T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MANYETİK ALAN ETKİSİNİN FUNGUSLARIN FİZYOLOJİK GELİŞİMİ VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Fırat ERGÜL

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2021

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MANYETİK ALAN ETKİSİNİN FUNGUSLARIN FİZYOLOJİK GELİŞİMİ VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Fırat ERGÜL

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2021

Doç. Dr. Murat DİKİLİTAŞ danışmanlığında, Fırat ERGÜL'ün hazırladığı "**Manyetik alan etkisinin fungusların fizyolojik gelişimi ve biyokimyasal parametreleri üzerine etkileri**" konulu bu çalışma 27/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman :

Üye :

Üye :

Bu Tezin Bitki Koruma Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım .

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER TABLOSU

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 8
2.1.Non-iyonize EM Dalgalar 10
2.1.1. Radyodalgaları (RD) 10
2.1.2. Mikrodalgalar (MD) 11
2.1.3. Kızılötesi (İnfrared) Işınlar 11
2.1.4. Görünür Işık 11
2.1.5. Morötesi Dalgalar (UV) 12
2.2. İyonizan EM Dalgalar 12
2.2.1. X-ışınları 12
2.2.2. Gamma Işınları 12
2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Tekniği 12
3. MATERYAL ve YÖNTEM 19
3.1. Materyal 19
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar 19
3.1.2. Fungusların Yetiştirilmesi 19
3.1.3. Slope (Eğik) Agar 20
3.2. Yöntem 20
3.2.1. Funguslara Manyetik Alan Uygulaması 20
3.2.2. Fungusların Morfolojisi 22
3.2.3. Fungal Gelişim ve Spor Yoğunluğunun Belirlenmesi 22
3.2.4. Protein ölçümü 23
3.2.5. Protease Enzim Ölçümü 24
3.2.6. Laccase Enzim Ölçümü 24
3.2.7. Fungusların Gelişimi ve Canlılık Testi 25
3.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi ve Analizlerin Yapılması 25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 26
4.1. Fungusların Gelişimi ve Spor Yoğunluğu 26
4.2. Fungusların Morfolojisi ve Canlılık Testi 29
4.3. Fungal Etmenin Proteaz ve Laccase Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi 31
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 38
KAYNAKLAR 40
ÖZGEÇMİŞ 46

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MANYETİK ALAN ETKİSİNİN FUNGUSLARIN FİZYOLOJİK GELİŞİMİ VE BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Fırat ERGÜL

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat DİKİLİTAŞ
Yıl: 2021, Sayfa: 46

Bu araştırma, 2018-2019 yılları arasında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Laboratuvarlarında yürütülmüştür. *Penicillium expansum* ve *Zymoseptoria tritici* fungal etmenlerinin 1.5 Tesla manyetik alan etkisinde fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri ölçülmüş, bu değerlerin fungal etmenlerin patojenisitesi veya virulenslik durumuna etki edebilecek biyokimyasal ve fizyolojik parametreler açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Fungal etmenler, manyetik rezonans görüntüleme (MRG) cihazından üretilen 1.5 Tesla (T) manyetik akıma 0-, 5-, 10-, 20-, 30-, 60 ve 120 dakika süre ile maruz bırakıldıktan sonra 3 hafta süre ile oda sıcaklığında karanlık ortamda inkube edilmişlerdir. Bu süre sonunda her iki fungal etmenin miselyal gelişimi, sporulasyonu ve biyokimyasal enzim içeriklerinde (protease, laccase) 60 ve 120 dakika uygulamadan sonra önemli düşüşler gözlenmiştir, $p<0.05$. Manyetik uygulama fungal etmenleri tamamı ile kontrol edememiş ancak virulenslik ile ilgili enzimlerde kayıplara neden olmuştur. Manyetik uygulamanın etkisi ilk haftalarda belirgin olurken sonraki haftalarda fungal etmenlerin kontrol grupları ile arasındaki fark giderek azalmıştır. Bu uygulamanın diğer kimyasal metodlar ile kombinasyonu sağlandığında fungusların daha etkili kontrol edilebileceği öngörülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Manyetik alan, *Penicillium expansum*, *Zymoseptoria tritici*, fungus, protein, protease

ABSTRACT

MSc Thesis

EFFECTS OF MAGNETIC FIELD EFFECT ON PHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FUNGI

Fırat ERGÜL

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Murat DİKİLİTAŞ
Year:2021, Page: 46

This research was conducted in Laboratory of Faculty of Agriculture in Harran University between 2018-2019. *Penicillium expansum* and *Zymoseptoria tritici* fungal agents were exposed to 1.5 Tesla magnetic field and their physiological and biochemical responses were measured. These values were evaluated in terms of pathogenicity or virulence factors that could be affected physiologically and biochemically. Fungal agents were exposed to 1.5 Tesla (T) magnetic field for 0-, 5-, 10-, 20-, 30-, 60 ve 120 minutes produced by magnetic resonans imaging (MRI) device and incubated for 3 weeks at room temperature in the dark. After this period, mycelial development, sporulation and biochemcial enzyme activities (protease and laccase) for both fungal agents were significantly reduced at 60 and 120 min exposure, $p<0.05$. Magnetic field application could not inhibit both fungal agents, however, it led to reduction in enzymes related with virulence. The effect of magnetic field was more pronounced in the first week, then the effect was diminished between the control and the treatment groups. It was concluded that the combination of this method with other chemical methods would effectively control the fungal agents

KEY WORDS: Magnetic field, , *Penicillium expansum, Zymoseptoria tritici*, fungus, protein, protease

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans eğitimim ve tezimin her aşamasında mesleki anlamda gerekli bilgi, deneyim ve donanıma sahip olmamı sağlayan danışman hocam sayın Doç. Dr. Murat DİKİLİTAŞ'a, değerli bilgisiyle yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Sema KARAKAŞ DİKİLİTAŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince beni destekleyerek her an yanımda olan, destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli eşim Öğr. Gör. Menekşe ERGÜL'e her aşamada bana duyduğu güven için en içten duygularla sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimde bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen ve manevi desteğiyle her zaman yanımda olan değerli arkadaşım Ziraat Yüksek Mühendis Nevzat KILINÇ' a teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Elektromanyetik Spektrum. Kısa dalga boyundan uzun dalga boyuna kadar elektromayetik dalgaların görüntüleri. 9
Şekil 3.1. Fungal etmenlerin manyetik alana maruz bırakılmaları ve biyokimyasal paramatrelerin araştırılması öncesi yapılan hazırlıklar. 22
Şekil 4.1. a ve b P. expansum fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları sporulasyon ve miselyal gelişim kapasiteleri. 27
Şekil 4.2. a ve b. Z. tritici fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları sporulasyon ve miselyal gelişim kapasiteleri. 28
Şekil 4.3. a ve b. a) P. expansum ve b) Z. tritici fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklI sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları miselyal gelişim kapasiteleri. 30
Şekil 4.4. P. expansum fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları protease ve laccase enzim aktiviteleri. 33
Şekil 4.5. Z. tritici fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları protease ve laccase enzim aktiviteleri. 34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. *Penicillium expansum* fungusunun sınıflandırılması……..……..…….. 15
Çizelge 3.1. Patates dekstroz agar (PDA)…..…….. 19

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABTS	2'-Azino-Bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic asit
BSA	Bovin Serum Albumin
cm	Santimetre
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
DC	Doğrusal Akım
EMA	Elektromanyetik Alan
EM	Elektromanyetik
G	Gauss
g	Gram
Hz	Hertz
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MDA	Malondialdehyde
ml	Millilitre
NMR	Nükleer Manyetik Rezonans
Oe	Oersted
PDA	Patates Dextrose Agar
spp.	Türler
sp.	Tür
SOD	Superoxide dismutase
SYL	Septoria Yaprak Lekesi
SH	Standart Hata
TCA	Trichloro Acetic Asid
T	Tesla
Zn	Çinko
µm	Mikrometre
µl	Mikrolitre

1. GİRİŞ

Radyolojik görüntüleme yöntemleri son yıllarda hızlı gelişim göstermiş, bu alan içine yer alan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tüm dünyada en çok çalışma ve araştırma yapılan konuların başında gelmekte olup rutin radyolojik incelemeler arasında en çok ilginin odaklandığı yöntemlerden biri olmuştur (Konez, 1995). Manyetik bir bölgede elektromanyetik dalganın vücuda gönderilmesi ve geri dönen iletilerin görüntüye çevrilmesi esasına dayanan manyetik rezonans görüntülemenin; yumuşak doku kontrast analizleme gücünün yüksek seyretmesi, çok düzlemde kesit alabilmesi (multiplanar görüntüleme), kemik artefaktının olmaması, akımı doğrudan görüntüleyebilmesi, MRG spektroskopi ile *in vivo* biyokimyasal analizlere olanak verilmesi ve x-ışını gibi zararlı etkilerininin olmaması yönü ile oldukça popülerlik kazanan yöntemlerin başında gelmiştir (Konez,1995; Aktı, 2008). Elektrik ve manyetik alanlar temel doğal kuvvetlerdir ve elektrik şarjlarının varlığının veya hareketinin bir sonucu olarak üretilirler. Elektrik ve manyetik alanlar kuvvet ve frekans özellikleri bakımından birbirine benzer dalgalara sahip olup, bu dalgalar ses dalgalarına benzer; güçlü veya zayıf olabilen bir veya birkaç frekans içerebilirler. Dalgaları karekterize etmek için kullanılan Hertz (Hz) dalganın saniyedeki titreşimi olarak belirlenmekte ve frekans ile ifade edilmektedir. Elektromanyetik alanların bir diğer özelliği ise dalga uzunluğu olup, bir titreşim esnasında dalganın yol aldığı aralıktır. Manyetik ve elektrik alanların frekansları düşük olduğunda enerjileri azdır. Frekans arttıkça dalga boyutunda kısalma görülürken, ortamda yayılan enerjide artar(Kalkan ve Aslantürk, 2012). Biyomanyetoloji unsurlarına göre tabiattaki maddeler, yani tüm canlılar, birer manyetik alana sahiptir. Bu manyetik alan da zayıf veya güçlü olabilir(Pavliness, 2002). Yeryüzü de doğal bir manyetik alana sahiptir. Dünya çekirdeği iç çekirdek ve dış çekirdek olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Çekirdeğin iç bölmesi katı olup dış bölmesi sıvı formdadır. Dış çekirdeğin iç çekirdeğin ekseninde dönmesi ile mıknatıslanma etkisi meydana gelir. Bunun sonucunda manyetik alan oluşur(Sabuncu, 2000; Yalçın ve Saygın, 2016).

Elektromanyetik spektrumda iyonlaştırıcı olmayan ışınımlar çok düşük frekanslı (50 Hz) manyetik ve elektrik alanlardır; iyonize olan ışınımlar ise çok yüksek frekanslıdır. Yani parçacık yayılımında bulunan bu ışınlar; X ışınları, mor-ötesi ışınımlar ve gama ışınlarıdır (Sabuncu, 2000; TMMOB, 2012).

Elektrik enerjisi üretildiği yerden uzak mesafelere transmisyon hatları ile taşınır. Enerji ileti yolları yüksek gerilim ve akımlarından dolayı etrafında elektrik ve manyetik alanlar meydana getirirler (Delpizzo ve ark., 1997; Aktı, 2008). Tüm akım taşıyan kablolar ve elektrikli aletler tarafından oluşturulan bu elektromanyetik (EM) alanların şiddeti, kaynaklarından uzaklaştıkça azalmaktadır (Jauchem, 1991; Aktı, 2008; Yalçın ve Saygın, 2016). Elektrik ile manyetik alan bileşenlerinin oluşturdukları dalgalarla Elektromanyetik alan oluşmaktadır (Başbakanlık, 2011). Günlük hayattaki elektrik enerjisinin gereksinim ve kullanımının gün geçtikçe artması ile çevremiz elektromanyetik alanların (EMA) tesiri altında daha fazla kalmasına yol açmaktadır. Günlük kullanılan bütün elektrikli cihazlar güçleriyle aynı orantıda Elektromanyetik alan oluştururlar. Özellikle elektrik trafoları ve yüksek gerilim hatlarına daha yakın olan canlılar EMA'ın tesiri altında kalmaktadır (Dardeniz ve Tayyar, 2007). Elektrik sistemlerinden kaynaklanan Elektromanyetik alan oldukça düşük seviyede frekansa (50 Hz) sahip olup, sistemin gücüne ve mesafesine bağlı olarak farklı şiddetlerde etkili olmaktadır (Şeker ve Çerezci, 2000). Biyolojik sistemlerin, değişik frekans ve şiddetlerdeki Elektromanyetik alan uygulamalarına farklı biyolojik cevaplar verebildikleri bildirilmektedir (Goodman ve ark., 1995; Dardeniz ve Tayyar, 2007).

EMA canlı organizmalar üzerinde farklı şekillerde etkiler gösterir, bu etkiler canlı organizmanın bölgelerine göre değişiklik göstererek hücre seviyesinde oluşur (Şeker ve Çerezci, 2000). Manyetik alanın (MA) bitki gelişimine olan etkisi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Dardeniz ve Tayyar, 2007; Dardeniz ve Tayyar, 2011). Elektromanyetik alan ile yapılan çalışmalarda soya fasulyesi, tahıl, ayçiçeği gibi farklı bitkilerin verimlerinin EMA'dan olumlu yönde etkilendiği belirtilmektedir (Bosica ve Zeriu, 1990; Vakharia ve ark., 1991; Danilov ve ark., 1994; Phirke ve ark., 1996a ve b).

Biyolojik sistemlerin karmaşık bir yapıya sahip olmasından dolayı, EMA'ya maruz kalan canlılarda meydana gelen etkilerin değerlendirilmesi oldukça zordur. Yapılan bir araştırmada, Komatsuna (*Brassica* sp.) bitkisinin 5 Gauss'luk manyetik alana maruz bırakılarak, çimlenme oranının arttığı belirtilmiştir (Namba ve ark., 1995). Yapılan başka bir çalışmada, çeltik ve Soğana 30 dakikalık süre ile 108 Oe'lik (Oersted) EMA'ya tabi tutularak, tohum çimlenme oranının yükseldiği tespit edilmiştir (Alexander ve Doijode, 1995). Martinez ve arkadaşları (2002), buğday bitkisine farklı şiddetlerde manyetik alan kullanılmışlar ve bitki boy ve ağırlıklarının manyetik alan şiddetinin artmasıyla orantılı bir şekilde artığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çok araştırmada da, EMA'ın çeşitli canlılarda etkileri EMA'ın frekansına, şiddetine, özelikle maruz bırakılma süresine, organizma şekline ve biyolojik sistemine göre farklılıklar bulunmuştur (Blank ve Goodman, 1997; Miyakoshi ve ark., 1997; Belyavskaya, 2004).

Bhatnagar ve Deb (1977), arpa, yulaf ve buğday tohumlarına 0.05 Tesla (T) ile 0.30 T arasında MA uygulamışlar ve 0.10 T ile 0.15 T'lık manyetik alan şiddetinin, çimlenme oranı ile kök ve sürgün boylarında olumlu yönde etkili olduğu saptanmıştır. Yapılan araştırmalarda, manyetik alana maruz bırakılan her bitkinin, alan şidettinin yanında muamele sırasındaki ortam uygulaması sırasında her bitki çeşidi için alan şiddeti ile muamele sırasındaki şartların özellikle ortam sıcaklığı, tohum nem oranı gibi faktörlerin önemli olduğu belirtilmiştir. Bitkiler farklı genotip yapıya sahip oldukları için, manyetik alan uygulamaları farklı tepkilere (çimlenme oranı, kök ve fide büyümesi vb.) neden olmaktadır.

Bitkiler kimyasal, elektriksel ve morfolojik olarak polar yapıya sahip oldukları için radyal ve boylamsal olacak şekilde kutuplaşmışlardır. Hücreler arası iletişimi, iletim organlarındaki iyonik akış yolunu izleyerek sağlarlar. Bitki yapısında oluşabilecek yük değişimlerinin bitkilerde örneğin, kutuplaşma (Peng ve Haffe, 1977) ve iyon alışverişi (Black ve ark., 1971) gibi çeşitli farklılıklara sebep olabileceği belirtilmektedir (Krizaj ve Valencic, 1989).

Manyetik alan etkisinin bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerindeki etkileri olumlu ve olumsuz açıdan ele alınmasına rağmen, fungal ve bakteriyel etmenler ile ilgili çalışmalar son dönemlerde önem kazanmış, giderek artan çalışmalara konu

olmalarına rağmen diğer alanlar ile kıyaslandığında elde yeteri kadar yayın olmadığı anlaşılmıştır. Mikrorganizmaların manyetik alanların etkisinde verdiği tepkiler onların stress koşullarına adaptasyonu nasıl elde edebileceğine ve manyetik alanların fungal ve bakteriyel etmenlerin üzerinde hangi frekans, süre ve şiddet değerlerinin inhibisyon yapacağını belirlemek, o etmenlerin kontrolünde önemli rol oynayacağı gibi bu yaklaşımla çevre dostu bitki koruma stratejilerinin geliştirilip geliştirilemeyeceği de belirlenmiş olacaktır.

Funguslar yaklaşık 45000 çeşidi bulunan, içlerinde bitki ve hayvanlar için çeşitli hastalık etmenlerini taşıyan çok sınıflı organizmalardır. Fungusların, klorofil organeli olmadığı için kendi besin maddelerini kendileri üretemezler beslenmeleri heteretrof saprofit veya parazittir. Fungusların neden oldukları hastalıklar son derece yıkıcıdır. Ürünler üzerinde kalite ve kantiteyi olumsuz etkilediği gibi çıkardığı toksinler ile insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkilere sahiptirler. Üretim sektöründe ve özellikle organik tarımda hasat sonrası hastalıkların kontrolünde kimyasal madde kullanmadan fungusların veya diğer patojenlerin inaktif edilmesi veya elemine edilmesi, çevre ve insan sağlığı açısından büyük öneme sahiptir (Schirmer ve ark., 2000; Maxin ve ark., 2006). Örneğin, hasat sonrası hastalıklarla mücadelede kullanılabilecek fiziksel savaşım yöntemlerinden biri olarak kabul edilen sıcak su uygulamaları meyvelerde özellikle hasattan sonra olgunlaşmasına devam eden meyvelerde dayanıklılığı arttırarak ürünü korumayı hedefleyen stratejilerden biri olurken ses dalgaları ve manyetik alan uygulamaları ile hem patojenlerin inaktivasyonunu hem de hastalık sonrası sebze ve meyvelerin savunma mekanizmasını arttırmak için kullanılan önemli yöntemlerden bazıları olabilirler. Işın uygulaması yani UV ışık uygulamaları yine fiziksel olarak uygulandıklarında hem patojeni kontrol etme yeteneğine sahip olup hem de dokuların içine nufuz ederek onları güçlendirebilir ve bu özelliklerinden dolayı sebze ve meyvelerin daha uzun süre korunmasına olanak sağlanabilir. Bu gibi kimyasal içermeyen yöntemler son yıllarda giderek popularite kazanmış olmasına rağmen bu uygulamaların en üst ve alt dozlarının fungal ve bakteriyel etmenler üzerine etkileri iyi değerlendirilmeli uygulanacak doz ve sürelerin çevre ve insan sağlığı açısından da ele alınması gerekmektedir. Bu yöntemler pratik olarak kullanılabilme açısından ve geniş konukçu dizisinde başarı bulma açısından ön plana çıkmaktadır. Manyetik alan kullanımı da bu alanda gelişme potansiyeli olan alanların başında gelmektedir.

Örneğin, statik manyetik alan, *Fusarium culmorum* üzerinde yapay ortamda incelenmiş olup ve fungal gelişimin engellenmesi morfolojik ve biyokimyasal değişimlerle ortaya konmuştur. Ayrıca, fungal konidi oluşumu ve yoğunluğu da azalmıştır (Albertini ve ark., 2003). *Fusarium culmorum* üzerinde yüksek manyetik alan etkisinin miselyumun doğrudan gelişimine engel olduğu görülmüştür (Gorczyca ve ark., 2009).

Artan dünya nüfusu, ekilebilir tarım alanlarının azalması ve hızlı kentleşme, çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Dolayısı ile bu koşullar altında mevcut tabloyu daha da ağırlaştırmadan bitki koruma stratejileri arasında çevre dostu, hızlı tepki verebilen yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bitki koruma stratejileri arasında kimyasal mücadelenin önemi tartışılamaz boyutta olmasına rağmen pestisit kullanımının düşürülmesi ve ilave teknolojik yöntemler ile pestisit kısıtlamasına gidilmesi çevre dostu yaklaşım olarak ön plana çıkacaktır. Yüksek düzeyde kullanılan pestisitler ürünlerde kalıntı bırakmakta ve tüketiciler için önemli sağlık problemleri ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada, manyetik alan enerjisinden yararlanarak mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanmaya çalışılmış, normal mıknatıs teknolojisinden çok daha yüksek düzeyde manyetik alan üretilerek mikroorganizmaların dayanma sınırı belirlenmeye çalışılmıştır. Özellikle hasat sonrası ortaya çıkan fungal etmenlerin ürün kayıplarını manyetik alan etkisi ile en aza indirmek ve tarımda kullanılan pestisit miktarını azaltmak ve çevre dostu yaklaşım ile ürünü korumak büyük önem arzeden konular arasında olup, potansiyel olarak gelecekte uygulanması muhtemel yöntemler arasındadır.

Bütün canlılar çeşitli kaynaklardan yayılan manyetik alanın tesiri altındadır. Örneğin, *Ephestia kuehniella* dişilerinin günlük yumurta verimi, ergin ömür uzunluğu ve yumurta açılımı üzerine güç kaynağından gelen farklı düzeylerde (0, 1.5, 3, 5, 7.5 ve 10 mT) DC (doğrusal akımın) manyetik alanın 24 saat süre boyunca 50 Hz'de tepkileri incelenmiş, manyetik alanın artmasıyla, ölüm oranlarında artış olup 10 mT'da erginlerin tamamında ise ölüm görülmüştür. % 92 oranında canlı ergin ile en yüksek kontrolde bulunmuş, zararlı canlının ömür uzunluğu manyetik alanın artmasıyla önemli ölçüde azalmıştır ($P<0.05$). Manyetik alanın artmasıyla alana maruz kalan dişilerin günlük verdiği yumurta sayısı ve bu yumurtaların açılımları da önemli ölçüde azalmıştır. en yüksek dozla beraber muamele

durumunda bu yumurtalardan larva çıkışına tamamen engel olmuştur. *E. kuehniella* erginlerine karşı manyetik alanın LD_{50} ve LD_{99} değerleri sırasıyla 5.23 mT ve 12.81 mT olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara neticesinde, 24 saat süreyle 10 mT manyetik alan muamelesi ile bu zararlı için canlılığını ile yumurta verimini kontrol altına tutmak için yeterli görülmüştür (Pandır ve ark., 2013).

Elektromanyetik alanın Cardinal üzüm çeşidi kalemlerinin vejetatif gelişimi üzerindeki etkileri ile ilgili yürütülen bir çalışmada ise; Cardinal üzüm çeşidinin yıllık dallarına farklı (5, 10, 15, 20 ve 25) dakikalık sürelerde uygulanan düşük frekanslı elektromanyetik alanın (50 Hz 0.15 mT'lık), kalemlerin vejetatif gelişimini nasıl etkilediğini araştırılmış, yıllık dallar elektromanyetik alan uygulamasına tabi tutularak dikimden önce 5-6 cm uzunluğunda tek gözlü kalemler olacak şekilde kesilip hazır hale getirilmiştir. Bu çalışmada, düşük frekanslı elektromanyetik alanın Cardinal üzüm çeşidi kalemlerinin gelişme gücü, sürme yüzdesi, kök ağırlığı, kök sayısı, köklenme yüzdesi, kök gelişim düzeyi, sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, boğum sayısı, ortalama boğum uzunluğu, kök ağırlığı/sürgün ağırlığı ve sürgün+kök ağırlığı gibi değerleri % 5 sevyesinde iyileştime yönünde sonuçlar elde edinilmiştir (Dardeniz ve Tayyar, 2007).

Son zamanlarda MRG tekniği sadece insan hayatı ile ilgili alanlarda kullanılmamış, bitkisel ve mikrobiyal çalışmalarda da yer aldığından, bitkilerde MRG yöntemi ile bitkinin içsel yapısı (Sequi ve ark. 2007), aşıda kaynaşma durumu (Bahar ve ark., 2010), su hareketi ve çekirdek hareketinin belirlenmesi, solgunluk çalışmalarında (McCarthy ve ark., 1995; Clark ve ark. 1999), meyve eti kararmasında (Abbott, 1998), çürümelerde, soğuk ve donma sonucu oluşan değişimlerin görüntülenmesinde (Clark ve Burmeister, 1999) önemli çalışmalar yapılmıştır. Ancak yapılan literâtür çalışmalarında MRG ve fungal inhibisyon ile ilgili çalışmalara rastlanılmamış, manyetik alan etkisinin fungal inhibisyonun üzerine olan etkileri değerlendirilmemiştir. Bu çalışma ile MRG'nin etki süresinin 30 dakika içinde 1.5 Tesla statik manyetik alan içinde fungal etmenlerden *Penicillium expansum* ve *Zymoseptoria tritici* üzerinde oldukça yüksek olarak uygulanan manyetik alan etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmış olup, hem bitkinin gelişme dönemindeki fungal etmen olan *Z. tritici* hem de hasat sonrası seze ve meyve gibi ürünler üzerinde etkili olan *P. expansum* fungusunun etkilenme

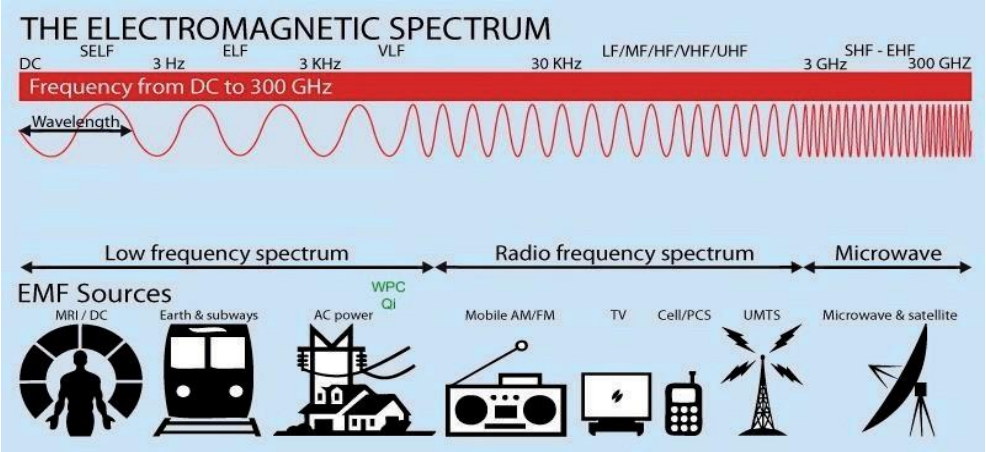
durumu ortaya konarak mücadele için temel teşkil edecek veriler elde edilmesi planlanmıştır. Önceki çalışmalar bölümünden de görüleceği üzere bu derece yüksek seviyede manyetik alan uygulaması yapılmamış, bu çalışma ile manyetik alan uygulamasının üst seviyesine çıkılarak fungal etmenlerin kontrolü değerlendirilmiştir. Böylece fungal etmenlerin miselyal ve konidial olarak gelişiminin etkilenip etkilenmediği ve farklı virulens ve patojenik dereceye sahip fungal etmenlerin kontrolünde kullanılıp kullanılmayacağı belirlenmiş olacak ve bunun için fizyolojik ve biyokimyasal parametreler ile fungal etmenlerin kapasitesi ölçülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Elektrik yüklerinin (şarjları) yer değiştirmesiyle oluşan akım neticesinde manyetik alan ortaya çıkar. Örnek verirsek, lambanın yanmasıyla akımın beslenme kablosundan ampule geçişinden kaynaklanan manyetik alan oluşur. Manyetik alan, herhangi bir noktada yönü ve şiddeti olan vektörel bir büyüklüktür. Bütün manyetik alanlar frekans, spinin yönü, spinin büyüklüğü veya gücü olmak üzere üç değişkeni içerir. (Tamam ve ark., 2016). Manyetik alanda, manyetik akım yoğunluk birimi Tesla (T) uluslararası birimi kullanılmaktadır. Ölçü birimi olarakta Gauss (G) birimi de kullanılır. Akım yükseldikçe bununla beraber manyetik alan da o kadar yükselmektedir. Manyetik alan şiddeti de mesafe ile hızla azalır, elektrik alanında aynı şekilde azalmaya neden olur. Ancak manyetik alan, elektrik alanındaki gibi engel teşkil eden nesnelerden neredeyse hiç engellenmemektedir (TMMOB, 2012).

Elektrik ve manyetik alanlar temel doğal kuvvetlerdir ve elektrik şarjlarının varlığının veya hareketinin bir sonucu olarak üretilirler. Elektrik ve manyetik alanlar kuvvet ve frekans özellikleri benzer olan dalgalara sahiptir (Delpizzo et al., 1997). Elektrik alan zaman içinde manyetik alana, manyetik alan da zaman içinde elektrik akımına dönüşebilir. Yani birinin zamanla değişmesi diğerinin oluşmasına sebeptir. Zamanla değişen elektrik ve manyetik alanların, periyodik değişimli dalgalar (elektromanyetik dalga) halinde uzaya enerji yayması söz konusudur. Uzaya yayılan bu enerjiye elektromanyetik enerji denir (Caner, 2010).

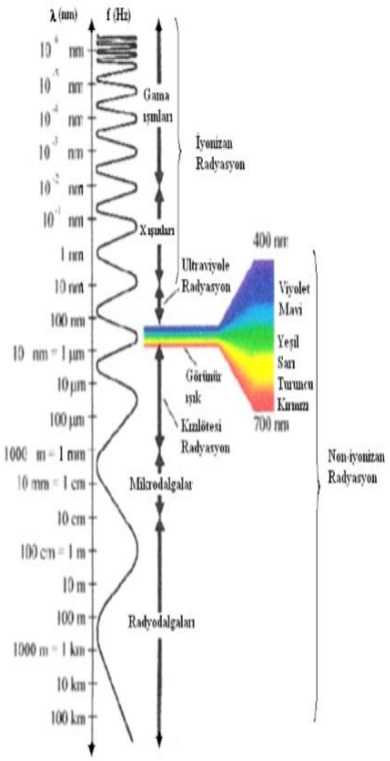
Günlük hayattaki elektrik enerjisinin ihtiyaç ve kullanımının giderek artmasıyla beraber çevremiz elektromanyetik alanların tesirinde kalmaktadır. Günümüzde kullanılan elektrikli cihazların tamamında güçleriyle orantılı elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Elektromanyetik spektrum (Şekil 2.1) tüm elektromanyetik dalgaları bir arada göstermesiyle birlikte bir tarafında yüksek enerjili ve nanometre seviyesinde dalga boyu olan gama ışınları, diğer tarafında düşük enerjili ve kilometreler seviyesinde dalga boyu olan çok düşük frekanslı alanlar bulunur. Elektromanyetik radyasyon 3-3000 Hz arasında olan genellikle insan yapımı kaynaklardan meydana gelmektedir(Tamam ve ark., 2016).



Şekil 2.1. Elektromanyetik Spektrum. Kısa dalga boyundan uzun dalga boyuna kadar elektromayetik dalgaların görüntüleri.

Hücre, yapısında naturel bir elektrik yüküne sahiptir, bu elektrik yükü hücre işlevlerinin sürdürülmesinde önemli bir etkendir. Çok ufak elektromanyetik dalgalar dahi bu yükün etkilenmesinde rol oynar. Naturel olmayan elektromanyetik radyasyon, molekülleri etkilemesiyle metabolizmayı değişikliğe uğratabildiği gibi zarar vermede de etkilidir. Kızılötesi (İnfrared) ısı dalgaları, radyo dalgaları, mikro dalgalar, gamma ışınları ve X-ışınları ve bu dalgalar gibi yüksek enerjili dalgalardan oluşmuştur. Genel olarak dünyadaki EM dalgalar iyonlaşabilen ve iyonlaşmayan dalgalar olarak ikiye ayrılır. Elektromanyetik spektrum, iyonizan ve non-iyonizan radyasyon olarak iki ana başlık altında sınıflandırılır (Şekil 2.2). İyonizan radyasyon, madde içinde ilerlerken ortamdaki atom ve moleküllerle etkileşerek, bu atom veya molekülleri doğrudan ya da dolaylı yollarla iyonlarına ayıran radyasyondur (Pehlivan, 1997). Elektromanyetik spektrumda, bu özelliğe sahip dalgalar, X-ışınları ve gama ışınlarıdır. Non-iyonize radyasyon ise, maddelerin atom veya molekülleri ile etkileşime girebilecek kadar enerjisi ve dolayısıyla iyonlaştırıcı özelliğe sahip olmayan radyasyondur. Non-iyonize özelliği bulunan EM dalgalar; mikrodalgalar (MD), radyodalgaları (RD), kızılötesi (İnfrared) ışınlar, görünür ışık ve morötesi dalgalardır (Gürgül, 2005). Noniyonizan dalgalarda yer alan RD, MD, infrared ve ışık dalgalar atomda yapısal herhangi bir değişiklik oluşturamazlar. Yani DNA'nın yapısını değişiklik meydana getiremezler. Bu sebeple noniyonizan elektromanyetik dalgalar kronik hastalıklar ile birlikte kansere de neden olamayacağı düşünülmektedir.

X ışınları yüksek enerjili manyetik dalgalardandır. X ışınlar, özel olarak üretilmiş cihazlarda hızlandırılmış seviyede olan elektronların bir metal düzeneğe çarptırılması ile meydana gelir. Tıpta yoğun olarak kullanılan X ışınları insan vücuduna girebilmesi özelliğine sahip olup birçok tanı koyma yönteminde önemli bir yere sahiptir. Gamma ışınları ise bozulan bazı radyoaktif maddelerde atomların çekirdeğinde izotoplarına dönüşme zamanında gama radyasyonu ortaya çıkar. X-ışınlarında olduğu gibi gama ışınlarında da insan vücuduna girme özelliği vardır. Bedenin bir tarafından girip diğer tarafına çıkabilir. Hastalıkların teşhisinde kullanılabilen gama ışınları aynı zamanda kanser tedavisinde tümör hücrelerinin yok edilmesinde de etkilidir. Gama ışınlarının etkinliğinin azaltılmasında kurşun ya da kalın beton engeller kullanılmaktadır.



Şekil 2.2. Işık dalgaları

2.1.Non-iyonize EM Dalgalar

2.1.1. Radyodalgaları (RD)

Bu dalgalar yüksek frekanslı sinüzoidal değişimli akımlardan osilatör ile elde edilirler ve verici bir antenle ortama verilirler. Buna göre radyo dalgalarının kaynağı yüksek frekanslı akımlardır. Çok düşük enerjileri vardır (Caner, 2010).

2.1.2. Mikrodalgalar (MD)

300 MHz ile 300 GHz aralıklarında frekansa sahip non-iyonize elektromanyetik dalgalardır (Schiffmann, 1995). Bir mikrodalga ışınımın frekansı yükseldikçe, o dalganın oluşturulabilmesi için kullanılması gereken enerji miktarı da o kadar yükselmelidir (Stephen, 1997). MD enerjisi, 2450 MHz için yaklaşık olarak %50-72 oranında, 915 MHz için yaklaşık olarak %80-87 oranında bir dönüşüm verimiyle elektrik enerjisinden meydana gelmektedir. Mikrodalgalar; non-iyonize özelliğe sahip olan gün ışığı, ultraviyole ya da kızılötesi ışık gibi diğer dalgalardan daha yüksek dalga boylarına sahipken, enerji miktarı daha düşüktür (Haque, 1999).

2.1.3. Kızılötesi (İnfrared) Işınlar

Kızılötesi ışınlar aynı zamanda infrared ışınlar olarak da adlandırılır. Bu radyasyon bir iyonize olmayan elektromanyetik enerjidir. EM spektrumda görünür ışık ile mikrodalganın arasında bulunmaktadır (Skjöldebrand, 2002). Kızılötesi bölgesi 1.8 ile 3.4 μm dalga boyları aralığındaki elektromanyetik radyasyonu tanımlamaktadır (Fasina ve ark., 2001).

2.1.4. Görünür Işık

Dalga boyları 360 ile 800 nm arasında olan EM dalgalarıdır. Güneş spektrumunda bulundukları gibi, atomların ısı etkisi ile uyarılmaları sonucu da salınır. Görünür ışığın bu özelliğinden yararlanılarak, maddelerin içeriği analiz edilebilmektedir (Pehlivan, 1997).

2.1.5. Morötesi Dalgalar (UV)

$8x10^{14}$ Hz'e kadar frekans seviyelerini ve $3.8x10^{-7}$ m' den $6x10^{-10}$ m'ye kadar dalga boylarını alabilen non-iyonize EM dalgalardır. Güneş, oldukça güçlü morötesi ışık kaynağıdır. Morötesi ışınlarının tıpta sterilizasyon işleminde kullanılmasının sebebi de mikro organizmaların morötesi ışınları soğurduklarında, parçalanmalarıdır (Orhun ve Tanışlı, 2009).

2.2. İyonizan EM Dalgalar

2.2.1. X-ışınları

Elektronların yüksek potansiyel fark altında ivmelendirilmesi sonucu oluşur, 10^{-9} m ile $6x10^{-12}$ m'ye kadar dalga boylarına ve $3x10^{17}$ Hz ile $5x10^{19}$ Hz'e kadar olan frekans seviyelerine sahiptir. Tıpta bir teşhis aracı olarak kullanılan X-ışını, kanser hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. X-ışınının canlı dokulara karşı hasar verici etkileri vardır (Orhun ve Tanışlı, 2009; Akın, 2019).

2.2.2. Gamma Işınları

Radyoaktif çekirdeklerin izotoplarına dönüşme süreçlerinde ortaya çıkar ve dalga boyları 10^{-13} ile 10^{-11} m arasında değişen EM dalgalarıdır. Ortamdaki atom veya moleküllerle etkileşime girerek iyonlaşmaya neden olur. Biyolojik özellikleri x-ışınlarıyla benzerdir (Pehlivan, 1997).

2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Tekniği

En modern teknolojiler arasında yer alan manyetik rezonans (MR) görüntüleme, son dönemlerde tıp alanında yaygın kullanılmış ve görüntülemede yeni bir devrin başlamasında rol oynamıştır. Tıp dallarından biri olan kardiyoloji de manyetik rezonans, anjiyografi etkin kullanılmıştır. Vücudun damarsal yapılarını göstermede kullanılabilmesi girişimde başarıyı artırmıştır. Aynı zamanda MRG ile işlevsel görüntüler, üç boyutlu ile hareketli görüntüler de mümkündür. Manyetik rezonans fizik prensibi olarak manyetik alan gücünden faydalanarak görüntü

meydana getirdiği için zararlı olabilecek X ışınlarını bulundurmamaktadır. Radyolojik teşhis metotları arasında, yumuşak dokuları birbirinden ayırabilen metot MRG metodudur (Tuncel, 2004). 1946 tarihinde Purcell ve Bloch tarafından Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) ilk olarak tanımlanmıştır. Yaptıkları bu araştırmalardan dolayı 1952 tarihinde Nobel ödülüne layık görülmüş olup çalışmalarının yayınlanması ile NMR kimyasal yapıların analizi çalışmalarında çok önemli bir yere sahip olmuştur. 1973'te Mansfield ile Lauterbur çalışmasında NMR tekniğini kullanarak fiziksel yapıların analizi yapılmıştır. Bu araştırmaların hız kazanmasıyla MRG yöntemi birçok biyomedikal, tıp, kimya ve mühendislik uygulamalarında kullanılmıştır(Tuncel 2004).

Tüm canlı organizmalar çeşitli kaynakların yaydığı manyetik alanın etkisi altında kalır. Bütün yaşayan sistemler, yanıt sistemlerinin etkisiyle elektrik ve manyetik alan ve elektromanyetik alanın etkisi altında kalır (Büyükuslu ve ark., 2006).

Biyomanyetoloji esaslarına göre tüm maddelerin aynı zamanda tüm canlıların, zayıf veya güçlü birer manyetik alan özelliği vardır (Yalçın ve Saygın, 2016). MA, biyoloji alanında görülen bir çevre faktörü olup (Dunlop ve Shmidt, 1969), manyetik alanın bitkilerin büyümesinde ve gelişmesinde etkileri ve bu etkilerinin olumlu ve olumsuz yönleri, kolay kullanılabilme imkanı üzerine tartışmalar son yıllarda yoğun olarak araştırılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, manyetik alanın bitkilerin büyümesi ve gelişmesinde genellikle pozitif etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Farklı bitki türleri ve çeşitleri ile yapılan araştırmalarda manyetik alanın çiçek verimi ve sayısı (Matsuda ve ark., 1993; Danilov ve ark., 1994), tohum çimlenme hızı ve oranı (Amaya ve ark., 1996; Namba, 1996; Torres ve ark., 1999), erkencilik (Danilov ve ark., 1994; Samy, 1998) durumlarında olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Daha önce belirtildiği gibi mikroorganizmalar üzerinde yapılan çalışmaların azlığı bu alanda manyetik alan etkisinin tam olarak değerlendirmesine engel teşkil etmiştir. Funguslar, ökaryotik mikroorganizmalar grubunda yer alıp, bitki hücresi ile mukayese edildiğinde, hücre çeperi ve klorofil dışında, bitki hücresine benzer yapılar göstermektedir. Bu nedenle çevre şartlarına duyarlı olduğu gibi stres

faktörlerinden etkilenmeleri mümkündür(Madigan ve ark., 1997; Mutlu ve ark., 1999; Lin ve Li, 2000). Fungal etmenler; 80.000 cinsi ile pekçok hastalık etmenini barındıran mikroorganizmalar olup güçlü hücre duvarına ve ipliksi bir yapıya sahiptir. Bakteri hücrelerinden farklı olarak çekirdek zarı bulunmaktadır(Lahlali ve ark., 2004). Funguslar, tek hücreli canlılar olup heterotrof olduklarından beslenebilmek için dış ortama bağımlıdırlar, bu nedenle dışarıdan aldıkları organik maddelerin parçalanmasından enerji ihtiyaçlarını karşılarlar. Çoğunluğu saprofit olarak yaşayan fungal etmenlerin hasat öncesi ve sonrası patojen olarak hayatına devam eden formları bulunmaktadır. Sporlanma ile çoğalan funguslar eş zamanlı eşeyli ve eşeysiz sporlanma özelliği bulunmaktadır(Mutlu ve ark., 1999).

Fungus ve bakterilerin gelişimine birçok faktör etki eder, önde gelenler oksijen seviyesinin düşük olması, pH, kuraklık ortam, sıcaklık, ağır metal ve hava kirliliği gibi faktörlerdir. Funguslar geniş sıcaklık ve pH aralarında bile gelişimlerini tamamlayabilirler ve abiyotik stres koşullarında hem çoğalma hem de hastalık yapabilme kabiliyetine sahiptirler (Asan ve ark., 2002). Dolayısı ile kontrol edilmeleri çok zordur. Taze meyve ve sebzelerde hasat sonrasında depo çürüklüğü yapabilirler hatta hasat sonrasında ürünlerde hastalığa yol açarak kalite ve kantite kaybına neden olabilirler (Temur, 2012). Ürünlerin gelişme aşamasında epidermis, kutikula, lentisel, stoma ve yaralardan enfeksiyon oluşturabilirler. *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria* spp., *Botrytis* spp., gibi türler bu gibi koşulları hızlı değerlendirebilen fungal etmenlerdendir (Torres ve ark., 2006; Benli, 2000; Faten, 2005; Özgönen ve Kılıç, 2009; Lore ve ark., 2011; Jurick ve ark., 2009;; Grohovac ve ark., 2011; Rivera ve ark., 2012; Özgönen ve Kılıç, 2013, Antunes ve Cavaco, 2010). Özellikle *Penicillium* türü funguslar, bitkilerden; turunçgil, elma ve domatesde ciddi kayıplara yol açmaktadır (Boubaker ve ark., 2009; Houbraken ve Samson, 2011).

İlk olarak 1809'da araştırmacı, mantar bilimci ve botanikçi olan John H.F. Link, saprofit patojen olarak bilinen *Penicillium* türünden söz etmiştir. Link, araştırmalarında *Penicillium* türünün üç farklı cinsini ele almıştır. Bunlar; *P. Expansum, P. candidum* ile *P. glaucum* cinsleridir. Bu üç farklı cinsin ortak özellikleri ise fırça tipinde konidiofor üretmeleridir(Link, 1809). *Penicillium* cinslerine ait son sınıflandırma şekli, Çizelge 2.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. *Penicillium expansum* fungusunun sınıflandırılması (Dhakar ve ark., 2014).

Alem	Funguslar
Şube	Ascomycota
Dizi	Eurotiales
Sınıf	Eurotiomycetes
Aile	Trichocomaeate
Cins	*Penicillium*
Alt cins	*Penicillium*
Grup	Expansa
Tür	*expansum*

Fungal etmen *Penicillium expansum* meyve ve sebzenin hastalık görülen bölümlerinde çok fazla sayıda spor çoğaltmaktadır. *Penicillium* cinsinin birkaç türü çeşitli sebze ve meyvelerde çürümeye neden olan önemli bitki patojenleridir. *Penicillium expansum* 21 bitki cinsinde hastalığa yol açmaktadır (Bogiang ve ark., 2009). Meyve ve bitkilerin saklanma depolarında sporlar üreyerek hava yoluyla yayılım artmaktadır. Özellikle nemli ortamı seven fungus sporları çimlenerek enfeksiyon ortamı yaratabilmektedir. *Penicillium* cinsleri geniş bir sıcaklık aralığında (0-45°C) rahatlıkla gelişim gösterebilmektedirler. *P. Expansum* türünün en ideal gelişme sıcaklığı 20-25°C aralığındadır. Mavi küf etmeni olarak da bilinen fungal etmen, özellikle depolama sırasında meyveler arasında fiziksel deformasyon olması durumlarında daha hızlı yayılmakta hatta fiziksel deformasyon olmasa bile olgunlaşmanın hızlanması ile patojene hassasiyetin arttığı bilinmektedir. Fazla olgunlaşan ve uzun bir zaman depoda kalan meyvelerde lentisellerden enfeksiyon daha hızlı gerçekleşmektedir. Enfeksiyon başlangıcında sulu çürüklük görüntüsü açık kahverengi renkte lekelere dönüşür. Enfeksiyonun başladığı noktadan kenarlara ilerleyerek açık kaheverenginden mavi rengine geçiş yaparak yoğun spor kümelerine yol açmaktadır. Konidi çoğalımı yüksek oranda görülen sıcaklıklarda teşvik edilerek birçok meyve ve sebze için enfeksiyon kaynağı haline gelmektedir (Özgönen ve Kılıç, 2013).

Septorya yaprak lekesi, Ascomycota şubesinin Mycosphaerellaceae familyasına ait piknidial bir fungusdur. Eşeyli dönemi *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous türleridir. Eşeysiz dönemi *Septoria tritici* türüdür. Hastalığın ilk enfeksiyonu yaprakların alt kısmında görülür, çevre şartlarına bağlı olarak

yaprakların üst kısmına doğru ilerler. Enfeksiyon belirtileri düzenli olmayan, küçük, orta kısmı sarının açık tonu veya kirli sarı renkte lekelerle yaprağın yeşil bölümlerinden kesin çizgilerle ayırt edilebilendir. Bu lekelerin üzerinde oluşan siyah noktacıklar piknidiumlar olup, yaprak üzerinde rahatça görülmektedir. Etmen anız ve bitki artıkları üzerinde miselyum olarak kışı geçirir. Enfeksiyon ilk yağışlarla ilkbaharda piknidiosporlar ile başlar ve rüzgâr ile uzak mesafelere taşınır (Zillinsky, 1983). *Septoria* cinsine ait 1000 ila 2000'den fazla tür bildirilmiştir (Kirk ve ark., 2001). Etmenin dünyanın birçok ülkesinde varlığı tespit edilmiş (Garcia ve Marshall, 1992) ve ciddi ürün kayıpları meydana getirdiği rapor edilmiştir (Medini ve Hamza, 2008). Hastalık faktörü, gübrenin aşırı kullanımı ve geniş yapraklı çeşitlerin yetiştirildiği bölgelerde önemli ürün kayıplarına yol açmaktadır. Ana konukçusu buğday olmakla birlikte arpa ve çayır bitkilerinde de yoğun raslanmaktadır (Kurt, 2016). İlkbahar mevsiminin yağışlı geçdiği dönemlerde septorya yaprak lekesi etmenin daha sık görüldüğü rapor edilmiş, son yıllarda hastalığın yaygınlaşmasıyla birlikte epidemi yapma riski de giderek artmıştır. Hastalığın elverişli koşullar altında %25-50 arasında ürün kaybına neden olabildiği bilinmektedir (King ve ark., 1983).

Elektromanyetik dalgalar ile bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar genel itibari ile vegetatif dönemi esas almış, bitkinin gelişimine olan etkileri incelenmiştir. Örneğin, Eşitken (2003), çalışmasında serada yetiştirilen çilekte manyetik alan uygulamasının etkilerini araştırmış, kısa gün özelliğine sahip Camarosa çilek çeşidinin manyetik alan oluşturmak amacı ile bitkilerin yaklaşık 0.3m üzerinden çıplak elektrik teli geçirilerek yaklaşık 0.0054 Tesla (T) lık manyetik alanın etkisi incelenmiştir. Oluşturulan manyetik alan uygulamasında bitkilerde çiçeklenmenin kontrole göre yaklaşık 11 gün erken başladığı, yaprakların alanının ve sayısının, , petiol uzunluğunun ve kök uzunluğunun, arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, manyetik alan etkisi ile bitkilerin yapraklarındaki sodyum, potasyum, kalsiyum, fosfat, magnezyum, azot, demir ve mangan birikimi arttığı aynı zamanda çinko birikiminin ise azalmadığı görülmüştür. Özdemir (2006), çalışmasında asma fidanlarında aşı yerlerindeki içsel yapının manyetik rezonans görüntüleme yöntemi ile incelemiş, 110R anacı üzerine aşılı 2 (*Vitis vinifera* L. cv. Merlot ve Syrah) çeşit ve 4 farklı içsel kaynaşma durumu net olarak belirlenmiştir. Yine, Clark ve ark. (1999), büyüme sırasında kantitatif manyetik alan kullanılarak

mandalina meyvesinin görüntülenmesi incelenmiştir. Mandarinin bölünme evreleri dikkate alınarak, kabukla meyve arasındaki bağlantı dönemsel olarak incelenip gelişme evreleri izlenmiştir. Pan (1996) ise, manyetik alanın tütün böcek kurtlarının yumurta korunması üzerine etkisini araştırmış, *Heliothis virescens*'in (tütün böcek kurdu) yumurta çıkışını düşürdüğünü belirlemiştir. Transpirasyon yapan ağaçlarda gövde çapı değişimleri ve gövde su içeriklerinin MRG ile ilişkisini ise Schepper ve ark. (2011) belirlemişler, gövde çapının tüketilen gövde su içeriği ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Hong (1995), manyetik alanın biyomoleküller, hücreler ve canlı organizmalar üzerindeki etkilerini incelemiş, jeomanyetik alanın kuş yönelimi ve uçuştaki rolünü ele almışlardır. Nagy ve Fischl (2004), statik manyetik alanın *Alternaria* ve Fusarium gibi bazı bitki patojeni fungal etmenlerin büyüme ve sporülasyonunu 0.1-1 mT arasında değişen akım şiddeti ile %10 düşürdüklerini ifade etmişlerdir. Kannan ve ark. (1994) tarafından MRG yöntemi ile mangodaki meyve kurtçukları tarafından oluşturulan doku parçalanmasını kalite kontrol amacı ile görüntülemişlerdir. Abbott (1998) ise elma içerisindeki tohum, patojen enfeksiyonu, kurtçuk ve don zararı gibi durumları incelemek için MRG yöntemine başvurmuşlardır. Clark ve Burmeister (1999) elmada Breaburn çeşidinin fizyolojik bir bozukluk olan içsel kararmayı MRG tekniği ile göstermişlerdir. Namba ve ark., 1995 çalışmasında (*Brassica* sp) bitkisinin çimlenme yüzdesinin 5 Gauss'luk MA'nın oluşturduğu etki ile arttığını saptamıştır. Diğer bir çok çalımada da, EMA'ın farklı canlılar üzerindeki etkilerinin EMA'ın frekansına, şiddetine, maruz bırakılma süresine, organizma tipine ve incelenen biyolojik sisteme göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Bhatnagar ve Deb (1977), Aarholt ve ark., 1981; Belyavskaya, 2004Goodman ve ark., 1995; Miyakoshi ve ark., 1997; Blank ve Goodman, 1997). Bununla birlikte arpa, buğday ve yulaf tohumlarına 0.30 T ile 0.05 T arasında manyetik alanın çimlenme oranı ile kök ve sürgün uzunlukları üzerine pozitif etki gösterdiği saptanmıştır(Bhatnagar ve Deb, 1977). Yine, manyetik alan üzerine yapılan diğer çalışmalarda ayçiçeği, soya fasulyesi, tahıl gibi çeşitli bitkilerin verim ve gelişimlerinin MA'dan pozitif yönde etkilendiği tespit edilmiştir (Phirke ve ark., 1996a,b; Danilov ve ark., 1994; Bosica ve Zeriu, 1990; Vakharia ve ark., 1991; E ve ark., 1991). Çalışmalardan da görüleceği üzere manyetik alanın etkisi şiddetine, süresine ve organizmanın türüne göre değişkenlik göstermekle beraber, organizmalar üzerinde etkili olduğu net olarak ortaya konmaktadır. Bu alana maruz kalan diğer canlıların incelenmesi ve

değerlendirilmesi bitki koruma stratejileri açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada yer alan buğday septoria yaprak lekesi hastalığı kışlık buğdaylarda %40 seviyesine uzanan buğday kayıplarına sebebiyet vermekte, hastalığa karşı mücadelede pekçok koruyucu fungisit önerilmesine rağmen, pratikte önemli bir veri elde edilememiştir. Hastalığın bitki artıkları ve tohum üzerinde taşındığı bilindiğinden en azından depo koşullarında uygun ve etkili bir yöntem ile hastalık etmeninin pouplasyonun kontrol altında tutulması gelecek ekim nöbetleri içinde önemli bir yer tutacaktır. Dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi etkili yöntemler arasında kabul edilmesine rağmen (Torriani ve ark., 2009), hastalık etmeninin fungusit ve çevre koşullarına tolerans göstermesi ile ortaya çıkacak ırk veya izolatların etkinliği de potansiyel tehlike olarak önümüze gelecektir. Dolayısıyla bu gibi fungal etmenlerin tolerans kazanmadan kontrol altında tutulmaları büyük önem arzetmektedir. Buğdayda septoria yaprak leke hastalığı (*Z. tritici)* aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

Alem: *Eumycota*
Şube: *Ascomycota*
Sınıf: *Loculoascomycetes*
Takım: *Dothideales*
Familya: *Mycosphaerellaceae*
Cins*:* *Mycosphaerella*
Tür: *Zymoseptoria tritici*

Eşeysiz dönemi *Septoria tritici*' (Cunfer ve ark., 1999), eşeyli dönemi *Zymoseptoria tritici* [(Desm.) Quaedvlieg & Crous 2011] türüdür.

Z. tritici buğdayın alt yapraklarında klorotik lekeler ile başlar, ve içinde piknitler bulunan düzensiz lezyonlar ile devam eder, daha sonra piknitlerden çıkan fungal sporlar etrafa yayılarak diğer bitkilere taşınırlar. Farklı stres koşullarına dayanım gösteren fungal etmenin tolerans sınırının belirlenmesi için manyetik alanın fungal sporulasyon ve gelişim için değerlendirmesi yapılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada fungal materyal olarak elma meyvesinden izole edilen *Penicillium expansum* ve buğday bitkisinden izole edilen *Zymoseptoria tritici* patojenleri kullanılmış, uygulama maddesi olarak manyetik alan üretiminde (1.5 Tesla) MRG cihazı kullanılmıştır. Çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Laboratuvarlarında, MRG uygulaması ise Harran Üniversitesi Araştırma Ve Uygulama Hastanesi Radyoloji Bölümü'nde yapılmıştır.

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Çalışmada yer alan kimyasallar Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Laboratuvarından kullanılmıştır. Bu kimyasal maddelerden bazıları, Coomassie Brillant Blue G-250, fosfat buffer (pH 7.0), ethanol, Coomassie Brillant Blue Reagent, Tris-HCI (pH 8.8), Bovine Serum Albumin (BSA) Fraction V standart protein, azocasein, trichloro acetic acid (TCA), NaOH olmakla birlikte, diğer kimyasallar ticari firmalardan temin edilmiştir.

3.1.2. Fungusların Yetiştirilmesi

Çalışmada kullanılan fungal etmenler patates dekstroz agar (PDA) ortamında geliştirilmiştir.

Çizelge: 3.1. Patates Dekstroz Agar (PDA)

İçerik	Konsantrasyon (g/l)
Doğranmış, dilimlenmiş patates	200
Glukoz	20
Oxoid Agar No:3	25

Yaklaşık 0.2 kg patates soyulup küçük parçalara bölünmüştür. Daha sonra 30 dakika süre ile 1 litre su içinde kaynatılmış, mira bezinden (Calbiochem) süzülen solusyona 20 g glukoz ilave edildikten sonra, ortam 250 ml hacim içinde 6.25 g agar içeren (% 2.5 w/v) 4 adet 500 ml'lik konikal flasklara yerleştirilmiştir. Bu ortam 20 dakika sürede 121°C'de (2.68 kg/cm^2 basınçta) otoklavda bekletilmiş, Petri kablarına boşaltılmıştır (Çizelge 3.1).

3.1.3. Slope (Eğik) Agar

Fungal etmenleri uzun dönem sağlıklı koşullarda saklamak için cam bir tüp içinde eğik agar oluşturarak 15 ml hacim içinde PDA ortamı hazırlanıp steril edildikten sonra 4°C ± 1°C'de içinde ilgili fungusların misel parçacıkları bulunan ortamlar muhafaza edilmiştir. Fungal etmenleri geri kazanmak için, Petri kapları içinde slope (eğik) agardan elde edilen fungusların gelişimi sağlanmış, gelişim başarılı şekilde tamamlandıktan sonra, fungal kültürler oda sıcaklığında (23 °C ±1 °C), 4 °C ± 1 °C'de muhafaza edilerek çalışmalar için kullanılmıştır.

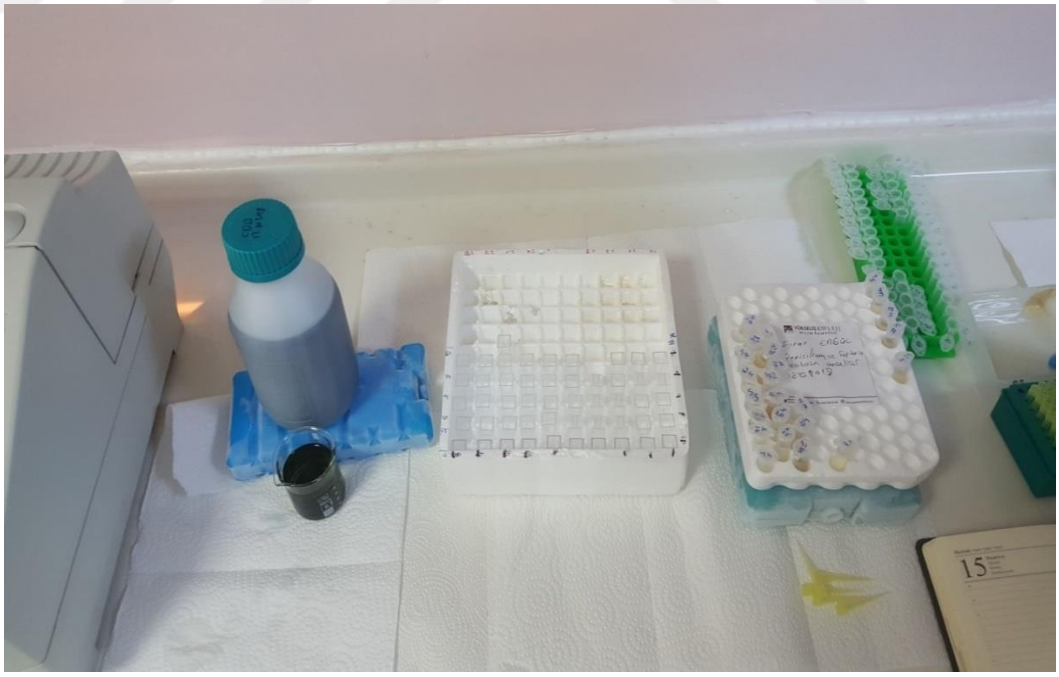
3.2. Yöntem

3.2.1. Funguslara Manyetik Alan Uygulaması

Fungus kolonilerinden gelişmesi için bırakılan, 10 mm çapında bir fungal disk, ortamdan bir cork-borer desteğiyle bölünmüştür. Yeni hazırlanan PDA ortamı içeren Petri kaplarının merkezine aseptik koşullarda aktarılmıştır. Fungal miselyal diskler, PDA agar içeren Petri kaplarının merkezine yerleştirildikten sonra MRG cihazından üretilen 1.5 Tesla manyetik akıma 0-, 5-, 10-, 15-, 20-, 30-, 40-, 50-, 60-, 90-, ve 120 dakika arasında değişen süreler halinde Petri kaplarındaki fungal koloniler, kapakları açık olacak şekilde maruz bırakılmışlar, uygulama gören ve kontrol amaçlı uygulayamaya tabi tutulmayan Petri kapları inkubatörde 23°C sıcaklıkta, karanlıkta 3 hafta süre ile inkübasyona bırakılmışlardır. Fungus türleri her bir zaman dilimi için 3 tekerrür olacak şekilde inkubatöre yerleştirilmişlerdir (Şekil 3.1).

Penicillium expansum miselyal çapları inkübasyon süresince hergün, *Zymoseptoria tritici* ise 3 günde bir ölçümleri yapılmıştır.







Şekil 3.1. Fungal etmenlerin manyetik alana maruz bırakılmaları ve biyokimyasal paramatrelerin araştırılması öncesi yapılan hazırlıklar.

3.2.2. Fungusların Morfolojisi

Fungusların manyetik alan sonrası miselyal yapılarını incelemek için morfolojileri ışık mikroskobu altında değerlendirilmiştir. PDA agar ortamında gelişmeye bırakılan fungus miselleri gözlemlemek üzere sterilize edilmiş bir bistüri yardımıyla 1 cm^2 genişliğinde kesilerek bir parça alınmıştır. Agar ortamında gelişen konidi ve konidioforlar miselden alınan fungal hiflerle lam üzerinde bir damla su içinde incelenmiştir.

3.2.3. Fungal Gelişim ve Spor Yoğunluğunun Belirlenmesi

PDA ortamında geliştirilen *Penicillium expansum* ve *Zymoseptoria tritici* fungus kültürleri manyetik alana maruz bırakıldıktan sonra kültürlere 10 ml steril su ilave edilerek sporlar, steril bir cam çubuk kullanılarak miselyal yüzeye hafifçe dokunarak serbest bırakılmışlardır. Spor izolasyonunu hızlandırmak amacıyla 10

ml lik steril suya 0.1% Tween-80 eklenmiştir. Oluşan süspansiyon bir behere yerleştirilmiş ve spor konsantrasyonu Neubauer heamaocytometer ile sayılmış, sporlar veya konidiler, konidi/ml olarak ifade edilmiştir. Spor yoğunluğunu belirlemek için ise, MRG uygulaması sonucu Petri kaplarındaki fungus kolonisinden 5 mm çapında birer adet fungal disk alınarak tüplere aktarılmış ve 1 ml su içinde sporlar ayrıştırıldıktan sonra tüpler vibratörde çalkalanmış ve sporların homojen dağılımı elde edilmiştir. Dağılımı sağlanan spor süspansiyonundan 100 µl'lik hacim alınarak heamocytometre üzerinde fungal sporlar sayılmış, ve spor sayısı, spor ml^{-1} olarak tespit edilmiştir. Daha sonra birim alana (5 mm çapındaki dairesel alana) bölünen spor sayısı, spor yoğunluğu spor cm^{-2} olarak belirtilmiştir. Her bir ölçüm için 3 tekerrür yapılmıştır.

İnkubasyondan sonra, fungal etmenlerin PDA ortamlarındaki büyüme çapları ilk gün (1.gün) ve son gün (21.gün) olarak ölçülmüş, bunun için bir cetvel yardımı ile iki yönlü olarak Petri kaplarında bulunan fungal gelişim çapları kayıt edilmiştir. Ortalama değerler fungusun miselyal gelişimi olarak ifade edilmiştir.

3.2.4. Protein ölçümü

Manyetik alana farklı süreler halinde maruz bırakılan fungal kültürlerin miselyal yapılarından protein içeriği Bradford (1976) metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Petri ortamında gelişmesi için bırakılan fungal kültürlere aktarılan 10 ml steril su ile miseller yüzeyden kazınmış, yaklaşık 0.1 g ağırlığındaki misellerden fosfat buffer çözeltisi (pH 7.0) yardımı ile mortar ve pestel kullanarak miselyal yapı homoen hale getirilmiş, daha sonra 10 kg de 4 ^{o}C sıcaklıkta, 10 dakika süre ile solüsyon santrifüj edilmiş (Dikilitaş ve ark., 2010) ve elde edilen supernatant 595 nm'de okunarak protein miktarı tayin edilmiştir.

Coomassie Brilliant Blue G-250 boya maddesi Bradford protein ölçümü için kullanılmış, buna göre, 100 mg Coomassie Brilliant Blue G-250, 50 ml 95%lik ethanol içinde çözündükten sonra solüsyon 100 ml 85% lik w/v fosforik asit ile (H_3PO_4) karıştırılıp saf su ile 1 litreye kadar ekleme yapılmıştır. 10-100 µg arasında protein içeren örnekler (100 µl), 5 ml hacminde Coomassie Brilliant Blue reagent

ile karıştırma yapılarak 595 nm'de ölçülmüştür. Fraction V standart protein olarak protein ölçümünde Bovine Serum Albumin (BSA) yer almıştır ve 10-100 µg arasında değişen protein konsantrasyonları (stok solusyon, 1 mg ml^{-1}) 595 nm'de ölçülerek tespit edilen linear grafiğe göre örneklerin protein değerleri saptanmıştır. Örnek okumaları spektrofotometrede (Shimadzu: UV-1800) gerçekleştirilip, sonuçlar mg protein/g misel ağırlık olarak belirtilmiştir. Her bir örnek için 3 tekerrür kullanılmıştır. Spektrophotometre'de blank için örnek içermeyen Coomassie Brilliant Blue reagent kullanılmıştır.

3.2.5. Protease Enzim Ölçümü

Miselleriden üretilen protease enzimi ise azocasein tabanlı amino asit ölçümü yolu ile Girard ve Michaud (2002) yöntemi kullanılmıştır. Buna göre, PDA üzerinde yetiştirilen fungus misellerinden elde dilen 3 mm çapındaki miselyal disk parçaları 1.5 ml hacmindeki Eppendorf tüplerine yerleştirilmiş, ve üzerlerine 50 mM Tris-HCI (pH 8.8) içinde hazırlanan 120 µl hacminde 1% lik (w/v) azocasein solüsyonu ilave edilerek karanlıkta oda sıcaklığında 2 saat süre ile bekletilmiştir. Proteolysis yani protein parçalanması 300 µl 10% luk (w/v) trichloro actic acid (TCA) ilave edilerek işlem tamamlanmış ve karışım 10000 *g*'de 10 dakika santrifuj edilerek, elde edilen yaklaşık 350 µl supernatant 300 µl 1 M NaOH ile karıştırılarak hidrolize edilmiş, ve protease aktivitesi 440 nm'de spektrofotometrede (Shimadzu: UV-1800) okunmuştur. Sonuçlar A_{440} dak^{-1} mg $protein^{-1}$ olarak belirtilmiştir (Girard ve Michaud, 2002; Dikilitaş ve ark., 2018).

3.2.6. Laccase Enzim Ölçümü

Laccase aktivitesi ABTS (2, 2'-Azino-Bis-3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic asit) molekülünün okside olması temeli baz alınarak tespit edilmiştir (More ve ark., 2011). Nonfenolik boya olan ABTS, laccase enzimi tarafından okside edilerek daha dengeli bir durum oluşturulur. Enzim ölçümü için hazırlanan karışım 0.5 mM ABTS, 0.1 M sodium acetate (pH 4.5) ve uygun enzim miktarından meydana gelmektedir. Bunun için 5 mM 'lık ABTS stok solüsyonundan 100 µl ayrılmış ve üzerine 2.9 ml 0.1 M 'lık sodium acetate buffer (pH 5.0) solüsyonu ile

karıştırılmıştır. Oluşan karışımın içine 10 mm çapında muamele görmüş veya kontrol grubundan fungal diskler yerleştirilerek 2 saat boyunca oda sıcaklığında inkubasyona ayrılmıştır. Daha sonra karışım 10000 *g* da 5 dakika santrüfüj yapıldıktan sonra örnek içermeyen karışıma karşı süpernatantaki absorbance artışı 420 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar, A_{420} dak^{-1} mg $protein^{-1}$ olarak belirtilmiştir.

3.2.7. Fungusların Gelişimi ve Canlılık Testi

Fungal etmenler manyetik alan uygulamasından ve inkubasyondan sonra 10 mm ebatında bir fungal disk olarak ortamdan bir cork-borer desteğiyle kesilmiş, aseptik koşullarda yeni hazırlanan PDA ortamına yerleştirilmiştir. Oda sıcaklığında yeniden inkube edilmişlerdir. Gelişme gösteren funguslar canlı olarak kayıt edilmişlerdir.

3.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi ve Analizlerin Yapılması

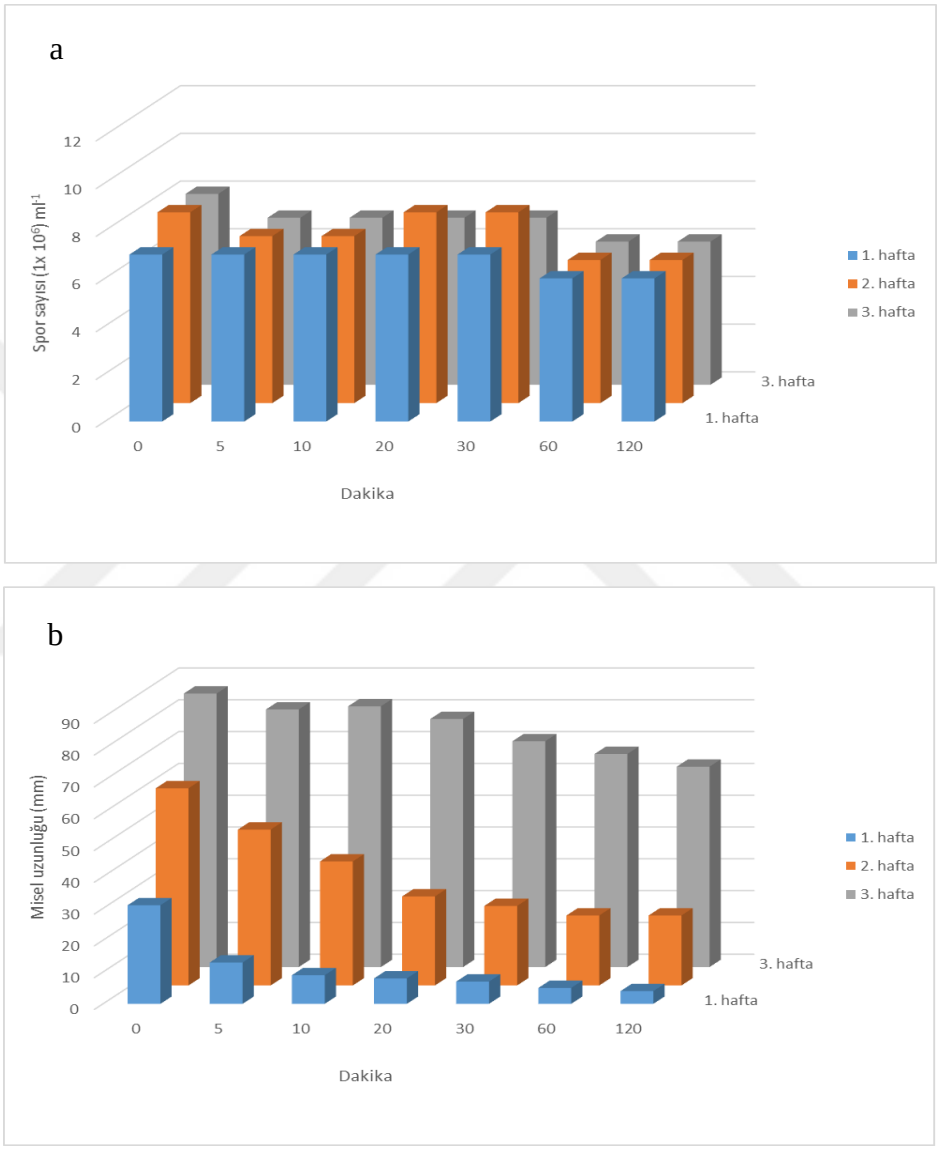
Verilerin değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analiz metodu (ANOVA) kullanarak Duncan's Multiple Range Test metodu ile analiz yapılmıştır. $P < 0.05$ den düşük olduğu zaman gruplar arasındaki farklar önemli kabul edilmiştir. Ayrıca verilerin ifade edilmesinde Ortalama ± Standart hata (SH) kullanılmış, istatistik analizler için SPSS veri analiz paket programı (2013 IBM Statics for Windows Version 22.0) yöntemi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

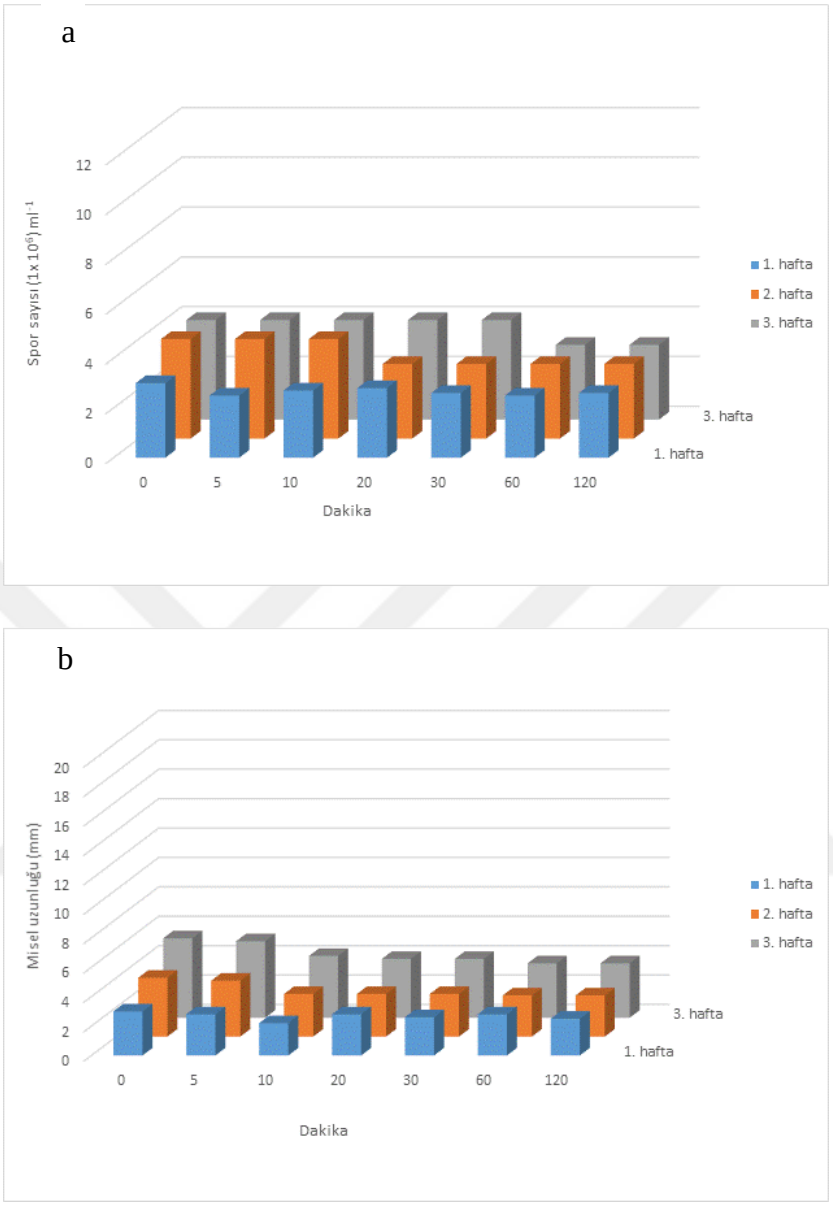
4.1. Fungusların Gelişimi ve Spor Yoğunluğu

Zymoseptoria tritici ve *Penicillium expansum* fungusları farklı karakterdeki fungal etmenler, farklı patolojik ve gelişim trendleri olmasına rağmen manyetik alan altında tepkileri incelenmiş, hızlı ve yavaş gelişen fungal etmenlerin tepkileri ölçülmüştür. Böylelikle fungal etmenlerin kontrolünün bu yol ile sağlanıp sağlanamayacağı araştırılmıştır. Söz konusu fungal etmenler *in vitro* koşullarda Petri kaplarında kapakları açık vaziyette bırakılarak 0 ila 120 dakika arasında değişen 1.5 Tesla gücünde manyetik akıma maruz bırakılmış, artan muamele süresinin fungal sporulasyon ve miselyal gelişimi 60 ila 90 dakika uygulama sonrası önemli derecede düşürdüğü belirlenmiştir, $P < 0.05$, Şekil 4.1 a ve b ve Şekil 4.2 a ve b. *P. expansum* fungusu hızlı gelişim gösteren fungal etmen olmasına rağmen miselyal gelişimi azalarak gelişim göstermiş, özellikle 60 dakika ve yukarı sürelerde manyetik alana maruz bırakılan fungal etmenin miselyal gelişimi önemli ölçüde azalmıştır, Şekli 4.1.a ve b. Sporulasyon azalma göstermesine rağmen misel gelişimi kadar etkilenmemiştir. Bu durumun fungal etmenin 1. hafta sonunda sporulasyon olarak gerekli yoğunluğa ve sayıya ulaştığı tahmin edildiğinden, sporulasyonun çok fazla etkilenmediği tahmin edilmektedir. Petri kabının sınırlı ortamında ilk hafta sonunda sporulasyon olarak gelişimini tamamlayan fungal etmenin ortam sınırından dolayı daha fazla sporulasyona gidememesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak, yine de 60 ve 120 dakika manyetik alana maruz bırakılan fungal etmenin sporulasyonun az da olsa düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Miselyal gelişim göz önüne alındığında ise, fungal gelişimin kademeli olarak azaldığı belirlenmiştir. Fungal etmen *P. expansum*, *Z. tritici*'ye göre daha hızlı gelişim gösteren fungal etmen olmasına rağmen oran olarak kıyaslandığında daha belirgin miselyal gelişim kaybı göstermiştir. Bu durumun miselyal gelişimin ilk haftalarda ortaya çıkan belirgin kaybının ilerleyen haftalardaki gelişimi etkilediği ancak fungal etmenin hızlı gelişiminden dolayı miselyal gelişim farkının kapandığı görülmüştür, Şekil 4.1.a ve b. *Z. tritici*'de de durum benzer gelişim trendi sergilemiş, ancak fungal gelişim ve sporulasyon daha yavaş geliştiği için manyetik alan etkisi daha az belirgin olarak göze çarpmıştır. Yine, hem sporulasyon hem de

miselyal gelişim 60 ila 120 dakika manyetik alan uygulamasından sonra daha az sprorulasyon ve miselyal gelişim ile devam etmiştir, Şekil 4.2. a ve b. Özellikle, 2. hafta verileri daha belirgin olarak göze çaprmasına rağmen, ilerleyen haftada fark azalma yoluna gitmiş ancak yine de yüksek manyetik alanın etkisi göze çarpmıştır, $P<0.05$.



Şekil 4.1. a ve b *P. expansum* fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları sporulasyon ve miselyal gelişim kapasiteleri.



Şekil 4.2. a ve b. *Z. tritici* fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları sporulasyon ve miselyal gelişim kapasiteleri.

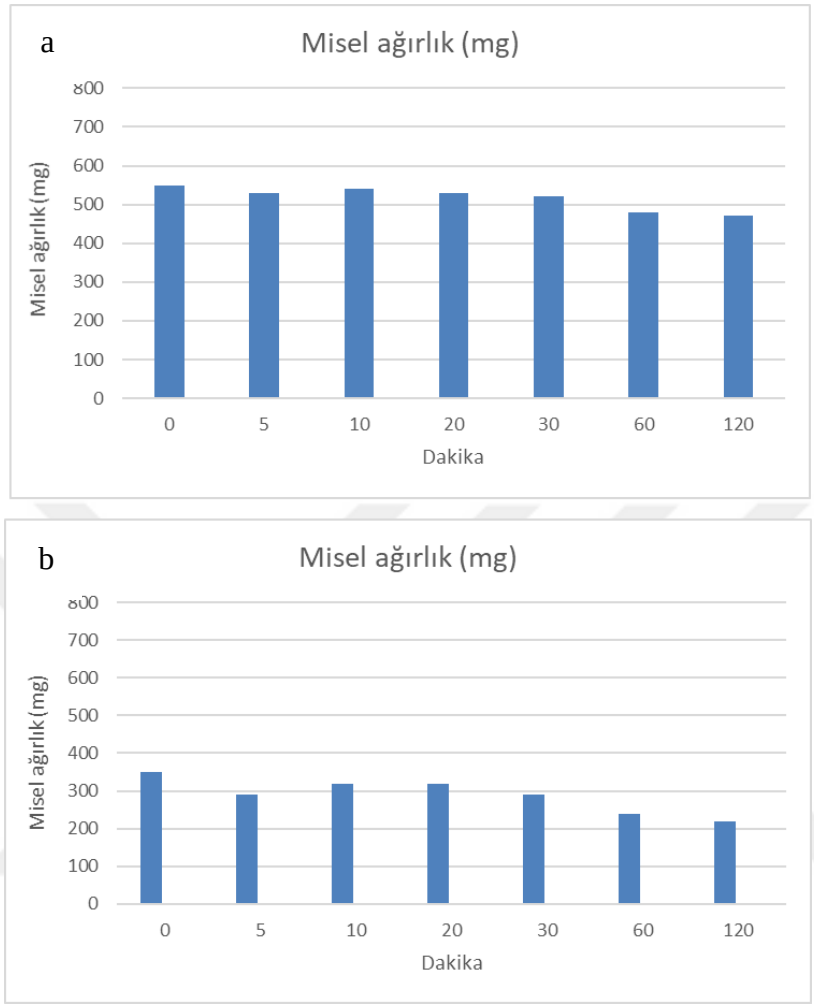
Fungal sporulasyon, birim alan (cm^2) içinde belirlenmiştir. Buna göre birim alan içinde üretilen spor miktarı birim alana bölünerek spor yoğunluğu belirlenmiştir. Birim alanda üretilen spor miktarı toplam üretilen spor miktarı ile benzer trendi göstermiş olduğundan ayrıca bu parametre için bir grafik üretilmemiş olup, birim alanda üretilen spor miktarı *Z. tritici*'de, *P. expansum*'a göre daha düşük bulunmuş olmakla birlikte artan manyetik alan uygulama süresi birim alandaki spor yoğunluğunu düşürmüştür.

4.2. Fungusların Morfolojisi ve Canlılık Testi

Manyetik alana maruz bırakılan fungal etmenlerin mikroskop altında incelemeleri yapıldığında miselyal yapının inceldiği dolayısı ile hücre çeperlerinin inceldiği ve uniform yapıyı kademeli olarak kaybettiği görülmüştür. İncelme gösteren hücre çeperlerinin kontrol grubuna göre yeteri kadar gelişme gösteremediği, dolayısı ile sporulasyonun da yeteri kadar sağlanamadığı tespit edilmiştir. Özellikle 60 ve 120 dakika manyetik alana maruz bırakılan fungal türlerde miselyal incelme daha belirgin olarak tespit edilmiştir.

Fungal türlerin manyetik alan uygulamasından 3 haftalık inkubasyon periyodu sonrası misel ağırlıkları da tespit edilmiştir. Yine, misel ağırlıkları miselyal gelişimde olduğu gibi 60 ve 120 dakikalık inkubasyon sonrası gelişimi misel ağırlığı açısından ele alındığında önemli oranda düşüş göstermiştir, Şekil 4.3 a ve b.

Fungal canlılık testi de yapılmış olup, uygulama sonrası 0 ve 120 dakika manyetik alana maruz bırakılan fungal etmenlerin her iki türü tekrar PDA ortamına 1 cm çapında miselyal disk olarak aseptik koşullarda aktarılmış ve fungal gelişim için oda sıcaklığında inkubasyona bırakılmıştır. Bir haftalık inkubasyon süresi sonunda fungusların gelişim gösterdiği tespit edildiğinden manyetik alanın fungisidal etkisinin olmadığı ancak fungustatik etkisinin olabildiği belirlenmiştir. Her iki fungal etmen de kontrol grupları gibi gelişim göstermişler dolayısı ile manyetik alanın inhibe edici özelliği görülmemiş ancak gelişme geriliğine neden olduğu izlenmiştir.



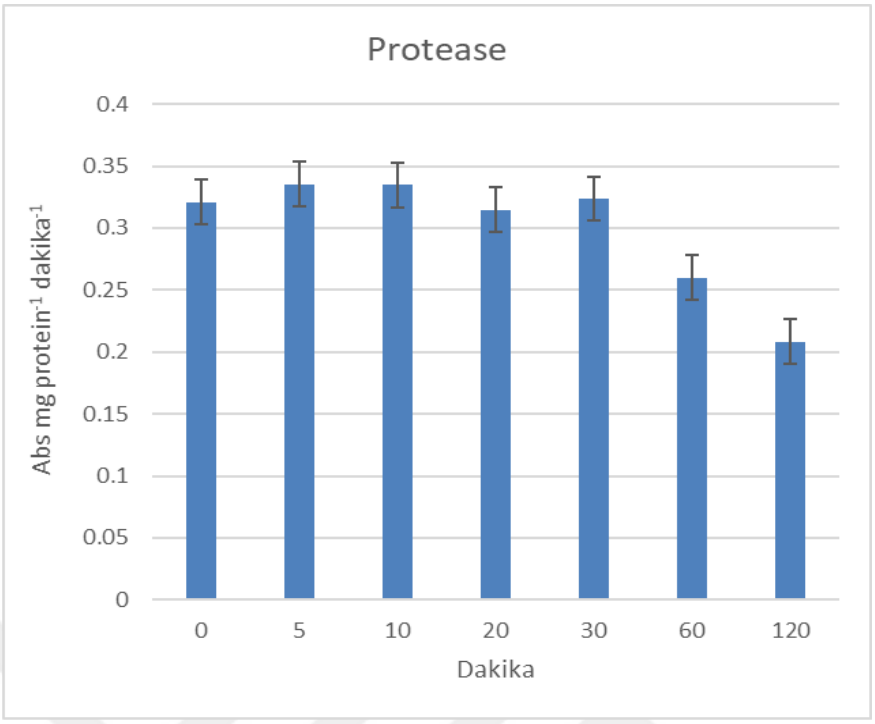
Şekil 4.3. a ve b. a) *P. expansum* ve b) *Z. tritici* fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklI sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları miselyal gelişim kapasiteleri.

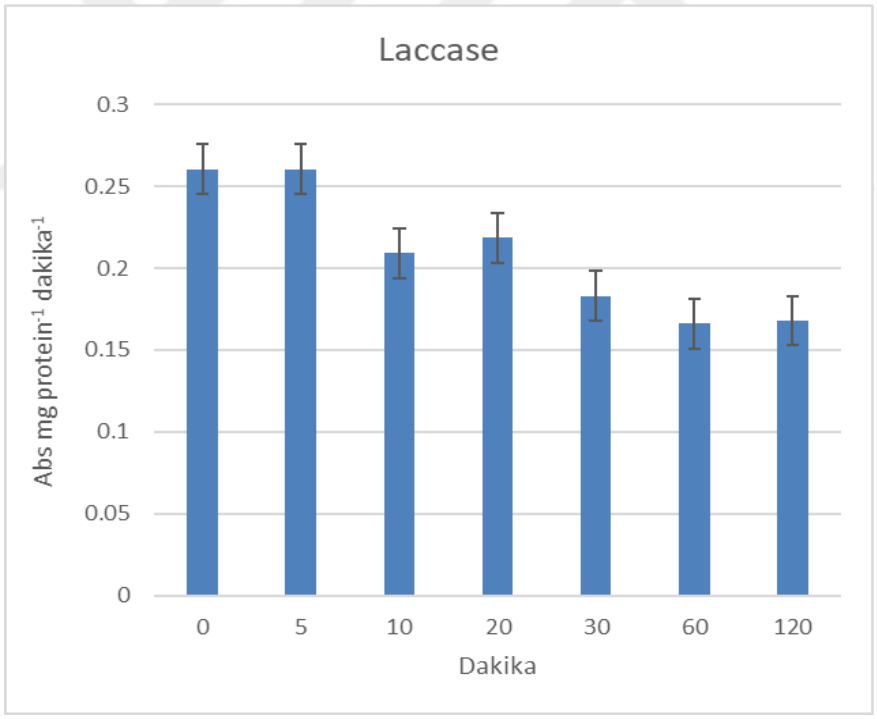
4.3. Fungal Etmenin Proteaz ve Laccase Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

P. expansum ve *Z. tritici* fungusları manyetik alan etkisi altında da protein sentezine devam etmişler, protein değerleri enzim hespalmasında kullanılarak fungal etmenenlerin enzim aktivite değerleri tespit edilmiştir. Özellikle, protease ve laccase gibi enzimlerin patojenisite ile ilgili oldukları bilindiğinden bu enzimlerin seviyelerinin fungal etmenlerin patojenisite değerlerini nasıl etkiledikleri belirlenmiştir. Protein üretimi manyetik alan etkisi sonrası farklı süreler halinde test edilmiş, artan uygulama süresinin protein sentezine etkisi test edilmiş ancak sporulasyon aşamasında olduğu gibi fungal etmenlerin protein içeriğinde istatistik olarak farklılık göze çarpmamıştır. Azalan protein içeriğinin istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür. Fungal patojenlerin yapısında bulunan proteinler, hücre duvarı ve enzimlerin yapısında yer aldıklarınan önemli görevler üstlenmektedirler. Proteinler stres altında savunma mekanizması ve virülenslik ve patojenisite ile ilişkili olduğundan fungal gelişim ve enfeksiyonlarda önemli rol üstlenmektedir (Paper ve ark. 2007). Patojen fungusların proteinleri enfeksiyon süreçlerinin başlatılması, konukçu savunmasının kırılması ve hastalık şiddetinin tespitinde hayati rol oynamaktadır (Wawra ve ark. 2013). Bu çalışmamızda manyetik alan etkisi fungusların patojenisitesi ile ilgili olan protease ve laccase enzimleri üzerinde de tespit edilmiş, artan uygulama süresinin fungal enzim seviyesini belirli bir aşamadan sonra düşürdüğü görülmüştür (Şekil 4.4 ve 4.5).

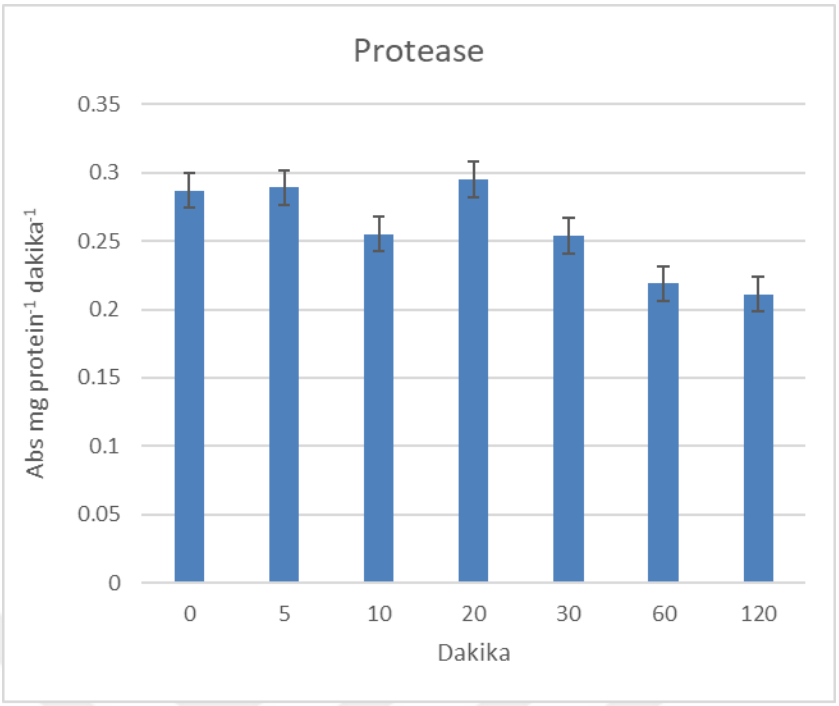
Patojen funguslar enfeksiyon kapasitesini arttırmak için konukçu bitkinin hücre duvarlarını tahrip eden enzimler üreterek patojenisteyi arttırırlar ve bu özelliklerinden dolayı da virulens olarak addedilirler. Yalnızca canlı hücrelerin sentezleyebildiği protein yapısında olan enzimler hücrede oluşan reaksiyonları düzenleyen biyolojik katalizörlerdir (Dikilitaş ve ark., 2018). Fungusların gelişimi ve stres koşullarına dayanım noktasında önemli görev görürler (Poussereau ve ark., 2001). Patojenler sentezledikleri enzimler ile bitki dokuları arasında miselyal gelişimi hızlandırırlar (Hegedus ve Rimmer, 2005). Protease ve laccase enzimleri birçok enfekteli bitki dokularında tespit edilmiş olup patojenisite ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Rollins, 2003). Aynı zamanda bitkilerde savunma mekanizmasını devreye koyan sinyal görevi gördüğü de tahmin edilmektedir. Bundan dolayı normal seviyelerinin üstünde veya altında protease ve laccase enzim değerleri

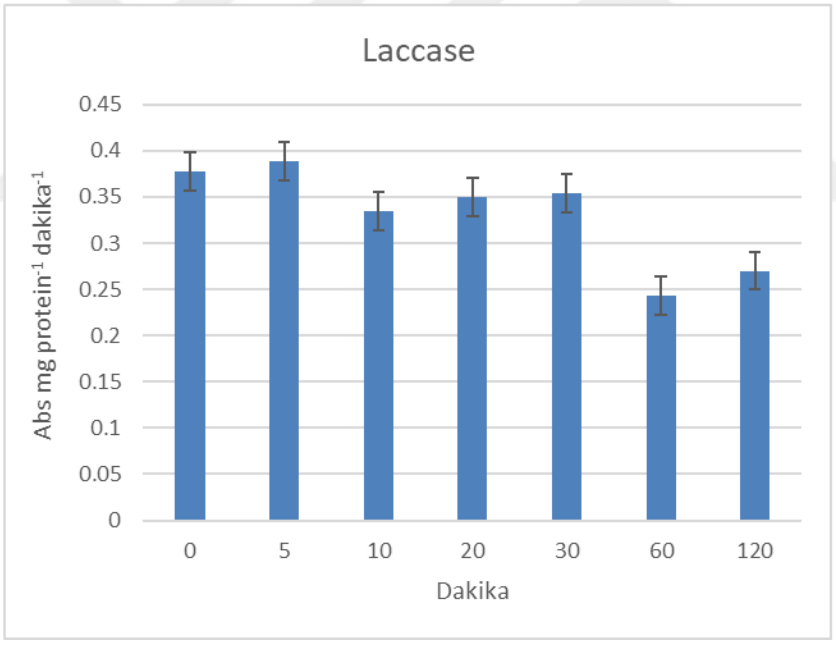
fungal etmenlerin virulensliği hakkında önemli verilere sahiptir (Dikilitas ve ark., 2010). Çalışmamızda fungal türler manyetik alan sonrası inkube edildiklerinde inkubasyon sonrası enzim değerleri ölçülmüş, her iki enzimin de 60 ve 120 dakikalık uygulama sonrasında düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Her iki fungus türünde de benzer trend sergilenmiştir. Diğer parametrelerde olduğu gibi *Z. tritici* daha az düzeyde fungal enzimleri sentezlemiş olmakla beraber yine de patojenisite için gerekli enzimleri ürettikleri görülmüştür.





Şekil 4.4. *P. expansum* fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları protease ve laccase enzim aktiviteleri.





Şekil 4.5. *Z. tritici* fungusunun 1.5 T manyetik alan etkisine farklı sürelerde maruz kaldıktan sonra 3 hafta boyunca göstermiş oldukları protease ve laccase enzim aktiviteleri.

Buna benzer çalışmalar çoğunlukla yüksek organizmalarda denenmiş olup manyetik alan etkisinin stres metabolitleri test edilmiştir. Örneğin Erdal ve arkadaşları (2008) Wistar-Albino sıçanlarında 45 gün boyunca günde 4 saat 1 mT manyetik alan uygulamasıyla sıçanların karaciğerinde stres seviyesini karekterize eden Malondialdehyde (MDA) seviyesinin arttığı tespit edilmiştir.

Ayrıca manyetik alan etkisini yağlardan ziyade proteinler üzerine oksidasyona yol açtığını belirlenmiştir. Yine, Büyükuslu ve arkadaşları (2006) manyetik alan etkisinin superoxide dismutase (SOD) aktivitesi üzerine etkilerini test etmişlerdir. Bovine eritrosit SOD, enzimi üzerine yapılan çalışmada 2,9-4,6 mT'nin 30 saniye ve üzerinde uygulandığında enzim seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir. 30 saniyeye kadar olan uygulamada ise enzim seviyesinin kısmen arttığı görülmüştür.

Diğer yandan 72 saat süreyle 2.1 T'lik güçlü manyetik alan uygulamasının sıçanların astrosit hücrelerinde (omurilik kanal hücresi) ciddi bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir (Khodarahmi ve ark., 2010).

Bu çalışmalarla ilgili çelişkili raporlarda mevcut olup örneğin Focke ve arkadaşları (2010) insan hücrelerinde 1 mT uygulamasının DNA hasarına yol açmamasına rağmen *Apoptosis* adı verilen kontrollü hücre ölümünü tetiklediğini rapor etmişlerdir.

Yüksek seviyedeki manyetik alan uygulamalarının ise (7T) sıçanlarda davranışsal bozukluklara yol açtığı tespit edilmiştir (Houpt ve ark., 2010).

Mikroorganizmalarla ilgili çalışmalarda ise Ji ve arkadaşları (2009) 45-3500 mT manyetik alanı *Escherichia coli* üzerine uygulandığında hücre yüzeyinde dejenerasyon ve bakteri koloni oluşumunu engellediğini belirlenmiştir.

Pıskorz-Bınczycka ve arkadaşları (2003): *Penicillium claviforme*, üzerine 60-70 mT manyetik alan uygulaması 12 gün boyunca uygulanmış manyetik alan koloni morfolojisini etkilemiş ancak misel gelişim üzerine etkisi bulunmamıştır.

Pál (2005) manyetik alanın 0,1-1 mT *Alternaria alternata, ve Curvularia inaequalis* funguslarının sporulasyonuna etkisi %68 ile %33 oranında arttırdığı tespit edilmiş fusarium koloni üretimini ise %80 oranında kısıtladığı belirlenmiştir.

Nakamura ve arkadaşları (1997) manyetik alan etkisini *bacillus subtilis* üzerine (7T) denenmiş spor oluşumu manyetik alanın etkisiyle engellenerek alkalin fosfatas enzim aktivitesini önemli oranda azaltmıştır.

Manoliua ve arkadaşları (2006) ise 10 mT manyetik alanı ile *selolilitik* funguslar üzerine denenmiş, bu yolla fungal enzimlerin azalabileceğini gözlemlemişlerdir.

Jaworska ve arkadaşları (2016) entamopatojen funguslar da *Beauveria bassiana ve Isaria fumosorosea* kolonilerini 0,1-0,2 tesla arasında manyetik alana 30-60 dakika maruz bırakarak misalyal gelişimi ve sporolasyonu önemli oranda düşüş tespit etmişlerdir. Düşük manyetik alan uygulamasının fungal gelişimi ve patojenisiteyi arttırdığı rapor edilirken, yüksek manyetik alan uygulamasını engelleyici etkide olduğu tespit edilmiştir.

Gorczyca ve arkadaşları (2011) yüksek manyetik alan uygulamasının 9 Tesla olarak kullanılmış böylelikle misalyel gelişim azaltılırken sporolasyon üzerine çok fazla etkili olmadığı sonucuna varılmıştır. Yine bakterilerin manyetik alan ile öldürülmediğini ancak manyetik alan ile ilave metotlar uygulanarak bakteri populasyonu azaltma yoluna gitmişlerdir.

Manoliu ve arkadaşları (2007) manyetik alanın fungal enzimler üzerindeki etkisini test etmişlerdir. Selülaz peroksidaz ve katalaz enzimlerini *trichoderma viride* fungusunda ölçmüş olup bu enzimlerin aktivitesinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Novickij ve arkadaşları (2014) da ipliksi ve maya benzeri *Aspergillus fumigatus, Candida albicans, Trychophyton rubrum* fungal hastalıkların kontrolünde manyetik alan ile yaygın kullanılan antifungal kimyasallarla kombine edilmiştir. Hastalık yapıcı bu fungal etmenlerin etkisinde azalma görülmüş olup,

ilaç ve manyetik alan uygulamasının insanlar üzerinde denendiğinde ise daha az toksik terapi yöntemi oluşturduğu belirlenmiştir.

Albertini ve arkadaşları (2003) da manyetik alan (300 mT) uygulamasının *Fusarium culmorum* üzerinde denenerek fungal çimlenmesini düşürdüğü hücre canlılığını ise azalttığını gözlemlemişlerdir. Fungal enzimlerde lipas enzimi azalırken fungusların yağ ve şeker oranlarının önemli oranda düşüş olduğu saptanmış, ayrıca stres metabolitleri arttığı belirlenmiştir.

Gao ve arkadaşları (2011) ise, 1 mT 4 saat manyetik alan uygulamasının *Aspergillus* niger fungal kültüründe sitrik asit oluşumunu arttırdığını belgelemiştir.

Todorovic ve arkadaşları (1983), manyetik alan 320 mT etkisini *Baculum extradentatum* adlı böceğin üzerine uygulanmasıyla serbest oksijen radikallerin arttığı belirlenmiştir. Böylelikle zararlıların kontrolünde alternatif bir metot olarak gösterilebileceği görülmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Fungal türler manyetik alan uygulaması sonucu biyokimyasal olarak tepki vermekle beraber misel ağırlıkları, enzim seviyeleri, miselyal ve sporulasyon durumları düşüş göstermesine rağmen fungal inhibisyon etkili bir şekilde başarılamamıştır. Özellikle, fungal protein ve enzim değerlerinin ve miselyal ağırlığın 3 haftalık inkubasyon süresi sonunda belirlendiği göz önüne alınırsa istatistik olarak enzim ve diğer parametrelere ilişkin verilerin daha kısa sürede alınması durumunda daha etkili sonuçların elde edileceği öngörülmesine rağmen, depolama veya ürünlerin muhafazası aşamasında ortaya çıkan bu iki fungal etmenin kısa sürede inhibisyonu ve gelişiminin engellenmesinden ziyade uzun vadede fungal etmenlerin nasıl tepki vereceği ve uygulamanın pratikte kullanılıp kullanılamayacağı ön plana çıkarıldığından 3 haftalık süre sonunda ölçümlerin yapılması önemli bulunmuştur. Dolayısı ile fungal etmenlerin tamamı ile inhibe edilmesi mümkün olmasa bile manyetik alan uygulamalarının daha etkin biçimde kullanılabileceği öngörülmüştür. Bu metodun diğer kimyasal metodlar ile birlikte kullanılması ile kimyasal kullanımının azaltılabileceği öngörülmekle birlikte etkin doz ayarlamasına gidilmesi ile fungal etmenlerin manyetik alanlar ile DNA yapılarının tamir edilemeyecek şekilde bozulması ile fungusların tekrar çoğalma kabiliyetlerini ortadan kaldırmak mümkün olabileceği gibi tolerans kazanma ihtimalini de ortadan kaldırmak mümkün olabilecektir.

Fungal türler manyetik alanların etkisinde verdiği tepkiler onların stress koşullarına adaptasyonu nasıl sağlayacağına ve manyetik alanların fungal etmenlerin üzerinde hangi süre ve şiddet değerlerinin inhibisyon yapacağını belirlemek, o etmenlerin kontrolünde önemli rol oynayacağı gibi yapılacak yeni araştırmalar ile çevre dostu bitki koruma stratejilerinin geliştirilip geliştirilemeyeceği de belirlenmiş olacaktır. Böylelikle fungal etmenlerin hasat sonrası meydana gelebilecek ürün kayıpları en aza indirgenebilir.

Bu manyetik metot kimyasal metotlarla kombine edildiğinde daha az ilaç kullanımı ile fungal etmenler inaktif edilebilir ve medikal alanda da agresif olarak

görülen aspergillus, penicillum, fusarium, alternerya etmenlerin insan sağlığına zarar vermeden güvenli doz aralığında uygulanarak kimyasal ilaç kullanımı azaltmayı hedefleyen bir yapı amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

AARHOLT, E., FLINN, E.A. and SMITH, C.W., 1981. Effects of Low Frequency Magnetic Fields on Bacterial Growth Rate. Phys. Med. Biol. 26: 613.

ABBOTT JA (1998). Quality Measurement of Fruits and Vegetables. Postharvest Biology and Technology, 15: 207-225.

AKIN O, Ağrı İl Merkezinde Bulunan Liselerde Elektromanyetik Alan Ölçümünün Yapılması, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ağrı,2019.

AKTI Z,2008. 1.5 Tesla Statik Magnetik Alana Kısa Süreyle Maruz Kalan Bireylerde Kalp Ritmi Kalp Ritim Değişkenliği Ve Bazı Diğer Kardiyak Parametrelerin Araştırılması. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı,Uzmanlık Tezi,Şanlıurfa,5s.

Albertini, M.C., Accorsi, A., Citterio, B. , Burattini, S., Piacentini, M.P., , Uguccioni, F. and Piatti, E., 2003. Morphological and biochemical modifications induced by a static magnetic field on Fusarium culmorum. Biochimie 85 963–970

ALEXANDER, M.P. and DOIJODE, S.D., 1995. Electromagnetic Field a Novel Tool to Increase Germination and Seedling Vigour of Conserved Onion (Allium cepa L.) and Rice (Oryza sativa L.) Seeds With Low Viability. Plant-Gerletic Resources, Newsletter, No:4, 1-5

AMAYA, J. M., CARBONELL, M.V., MARTİNEZ, E., RAYA, A., 1996. Effect of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. Hort. Abst., 68(2): 1363.

ANTUNES, M.D.C. and CAVACO, A.M., 2010. The use of essential oils for postharvest decay control A review. Flavour and Fragrance Journal, 25:351366.

ASAN, A. , KIRGIZ, T., SEN, B., ELIPEK, B.C., GUNER, U. and GUHER, H., 2002. Isolation, Identification and seasonal distrubition of airborne and waterborne fungi in Terkos Lake. İstanbul-Turkey, 2: 83-95.

BAHAR E, KORKUTAL İ, CARBONNEAU A, AKÇAY G (2010). Using Magnetic Resonance Imaging Technique (MRI) to Investigate Graft Connection and its Relation to Reddening Discoloration in Grape Leaves. J of Food, Agric. & Environment, 8(3&4): 293-297.

BAŞ İ (2005). Bazı Meyvelerde Fizyolojik Bozuklukların Manyetik Rezonans (MRI) Yöntemiyle Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. UÜ Fen Bilimleri Enst. YL Tezi, Bursa.

BELYAVSKAYA, N.A., 2004. Biological Effects Due to Weak Magnetic Field on Plants. Advances in Space Research, 34: 1566-1574.

BENLİ, M., (2000). Elmalarda Hasat Sonrası Bozulmaların Antagonistik Organizmalarla Biyolojik Kontrolü, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 120s.

BHATNAGAR, D. and DEB, A.R., 1977. Some Aspects of Regermination Exposure of Wheat Seeds to Magnetic Field: Germination and Early Growth, Seed research, 5: 129-137.

BLANK, M. AND GOODMAN, R., 1997. Do Electromagnetic Fields Interact Directly with DNA? Bioelectromagnetics 18(2): 111-115.

BOGİANG L, TONGFEİ L, GUOZHENG Q, SHİPİNG T (2009). Ambient pH Inhibits Spore Germination of Penicillium expansum by Impairing Protein Synthesis and Folding: A Proteomic-Based Study. Journal of Proteome Research, 9: 298-307

BOUBAKER, H., SAADI, B., BOUDYACH, E.H. and AIT BENAOUMAR, A., 2009. Sensitivity of Penicillium digitatum and P. italicum to Imazalil and Thianbendazole in Morocco. Plant Pathol. J., 8:152-158.

BÜYÜKUSLU, N., ÇELİK; Ö. And ATAK, Ç., 2006. The effect of magnetic field on the activity of superoxide dismutase. Journal of Cell and Molecular Biology 5: 57-62, 2006.Haliç University, Printed in Turkey.

CLARK CJ, RİCHARDSON AC, MARSH KB (1999). Quantitative Magnetic Resonance Imaging of Satsuma Mandarin Fruit During Growth. HortScience, 34(6): 1071-1075.

CLARK CJ, BURMEİSTER DM (1999). Magnetic Resonance Imaging of Browning Development in 'Braeburn' Apple During Controlled-Atmosphere Storage Under High CO2. HortScience, 34(5): 915-919.

DANİLOV, V., BAŞ, T., ELTEZ, M., RIZAKULYEVA, A., 1994. Artificial magnetic field effect on yield and quality of tomatoes. Acta Hort., 366: 279-285.

DARDENİZ, A VE TAYYAR, Ş., 2007. Elektromanyetik Alanın Cardinal Üzüm Çeşidi Kalemlerinin Vejetatif Gelişimi Üzerindeki Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 20(1),23-28

DELPİZZO LE, ZAFFENELLA L, HOOPER C. School exposure assesment survey EMF program. California 1997.

DİKİLİTAŞ, M and KARAKAŞ, S., 2010. Salt as Potential Environmental Pollutants, Their Types, Effects on Plants, and Approaches for Their Phytoremediation. Plant Adaptation and Phytoremediation (Edited by M. Ashraf, M. Ozturk, M.S.A. Ahmad). Springer Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 357-383.

DİKİLİTAŞ, M., OĞUZ, A.Ç., KARAKAYA, A., 2018. Extracellular protease activity and glucose production in isolates of net blotch pathogens differing in virülence. Zemdirbysite-Agriculture, vol.105,No.1 (2018), p. 89-94.

DUNLOP, D.W., SHMİDT, B.L., 1969. Sensitivity of some plant material to magnetic field. In: M. E. Barnothy (Ed.), Biological effects of magnetic fields. Plenum, New York.

EŞİTKEN A (2003). Serada Yetiştirilen Çilekte Manyetik Alan Uygulamasının Etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 34 (1), 25-27.

ERDAL, V., GÜRGÜL, S.,TAMER, L. and AYAZ L.,2008. Effects of Long-term Exposuof Extremely LowFrequency Magnetıc Field on Oxidative/Nitrosative Stress in Rat Liver. J. Radiat. Res., 181-187

FASİNA, O., TYLER, B., PİCKARD, M., ZHENG, G.H., WANG, N., 2001. Effect of infrared heating on the properties of legume seeds. International Journal of Food Science and Technology 36: 79-90.

FATEN, S.M., 2005. Postharvest treatments of apple fruits decay caused by Botrytis cinerea, Alternaria alternata and Penicillium expansum. JO-Annals of Agricultural Science, 50(2):66-633

FOCKE, F., SCHUERMANN, D., KUSTER N., SCHÄR, P., DNA fragmentation in human fibroblasts under extremely low frequency electromagnetic field exposure. Mutation Research 683 (2010) 74–83

GARCİA C. and MARSHALL D. 1992. Observations on the Ascogenous Stage of Septoria tritici in Texas. Mycological Research, 96, 65–70.

GAO, M., ZHANG, J. and FENG, H., 2011. Extremely Low Frequency Magnetic Field Effects on Metabolite of Aspergillus Niger. Bioelectromagnetics 32:73^78

GROHAVAC, M., INDİC, D., TANOVİC, B., LAZİC, S., VUKOVİC, S., HRUSTİC, J. and GVOZDENAC, S., (2011). Integrated managament of causal agents of postaharvest fruit rot of apple. Postharvest Biology and Technology. 26:289-299.

GİRARD, C. and MİCHAUD, D., 2001. Departement de Phytologie, Centre de Recherche en Horticulture, Universit_eLaval, Qu_ebec, Canada G1K 7P4. Analytical Biochemistry 308 (2002) 388–391

GORCZYCA, A. , JANAS, P. and KASPROWICZ, M. J., 2011. IMPACT OF THE PULSED HIGH MAGNETIC FIELD ON Fusarium culmorum (W.G. Smith) Sacc. Ecologıcal Chemıst Ry And Engıneerıng A. Vol.18, No 11

GOODMAN, E.M., GREENEBAUM, B. and MARRON, M.T., 1995. Effects of Electromagnetic Fields on Molecules and Cells. Int. Rev. Cytol., 158: 279338.

GÜRGÜL S. Manyetik Alanın Kemik Formasyonu Üzerindeki Etkilerinin Biyomekanik Özellikler Yönünden İncelenmesi. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyofizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2005

HAQUE, K.E., 1999; "Microwave Energy for Mineral Treatment Processes-a Brief Review", International Journal of Mineral Processing, 57, 1-24.

HONG,F.T., 1995. Magnetic field effects on biomolecules, cells, and living organisms. Department of Physiology, Wayne State University, School of Medicine, Detroit, MI 48201. USA. BioSystems 36 (1995) 187-229

HOUBRAKEN, J. and SAMSON, R.A., 2011. Phylogeny of Penicillium and the segregation of Trichocomaceae in to three families. Stud. Mycol., 70:1-51.

HOUPT, T.A.,. CASSELL, J. A., HOOD, A., DENBLEYKER. M., JANOWİTZ. I., MUELLER. K., ORTEGA. B., SMİTH, J.C.,2010. Repeated exposure attenuates the behavioral response of rats to static high magnetic fields. Physiology & Behavior 99 (2010) 500–508

IWASAKA M, UENO S. Detection of Intracellular Macromolecule Behavior Under Strong Magnetic Fields by Linearly Polarized Light. Bioelectromagnetics 24:564 ^ 570 (2003)

JAWORSKA, M., DOMANSKİ, J., TOMASİK, P., ZNOJ, K., 2016. Stimulation of pathogenicity and growth of entomopathogenic fungi with static magnetic field. J Plant Dis Prot (2016) 123:295–300

Jİ, W., HUANG, H., DENG, A. AND PAN, C., Effects of static magnetic fields on Escherichia coli. Micron 40 (2009) 894–898

JURİC, W.W., VİCO, I., GASKİNS, V.L., GARRENT W.M., WHİTAKER, B.D., JANİSİEWİC, W.J. and CONWAY, W.S., 2009. Purification and biochemical characterization of polygalacturonase produced by penicillium expansum during postharvest decay of „anjou" pear. Phytopathology, 100:42-48.

KANNAN A, THOMAS P, DEGWEKAR VH, RAMAMURTHY MS (1994). Non-Destructive Detection of Seed Weevil-Infested Mango Fruits by X-Ray Imaging. Postharvest Biol. and Tech. 5: 161-165.

KHODARAHMİ, I., MOBASHERİB, H., FİROUZİD, M.,2010. The effect of 2.1 T static magnetic field on astrocyte viability and morphology. Magnetic Resonance Imaging 28 (2010) 903–909

KİNG J.E., COOK R.J. and MELVİLLE S.C. 1983. A review of Septoria Diseases of Wheat and Barley. Annuals of Applied Biology, 103 (2), 345–373

KURT, Ş., 2016. Bitki Fungal Hastalıkları. Akademisyen Kitap Evi Yayın Dağıtım ve Pazarlama Ltd. Şti. ISBN:978-605-9942-63-8. 51-53. sayfa.

LAHLALI, R., SERRHINI, M. N., and JIJAKLI, M.H., 2004. Efficacy assessment of Candida oleophila (strain O) and Pichia anomala (strain K) against major postharvest diseases of citrus fruits in Morocco. Comm Agr Appl Biol Sci., 69(4): 601-609.

LIN, W.H. and LI, C.S., 2000. Associations of fungal aerosols, air pollutants and meteorological factors. Aerosol Sci. Technol, 32:359-368.

LINK, J. H. F., 1809. Observation in ordines plantarum naturales. Berlim Magazin. Naturkunde, 3: 3-42.

LORÈ, A., SPADARO, D., GARİBALDİ, A. and GULLİNO, M.L., 2011. Evaluation of the effectiveness of antagonistic yeasts against Penicillium expansum in apple and ıts effects on patulin production. JO:Protezione delle Colture, 2:103-104

MADIGAN, M.T., MARTINKO, J.M. and PARKER, J., 1997. Brock Biology of Microorganisms. Eight Edition. Prentice Hail, International, Inc.

MANOLİU, A., OPRİCA, L., OLTEANU, Z., NEACSU, I., ARTENİE, V., CREANGA, D.E., RUSU, I. AND BODALE, I., 2006. Peroxidase activity in magnetically exposed cellulolytic fungi. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 300 (2006) e323–e326

MANOLİU, A.,. OPRİCA ,L., CREANGA, D., 2007. The Influence Of The Statıc Magnetıc Fıeld (Smf) On Some Bıochemıcal Parameters In Cellulolytıc Fungı Chaetomıum Globosum And Trıchoderma Ylrtde Cultıvated On Medıa Supplemented Wıth Panıficatıon Industrıal Wastes. Plant Bıol., Volumes 51-52, P. 25-37, Bucharest

MATSUDA, T., ASOU, H., KOBAYASHİ, M., YONEKURA, M., 1993. Influences of magnetic fields on growth and fruit production of strawberry. Acta Hort., 348: 378-380

MEDİNİ M. and HAMZA S. 2008. Pathotype and Molecular Characterization of Mycosphaerella graminicola Isolates Collected from Tunisia, Algeria and Canada. Journal of Plant Pathology, 90 (1), 65-73

MCCARTHY MJ, ZİON B, CHEN P (1995). Detection of Bruises in Magnetic, Resonance İmages of Apples. Computers and Electronics in Agriculture, 13 (1995) 289-299.

MİYAKOSHİ, J., KİTAGAWA, K. AND TAKEBE, H., 1997. Mutation Induction by High-density, 50 Hz Magnetic Fields in Human MeWo Cells Exposed in the DNA Synthesis Phase. Int. J. Rad. Biol. 71(1): 75-79.

MUTLU, G., İMİR, T., CENGİZ, T.A., USTAÇELEBİ, Ş., TÜMBAY, E. ve METE, Ö., 1999. Mantarların yapıları, üreme özellikleri ve sınıflandırılması (Ş. USTAÇELEBİ editör). Temel ve Klinik Mikrobiyoloji, 1. baskı, Güneş Kitabevi, Ankara, 1015-1021s.

NAGY P, FİSCHL G. Effect of Static Magnetic Field on Growth and Sporulation of Some Plant Pathogenic Fungi. Bioelectromagnetics 25:316 ^ 318 (2004)

NAKAMURA, K., , OKUNO, K., ANO, T. AND SHODA, M., 1997. Effect of high magnetic field on the growth of Bacillus subtilis measured in a newly

devel ed superconducting magnet biosystem. Bioelectrochemistry and Bioenergetics 43 (1997) I23- 128

NAMBA, K., SASAO, A. and SHİBUSAWA, S., 1995. Effect of Magnetic Field on Germination and Plant Growth. Acta Horticulture, 399: 143-147.

NAMBA, K., 1996. Effect of alternating magnetic field on plant growth. Hort. Abst., 67(2): 1215. Namba, K., Mohri, M., Sasao, S., Shibusawa, S., 1998. Effect of impulse electromagnetic field on plant germination. Hort. Abst., 69(2): 1340.

NİHAL BÜYÜKUSLU, ÖZGE ÇELİK and ÇİMEN ATAK, The effect of magnetic field on the activity of superoxide dismutase, Journal of Cell and Molecular Biology 5: 57-62, 2006. Haliç University, Printed in Turkey.

NOVİCKİJ, V., GRAİNYS, A., SVEDİEN, J., MARKOVSKAJA, S., PASKEVİCİUS, A. and NOVİCKİJ, J., (2014). Microsecond Pulsed Magnetic Field Improves Efficacyof Antifungal Agents on Pathogenic Microorganisms. Bioelectromagnetics 35:347^353

ORHUN Ö. ve TANIŞLI M, Elektromagnetik Dalgalar, Teknolojinin Bilimsel İlkeleri (Editör: Orhun Ö.) (5. Baskı), Nobel Yayın Dağıtım, Sayfa: 177-194, Ankara, 2009.

ÖZGÖNEN, H. ve KILIÇ, Ç.H., 2013. Elma ve armut depo hastalıkları. İstanbul, 61s

ÖZDEMİR A. Asma Fidanlarında Aşı Bölgesindeki İçsel Yapının Manyetik Rezonans Görüntüleme Yöntemi (Mrı) İle İncelenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 2016

PÁL, N., 2005. The Effect Of Low Inductıvıty Statıc Magnetıc Fıeld On Some Plantpathogen Fungı. Journal of Central European Agriculture Vol 6 (2005) No: 2

PISKORZ-BINCZYCKA, B., FIEMA, J.and NOWAK, M., 2003. Effect Of The Magnetıc Fıeld On The Bıologıcal Clock In Penıcıllıum Clavıforme. Acta Bıologıca Cracovıensıa Series Botanica 45/2: 111–116

HONGJUN. P., 1996. The Effect Of A 7 T Magnetıc Fıeld On The Egg Hatchıng Of Helıothıs Vırescens. Chemistry, Texas A & M University, College Station, Tx 77843. Vol. 14, No. 6, pp. 673-677, 1996

PEHLİVAN F. Radyasyon biyofiziği. Biyofizik. 2. Baskı, Ankara: Hacettepe-Taş Kitapevi, 1997: 343-362.

RİVERA, Á.S., MARTİNEZ-PENİCHE, R.Á., SOTO-MUÑOZ, L. and CHÁVARO-ORTİZ, M.S., (2012). Modes of action of four strains of antagonistic yeasts against Penicillium expansum link in apple. JO:Revista Chapingo. Serie Horticultura, 18(2) 227-238.

SABUNCU, H., 2000 "Elektromanyetik Radyasyonlarla veya Elektromanyetik Alanlarda Çalışanların Sağlık Riskleri", Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, Nurol Matbacılık, Ankara, Temmuz.

SAMY, C.G., 1998. Magnetic seed treatment. I. Influence on flowering, siliqua and seed characters of cauliflower. Orissa J. Hort., 26(2): 68-69.

SCHEPPER VD, DUSSCHOTEN DV, COPİNİ P, JAHNKE S, STEPPE K (2011). MRI Links Stem Water Content to Stem Diameter Variations in Transpiring Trees. Journal of Experimental Botany, Page 1 of 9 doi:10.1093/jxb/err445

SCOTT P.R., SANDERSON F.R. and BENEDİKZ P.W. 1988. Occurrence of Mycosphaerella graminicola, Teleomorph of Septoria tritici, on Wheat Debris in the UK. Plant Pathology, 37 (2), 285-290.

SCHİFFMANN,R.F.,1995; Commercializing Microwave Ssystems: Path to Success or Failure.Microwaves: Theory and Application in Material Processing''111.In:Clark,D.E.,Folz,D.C.,Oda,S.J.,Silberglit,R.(eds.),Cerami c Transc.,59

SKJÖLDEBRAND, C., 2002. Infrared processing. In The Nutirition Handbook for Food Processors, Edited by C.J.K. Henry, C. Chapman, Boca Raton, Florida, 423-432p.

STEPHEN, J.H., 1997; "Microwave-Enhanced 53 Chemistry: (Fundamentals, Sample Preparation, and Applications)", American Chemical Society, Washington DC., USA.

ŞEKER, S., ÇEREZCİ, O., 2000. Radyasyon Kuşatması, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

TAMAM, C, EVRENSEL, M, TAMAM, Y. (2016).Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri.Bilimsel Tamamlayıcı Tıp, Regülasyon ve Nöralterapi Dergisi,10 (3) , 19-25.

TEMUR, C., 2012. Elmalarda Hasat Sonu Çürüklüğü Oluşturan Penicillium Expansum"un Işınlama Ve Işınlama Sodyum Karbonat Kombine Uygulamasıyla Engellenmesi Üzerine Araştırmalar. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 85s.

TMMOB Elektronik Mühendisleri Odası, İzmir, 2012. Erişim Tarihi: 14.02.2016

TODOROVİC, D., MİRCİC, D., PERİC- MATARUGA, V.,MRDAKOVİC, M., ILİJİN, L. AND PROLİC, Z., 1983. Effects of magnetıc fields on activity of superoxide dismutase, catalase and total glutathione in Baculum extrandentatum B. Institute for Biologicial Research, Blud. Despota Stefana 142,11000 Belhrade, Serbia

TORAMAN Y.Ö., Mikrodalga Enerji Kullanarak Kömürden Metalurjik Kok Eldesi. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, (2012), 25-29

TORRES, S.E.P. LEON, FERNANDEZ, R.C., 1999. Effect of magnetic treatment of tomato (Lycopersicon esculentum Mill) seeds on germination and seedling growth. Hort. Abst., 70(8): 6892.

TUNCEL E (2004). Radyolojiye Giriş ve Temel Kavramlar. Uludağ Üniversitesi Basımevi, Tıp Fak. Radyoloji ABD. Bursa.

YALÇIN A, Saygın M. Elektromanyetik Alanların Üreme Sistemi Üzerine Etkileri, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 4(2), 105-124, 2016 e-ISSN: 1308-6693

YUSUF CANER, Biyofiziğin Temelleri, Kayseri, 2010: ss 240-243

ZILLINSKY F. 1983. Cereal Diseases, Centro Internacional De Mejoramiento De Maizy Trigo, Mexico, DF, 35-42.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fırat ERGÜL

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise:	Viranşehir Lisesi	2005
Üniversite:	Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik, Merkez- Gaziantep	2012
Üniversite:	Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Merkez-Şanlıurfa	2016

Yüksek Lisans : Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Merkez-Şanlıurfa

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013	Harran Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi	Hemşirelik

UZMANLIK ALANI

Bitki Koruma Fitopatoloji

YABANCI DİLLER

İngilizce