

**ELEKTROMANYETİK ALANIN ACI SÜS BİBER
(*Capsicum annum*) GELİŞİMİ VE GIDA KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Tuğba BİÇEN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTROMANYETİK ALANIN ACI SÜS BİBER (*Capsicum annum*)
GELİŞİMİ VE GIDA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Tuğba BİÇEN

0000-0001-6826-2494

Prof. Dr. Ali VARDAR
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Tuğba BİÇEN tarafından hazırlanan “ELEKTROMANYETİK ALANIN ACI SÜS BİBER (*Capsicum annum*) GELİŞİMİ VE GIDA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ali VARDAR

Başkan : Prof. Dr. Ali VARDAR İmza
0000-0001-6349-9687
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Uğur BİLGİLİ İmza
0000-0003-0801-7678
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Gıyasettin ÇİÇEK İmza
0000-0001-8260-1667
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN İmza
0000-0002-4933-7144
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Onur TAŞKIN İmza
0000-0002-5741-8841
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

.././.....

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

20/06/2023

Tuğba BİÇEN

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Prof. Dr. Ali Vardar

Tuğba Biçen

ÖZET

Doktora Tezi

ELEKTROMANYETİK ALANIN ACI SÜS BİBER (*Capsicum annuum*) GELİŞİMİ VE GIDA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Tuğba BİÇEN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali VARDAR

Elektromanyetik alanın bitki çimlenmesi konusunda etkileri bilinse de her bitki üzerinde farklı aksiyonlar gösterdiği literatürde mevcuttur. Bu çerçevede; ürün bazında çimlenme aşamasından ürün elde edilmesine ve ürün içeriğine kadar geçen süreçte elektromanyetik alanın tesirlerinin ortaya konulması önemlidir. Çalışmada tarımsal ürün olarak acı süs biber seçilmiş ve elektromanyetik alanın acı süs biber üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu tez çalışması; düşük gerilimde elektromanyetik alan oluşturulması için bobin saksı tasarım parametrelerini, bobin saksı üretimini, bobin saksılar içerisinde kısa süreli elektromanyetik alan oluşturulmasını, oluşturulan farklı elektromanyetik alanlara maruz bırakılarak yetiştirilen acı süs biberin (*Capsicum annuum*) morfolojik gelişimini ve elde edilen ürünlerin gıdasal analizlerini kapsamaktadır. Acı süs biberler; alternatif akımda (AC), 10 ve 20 volt gerilimde oluşturulan düşük elektromanyetik alan içerisinde kısa süreli muamelelere maruz bırakılarak yetiştirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda kontrol grubuna kıyasla; AC 10V gerilim değerine sahip elektromanyetik alanda yetiştirilen ürünlerin yaprak adeti, kök uzunluğu, karbonhidrat, ham yağ, diyet lif ve kalsiyum bakımından istatistiksel olarak farklar olduğu ve pozitif etki gösterdiği bulunmuştur. AC 20V gerilim değerine sahip elektromanyetik alanda yetiştirilen ürünlerin ise yaprak adetinde, yaprak en ve boyunda, gövde çapında, kök ve gövde uzunluğunda, biber ve yaprak rengi üzerinde ve potasyum miktarında istatistiksel olarak farklar olduğu ve pozitif olarak etkilediği bulunmuştur. Bu farklar elektromanyetik alanın süs acı biber gelişimi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik Alan, Alternatif Akım, Biber gelişimi, Gıda Kalitesi, *Capsicum annuum*

2023, x + 92 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

THE EFFECTS OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE DEVELOPMENT OF HOT ORNAMENTAL PEPPER (*Capsicum annum*) AND FOOD QUALITY

Tuğba BİÇEN

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali VARDAR

Although the effects of electromagnetic field on plant germination are known, it is available in the literature that it has different effects on each plant. In this context, It is important to reveal the effects of the electromagnetic field in the process from the germination stage to product production and product content on a product basis. In the study, hot ornamental pepper was chosen as an agricultural product and the effects of electromagnetic effect on hot ornamental pepper were investigated.

This thesis study primarily covers the design parameters of coil pots for the creation of electromagnetic fields at low voltage and the production of coil pots. Afterward, the coil covers the short-term creation of different electromagnetic fields in pots and the morphological development of hot ornamental pepper (*Capsium annum*) grown in different electromagnetic fields, and the food analysis of the obtained products. Hot ornamental peppers have been grown by exposure to short-term treatments in a low electromagnetic field created by alternating current (AC) at 10 and 20-volt voltages.

As a result of the analysis regarding comparison to the control group, it has been found that the products grown in electromagnetic fields with AC 10V voltage are making a difference statistically and positive effects in terms of the number of leaves, root length, carbohydrates, crude oil, dietary fiber, and calcium. On the other hand, statistical differences and positive effects were found in the number of leaves, leaf width and length, stem diameter, root and stem length, pepper and leaf color, potassium, and the number of products grown in an electromagnetic field with AC 20V voltage value. These differences show the effectiveness of the electromagnetic field on hot ornamental pepper growth.

Key words: Electromagnetic Field, Alternating Current, Pepper development, Food Quality, *Capsium annum*

2023, x +92 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında bana danışmanlık yapan Prof. Dr. Ali Vardar'a, tez izleme komitesi üyelerim Prof. Dr. Uğur Bilgili ve Doç. Dr. Onur Taşkın'a, bölüm hocalarımızdan Prof. Dr. Kemal Sulhi Gündoğdu ve Doç. Dr. İlknur Alibaş'a, Bursa Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu hocalarından Prof. Dr. Yahya Ulusoy ve Öğr. Gör. Dr. Hasan Bayazıt'a Gemlik Asım Kocabıyık Meslek Yüksek Okulu hocalarından Öğr. Gör. Murat Arslan'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalışması, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje birimi (BAP), "FGA-2021-375" Nolu projesinden üretilmiştir. Destekleri için BAP' a teşekkürlerimi sunarım.

Teknik bilgileriyle bana destek olan Tophane Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Müdür Yardımcısı Mehmet Şahin ve Elektrik-Elektronik Teknolojisi bölümündeki tüm öğretmenlerime teşekkür ederim.

Bu zorlu süreçte bana her zaman destek olan değerli arkadaşım Serhat Bayrak'a içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Yardımlarıyla bu zorlu süreci kolaylaştıran öğrencimiz Rana Altan'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Tuğba BİÇEN

.../.../.....

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE/VEYA TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1. Acı Süs Biber.....	6
2.2. Elektromanyetik Alan (EMF).....	7
2.3. Elektromanyetik Alanın Tarım Ürünleri Üzerine Etkisi.....	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Bobin saksı tasarımı ve parçaları.....	29
3.1.2. Bobin saksı imalatı.....	34
3.1.3. Elektrik devresinin hazırlanması.....	36
3.1.4. Toprak hazırlıkları ve tarımsal materyal.....	40
3.1.5. Kullanılan alet ve cihazlar.....	42
3.2. Yöntem.....	49
3.2.1. Acı süs biber.....	50
3.2.2. Elektromanyetik alan ölçümleri (mT).....	52
3.2.3. Deneme ortam ve toprak ölçümleri.....	52
3.2.4. Kullanılan tohumlarda çimlenme oranı ve hızının belirlenmesi.....	53
3.2.5. Acı süs biber fidelerinin morfolojik özellikleri.....	53
3.2.6. Kök ve vejetatif aksamın yaş ve kuru ağırlıklarının hesaplanması (g/bitki).....	54
3.2.7. Kök ve gövde uzunluğunun hesaplanması (cm/bitki).....	54
3.2.8. Bitkide yan dal ve yaprak sayısı (adet/bitki).....	55
3.2.9. Yaprak alanı (mm ² /bitki).....	55
3.2.10. Yaprak klorofil indeksi ve renk ölçümü.....	56
3.2.11. Yaprak stoma sayısının belirlenmesi.....	56
3.2.12. Toplam meyve verimi (g/bitki).....	57
3.2.13. Bitki başına meyve sayısı (adet/bitki).....	57
3.2.14. Ortalama meyve ağırlığı (g/bitki).....	57
3.2.15. Ortalama meyve uzunluğu ve çapı.....	58
3.2.16. Besin maddesi içerikleri inceleme yöntemi.....	58
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	59
4.1. Elektromanyetik Alan.....	59
4.2. Deneme Ortamı ve Toprak.....	61
4.3. Kullanılan Tohumlarda Çimlenme Oranı ve Çimlenme Süresinin Belirlenmesi.....	64

4.4. Acı Süs Biber Fidelerinin Morfolojik Özellikleri	66
4.5. Kök ve Vejetatif Aksamın Yaş ve Kuru Ağırlıkları.....	67
4.6. Kök ve Gövde Uzunluğu, Bitkide Yan Dal ve Yaprak Sayısı	68
4.7. Yaprak Alanı, Yaprak Klorofil İndeksi, Renk Ölçümü ve Yaprak Stoma Sayısı.....	69
4.8. Toplam Meyve Verimi, Bitki Başına Meyve Sayısı, Ortalama Meyve Ağırlığı, Ortalama Meyve Uzunluğu ve Çapı.....	76
4.9. Besin Madde İçerik Analizleri	78
5. SONUÇ	80
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	91

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Simgeler	Açıklama
E	Elektrik Alan
F	Kuvvet
N	Newton
B	Manyetik Alan
V	Volt
G	Gauss
T	Tesla
m	Metre
r	Uzaklık
q, q ₀	Test yükü
v, u	Hız
I	Akım
°C	Sıcaklık
ε ₀	Boşluğun geçirgenlik sabiti
δ	Yüklü plaka
ml	Mililitre
mT	Militesla
μT	Mikrotesla
T	Tesla
A	Amper
μ ₀	Manyetik geçirgenlik
mg	Miligram
kg	Kilogram
%	Yüzde
λ	Dalga boyu
v	Frekans
Φ	Manyetik akı
S	Nüve kesiti
N ₁	Spir sayısı

Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
EMF	Elektromanyetik alan
MF	Manyetik alan
EA	Elektrik alan
AC	Alternatif akım
DC	Doğru akım
UV	Ultraviyole
ATP	Adonozin trifosfat
ÇO	Çimlenme oranı
OÇS	Ortalama çimlenme süresi
SMF	Statik manyetik alan
POD	Peroksidad
AC 10V	10 V gerilim altında oluşan elektromanyetik alan
AC 20V	20 V gerilim altında oluşan elektromanyetik alan
ROS	Reaktif oksijen türleri

SOD	Süperperoksit dismutaz
CAT	Katalaz
PEF	Kesikli elektrik alan
TBA	Tiyobarbitürik asit

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Elektromanyetik alanın canlıdaki fiziksel ve kimyasal etkileri (Dertinger ve Jung, 1970).....	3
Şekil 1.2. Elektromanyetik alanın canlıdaki biyolojik etkileri (Dertinger ve Jung, 1970).....	3
Şekil 2.1. Güneş spektrumunun klorofilin soğurma spektrumu ile ilişkisi (Taiz ve ark., 2019).....	8
Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum (Taiz ve ark., 2019).....	9
Şekil 2.3. Manyetik alan ve elektrik alan ilişkisi (Taiz ve ark., 2019).....	9
Şekil 3.1. Bobin saksı alt ve üst şapka.....	30
Şekil 3.2. İç bobin saksı tasarımı.....	30
Şekil 3.3. Merkez bobin saksı tasarımı.....	31
Şekil 3.4. Bobin saksı süzgeç kapağı.....	31
Şekil 3.5. Bobin saksı parçaları.....	32
Şekil 3.6. Bobin saksı katı modellemesi.....	33
Şekil 3.7. Presbant ve bakır tel.....	33
Şekil 3.8. İç bobin saksılar.....	34
Şekil 3.9. Bobinaj makinesi.....	35
Şekil 3.10. Bobin saksı parçaları.....	36
Şekil 3.11. Bobin saksı elektrik devresi.....	37
Şekil 3.12. Bobin saksı elektrik devresi kurulumu.....	37
Şekil 3.13. Elektrik devresi bağlantı noktaları hazırlanması.....	38
Şekil 3.14. Hazırlanmış bobin saksı devresi.....	38
Şekil 3.15. Varyak.....	39
Şekil 3.16. Gauss metre.....	40
Şekil 3.17. Solucan gübresi.....	40
Şekil 3.18. Kum-çakıl karışımı ve fide torfu a) Çakıl-kum, b) Fide torfu.....	41
Şekil 3.19. Acı süs biber tohumları.....	41
Şekil 3.20. Klima.....	42
Şekil 3.21. a) Otomatik dijital lüks metre, b) Güneş ışınım ölçer, c) Dijital sıcaklık-bağıl nem ölçer.....	43
Şekil 3.22. IR Sıcaklık Ölçer ve Toprak Nem Ölçer.....	44
Şekil 3.23. Klorofil ölçer.....	45
Şekil 3.24. Spektrometre.....	45
Şekil 3.25. Renk ölçer.....	46
Şekil 3.26. Dijital kumpas.....	46
Şekil 3.27. Hassas terazi.....	47
Şekil 3.28. Mikroskop.....	48
Şekil 3.29. PS Adobe Photoshop CS6 Extended.....	48
Şekil 3.30. Elektromanyetik alan ölçüm noktaları.....	51
Şekil 3.31. AC akımın tohum üzerindeki etkileri.....	52
Şekil 3.32. Kuru ve yaş ağırlık.....	54
Şekil 3.33. Bitkide dal ve yapraklar.....	55
Şekil 3.34. Toplam meyve verimi.....	57
Şekil 4.1. AC 10V'un oluşturduğu elektrik devresine ait akım ve gerilim değerleri.....	59

Şekil 4.2.	AC 20V'un oluşturduğu elektrik devresine ait akım ve gerilim değerleri.....	60
Şekil 4.3.	Bobin saksılarda oluşturulan elektromanyetik alan değerleri (mT).....	60
Şekil 4.4.	Deneme ortamının aylık ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri.....	61
Şekil 4.5.	Ortama düşen aylık ortalama ışık değerleri.....	62
Şekil 4.6.	Toprak aylık ortalama sıcaklık ve nem değişimi.....	63
Şekil 4.7.	Günlük tohum çimlenme ortalaması.....	65
Şekil 4.8.	Bobin saksı kontrol grubu, AC 10V ve AC 20V klorofil indeksi.....	70
Şekil 4.9.	Bobin saksı kontrol grubu stoma görüntüsü.....	74
Şekil 4.10.	Bobin saksı AC 10V stoma görüntüsü.....	74
Şekil 4.11.	Bobin saksı AC 20V stoma görüntüsü.....	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Acı süs biberin bilimsel sınıflandırması.....	6
Çizelge 2.2. Elektromanyetizmanın kronolojik tarihi.....	7
Çizelge 4.1. Bobin saksılarda oluşturulan elektromanyetik alanın çimlenme süresine etkisi.....	64
Çizelge 4.2. Acı süs biber fideleri üzerinde elektromanyetik alan muamelelerinin morfolojik özellikler üzerindeki etkisi.....	66
Çizelge 4.3. Elektromanyetik alan muamelelerinin kareleri ortalaması..	66
Çizelge 4.4. AC akım modelinin kök ve vejetatif aksam üzerindeki etkisi.....	67
Çizelge 4.5. Elektromanyetik alanın kök ve gövde uzunluğu, yan dal ve yaprak sayısı üzerindeki etkisi.....	68
Çizelge 4.6. Elektromanyetik alanın yaprak alanı üzerindeki etkileri.....	69
Çizelge 4.7. Yaprakta toplam klorofil, klorofil a ve b ile karotenoid değerleri.....	71
Çizelge 4.8. Elektromanyetik alan muamelelerinin Acı süs biber fidelerinin yaprak rengi üzerindeki ortalama etkisi.....	71
Çizelge 4.9. Elektromanyetik alan muamelelerinin yaprak rengi kareleri ortalaması.....	72
Çizelge 4.10. Elektromanyetik alan muamelelerinin Acı süs biber meyve rengi üzerindeki ortalama etkisi.....	72
Çizelge 4.11. Elektromanyetik alan muamelelerinin Acı süs biber meyve rengi kareleri ortalaması.....	73
Çizelge 4.12. Yaprak alt yüzey stoma miktarı, stoma en ve boy uzunlukları.....	73
Çizelge 4.13. Elektromanyetik alan muamelelerinin biber verimine etkisi (1. hasat).....	76
Çizelge 4.14. Elektromanyetik alan muamelelerinin biber verimine etkisi (2. hasat).....	77
Çizelge 4.15. Besin madde içerik analiz sonuçları	78
Çizelge 4.16. Biberlerin besin bileşimi (USDA, 2023).....	79
Çizelge 4.17. AC 10V ve AC 20V istatistiksel etki değerlendirmeleri ...	82

1. GİRİŞ

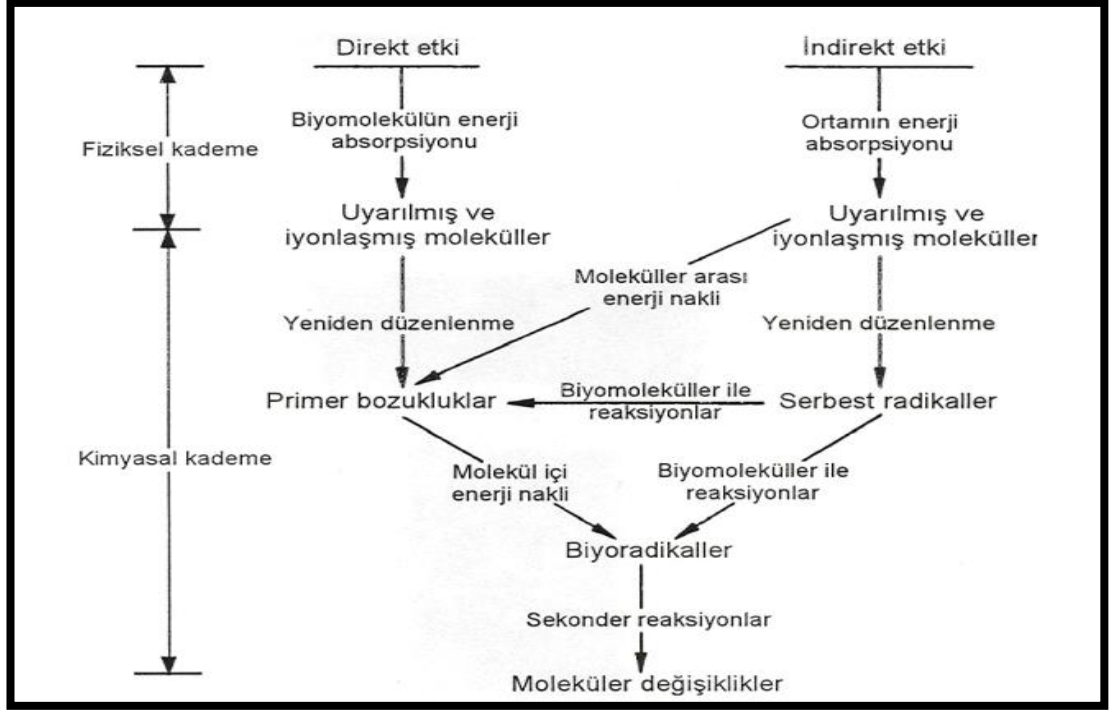
Günümüzde hızla artan dünya nüfusunun en temel gereksinimi olan beslenme ihtiyacının karşılanması için tarımsal üretimin çeşitli yöntemlerle arttırılması ve hızlandırılması gerekmektedir. İklim değişikliği ve olağandışı hava olayları tarımsal verimliliği, gıda üretimini ve doğal kaynakları negatif olarak etkilemektedir. Bu durum, gıda sistemleri ve kırsal geçim kaynakları üzerinde de etkili olmakta ve çiftçi sayısının azalmasına yol açmaktadır (Sofi, 2019). Dünya çapında gıda üretimi, dağıtımı ve tüketimi ile gıda güvenliği, beslenme ve sağlıkla ilgili önemli ve yeni zorluklar ortaya çıkmaktadır.

Dünya genelinde nüfusun çoğunluğu artık şehirlerde yaşamakta ve yoğun çalışma koşulları nedeniyle hazır gıda tüketimine yönelim artmaktadır. Dünyada yaklaşık 2 milyar insanın besleyici ve yeterli gıdaya düzenli erişiminin sağlanamaması durumunda kötü beslenme sebebiyle sağlıklarının bozulma riski bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmaya göre fast food tüketen yetişkinlerin oranı yaşla birlikte azalmıştır. Bu oran 20-39 yaş arası genç yetişkinlerde %44,9 olunurken 40-59 yaş arası orta yaşlı yetişkinlerde %37,7 ve 60 yaş ve üstü yaşlı yetişkinlerde %24,1 olarak bulunmuştur (Fryar ve ark., 2018). Obezitenin dünyada 4 milyon ölüme yol açtığı ve tüm yaş grubundaki insanlarda hastalık riskini arttırdığı da bilinmektedir (Sofi, 2019).

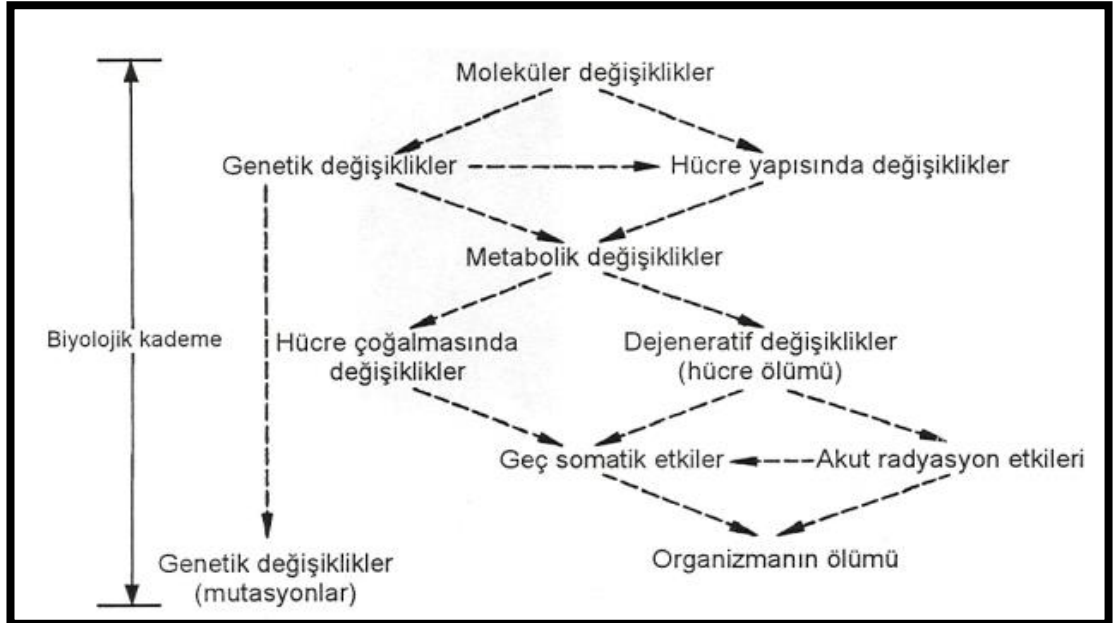
Giderek artan düzensiz ve sağlıksız beslenmelerin ortaya çıkardığı sağlık sorunlarının önüne geçilmesi ve insanlığa yetecek kadar sağlıklı ürün üretilmesi için “Yenilikçi Gıda İşleme Teknolojileri ve Gıda Biyoteknolojisi” adı altında birçok çalışma yapılmaktadır. Yenilikçi gıda işleme teknolojilerine ilişkin araştırmalara bakıldığında süperkritik ekstraksiyon, enkapsülasyon, kurutma, alternatif gıda işleme teknolojileri (omik ısıtma, elektrolize su, atımlı UV sistemleri, soğuk plazma, ozon) alanlarında iyileştirilme ve geliştirilme çalışmaları dikkat çekmektedir (Tübitak, 2020).

Gıda biyoteknolojisi ise modern biyoteknolojik yöntemlerin uygulandığı gıda bilimi branşı olup fermentasyon ve enzim çalışmaları, bitki ve hayvan kültürleri ile genetiği değiştirilmiş gıdaları konu almaktadır (Eroğlu, 2014). Biyoteknolojik uygulamalarla ilerleyen süreçlerde üretimin bol, ucuz, kaliteli ve besleyici özelliği daha çok olan gıda ürünleri elde edilebilir.

Modern biyoteknoloji; tarım, gıda sanayii ve fermantasyon endüstrisine, farklı bakış açıları katarak bu sektörlerin gelişmesine katkı sağlamıştır. Biyoteknolojinin birçok uygulama alanı mevcuttur. Bunlardan biri olan tarım; kalite, verim ve dayanıklılık konusunu esas alarak hastalıklara dayanıklı, besin değeri yüksek, strese karşı dirençli, yüksek kalitede ve verimde bitkilerin oluşturulması ve hayvancılıkta ürün artırımını sağlamak için çalışmalar yapmaktadır (Özçelik, 2020). Ayrıca tarım açlık sorununa karşı; verimi ve kalitesi yüksek ürünler, tuza, dona, pestisitlere dayanıklı bitkiler, rekombinant mikroorganizmalar aracılığı ile alternatif gıda ya da gıda katkı maddesi üretimi, depolamaya ya da taşınmaya elverişli meyve ve sebzelerin üretimini hedeflemektedir (Özçelik, 2020). Bitkiler, ana gıda ve oksijen üreticileri olarak yaşayan dünyada önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, günümüzün elektromanyetik alanlara daha fazla maruz kalmasıyla olan ilişkilerini incelemek yararlı olacaktır. Tarımda da kullanımı giderek artan teknolojik aletlerin getirdiği kolaylıkların yanı sıra oluşturdukları elektromanyetik alanın ve tarlalarda bulunan yüksek gerilim hatlarının tarımsal ürünlerin üzerinde kalite, verim ve dayanıklılık açısından etkileri merak konusu olmuştur. Tüm tarım ürünlerinde olmasa da dünyadaki ciddi yetersiz beslenme problemine bir çözüm getirmek için birçok farklı gıda ürününün besin değerlerini geliştirmek amacıyla Elektromanyetik Alan etkilerinin olumlu ve olumsuz yönleri araştırılmaktadır (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Elektromanyetik alanın canlıdaki fiziksel ve kimyasal etkileri (Dertinger ve Jung, 1970)



Şekil 1.2. Elektromanyetik alanın canlıdaki biyolojik etkileri (Dertinger ve Jung, 1970)

Elektrik alan; basit bir ifadeyle, hareket etmeyen elektrik yükleri arasındaki etkileşim olarak tanımlanabilir.

Elektrik alan şiddeti; çok küçük olan bir q test yükü, elektrik alanın var olduğu bir bölgeye bırakıldığında, üzerine etki eden birim yük başına düşen kuvvettir ve

$$E = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{F}{q} \quad (V/m) \quad (1.1)$$

biçiminde ifade edilir. Elektrik alan şiddeti, F kuvveti ile aynı yöndedir ve doğru orantılıdır (Cheng, 2017).

Manyetik alana ise bir sabit mıknatıs, hareket eden yükler veya bir akımın varlığı neden olabilir. Manyetik akı yoğunluğu (B) tarafından belirtilen manyetik alan içindeki q test yükü hareket ettiğinde test yükünün bu süreçte bir F_m manyetik kuvveti ile karşılaştığı deneyler ile kanıtlanmıştır. Bu kuvvet;

$$F_m = qu \times B \quad (N) \quad (1.2)$$

olarak ifade edilir (Cheng, 2017).

Elektromanyetik alan (EMF), bir elektrik alandan ve bir manyetik alandan oluşur. Elektrik alan bir voltaj gradyanı ile üretilir ve volt/metre cinsinden ölçülür. Manyetik alan herhangi bir akım tarafından üretilir ve tesla olarak ölçülür (Alaish ve ark., 2016). Elektrik alan, sabit yükler ile oluşturulurken manyetik alan hareketli yükler (akım) ile oluşturulur. EMF, metre başına Amper (A/m) olarak ölçülmektedir. Ancak EMF ile ilgili çalışmalarda bunun yerine mikrottesla (μT), militesla (mT) veya tesla (T) gibi birimler ve akı yoğunluğu kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada, yetiştirilen bir tarımsal ürünün (acı süs biberi) çimlenme ve bitki gelişiminden ürün elde edilinceye kadar geçen süreçte ve ürünün içeriğinde elektromanyetik alanın etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda bobin saksı tasarımı ve imalatı yapılarak içerisinde acı süs biberi yetiştirilmiştir.

Elektromanyetik alanın tarım ürünleri üzerindeki etkileri çerçevesinde; morfolojik, anatomik, mikrobiyolojik ve klorofil analizleri yapılarak (maruz kalınan süre içerisinde) tarımsal ürünün kalite ve gelişim parametreleri ele alınmıştır. Çalışmada, bobin saksılar üzerinde oluşturulan elektromanyetik alanın, acı süs biber üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Acı Süs Biber

Günümüzde *Capsicum*, yaygın olarak yetiştirilen çok sayıda çeşidi olan önemli bir tarımsal üründür. Acı biber (*Capsicum annuum*) binlerce yıldır gıda aroma maddesi olarak ve ilaçlar içerisinde kullanılmaktadır. E ve B vitamini kompleksi gibi çeşitli vitaminler ile tiamin, folat, molibden, manganez, potasyum, kalsiyum, demir, polifenoller (esas olarak luteolin) ve kuersetin gibi mineraller için de iyi bir kaynaktır. Vakumla ayrılan biber yağı, trans-b-ocimene, linalool, 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, limonene, hex-cis-3-enol ve metil salisilat gibi önemli kimyasallara sahiptir. Bunun yanı sıra acı biber, antioksidan, antimikrobiyal, antiplatelet, antiobezite ve antiinflamatuvar gibi birçok biyolojik aktivite göstermektedir. Kimyasal bileşenler çeşidin türüne ve ayrıca toprak türü, sıcaklık veya hava durumu gibi yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişir. Biber, gıdadan kozmetiğe ve farmasötik ürünlere kadar birçok endüstriyel uygulamanın önemli bir bileşenidir. Acı biber yan ürünlerinin daha fazla kullanımı ve uygulaması sürekli olarak gelişmektedir. Özellikle kırmızı biber hasadı ve hasat sonrası işleme yöntemlerinin geleneksel olduğu dünyada, verimi en üst düzeye çıkarma ve optimum koruma yöntemleri hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Idrees ve ark., 2020). Çalışma kapsamında ele alınan acı süs biberin bilimsel sınıflandırması Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Acı süs biberin bilimsel sınıflandırması

Sınıflandırma	
Alem:	Plantae
Bölüm:	Magnoliophyta
Sınıf:	Magnoliopsida
Takım:	Solanales
Familya:	Solanaceae
Cins:	Capsicum

2.2. Elektromanyetik Alan (EMF)

Elektromanyetizma, modern bilim dünyasında teknolojilerin üretilmesinde ve geliştirilmesinde büyük bir etkiye sahiptir. Elektromanyetizma günlük hayatımızda geniş bir alan kaplamaktadır. Elektrik motorları, jeneratörler, radyo ve televizyon yayıncılığı, medikal elektronik, radarlar gibi araçlar elektromanyetik uygulamalara örnek olarak verilebilir.

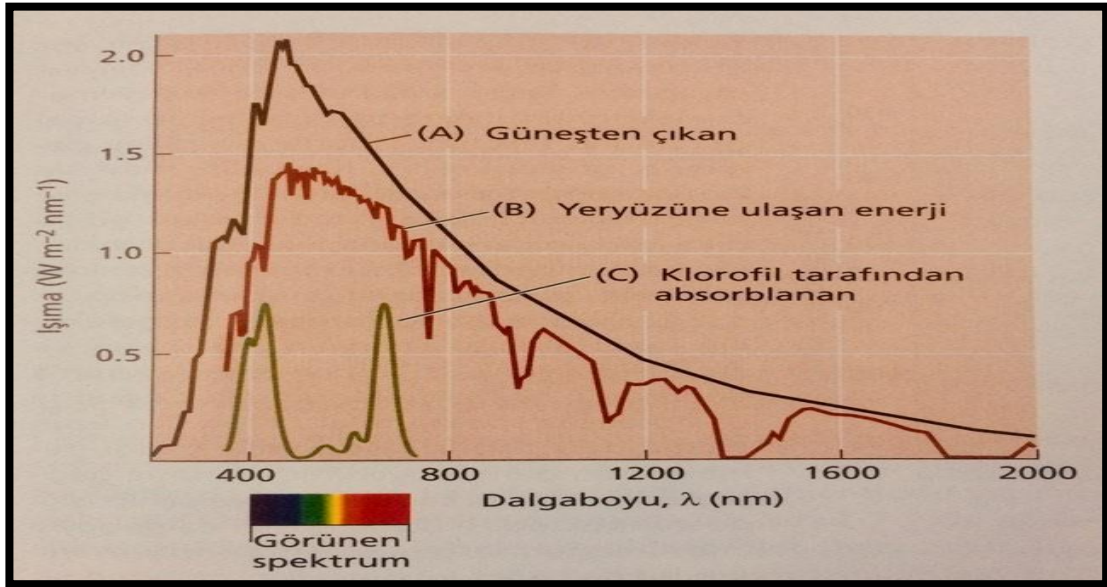
Elektromanyetizmanın bilim dalı olarak kabul görmesi 18. ve 19. yüzyıllara dayanmaktadır. Ancak kökeni M.Ö. 600 yıllarına kadar uzanmaktadır. Kronolojik olarak elektromanyetizma ile ilgili bir sıralama Çizelge 2.2’de verilmiştir;

Çizelge 2.2. Elektromanyetizmanın kronolojik tarihi (Karagüler, 2013)

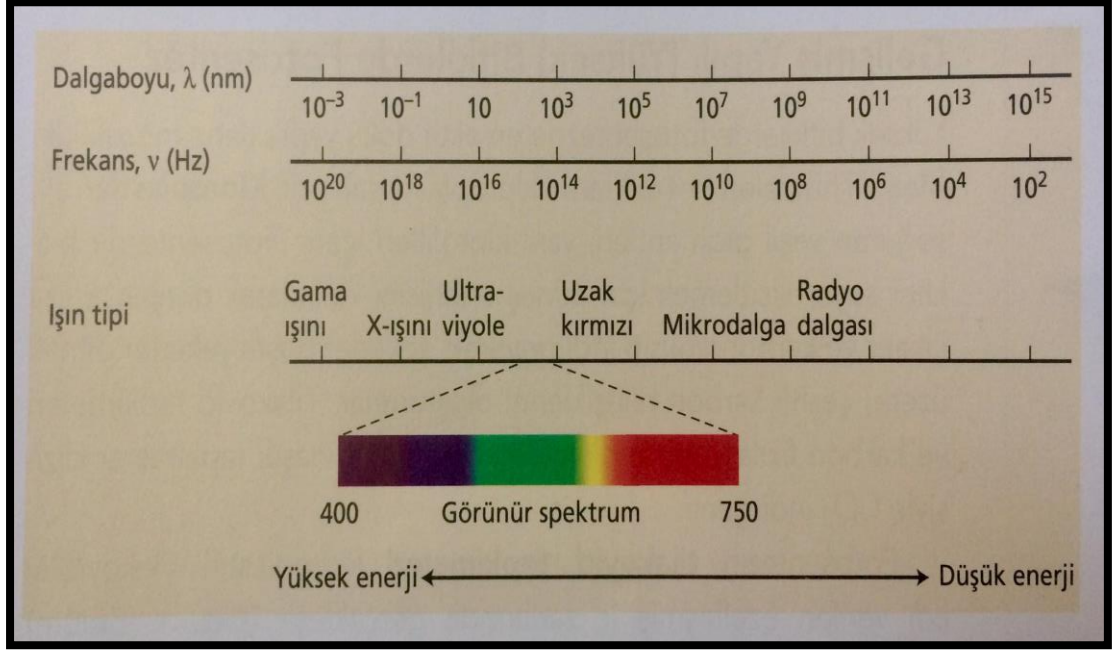
Kronolojik Tarih		
1296	Maricourt	Magnetlerin kutuplarının bulunması
1600	Gilbert	Yerkürenin magnet olduğunun keşfi
1750	Franklin	+,- yüklerin belirlenmesi
1800	Volta	Pilin bulunması
1819	Oersted	Akımın manyetik alan yarattığının bulunması
1820	Amper	Bobinin bulunması
1831	Faraday	Gerilim İndüklenmesi ve Faraday yasaları
1873	Maxwell	Deplasman akımı ve Maxwell denklemleri
1879	Hertz	Elektromanyetik dalgaların elde edilmesi
1901	Marconi	Elektromanyetik dalgaları okyanus ötesine iletme

Dünya’da meydana gelen olayların birçoğunun temeli incelendiğinde elektromanyetik kuvvetin etkisi görülebilir. Örneğin, güneş ışığı bir elektromanyetik dalgadır (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2) ve yeşil bitkiler tarafından güneş ışığının soğurulmasıyla elde edilen enerji yaşamın temeli olan karbonhidrat molekülleri şeklinde elektromanyetik potansiyel enerjiye çevrilmektedir.

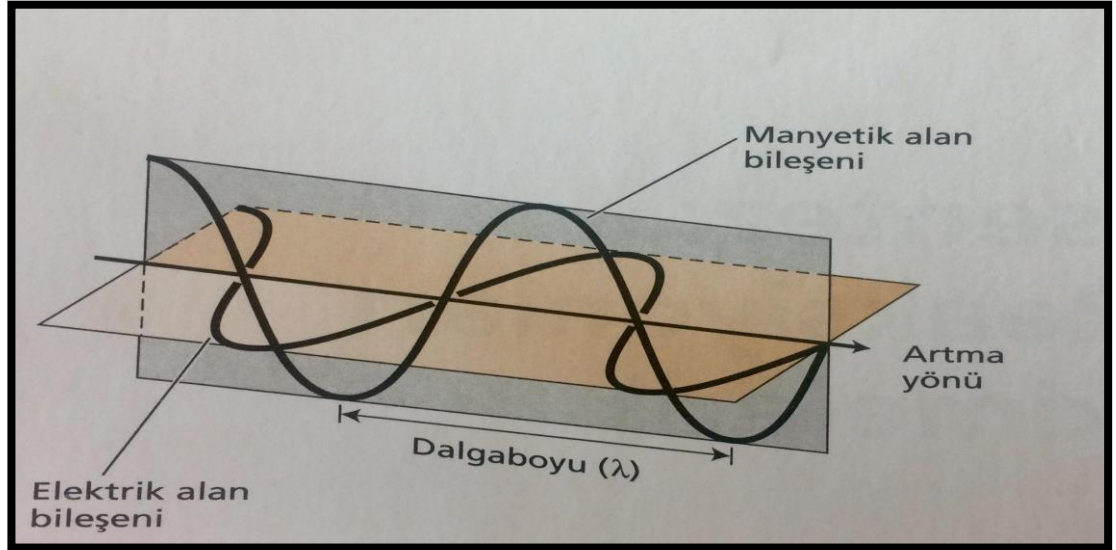
Işık enerjisi kloroplastlarda farklı işlevsel bölümler tarafından kimyasal enerjiye dönüştürülür. Burada soğurulan enerji, elektronların taşınması için gerekli gücü sağlar. Ayrıca bu güç Adonozin trifosfat (ATP) sentezlenmesinde kullanılır. Yayılım yönüne ve birbirlerine dik olan ışınlar, elektrik ve manyetik alanda salınım yapan bir çapraz elektromanyetik dalgadır (Şekil 2.3). Dalga boyu (λ) birbiri ardına gelen dalgaların tepe noktaları arasındaki uzaklıktır, frekans (ν) ise belli bir noktadan belli bir zamanda geçen dalga sayısıdır (Taiz ve ark., 2019).



Şekil 2.1. Güneş spektrumunun klorofilin soğurma spektrumu ile ilişkisi (Taiz ve ark., 2019)



Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum (Taiz ve ark., 2019)



Şekil 2.3. Manyetik alan ve elektrik alan ilişkisi (Taiz ve ark., 2019)

“Elektrik” ve “Manyetik” kelimelerinin bir arada kullanılmasının nedeni her ikisinin de maddenin “elektrik yükü” ile ilgili olmasıdır. Yüklerin statik olması haline “elektrik”, hareketli olması durumuna ise “manyetizma” olarak ifade edilen bu iki kavramın birleşmesi ile “elektromanyetizma”, diğer bir ifadeyle “Elektromanyetik Alan” ortaya çıkmaktadır.

Elektrik alan, bir noktadaki \vec{E} elektrik alana konulacak olan pozitif bir q_0 yüküne etkiyecek olan \vec{F} kuvveti cinsinden tanımlanmaktadır (Walker ve ark., 2014):

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2.3.1)$$

Bir nokta yükün r kadar uzaklıkta oluşturduğu elektrik alanı ise;

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (2.3.2)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Keller ve ark., 2007).

Gauss yasası elektrik alanının hesaplanmasında kullanılan bir yöntem olup, kapalı bir yüzeyden geçen net elektrik akısını yüzeyin çevrelediği yük olan q_{cev} 'e bağlayarak ifade edilir.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = EA = \frac{q_{\text{cev}}}{\epsilon_0} \quad (2.3.3)$$

Gauss yasasının pek çok şekilde uygulaması mevcuttur. Bunlardan biri olan iki paralel iletken plaka uygulamasını incelediğimizde plakaların pozitif ve negatif yüklü (δ_1) olduğu varsayılarak plakalar arasındaki elektrik alan;

$$E = \frac{2\delta_1}{\epsilon_0} = \frac{\delta}{\epsilon_0} \quad (2.3.4)$$

eşitliği ile hesaplanır (Kabadayı, 2014).

Manyetik alan incelendiğinde hareket eden yüklerin, elektrik alana ek olarak bir de manyetik alan oluşturduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca manyetik alan hareket eden diğer yükler üzerinde \vec{F} kuvvetini uygulamaktadır ve \vec{B} simgesi ile tanımlanmaktadır.

\vec{B} manyetik alanı içerisinde \vec{v} hızı ile hareket eden q yükünün üzerindeki kuvvet, büyüklük ve yön olarak;

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (2.3.5)$$

eşitliği ile tanımlanırken, akım taşıyan bir manyetik iletken üzerindeki manyetik kuvvet ise;

$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B} \quad (2.3.6)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir (Young ve Freedman, 2017).

Manyetik alanda Biot-Savard yasası ve Amper yasası temel yasalardır. Biot-Savard yasası ve Amper yasası sonucunda;

$$\vec{B} = \int \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{(I d\vec{l} \times \vec{a}_R)}{R^2} \quad (2.3.7)$$

yani

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{a}_\phi \quad (2.3.8)$$

eşitlikleri ortaya çıkmaktadır (Karagüler, 2013).

Maxwell denklemleri ise elektrik ve manyetik alanların arasındaki bağlantıları birlikte ele alarak “elektromanyetik kuvvet” (EMF) kavramını meydana getirmektedir. Maxwell denklemleri sırasıyla Gauss yasası, Manyetik alan için gauss yasası, Faraday yasası, evrilmiş şekilde olan ampere yasası birleşimine yapılan ektir (Keller ve ark., 2007).

$$\oint E \cdot dS = \frac{\Sigma q}{\epsilon_0} \quad (2.3.9)$$

$$\oint B \cdot dS = 0 \quad (2.3.10)$$

$$\oint E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int B \cdot dS \quad (2.3.11)$$

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 \Sigma I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d}{dt} \int E \cdot dS \quad (2.3.12)$$

Elektromanyetik alanın oluşmasını sağlayan bobinler için ise eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$S_n = C \times \sqrt{S_2} = S_n = a \times b \quad (2.3.13)$$

Burada manyetik nüve kesiti m^2 cinsinden hesaplanmaktadır. Ancak havalı bobin sarımlarında daire kesit alanı dikkate alınır. Manyetik akı;

$$\varphi = B \times S_n \quad (2.3.14)$$

olup birimi Maxwell'dir.

Primer spir sayısı;

$$N_1 = \frac{V_1 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} \quad (2.3.15)$$

eşitliği ile hesaplanır ve birimsizdir (MEB, 2011).

2.3. Elektromanyetik Alanın Tarım Ürünleri Üzerine Etkisi

Giderek artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. İlerleyen teknoloji ile teknolojik aletlerin kullanımı hızla artmıştır. Buna bağlı olarak elektronik aletlerin ve yüksek gerilim hatlarının oluşturduğu elektromanyetik alan birçok canlı üzerinde çeşitli etkiler yaratmaktadır. Bu etkiler üretilen tarım ürünlerinin tüketiciye ulaşmasına kadar geçen süreçte de etkilidir. Bununla birlikte farklı araştırmalarda EMF'nin bitkiler üzerinde değişken sonuçlar gösterdiği tespit edilmektedir. Örneğin Klorofil a, güneş enerjisinin doğrudan moleküler düzeyde kimyasal enerjiye dönüştürülmesinde yer alan önemli bir asimilatuar pigmenttir. Bu nedenle klorofil içeriği bitki sağlığı ve verimliliğini ifade etmektedir. Çalışmalar fotosentetik pigmentlerin MF koşullarında artabileceğini veya azalabileceğini göstermektedir.

Kloroplastlar paramanyetik özelliklere sahip ve içindeki atomların manyetik momentlerinin MF'den etkilendiği ve bu durumda alan yönüne doğru yönlendirildiği anlamına gelmektedir (Campbell, 1977).

Ayrıca EMF'nin fotokimyasal aktivite üzerinde bir etkisi vardır. Örneğin, turpta (*Raphanussativus L.*) CO₂ alım oranı MF'ye maruz kaldıktan sonra azalmaktadır (Yano ve ark., 2004).

Dhawi ve Al-Khayri (2008), alternatif manyetik alana kısa maruz kalmanın olumlu bir etkiye sahip olduğunu, uzun süre maruz kalmanın ise prolin üzerindeki MF etkisine benzer pigment içeriği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu bildirmektedir.

Belyavskaya (2004), zayıf elektromanyetik alanların bitkilerin büyümesini bastırıldığını, hücre bölünmesini azalttığını, protein sentezini yoğunlaştırdığını ve bitki köklerinde parçalanmaya neden olduğunu söylemektedir.

Zayıf EMF'lere maruz kalmanın, hücre zarlarından kalsiyum iyonlarını kalsiyum bulunabilirliğini etkileyen ve böylece bitki süreçlerini ve strese tepki verme yeteneğini etkilediği sonucuna varılmaktadır (Pazur ve ark., 2006).

Literatür zayıf EMF'lerin bitki fizyolojisine müdahale ettiğini desteklemektedir ancak sisteme etkileri net değildir. Çalışmalardaki tutarsızlık ve çelişkili sonuçlar, manyetik alanların bitkiler üzerindeki etkilerinin türe göre değişebileceği veya alan ve maruz kalma gibi yoğunluk ve süre özelliklerine bağlı olduğunu göstermektedir (Alaish ve ark., 2016).

Adeniran ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada “Sulama suyunun elektromanyetik işleminin Lagos Ispanağının (*Celosia argentea*) büyümesi ve verimi üzerindeki etkileri” araştırılmıştır. Sulama suyunun manyetik işleminin, yetiştirilen saksı celosia bitkilerinin (*Celosia argentea*) büyümesi ve verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, beş kez tekrarlanan tamamen rastgele bir tasarım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Suyun 719, 443, 319, 124 ve 0 Gauss'luk (manyetize olmayan su) beş farklı akı yoğunluğundan geçmesine izin verilmiştir.

Manyetik akı yoğunluğu deneyinden seçilen 25 numunenin analizi (6 WAP'de), normal suyla sulanan, ortalama sap çevresinin en yüksek 11,95 mm değerini kaydettiğini göstermektedir. 719 G manyetik akı yoğunluğu ile sulanan bitkilerin ortalama yaprak alanı %24,97'lik bir artış yüzdesine sahiptir. Yapılan Varyans Analizinde (ANOVA), %95'lik bir güven aralığında suyun değişen manyetik işlemlerinin toplu verim, yenilebilir ağırlık, kök ağırlığı, toplam yaprak alanı ve ortalama bitki boyu üzerindeki etkilerinin $p < 0,05$ 'te önemli olduğunu göstermiştir. Bu, manyetik teknolojinin yukarıda bahsedilen büyüme endekslerinin sonucuna katkıda bulunduğu anlamına gelir. Suyun manyetik muamelesinin bir dizi yaprak üzerindeki etkisi $p < 0,05$ 'te Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) kullanılarak yapılan analizlerde 719, 443 ve 319 Gauss etkilerinin, örneklenmiş bitkilerin toplu verimi üzerinde istatistiksel olarak ve önemli ölçüde farklı olduğunu göstermiştir. Sulama suyunun artık etkisi de manyetik işleme arttırılmaktadır. Suyun manyetik olarak işlenmesi ayrıca sodyum tehlikesini ve mahsul verimi üzerindeki tuzluluk etkisini azaltmıştır. Çalışma, sulama suyunun manyetik işleminin mahsul büyümesini ve verimi artırdığını göstermektedir.

Sarı'nın (2019) tarım ürünleri üzerinde yaptığı araştırmada; biber, marul, soğan, lahanalar tohumlarında çimlenme oranı (ÇO) ve fide çıkış oranının (FÇO) artırılması için 3 farklı priming metodundan (Ultraviyole-UV, Manyetik alan-MA, Hidropriming-HP) yararlanarak tohum kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Uygulamaların abiyotik stres şartlarında kalite testleri yapılmıştır. Uygulamaların fizyolojik etkileri ise katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimleri kapsamındaki değişimler ile gözlemlenmiştir. Gözlemlere göre; MA uygulamaları tüm türlerde ÇO ve FÇO değerlerini önemli ölçüde artırmaktadır. UV, MA ve HP uygulamaları en etkili sonucu soğanda gösterirken ÇO değerleri kontrol grubuna göre sırasıyla %38, %48 ve %29 artış göstermiştir. Uygulamalar tüm türlerde FÇO'yu artırırken, en çarpıcı sonuçlar soğan ve marulda tespit edilmiştir. UV, MA ve HP uygulamaları biber dışındaki türlerde çimlenme hızını artırmaktadır. Abiyotik stres koşullarında fide gelişiminde uygulamalar ile kontrol grubu arasında gelişim özellikleri bakımından farklılıklar gözlemlenmiştir.

CAT, APX ve SOD enzim aktivitelerinde gözlemlenen artışların, çimlenme ve fide gelişim parametreleri ile stres koşullarında sağlanan pozitif etkilerle bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Marul tohumlarında SOD enzim aktivitesinde MA uygulaması kontrole göre 3 kat artış göstermiştir. Çalışmada kullanılan fiziksel priming tekniklerinin (UV, MA) belirtilen türlerde ekim öncesi ön çimlendirme uygulaması olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Güneş ve ark. (2019), Kesikli Elektrik Alan tekniğinin doğal zeytinyağının üretim ve verimi ile kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi adlı çalışmalarında gıda ürünlerinin işlenmesinde yeni teknolojilerden biri olan kesikli elektrik alan (Pulsed electric field, PEF) uygulamasını incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre mevcut teknolojilerin aksine PEF, hücre zarının geri dönüşümsüz bir şekilde yapısını bozarak, bitkisel dokuda yer alan yağ ve diğer bileşiklerin kazanımını kolaylaştırmaktadır. Bu teknoloji zeytinyağı üretiminde kullanılması durumunda yoğun ısıyı azaltabilmekte ve aynı zamanda verimi de arttırmaktadır. Kimyasal ve duyuşal açıdan değerlendirildiğinde ise, PEF işleminin elde edilen ürün üzerinde olumsuz bir etki yaratmadığı, buna ek olarak yağdaki polifenoller, fitosteroller ve tokoferoller gibi insan sağlığına ilişkin bileşiklerin içeriğini arttırdığı görülmüştür.

Mosa (2019) “Farklı kayın mantarı misellerine manyetik alan uygulaması, farklı kompost çeşitlerinde yetişen mantarların verimi ve bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi” konulu tez çalışmasının birinci bölümde farklı manyetik alan yoğunluklarının ve manyetik alana maruz kalma sürelerinin *Pleurotus ostreatus*, *P. eryngii*, *P. citrinopileatus* ve *P. pulmonarius* misellerinin gelişimi üzerine etkisini incelemiştir. PDA (Potato Dextrose Agar) hazırlanarak her bir petri kabına 25 ml konulmuş ve buğdaya sardırılmış misellerle aşılama yapılmıştır. Akabinde farklı maruziyet sürelerine (5, 15 ve 30 dk) ve farklı manyetik alan değerlerine (2 mT, 25 mT, 50 mT ve 100 mT) maruz bırakılmıştır. Petri kapları laboratuvarında oda koşullarında bırakılarak 20 günlük periyotta her iki güne bir olmak üzere misel gelişimleri ölçülmüştür. Yapılan anova testine göre, manyetik alan ve maruz kalma süresinden etkilenen mantarların büyümesinde önemli farklılıklar saptanmıştır.

Tüm mantarlarda en iyi gelişime 100 mT manyetik alanda ve 30 dakikalık maruz kalma süresinde tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise kompostların mantarların gelişimine, verimliliğine ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar; tüm misellerin gelişimi için gerekli olan süre, primodium çıkması için gereken süre, ilk hasat zamanı, hasat periyodu, toplam üretim, biyolojik verim ve kimyasal içeriklerinde çalışılan mantar türlerinde kompost çeşidine bağlı olarak önemli farklılıkların olduğunu göstermektedir.

Dannehl (2018) yaptığı araştırmada; genel olarak, ön işlem olarak tohumlara elektrik ve manyetik alan uygulamasının, sonraki bitki gelişimini iyileştirmek için bir yöntem olduğunu vurgulamaktadır. Çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu, toplam taze ve kuru ağırlık, meyve verimi, aynı zamanda yaprak alanında, dallarda, fotosentezde, stoma iletkenliğinde, farklı iyonların birikmesinde ve klorofil içeriğinde bir artış bulunduğunu belirtmektedir. Manyetik alanlara maruz kalan tohumlar, daha yüksek reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi ve peroksidaz (POD), süperperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) gibi antioksidan savunma sistemlerinin aktivasyonu ile de yanıt verebilmektedir. Bu, elektriğin hem bitkilerin hem de tohumların stres tepkilerini aktive edebileceği anlamına gelmektedir. Elektrik akımının bitkilere uygulanması, bitki büyümesinde, bir dizi yaprakta, taze ve kuru ağırlıkta, aynı zamanda mineral içeriğinde ve karotenoidler, fenolik bileşikler ve klorofil gibi değerli biyoaktif bileşiklerde bir artışa neden olmaktadır.

Alshalwi (2017) çalışmasında; yapay olarak yetiştiricilik yönünden potansiyel tıbbi ve aromatik bitki türleri olan, *Brassica juncea* (L.) Czern. (Hardal otu), *Salvia officinalis* L. (Ada Çayı), *Satureja hortensis* L. (Zahter), *Tymus vulgaris* L. (Fransız yaz kekiği), *Ocimum minimum* L. (Fesleğen), *Mentha piperita* L. (Nane), *Hypericum perforatum* L. (Sarı Kantaron) ve *Prunella vulgaris* L. (Yara otu) tohumlarına farklı manyetik alan uygulamalarının etkisini araştırmıştır. Çalışmada, 60 dakika süre ile tohum örneklerine farklı manyetik alan şiddeti uygulamalarının (Kontrol, 100 mT ve 200 mT), çimlenme hızı (ÇH) ve çimlenme yüzdesine (ÇY) olan etkileri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre, manyetik alan etkisine karşı tepki yönünden çalışmada kullanılan türler arasında fark bulunmamıştır.

Ortalama ÇH değeri 200 mT işleminde %32,5 bulunmuştur. Aynı değer 100 mT işleminde %23,3 ve kontrol işleminde %24,1 olarak edilmiştir. Ortalama ÇY değerleri ise en yüksek %49,2 olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen diğer ortalama ÇY değerleri de %37,0 ve %36,2'dir. 200 mT işleminde elde edilen verilerin kontrol işlemine göre %8,4 ÇH'da; ve %13 ÇY'de üstünlük göstermesi dikkat çekmektedir. Türler arasında manyetik alan uygulamasına tepki yönünden fark çıkmasına rağmen, uygulanan manyetik alan işlemleri arasında anlamlı fark çıkmamıştır. Çalışmanın yeni manyetik alan şiddeti değerleri ile tekrarlanması önerilmektedir.

Liu ve ark. (2017), bu çalışmada hurma yetiştiriciliğinde (*Diospyros kaki*) potansiyel hasat sonrası teknoloji olarak yüksek voltajlı elektrik alan (HVEF) etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada meyveler 15 gün boyunca depolamadan önce farklı sürelerde (0, 30, 60, 90 veya 120 dakika) 600 kV/m elektrik alan kuvvetine maruz bırakılmıştır. Sonuçlar, HVEF'in kilo kaybı oranını 1,0-3,4 kat azaltabildiğini göstermektedir. Bu durum sadece HVEF'in doku bozulmasını geciktirebildiğini değil, aynı zamanda uygulama süresi ile etkinin arttığını göstermektedir. HVEF ayrıca sertliğin azaltılma oranını 1,0-1,3 kat geciktirmektedir. Bu da doku enzimlerinin aktivitesini inhibe etme yeteneğine sahip olabileceğini göstermektedir. HVEF ayrıca malondialdehit (MDA) üretim hızını 1,46-11,22 kat baskılama yeteneğini göstermekte ve uygulama süresinin arttırılması inhibisyonun etkinliğini arttırmaktadır. HVEF, karbondioksit veriminin azalma oranını 1,0-2,3 kat geciktirerek metabolizmayı inhibe etmektedir. Karbondioksit veriminin bu inhibisyon oranı da organizasyonel bozulmanın gecikmesine neden olmaktadır. Son olarak, HVEF pektinesteraz aktivitesini inhibe etmekte ve toplam fenollerin miktarı üzerinde hiçbir etkisi olmamaktadır.

Kataria ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, mısır ve soya fasulyesi tohumlarını tuzlu koşullar altında, tohumların çimlenme ve erken büyüme özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için 1 saat boyunca 200 mT'lik bir statik manyetik alan (SMF) ile önceden muamele etmişlerdir. NaCl ile indüklenen tuz stresinin olumsuz etkisi çimlenme yüzdesi ve çimlenmeye bağlı parametreler üzerinde bulunmaktadır.

Farklı tuzluluk seviyeleri (0-100 mM NaCl) altında gelişmiş yüzde çimlenme ve erken fide büyüme parametreleri (kök ve sürgün uzunluğu ve canlılık indeksleri), manyeto primin, hem mısır hem de soya fasulyesinin erken fide aşamasında tuzluluk stresini hafifletmede daha etkili olduğunu göstermektedir. İşlem görmemiş tohumların a-amilaz ve proteaz aktiviteleri hem tuzlu olmayan hem de tuzlu koşullar altında SMF uygulanan tohumlarda daha yüksek olmaktadır. Bu, SMF ile muamele edilmiş tohumlarda enzimlerin daha hızlı hidrasyonuna yol açarak daha yüksek çimlenme oranına yol açabilmektedir. Her iki yetiştirme koşulunda da manyetoprimize mısır ve soya fasulyesi tohumlarının çimlenmesinde yüksek süperoksit radikali ve hidrojen peroksit seviyeleri bulunmaktadır. SMF muamelesi ile her iki yetiştirme koşulunda tohum çimlenmesi ve fide canlılığında artış, gelişmiş a-amilaz ve proteaz aktivitelerinin ve tohumlardaki serbest radikallerin seviyelerinin birleşik etkisinden kaynaklanabilmektedir.

Iqbal ve ark. (2016) manyetik alan uygulamasının ekim öncesi kavun tohumunun çimlenme, fide büyümesi ve enzimatik aktivitelerine etkisini incelemişlerdir. Kavun tohumları, laboratuvar koşullarında 5-20 dakika süreyle 100 mT ve 200 mT MF gücüne maruz bırakılmıştır. MF ön ekim işlemi kavun tohumu çimlenmesini %14,6'ya kadar, kök ve sürgün uzunluklarını %36,4 ve %22,8'e kadar, canlılık indekslerini %40,6'ya kadar, fide kütlelerini %28,8'e kadar, taze ve kuru kütlelerini %9,6 ve 12,9'a kadar, yaprak alanını %50,0'ye kadar, alfa-amilazı %80,0'e kadar, proteazı %92,5'e kadar, katalazı %36,5'e kadar, klorofil "a" ve "b" değerlerini %50,4 ve %80,9'a kadar artırmıştır. Ayrıca, ortalama çimlenme süresi (MGT), MF ekim öncesi tohum muamelesine yanıt olarak %6,7 oranında azalmıştır. Ekim öncesi manyetik alan muamelesi, kavunun çimlenmesi, fide büyümesi ve diğer özelliklerine ise olumlu etki etmektedir.

Barman ve Bhattacharya (2015), yüksek gerilim iletim hatlarının bitkilerin büyüme özellikleri üzerindeki potansiyel etkileri üzerine yaptıkları araştırmada hardal ve şeker kamışı bitkisinin enerji hattından 30 m mesafede daha yüksek bir değere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. 132 kV merkez hattından 10 m uzaklıktaki Brassica juncea (hardal otu) bitkisinin bitki boyu, çiçek sayısı, bakla sayısı kontrole göre yaklaşık %19, %77, 55, %64 ve %67 daha fazladır.

400 kV gerilim hattından aynı mesafede bulunan gövde çapı, yaprak alanı ve bitki boyu, kontrolden yaklaşık %34, %11 ve %16 daha yüksektir. Bu nedenle, daha iyi mahsul üretimi ve biyo-stimülasyon için EMF kullanılabilir. Enerji hatları altındaki tesislerin biyokimyasal karakterleri üzerine daha fazla çalışma yapılması bazı önemli bilgiler sağlayabilir. Bu çalışmadan elektromanyetik alanın bitkiler üzerinde bazı olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

Sarıtaş (2015) tarafından yapılan çalışmada; kayın (*Pleurotus ostreatus*) ve shiitake (*Lentinus edodes*) mantarları miselinin gelişimi üzerinde manyetik alan uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. Otoklavda 121 °C sıcaklıkta 30 dakika steril edilmiş, 9 cm çapındaki petri kaplarına 0,5 mm yüksekliğinde yaklaşık 30 ml kadar Malt Extract Agar (MEA) besi ortamı uygulanmıştır. Steril laboratuvar koşullarında besi ortamı petri kaplarına ayrı ayrı iki tür mantar misellerinin ekimi yapılmıştır. Manyetik alan (MA) uygulaması selonoid içerisinde değişik manyetik alan şiddetlerinde (0,25 - 0,5 - 1 - 5 - 10 - 50 - 100 mT) ve farklı sürelerde (5 - 10 - 15 - 30 dakika) mantar misellerine etki ettirilmiştir. Kontrol ve farklı manyetik alan şiddetlerine maruz bırakılan miseller 23 °C sıcaklık ve %95 nem ortamı sağlanarak gelişmeye alınmaktadır. Mantar miselleri ikişer gün ara ile kayıt altına alınarak 20 gün boyunca misel gelişim hızları belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde manyetik alan şiddeti ile shiitake mantar misel gelişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldüğü ($p < 0,05$), manyetik alan şiddeti ile kayın mantar miseli gelişimi arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Shiitake mantar miselinin gelişim hızı için 15 ve 30 dakika süreyle 5mT'lık MA şiddeti uygulanmasının daha iyi olduğu, kayın mantar miselinin gelişim hızı için de 5 dakika süreyle 0,5 mT'lık MA şiddeti uygulanmasının daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Uysal (2015) tez çalışmasında, dilim salamın soğukta muhafazası sırasında manyetik alan uygulamasının ürün güvenliği ve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Dilimlenmiş salam örnekleri 0 °C sıcaklığında bir ortama yerleştirilerek manyetik alan şiddetleri 0,1 mT, 1,0 mT, ve 2,0 mT olan prototip haznelerde raf ömrü süresince depolanmıştır.

Depolama süresince 0'inci, 2'inci, 4'üncü, 6'ıncı, ve 8'inci, günlerde ürünlerde kimyasal analizlerden pH ve Tiyobarbitürik asit (TBA) tayini, fiziksel analizlerden renk tayini, mikrobiyolojik analizlerden maya ve küf analizleri ve duyu analizler yapılarak farklı manyetik alan şiddetlerinin ürünlerin saklama ömrü ve kalitesine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, 2,0 mT manyetik alan şiddetinin salam örneklerinde küf ve maya gelişimini kontrol grubu ve diğer manyetik alan şiddetlerine göre geciktirerek depolama ömrünü artırıcı etkiye sahip olduğu görülmüştür. Salam örneklerinde pH ve TBA analizleri sonuçlarında 8 gün süreyle depolanan örneklerde manyetik alan şiddeti arttıkça pH değerinin arttığı, TBA değerinin ise başlangıç gününe göre önce arttığı fakat bazı günlerde azalmalar olduğu saptanmıştır. Ayrıca salamın kırmızı renginin korunmasında 2,0 mT manyetik alan şiddetine sahip bölmenin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Panelistler ile uygulanan duyu analiz sonuçları da manyetik alan şiddetinin yüzey yapışkanlığını geciktirdiği anlaşılmıştır.

Efthimiadou ve ark. (2014) ekim öncesi domates tohumunun darbeli elektromanyetik tedavisinin büyüme, verim ve likopen içeriğine etkilerini incelemiştir. Darbeli elektromanyetik alan, iki yıl boyunca bir tarla deneyinde domates tohumlarının ekim işlemi olarak 0, 5, 10 ve 15 dakikalık periyotlarla uygulanmıştır. Denemelerde Papini (elektromanyetik oluşturan) cihazı (12,5 mT mertebesinde genlik) kullanılmıştır. Çalışmada darbeli elektromanyetik alanın ekim öncesi bir muamele olarak kullanılmasının, domates bitkilerinde belirli bir maruz kalma süresinde bitki büyümesini arttırdığı belirlenmiştir. Manyetik alan işlemleri ve özellikle 10 ve 15 dakikalık maruziyet, bitki boyu ve likopen içeriği hariç tüm ölçümlerde en iyi sonuçları vermiştir. Manyetik alan işlemlerinde bitki başına verim, kontrole kıyasla daha yüksek bulunmuştur. MF 15 işlem verimi, kontrol işleminden %80,93 daha yüksek olarak saptanmıştır. Manyetik alan uygulamalarında likopen içeriğinin daha yüksek gözlemlenmesine karşın elde edilen değerler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Souza ve ark. (2014), “Soğan bitkilerinin tohum çimlenmesi, büyümesi ve veriminin son derece düşük frekanslı homojen olmayan manyetik alanlar ile iyileştirilmesi” adlı çalışmalarında ekim öncesi manyetik işlemlerin laboratuvar koşullarında çimlenmeye etkileri ve tarla koşullarında soğan (*cv Red Creole*) bitkilerinin ortaya çıkışı, büyümesi ve verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Soğan tohumları, 15 ve 20 dakika boyunca 160 mT'de bir elektromıknatıs tarafından indüklenen 60 Hz tam dalga doğrultulmuş sinüzoidal düzgün olmayan manyetik alanlara (MF'ler) maruz bırakılmıştır. Laboratuvar koşulları altında, manyetik olarak işlenmiş tohumlar, kontrol tohumlarından daha yüksek bir çimlenme yüzdesi göstermiştir. Her iki uygulama arasında önemli farklılıklar bulunmuş ve en iyi bulgu 15 dakika 160 mT için bildirilmiştir. Saha içi deney ve uygulamalara göre fide ortaya çıkışı, kök uzunluğu, fide yüksekliği, fide kuru ağırlığı ve bitki başına yaprak alanında önemli bir artışa yol açmaktadır. Ayrıca, vejetatif aşamada, manyetik olarak muamele edilmiş tohumlardan elde edilen bitkilerin yaprak ve kök bağlı büyüme oranları, kontrol bitkilerinininkinden daha büyük olmaktadır. Sonuçlar, ekim öncesi son derece düşük frekanslı MF muamelesinin, çimlenme, fide oluşumu, bitki büyümesi, soğan oluşumu ve verimi artırarak soğan mahsul verimliliğini geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Günlü'nün (2014) yaptığı çalışma ise Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lam.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohumları üzerinde manyetik alan uygulamaları etkisinin araştırılması üzerinedir. Manyetik alan (MA) muamelesi için tohumlar farklı uygulama sürelerinde (5, 10 ve 15 dakika) ve değişik MA şiddetlerine (150, 300 ve 450 militesla) maruz bırakılmışlardır. Kontrol ve farklı MA şiddetlerine maruz bırakılan tohumlar, eşit koşullarda çimlendirilmeye alınmıştır. Çimlenen tohumların 4, 7, 10, 14, 21 ve 27'inci günlerdeki gelişmeleri kayıt edilerek, çimlenme hızı ve çimlenme yüzdeleri belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, MA uygulanan Anadolu karaçamı ve sarıçam tohumlarında çimlenme hızı ve çimlenme yüzdelerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Duncan testine göre genel olarak 450 mT ve 5 dakika süre ile uygulanan manyetik alan şiddetinde en iyi çimlenme hızı ve yüzdesi elde edilmiştir.

Takaki ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada mantar yetiştiriciliğinde elektriksel stimülasyonun (elektrotlar aracılığıyla canlı materyal üzerine akım verilerek dokuların uyarılmasının) meyve gövde oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir. Yüksek voltajlı elektrik stimülasyonunun mantar yetiştiriciliğinde meyve gövdesi oluşumu üzerindeki etkisi, endüktif enerji depolama sistemine göre tasarlanmış ve kompakt darbeli bir güç jeneratörü kullanılarak değerlendirilmiştir. En uygun genliği belirlemek için elektrik uyarımı olarak 100 ns darbe genişliğine sahip 50 ila 130 kV arasında bir çıkış voltajı kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, mantarların meyve gövdesi formasyonunun toplam ağırlık bakımından 1,3-2,0 kat arttığını göstermektedir. Dört yetiştirme mevsimi için biriken *Lentinula edodes* verimi, 50 veya 100 kV gerilimler uygulanarak 160 ila 320 g arasında iyileştirilmiştir. Bununla birlikte, uygulanan voltaj 100 kV'den 130 kV'ye yükseltildikten sonra verim 320'den 240 g'a düşmektedir. Diğer mantar türlerinin verimi, bir voltaj uygulandığında *Lentinula edodes*'e benzer eğilimler göstermiştir. Çalışmada H₂O₂ aktivitesi, esas olarak meyve gövdesi oluşumundan önce gözlemlenen hidrofobin salınım miktarı ile değerlendirilmektedir. Hidrofobin salınımı, stimülasyondan sonra üç saat boyunca azalmakta; bununla birlikte, vejetatif hiflerden hidrofobin salınımı, stimülasyondan bir gün sonra 2,3 kat artmaktadır.

Radzevicius ve ark. (2013), yüksek güçlü mikrodalga (HPM) ışınlamasının tohum çimlenmesi ve fideler üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Sebze tohumları HPM ışınlamasına tabi tutulmuştur. Araştırmadaki ana hedef tohumların ışınlanması sırasında termal ısıtma eliminasyonudur. Bu nedenle kısa yüksek frekanslı mikrodalga darbeleri kullanılmıştır. Çalışmada farklı hasat yıllarının (2000, 2003 ve 2008) turp (*Raphanus sativus L.*), domates (*Lycopersicon esculentum Mill.*), ve havuç (*Daucus sativus Rohl.*) ürünleri kullanılmıştır. İlk deneyde, tüm tohumlar 10 dakika boyunca 9,3 GHz frekansında mikrodalgalara maruz bırakılmıştır. İkinci deneyde, havuç 'Vaiguva' tohumları (11 yıllık) 5 ve 20 dakika boyunca 9,3 GHz frekansında mikrodalgalara maruz bırakılmış ve 10 dakika boyunca da 2,6 ve 5,7 GHz mikrodalgaları etki ettirilmiştir. Fide büyüme hızı üzerinde bir mikrodalga etkisi oluşturmak için, 2008 yılında hasat edilen domates, havuç ve turp tohumları 10 dakika boyunca 9,3 GHz frekansında mikrodalga altında bırakılmışlardır.

9,3 GHz mikrodalgalara maruz kalan 11 yıllık turp tohumlarının ışınlanmamış tohumlara kıyasla daha yüksek çimlenmeye sahip olduğu tespit edilmiştir. HPM, 2003 yılında hasat edilen tohumlarda turp çimlenme enerjisini %6 artırmıştır. HPM maruziyeti, 8 yıllık havuç tohumlarının çimlenme enerjisini ve çimlenmesini önemli ölçüde artırmaktadır. En yüksek havuç tohumu çimlenmesi, 5 dakika maruz kalma altında 9,3 GHz mikrodalga frekansında belirlenmiştir. HPM'ye (9,3 GHz) tohum maruziyetinin, domates fidesi sürgünlerinin kuru ağırlığı ile domates ve turp fide yüksekliği üzerinde önemli bir pozitif etkiye sahip olduğu; buna karşın havuç fide yüksekliği üzerinde ise negatif etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. HPM (9,3 GHz) ile tohum ışınlanması, domates fidelerinin taze kütledeki klorofil a, klorofil b, klorofil a + b ve karotenoidlerin miktarı üzerinde önemli bir pozitif etkiye sahipken havuç fidelerinin taze kütlelerinde bunun tersi bir etki belirlenmiştir.

Bhattacharya ve Barman (2013), 132 KV yüksek elektrik hatlarından gelen elektrik ve manyetik alanın hardal tohumu bitkisinin büyümesine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada hem bitki boyu ve meyve büyümesi hem de kapsül sayıları, güç hattının altında, merkezi hatta 20 m mesafede pozitif etkiye sahip olduğu bildirilmektedir. Araştırmada bitki dokularında hasar veya protein bandında değişiklikler olabildiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte, bitki yapılarının değişimi veya farklılıkları teknolojilerin gelişmesinden kaynaklanan çevrenin elektromanyetik etkisini değerlendirmek için bir araç olarak kullanılabilmesi paylaşılmıştır.

Gemici ve ark. (2013) yaptıkları araştırmada yüksek gerilim hattının, elektromanyetik alanlarına maruz kalmış olan *Juglans regia* L. (ceviz) ve *Cerasus avium* L. Moench (kiraz) bitkilerinin hormon içerikleri ve bitkilerin fizyolojisi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarında, Absisik asit (ABA) içeriği artarken, gibberellik asit (GA3) miktarı azalmakta, klorofil a ve b içeriklerinde de bir azalış olduğu (kontrol grubu ile karşılaştırıldığında) görülmektedir. İndole-3-asetik asit (IAA) miktarı *Juglans regia*'da artış ve *Cerasus avium*'da bir azalış ile türe özgün bir özellik sergilemektedir.

Fizyolojik etkilerine göre yüksek voltajın büyüme, gelişme ve yaprak kalınlığı üzerine negatif etkileri varken bitkilerin yaprak anatomilerinde yaprak mezofili daha yoğun paketlenmiş mezofil olarak modifikasyonlar göstermektedir. Ancak *Cerasus avium* L. Moench yaprak anatomik enine kesitlerinde yağ hücrelerinde artış olduğu bildirilmiştir.

Ivanovich ve ark. (2013), tarım ürünlerinin depolanması için son derece düşük frekanslı (LF) Elektromanyetik alanın kullanım özelliklerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; EMF LF hammaddelerinin işlenmesi, bitkisel dokuların savunma reaksiyonlarını aktive etmekte, böylece fiziksel hasarları onarma yeteneğini artırmaktadır. Bunun yanında Metabolik aktiviteyi azaltarak depolama süresini uzatmakta ve ürünlerin uzun süre boyunca kalitesini ve besin değerini stabilize etmesini sağlamaktadır. Çalışmada pratik kullanım için, balık ve bitkisel hammaddelerin EMF LF işleme metodolojisi önerilmektedir. Araştırmacılar bu metodolojinin, raf ömrünün uzamasıyla sebze ve balık üretiminin kalitesini artırmayı sağladığını aktarmaktadırlar.

Rio ve Rio (2013), elektromanyetik alanın bamyaya, domates ve patlıcanın büyüme özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bitkilerin böcek ve zararlılara duyarlılığı da çalışma kapsamında incelenmiştir. Araştırmada deneysel ve tanımlayıcı yöntemler kullanılmıştır. Çalışmada, EMF'ye maruz kalan Bamyaya bitkilerinin daha hızlı büyüdüğü, boy, kilo, boyut ve bitki başına birkaç meyvenin önemli ölçüde daha büyük ve daha ağır olduğu saptanmıştır. Öte yandan çalışmada, EMF'nin Domates üzerinde olumsuz bir etki yarattığı bildirilmektedir. Hem EMF'ye maruz kalan hem de EMF'ye maruz bırakılmayan patlıcanların büyüme özellikleri üzerinde bir etkisi ise saptanmamıştır. Ayrıca, EMF'ye maruz kalan Bamyaya, Domates ve Patlıcan bitkilerinin, EMF'ye maruz kalmayanlara kıyasla daha az böcek ve zararlı ile temas ettiği gözlemlenmiştir. Çalışmada, EMF'nin Bamyaya'nın büyüme özelliklerine olumlu etkileri üzerine diğer değişkenler göz önünde bulundurularak bir takip çalışması önerilmektedir.

Dymek ve ark. (2012), tarafından yapılan çalışmada darbeli elektrik alan (PEF) uygulaması üzerine çimlenen arpa tohumlarının metabolik tepkileri araştırılmıştır. Maltlık arpa tohumları 24 saat boyunca gazlı suya batırılmış ve PEF ile muamele edilmiştir.

Muamele esnasında değişen voltajlar (0 (kontrol), 110, 160, 240, 320, 400 ve 480 V) uygulanmıştır. Daha sonra tohumların doymuş havada çimlenmeyi bitirmesine izin verilmiştir. Çimlenen arpanın PEF'e maruz kalmasının radikülü etkilediği görülmüştür. Ayrıca izotermal kalorimetri ile ölçülen tohumların brüt metabolik aktivitesini önemli ölçüde etkilemediği anlaşılmaktadır. Çalışılan zaman ölçeğinde hem embriyonun hem de nişastalı endospermin protein 2-DE profillerinin araştırılması, tespit sınırından daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan proteinlerde önemli bir değişiklik bulunmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, batı lekesinin a-amilazın konsantrasyonu PEF ile muamele edilmiş tohumlarda azaldığı saptanmıştır.

Iqbal ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada bahçe bezelye tohumlarını (*Pisum sativum L. cv. Climax*), ekimden önce 5, 10 ve 15 dakika boyunca 60 mT, 120 mT ve 180 mT'lik tam dalga düzeltilmiş sinüzoidal düzgün olmayan manyetik alanlara maruz bırakmışlardır. Manyetik olarak muamele edilmiş tohumlar, Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA) protokolüne uygun olarak ekilmiştir. Manyetik olarak işlenmiş tohumların çimlenmesinde önemli bir artış olduğu görülmüştür. Ortaya ıkış endeksi, son ortaya çıkma endeksi ve canlılık endeksi sırasıyla %86, %43, %13,21 ve %204,60 oranında artış göstermiştir. Çalışmada 60 mT ve 180 mT manyetik alan kuvvetleri için 5 dakika maruz kalmanın, bezelyenin çimlenme parametrelerini önemli ölçüde arttırdığı ve bu tedavilerin bahçe bezelyesinde çimlenmeyi hızlandırmak için pratik olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Bhattacharya ve Barman (2011) mevcut çalışmalarında manyetik alanın *Cicer arietitum* (nohut) tohumları üzerindeki etkisini, erken evre büyümesine ve büyük gıda rezervine özel bir vurgu yaparak gözlemlemek için laboratuvar tabanlı bir deney yapmışlardır. 208 MJ/m² ile 3468 MJ/m² arasında değişen manyetik alan enerji dozları, tohumları iyileştirmek için kullanılmış ve nemli yataklı petri kaplarında aynı durumda çimlenmesine izin verilmiştir. Kontrol tohumlarının ortalama radikl uzunluğu 4,75 ± 0,52 cm iken, muamele edilen tohumlar 4,39 cm ile 7,29 cm arasında ölçülmüştür.

İstatistiksel analizler, stimülasyonun hem fide büyümesi hem de ana gıda için 110,98 MJ/m² (MF 9), 124,85 MJ/m² (MF11) ve 147,97 MJ/m² (MF 12) dozları için oldukça önemli olduğunu göstermektedir. Büyümede, maruz kalma süresi 80 dakikaya kadar arttırılmış sonra azaltılmıştır. Büyüme ve maruz kalma süresi arasındaki ilişki, istatistiksel olarak yüksek derecede bulunmuş ve korelasyon katsayıları 0,758 ila 0,999 olarak belirlenmiştir. Çalışmada *Cicer arietitum* tohumu için en uygun doz olarak 0,88 T manyetik indüksiyon ve 80 dakika maruz kalma süresinin kabul edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Aladjadjiyan (2010) tarafından yapılan çalışmada mercimek tohumlarının gelişimi üzerine sabit bir manyetik alan kullanılmıştır. Manyetik alan uygulamasının etkisini değerlendirmek için 7'inci ve 14'üncü günde ölçülen çimlenme enerjisi ve çimlenme, gövdelerin uzunluğu ve kökleri kullanılmıştır. Çimlenme enerjisi ve tohumların çimlenmesi, varyantlar arasında önemli farklılıklar göstermemiştir. 7'inci ve 14'üncü günlerde ölçülen gövde ve köklerin uzunluğu ile toplam kütle, muamele dozuna bağımlılık göstermiştir ve 14'üncü günde ölçülen parametreler için daha iyi sonuçlar ifade edilmiştir.

Demir (2010), yüksek voltajlı elektrik enerji nakil hatlarının *Leyland Cypress* ve Japon Privet (*Ligustrum japonicum Thunb.*) süs bitkileri üzerine etkisini gözlemlemiştir. Çalışmada elde edilen verilerin sonuçları, güç hattından 55 m uzakta olan fide gövde yüksekliği (dbh) ortalamasının, güç hattının altındaki fidelerinkinden yaklaşık %25 daha küçük olduğunu ortaya koymaktadır. Veriler ayrıca, güç hattından uzaklığı ile kurtbağanın dbh değerinde kademeli bir düşüş olduğunu göstermektedir. Makalede 25'inci m örnekleme noktasındaki dbh değerinin, güç hattının altındaki fidelerinkinden yaklaşık %10 daha düşük olduğu anlamına geldiği ifade edilmektedir. 40 m örnekleme noktasında, bu dbh değeri, enerji hattının altındaki fidelere ve 25'inci m örnekleme noktasındaki fidelere göre yaklaşık %17 ve 8 daha düşük bulunmuştur. Enerji hattından 30 m sonra belirli yaprak alanının azaldığı ve 30'uncu m'deki yüzey yaprak alanı (SLA) değerinin, güç hattının altındaki fideninkinden yaklaşık %17 daha düşük olduğu aktarılmaktadır.

El-Bakatoushi (2010) tarafından yapılan çalışmada yüksek gerilim iletim hatlarının (50 Hz, 6 kV/m) altında yetiştirilen kışlık buğday bitkileri üzerinde elektromanyetik alanın, genetik değişkenlik üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ise elektrik alanının zar proteininin biyolojik özelliklerini inhibe ettiğini, mevcut azot miktarındaki azalmanın bir sonucu olarak tohum açıldıktan sonra toplam proteinin miktarının azaltılmasına neden olduğunu bildirilmektedir. İletim hatları altında yetiştirilen buğday bitkisinde genetik çeşitliliğin arttığı, ancak tohum çimlenmesinin ve toplam çözüner protein miktarının değişmediği sonucuna varılmıştır.

Vashisth ve Nagarajan (2010) yaptıkları çalışmada, Ayçiçeği tohumları (*Helianthus Annuus*), gruplar halinde 1 ila 4 saat boyunca 50 mT'lik adımlarla 0 ila 250 mT arasında statik bir manyetik kuvvet alanına maruz bırakılmıştır. Bu manyetik alanlarda ayçiçeği tohumlarının işlenmesi, çalışma kapsamında laboratuvarında yapılan çimlenme testleri sonuçlarına göre çimlenme hızını, fide uzunluğunu ve fide kuru ağırlığını arttırmaktadır. Çeşitli işlemlerden 2 saat boyunca 50 ve 200 mT, en yüksek performansı vermiştir. Tohumların manyetik alanlara maruz kalması tohum kabuğu membran bütünlüğünü geliştirmekte ve hücrel sızıntıyı ve elektrik iletkenliğini azaltmaktadır. Toprağa ekilen muamele edilmiş tohumlar, 1 aylık fidelerde istatistiksel olarak daha yüksek fide kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yüzey alanı ve kök hacmi ile sonuçlanmıştır. Çimlenen tohumlarda, a-amilaz, dehidrojenaz ve proteazın enzim aktiviteleri, kontrollere kıyasla tedavi edilen tohumlarda önemli ölçüde daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre; manyetik alan ile işlenmiş ayçiçeği tohumlarındaki daha yüksek enzim aktivitesi, fidelerin hızlı çimlenmesini ve erken canlılığını tetikleyebilmektedir.

İşlekdemir (2009) yaptığı tez çalışmasında, manyetik alanın, *H. calycinum* L. gövde ve yaprak eksplantlarından gelişen kallus oluşum frekansı üzerine, gövdede C3 (3 kez) ve C5 (5 kez) uygulamalarında, yaprakta C9 (9 kez) manyetik alan uygulamalarında arttırıcı bir etkisinin olduğunu bildirmektedir. Çalışmada gövde ve yaprak eksplantlarından gelişen kallus taze ağırlığı üzerine tüm MA uygulamalarında azaltıcı bir etkisinin olduğu ifade edilmektedir.

Gövde ve yaprak eksplantlarından gelişen kallus hiperisin miktarı üzerine tüm MA uygulamalarının artırıcı bir etkisinin olduğu görülmüştür. Özellikle her iki grupta da C3 uygulamalarının kontrole göre en yüksek seviyeye ulaştığı ve istatistiksel olarak bu durumun anlamlı olduğu saptanmıştır.

Özdiñ (2008) tez çalışmasında, *Defiance*, *General* ve *Iraquous* soya çeşitleri üzerine gama radyasyonu ve manyetik alanın ayrı ayrı ve birlikte uygulanması sonucu oluşturduğu etkiler sera koşullarında incelenerek, manyetik alan ve radyasyon uygulamasının sera ortamında yetiştirilen farklı soya çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, fide yüksekliği ve klorofil miktarları üzerine olan etkilerinin araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar *Defiance*, *General* ve *Iraquous* soya çeşitlerinde γ -radyasyonuna olan hassasiyetin, manyetik alan ile radyasyonun birlikte uygulanması sonucu değiştiğini göstermektedir. Yapılan çalışma ile soya çeşitlerinde manyetik alan ve radyasyonun beraber uygulandığı durumlarda manyetik alanın, γ -radyasyonun yalnız başına uygulandığında meydana getirdiği olumsuz etkileri azaltıcı yönde bir etkisinin olduğu ve soya bitkisinin çimlenme yüzdesi, fide yüksekliği ve klorofil miktarı gibi özellikleri üzerine bu azaltıcı etkinin olumlu sonuçlarının olduğu saptanmıştır.

Yapılan tüm çalışmalarda ürünler kısa süreli olarak orta ve yüksek derecede manyetik alanlara maruz bırakılmakta ve tarım ürünleri tohumlarının çimlenme hızı, çimlenmede meydana gelen morfolojik, anatomik etkiler gibi etmenler incelenmektedir. Bu tez çalışmasında ise laboratuvar koşullarında kısa süreli EMF'ye maruz bırakılan ürünlerin çimlenme sürecinden ürün elde edilmesine kadar geçen süreç ve elde edilen ürünlerin morfolojik, anatomik ve mikrobiyolojik incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

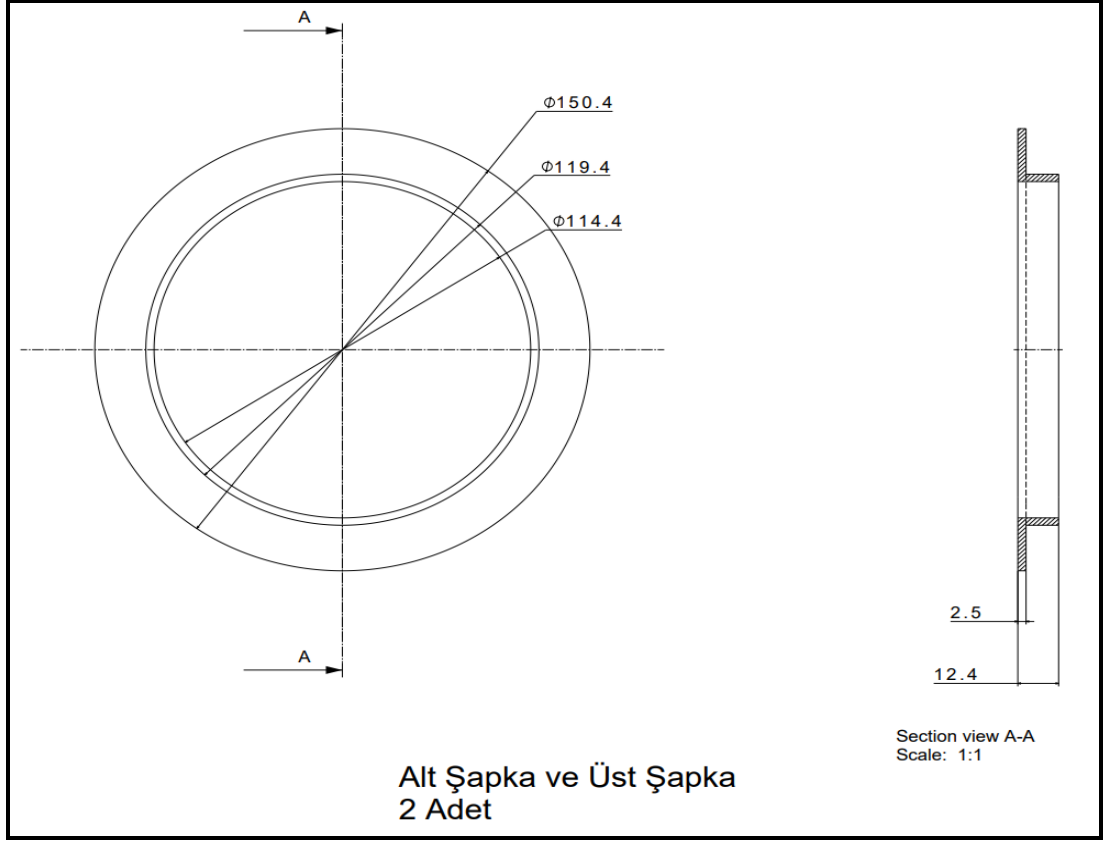
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

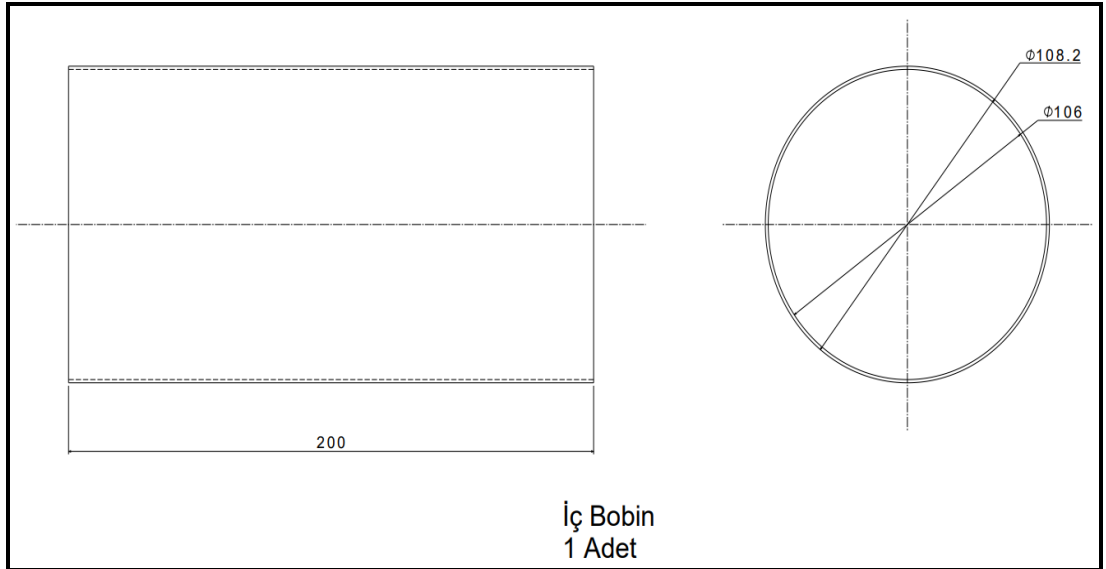
Çalışma kapsamında öncelikle elektromanyetik alan oluşturabilecek ve içerisinde acı süs biber yetiştirilebilecek bir saksı tasarımı yapılmıştır. Yapılan bobin saksıların imalatı Tophane Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Elektrik ve Elektronik Teknolojileri Bölümünün ve Bursa Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojisi Bölümü ile Elektrik ve Enerji Bölümünün desteği alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen ve kullanılan bobin saksılar, varyak, devre şeması ve devre elemanları, bakır tel, presbant, toprak, acı süs biber tohumları, gaussmetre ve renk ölçer ile ilgili bilgiler bu bölüm kapsamında verilmiştir.

3.1.1. Bobin saksı tasarımı ve parçaları

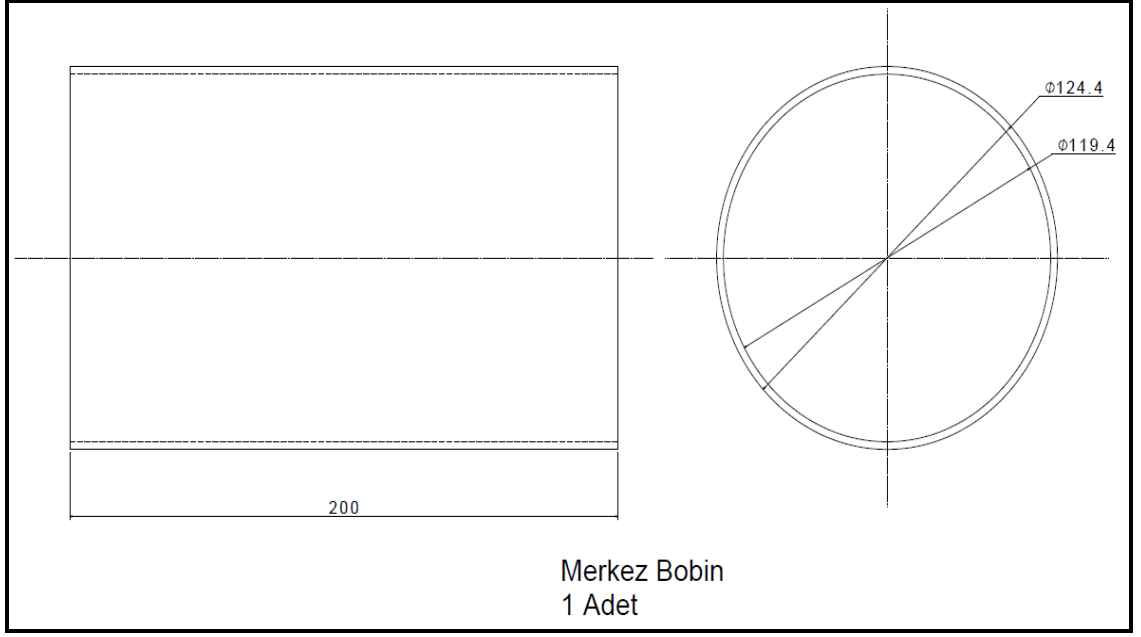
Bobin saksılara ilişkin teknik çizimler Catia V5 programı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.1.'de bobin saksı alt ve üst şapkaları, Şekil 3.2.'de iç bobin saksı tasarımı, Şekil 3.3.'de merkez bobin saksı tasarımı ve Şekil 3.4.'de bobin saksı süzgeç kapağı ile ilgili teknik çizimler verilmiştir.



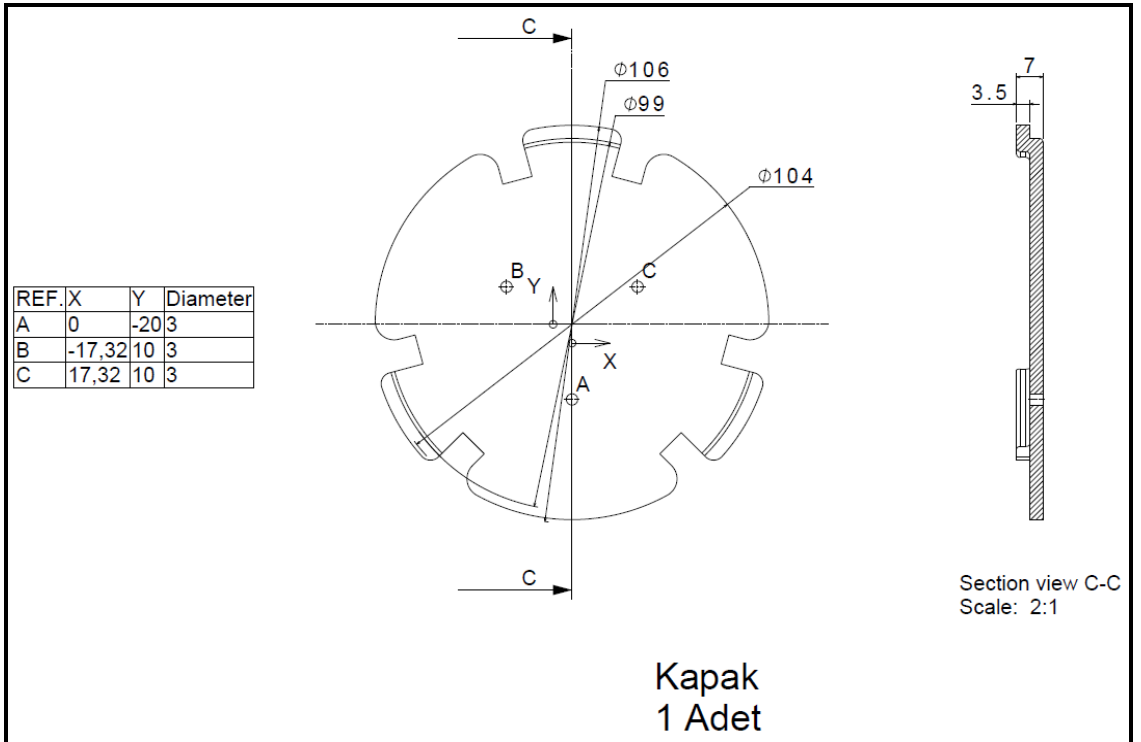
Şekil 3.1. Bobin saksı alt ve üst şapka



Şekil 3.2. İç bobin saksı tasarımı



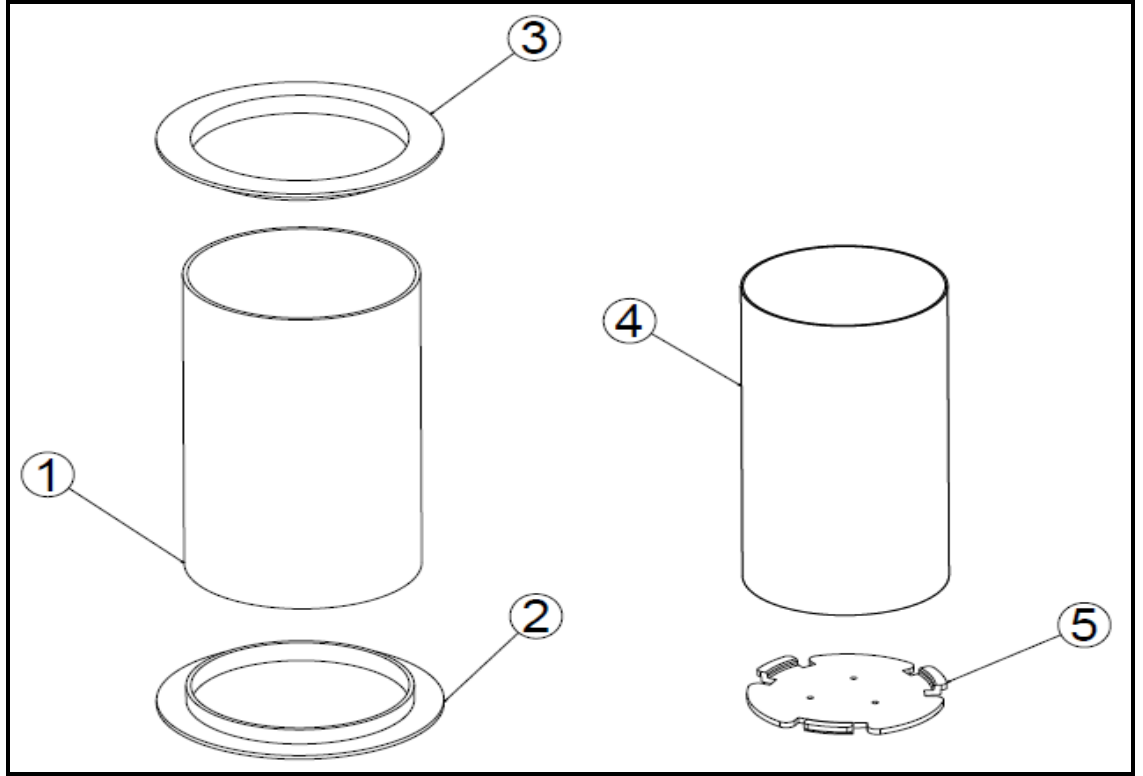
Şekil 3.3. Merkez bobin saksı tasarımı



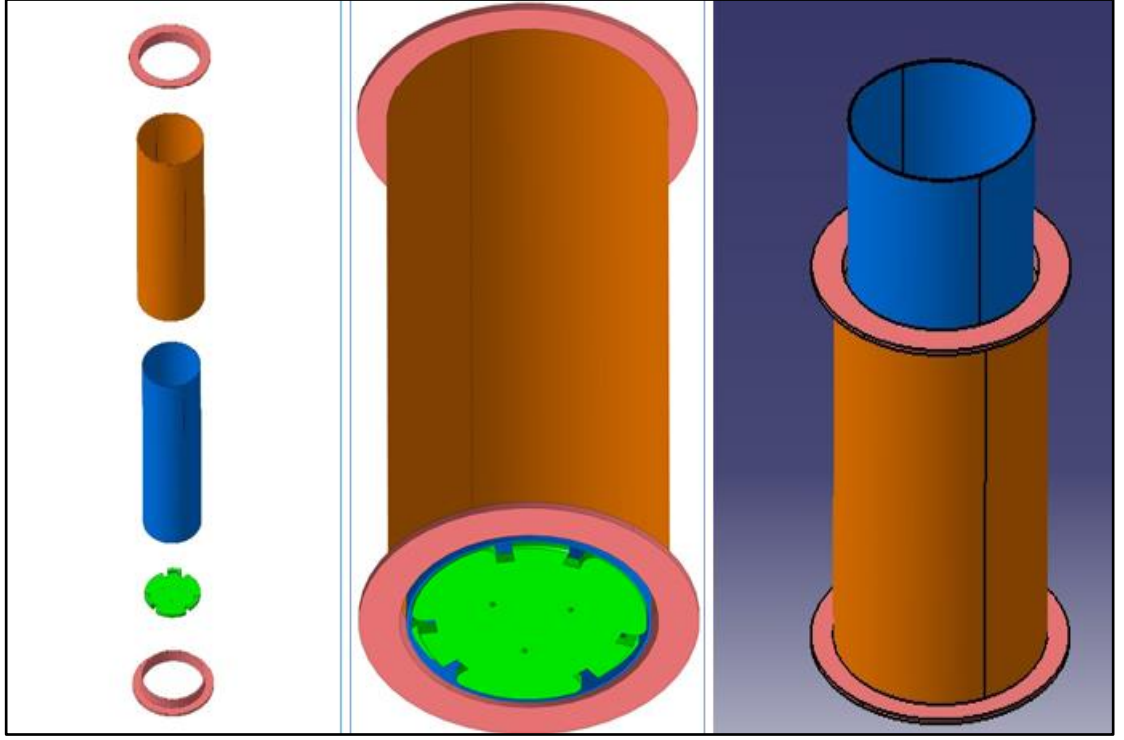
Şekil 3.4. Bobin saksı süzgeç kapağı

Bobin saksı süzgeç kapağı Tophane Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Makine Teknolojileri Bölümündeki 3D baskı makinesi kullanılarak imal edilmiştir.

Şekil 3.5.'de bobin saksıya ait parçalar ve Şekil 3.6.'de bobin saksının katı modellemesi ile ilgili teknik çizimler görülmektedir.

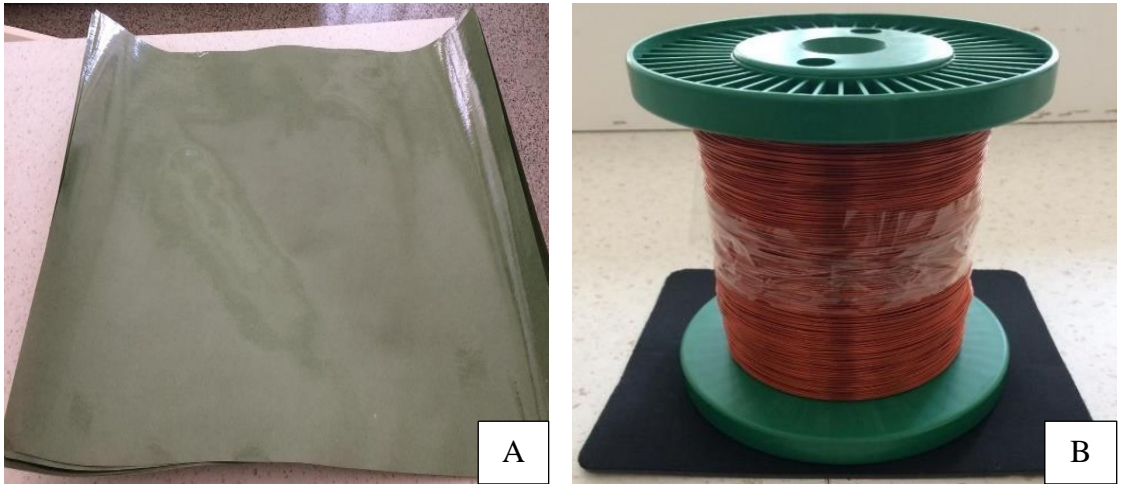


Şekil 3.5. Bobin saksı parçaları



Şekil 3.6. Bobin saksı katı modellemesi

Bobin saksı motajında kullanılan son ürünler ise presbant ve bakır teldir. Presbant ve bakır tel Şekil 3.7 de görülmektedir.



Şekil 3.7. A) Presbant, B) bakır tel

3.1.2. Bobin saksı imalatı

Tasarımı yapılan bobin saksılar dış ve iç kısım olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Şekil 3.2’de teknik özellikleri verilen iç bobin saksıların imalat aşaması Şekil 3.8’de görülmektedir.



Şekil 3.8. İç bobin saksılar

Tasarımı yapılan bobin saksıların dış kısmı bobin özelliği göstermektedir. Bu sebeple yöntem başlığı altında belirtilen hesaplamalar çerçevesinde bobinaj makinesi yardımıyla bakır tellerin belirli miktarda sarılması gerekmektedir. Bu amaçla BUÜ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji bölümünde bulunan bobinaj makinesinden yararlanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Bobinaj makinesi

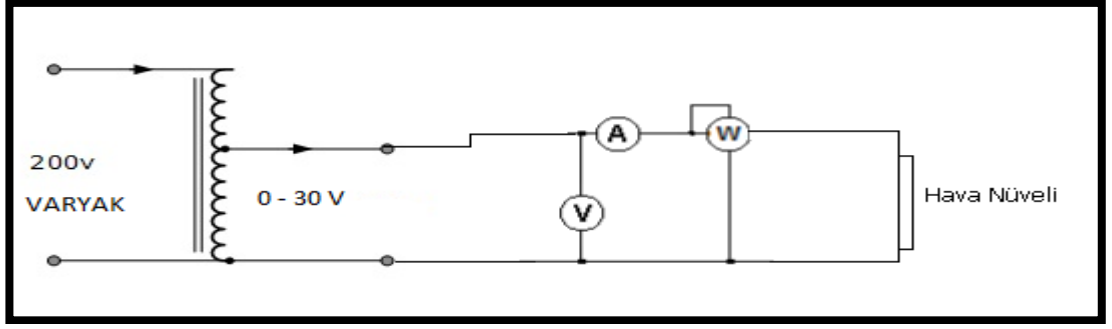
Tasarımı yapılan bobin saksıların parçaları Şekil 3.10’da verilmiştir. İç saksı, bobin özelliği gösteren dış kısmın içine yerleştirilmiştir. Toprak ve bitkinin bu iç saksı kısmına konumlandırılması planlanmıştır.



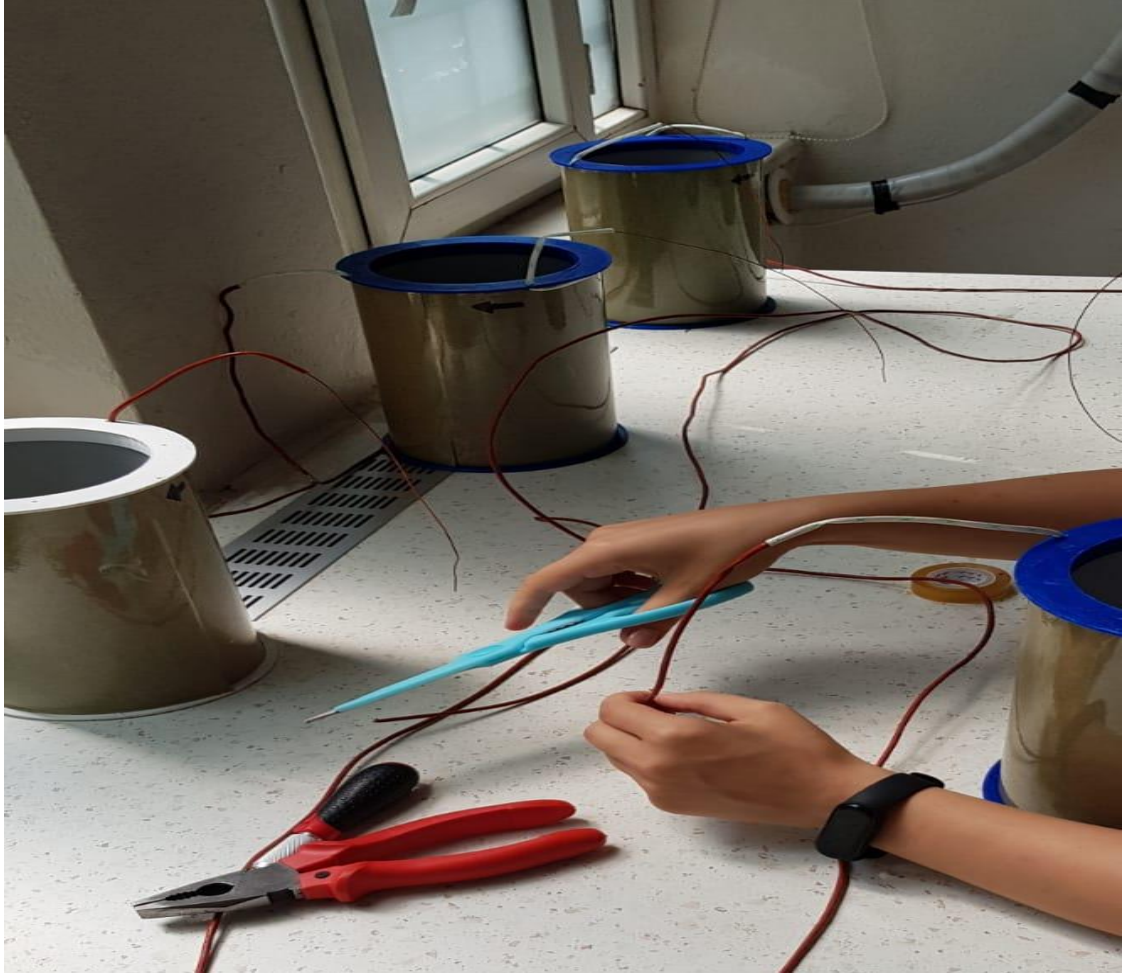
Şekil 3.10. Bobin saksı parçaları

3.1.3. Elektrik devresinin hazırlanması

Bobin saksı imalatından sonra ise bobin saksıların elektrik sistemine entegrasyonu ve varyak ile saksılara elektrik verilebilmesi amacıyla bir elektrik devresi tasarlanmıştır. Tasarlanan elektrik devresinin şeması Şekil 3.11’de verilmiştir. Elektrik devresinin kurulumu ile ilgili aşamalar Şekil 3.12 ve 3.13’de görülmektedir.



Şekil 3.11. Bobin saksı elektrik devresi



Şekil 3.12. Bobin saksı elektrik devresi kurulumu



Şekil 3.13. Elektrik devresi bağlantı noktaları hazırlanması

Elektrik devresinde kullanılan bakır tel emaye kaplı olduğundan devre bağlantı noktalarında iletkenliğin olması için emaye kısım kazınmıştır. Hazırlanan bobin saksı devresi Şekil 3.14'te verilmiştir.



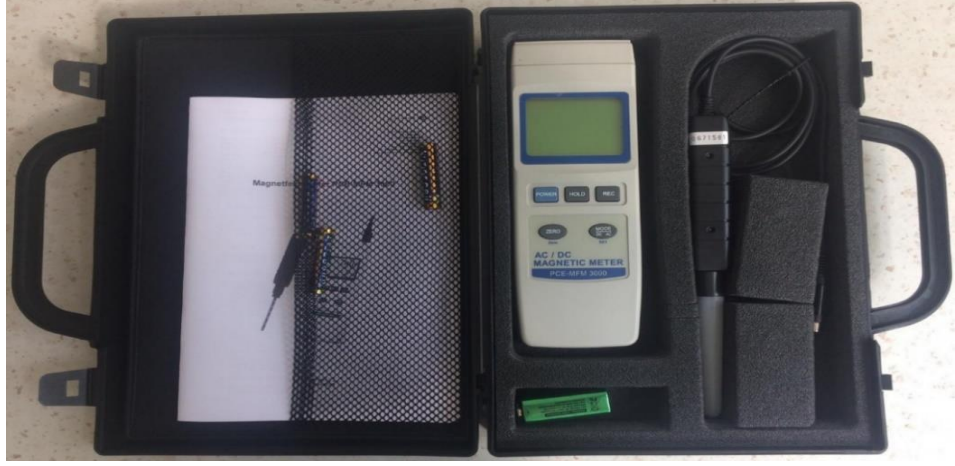
Şekil 3.14. Hazırlanmış bobin saksı devresi

Elektrik devresinde kullanılan varyak; sabit alternatif akım kaynağından almış olduğu gerilimi değişken bir alternatif akım gerilimine ayarlayabilen elektrik cihazdır (Şekil 3.15). Bu tez çalışmasında kullanılan varyak'a ait özellikler: giriş voltajı 220V, çıkış voltajı 0-270 V, gücü 2,5 kV, frekansı 50Hz ve faz sayısı 1.



Şekil 3.15. Varyak

Bobin saksılarda oluşturulan elektromantetik alanın ölçümünde gauss metre kullanılmıştır. Gauss metre; elektromanyetik alanı mT ve Gauss olarak ölçmek için kullanılan ölçü aletidir (Şekil 3.16). Kullanılan gauss metrenin teknik özellikleri: ölçüm aralığı 0-30000G / 0-30000 mT (DC), doğruluk \pm %5; + 20 hane (statik) / +10 hane (dinamik), çözünürlük 0,1 G / 0,01 mT'dir.



Şekil 3.16. Gauss metre

3.1.4. Toprak hazırlıkları ve bitki materyali

Elektrik devresi kurulumu tamamlandıktan sonra toprak hazırlıkları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada özel karışimli fide torfu kullanmanın yanı sıra verimin daha sağlıklı olması için solucan gübresi kullanılmıştır (Şekil 3.17). Toprak drenajının sağlanması amacıyla da kum-çakıl karışımı hazırlanmıştır (Şekil 3.18). Yapılan çalışmalarda 1 dekara 80 kg solucan gübresi kullanılmaktadır (Üçok ve ark., 2019). Her bir saksıya 1 kg toprak, 62 g solucan gübresi ve 100 g kum-çakıl karışımı koyulmuştur.



Şekil 3.17. Solucan gübresi



Şekil 3.18. Kum-çakıl karışımı ve fide torfu A) Çakıl-kum, B) Fide torfu

Çalışmada bitki materyali olarak BATEM (Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü)'e ait Alpçelik acı süs biber çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Acı süs biber tohumları

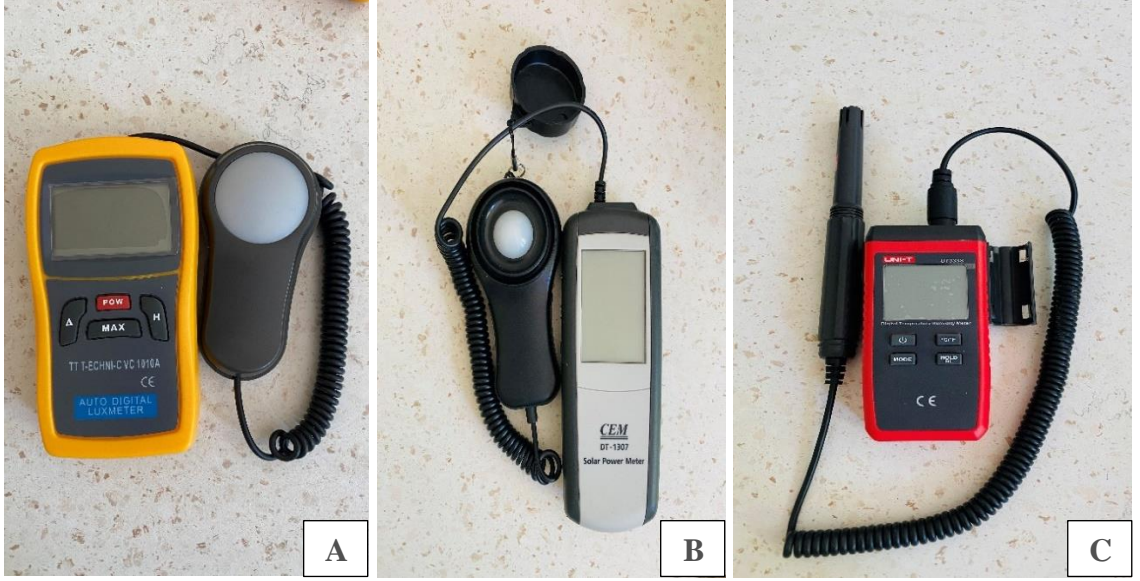
3.1.5. Kullanılan alet ve cihazlar

Biber bitkisi 8-30 °C aralığındaki sıcaklıklarda yaşayabilmektedir. Bu nedenle ortam sıcaklık dengesini ayarlamak için airfel model klima kullanılmıştır (Şekil 3.20). Klima duvar tipi olup özellikleri: inverter, nem alma, enerji sınıfı A++ ve ısıtma enerji sınıfı A+ olup BTU (British Termal Unit) değeri 12 000'dir.



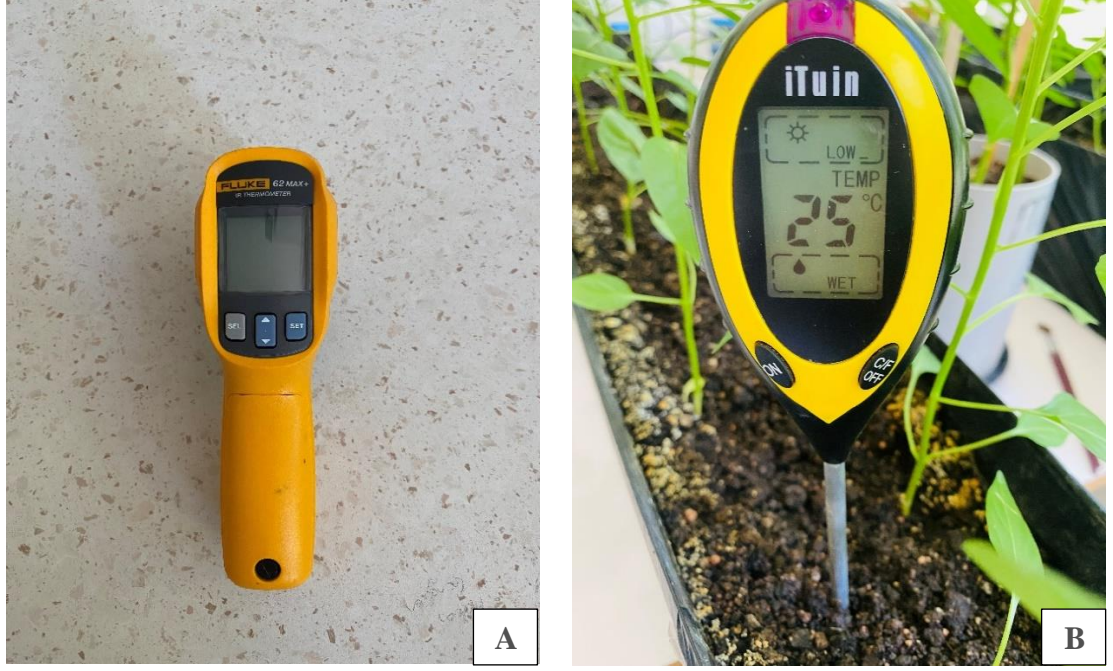
Şekil 3.20. Klima

Ürünler laboratuvar ortamında yetiştirilmiştir. Ortam koşullarındaki ışık miktarının, ışınım gücünün, sıcaklık ve nem değerlerinin saptanması için luxmetre, solar metre ve dijital termometre ve nemölçer kullanılmıştır (Şekil 3.21). Otomatik dijital lüks metre özellikleri: 0,1- 50 000 Lux, çözünürlük 0,1 Lux, doğruluk $\pm 3 \% \text{ rdg} + 3 \text{ Lux}$, boyut 135x74x30 mm ve pil 9V'dur. Güneş ışınım ölçer; 0-1999 W/m² ya da 0-634 BTU (ft²*h) ölçüm aralığında olup 0,1 W/B çözünürlüğe sahiptir. Dijital sıcaklık-nem ölçerin özellikleri ise; sıcaklık aralığı -10°C – 60°C, çözünürlük 0,1 °C, doğruluk $\pm 1,0 °C$, nem aralığı ~% 0 - % 100 bağıl nem, çözünürlük 0,1% RH, çözünürlük $\pm 5 (\% 20 \sim 80 \text{ Bağıl Nem})$ 'dir.



Şekil 3.21. A) Otomatik dijital lüks metre, B) Güneş ışınım ölçer, C) Dijital sıcaklık-bağıl nem ölçer

Toprak sıcaklığı ve toprak neminin saptanmasında ise IR Termometre ve toprak ölçer cihazlarından yararlanılmıştır (Şekil 3.22). Termometre özellikleri: görüş açısı hassas, lazer teknoloji ölçümleri doğru ve tekrarlanabilir, 62 max+ çift lazere sahiptir. iTuin toprak ölçerin teknik özellikleri ise; sıcaklık birimi °C / °F değiştirilebilir, 9V pil ve düşük pil göstergesi ile çalışır, bilimsel olarak doğruluğu hassas prob, topraktaki değişiklikleri algılayabilir, sıcaklık birimi °C / °F dönüşümü, ürün boyutu 29 x 5 x 3,8 cm ve ürün ağırlığı 120g'dır.



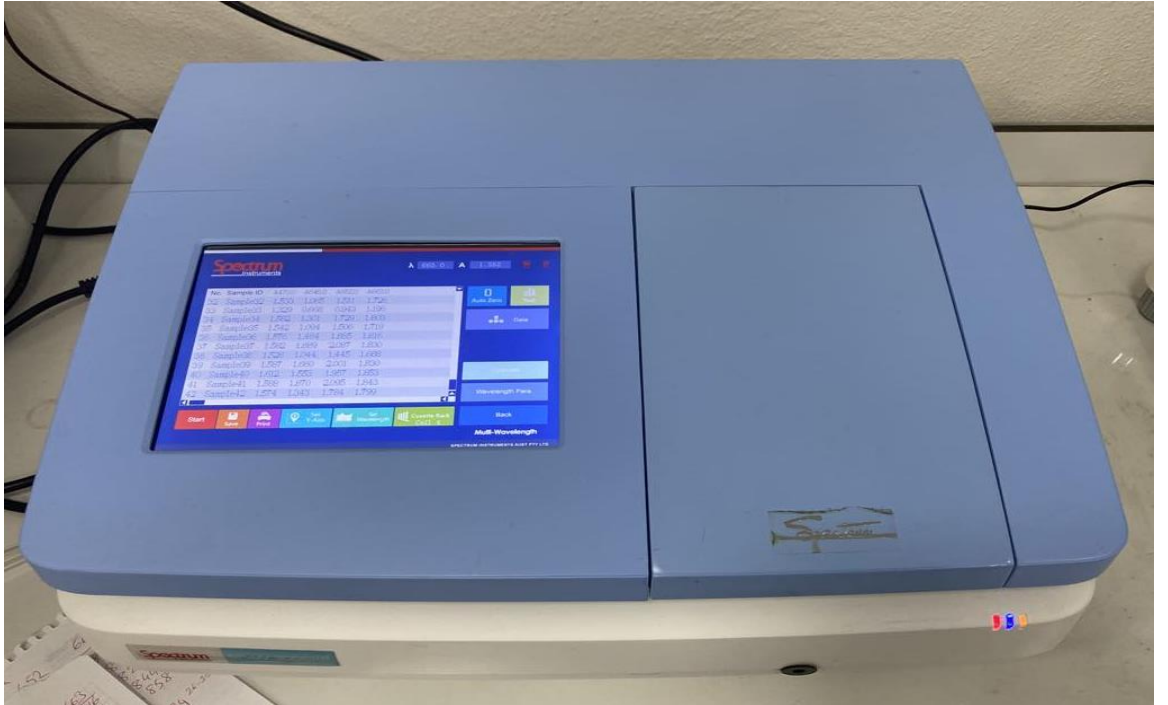
Şekil 3.22. Sıcaklık Ölçer ve Toprak Nem Ölçer A) Fluke IR Sıcaklık Ölçer, B) İTuin Toprak Ölçer

Klorofiller, bitkiye yeşil rengi veren pigmentlerdir ve güneş ışığını emerek kimyasal enerjiye çevirmektedirler. Bu tez çalışmasında ürünlere ilişkin klorofil değerlerini saptamak için Klorofil ölçer Spad-502 Plus (Şekil 3.23) aleti ve spektrometre (Şekil 3.24) kullanılmıştır. Klorofil ölçerin teknik özellikleri: ölçüm prensibi iki dalga boyu arasındaki fark, ölçüm alanı 2 x 3 mm², ışık kaynağı 2 LEDs, reseptör 1 SPD, veri hafızası 30 veri, tekrarlanabilirlik $\pm 0,3$ SPAD birimi, doğruluk ± 1 SPAD birimdir.



Şekil 3.23. Klorofil ölçer

Klorofil analizleri için kullanılan spektrometrenin (Şekil 3.24) teknik özellikleri: bölünmüş ışın spektrometresi, dalga boyu aralığı 190-1100nm, spektral bant genişliği 2nm, motorlu dalga boyu ayarı, 8 inç renkli dokunmatik ekrandır.



Şekil 3.24. Spektrometre

Renk ölçer; elektromanyetik alan içerisinde gelişen acı süs biberlerdeki ve yapraktaki renk değişimini ölçmek için kullanılmıştır (Şekil 3.25). Her bir meyve olgunluk dönemine eriştiğinde 10 tekerrürlü olarak renk ölçümleri yapılmıştır. Cihazın teknik özellikleri: ölçüm geometrisi 8/d ölçüm deliği çapı 4 mm, ışık kaynağı d65 (led), ölçülen parametreler CIE_Lab, ΔE^*ab , hassasiyet $0,8\Delta E^*ab$, ölçüm 10 000 adettir.



Şekil 3.25. Renk ölçer

Meyve çapı ve uzunluklarının ölçülmesi amacıyla dijital kumpas (Şekil 3.26) ve ağırlık ölçümleri amacıyla da hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.27).



Şekil 3.26. Dijital kumpas

Hassas terazi maksimum 3 kg'a kadar ölçüm yapabilmektedir ve hassasiyeti 0,5 g'dır.



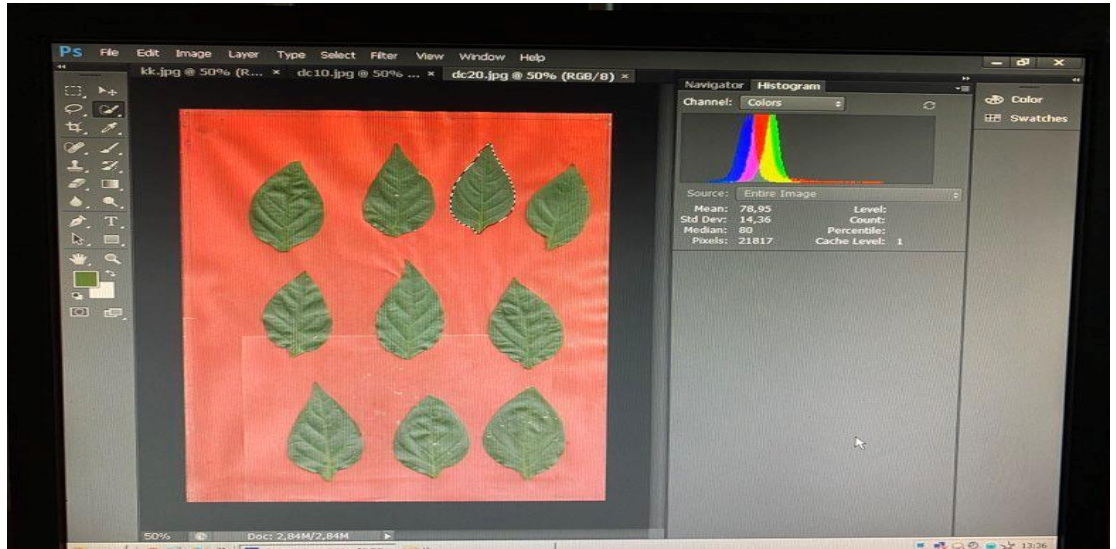
Şekil 3.27. Hassas terazi

Şekil 3.28'de görülen mikroskop stoma görüntüleme için kullanılmıştır. Kullanılan mikroskopun teknik özellikleri ise; görüntüleme için bilgi ekranı 3,7 x 7,7 cm, odaklanma özelliği mekanik, aydınlatmak 12V 100W homojen lamba ve kontrast teknikleri BF, POL, PH ve DIC'tir.



Şekil 3.28. Mikroskop

Şekil 3.29’de verilen PS Adobe Photoshop CS6 Extended programı yaprak alanı hesaplaması amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 3.29. PS Adobe Photoshop CS6 Extended

3.2. Yöntem

Laboratuvar ortamında yetiştirilecek acı süs biberlerin toprak hazırlığında genel fide yetiştirme torfu kullanılmış ve verimin artırılması amacıyla da torfa solucan gübresi eklenmiştir. Toprak drenajı için ise çakıl taşı karışımı hazırlanmıştır. Tarla kapasitesine ulaşmak için toprak suyla doymun hale geldikten 24 saat sonra acı süs biber tohumları 0,5-1 cm derinliğe ekilmiştir (MEGEP, 2008). Toplam da 5 g acı süs biber tohumu kullanılmıştır. Acı süs biberler tesadüf parsellerine göre 10 tekerrürlü olarak denenmiştir. Elektromanyetik alana maruz bırakılan acı süs biber tohumları ürün elde edilene kadar gözlemlenmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bobin saksılarda elektromanyetik alanın birbirini etkileme durumunun en aza indirilmesi için saksılar birbirlerine 20 cm mesafe ile yerleştirilmiştir (Baykan ve Ünal, 2019).

Bobin saksılar, iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım 10 cm çapında ve 20 cm boyunda et kalınlığı 2 mm olan PVC boru parçasıdır. İkinci kısmın ise iç çapı 12 cm olup diğer özellikleri birinci kısım ile aynıdır. İkinci kısım üzerine 10 ve 20 volt gerilim verilerek oluşturulan EMF için 0,80 mm çapında emaye kaplı bakır tel ile 0,20 mm kalındığında presbant ve elektromanyetik alan yaratmak için 6 kat spir atılarak bobin haline getirilmiştir. Spir sayısını belirlemede kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir (Görkem, 1993):

$$N = \frac{V_1 \times 10^8}{4,44 \times B \times S_n \times f} \quad (3.1)$$

Burada;

N : Sarım sayısı

V₁ : Çıkış gücü (V)

B : Manyetik alan (Tesla)

S_n : Nüve kesit alanı (m²)

f : Frekans (Hz)'dir.

Deney düzeneği laboratuvar ortamında AC 10V ve AC 20V olarak kodlanan 2 deneme grubu ve 1 kontrol grubundan oluşmaktadır. Birinci gruba AC 10 V gerilim verilirken ikinci gruba 20 V gerilim verilmiştir. Her bir grup 10 saksıdan oluşmakta ve her saksıda 1 adet biber fidesi olup toplamda aynı özelliklere sahip 30 saksı kullanılmıştır. Her saksı ve dolayısıyla saksılarda yetiştirilen ürünler haftada üç gün ve 15'er dakika süreyle elektromanyetik alana maruz bırakılmıştır (Mosa, 2019). Ürünler toprağın nemli kalacağı şekilde sulanmıştır.

Çalışma ürün elde edilene kadar sürdürülmüş ve hasat edildikten sonra ürünlerde morfolojik ve mikrobiyolojik olarak analizler yapılmıştır. İstatistiksel analizler JMP (sürüm 7.0; SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada yapılan ölçüm ve analizler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.2.1. Acı süs biber

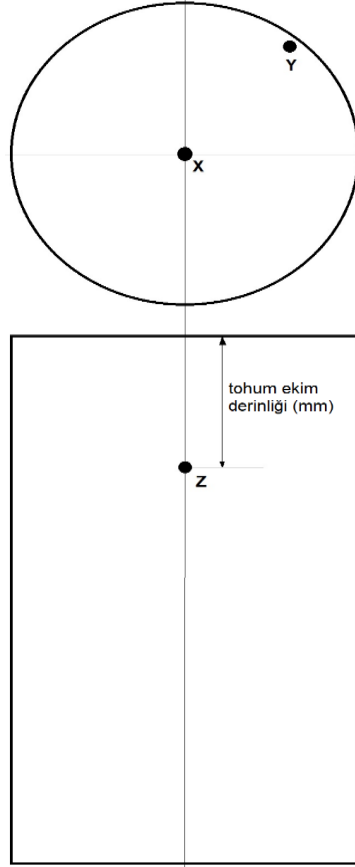
Dünyada üretilen 12 milyon ton biberin yaklaşık %23'ü Çin'de, %10'u Türkiye'de, %9'u Nijerya'da üretilmektedir. Türkiye'de yılda üretilen 1,2 milyon ton biberin %60'ını sivribiber, %28'ini dolmalık biber, %4'ünü çarliston biber, %8'ini ise kapyra, domates biberi, kurutmalık biberler ve pul biber elde etmeye uygun biberler teşkil eder.

Biber düşük kalorili olup A ve C vitaminlerince zengindir. Biberin optimal gelişme sıcaklığı 18-26 °C'dir. Organik maddece zengin, çeşitli besin maddelerini içeren, tınlı, tınlı-kumlu, su tutma kapasitesi iyi, çabuk ısınabilir, derin, geçirgen, iyi drene edilmiş topraklar biber için uygundur.

Haziran sonu- temmuz ayı başlarında hasada başlanıp genelde ekim ayı ortalarında hasat son bulmaktadır. Toplam 9-15 defa hasat yapılır. Hasat işlemi genelde haftada bir yapılmaktadır (Tüzün, 2020).

3.2.2. Elektromanyetik alan ölçümleri (mT)

Haftada 3 gün ve 15'er dakika boyunca elektromanyetik alana maruz bırakılan ürünlerin gerilim (V) değerlerinde oluşan elektromanyetik alan AC/DC manyetik ölçer (PCE-MFM 3000) cihazı ile ölçülerek kaydedilmiştir. Bobin saksı içerisinde elektromanyetik alan ölçümleri Şekil 3.30'da gösterilen x, y, z noktalarından yapılmıştır.



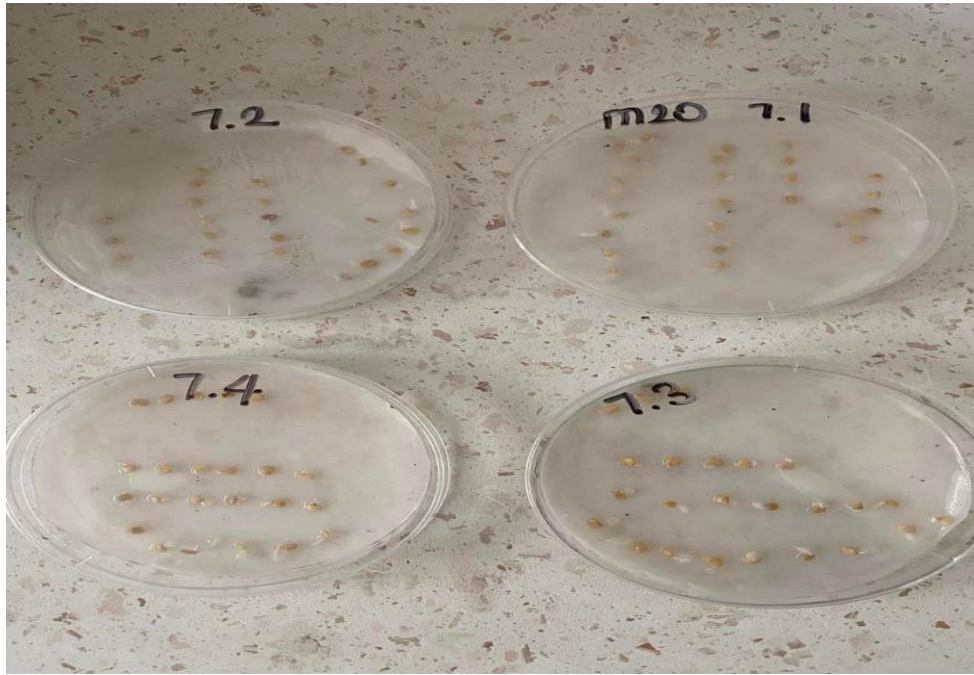
Şekil 3.30. Elektromanyetik alan ölçüm noktaları

3.2.3. Deneme ortam ve toprak ölçümleri

Denemeler laboratuvar ortamında sadece gün ışığı kullanılarak yapılmış olup ortamın ışık şiddeti Lüx ve W/m² cinsinden, ortamın nemi yüzde (%) cinsinden ve ortam sıcaklığı °C cinsinden ölçülmüştür. Toprak nemi, toprak alt ve üst yüzey sıcaklıkları da düzenli olarak ölçülmüştür. Deneme ortamında ortalama 25 °C ortam sıcaklığı ve %50-70 aralığında bağıl nem koşullarının sağlanmasına dikkat edilmiştir.

3.2.4. Kullanılan tohumlarda çimlenme oranı ve hızının belirlenmesi

Denemede kullanılan tohumlar 25 °C’de 14 gün boyunca çimlendirilmiştir (Uluslararası Tohum Test Birliği ISTA, 1996) (Şekil 3.31). Gelişimi 14’üncü günde sağlıklı ve 2 mm’yi geçmiş olan fideler belirlenerek oransal olarak yüzde (%) şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 3.31. AC akımın tohum üzerindeki etkileri

Çimlenme süresi boyunca günlük olarak yapılan sayımlarla ortalama çimlenme süresi (OÇS-gün) hesaplanmıştır (Ulaş, 2019).

$$OÇS = \frac{(\sum nD)}{\sum n} \quad (3.2)$$

Eşitlikte:

OÇS: Ortalama çimlenme süresi

n: D günde çimlenen tohum sayısı

D: Çimlenme testinin başlamasından itibaren geçen gün sayısı

3.2.5. Acı süs biber fidelerinin morfolojik özellikleri

Acı süs biberlerin gerçek yaprakları çıktıktan sonra fide haline geldiği 12. haftada 3 fidede morfolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Morfolojik gözlemlerde bitki boyu, kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak eni ve boyu ölçümleri dijital kumpas yardımıyla yapılmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Pošta ve ark., 2016).

3.2.6. Kök ve vejetatif aksamın yaş ve kuru ağırlıklarının hesaplanması (g/bitki)

Hasat olgunluğuna erişen bitkiler hasat sonrasında vejetatif aksam (yaprak + gövde) ve kök olarak ayrılmıştır. Bitkilerin hepsinde vejetatif aksam tartılarak yaş ağırlığı hesaplanmıştır. Kökler topraktan arındırıldıktan sonra deiyonize su içerisinde yıkanmış ve hafif bir şekilde havlu peçete ile kurularak hassas terazide yaş ağırlığı tayin edilmiştir. Yaş ağırlığı belirlenen vejetatif aksam kese kâğıtları içerisinde 70 °C'lik etüv içerisinde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Örnekler kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.32). Kök-gövde oranı ise kuru köklerin kuru gövde ağırlığına oranlanmasıyla bulunmuştur (Luo ve ark., 2021; Ulaş, 2019).



Şekil 3.32. Kuru ve yaş ağırlık

3.2.7. Kök ve gövde uzunluğunun hesaplanması (cm/bitki)

Uygulanan her muameleden 3 adet bitki seçilerek bitkilerin kök boğazından başlayarak tepe noktasına kadar bitki gövdesi metre ile ölçülmüştür. Aynı şekilde bitkilerin kök boğazından başlayarak kök sonuna kadar kök uzunluğu da metre olarak belirlenmiştir.

3.2.8. Bitkide yan dal ve yaprak sayısı (adet/bitki)

Uygulanan muameleler sonucunda hasat edilen bitkilerin üzerindeki yan dal ve yaprak sayısı sayılarak adet/bitki olarak belirlenmiştir (Şekil 3.33) (Luo ve ark., 2021; Ulaş, 2019).



Şekil 3.33. Bitkide yan dal ve yapraklar

3.2.9. Yaprak alanı (mm²/bitki)

Deneme sonunda hasat edilen her bir gruptan ortalama olgunluğa ulaşmış 10'ar adet yaprak alınmıştır. Alınan yapraklar Ps Adobe Photoshop CS6 Extended programında tarayıcıya konularak toplam taranan alan pikseli ile yaprak alan pikseli oranlanarak hesaplanmıştır (JeoleX, 2016).

3.2.10. Yaprak klorofil indeksi ve renk ölçümü

Klorofiller, bitkiye yeşil rengi veren pigmentlerdir ve güneş ışığını emerek kimyasal enerjiye çevirmektedirler. Klorofil a ve b olarak çeşitli yöntemlerle incelenebilmektedirler. Bu tez çalışmasında 9 ay boyunca haftanın 5 günü Klorofil ölçer aleti kullanılarak klorofil indeksi ölçümü yapılmıştır. Gıda kalitesi hakkında ilk karar çoğunlukla ürün rengine bakılarak verilir. Ürünün renk özellikleri ile proses sırasında renkte meydana gelen değişimlerin incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle elektromanyetik alan içerisinde gelişen acı süs biberlerdeki renk değişimini ölçmek için 3nh renk ölçer kullanılmıştır. Her bir meyve olgunluk dönemine eriştiğinde 10 tekerrürlü olarak renk ölçümleri yapılmıştır. L*, a* ve b*, C, α° , ΔE^* değerleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

L^* ; parlaklığı (açıklık-koyuluk ölçeğinde), pozitif ve negatif a^* değerlerinin kırmızılık ve yeşilliği, pozitif ve negatif b^* değerlerinin sarılığ ve maviliği temsil ettiği üç boyutlu bir renk skalasını tanımlar. Standart beyaz ve siyah yüzey plakalarına karşı ilk kalibrasyondan sonra numunelerin dış yüzeyinde ölçüm yapılmıştır. ΔE^* , iki örnek arasındaki toplam renk farkını ifade eder. ΔE^* değeri büyükse karşılaştırılan renklerin arasındaki fark da o kadar büyüktür. C kroma değeri, renk doygunluğunu ifade etmektedir. Değer ne kadar yüksek ise renk daha parlak olup değer ne kadar küçülür ise daha mat olarak gözlemlenmektedir. C kroma değeri, ton açısı α° ve ΔE^* değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (İzli ve ark., 2017):

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.2)$$

$$\alpha^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (3.3)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + \sqrt{(\Delta a^*)^2 + \sqrt{(\Delta b^*)^2}} \quad (3.4)$$

3.2.11. Yaprak stoma sayısının belirlenmesi

Hasat sonrasında uygulanan her bir muamele grubundan 10 adet orta olgunlukta yapraklar seçilmiştir. %6'lık sığır jelatini ve deiyonize su kullanılarak hazırlanan çözeltinin lam üzerine sürülmesinin ardından lam yaprak ile kapatılarak oda sıcaklığında 24 saat soğumaya bırakılmıştır. Dikkatli bir şekilde yaprağı lamdan ayırdıktan sonra hazır hale gelen sabit preparat mikroskop altında $655 \times 484 \mu\text{m}^2$ fotoğraflanarak stoma sayıları sayılmıştır. Bulunan stoma sayıları oranlanarak 1 mm^2 birim alana düşen stoma sayıları hesaplanmış ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Kingston ve ark., 2016).

3.2.12. Toplam meyve verimi (g/bitki)

Olgunlaşan acı süs biberler hasat edilerek hassas teraziyle g cinsinden ölçülmüş ve verim değerleri g/bitki olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Toplam meyve verimi

3.2.13. Bitki başına meyve sayısı (adet/bitki)

Her bir saksıdaki acı süs biber fidesi meyveleri sayılarak bitki başına düşen meyve sayısı belirlenmiştir.

3.2.14. Ortalama meyve ağırlığı (g/bitki)

Hasat edilen bitkilerden elde edilen toplam meyve ağırlığı toplam meyve sayısına bölünerek hesaplanmıştır.

3.2.15. Ortalama meyve uzunluğu ve çapı

Dijital kumpas yardımıyla çiçek burnu ile sap kısmı arasındaki uzunluk mm cinsinden ölçülmüştür. Çap ise meyvelerin en geniş kısmından dijital kumpas yardımıyla ölçüm yapılarak belirlenmiştir (Luo ve ark., 2021).

3.2.16. Besin maddesi içerikleri inceleme yöntemi

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden hizmet alımıyla NMKL 186 analiz metodu ile ICP-MS cihazında Demir (Fe), Kalsiyum (Ca), ve Potasyum (K) analizleri yapılmıştır. Gıda enerji method analizi ve dönüştürme faktörleri metot kaynağı ile bitkisel gıdalarda enerji tayini hesaplaması, AOCS resmi presedür Am 5-04, ANKOM teknoloji metodu-Versiyon 1/30/09 kullanılarak yapılmıştır.

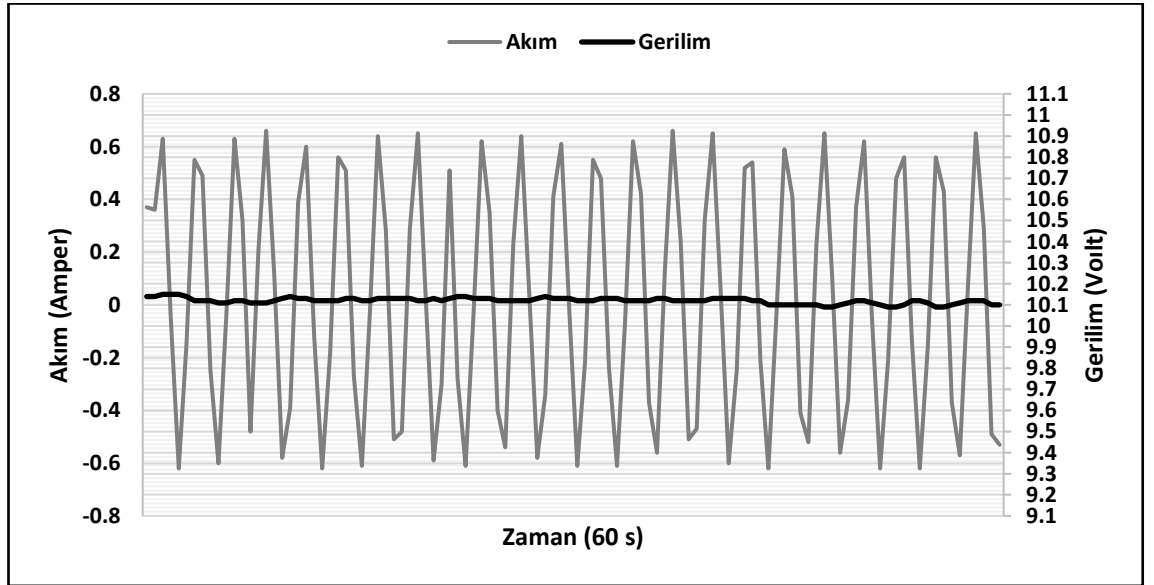
AOAC 920.39 metodu ile toplam yağ miktarı tayini ve Kjeldahl yöntemiyle protein miktarı tayininin yanı sıra gıda enerji method analizi ve dönüştürme faktörleri-2003 (Atwater yöntemi) AOAC 968.28; TS EN ISO 10520 metodu ile Karbonhidrat tayini yapılmıştır. Ankom- Hızlı Test metot kaynağı ile enzimatik tekniği kullanılarak lif tayini ve TS 1129 ISO 1026 metot kaynağı ile fiziksel yöntem kullanılarak kuru madde tayini yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Elektromanyetik Alan

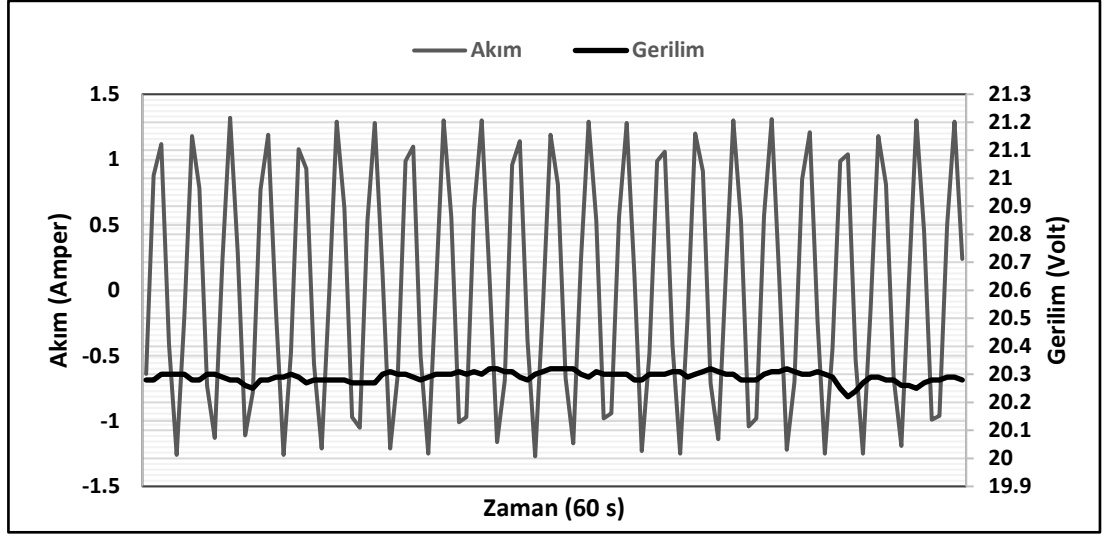
Bobin saksılar ile iki bağımsız grup olarak, iki farklı varyak üzerinden ulusal elektrik şebekesine bağlı iki farklı elektrik devresi oluşturulmuştur. Bunlardan biri AC 10V grubu diğeri ise AC 20V grubudur. Üçüncü bobin saksı grubu ise kontrol grubudur ve bir elektrik devresi ile bağlantılı değildir. Bobin saksılarda kontrol grubuna herhangi bir elektriksel muamele uygulanmadığından elektromanyetik alanın olduğu bölgenin uzağına yerleştirilmiştir.

Şebeke gerilimine bağlı AC 10V grubunun oluşturduğu elektrik devresine ait akım ve gerilim değerlerinin zaman içerisindeki değişimleri Şekil 4.1’de verilmiştir.



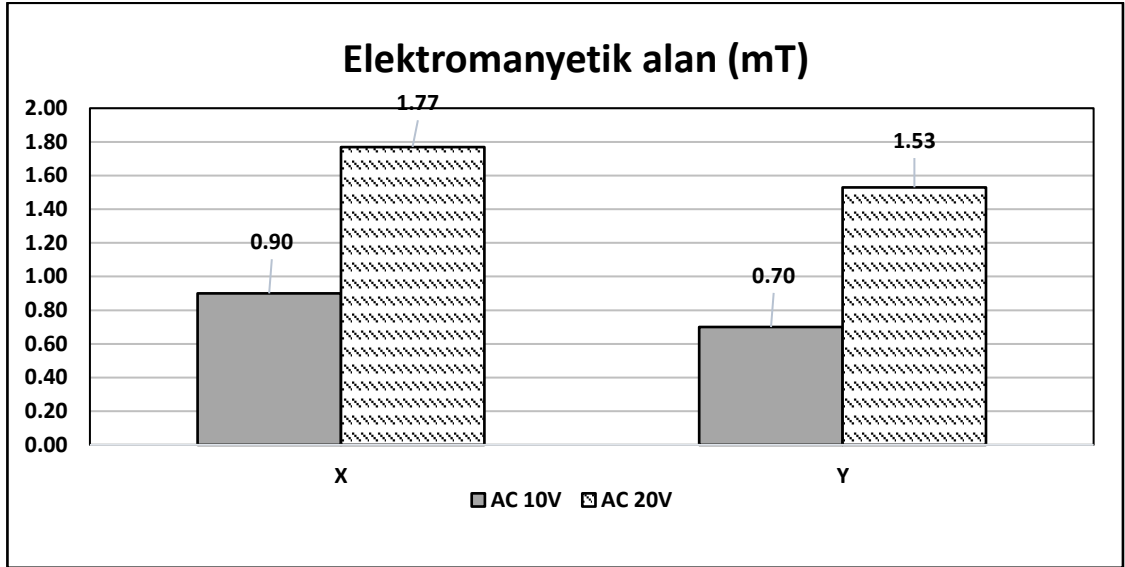
Şekil 4.1. AC 10V’un oluşturduğu elektrik devresine ait akım ve gerilim değerleri

İki farklı bobin saksı grubundan AC 20V grubunun oluşturduğu elektrik devresine ait akım ve gerilim değerlerinin zaman içerisindeki değişimleri Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. AC 20V'un oluşturduğu elektrik devresine ait akım ve gerilim değerleri

Şekil 3.30'da gösterilen x ve y konumlarında oluşan elektromanyetik alan değerleri Şekil 4.3'de grafik şeklinde verilmiştir.

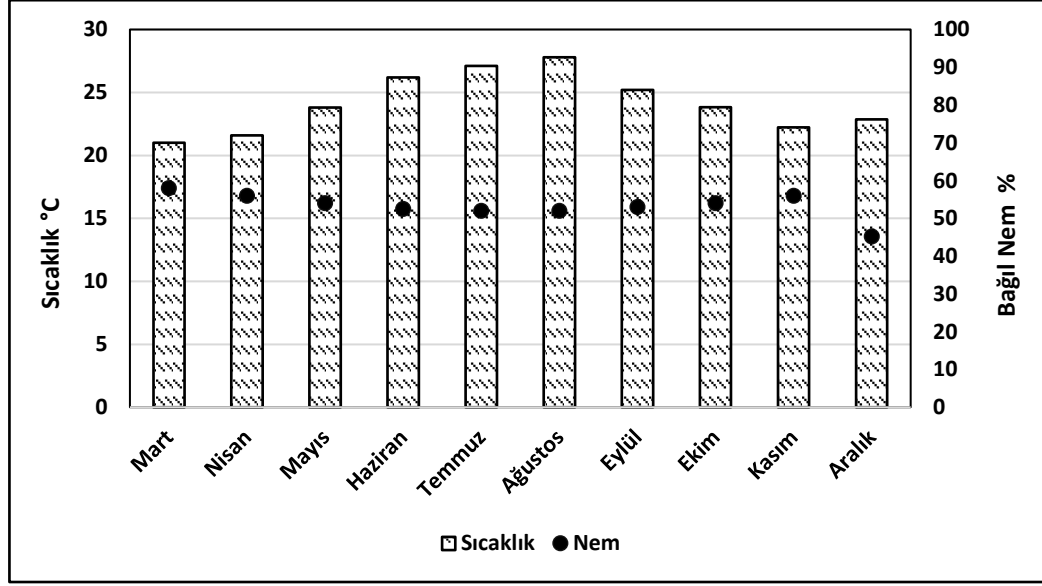


Şekil 4.3. Bobin saksılarda oluşturulan elektromanyetik alan değerleri (mT)

AC 10V'un x-y konumunda elektromanyetik alan değerleri 0,90-0,70 mT aralığında oluşurken AC 20 V'ta bu değerler 1,77 mT ile 1,53 mT aralığında oluşmuştur. Elde edilen bu elektromanyetik alan değerleri çalışmanın öngörüldüğü düşük elektromanyetik alan kapsamı içinde yer almaktadır.

4.2. Deneme Ortamı ve Toprak

Biber bitkisi nemli ve sıcak ortamları sevmektedir. Bu nedenle deneme ortamı, biberin yetişmesi için ideal olan sıcaklık ve nem değerlerinde tutulmuştur. Şekil 4.4'te deneme ortamının biberlerin ekim ve hasat dönemi arasında geçen süredeki sıcaklık ve nem değerleri görülmektedir.

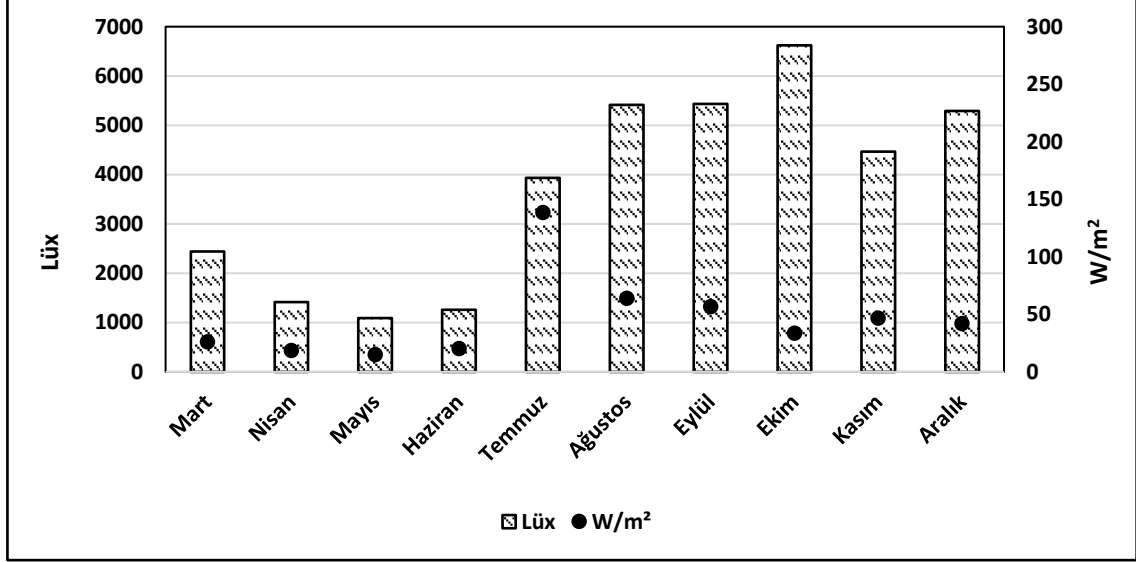


Şekil 4.4. Deneme ortamının aylık ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri

Burada en yüksek değerler sıcaklık bakımından Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında görülürken en düşük sıcaklıklar Mart ve Kasım ayında görülmektedir. Ortamdaki bağıl nem değerleri ise Mart-Haziran ayları arasında sıcaklığın artışı ile azalış göstermiş Temmuz ve Ağustos aylarında en düşük değere ulaşmıştır. Kasım ayında ise sıcaklığın düşmesi ile yükselişe geçmiştir. Sıcaklık havadaki nem ile doğru bağıl nem ile ters orantılıdır (Parlak., 2014). Hindistan da sebze araştırma çiftliğinde korumalı açık ekim koşullarında yapılan çalışmalarda da yıl boyunca sıcaklığın maksimum ve minimum değerleri 15-37 °C bağıl nemin ise %65-93 olduğu belirtilmiştir (Sran ve Jindal, 2022).

Işık tüm bitkilerin fotosentezini gerçekleştirebilmesi için önemli bir faktördür. Lüx, birim alan başına düşen toplam ışık miktarıdır. W/m² ise birim alan başına düşen güneş ışınım şiddetini belirtmektedir.

Morfolojik ve fizyolojik özellikler yüksek ışınmıdan etkilenmektedirler (Hoffman ve ark., 2015). Acı süs biberleri üzerine düşen ışınmı değerleri hem Lüx hem de W/m^2 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.5).

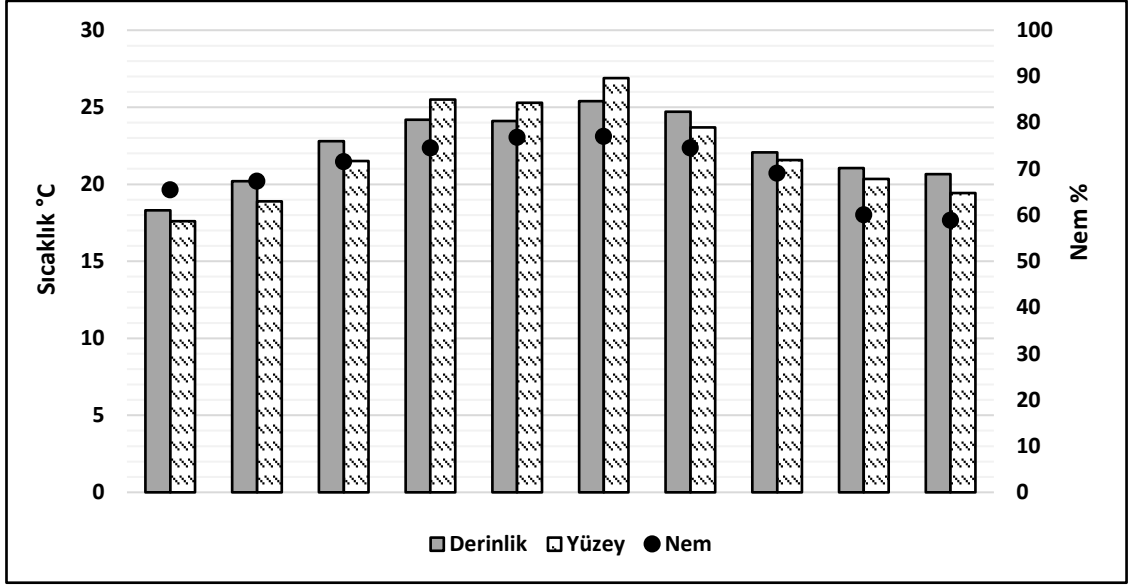


Şekil 4.5. Ortama düşen aylık ortalama ışık değerleri

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi Mart ve Haziran ayları arasında lüx ve W/m^2 değerlerinde düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Temmuz ayı itibariyle lüx ve W/m^2 değerleri yükselmiştir. Ağustos ayı itibariyle lüx olarak değerler artarken W/m^2 değerlerinin düştüğü görülmüştür. Lüx ve W/m^2 arasında görülen uyumsuzluğun nedeni hava durumunun bulutlu olması ve buna bağlı olarak dalga boylarında meydana gelen değişikliklerdir.

Mahsul verimi için önemli bir etken olan toprak nemi, enerjinin gizli ve duyulur ısı akışları arasında paylaşılmasını kontrol etmektedir (Monteith, 1981). Gizli ısı ne kadar düşük olursa yüzeyin duyulur biçimde ısıtılması için o kadar enerji harcanır (Goetz, 1997).

Çalışma kapsamında elde edilen toprak aylık ortalama sıcaklık ve nem değişim değerleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Sıcaklık değerleri hem toprak içerisinde (derinlik) hem de toprak yüzeyinde ayrı ayrı ölçülmüştür. Şekil 4.6'daki nem değeri toprak nemini göstermektedir.



Şekil 4.6. Toprak aylık ortalama sıcaklık ve nem değışimi

Toprak sıcaklığı ve nem değışimi incelendiğinde elektromanyetik alanın toprak sıcaklığını yaklaşık 1,3 °C arttırdığı gözlemlenmiştir. Rosa yaprağında yapılan bir ölçümde manyetik alanın yaklaşık 16 dakikada sıcaklığı 0,1 °C arttırdığı belirtilmiştir (Grémiaux ve ark., 2016). Ayrıca yapılan çalışmalarda elektromanyetik ısıtıcılardan toprak analizinin doğrudan yapılması içinde faydalanılmaktadır (Liu ve ark., 2020). Bu durumda ekilen tohumların yüzeyinde küçük çatlaklar oluşmakta ve çimlenme daha kısa sürede meydana gelmektedir (Singh ve ark., 2021).

Şekil 4.6 incelendiğinde Mart-Haziran ve Eylül-Kasım ayları arasında toprak derinlik sıcaklıklarının fazla olduğu görülmektedir. Haziran-Ağustos aylarında ise yüzey sıcaklığının artmış olduğu görülmektedir.

Mahmood ve ark., (2012) tarafından yapılan çalışmalarda toprak neminin yüzey sıcaklığı ile olan ilişkisinin belirsiz olduğu ifade edilmiştir. Hindistan'da yapılan korumalı açık ekimdeki çalışmalarda toprak derinlik sıcaklıklarının 5-30 cm aralığında 13,2-39,7 °C olduğu belirtilmektedir (Sran ve Jindal., 2022).

4.3. Kullanılan Tohumlarda Çimlenme Oranı ve Çimlenme Süresinin Belirlenmesi

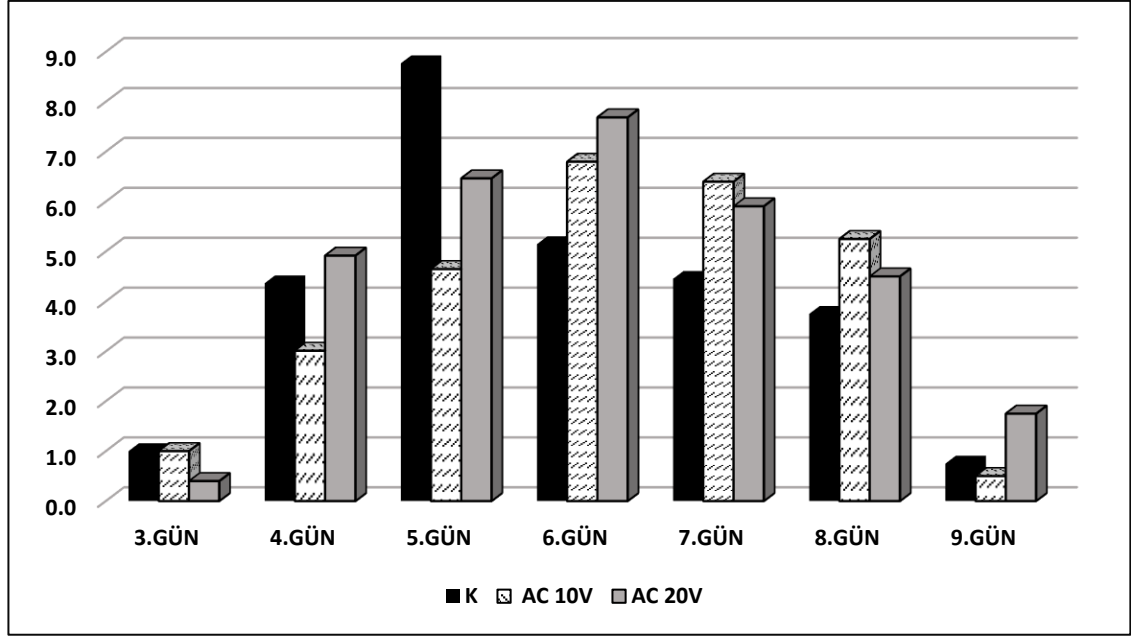
Tohumlarda ortalama çimlenme oranı ve çimlenme süresi ile ilgili istatistik analizlerde ortalama çimlenme süresinin (OÇS) ve çimlenme oranının elektromanyetik alan ile ilişkisinde anlamlı bir fark görülmemiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Bobin saksılarda oluşturulan elektromanyetik alanın çimlenme oranı ve çimlenme süresine etkisi

Muamele	Ortalama çimlenme süresi (gün)	Çimlenme oranı (%)
Kontrol	6,4	84,3
AC 10V	6,9	84,0
AC 20V	6,5	86,0

Ortalama çimlenme süresi 6,4 ile 6,9 iken çimlenme oranı ise 84,0 ile 86,0 arasında değişmiştir. Sudsiri ve ark. (2023), Manyetik alan kullanarak hurma ağacı çimlenmesinin etkinleştirilmesi ve fidelerin hayatta kalma sürelerinin iyileştirilmesi için laboratuvar koşullarında yaptıkları çalışmada manyetik alanın çimlenme üzerinde %100 etkili olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca maksimum çimlenme oranını 22,9 günde $6,46 \pm 0,0405$ bulmuşlardır.

Çalışma kapsamında elde edilen günlük çimlenme oranı Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Günlük çimlenme oranı

Günlük olarak bakıldığında kontrol grubunun çimlenme hızı ilk günlerde ortalama olarak yüksek görünmektedir. AC 10V çimlenmeye AC 20V'tan önce başlamasına rağmen AC 20V muamelesinde günlük çimlenme oranları 4, 5, 6 ve 9. günlerde AC 10V muamelesine göre daha yüksek olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda ekilen tohumların yüzeyinde küçük çatlaklar oluşmakta ve çimlenme daha kısa sürede meydana gelmektedir (Singh ve ark., 2021).

Moon ve Chung (2000), AC elektrik ve manyetik alan uygulanarak domates tohumunun çimlenmesinin hızlandırılması adlı çalışmalarında; tohumlar, 4 ila 12 kV/cm arasında değişen AC elektrik alanları ve 3 ila 1000 G arasında değişen AC manyetik akı yoğunlukları ile muamele edilmiştir. Ayrıca 15 ila 60 G arasında değişen üç zaman periyoduna maruz bırakılmıştır. Muamele edilmiş domates tohumunun çimlenme oranlarının, muamele edilmemiş tohuma kıyasla yaklaşık 1,1-2,8 kat hızlandırıldığı bulunmuştur. Bununla birlikte, elektrik alanının 12 kV/cm'den fazla olması ve maruz kalma süresinin 60 s'den fazla olması durumunda çimlenme üzerinde engelleyici bir etki gözlemlenmiştir.

4.4. Acı Süs Biber Fidelerinin Morfolojik Özellikleri

Elektromanyetik alanda yetiştirilen acı süs biberin yaprak sayısı, yaprak eni ve boyu, gövde çapı ve kök uzunluğu ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.2 ve 4.3’de verilmiştir. Çizelgede ayrıca istatistik sonuçları da yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Elektromanyetik alan muamelelerinin kareleri ortalaması

Varyans Kaynağı	SD	Yaprak Sayısı	Yaprak Eni (mm)	Yaprak Boyu (mm)	Gövde Çapı (mm)	Kök Uzunluğu (mm)
Muamele	2	55,600*	337,562*	1614,17*	5,47*	7350,18*
Hata	27	1,170	10,030	29,25	0,089	446,07

* : 0,05 olasılık düzeyinde önemli

Çizelge 4.3. Acı süs biber fideleri üzerinde elektromanyetik alan muamelelerinin morfolojik özellikler üzerindeki etkisi

Muamele	Yaprak Sayısı	Yaprak Eni (mm)	Yaprak Boyu (mm)	Gövde Çapı (mm)	Kök Uzunluğu (mm)
Kontrol	2,80 ^c	11,51 ^c	19,45 ^c	1,00 ^c	23,90 ^b
AC 10V	4,20 ^b	16,07 ^b	25,51 ^b	1,37 ^b	61,39 ^a
AC 20V	7,40 ^a	23,05 ^a	43,85 ^a	2,43 ^a	76,57 ^a
LSD(%)	0,98	2,89	4,94	0,27	19,31

Not: Aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında $p < 0.05$ olasılık düzeyine göre önemli bir fark yoktur.

Çizelge 4.2 ve 4.3’te görüldüğü gibi muameleler arasında %5 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Yapılan gruplandırma (LSD) sonucunda kontrol grubuna kıyasla AC 20V’un yaprak sayısı, yaprak en ve boy ile gövde çapından en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Kök uzunluğu incelendiğinde ise AC 10V ve AC 20V yüksek değere sahip olup aynı istatistiki grup içerisinde kalmakta ve birbiri arasında bir önemlilik göstermemektedir. Kontrol grubu ise daha düşük değere sahiptir.

Havas ve Symington (2016) yaptıkları çalışmada wi-fi radyasyonunun brokoli, bezelye, kırmızı yonca ve tere fidelerinin çimlenmesi ve büyümesi üzerindeki etkilerine baktıklarında çimlenmede hiçbir bitki türünün etkilenmediğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, bu etkinin türlerin kök büyümesini engellerken tepe yapraklarının büyük olmasına neden olduğunu saptamışlardır. Volkov ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada radyofrekansı kondansatörlerinin, tohumların çimlenme hızının artırılmasında, bitki fide büyüme hızının artırılmasında, biyo-doku yüzeylerinin gözeneklerinin artırılmasında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

4.5. Kök ve Vejetatif Aksamın Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Kökün yaş ve kuru ağırlığı, vejetatif aksamın yaş ve kuru ağırlığı ile kök/gövde oranı değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda kökte yaş ve kuru ağırlıklar ve kök/gövde oranları arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık bulunmamıştır. Vejetatif aksamda yaş ağırlıkta kontrol grubu AC 20V'a göre kuru ağırlıkta ise kontrol her iki muamele uygulamasına göre farklılık göstermiştir.

Çizelge 4.4. AC akım modelinin kök ve vejetatif aksam üzerindeki etkisi

Muamele	Kök		Vejetatif aksam		Kök/Gövde Oranı
	Yaş Ağırlık (g/bitki)	Kuru Ağırlık (g/bitki)	Yaş Ağırlık (g/bitki)	Kuru Ağırlık (g/bitki)	
Kontrol	6,9	1,1	42,8 ^a	8,4 ^a	0,13
AC 10V	7,4	1,4	35,3 ^b	6,8 ^b	0,23
AC 20V	7,1	1,1	40,0 ^{ab}	7,0 ^b	0,16

Not: Aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında $p < 0,05$ olasılık düzeyine göre önemli bir fark yoktur.

Havas ve Symington (2016), brokoli ve bezelyenin kuru ağırlıklarının Wi-Fi radyasyonunda azaldığını bildirmişlerdir. Upadhyaya ve ark., (2022), “1800 MHz frekansındaki iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun bitki sağlığı ve domates bitkilerinin antioksidan içeriği üzerine özellikleri” adlı çalışmalarında 12 saat, 60 saat ve 120 saat radyasyona maruz kalan bitkilerde kuru ağırlıkta %19,56, %41,30 ve %47,82'lik tutarlı bir azalma rapor etmişlerdir.

4.6. Kök ve Gövde Uzunluğu, Bitkide Yan Dal ve Yaprak Sayısı

Kök ve gövde uzunluğu, bitki yan dal ile bitki yaprak sayısı Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Elektromanyetik alanın kök ve gövde uzunluğu, yan dal ve yaprak sayısı üzerindeki etkisi

Muamele	Kök Uzunluğu(cm)*	Gövde Uzunluğu (cm)*	Yan Dal Sayısı (adet)	Yaprak Sayısı (adet)
Kontrol	31,1 ^b	71,7 ^b	18,2	160,5
AC 10V	37,6 ^{ab}	83,6 ^a	19,8	177,1
AC 20V	42,2 ^a	84,3 ^a	18,9	221,5

* : 0,05 olasılık düzeyinde önemli

Not: Aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında $p < 0.05$ olasılık düzeyine göre önemli bir fark yoktur.

Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda kök ve gövde uzunluğu önemli bulunurken yan dal sayısı ve yaprak sayısı önemsiz bulunmuştur. Kök uzunluğunda en yüksek ortalama AC 20V'a aitken en düşük ortalama kontrol grubunda görülmüştür. Gövde uzunluğunda ise en yüksek değer AC 10V ve AC 20V'a ait olup en düşük değer kontrol grubunda bulunmuştur. Kumar ve ark. (2020) da; 900 mHz ve 1800 mHz maruz bırakılan soğanlardaki kök gelişimini incelemişler ve 2 saatten fazla elektromanyetik alana maruz kalan köklerin uzunluklarının azaldığını görmüşlerdir. Kök kalınlıklarında ise artış saptamışlardır. Aynı çalışma içerisinde mitotik indekste de artış görülmüştür.

4.7. Yaprak Alanı, Yaprak Klorofil İndeksi, Renk Ölçümü ve Yaprak Stoma Sayısı

Elektromanyetik alanın yaprak alanı üzerindeki etkileri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Elektromanyetik alanın yaprak alanı üzerindeki etkileri

Varyans Kaynağı	SD	K.T	K.O	F	Yaprak Alanı (mm ²)	
Genel	29	62,105	-	-	Kontrol	7,02 ^a
Muamele	2	45,915	22,957*	38,287	AC10V	5,86 ^b
					AC20V	4,01 ^c
Hata	27	16,189	0,599			

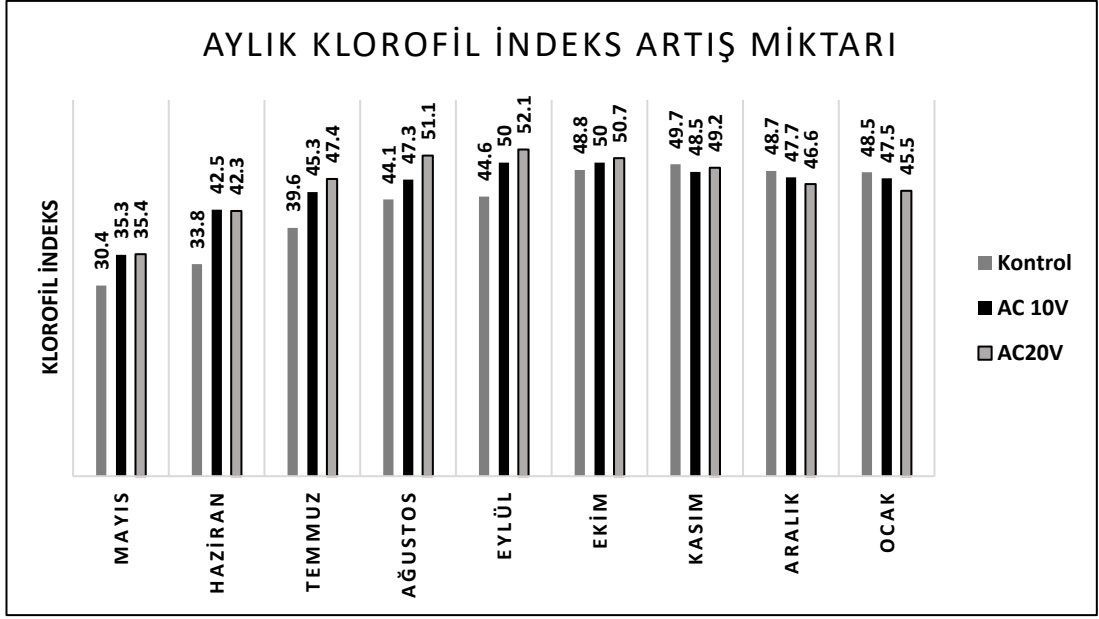
*: %0.05 olasılık düzeyinde önemli

Not: Aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında $p < 0.05$ olasılık düzeyine göre önemli bir fark yoktur.

Bobin saksılarda yetişen biber yapraklarının alan hesaplamalarında uygulanan muamelelerin $p < 0,05$ olasılık düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki değerlendirmede en yüksek değer kontrol grubuna en düşük değer ise AC 20V’a aittir.

Elektromanyetik alanın klorofil artış indeksi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde, muameleler $p < 0,05$ olasılık düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Şekil 4.8’de bobin saksı kontrol grubunun, AC 10 V’un ve AC 20 V’un aylık klorofil artış miktarı verilmiştir.



Şekil 4.8. Bobin saksı kontrol grubu, AC 10V, AC 20V klorofil indeksi

Şekil 4.8’de verilen grafikte en yüksek değer 52,2 ile Eylül ayında görülürken en düşük değer acı süs biberin fide dönemi olan Mayıs ayında gözlemlenmiştir. Verilen grafikte AC 10V’un aylık klorofil indeksine bakıldığında Eylül ve Ekim ayları en yüksek değerleri gösterirken Mayıs ayı en düşük değerleri göstermektedir. AC 20V’un aylık klorofil indeksine bakıldığında Mayıs ayında fide halindeyken en düşük klorofil değerine sahipken Eylül ayında en yüksek klorofil değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Genel olarak bakıldığında ise klorofil indeksi kontrol grubunda en düşük değerlerdeyken en yüksek değer AC 20V ölçümlerinde gözlemlenmiştir.

Absorbans değeri A470, A645, A652 ve A663 nm aralıklarında yaprakta bakılan toplam klorofil, klorofil a ve b ile karotenoid değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yaprakta toplam klorofil, klorofil a ve b ile karotenoid değerleri

Muamele	Toplam Klorofil	Kl-a	Kl-b	Karotenoid
Kontrol	0,22	1,46	1,81	0,51
AC 10V	0,25	1,48	2,24	0,55
AC 20V	0,26	1,97	1,80	0,68

İstatistiksel analiz sonucunda elektromanyetik alanın yaprak toplam klorofil, klorofil a ve b ile karotenoid değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir.

Büyüme aşamasına göre klorofil değerleri değişiklik gösterebilmektedir. Klorofil a 360-460 nm arasında bir uyarıma sahipken, klorofil b 420-480 nm arasında bir uyarıma sahiptir (Shin ve ark., 2018; Manolopoulou ve ark., 2016). Biberin olgunlaşma sürecindeki renk değişimi üçe ayrılabilir. Bunlar yeşil renk aşaması, renk değiştirme aşaması ve kırmızı ya da sarı renk aşamasıdır (Huang ve ark., 2023). Yeşil renk aşamasındaki biberlerde bol miktarda klorofil bulunurken, kırmızı/sarı aşamada daha az klorofil bulunmaktadır (Dimitrios ve ark., 2021).

Elektromanyetik alanın acı süs biber fidelerinin yaprak rengi üzerindeki ortalama etkisi Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Elektromanyetik alan muamelelerinin yaprak rengi kareleri ortalaması

Varyans Kaynağı	SD	L*	a*	b*	C	α°	ΔE
Muamele	2	12.868*	15.794*	17.670*	30.353*	32.370*	-
Hata	27	1.424	1.256	3.139	3.961	4.912	-
LSD (%)		1.09	1.02	1.61	1.81	2.024	-

* : 0,05 olasılık düzeyinde önemli

Çizelge 4.9. Elektromanyetik alan muamelelerinin acı süs biber fidelerinin yaprak rengi üzerindeki ortalama etkisi

Muamele	L*	a*	b*	C	α°	ΔE
Kontrol	40,4 ^a	-10,3 ^b	16,3 ^a	19,3 ^a	-57,6 ^a	-
AC 10V	38,9 ^b	-8,4 ^a	13,7 ^b	16,1 ^b	-58,5 ^a	34,3
AC 20V	38,3 ^b	-7,9 ^a	14,3 ^b	16,4 ^b	-61,0 ^b	37,6

Not: Aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında $p < 0,05$ olasılık düzeyine göre önemli bir fark yoktur.

Elektromanyetik alan muamelelerinin yaprak renk değişimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aydınlık değeri olan L*, kontrol grubuna göre AC 10V ve AC 20V aynı grup içinde kalmıştır ve düşük değere sahiptir. Bu nedenle kontrol grubu diğer gruba göre daha parlaktır.

Yeşillik değerini gösteren -a* ise kontrol grubuna göre, AC 10V ve AC 20V aynı grup içerisinde yer alarak birbiri arasında bir önem teşkil etmemektedir. AC 10V ve AC 20V kontrol grubuna göre daha az yeşillik göstermektedir. Sarılık-mavilik ifadesinde ise en yüksek değer b*; kontrol grubunda görülmüştür. Bu da kontrol grubunun sarı renge daha yakın olduğunu ifade etmektedir. Croma (renk doygunluğu) değeri ve ton açısına bakıldığında ise kontrol grubu en yüksek değere sahiptir. Kontrol grubu diğer gruplara göre daha parlaktır ve yeşile daha yakındır. ΔE , yani karşılaştırılan renkler arasında önemli bir farklılık yoktur.

Elektromanyetik alanın acı süs biber meyve rengi üzerindeki ortalama etkisi Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Elektromanyetik alan muamelelerinin acı süs biber meyve rengi üzerindeki ortalama etkisi

Muamele	L*	a*	b*	C	α°	ΔE
Kontrol	52,5 ^a	4,0 ^b	28,7 ^a	29,8	28,3	-
AC 10V	49,0 ^a	8,3 ^{ab}	26,3 ^a	29,1	18,7	51,4
AC 20V	42,9 ^b	15,1 ^a	23,1 ^b	28,8	39,8	48,7

Not: Aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında $p < 0,05$ olasılık düzeyine göre önemli bir fark yoktur.

Çizelge 4.11. Elektromanyetik alan muamelelerinin acı süs biber meyve rengi kareleri ortalaması

Varyans Kaynağı	SD	L*	a*	b*	C	α°	ΔE
Muamele	2	238.220*	310.852*	78.297*	-	-	-
Hata	27	21.803	71.193	7.722	-	-	-
LSD (%)		4.268	7.715	2.539	-	-	-

Elektromanyetik alanın $p < 0,05$ olasılık düzeyinde biber rengi üzerinde L*, a* ve b* değeri önemli bulunmuştur. Diğer renk parametreleri istatistiksel olarak önemsizdir. Kontrol grubu diğer gruplara göre daha parlak olarak saptanmıştır.

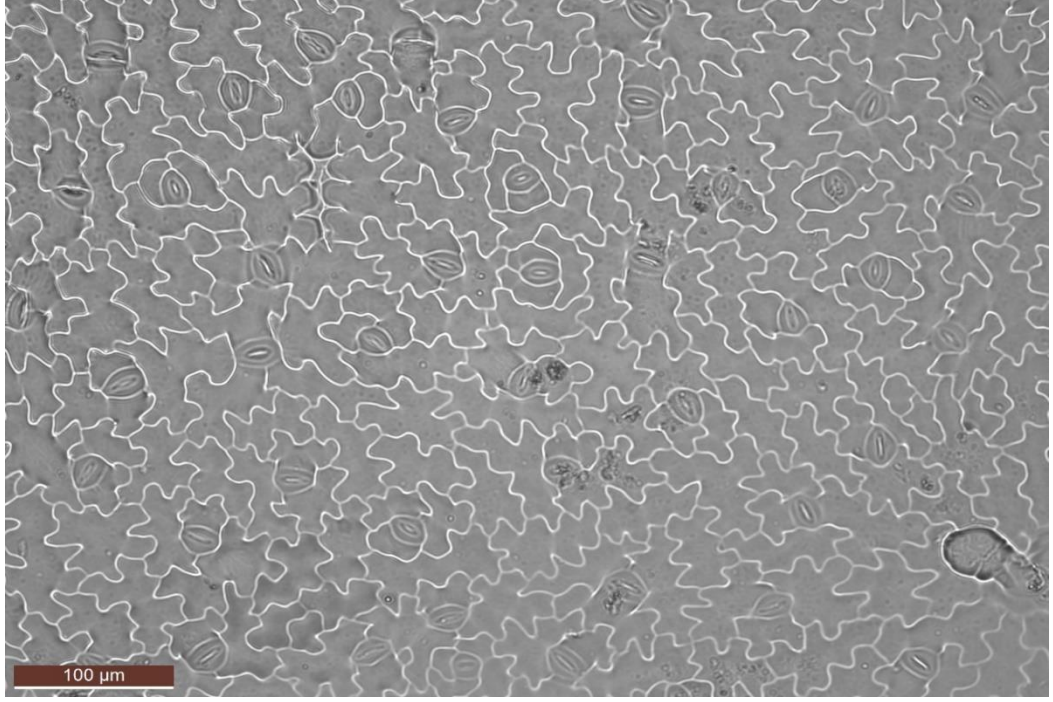
Lee ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise darbeli hafif plazma işlemi (6,3 dakika ve 2010 V- 3,8 Hz) kırmızı toz biber üzerinde herhangi bir renk değişikliğine sebep olmamıştır.

Elektromanyetik alan uygulamalarının yaprak alt yüzey stoma sayıları, stoma en ve boy (μm) uzunluklarına etkileri de değerlendirilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında stoma en ve boy arasında önemli bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Yaprak alt yüzey stoma miktarı, stoma en ve boy uzunlukları

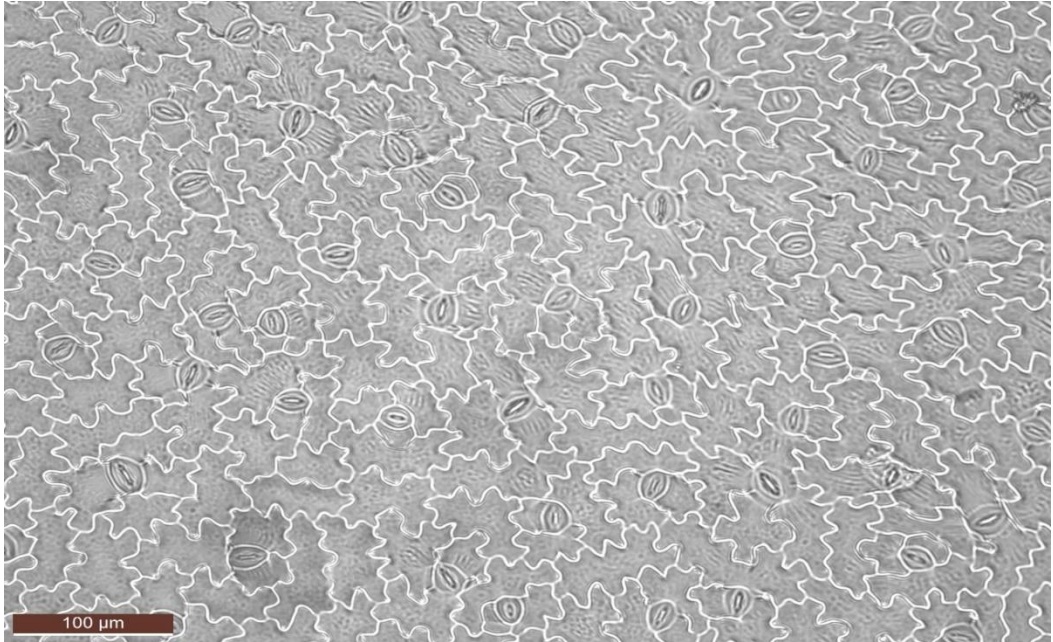
Muamele	Stoma sayısı (ad / mm^2)	Stoma En (μm)	Stoma Boy (μm)
Kontrol	138 801	18,7	25,5
AC 10V	170 347	17,3	24,1
AC 20V	91 482	17,6	23,4

Bobin saksı kontrol grubu, AC 10V ve AC 20V stoma görüntüleri Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de verilmiştir.



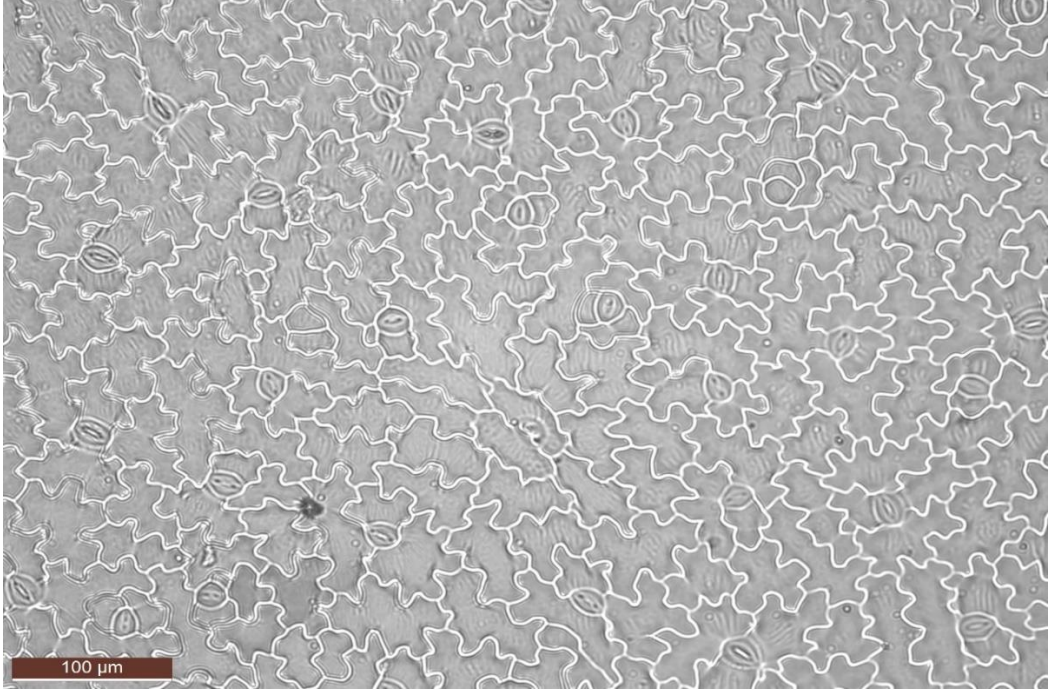
Şekil 4.9. Bobin saksı kontrol grubu stoma görüntüsü

Bobin saksı kontrol grubunda elde edilen görüntülerin sayımı sonucunda 1 mm² alanda 138 801 adet stoma tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Bobin saksı AC 10V stoma görüntüsü

Şekil 4.10'de verilen stoma görüntüsünde AC 10V'un 1 mm² alanında ise 170 347 adet stoma tespit edilmiştir.



Şekil 4.11. Bobin saksı AC 20V stoma görüntüsü

AC 20V stoma görüntüsü sayımı sonucunda ise 91 482 adet stoma gözlemlenmiştir.

Bu durumda en yüksek stoma sayısı Kontrol muamelesinde görülürken en düşük stoma miktarı AC 20V görülmüştür.

Stefi ve ark. (2017), laboratuvarında yetiştirilen iyonlaştırıcı olmayan radyasyona maruz kalan yayla pamuğu bitkileri üzerindeki etkiyi araştırmışlardır. Bu çalışmada; iki yaprak türü (kontrol ve maruz kalan) için stoma sayısı, türü veya büyüklüğünde herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir. Mikroskop altında yüksek büyütmelerde kloroplastlar, kontrol yapraklarının hücrelerindekiyle karşılaştırıldığında, açıkta kalan yaprakların mezofil hücrelerinde önemli ölçüde farklılık gösteriyor gibi görüldüğünü belirtmişlerdir. Her iki deneyde de ana fotosentetik pigmentler, radyasyona maruz kalan bitkilerin yapraklarında büyük ölçüde azalmıştır.

İkinci deneyde, kontrol ve radyasyona maruz kalan bitkilerin tüm yeşil kısımlarında (yapraklar ve kotiledonlar) pigment miktarının, birinci deneydeki bitkilere kıyasla sürekli olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Pigment değişiklikleri kotiledonlar için her iki bitki grubunda ve her iki deneyde istatistiksel olarak ihmal edilebilirken, beta-karoten ve ksantofilde bir artış içeriği, her iki deneyde de radyasyona maruz kalan bitkilerin yaprak ve kotiledonlarında gözlenmiştir.

Katsenios ve ark. (2016), darbeli elektromanyetik alanın makarnalık buğdayın enzim aktivitesini, çimlenmesi, bitki büyümesi ve verimi üzerindeki rolünü incelemiştir. Ekim öncesi bir işlem olarak kesikli elektromanyetik alanın kullanılmasının makarnalık buğday çimlenmesini, kardeşlenmeyi, kuru ağırlığı, yaprak alanını, klorofil içeriğini, fotosentetik oranı, terleme oranını, stoma iletkenliğini ve verimi arttırdığını bulmuşlardır. Ayrıca ekimden sonraki 3. ve 4. günlerde manyetik alanın α -amilaz aktivitesini arttırdığını saptamışlardır.

4.8. Toplam Meyve Verimi, Bitki Başına Meyve Sayısı, Ortalama Meyve Ağırlığı, Ortalama Meyve Uzunluğu ve Çapı

Elektromanyetik alanın meyve verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. İlk hasadı 20 Ekim 2022 tarihinde gerçekleştirilen bobin saksı grupları içerisindeki toplam meyve verimi, bitki başına meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı değerleri Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Elektromanyetik alan muamelelerinin biber verimine etkisi (1. hasat)

Muamele	Toplam Meyve Verimi (g/bitki)	Bitki başına meyve sayısı (adet/bitki)	Ortalama Meyve Ağırlığı (g/meyve)
Kontrol	5,3	4,6	1
AC 10V	4,1	4,2	1
AC 20V	6,8	6,2	1

Çizelge 4.14. Elektromanyetik alan muamelelerinin biber verimine etkisi (2. hasat)

Muamele	Toplam Meyve Verimi (g/bitki)	Bitki başına meyve sayısı (adet/bitki)	Ortalama Meyve Ağırlığı (g/meyve)
Kontrol	4,6	4,5	1
AC 10V	2,5	2,8	1
AC 20V	3,8	3,5	1

Bobin saksılarda oluşturulan elektromanyetik alanın meyve verimi üzerinde etkisi hem 1., hem de 2. hasatta istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Bobin saksılarda yetişen acı süs biberde ortalama meyve uzunluğu ve çapı verilerinde yapılan istatistik analiz sonucunda da elektromanyetik alanın etkisi önemli bulunmamıştır.

Pietruszewski (1996), buğday tohumlarının manyetik biyosimülasyonunun çimlenme, verim ve proteinler üzerindeki etkileri adlı çalışmada ekim öncesi biyostimülasyon sırasında manyetik alandaki tohumların oryantasyonu, mahsul verimini ve buğday tohumlarındaki albümin ve glüten yüzdesini etkilemediğini ifade etmiştir.

4.9. Besin Madde İçerik Analizleri

Çalışma kapsamında yapılan besin madde içerik analizlerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Besin madde içerik analiz sonuçları

Analizler	Kontrol	AC 10V	AC 20V
Karbonhidrat, %	1,05	1,80	1,27
Protein, %	5,17	4,98	4,85
Ham Yağ, %	3,34	4,25	2,64
Diyet Lif, %	13,6	15,8	14,9
Kuru Madde, %	75,46	72,02	72,94
Demir (Fe), mg/kg	7,3	5,0	6,5
Kalsiyum (Ca), mg/kg	167	284	266
Potasyum (K), mg/kg	6726	8575	8696

Yapılan analizler sonucunda muameleler arasında AC 10V *karbonhidrat* bakımından en yüksek yüzde değerine sahipken protein analizinde kontrol grubunun değeri daha yüksek bulunmuştur. *Ham yağ* ve *diyet lif* değerinde AC 10V yüksek değere sahipken *kuru madde* bakımından yüksek değer kontrol grubuna ait olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.15'te görüldüğü üzere kontrol grubunda *demir* elementi 7,3 mg/kg iken AC 10V 5 mg/kg ve AC 20V 6,5 mg/kg olarak tespit edilmiştir. *Ca* elementi değerleri kontrol, AC 10V ve AC 20V'ta sırasıyla 167 mg/kg, 284 mg/kg ve 266 mg/kg olarak belirlenmiştir. *Potasyum* değerleri ise 6726 mg/kg, 8575 mg/kg ve 8696 mg/kg olarak sıralanmaktadır. *Potasyum* elementi üzerinde ise AC 10V ve AC 20V arasında çok fark olmamasına rağmen AC 20V en yüksek değere sahiptir.

Mi ve ark. (2020) çok elementli analizlere dayalı olarak acı biber karakterizasyonu ve ayrımında *Fe* elementi değerini 6,81-8,2 mg/kg aralığında, *Ca* elementini 86,32-111,12 mg/kg ve *K* elementini 3208,82- 3389,32 mg/kg değerinde ifade edilmişlerdir. Ayrıca toprağın gübrelenmesiyle ilgili olarak yapılan çalışmalarda biberde bulunan potasyum değerinin 112,78 kg^{ha}⁻¹ olduğu belirtilmiştir (Mali ve ark., 2019). Elektromanyetik arıttıcıdan geçen su ile yapılan sulamaların patatesin tüm dokularında *P*, *N* ve *K* içeriğini önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir (Hachicha ve ark, 2018). Standart verilerle karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar gruplar arasında birbirine yakınken standart veriye kıyasla yüksek değerlere sahiptir. Standart Referans için USDA Ulusal Besin Veri tabanında kullanılan veriler Çizelge 4.16'da verilmiştir (USDA, 2023).

Çizelge 4.16. Biberlerin besin bileşimi (USDA, 2023)

Analizler	Birim	Kırmızı acı biber (çiğ)^a	Yeşil acı biber (çiğ)^a
Karbonhidrat	g	8,81	9,46
Protein	g	1,87	2,00
Diyet Lif	g	1,50	1,50
Demir (Fe)	mg	1,03	1,20
Kalsiyum (Ca)	mg	14	18
Potasyum (K)	mg	322	340

a; 100 g başına düşen değer

5. SONUÇ

Yapılan bu tez çalışmasında laboratuvar ortamında elektromanyetik alan oluşturulmak amacıyla kurulan bobin saksı düzeneklerinde acı süs biber yetiştirilmiştir. Acı süs biberin yetiştirilmesinde muamele olarak AC 10V ve AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması şeklinde iki işlem grubu ve bir kontrol grubu olmak üzere toplam üç grup ürün yer almıştır. AC 10V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması 0,70-0,90 mT (y-x) ve AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması 1,53-1,77 mT (y-x) değerlerine sahiptir. Bu gruplarda morfolojik, anatomik ve gıdasal analizler yapılarak acı süs biber gelişiminde ve gıda kalitesinde elektromanyetik alanın etkisi araştırılmıştır.

Tohumlarda çimlenme oranı ve süresi değerlendirildiğinde istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır. Ancak 14 gün boyunca çimlenme gün sayısı izlendiğinde tohumların bir hafta gibi kısa bir süre içerisinde çimlendiği gözlemlenmiştir. Literatürde de elektromanyetik alanın çimlenme oranı ve hızını olumlu etkilediği bildirilmektedir. Morfolojik özellikler incelendiğinde ise elektromanyetik alanın etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yaprak adedi üzerinde AC 20V ve AC 10V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alanın kontrol grubuna göre etkili olduğu gözlemlenmiştir. Yaprak adedi bakımından en uygun değer AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan olduğunu söylenebilir. Biber fidelerinde yaprak eni ve yaprak boyu ile gövde çapı bakımından ise en etkili yöntem AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulamasıdır. Kök uzunluğunda AC 10V ve AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alanların aynı grup içerisinde kaldığı ve her iki uygulamanın da etkili olduğu görülmektedir.

Elektromanyetik alan uygulamalarının kök ve vejetatif aksamın yaş ve kuru ağırlıklarındaki etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Elektromanyetik alan uygulamalarının kök ve gövde uzunluğuna etkisi de önemli bulunmuştur. Kök ve gövde uzunluğunda en yüksek etkiyi AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması göstermiştir.

Elektromanyetik alan uygulamalarının yaprak alanı, yaprak klorofil indeksi, renk ölçümü ve yaprak stoma sayısı üzerine etkileri de çalışma kapsamında incelenmiştir. Burada elektromanyetik alan uygulamalarının yaprak alanı üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ve en yüksek değer de kontrol grubuna aittir. Bu durumda elektromanyetik alanın yaprak alanı üzerinde etkisi minimal düzeydedir. Klorofil indeksi, Kl-a, Kl-b ve karatenoid değerlerinde ise elektromanyetik alan uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsizdir. Acı süs biber üzerinde elektromanyetik alan bu özellikleri etkilememiştir. Yaprak renk değişimi incelendiğinde elektromanyetik alan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Aydınlık değer olan L^* , b^* , C ve α° kontrol grubunda en yüksek değere sahiptir. a^* değerinde ise AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan muamelesi en yüksek değere sahiptir. Elektromanyetik alan uygulaması a^* parametresinde önemlilik göstermiştir. Biber rengi üzerindeki renk değişimi incelendiğinde ise elektromanyetik alan uygulamalarının istatistiksel olarak a^* ve α° üzerinde önemli olduğu bulunmuştur. AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması kırmızılık ve mavilik değeri üzerinde etkili bulunmuştur. İstatistiksel olarak elektromanyetik alan uygulamalarının stoma sayısı, en ve boy arasında önemli bir farklılık tespit edilememiştir. Elektromanyetik alanın toplam meyve verimi, bitki başına meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve uzunluğu ve çapına etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Son olarak gıdasal analizleri yapılmıştır ve karbonhidrat, ham yağ, diyet lif ve kalsiyum bakımında AC 10V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması, protein, kuru madde ve demir bakımından kontrol grubu, potasyum bakımından ise AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması daha yüksek değerlere sahiptir. AC 10V ve AC 20V istatistiksel etki değerlendirmeleri Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. AC 10V ve AC 20V istatistiksel etki değerlendirmeleri

İncelenen Parametreler	AC 10V		AC 20V	
	İstatistiksel Değerlendirme	Muamele Etkileri	İstatistiksel Değerlendirme	Muamele Etkileri
Çimlenme Oranı ve Çimlenme Süresi	-	0	-	0
Fide halindeki Biberlerin, Yaprak Sayısı, Yaprak Eni ve Boyu, Gövde Çapı, Kök Uzunluğu	+	+	+	+
Kökte Yaş ve Kuru Ağırlıklar, Kök/Gövde	-	0	-	0
Vejetatif aksam Yaş ve Kuru Ağırlık	+	-	+	-
Kök ve Gövde Uzunluğu	+	+	+	+
Yan Dal Sayısı ve Yaprak Sayısı	-	0	-	0
Yaprak Alanı	+	-	+	-
Yaprak Klorofil İndeksi, K1-a, K1-b ve Karetenoid, Yaprak Stoma Sayısı	-	0	-	0
Yaprak ve Meyve Renk Ölçümü	+	-	+	-
Toplam Meyve Verimi, Bitki Başına Meyve Sayısı, Ortalama Meyve Ağırlığı	-	0	-	0
Karbonhidrat		+		+
Ham Yağ		+		-
Diyet lif		+		+
Kalsiyum		+		+

Not: İstatistiksel değerlendirmede “-” önemsiz, “+” önemlidir. Etki değerlendirmesinde “-” negatif, “+” pozitif ve “0” etkisiz olarak ifade edilmiştir.

Düşük elektromanyetik alanda kısa süreli muamelelere maruz kalan acı süs biber üzerinde AC 10V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulamasının yaprak sayısı, kök uzunluğu, karbonhidrat, ham yağ, diyet lif ve kalsiyum bakımından etkili olduğu sonucuna varılmıştır. AC 20V gerilim değerlerine sahip elektromanyetik alan uygulaması ise yaprak sayısı, yaprak en ve boyu, gövde çapı, kök ve gövde uzunluğu, biber ve yaprak rengi ile potasyum miktarı üzerinde etkilidir.

Öneri olarak elektrik uygulamaları sırasında bitki tepkilerini tespit etmek için fotosentez, terleme, stoma iletkenliği, yaprak sıcaklığı vb. parametrelere de bakılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Adeniran, A. K., Kareem, K. Y., Yusuf, K. O., & Afolayan, S. O. (2020). Effects of electromagnetic treatment of irrigation water on growth and yield of Lagos Spinach (*Celosia argentea*). *AgricEngInt: CIGR Journal*, 22(2), 32-40. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/5697>
- Aladjadjiyan, A. (2010). Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. *International Agrophys.*, 24(3), 321-324. <http://www.international-agrophysics.org/>
- Alaish, M. F., Al-Zahrani, S. M. H., & Hindi, S. S. Z. (2016). Environmental impacts of electromagnetic radiation inducted by high voltage-power lines. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 627-634. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0501101>
- Alshalwi, H. A. F. (2017). *Manyetik Alan Uygulamasının Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Barman, P., & Bhattacharya, R. (2015). Survey on the potential impact of high voltage transmission lines on the growth characteristics of plants. *International Journal of Environmental Sciences*, 6(2), 219-224. <https://agris.fao.org/agris-search/>
- Baykan, P., & Ünal, S. E. (2019). Measurement of electromagnetic radiation emitted by dect phones used in office environments and evaluation of the results in terms of occupational health and safety. *Eastern Anatolian Journal of Science*, 5(1), 7-22. <https://dergipark.org.tr/en/pub/eajs/issue/46394/505815>
- Belyavskaya, N. A. (2004). Biological effects due to weak magnetic field on plant. *Advances in Space Research*, 34(7), 1566-1574. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2004.01.021>
- Bhattacharya, R., & Barman, P. (2011). Application of magnetic field on the early growth of cicer arietinum seeds. *International Journal of Physics*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.6088/ijes.6024>
- Bhattacharya, R., & Barman, P. (2013). 132 kv high voltage power transmission line and stress on Brassica juncea. *International Journal of Electronics & Communication Technology*, 4(1), 140-142.
- Campbell, G. S. (1977). *An introduction to environmental biophysics* (2nd ed.). Springer-Verlag.
- Cheng, D. K. (2017). *Mühendislik elektromanyetiğinin temelleri*. Palme Yayıncılık.
- Dannehl, D. (2018). Effects of electricity on plant responses. *Scientia Horticulturae*, 234, 382-392. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.007>
- Demir, Z. (2010). Proximity effects of high voltage electric power transmission lines on ornamental plant growth. *African Journal of Biotechnology*, 9(39), 6486-6491. <https://doi.org/10.5897/AJB10.124>
- Dertinger, H. & Jung, H. (1970). *Molecular radiation biology*. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Dhawi, F., & Al-Khayri, J. (2008). Proline accumulation in response to magnetic fields in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *The Open Agriculture Journal*, 2, 80-83. <https://doi.org/10.2174/1874331500802010080>

- Dymek, K., Dejmek, P., Panarese, V., Vicente, A. A., Wadsö, L., Finnie, C., & Galindo, F.G. (2012). Effect of pulsed electric field on the germination of barley seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 47(1) 161-166. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.12.019>
- Efthimiadou, A., Katsenios, N., Karkanis, A., Papastylianou, P., Triantafyllidis, V., Travlos, I., & Bilalis, D. J. (2014). Effects of presowing pulsed electromagnetic treatment of tomato seed on growth, yield, and lycopene content, *Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal*, 2014, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2014/369745>
- El-Bakatoushi, R. (2010). Genetic diversity of winter wheat (*Triticum Aestivum* L.) growing near a high voltage transmission line. *ROM. J. BIOL. – PLANT BIOL.*, 55(2), 71–87.
- Eroğlu, E.Ç. (2014, Haziran 20). Fonksiyonel Gıdalarda Biyoteknoloji Uygulamaları. [Powerpoint sunumu]. Sunumerişimi. <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Bel>
- Fryar, C.D., M. S. P. H., Hughes, J. P., M. P. H., Herrick, K. A., & Ahluwalia, N. (2018). *Fast Food Consumption Among Adults in the United States*, (Rapor No.322 2013-2016) National Center for Health Statistics Data Brief.
- Gemici, M., Demiray, H., & Gemici, Y. (2013). Effects of electromagnetic fields produced by high voltage transmission on physiology of *Juglans regia* L. and *Cerasus avium* L. Moench. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 2013, 50(2), 129-135. <https://dergipark.org.tr/en/pub/zfdergi/issue/40172/477914>
- Goetz, S. J. (1997). Multisensor analysis of NDVI, surface temperature and biophysical variables at a mixed grassland site. *International Journal of Remote Sensing*, 18(1), 71-94. <https://doi.org/10.1080/014311697219286>
- Görkem, A. (1993). *Elektrik makinelerinde bobinaj*. Özkan Matbaacılık.
- Grémiauxa, A., Girard, S., Guérina, V., Lothier, J., Baluska, F., Davies, E., Bonnet, P., & Vian, A. (2016). Low-amplitude, high-frequency electromagnetic field exposure causes delayed and reduced growth in *Rosa hybrida*. *Journal of Plant Physiology*, 190, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.11.004>
- Güneş, R., Kurultay, Ş., & Geçgel, Ü. (2019). Kesikli elektrik alan tekniğinin doğal zeytinyağının üretim verimi ile kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *The Journal of Food*, 44(1), 10-21. <https://doi.org/10.15237/gida.GD18097>
- Günlü, D.T. (2014). *Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arn. subsp. pallasiana (Lam.) Holmboe) ve Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Tohum Özelliklerine Manyetik Alan Uygulamalarının Etkisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hachicha, M., Kahlaoui, B., Khamassai, N., Misle, E. & Jouzdan, O. (2018). Effect of electromagnetic treatment of saline water on soil and crops. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 154-162. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.03.003>
- Havas, M. & Sheena Symington, M. (2016). Effects of Wi-Fi radiation on germination and growth of broccoli, pea, red clover and garden cress seedlings: A partial replication study. *Current Chemical Biology*, 10(1), 65-73. <https://doi.org/10.2174/2212796810666160419161000>

- Hoffman, A. N., Noga, G., & Hunsche, M. (2015). High blue light improves acclimation and photosynthetic recovery of pepper plants exposed to UV stress. *Environmental and Experimental Botany*, 109, 254–263. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.06.017>
- Huang, Z., Takemoto, T., Omwange, K.A., Saito, Y., Kuramoto, M., & Kondo, N. (2023). Macroscopic and microscopic characterization of fluorescence properties of multiple sweet pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) using excitation-emission matrix and UV induced fluorescence imaging. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 288, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2022.122094>
- Idrees, S., Asif, M., Adnan, M., Asma, H., & Ansari, T. M. (2020). Chapter 9, chili pepper. MA Hanif, H. Nawaz, MM Khan & HJ Byrne (Eds.), *Medicinal plants of South Asia: Novel sources for drug discovery* (s. 113-124). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102659-5.00009-4>
- Iqbal, M., Haq U.Z., Jamil, Y., & Nisar, J. (2016). Pre-sowing seed magnetic field treatment influence on germination, seedling growth and enzymatic activities of melon (*Cucumis melo* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 6, 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.04.001>
- Iqbal, M., Muhammad, D., Haq, Z., Jamil, Y., & Ahmad, M. R. (2012). Effect of pre-sowing magnetic field treatment to garden pea (*Pisum Sativum* L.) seed on germination and seedling growth. *Pak. J. Bot.*, 44(6), 1851-1856.
- Ivanovich, K. G., Evgenyevich S. I., Vasilyevich, G. A., Nikolaevna, D. T., & Igorevich, V. E. (2013). Features of usage of electromagnetic field of extremely low frequency for the storage of agricultural products. *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*, 5(5), 236-241. <https://doi.org/10.4236/jemaa.2013.55038>.
- İşlekdemir, S. (2009). *Hypericum L. Cinsinde (Binbirdelik otu) Doku Kültürüne Manyetik Alanın Etkisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Çanakkale Ondokuz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İzli, N., İzli, G., & Taşkın, O. (2017). Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology*, 37(4), 604-612. <http://doi.org/10.1590/1678-457X.28316>
- JeoleX. (2016, Kasım 14). Estimation of leaf area by Pixel Counting Method in Photoshop CS6. [Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=yKTKgNMB1-c&t=9s&ab_channel=JeoleX
- Kabadayı, Ö. (2014). *Genel fizik II. bölüm 3: Gauss kanunu*. Pegem Akademi.
- Karagüler, T. (2013). *Elektronik mühendisliğine giriş. bölüm: Elektromanyetik alan ve dalga teorisi*. Papatya Yayınları.
- Katsenios, N., Bilalis, D., Efthimiadou, A., Aivalakis, G., Nikolopoulou, A. E., Karkanis, A., & Travlos, I. (2016). Role of pulsed electromagnetic fields on enzyme activity, germination, plant growth and yield of durum wheat. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 6, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.03.010>
- Kataria, S., Baghel, L., & Guruprasad, K. N. (2017). Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.02.010>
- Keller, J. F., Gettys, W. E., & Skove M. J. (2007). *Fizik*. Literatür Yayıncılık.

- Kumar, A., Kaur, S., Chandel, S., Sing, H. P., Batish, D. R., & Kohli, R. K. (2020). Comparative cyto- and genotoxicity of 900 MHz and 1800 MHz electromagnetic field radiations in root meristems of *Allium cepa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 188, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109786>
- Kingstone-Elliott, C., Haworth, M., Yearsley, M.J., Batke, S.P., Lawson, T., & McElwain, J.C. (2016). Does Size Matter? Atmospheric CO₂ may be a stronger driver of Stomatal closing rate than stomatal size in taxa that diversified under low CO₂. *Frontiers in Plant Science*, 7(2016), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01253>
- Lee, S. H., Park, H. H., & Min, C. S. (2020). Microbial decontamination of red pepper powder using pulsed light plasma. *Journal of Food Engineering*, 284, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110075>
- Liu, C. E., Chen, W. J., Chang, C. K., Li, P. H., Lu, P. L., & Hsieh, C. W. (2017). Effect of a high voltage electrostatic field (HVEF) on the shelf life of persimmons (*Diospyros kaki*). *LWT- Food Science and Technology*, 75, 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.060>
- Liu, X., Yu, K., Zhang, H., Zhang, X., Zhang, H., Zhang, J., Gao, J., Li, N., & Jiang, J. (2020). A portable electromagnetic heating-microplasma atomic emission spectrometry for direct determination of heavy metals in soil. *Talanta*, 219, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121348>
- Luo, Y., Peng, Q., Li, K., Gong, Y., Liu, Y., & Han, W. (2021). Patterns of nitrogen and phosphorus stoichiometry among leaf, stem and root of desert plants and responses to climate and soil factors in Xinjiang, China. *Catena*, 199(2021), 105-100. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105100>
- Mahmood, R., Littell, A., Hubbard, K. G., & You, J. (2012). Observed data-based assessment of relationships among soil moisture at various depths, precipitation, and temperature. *Applied Geography* 34, 255-264. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.11.009>
- Mali, S. S., Naik, S. K., Jha, B. K., Singh, A. K., & Bhatt, B. P. (2019). Planting geometry and growth stage linked fertigation patterns: Impact on yield, nutrient uptake and water productivity of Chilli pepper in hot and sub-humid climate. *Scientia Horticultura*, 249, 289-298. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.003>
- Manolopoulou, E., Varzakas, T. H., & Petsalaki, A. (2016). Chlorophyll determination in green pepper using two different extraction methods. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 4(1), 52-60. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.Special-Issue1.05>
- MEB, (2011, Mayıs). *Bir Fazlı Transformator Sarımı*. [Ders notu] Dosya erişim. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Bir%20Fazl%C4
- MEGEP, (2008, Mayıs). *Biber yetiştiriciliği*. [Ders notu] Dosya erişim. <https://docplayer.biz.tr/20772080-T-c-milli-egitim-bakanligi-megep-mesleki>
- Mi, S., Yua, W., Lia, J., Liua, M., Sanga, Y., & Wanga, X. (2020). Characterization and discrimination of chilli peppers based on multielement and non-targeted metabolomics analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 131, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109742>
- Monteith, J. L. (1981). Evaporation and surface temperature. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 107, 1-27. <https://doi.org/10.1002/qj.49710745102>

- Moon, J. D., & Chung, H. S. (2000). Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. *Journal of Electrostatics*, 48, 103-114. [https://doi.org/10.1016/S0304-3886\(99\)00054-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3886(99)00054-6)
- Mosa, İ. A. S. (2019). *Farklı Kayın Mantarı Misillerine Manyetik Alan Uygulaması, Farklı Kompost Çeşitlerinde Yetişen Mantarların Verimi ve Bazı Fiziko - Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özçelik, F. (2020, Haziran 12). *Biyoteknoloji*. [Powerpoint dosyası]. Slayt erişimi. <https://docplayer.biz.tr/11765456-Biyoteknoloji-nedir.html>
- Özdiñ, N. (2008). *Gama Radyasyonuyla Işınlanmış Soya (Glycine Max (L.) Merrill) Çeşitleri Üzerine Manyetik Alan Etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Çanakkale Ondokuz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Parlak, N. (2014). Akışkan yataklı kurutucuda zencefilin kuruma kinetiğinin incelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29(2), 261-269. <https://doi.org/10.17341/gummfd.34777>
- Pazur, A., Rassadina, V., Dandler, J., & Zoller, J. (2006). Growth of etiolated barley plants in weak static and 50 Hz electromagnetic fields turned to calcium cyclotron resonance. *BioMagnetic Research and Technology*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/1477-044X-4-1>
- Pietruszewski, S. (1996). Effects of magnetic biostimulation of wheat seeds on germination, yield and proteins. *International Agrophysics*, 10(1), 51-55. <http://www.international-agrophysics.org/Effects-of-magnetic-biostimulation-of-wheat-seeds-on-germination-yield-and-proteins,107078,0,2.html>
- Poşta, Gheorghe., Balint, M., Dobrei, A., Dobrei, A.G., Poşta, S.D., & Danci, M. (2016). Research regarding the interaction genotype x technological factors in morphological features of chili pepper cultivated in solaria at the experimental station of Timisoara, Romania. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10(2016), 178-184. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.050>
- Radzevicius, A., Sakalauskiene, S., Dagys, M., Simniskis, S., Karkleliene, R., Bobinas, C., & Duchovskis, P. (2013). The effect of strong microwave electric field radiation on: (1) vegetable seed germination and seedling growth rate. *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 100(2), 179–184. <https://doi.org/10.13080/z-a.2013.100.023>
- Rio, L.C., & Rio, M. M. (2013). Effect of Electro-magnetic field on the growth characteristics of okra (*Abelmoschus Esculentus*), tomato (*Solanum Lycopersicum*) and eggplant (*Solanum Melongena*). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(10), 1-9. <https://www.ijsrp.org/research-paper-1013.php?rp=P221872>
- Sarı, M.E. (2019). *Ultraviyole (UV), Manyetik Alan (MA) ve Hidropriming (HP) Uygulamalarının Biber, Lahana, Marul ve Soğan Tohumlarında Kalitenin İyileştirilmesinde Kullanımı*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarıtaş, F. (2015). *Kayın (Pleurotus ostreatus) ve Shiitake (Lentinus edodes) Mantar Misellerinin Gelişimi Üzerinde Manyetik Alan Uygulamalarının Etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Shin, Y. H., Wing, M. T. G., & Choi, J. W. (2018). A field-deployable and handheld fuorometer for environmental water quality monitoring. *Micro and Nano Systems Letters*, 6(16), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s40486-018-0078-x>
- Singh, P., Agrawal, M., Gupta, N., & Khandelwal, A. (2021). Stimulation of *Pithecellobium dulce* (jungle jalebi) seed with electromagnetic exposure and its impact on biochemical parameter and growth. *Materials today: Proceedings* 42(2), 1513-1518. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.649>
- Sofi (2019, Haziran). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2019*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>
- Souza, A., Garcia, D., Sueiro, L., & Gilart, F. (2014). Improvement of the seed germination, growth and yield of onionplants by extremely low frequency non-uniform magnetic fields. *Scientia Horticulturae*, 176, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.034>
- Sudsiri, C.J., Jumpa, N., & Ritchie, R.J. (2023). Activating oil palm germination and improved survival of seedlings using a rotating magnetic field. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 50, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102688>
- Sran, T. S., & Jindal, S. K. (2022). Assessment of heterotic and combining ability effects along with genotype × environment factors influencing the variation of yield and quality components in pepper. *Scientia Horticulturae*, 299, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111040>
- Stefi, A. L., Margaritis, H. L., & Christodoulakis, N. S., (2017). The effect of the non ionizing raditation on exposed, laboratory cultivated upland cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) plants. *Flora*, 226, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.11.009>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, M. I., & Murphy, A. (2019). *Bitki fizyolojisi ve gelişimi*. Palme Yayınevi.
- Takaki, K., Yoshida K., Saito, T., Kusaka, T., Yamaguchi, R., Takahashi, K., & Sakamoto, Y. (2014). Effect of electrical stimulation on fruit body formation in cultivating mushrooms. *Microorganisms*, 2(1), 58-72. <https://doi.org/10.3390/microorganisms2010058>
- Tubitak (2020, Haziran). *Tubitak MAM*. Türkiye Marmara Araştırma Merkezi https://mam.tubitak.gov.tr/sites/images/mam---/ge_tr.pdf
- Tüzün, S. (2020, Eylül 24). *Biber Yetiştiriciliği (capsium annum L.)* [Powerpoint sunumu]. Slayt Erişim. [https://www.gapteyap.org/wp-content/uploads/2015/05/B%](https://www.gapteyap.org/wp-content/uploads/2015/05/B%Ulaş)
- Ulaş, F. (2019). *Güçlü Kök Yapısına Sahip Anaçların Biberde (Capsicum Annuum L.) Bitki Gelişim, Tohum Verim ve Kalitesine Etkisi*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Upadhyaya, C., Upadhyaya, T., & Patel, İ. (2022). Attributes of non-ionizing radiation of 1800 MHz frequency on plant health and antioxidant content of Tomato (*Solanum Lycopersicum*) plants. *Journal of Radition Research and Applied Science*, 15(1), 54-68. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2022.02.001>
- USDA. (2023, Mayıs). *Ag data commons*. National Nutrient Database. <https://data.nal.usda.gov/dataset/usda-national-nutrient-database-standard->
- Uysal, D. (2015). *Soğukta Saklama Sırasında Manyetik Alan Uygulamasının Dilim Salam Üzerinde Etkilerinin İncelenmesi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, H., & Polat, E. (2019). Farklı organik gübre uygulamalarının kıvrıkcık salata (Lactuca sativa L. var. crispa) verim, kalite ve bitki besin elementi içeriklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(Özel Sayı), 63-68. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.559120>
- 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(2), 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.08.011>
- Volkov, A. G., Bookal, A., Hairston, J. S., & Patel, D. (2020). Radio frequency plasma capacitor can increase rates of seeds imbibition, germination, and radicle growth. *Functional Plant Biology*, 48, 312–320. <https://doi.org/10.1071/FP20293>
- Yano, A., Ohashi, Y., Hirasaki, T., & Fujiwara, K. (2004). Effects of a 60 Hz magnetic field on photosynthetic CO₂ uptake and early growth of radish seedling. *Bioelectromagnetic*, 5(8), 572-581. <https://doi.org/10.1002/bem.20036>.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2017). *Sears & Zemansky'nin Üniversite Fiziği*. Pearson Education Yayıncılık.
- Walker, J., Halliday, D., & Resnick, R. (2014). *Fiziğin temelleri*. Palme Yayıncılık.

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı : Tuğba BİÇEN
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul 04.07.1991
Yabancı Dil : İngilizce
- Eğitim Durumu
Lise : Özel Edirne Beykent Fen Lisesi, 2009
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları, 2016
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, 2018
- Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, 100/2000 YÖK Bursiyeri, 2019-2023.
Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi FGA-2021-375 Nolu Düşük Seviyeli Elektromanyetik Alanın Acı Süs Biberin Gelişimine ve Kalitesine Etkileri Üzerine Bir Araştırma, Araştırmacı Bursiyer, 2021-2023.
- İletişim (e-posta) : bicentugba@gmail.com
- Akademik çalışmalar * :
- Biçen, T., Arslan Ayhan, A., & Vardar, A. 2022. Regional solar and wind energy characteristics and it's energy potential in northwest of Turkey. *GUFBD / GUJS*, 12(2): 527-538 doi: 10.17714/gumusfenbil.898023.
Biçen, T., & Vardar, A. 2022. Technical and Economic Analysis of Electricity Production with Solar Panels: Bursa ExampleA. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 36(1), 59-73
Arslan Ayhan, A., Biçen, T., & Vardar, A. 2021. Changes in Climate Parameters and Their Effects on Renewable Energy Resources Potential: Bursa SampleA. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*. 35(1), 33-44
Bölükbaş, E., Bicen, T., & Vardar, A. (2020). Technical and Economic Analysis of the Use of Wind Energy for Water Extraction: Karacabey Example. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*. 34(2), 287-301
Biçen, T., & Vardar, A. (2020). Regional Energy Production With PV And CPV Panels In North -West Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(07A), 5696-5703.

- Biçen, T., & Vardar, A. (2020). Regional Energy Production with Small Wind Turbines with Concentrator Systems in Nort-West Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University.*, 34(1), 167-184.
- Biçen, T., & Vardar, A. (2019). A Comparasion On Harvest Technologies Used In Olive Harvest. *VII International Scientific Congress Agricultural Machinery*, 2019(65),9-12. <https://stumejournals.com/journals/am/2019/1>
- Arslan Ayhan, A., Biçen, T., & Vardar, A. (2018). İklim Parametrelerindeki Değişimler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeline Etkileri: Bursa Örneği. 31. Ulusal *Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, 2018, 60-61. <http://tarmek.org/Files/2018/2018-icindekiler.pdf>
- Biçen, T., Szczutkowski, M., & Vardar, A. (2018). A Research on Solar Based Renewable Energy Production. *J. Biol. Environ. Sci.*, 12(35), 59-68.