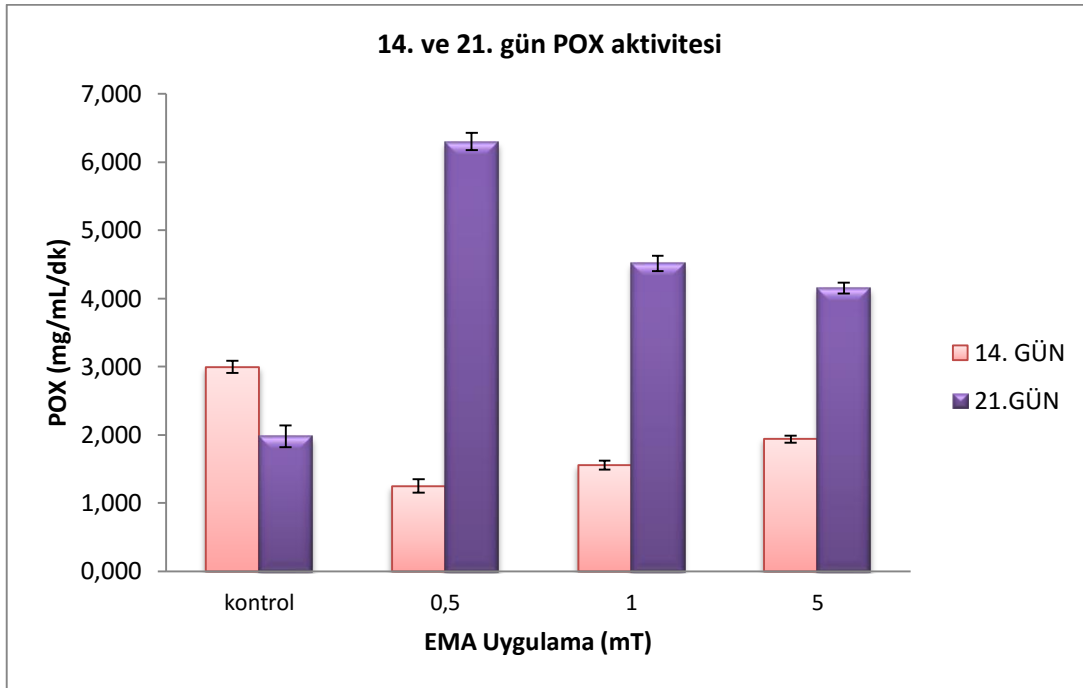


Şekil 4.11. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde CAT aktivitesi üzerine etkisi

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; 14 günlük bitkilerde CAT aktivitesinde uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol grubu arasında anlamlı farkın olduğu ve bu farkın önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). 21. günde ise uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol arasında bir farkın olduğu ($p < 0,05$) ancak EMA şiddetlerinin kendi aralarında karşılaştırıldığında 0,5 mT ve 5 mT EMA şiddetleri arasında anlamlı bir fark olmadığı ayrıca 14. ve 21. günlerde elde edilen sonuçların ortalamaları arasındaki farkın yine önemsiz olduğu bulunmuştur ($p > 0,05$).

4.6.3. Soya Fidelerinde POX Enzim Aktivitesindeki Değişim Bulguları

Sera koşullarında yetiştirilen soya bitkisi Arısoy çeşidine uygulanan EMA sonrası, fidelerden 14. gün ve 21. gün sonunda elde edilen yaprak ekstratlarının spektrofotometrik analizleri sonucunda POX aktivitesinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Kontrol grubu 14.günde $2,996 \pm 0,088$ mg/mL/dk, 21. günde ise $1,977 \pm 0,159$ mg/mL/dk olarak ölçülmüştür. 14. günde POX aktivitesi kontrole göre 0,5 mT'de $1,248 \pm 0,097$ mg/mL/dk, 1 mT'de $1,556 \pm 0,065$ mg/mL/dk ve 5 mT'de ise $1,936 \pm 0,050$ mg/mL/dk olacak şekilde bir azalma saptanmıştır. 21. günde kontrole göre POX aktivitesi; 0,5 mT'de $6,301 \pm 0,125$ mg/mL/dk, 1 mT'de $4,517 \pm 0,114$ mg/mL/dk ve 5 mT'de ise $4,152 \pm 0,081$ mg/mL/dk olacak şekilde bir artış ölçülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde POX aktivitesi üzerine etkisi

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; 14 günlük bitkilerde POX aktivitesinde uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol grubu arasında anlamlı farkın olduğu ve bu farkın önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). 21. günde ise uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol arasında bir farkın olduğu ($p < 0,05$) bulunmuştur. 14.ve 21. günlerde elde edilen sonuçların ortalamaları karşılaştırıldığında ise aralarındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$).

4.7. Toplam Protein Miktarlarının Belirlenmesi

Soya bitkisi Arısoy çeşidine uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14. ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Elde edilen toplam protein sonuçlarının ortalamalarının istatistiksel analizi olarak, elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış önemli bulunan ortalamalara LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

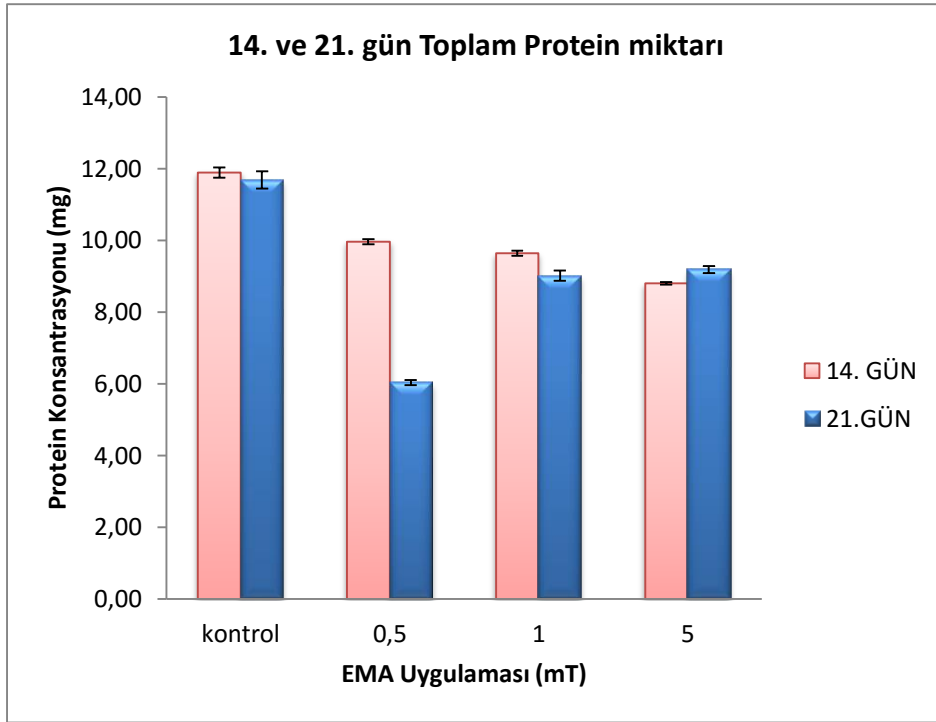
Çizelge 4.8. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde toplam protein miktarı üzerine etkisi

| EMA (mT) | Toplam Protein (mg)±SH* | |
|-------------|----------------------------|-------------------------|
| | 14. gün | 21. gün |
| Kontrol | 11,89±0,14 ^a | 11,68±0,24 ^a |
| 0,5 | 9,96± 0,07 ^b | 6,03± 0,07 ^c |
| 1 | 9,64± 0,07 ^c | 9,01± 0,14 ^b |
| 5 | 8,80± 0,04 ^d | 9,19± 0,09 ^b |
| LSD | 0,0005 | 0,0015 |

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (P<0,05). (LSD çoklu karşılaştırma testi) SH: Standart Hata

4.7.1. Soya Fidelerinde Toplam Protein Değişim Bulguları

Soya bitkisine uygulanan farklı EMA şiddetleri sonucunda, 14. ve 21. günlerde, yetişen fidelerden elde edilen yaprak ekstratlarının spektrofotometrik analizlerinde toplam protein miktarlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Kontrol grubu 14. günde 11,89±0,14 mg, 21. günde ise 11,68± 0,24 mg olarak ölçülmüştür. 14. günde toplam protein miktarı; kontrole göre 0,5 mT’de 9,96± 0,07 mg, 1 mT’de 9,64±0,07 mg ve 5 mT’de ise 8,80±0,04 mg olacak şekilde bir azalma olduğu saptanmıştır. 21.günde kontrole göre toplam protein miktarı; 0,5 mT’de 6,03± 0,07mg, 1 mT’de 9,01± 0,14 mg ve 5 mT’de ise 9,19±0,09 mg olacak şekilde bir azalmanın olduğu ölçülmüştür (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Soya bitkisinde 0,5 mT, 1mT ve 5 mT EMA uygulamasının 14. ve 21. günde toplam protein miktarı üzerine etkisi

İstatistiksel analizler sonucunda; 14 günlük bitkilerde toplam protein miktarında, uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol grubu arasında farkın olduğu ve bu farkın önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). 21. günde ise uygulanan EMA şiddetleri ile kontrol arasında bir farkın olduğu ($p < 0,05$) ancak EMA şiddetlerinin kendi aralarında karşılaştırıldığında 1 mT ve 5 mT EMA şiddetleri arasında anlamlı bir fark olmadığı ayrıca 14. ve 21.günlerde elde edilen sonuçların ortalamaları arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$).

4.8. Tartışma

Bu çalışmada tarımsal ve ekonomik değeri yüksek olan soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merrill) bitkisinin Arısoy çeşidine ait tohumlar, 4 gün süreyle günde 1'er saat 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT EMA şiddetlerine maruz bırakılmış ve 14. günde fide boyu, yaş ve kuru ağırlıkları saptanmıştır. 14. ve 21. günlerde bitkilerin yapraklarındaki klorofil a, klorofil b, karotenoid, toplam klorofil miktarları, toplam protein miktarları, süperoksit dismutaz, peroksidaz ve katalaz enzim aktiviteleri belirlenmiştir.

Bütün yaşayan sistemler, yanıt sistemlerine bağlı olarak elektrik ve manyetik alan ile elektromanyetik alandan etkilenirler.

MA'nın canlıların molekül ve hücreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmaların yanı sıra, bitki büyümesinin hızlandırılması ve verimin artırılmasına yönelik soya ve çeşitli bitkilerle yapılmış ve olumlu yönde etkisinin olduğu ortaya konmuş çalışmalar da bulunmaktadır (Aladjadjiyan, 2002; Radhakrishnan ve Kumari, 2012; Kataria ve ark., 2015).

Pietruszewski ve ark. (2007), EMA ve elektromanyetik radyasyonun (EMR) bitki gelişiminde fizyolojik ve sitolojik etkilerini araştırmışlardır. Manyetik uyarının tohumlar üzerinde pozitif etkisini saptamışlardır. Yapılan analizler sonunda EMA ve EMR'nin ekim öncesi uygulamalarında çimlenme yüzdesi, büyüme hızı ve çimlenme oranı üzerine pozitif etkisi olabileceğini ve bunun düşük çimlenme kapasitesine sahip tohumlar için önemli bir parametre olduğunu öne sürmüşlerdir.

Yapılan pek çok çalışma sonunda uygun manyetik alan şiddetine maruz kalan bitkilerin cevabı da farklı olmaktadır (Oldacay Yalçın, 2002; Özdiç, 2008). Bunun nedeni, bitkilerin genotiplerindeki farklılıkların, manyetik alana verilen cevabı değiştirebilmesidir. Bu nedenle her bitki çeşidi için bitki gelişimine katkı sağlayan uygun MA şiddetinin saptanması önemlidir.

Bu çalışmada yapılan ön denemeler sonucunda soyanın Arısoy çeşidine uygulanacak uygun EMA şiddetini belirlemek amacıyla çimlenme yüzdeleri ve kök uzunlukları saptanmıştır. Soya Arısoy çeşidine ait tohumlara EMA uygulanması sonrası 48. saat sonunda çimlenme yüzdelerinde, uygulanan tüm EMA şiddetlerinde kontrole göre bir artış belirlenmiştir. EMA'nın çimlenme üzerine etkili olduğu gösterilmiştir. Jeclička ve ark. (2015), yaptıkları bir çalışmada 20 mT, 40 mT ve 60 mT'lik düşük şiddetli elektromanyetik alan uygulanan tarla domatesi (*Solanum lycopersicum* L.) bitkisinin çimlenme yüzdesinde bir artış sağlamasına karşın, bazı bitki tohumlarının çimlenme yüzdeleri üzerine MA'nın olumlu bir etkisine rastlanmamıştır (İbrahim, 2015; Yao ve Shen, 2015). *Albizia lebeck* ve *Acacia nilotica* bitkilerine 75 mT EMA şiddetinin 5, 10 ve 15 dk sürelerle uygulanması sonucu bu bitkilerin çimlenme oranı artmıştır (Tanvir ve ark., 2015).

Yapılan çalışmalarda uygulanan MA şiddetlerine ek olarak yeryüzündeki doğal MA'nın da etkili olduğu saptanmıştır (Maffei, 2014). Belli bir sistem üzerinde etkisinin oluşabilmesi için gerekli olan koşul, kullanılan enerji kaynağının az da olsa bir gücünün olmasıdır. Biyolojik nesnelere çevrelemekte olan MA'nın uzay ve zaman özellikleri değişim içerisindedir. Böylece canlı nesnelere bu "sıfır" olmayan MA'nın güç yoğunluğunun etkisi altındadır.

Tohum çimlenmesi, bitki yaşam döngüsünün en önemli aşamalarından biridir. Çimlenme içsel ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir.

Bir tohumun çimlenmesi için gerekli iç ve dış koşullar sağlandıktan sonra tüm fizyolojik olaylar birbirini izler. Dormant halindeki bir embriyonun etkin olarak büyüyen bir organizma şekline dönüşmesi yapısal değişikliklerle ilgilidir. Karbonhidrat, protein ve lipidler aşamalı olarak parçalanır. Bu süre içerisinde ribonukleik asit (RNA) sentezi de başlar. Bütün tohumlar belirli bir miktar protein içermektedir. Proteinlerin bazıları ve peptidazlar dormant halindeki tohumlarda bulunurken, diğerleri ise tohumun çimlenmesi sırasında oluşmaktadır (Önder ve Yentür, 1999; Kacar, 2015).

GA (Gibberellin), RNA ve protein yapımını etkiler, α -amilaz oluşumunu teşvik eder. MA büyük bir olasılıkla α -amilaz yapımını etkileyen bir hormon olan GA oluşumunu ve diğer reaksiyonları etkileyerek çimlenme üzerine etkili olmaktadır (Pittman ve ark. 1979; Özel ve ark., 2015).

Manyetik alanın biyolojik etkilerini gösteren birçok çalışmada hücre çoğalmasını artırdığı, hücre döngüsünün G1 evresinde RNA ve protein yapımında önemli değişiklikler meydana getirdiği saptanmıştır (Polk ve Postow, 1996; Tkalec ve ark.2009; Hozayn ve ark., 2015)

Bitkilere uygulanan EMA'nın bitki gelişiminin çeşitli parametrelerinde değişimler meydana getirdiği, birçok bitki çeşidi ile yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Atak ve ark., 2007; Jabail ve ark., 2013; Yao ve Shen, 2015).

Bu çalışmada EMA'nın Arısoy soya çeşidinde ilk 24. saatte kök uzunluğu üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Arısoy çeşidinde 48. saatte, kontrole göre belirgin bir uzama gözlenmezken, 72. saatte, 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT'de kontrole göre bir artış gözlenmiştir. 96. saatte kontrole göre yine aynı elektromanyetik alan şiddetlerinde kök uzunluğu artışına rastlanmıştır.

Bitkilerde kök uzunluğu üzerine manyetik alanın etkisiyle ilgili çalışmalarda manyetik alanın kök büyümesi üzerine etkili olduğu gösterilmiştir (Pittman, 1972; Kato, 1990).

Alemán ve ark. (2014), yaptıkları bir in vitro çalışmada 2 mT'lik elektromanyetik alan şiddetini 3 dk süre ile kahve fidelerine uygulamışlar, elektromanyetik alan şiddetine bağlı olarak kontrole göre fidelerin kök uzunluklarında ve gövdelerinde uzama olduğu saptanmıştır.

Manyetik alanın biyolojik etkilerini ortaya koyan çalışmalara göre, MA hücre çoğalmasını artırmakta, hücre döngüsünün G₁ evresinde RNA ve protein sentezinde, enzim

aktivitelerinde, gen anlatımında önemli değişiklikler meydana getirmektedir. Ayrıca EMA'nın mRNA seviyelerini değiştirdiği de saptanmıştır (Govorun ve ark., 1992; Fomicheva ve ark., 1992a.; Fomicheva ve ark., 1992b; Goodman ve ark., 1995).

Manyetik alan uygulanan farklı bitki tohumlarından yetiştirilen bitkilerin gelişimlerinde belirli bir artış olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Carbonell ve ark., 2011; Efthimiadou ve ark., 2014; Dukic ve ark., 2015).

Bitkinin büyüme ve gelişmesini sağlayan kimyasal iç faktörlerden bitki büyüme düzenleyicilerinden olan sitokinlerin en önemli etkisi hücre bölünmesini; oksin ve gibberellinlerin en önemli etkisi ise bitki uzamasını artırmasıdır (Jansen, 1982; Arteca, 1996). MA'nın bitki büyümesi süresince özellikle fide uzaması ve kök uzaması sırasında bitki büyüme düzenleyicilerinden özellikle oksin, sitokin ve gibberellin metabolizmasına etki ettiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Atak ve ark., 2003; Eşitken, 2003).

Bu çalışmada Arısoy soya çeşidinde uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda bu tohumlardan yetiştirilen fidelerin yüksekliklerinde, kontrole kıyasla artış gösterdiği saptanmıştır. Kontrol grubuna göre 0,5 mT uygulamasında % 16,57, 1 mT uygulamasında %19,61 ve 5 mT uygulamasında % 20,56 artış tespit edilmiştir. EMA uygulaması sonucu yetiştirilen fidelerin yükseklikleri arasında anlamlı bir fark elde edilememiştir. Farklı EMA şiddetlerinin soya bitkisinde (Shine ve ark., 2011; Radhakrishnan ve Kumari, 2012) ve farklı bitkilerde (Vashisth ve Nagarajan, 2008; Anand ve ark., 2012) fide boyunda artışa neden olduğunu destekleyen çalışmalar bulunmaktadır.

Racuciu ve ark. (2006), mısır bitkisi 50 ile 250 mT arasındaki MA'ya maruz bırakılarak gelişiminin 11. gününde bitki boyunun kontrole göre daha uzun olduğunu saptamışlardır.

Bitkilerin meristem hücreleri üzerine MA'nın etkisini saptamak amacıyla yapılan çalışmalarda, manyetik alanın hücrelerin normal metabolizmalarına etki ettiği ve hücre çoğalmasında etkili bir faktör olduğu tespit edilmiştir (Belyavskaya ve ark., 1992; Fomicheva ve ark., 1992a; Fomicheva ve ark., 1992b).

Yapılan bazı çalışmalarda ise EMA'nın fide boyları üzerine olumsuz etkilerinin olduğu saptanmıştır. Mercimek tohumlarına 5 dklık sürelerde uygulanan 0,06 T ve 0,36 T'lik EMA sonucu fide boyutlarında kontrole göre azalmaların olduğu saptanmıştır (Shabhangi ve Majd, 2009). Belyavskaya (2004), yaptığı bir çalışmada mercimek ve keten tohumlarına EMA uygulamış ve hücre döngüsünün G₂ safhasına etkisi olduğunu bulmuştur. Bu sonucu EMA'nın G₂ safhasını uzatarak hücre bölünmesini azalttığı şeklinde açıklamıştır.

Chen ve ark. (2012), fasulye tohumlarında fidelerin kalitesi ve verimi üzerinde yaptıkları bir çalışmada; MA uygulamasının fasulye fidelerinin protein, çözünür şeker, C vitamini ve antosiyanin konsantrasyonunu arttırdığını tespit etmişler. Aynı çalışmada 600 mT MA şiddeti uygulaması fasulye tohumu içerisindeki arginine, histidine, lysine, phenylalanine, tyrosine, leucine, isoleucine, glutamic acid, serine ve threonine gibi amino asitleri önemli oranda artırdığı ifade edilmiştir. Bu artışı bitkilerdeki kütle artışıyla ilişkilendirebiliriz.

Manyetik alan uygulaması hücre membranında iyonik akım yoğunluğunu, geçirgenliğini, her iki yüzündeki iyonik konsantrasyonu; osmotik basıncı ve tohumların su alım oranını etkileyerek değişikliklere neden olmaktadır (Eren, 2006).

Pamukla yapılan bir çalışmada, MA uygulamasının, terlemeyi, fotosentez oranını, stoma geçirgenliğini, kök, gövde gelişimini ve N, P, K, Ca ve Mg yüzdelerini artırdığı bulunmuştur (Bilalis ve ark., 2013).

Bu çalışmada Arısoy soya çeşidinde uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda yetiştirilen fidelerin yaş ağırlıkları, kontrole kıyasla 0,5 mT uygulamasında % 20,96, 1 mT uygulamasında % 19,29 ve 5 mT uygulamasında % 19,96 artış olduğu gözlemlenmiştir.

Arısoy çeşidine ait tohumlara uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda bu tohumlardan yetiştirilen fidelerin kuru ağırlıkları, kontrole kıyasla 1 mT uygulamasında % 14,47 oranında, 0,5 mT uygulamasında % 10,06 ve 5 mT uygulamasında ise % 13,20 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Uygulanan EMA şiddetlerinde yaş ağırlıkta kontrol grubuna göre anlamlı artış elde edilirken, kuru ağırlıkta anlamlı bir azalma elde edilmiştir.

Soya çalışmaları (Shine ve ark., 2011; Radhakrishnan ve Kumari, 2012) ile diğer bitkilerde yapılan çalışmalarda yaş (Aladjajiyan, 2002; Alikamanoğlu ve ark., 2007; Flórez ve ark., 2007; Vashisth ve Nagarajan, 2008) ve kuru ağırlık ölçümlerinde MA'nın pozitif etkisi saptanmıştır (Dhawi ve Al-Khayri, 2009; Bilalis ve ark, 2012).

Elde edilen bu sonuçlardan farklı olarak yapılan bazı çalışmalarda ise EMA uygulaması sonucu bitkilerin yapraklarının kontrol bitkisine göre küçüldüğü, mitotik aktivite gösteren hücrelerin sayısında azalma, hücre bölünmesinin daha uzun zaman içinde gerçekleştiği, yaş ve kuru ağırlıkların kontrole göre azaldığı öne sürülmüştür (Ramazani, 2012).

Canlı organizmaların EMA ve MA dan etkilenmeleri hücre seviyesinde olur ve uygulanan alan şiddetine bağlı olarak değişir. Çok düşük sinyal değişimleri hücrede birçok biyolojik yapıyı etkileyeceğinden önemli biyokimyasal değişimlere neden olmaktadır. Bu

konuda yapılmış birçok çalışma mevcuttur (Şeker ve Çerezci 1991; Şeker ve Çerezci 2000).

Bu çalışmada EMA'nın Arısoy soya çeşidinde uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14. günde hasat edilen bitkilerden elde edilen örneklerde klorofil a miktarı, kontrol grubuna göre 0,5 mT uygulamasında % 42,36 artış, 1 mT uygulamasında % 38,72 artış ve 5 mT uygulamasında % 15,45 artış tespit edilmiştir. 21. günde ise kontrol grubuyla kıyaslandığında 0,5 mT uygulamasında % 4,04 azalma, 1 mT uygulamasında % 13,89 azalma ve 5 mT uygulamasında % 20,39 artış tespit edilmiştir.

Bu çalışmada EMA'nın Arısoy soya çeşidinde uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT'lik EMA sonucunda 14. ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki klorofil b miktarında meydana gelen değişimler incelendiğinde; 14. günde hasat edilen bitkilerden elde edilen örneklerde kontrol grubuna göre 0,5 mT uygulamasında % 40,66 artış, 1 mT uygulamasında % 41,79 artış ve 5 mT uygulamasında % 16,60 artış olduğu belirlenmiştir. 21. günde ise kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 0,5 mT uygulamasında % 10,99 azalma, 1 mT uygulamasında % 17,69 azalma ve 5 mT uygulamasında % 15,25 artış tespit edilmiştir.

Bu çalışmada EMA'nın Arısoy soya çeşidinde uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14. ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki toplam klorofil miktarı, 14. günde hasat edilen bitkilerden elde edilen örneklerde kontrol grubuna kıyasla 0,5 mT uygulamasında % 41,91 artış, 1 mT uygulamasında % 39,48 artış ve 5 mT uygulamasında % 15,72 artış tespit edilmiştir. 21. günde ise kontrol grubuyla kıyaslandığında 0,5 mT uygulamasında % 5,86 azalma, 1 mT uygulamasında % 14,89 azalma ve 5 mT uygulamasında % 19,03 artış tespit edilmiştir.

14. günde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarında kontrol grubuna göre anlamlı artış ve uygulama grupları arasında da anlamlı farklar elde edilmiştir. 21. günde ise 0,5 mT ve 1 mT uygulamalarında anlamlı azalma olmasına rağmen 5 mT uygulamasında anlamlı artış tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur.

EMA ve MA uygulamalarında klorofil miktarları üzerine pozitif etkiler elde edilen çalışmalar bulunmaktadır (Yaycılı ve Alikamanoğlu, 2005; Atak ve ark., 2007; Çelik ve ark., 2008; Javed ve ark., 2011).

Soya bitkisine uygulanan 0,5, 1 ve 5 mT EMA sonucunda 14. ve 21. günde hasat edilen örneklerdeki karotenoid miktarında, 14 günlük bitkilerde kontrol grubuna kıyasla 0,5 mT uygulamasında % 24,55 ve 1 mT uygulamasında % 19,69 artış tespit edilirken 5 mT uygulamasında % 8,93 azalma tespit edilmiştir. 21 günlük bitkilerde ise 0,5 mT

uygulamasında % 16,14, 1 mT uygulamasında % 29,32 ve 5 mT uygulamasında % 8,88 anlamlı azalma tespit edilmiştir

Bir araştırmada, soya ve ayçiçeği bitkileri üzerine sürekli manyetik alan uygulaması sonucu klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarlarında ve klorofilin fotokimyasal aktivitesinde artışa neden olduğu saptanmıştır (Lebedev ve ark., 1973).

Özdiñç (2008) yaptığı bir çalışmada; gama radyasyonu ile ışınlanmış üç farklı soya bitkisi çeşidi üzerine manyetik alan uygulamıştır. Gama radyasyonunun tek başına uygulamalarında artan dozlarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarında azalmaya yol açtığı, MA'nın tek uygulamalarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarında artışa neden olduğu saptanmıştır. Buna bağlı olarak, gama radyasyonu ve MA'nın birlikte uygulamalarında MA'nın gama radyasyonunun olumsuz etkisini azaltarak klorofil miktarlarında artışa neden olduğu gösterilmiştir.

Mısır ile yapılan bir çalışmada 100 ve 200 mT'lik manyetik alan uygulamalarının, fotosentezde artışa, stoma geçirgenliğinde ve klorofil miktarında artışa neden olduğu bulunmuştur (Anand ve ark., 2012).

Domates tohumları ile yapılan bir çalışmada, 12,5 mT'lik elektromanyetik alan 5, 10 ve 15 dk aralıklarla tohumlara uygulanmış, sonuçta EMA uygulanan tohumlardan yetiştirilen fidelerin karotenoid miktarlarına bakıldığında 10 ve 15 dklık EMA uygulamaların kontrol bitkisine göre likopen miktarında artışa neden olduğu saptanmıştır (Efthimiadou ve ark., 2014).

Uygun şiddette ve sürede uygulanan EMA bitkilerde, su içeriğinde, karotenoid miktarı, klorofil miktarı, DNA ve lipid miktarlarında değişimlere ayrıca CO₂ tutulmasının artmasına sebep olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Atak ve ark., 2003; Maffei 2014).

Çil (2006), yaptığı bir çalışmada ise, fasulye tohumları üzerine UV-C (UV-C < 280 nm) uygulamıştır. Bu tohumlardan yetiştirilen fidelerde UV-C ışınının fasulye yapraklarındaki klorofil miktarını azaltıcı yönde etkili olduğu görülmüştür.

Kısa dalga boylu UV nükleik asitler, proteinler gibi biyomoleküllerle etkileşime girebilmektedir. Ispanak bitkisine bu tip EMA uygulaması ile yapılan bir çalışmada fotosistem II'nin bozulması gibi fotosentetik mekanizmaların hasar görmesine ve inhibisyonuna neden olduğu saptanmıştır (Salter ve ark., 1997).

Fotosentez mekanizmasının bozulmasının temel sebebi olarak, bitki için uygun olmayan EMA şiddeti uygulamalarında stomatal sınırlamadan kaynaklandığı düşünülebilir.

Stomaların kapanması ile fotosentez oranı ve içsel CO₂ konsantrasyonu azalmakta, bu da sonuç olarak fotosentez metabolizmasını inhibe etmektedir (Kılıç ve Çavuşoğlu, 2009)

Karotenoidler ışığı toplayıcı pigmentlerdir ve stres koşullarında fotosentetik aygıtları koruyucu işlevleri vardır. Ayrıca fotosentetik sistemlerde karotenoidler önemli antioksidan etkiye sahiptirler. Bu çalışmada farklı EMA şiddetlerinde karotenoid miktarlarının artışı karotenoidlerin özellikle, klorofil moleküllerini koruyucu rol oynaması şeklinde açıklanabilir. (Çekiç, 2004; Çil, 2006).

Elektromanyetik alanın canlılarla etkileşiminde EMA şiddeti, uygulama süresi ve uygulama mesafesi önemlidir (Şeker ve Çerezci, 2000). Yapılan çalışmalar sonucunda her bitki cinsi EMA şiddeti ile uygulama sırasındaki ortam şartları (ortam sıcaklığı, tohum nem oranı vb.), bitkilerin genotipik özellikleri çerçevesinde EMA'ya verdikleri cevap da farklı olmaktadır. Bazı bitki tür ve çeşitleri EMA uygulamalarından olumlu ya da az etkilenirken bazıları ise ölümcül şekilde zarara uğramaktadır (Goodman ve ark., 1993; Phirke ve ark., 1996).

Uygun olmayan EMA şiddetlerine maruz kalan bitkilerin normal büyüme ve gelişmesi olumsuz yönde etkilenecek değişmesi halinde bu durum bitkide strese neden olur. Stres altındaki bitkilerde yüksek düzeyde sentezlenen serbest radikaller hücrelere zarar vermekte, özellikle fotosentez etkinliğini sınırlamaktadır. Sentezlenen serbest oksijen radikalleri, protein, membran lipidleri ve nükleik asitler ve klorofil gibi hücre bileşenlerini bozmaktadır (Atak ve ark., 2005; Balasa ve ark., 2011).

Strese maruz kalan bitkilerde oluşan tekli (singlet) oksijen, süperoksit anyonu, hidroksil radikali ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türleri (ROT), lipitler, proteinler ve DNA gibi canlı için çok önemli olan biyomoleküllerde oksidatif zarara neden olabilmektedir. Stres bitkilerde tohum çimlenmesi ve fide gelişimini engellemekte, besin ve su dengesini bozmakta, fotosentetik pigmentlerde bozulmalara ve antioksidant enzimlerin aktivitesinde değişimlere neden olmaktadır (Büyükuslu ve ark., 2006; Yıldız ve ark., 2011)

Antioksidant enzim aktivitelerinde meydana gelen değişimler, farklı bitki türlerinin biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı duyarlılık ve dayanıklılık dereceleri konusunda fikir vermektedir (Foyer ve ark., 1994).

Stres altındaki tüm canlılarda olduğu gibi bitkilerde de stres durumunda serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştürebilen antioksidant miktarları ve antioksidant enzim aktiviteleri yüksek olduğunda bu bitkiler oksidatif zararlanmaya karşı daha dayanıklı olmaktadır (Yaşar ve ark., 2008).

Abiyotik stres koşulları bitkide serbest oksijen radikallerinin açığa çıkmasına neden olmakta, strese giren bitkiler serbest oksijen radikallerinin, hücrelerinde meydana gelen oksidasyonunu önlemek amacıyla POX, CAT, SOD enzimleri gibi antioksidanlar meydana getirmektedirler (Vardar ve Ünal, 2009).

Abiyotik stres faktörleri sonucu bitkilerde meydana gelen süperoksit radikallerinin ortamdan uzaklaştırılması görevini önemli antioksidant enzimlerden biri olan süperoksit dismutaz yapmaktadır. Süperoksit dismutaz, süperoksit radikallerini hidrojen peroksit ve oksijene dönüştürür. Bu dismutasyon reaksiyonu sonucu oluşan ve canlı sistemlerde oldukça toksik etki gösteren hidrojen peroksit enzimatik savunma görevi yapan peroksidaz ve katalaz enzimleri tarafından su ve oksijene çevrilir (Bowler ve ark., 1992; Arora ve ark., 2002; Kılıç ve Kılıç, 2002; Blokhina ve ark., 2003).

Bu çalışmada, Arısoy soya çeşidinde 14 günlük bitkilerde SOD aktivitesinde uygulanan şiddetler ile kontrol grubu arasında anlamlı fark varken 1 ve 5 mT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. 0,5 mT da kontrole kıyasla % 10,63 azalma, 1 mT'de % 23,13 artış ve 5 mT'de % 30,43 artış saptanmıştır. 21 günlük bitkilerde ise SOD aktivitesinde kontrol grubuna kıyasla 1 mT uygulamasında % 20,10'lik istatistiksel olarak anlamlı artış varken; 0,5 mT'de % 7,44 ve 5 mT'de % 3,85 lük artış istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamıştır.

Arısoy soya çeşidinde 14 günlük bitkilerde CAT aktivitesi hem kontrole göre hem de şiddetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmış. Bu artışlar 0,5 mT'de kontrole kıyasla % 175,4, 1 mT'de % 309,1, 5 mT'de % 438,3 olarak saptanmıştır. 21 günlük bitkilerde ise benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı artışlar tüm şiddetlerde saptanmış. Bu artışlar kontrole kıyasla 0,5 mT'de % 97,5, 1 mT'de % 184,8, 5 mT'de % 70,8 olarak saptanmıştır.

Arısoy soya çeşidinde 14. günde hasat edilen bitkilerde POX miktarları kontrol grubuyla kıyaslandığında 0,5 mT uygulamasında % 58,34'lük, 1 mT'de % 48'lik ve 5 mT'de % 35,38'lik bir azalma meydana gelmiştir. 21. günde hasat edilen bitkilerde ise POX miktarları kontrole kıyaslandığında 0,5 mT'de % 218,71'lik, 1 mT'de % 128,48 ve 5 mT'de % 110,01 artış gözlenmiş. Bu sonuç bize bitki savunma sisteminin öncül enzimi olan POX aktivitesinin 21. günde aktif olarak devreye girdiğini göstermektedir.

SOD aktivitesi nedeniyle H₂O₂'nin detoksifikasyonunda 14 günlük bitkilerde POX çalışmazken CAT etkili biçimde çalıştığı saptanmıştır. Çelik ve ark. (2009) çalışmasında da soya tohumlarına uyguladıkları farklı şiddet ve sürelerdeki MA'da SOD ve CAT enzimlerinde anlamlı artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Maziah ve ark. (2012), yaptıkları bir araştırmada, 33 ve 275 kV'lik yüksek voltajlı elektrik güç hatlarına maruz kalan hardal bitki yapraklarında yapılan analizler sonunda POX aktivitesinde artış olduğu saptanmıştır. Yapılmış araştırmalar sonucunda, çeşitli stres koşullarında POX aktivitesinde artış olduğu kanıtlanmıştır (Oldacay Yalçın, 2002; Atak ve ark., 2007; Yaşar ve ark., 2008). Çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, POX aktivitesindeki artışın birçok fizyolojik olayla doğrudan ve dolaylı olarak ilgili olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak kuraklık, soğuk, kirlilik ve ışık şiddeti gibi çevresel etkenler H₂O₂ oluşumunu katalize eden POX aktivitesini artırdığını ortaya koymuştur (Büyük ve ark., 2012).

EMA şiddetlerine bağlı olarak bitkilerde enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlarda miktarlarında meydana gelen değişimler yapılan birçok çalışmada ortaya konmuştur (Yaşar ve ark., 2008; Maffei, 2014).

Shabrangi ve Majd (2009) mercimek tohumlarına 0,06 ila 0,36 T'lık EMA şiddetlerini 5, 10 ve 20 dk sürelerde uygulamışlardır. EMA uygulanan tohumlardan gelişen 15 günlük fidelerde askorbat peroksidaz (APX) ve SOD aktivitelerinde EMA şiddetlerine bağlı olarak artış olduğu saptanmıştır.

Kekik otu (sater) ile yapılan bir çalışmada, bitki tohumlarına 2 saat 1 mT'lik çok düşük frekanslı EMA uygulanmış ve enzimatik olmayan antioksidant aktivitelerinde kontrole göre önemli artışlar olduğu bulunmuştur (Vishki ve ark., 2012).

Yüksek gerilim hatlarından 10 m uzaklıkta bulunan çam ağaçları ile yapılan bir çalışmada oksitativ hasar derecesi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, yüksek gerilim hattı altındaki çam ibrelerinde hidrojen peroksit, süperoksit anyonu ve lipid oksidasyon oranları artmış ancak antioksidan enzimlerden SOD, katalaz, guaikol peroksidaz ve askorbat peroksidaz enzim aktiviteleri azalmıştır (Esim ve ark., 2014).

Yapılan çalışmalardan elde edilen veriler neticesinde antioksidan enzimlerin farklı EMA şiddetlerine bağlı stres koşullarında ve farklı bitkilerde değişik düzeylerde koruma sağladığı gözlenmiştir.

Çalışmada 21 günlük soya bitkilerinde EMA uygulaması sonucu özellikle 1 ve 5 mT' de SOD ve POX'un uyumlu artışlarına rastlanmıştır. Bu durum SOD tarafından üretilen hidrojen peroksidin POX tarafından detoksifiye edilmesiyle ilişkilendirilebilir.

21 günlük bitkilerde artan şiddetlere bağlı olarak kontrole kıyasla yükselen SOD aktivitesi özellikle CAT aktivitesiyle uyumludur. Bununla birlikte POX aktivitesinin de kontrole kıyasla arttığı bulunmuştur. Bu veriler antioksidan savunma sistemi için artan EMA şiddetlerinin SOD aktivitesini tetiklediğini göstermektedir. İlginç şekilde

fotorespirasyon ile bağlantılı olduğu bilinen CAT'ın fotorespirasyona neden olacak bir su stresi olmadığı için SOD aktivitesiyle üretilen H₂O₂ detoksifikasyonunda rol aldığı söylenebilir. Tüm sonuçlar dikkate alındığında her 3 enzim aktivitesinin 0,5 mT uygulamasının kontrole kıyasla arttığı, artan şiddetlerinse SOD ve CAT aktivitelerini arttırdığı görülmektedir. Bu durum, POX'un kontrole kıyasla artmış olsa da detoksifikasyonda CAT'a kıyasla daha az çalıştığına işaret ediyor olabilir.

14. günde POX miktarındaki düşüş, SOD ve CAT enzimlerindeki artış toplam klorofilde koruma sağlarken, 21. günde POX ve SOD enzimlerinin artışıyla koruma sağladığı saptanmıştır.

Elektromanyetik alan uygulaması sonucu bitkilerde meydana gelen reaksiyon ortamındaki serbest radikal konsantrasyonunun artmasına neden olur. Bunun nedeni, EMA'nın reaksiyon ortamında oluşan serbest radikallerin elektron spinini etkileyerek kısmen kararlı yapıya dönüşmelerine ve buna bağlı olarak serbest radikallerin yarı ömürlerinin uzatmasıdır. Artan serbest radikal konsantrasyonu oksidatif stres yaratır ve bu strese karşı antioksidan artışına neden olur (Scaiano ve ark., 1995; Büyüksulu ve ark., 2006; Shabrangi ve Majd, 2009).

Antioksidan dengenin serbest radikal tarafına kaymasıyla, hücre organelleri ve membrandaki lipid ve protein yapısının bozulduğu, proteinler üzerinde oluşan oksidasyonlar yapı değişimine neden olacağından proteinlerin proteolitik yıkıma uğrayacağı bilinmektedir (Kahya, 2010).

Arısoy soya çeşidinde 14. günde hasat edilen bitkilerde toplam protein miktarları kontrol grubuyla kıyaslandığında 0,5 mT uygulamasında % 16,25'lik, 1 mT'de % 18,91'lik ve 5 mT'de % 25,99'luk bir azalma meydana gelmiştir. 14. günde EMA şiddeti artışına bağlı olarak protein degradasyonu (hasarı) meydana gelmiştir. 21. günde hasat edilen bitkilerde ise toplam protein miktarı kontrolle kıyaslandığında 0,5 mT'de % 48,39'luk, 1 mT'de % 22,86 ve 5 mT'de % 21,35 azalma gözlenmiş. Bu da 0,5 mT'de protein degradasyonu devam ederken, 1 ve 5 mT de 14. güne göre çok büyük bir fark meydana gelmediğini göstermektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; EMA ve MA'ya maruz kalan organizmalar üzerinde meydana gelen etkilerinin değerlendirilmesi zordur. Bunun temel nedenleri, biyolojik sistemlerin çok karmaşık yapıları olmalarıdır. EMA'nın canlı ile etkileşiminde, gelen dalgaının geliş açısı, canlı dokunun su içeriği, biyolojik malzemenin elektriksel özellikleri (iletkenlik, dielektrik sabitleri) önemlidir. EMA ile canlı etkileşimi sırasında; EMA ortamdaki bir atomun serbest elektronlarına kinetik enerji verilebilir, atom ve moleküllerdeki elektriksel kutuplara etki edebilir ya da canlıda daha önce mevcut olan kutupları bir araya getirebilir. Bu olaylar sonucunda oluşan sürtünme ortamına enerji yayabilir (Şeker ve Çerezci, 2000).

EMA'nın organizmalar ile etkileşim mekanizmalarının temelinde, EMA'nın organizmada bulunan çeşitli yüklü tanecikle vermiş olduğu tepkimeler sonucunda bu taneciklerin sahip oldukları atomlara ait elektron dizilimlerinde sapma ve değişimler oluşturarak, özellikle bu tür iyonların yer aldığı biyolojik tepkimelerin oran, yön ve seçiciliğinde meydana gelen değişimler yatmaktadır (Şeker ve Çerezci, 1991).

Maddedeki tüm manyetik olaylar, atomik kutup hareketleriyle açıklanabilir. Bu atomik manyetik momentler hem elektronların yörüngesel hareketleriyle hem de spin denen "iç yapısal" özelliğinden kaynaklanır (Serway ve ark., 2000).

EMA etkileşim mekanizmaları, radikal çift ve triplet molekül kimyasına, lineer olmayan dinamik süreçlerin fizik ve kimyasına ve hücre sel sinyal iletiminin biyolojisine dayanmaktadır. Birçok kimyasal reaksiyon bir veya daha çok eşleşmemiş elektronlu molekülleri ihtiva etmektedir. Bunlar radikal ve triplet moleküllerdir. Bunların spininin yönelimi EMA'dan etkilenir. Böyle bir molekül, biyokimyasal zincirde yer alacak olursa reaksiyon verimi zayıf manyetik alandan etkilenecektir. Primer etkileşimde herhangi bir sistemde var olan termal enerjiden büyük bir enerji ile bir eksitasyon meydana getirebilir. Böylece manyetik alandaki bir değişme sonuçta kimyasal değişimleri tetikleyecektir (Grundler ve ark., 1992; Adey, 1993; Polk ve ark., 1996).

Bu tez kapsamında yürütülen çalışmalarda;

- Soya bitkisinin Arısoy çeşidi için yapılan ön denemeler sonunda uygun EMA şiddeti 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT olarak bulunmuştur.
- Uygulanan EMA şiddetleri arasında çimlenme yüzdesini kontrole göre artıran EMA şiddeti 5 mT olarak saptanmıştır.

- Arısoy çeşidinin fide yüksekliğini kontrole göre 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT da artış göstermiştir. Ancak bu artış 5 mT’de daha belirgin olarak gözlenmiştir.
- Soya bitkisinin yaş ağırlıklarında kontrole göre 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT’de artış gösterdiği, kuru ağırlığın her üç EMA şiddetinde azaldığı, net ağırlığın ise yine üç EMA şiddetinde artış gösterdiği bulunmuştur.
- Soya bitkisinin 14. günde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının kontrole göre EMA şiddetlerinde artış gösterdiği, karotenoid miktarında ise kontrole göre 0,5 mT ve 1 mT’de arttığı ancak 5 mT’de azaldığı gözlenmiştir. 21. günde klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının kontrole göre 0,5 mT ve 1 mT’de azaldığı ancak 5 mT’lik EMA şiddetinde artış gösterdiği, karotenoid miktarında ise kontrole göre 0,5 mT , 1 mT ve 5 mT’de azaldığı saptanmıştır.
- Soya bitkisinde 14. günde SOD aktivitesi; kontrole göre 0,5 mT’de azaldığı, 1 mT ve 5 mT’de ise arttığı; CAT aktivitesi her üç EMA şiddetinde kontrole göre arttığı; POX aktivitesi ise kontrole göre her üç EMA şiddetinde azaldığı gözlenmiştir. Soya bitkisinde 21. günde ise SOD, CAT ve POX aktivitesi; kontrole göre 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT’de ise artmıştır.
- Toplam protein miktarı soya bitkisinde, kontrole göre 14. ve 21.günde 0,5 mT, 1 mT ve 5 mT’de azalmıştır.

Bitkiler yaşamları süresince kirlilik, tuzluluk, soğuk, sıcak, elektromanyetik kirlilik gibi birçok çevresel faktörle karşılaşır. Bu koşullar bitkinin büyümelerini gelişmelerini çeşitli şekillerde etkileyebilir. Bitkilerde bu koşullardan olumsuz olarak etkilenmeleri stres olarak tanımlanmaktadır. Hızlı nüfus artışı, hızla artan teknolojik gelişmelere bağlı çevre kirliliği ekilebilir tarım alanlarının azalmasını veya doğadaki diğer canlılar gibi bitkilerin de olumsuz koşullardan etkilenmesine ve bitki kayıplarına neden olmaktadır. Bu amaçla bu tez çalışmasında özellikle EMA’ya karşı bitkilerin morfolojik ve moleküler cevaplarının değerlendirilmesi ele alınmıştır. Elde edilen verilerin bu konuda yapılacak olan çalışmalara elde edilen verilerle ışık tutulacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adey R., 1993. Biological Effects of Electromagnetic Fields. *Journal of Biochemistry*, 51: 410-416.
- Akı C., Güneysu E., Acar O., 2009. Effect of Industrial Waste Water on Total Protein and The Peroxidase Activity in Plants. *African Journal of Biotechnology*, 8 (20): 5445-5448.
- Aksoy H., Unal F., Ozcan S., 2010. Genotoxic Effects of Electromagnetic Fields from High Voltage Power Lines on Some Plants. *Int. J. Environ. Res.*, 4(4): 595-606.
- Aladjadjiyan A., 2002. Study of the Influence of Magnetic Field on Some Biological Characteristics of *Zea mays*. *J. Central Eur. Agric.*, 3(2): 89-94.
- Aladjadjiyan A., 2010. Influence of Stationary Magnetic Field on Lentil Seeds. *Int. Agrophys.*, 24: 321-324.
- Alemán E.I., Mboghli A., Boix Y.F., Olmedo J.G., Junior A.C., 2014. Effects of EMFs on Some Biological Parameters in Coffee Plants (*Coffea arabica* L.) Obtained by in Vitro Propagation. *Pol. J. Environ. Stud.*, 23(1).
- Alikamanoğlu S., Yaycılı O., Atak Ç., Rzakoulieva A., 2007. Effect of Magnetic Field and Gamma Radiation on *Paulownia Tomentosa* Tissue Culture. *BIOTECHNOL. & BIOTECHNOL. EQ.*, 21(1): 49-53.
- Anaç H., Ertürk Y. E., 2003. Soya Fasulyesi. *TEAE-Bakış*, ISSN 1303- 8346.
- Anand A., Nagarajan S., Verma A. P. S., Joshi D. K., Pathak P. C., Bhardwaj J., 2012. Pre-treatment of Seeds with Static Magnetic Field Ameliorates Soil Water Stress in Seedlings of Maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*, 49: 63-70.
- Anderson L. E., 1991. Biological Effects of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields: In Vivo Studies. *Proc Sci Workshop on Health Effects of Electric and Magnetic Field on Workers (Cincinnati, OH: US Department of Health and Human Services)*; 45-89.
- Arnon D. I., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta

- vulgaris. *Plant Physiology*, 24:1-15.
- Arora A., Sairam R. K., Srivastava G. C., 2002. Oxidative Stress and Antioxidative System in Plant. *Current Science*, 82 (10): 1227-1238.
- Atak Ç., Atilla S., 1985. Nem Oranları Değişik Olan Soya Tohumları Üzerine Gama Radyasyonun Etkisi, Ankara Nükleer Tarım Araştırma Merkezi, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, 5: 1-5.
- Atak Ç., Çelik Ö., Olgun A., Alikamanoğlu S., Rzakoulieva., 2007. Effect of Magnetic Field on Peroxidase Activities of Soybean Tissue Culture. *BIOTECHNOL. & BIOTECHNOL. EQ.*, 21(2): 166-171.
- Atak Ç., Emiroğlu Ö., Alikamanoğlu S., Rzakoulieva A., 2003. Stimulation of Regeneration by Magnetic Field in Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Tissue Cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology*, Haliç University, 2: 113-119.
- Balasa A., Janositz A., Knorr D., 2011. Electric Field Stress on Plant Systems. *Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food*. Retrieved December 1, 2015, from <http://www.tandfencys.com/eem/Entry.pdf>
- Bax A., 1997. Magnetic Field Dependent Amide ¹⁵N Chemical Shifts in a Protein-DNA Complex Resulting From Magnetic Ordering in Solution. *J. Amer. Chem. Soc.*, 119: 9825-30.
- Beauchamp C., Fridovich I., 1971. Superoxide Dismutase: Improved Assay and Applicable to Acrylamid Gels. *Anal. Biochem.*, 44, 276-287.
- Belyavskaya N.A., 2004. Biological Effects Due to Week Magnetic Field on Plants. *Advancesin Space Research*, 34:1566-1574.
- Bergmeyer N., 1970. Methoden Der Enzymatischen Analyse. In: Vol 1 Akademie Verlag, Berlin: 636-647.
- 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.
- Bilalis D. J., Katsenios N., Efthimiadou A., Karkanis A., 2012. Pulsed Electromagnetic

- Field: an Organic Compatible Method to Promote Plant Growth and Yield in Two Corn Types. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 31(4): 333–343.
- Blank M., Goodman R., 1997. Do Electromagnetic Fields Interact Directly With DNA?. *Bioelectromagnetics*, 18: 111-5.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V., 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: a Review, *Anal Botany*, 91: 179-194.
- Bowler C., Montagu V. M., Inze D., 1992. Superoxide Dismutase and Stress Tolerance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 43: 83-116.
- Bradford M., 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantition of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248-254.
- Bray J. R., 1963. Root Production and The Estimation of Net Productivity. *Canadian Journal of Botany*, 41: 65–72.
- Büyük İ., Soydam-Aydın S., Aras S., 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar, *Türk Hij. Den. Biyol. Derg.*, 69(2): 97-110.
- Büyükuslu N., Çelik Ö., Atak Ç., 2006. The Effect of Magnetic Field on The Activity of Superoxide Dismutase. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 5:57-62
- Byus C. V., Pieper S. E., Adey W. R., 1987. The Effects of Low-Energy 60 Hz Environmental Electromagnetic Fields Upon the Growth-related Enzyme Ornithine Decarboxylase. *Carcinogenesis*, 8: 1385-9.
- Camps-Raga B., Shashi Gyawali S., Islam N.E., 2009. Germination Rate Studies of Soybean Under Static and Low-Frequency Magnetic Fields. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 16(5): 1317-1321.
- Carbonell M.V., Florez M., Martinez E., Maqueda R., Amaya J., 2011. Study of Stationary Magnetic Fields on Initial Growth of Pea (*Pisum sativum* L.) Seeds. *Seed Sci. Technol.*, 39:673-679.
- Cellat M., Kılıçalp D. K., 2010. Elektromanyetik Radyasyona Maruz Bırakılan Kobayların Böbrek Dokusunda Prooksidan-Antioksidan Düzeylerine Yeşil Çayın Etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 24(1): 017-021.

- Chen Y.P., He J. M., Li R., 2012. Effects of Magnetic Fields Pretreatment of Mungbean Seeds on Sprout Yield and Quality. *African Journal of Biotechnology*, 11(36): 8932-8937.
- Conger B. W., Konzak C. F., Nilan R. A., 1977. Radiation Sensivity and Modifying Factor, *Manual on Mutation Breeding Second*, ed. Technical Reports Series 119, IAEA, Vienna, 40-50.
- Çakmak T., Dumlupinar R., Erdal S., 2010. Acceleration of Germination and Early Growth of Wheat and Bean Seedlings Grown Under Various Magnetic Field and Osmotic Conditions. *Bioelectromagnetics*, 31: 120-129.
- Çekiç F. Ö., 2004. Tuz (NaCl) ve Ağır Metal (Kadmiyum) Stresine Bırakılan Domates Bitkisinde Bazı Fizyolojik Parametrelerin ve Antioksidant Savunma Sisteminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Mersi, Türkiye.
- Çelik Ö., Atak Ç., Rzakulieva A., 2008. Stimulation of Rapid Regeneration by a Magnetic Field in Paulownia Node Cultures. *Journal of Central European Agriculture*, 9(2): 297-304.
- Çelik Ö., Büyüksulu N., Atak Ç., Rzakoulieva A., 2009. Effects of Magnetic Field on Activity of Superoxide Dismutase and Catalase in *Glycine max* (L.) Merr. Roots. *Polish J. of Environ. Stud.*, 18(2): 175-182.
- Çil E. E., 2006. UV-C Işın Stresinin Sera Şartlarında Yetiştirilen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L. cv. *Atlanta*) Üzerinde Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.
- Dardeniz A., Tayyar Ş., 2007. Elektromanyetik Alanın Cardinal Üzüm Çeşidi Kalemelerinin Vejetatif Gelişimi Üzerindeki Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1): 23-28.
- Dardeniz A., Tayyar Ş., Yalçın S, 2006. Influence of Low-Frequency Electromagnetic Field on the Vegetatif Growth of Grape cv. Uslu. *Journal of Central European Agriculture*, 7(2).
- Dhawi F., Al-Khayri J.M., 2009. Magnetic Field Increase Weight and Water Content in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*,

- Dukić V., Cvijanović M., Marinković J., Cvijanović G., Dozet G., Mildinov Z., 2015. Application of Low Frequency Electromagnetic Waves (LFEV) and Biological Inputs in The Production of Soybean. *Agriculture &Forestry*, 61 (1):231-237.
- Efthimiadou A., Katsenious N., Karkanis A., Papastylianou P., Triantafyllidis V., Travlos I., Bilalis J.D., 2014. Effects of Presowing Pulsed Electromagnetic Treatment of Tomato Seed on Growth, Yield and Lycopone Content. *The Scientific World Journal*, 1-6.
- Eren Ş. P., 2006. Elektromagnetik Alanın *Lens Culinaris Medik.* (Mercimek) Üzerinde Sitotoksik Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Ün.v., İstanbul, Türkiye.
- Erol Ö., Oldacay S, Erdem G.,2003. *Sacchoromyces cerevisiae* ve *Escherichia coli* Türlerinin Elektromanyetik Alandaki Üreme Davranışları. Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi.
- Esim N., Kılıç Ö., Güneş H., Tiryaki D., 2014. Yüksek Gerilim Hattı Altındaki Çam Ağaçlarının (*Pinus sylvestris*) İbrelerinde Oksidatif Hasar ve Uçucu Bileşenlerindeki Değişimler. 22.Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran 2014, Eskişehir Osmangazi Ün.v., Eskişehir. <http://ubk2014.ogu.edu.tr>.
- Eşitken A., 2003. Serada Yetiştirilen Çilekte Manyetik Alan Uygulamasının Etkileri. Atatürk Üniv., Ziraat Fak. Derg., 34 (1): 25-27.
- Eşitken A., Turan M., 2004. Alternating Magnetic Field Effects on Yield and Plant Nutrient Element Composition of Strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. *camarosa*). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil &Plant Science*, 54(3): 135-139.
- Favret E.A., Conzak C.F., Micke A., 1977. Diseases and Pest Resistance Manual on Mutation Breeding. Technical Reports Series. IAEA, Vienna, 119: 180- 188.
- Flórez M., Carbonell M.V., Martínez E., 2007. Exposure of Maize Seeds to Stationary Magnetic Fields: Effects on Germination and Early Growth. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 68–75.
- Flórez M., Martínez E., Carbonell M.V., 2012. Effect of Magnetic Field Treatment on Germination of Medicinal Plants *Salvia officinalis* L. and *Calendula officinalis* L..

- Pol. J. Environ. Stud., 21(1): 57-63.
- Formicheva V. M., Zaslavskii V. A., Govorun R. D., Danilov V. I., 1992a. Dynamics of RNA and Protein Synthesis in the Cells of the Root Meristem of the Pea, Lentil and Flax. *Biophysics*, 37 (4): 649- 656.
- Formicheva V.M., Govorun R.D., Danilov V.I.,1992b. Proliferative Activity and Cell Reproduction in the Root Meristems of the Pea, Lentil and Flax in the Conditions of Screening the Geomagnetic Field. *Biophysics*, 37 (4): 645- 648.
- Foyer C. H., Lelandais M., Kunert K. J., 1994. Photooxidative stress in plants. *Physiologia Plantarum*, 92: 696–717.
- Gaul H., 1977. Mutagen Effect in the First Generation After Seed Treatment. *Manual on Mutation Breeding* (2nd ed.), Technical Reports, Series 119, IAEA, Vienna, 87- 95.
- Gholami A, Sharafi S., Abbasdokht H., 2010. Effect of Magnetic field on Seed Germination of Two Wheat Cultivars. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 68.
- Giannipolities N., Ries S. K., 1977. Superoxide Dismutase. Occurance in Higher Plants. *Plant Physiol.*, 59:309-314.
- Goodman R., Chizmadzhev Y., Shirly-Henderson A., 1993. Electromagnetic fields and cells. *J Cellular Biochemistry* 1993; 51: 436-41.
- Goodman E.M., Greenebaum B., Marron M.T., 1995. Effects of Electromagnetic Fields on Molecules and Cells. *Int Rew Cytology A Survey of Cell Biology* (Edt: Jean K.W. and Jarvik J.), 158: 279- 338p.
- Govorun R.D., Danilov V.I., Formicheva V.M., Belyavskaya N.A., Yu Zinchenko S., 1992. Influence of Fluctuation of The Geomagnetic Field and Its Screening on The Early Phases of The Development of Higher Plants. *Biophysics.*, 37:639-664.
- Güçlü G.G., Kasım 2011. 50 Hz Elektromanyetik Alanlar ve Biyolojik Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Grundler W., Kaiser F., Keilmann F., Walleczek J., 1992. Mechanisms of Electromagnetic Interaction with Cellular Systems. *Naturwissenschaften*, 79: 551-559.

- Hajnorouzia A., Vaezzadeha M., Ghanatib F., Jamnezhada H., Nahidianb B., 2011. Growth Promotion and a Decrease of Oxidative Stress in Maize Seedlings by a Combination of Geomagnetic and Weak Electromagnetic Fields, *J. Plant Physiol.*, 168: 1123-1128.
- Hozayn M., Amal A.A., EL-Mahdy, 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*.
- Ibrahim A.H., 2015. Influence of Different Intensities of Magnetic Field on Germination, Vegetative Growth and Some Physiological Aspect of Salinity-Stressed Cucumber. *Catrina*, 10(1): 93-102.
- İlisulu K., 1983. Soyanın Türkiye Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. Soya Semineri ve Paneli, Adana, Türkiye.
- İşler E., Coşkan A., 2009. Farklı Bakteri (*Bradyrhizobium japonicum*) Aşılama Yöntemlerinin Soyada Azot Fiksasyonu ve Tane Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (4): 324-331.
- İşler S., Erdem, G., 2003. The Effect of Electromagnetic Fields on Oxidative DNA Damage. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 2: 35-38.
- Jabail W.A, Abul-Hail R.C, Hussein F.H., 2013. Effect of Magnetic Field on Seed Germination of *Triticum aestivum*. *World Science Research Journals*.
- Jansen F. K., Blythman H. E., Carrière D., Casellas P., Gros O., Gros P., ... & Richer G. (1982). Immunotoxins: Hybrid Molecules Combining High Specificity and Potent Cytotoxicity. *Immunological reviews*, 62(1): 185-216.
- Javed N., Ashraf M., Akram N.A., Al-Qurainy F., 2011. Alleviation of Adverse Effects of Drought Stress on Growth and Some Potential Physiological Attributes in Maize (*Zea mays* L.) by Seed Electromagnetic Treatment. *Photochemistry and Photobiology*, 87: 1354–1362.
- Jeclička 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 Regiecturae 1 Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae*, 1-4.

- Jounia F. J., Abdolmalekia P., Ghanatib F., 2012. Oxidative Stress in Broad Bean (*Vicia faba* L.) Induced by Static Magnetic Field Under Natural Radioactivity. *Mutation Research*, 741: 116– 121.
- Kaçar B., 2015. Genel Bitki Fizyolojisi, Nobel Akademik Yayınları.
- Kahya Z., 2010. Rosa Damescena'nın Oksidatif Strese Karşı Antioksidan ve Antitoksik Etkilerinin Fibroblast Hücre Kültüründe Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyoloji Anabilim Dalı Tıbbi Biyoloji Programı, İstanbul, Türkiye.
- Kanner J., Kinsella J. E., 1983. Lipid Deterioration Initiated By Phagocytic Cells In Muscle Foods- Beta-Carotene Destruction By a Myeloperoxidase Hydrogen – Peroxide Halide System. *J. Agric. Food Chem.*, 31: 370-376.
- Kataria S., Baghel L., Guruprased K.N., 2015. Acceleration of Germination and Early Growth Characteristics of Soybean and Maize After Pre-Treatment of Seeds with Static Magnetic Field, *International Journal of Tropical Agriculture*, 33 (2) (Part II): 985-992
- Kato R., 1990. Effect of Very Low Magnetic Fields on the Gravitropic Curvature of Zea Roots. *Plant Cell Physiol.*, 31 (4): 565-568.
- Kavak D.D., 2010. Antioksidan Etkileşimleri: Polifenol-Protein Etkileşimleri, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 5(3): 9-16.
- Kemple M.D., Buckley P., Yuan P., Prendergast F. G., 1997. Main-chain and Side-chain Dynamics of Peptides in Liquid Solution From C-13 NMR-melittin as a Model Peptide. *Biochemistry*, 36: 1678-88.
- Kılçksız S., Demirel C., 2008. Oksidatif Stres, Radyasyona Bağlı Hasar ve Radyokoruyucu Olarak N-asetil-sistein'in Potansiyeli, *Türk Onkoloji Dergisi*, 23(4): 200-207
- Kılıç K., Kılıç A., 2002. Oksijen Toksisitesinin Aracı Molekülleri Olarak Oksijen Radikalleri, *Hacettepe Tıp Dergisi*, 33(2): 110-118.
- Kılıç S., Çavuşoğlu K., 2009. İncir (*Ficus carica*) yapraklarının bazı anatomik parametreleri üzerine elektromanyetik alan stresinin etkileri. *Biological Diversity*

- and Conservation, 2 (3): 107-111.
- Kıprak R. Ö., 2013. Bazı Bitki Aktivatörlerinin in Vitro ve in Vivo Koşullarda Yetiştirilen Biber (*Capsicum Annuum* L.) Çeşitlerinde Total Protein ve Peroksidaz Aktivitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- Lebedev S.I., Baranskii P.I., Litvinenko L.G., Shiyan L.T., 1975. Physiobiochemical Characteristics of Plants After Presowing Treatment with a Permanent Magnetic Field. *Fiziologiya Rastenii*, 22 (1): 103- 109.
- Levitt J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, Inc. (London).
- Liburdy R.P., 1992. Biological Interactions of Cellular Systems with Time-Varying Magnetic Fields. *Ann NY Acad Sci.*, 649: 74-95.
- Maffei E.M., 2014. Magnetic Field Effect on Plant Growth, Development and Evolution. *Frontiers in Plant Science*, 5: 1-15.
- Malecka, A., Jarmuszkiewicz, W., Tomaszewska, B., 2001. Antioxidative Defense to Lead Stress in Subcellular Compartments of Pea Root Cells. *Acta Biochemica Polonica*, 48 (3): 687-698.
- Maziah M., Ooi B.B., Tengku M., Sreeramanan S., 2012. Effects of Electromagnetic Field of 33 and 275 kV Influence on Physiological, Biochemical and Antioxidant System Changes of Leaf Mustard (*Brassica chinensis*). *African Journal of Biotechnology*, 11(66): 13016-13029.
- Mo W., Zhang Z., Liu Y., Zhai G., Jiang Y., He R., 2011. Effects of a Hypogeomagnetic Field on Gravitropism and Germination in Soybean. *Advances in Space Research*, 47: 1616–1621.
- Nazlıcan A. N., 2010. Soya yetiştiriciliği. Erişim tarihi: 21.03.2015 http://arastirma.tarim.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yetistiricilik/soyayetistiriciligi_1.pdf
- Odhambo J.O., Ndiritu F.G., Wagara I.N., 2009. Effects of Static Electromagnetic Fields at 24 Hours Incubation on the Germination of Rose Coco Beans (*Phaseolus*

- vulgaris*). Romanian J. Biophys, Bucharest, 19(2): 135–147.
- Oldacay S., Erdem G., 2002. Evaluation of Chlorophyll Contents and Peroxidase Activities in *Helianthus annuus* Genotypes Exposed to Radiation and Magnetic Fields. Pakistan Journal of Applied Sciences, 2(10): 934-937.
- Olcaday Yalçın S., 2002. Gama Radyasyonu ile Işınlanmış Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinin Üzerine Manyetik Alanın Etkisi. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Türkiye.
- Önder N.,Yentür S., 1999. Bitkilerin Büyüme Gelişme Farklılaşma ve Hareket Fizyolojisi, 1.baskı, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:4135, İstanbul
- Öner T., 2006. Soya sektör raporu. Erişim tarihi: 11.10.2011.(www.ito.org.tr)
- Özaktaş H. M.,1999. Günlük Hayatta Karşılaşılan Elektromagnetik Alanlar ve İnsan Sağlığı, Bilişim Toplumuna Giderken Elektromagnetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu, 11 Kasım, Ankara, s. 7 – 12.
- Özdiñ N., 2008. Gama Radyasyonu ile Işınlanmış Soya (*Glycine max* (L.) Merrill) Çeşitleri Üzerine Manyetik Alanın Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- Özel H.B., Kırdar E., Bilir N., 2015. The Effects of Magnetic Field on Germination of the Seeds of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Growth of Seedlings. Agriculture &Forestry,61,(3): 195-206.
- Peyvandi M., Khaledi N.K., Arbabian S., 2013. The Effects of Magnetic Fields on Growth and Enzyme Activities of *Helianthus annuus* L. Seedlings. Iranian Journal of Plant Physiology, 3(3): 717-724.
- Phirke P. S., Kubde A. B., Umbarkar S. P., 1996. The Influence of Magnetic Field on Plant Growth. Seed Sci.& Technol., 24: 375-392.
- Pietruszewski S., Muszyński S., Dziwulska A., 2007. Electromagnetic Fields and Electromagnetic Radiation as Non-Invasive External Stimulants for Seeds (Selected Methods and Responses). Int. Agrophysics, 21: 95-100.
- Pittman U.J., 1972. Biomagnetic Responses in Potatoes. Can. J. Plant Sci., 52: 727-733.

- Pittman U.J., Carefoot, J.M., Ormrod D.P., 1979. Effect of Magnetic Seed Treatment on Amylolytic Activity of Quiescent and Germinating Barley and Wheat Seeds. *Can J. Plant Sci.*, 52: 727-733.
- Polk C., Postow E., 1996. *Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields*. CRC. Press, New York. 103-104
- Răcuciu M., 2011. 50 Hz Frequency Magnetic Field Effects on Mitotic Activity in the Maize Root. *Romanian J. Biophys.* Bucharest, 21(1): 53–62.
- Radhakrishnan R., Kumari B.D.R., 2012. Pulsed Magnetic Field: A Contemporary Approach Offers to Enhance Plant Growth and Yield of Soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 51: 139-144.
- Radhakrishnan R., Leelapriya T., Kumari B.D.R., 2012. Effects of Pulsed Magnetic Field Treatment of Soybean Seeds on Calli Growth, Cell Damage, and Biochemical Changes Under Salt Stress. *Bioelectromagnetics*, 33: 670-681.
- Ramazani V.F., Majd A., Nejdassattari T., Arbabian S., 2012. Study of Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Radiation on Biochemical Changes in *Satureja Bachtiarica* L. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 1(7): 77-82.
- Rapley B.I., Rowland R. E., Page W.H., Podd J.V., 1998. Influence of Extremely Low Frequency Magnetic Fields on Chromosomes and Mitotic Cycle in *Vicia faba* L., the Broad Bean. *Bioelektromagnetics*, 19: 152-161.
- Roux D., Vian A., Girard S., Bonnet P., Paladian F., Davies E., Ledoigt G., 2006. Electromagnetic Fields (900 MHz) Evoke Consistent Molecular Responses in Tomato Plants. *Physiologia Plantarum*, 128: 283–288.
- SAS, 1999. *Statistical analysis system, User Manual Version 8*. SAS Institute, Cary NC.
- Sağdılek E., 2009. Çok Düşük Frekanslı ve Zayıf Elektromanyetik Alanların Trombosit Agregasyonu Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Sahebamei H., Abdolmaleki P., Ghanati F., 2007. Effects of Magnetic Field on the Antioxidant Enzyme Activities of Suspension- Cultured Tobacco Cells. *Bioelectromagnetics*, 28: 42-47.
- Salter A.H., Koivuniemi A., Strid A., 1997. UV-B and UV-C Irradiation of Spinach PSII

- Preparation In Vitro. Identification of Different Fragments of The D1 Protein Depending Upon Irradiation Wavelength. *Plant Physiology and Biochemistry*, 809-817.
- Scaiano J.C., Cozens F.L., Mohtat N., 1995. Influence of Combined AC-DC Magnetic Fields on Free Radicals in Organized and Biological Systems. Development of a Model and Application of the Radical Pair Mechanism to Radical in Micelles. *Photochemistry & Photobiology*, 62(5): 818-829.
- Serway R.A., Beichner R.J., 2000. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, 5th ed, Saunders College Publishing, 904-1103
- Sevgi L., Şubat 2005. Çevremizdeki Elektrik ve Manyetik Alanlar. *Endüstriyel Otomasyon Dergisi*.
- Shabrangi A., Majd A., 2009. Effect of Magnetic Field on Growth and Antioxidant Systems in Agricultural Plants. *Progress in Electromagnetics Research Symposium*, Beijing; China, March 23-17.
- Shine M. B., Guruprasad K. N., Anand A., 2012. Effect of Stationary Magnetic Field Strengths of 150 and 200 mT on Reactive Oxygen Species Production in Soybean. *Bioelectromagnetics*, 33: 428–437.
- Shine M. B., Guruprasad K. N., Anand A., 2011. Enhancement of Germination, Growth and Photosynthesis in Soybean by Pre-treatment of Seeds with Magnetic Field. *Bioelectromagnetics*, 32: 474–484.
- Shine M. B., Guruprasad K. N., 2012. Impact of Pre-Sowing Magnetic Field Exposure of Seeds to Stationary Magnetic Field on Growth, Reactive Oxygen Species and Photosynthesis of Maize Under Field Conditions. *Acta Physiol Plant*, 34: 255–265.
- Şeker S., Çerezci O., 1991. Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik Standartları ve Korunma Yöntemleri. Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, Yayın No.479.
- Şeker S., Çerezci O., 2000. Radyasyon Kuşatması, Elektriğin ve Nükleer Enerjinin Sağlığımıza Etkileri. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- Tanvir A. M., Yaqoob S., Hagul Z., Ashraf R., 2015. Germination Potential in *Albizia*

- lebbeck* and *Acacia nilotica* Seeds as Treated With Magnetic Field. J. Agric. Res., 53(1).
- Tkalec M., Malarić K., Pavlica M., Pevalek-Kozlina B., Vidaković-Cifrek Ž., 2009. Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields on Seed Germination and Root Meristematic Cells of *Allium cepa* L.. Mutation Research, 672: 76–81.
- USDA Nutrient Database for Standart Reference. (b.t.)
http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl
- Vardar M., Ünal F., 2009. Tralkoksidim ve Proklorazın Arpa (*Hordeum vulgare* L. cv Efes) Köklerinde Peroksidaz Aktivitesi Üzerine Etkileri. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21: 29-35.
- 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: 571-578.
- Vashisth A., Nagarajan S., 2010. Effect on Germination and Early Growth Characteristics in Sunflower (*Helianthus annuus*) Seeds Exposed to Static Magnetic Field. Journal of Plant Physiology, 167: 149–156.
- Vishki F.R., Majd A., Nejadstarrari T., Arbabian S., 2012. Study of Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Radiation on Biochemical Changes in *Satureja Bachtiarica* L. International Journal of Scientific & Technology Research , 1(7).
- Yalçın S., Tayyar Ş., 2011. Oğulotu Tohumlarının Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Manyetik Alanın Etkisi. *YYÜ Tar Bil Derg.*, 21(3): 190-197.
- Yaşar F., Ellialtıoğlu Ş., Özpay T., Uzal Ö., 2008. Tuz Stresinde Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) Antioksidatif Enzim (SOD, CAT, APX ve GR) Aktivitesi Üzerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 18(1): 61-65.
- Yaycılı O., Alikamanoglu S., 2005. The Effect of Magnetic Field on Paulownia Tissue Cultures. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 83: 109–114.
- Yao W., Shen Y., 2015. Effect of Magnetic Treatment on Seed Germination of Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.). Scandivian Journal of Forest Research, 30 (8):639-642.

Yıldız M., Terzi H., Uruşak B., 2011. Bitkilerde Krom Toksisitesi ve Hücreyel Cevaplar.
Erciyes Üniv., Fen Bilimleri Enst. Dergisi, 27(2):163-176.

Yurttaş B., Atak Ç., Doğan G., Canbolat Y., Danilov V.I., Rzakoulieva A.,1999. Magnetik Alanın Ayçiçek Bitkisindeki (*Helianthus annuus* L.) Olumlu Etkisinin Saptanması, Türk Biyofizik Derneği, XI. Ulusal Kongresi, 31 Ekim-2 Kasım 1999, Antalya.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gizem ÖREN ÇIBIK

Doğum Yeri :BORNOVA

Doğum Tarihi : 22/04/1986

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : İstanbul Üniversitesi / Fen Fakültesi / Biyoloji

Bölümü / Radyobiyoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Fen

Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

18. Ulusal Biyoloji Öğrenci Kongresi Katılım Sertifikası "Soya Bitkisi Üzerine Elektromanyetik Alanın Etkisi" Konulu Sözlü Sunum, Marmara Üniversitesi, 07.2011

İLETİŞİM

E-posta Adresi : gizem_oren@hotmail.com