

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YEREL ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN KIRMIZI TAVUK AKARI (*DERMANYSSUS GALLINAE*, ARACHNIDA: DERMANYSSIDAE) ÜZERİNDEKİ PATOJENİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİRAC BAYRAMOĞLU

TEMMUZ 2022
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

YEREL ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN KIRMIZI TAVUK AKARI (*DERMANYSSUS GALLINAE*, ARACHNIDA: *DERMANYSSIDAE*) ÜZERİNDEKİ PATOJENİTESİ

MİRAC BAYRAMOĞLU

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
YÜKSEK LİSANS (BİYOLOJİ)
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 / 06 / 2022

Tezin Savunma Tarihi : 13 / 07 / 2022

Tez Danışmanı : PROF. DR. İSMAİL DEMİR
ORCID : - - -

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

“Yerel Entomopatojen Fungusların Kırmızı Tavuk Akarı (*Dermanyssus gallinae*, Arachnida: Dermanyssidae) Üzerindeki Patojenitesi” adlı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı’nda “yüksek lisans” tezi olarak hazırlanmıştır. Tez kapsamında tavukçuluk sektöründe önemli bir zararlı olan kırmızı Tavuk Akarı *Dermanyssus gallinae*’ye karşı mücadelede entomopatojen fungusların patojenitesinin araştırılmasına yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Bu tez çalışması sonucunda elde edilen bilgiler daha ileri araştırmalara temel teşkil etme niteliğindedir.

Tez süresince yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmanın planlanmasından sonuçlandırılmasına kadar yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. İsmail DEMİR’e, çalışmam boyunca değerli fikirlerini ve yardımlarını benden esirgemeyen ve her konuda yanımda bulunan Sayın Prof. Dr. Zihni DEMİRBAĞ’a, çalışmalarda akar temini sağlayan Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Levent AYDIN’a ve KTÜ Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji grubu hocalarıma, tezimin başarıyla tamamlanması için gerekli alt yapı imkanlarından faydalanmama imkan veren Biyoloji Bölüm Başkanlığına teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım esnasında desteklerinden dolayı, Sayın Doç. Dr. M. Mahmut BAYRAMOĞLU’na, bana her zaman destek olan ve desteğini hep yanımda bulduğum eşim Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BAYRAMOĞLU’na ve oğlum Ömer Mete BAYRAMOĞLU’na ve bana her zaman inanan ve varlıkları ile her zaman güç veren, benden hiçbir imkanlarını esirgemeyen sevgili ablam Doç. Dr. Zeynep BAYRAMOĞLU BAKACAK’a, anneme ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Miraç BAYRAMOĞLU

Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yerel Entomopatojen Fungusların Kırmızı Tavuk Akarı (*Dermanyssus gallinae*, Arachnida: Dermanyssidae) Üzerindeki Patojenitesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. İsmail DEMİR’in sorumluluğunda tamamladığımı, deneyleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

13/07/2022

Miraç BAYRAMOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Kırmızı Tavuk Akarı (<i>Dermanyssus gallinae</i> , Arachnida: Dermanyssidae)	3
1.2.1. Akarın Yaşam Döngüsü	4
1.2.3. Patojenez ve Klinik	6
1.2.4. Ekonomik zarar Boyutu	7
1.2.5. Mevcut Kontrol ve Koruma	8
1.3. Biyolojik Mücadele.....	9
1.4. Zararlılarla Mücadelede Entomopatojenler	10
1.5. Entomopatojen Funguslar	11
1.6. Kırmızı Tavuk Akarı ile Mücadelede Entomopatojen Funguslar	12
1.7. Tezin Amacı.....	14
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	16
2.1. Entomopatojen Fungusların ve Hedef Akarın Temini	16
2.2. Fungal Suşların Patojenitelerinin Belirlenmesi.....	17
2.2.1. Spor Süspansiyonlarının Hazırlanması	18
2.2.2. Akarisidal Aktivite Testleri (Tarama Testleri).....	18
2.2.3. Akar Üzerindeki Virulans Denemeleri (Doz Denemeleri).....	19
2.3. Abiyotik Faktörlerin Suşlar Üzerindeki Etkisi.....	20
2.3.1. Sıcaklığın Fungal Gelişim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi	20
2.3.1.1. Sıcaklığın Radial Büyüme Üzerindeki Etkisi	20
2.3.1.2. Sıcaklığın Spor Üretimi Üzerine Etkisi	20

2.3.2.	UV'nin Fungal Gelişim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi	21
2.3.2.1.	UV'nin Radial Büyüme Üzerine Etkisi	21
2.3.2.2.	UV'nin Spor Üretimi Üzerine Etkisi	21
2.4.	İstatistiksel Analizler.....	21
3.	BULGULAR.....	22
3.1.	Tarama Testleri	22
3.2.	Doz Denemeleri	25
3.3.	Abiyotik Faktörlerin Suşlar Üzerindeki Etkileri.....	28
3.3.1.	Sıcaklığın Fungal Gelişim Üzerine Etkisi.....	28
3.3.1.1.	Sıcaklığın Radyal Büyüme Üzerine Etkisi.....	28
3.3.1.2.	Sıcaklığın Spor Üretimi Üzerine Etkisi	30
3.3.2.	UV'nin Fungal Gelişim Üzerinde Etkisi.....	31
3.3.2.1.	UV-B'nin Radyal Büyüme Üzerine Etkisi.....	31
3.3.2.2.	UV'nin Spor Üretimi Üzerine Etkisi	32
4.	TARTIŞMA	34
5.	SONUÇLAR	41
6.	ÖNERİLER.....	42
7.	KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

YEREL ENTOMOPATOJEN FUNGUSLARIN KIRMIZI TAVUK AKARI (*DERMANYSSUS GALLINAE*, ARACHNIDA: DERMANYSSIDAE) ÜZERİNDEKİ PATOJENİTESİ

Miraç BAYRAMOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. İsmail DEMİR
2022, 69 Sayfa

Bu çalışmada, Bursa ili ve çevresindeki tavuk ve yumurta çiftliklerinde yayılım gösteren kırmızı tavuk akarı (*Dermanyssus gallinae*)’na karşı, daha önceden farklı konaklardan ve toprak örneklerinden izole edilen 20 adet fungus suşunun etkisi araştırıldı. Ekonomik kayıplara neden olan *D. gallinae* ile mücadelede entomopatojen fungus kültür koleksiyonumuzda bulunan 20 adet fungus suşunun 1×10^7 konidia/ml konsantrasyonda akar üzerinde tarama testleri gerçekleştirildi. Denemelerde pozitif kontrol olarak BioStorm (*Metarhizium anisopliae*) kullanıldı. Doz denemeleri sonucunda As-2 ve Pa4 suşlarının 1×10^9 konsanstrasyonda akara karşı %100 ölüm oranı gösterdiği belirlendi. Bu suşların LC₅₀ değerleri, As-2 için 5.5×10^4 konidia/ml ve Pa4 için 3.2×10^4 konidia/ml olarak hesaplandı. LT₅₀ değerleri ise As-2 için 1.94 ve Pa4 için 1.57 gün olarak tespit edildi. Suşların sporlarının sıcaklık ve UV-B’ye karşı gösterdiği toleranslar test edildi. Elde edilen sonuçlarla beraber iki fungal suşun akarın mücadelesinde kullanılabilirliği noktasında gelecekteki çalışmalar için dikkat çekici olduğu öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Dermanyssus gallinae*, entomopatojen fungus, biyolojik mücadele

Master Thesis

SUMMARY

PATHOGENICITY OF LOCAL ENTOMOPATOGENIC FUNGI ON POULTRY RED MITE
(*DERMANYSSUS GALLINAE*, ARACHNIDA: DERMANYSSIDAE)

Miraç BAYRAMOĞLU

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Biology Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. İsmail DEMİR
2022, 69 Pages

In this study, the effects of 20 fungal strains previously isolated from different hosts and soil samples were investigated against the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) spreading in chicken and egg farms in and around Bursa. In the control against *D. gallinae*, which causes economic losses, 20 fungus strains in our entomopathogenic fungus culture collection were performed on mites at a concentration of 1×10^7 conidia/ml. BioStorm (*Metarhizium anisopliae*) was used as a positive control in the experiments. As a result of dose response tests, it was determined that As-2 and Pa4 strains showed 100% mortality against mites at 1×10^9 concentration. The LC_{50} values of these strains were calculated as 5.5×10^4 conidia/ml for As-2 and 3.2×10^4 conidia/ml for Pa4. LT_{50} values were determined as 1.94 days for As-2 and 1.57 days for Pa4. The tolerances of the spores of the strains to temperature and UV-B were tested. With the results obtained, it is predicted that the use of two fungal strains in mite control will be remarkable for future studies.

Key Words: *Dermanyssus gallinae*, Entomopathogenic Fungi, Biological Control

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Ülkemizin yumurta tavuğu üretim haritası	3
Şekil 2.	<i>Dermanyssus gallinae</i> 'nin gelişim dönemleri (ergin, nimf, yumurta).....	5
Şekil 3.	Kırmızı tavuk akar enfestasyonunun tavuklarda etkileri	6
Şekil 4.	Denemelerin yapıldığı adacık düzeneği	19
Şekil 5.	Suşların tarama testi uygulamasında akar üzerindeki ölüm değerleri.....	23
Şekil 6.	Suşların tarama testi uygulamasında kadvraların mikozlanma değerleri.	23
Şekil 7.	Tarama testi uygulamalarında akar kadvralarında meydana gelen mikoz görüntüleri.....	24
Şekil 8.	Doz denemesi uygulamasında yedinci günde elde edilen ölüm değerleri .	26
Şekil 9.	Sıcaklığın radyal büyümesi üzerine etkisi	30
Şekil 10.	Sıcaklığın spor üretimi üzerine etkisi.....	31
Şekil 11.	Suşların radyal büyüme üzerine UV-B'nin etkisi	32
Şekil 12.	Suşların spor üretimi üzerine UV-B'nin etkisi	33

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çalışmada kullanılacak entomopatojen fungus suşları	17
Tablo 2. Post Hoc test sonuçları.....	25
Tablo 3. Suşların akar üzerindeki LC ₅₀ ve LT ₅₀ değerleri.....	28
Tablo 4. Sıcaklığın radyal büyümesi üzerine etkisi.....	29
Tablo 5. UV-B'nin radyal büyüme üzerine etkisi	31



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ml	: Mililitre
μ l	: Mikrolitre
nm	: Nanometre
mm	: Milimetre
H ₂ O	: Su
dk	: Dakika
RH	: Bağıl nem
UV	: Ultraviole
Na ₂ CO ₃	: Sodyum karbonat
LC ₅₀	: %50 Öldürücü konsantrasyon
LT ₅₀	: %50 Öldürücü zaman

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Kümes hayvanları yetiştiriciliği dünya çapında büyük bir endüstridir. Operasyon ölçeği, sadece birkaç serbest dolaşan tavuğu besleyen bireylerden, üretilen yumurta ve etin süpermarketlere satıldığı kafes, ahır veya serbest dolaşan sistemlerde yüz binlerce tavuğu besleyen kümes hayvanı çiftçileri tarafından yapılan seri üretime kadar uzanmaktadır. Kümes hayvancılığında viral, bakteriyel veya parazitik hastalıklar nedeniyle üretim kaybı yaşanması sürekli olarak dikkat edilmesi gereken önemli bir ekonomik ve refah sorunudur.

Kırmızı tavuk akarı (*Dermanyssus gallianae*, Arachnida: Dermanyssidae) dünya çapında bir dağılıma sahiptir. Bazı ülkelerde etkilenen çiftliklerin oranı %90'ların üzerine çıkmakla birlikte, daha yüksek bir yaygınlığa ulaşan ortalama bu oran Avrupa ülkelerinde %80 civarındadır. Bu, akarın Avrupa yumurta endüstrisi için ciddi bir sorun olduğunu göstermektedir (Sparagano vd., 2014). Akar istilası, yumurta üretim endüstrisinde ciddi ekonomik kayıplarla kendini gösterirken, tavuklarda sağlık ve refah sorunlarına da neden olur (Sigognault vd., 2017; Cosoroaba, 2001; Kilpinen vd., 2005). Avrupa Birliği'nde, *D. gallinae* kaynaklı yumurta endüstrisi kayıplarının yılda 130 milyon € olduğu tahmin edilmektedir (George ve diğerleri, 2009). *D. gallinae*'nin çoklu patojenik virüsler ve bakteriler için önemli bir mekanik vektör olduğu ve dolayısıyla diğer hastalıklarla da bağlantılı olduğu gösterilmiştir (Chauve 1998; Sparagano vd., 2014). Akarlar, kümes çiçeği virüsü, Newcastle virüsü ve kümes hayvanı kolerası gibi diğer hastalıkları yaymaktadır (Hoy 2011).

Türkiye'de son dönemlerde kırmızı et üretimi ekonomik nedenlerden dolayı azalmaktadır. Bu durum, hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında yetersizlik yaşanmasına sebep olmaktadır. Tavuk yumurtası ve eti hayvansal proteinlerin karşılanmasında daha fazla tercih edilmektedir. Yumurta üretimindeki sıralamamız üretim potansiyeli bakımından ülkemizdeki sektörün iyi durumda olduğunun göstergesidir.

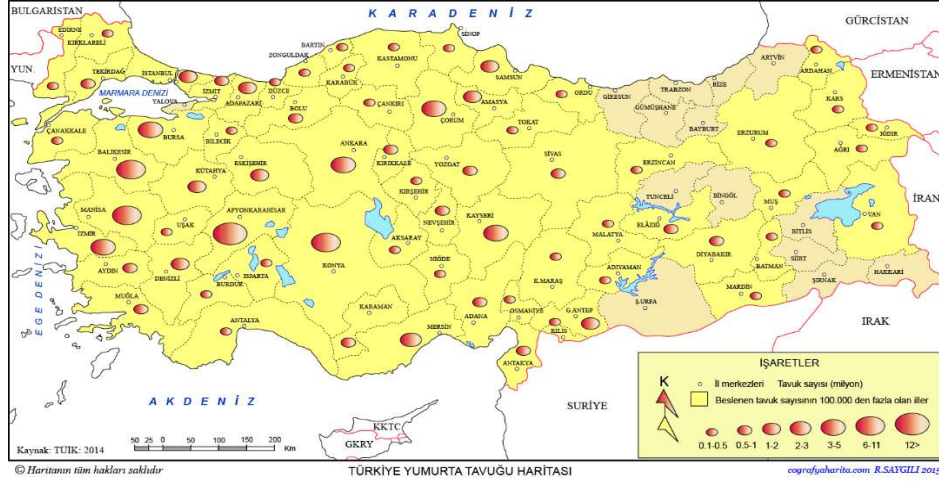
Hayvansal proteinin temin edildiği besinler insanların sağlıklı beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Türkiye'de hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında kolay bulunması ve diğer hayvansal proteinli gıdalara göre ucuz olması nedeniyle yumurta daha çok tüketilmektedir. Yumurta birlik istatistik verilerine göre ülkemizde ortalama yumurta

tüketimi kişi başı 214 adet/yıl olarak hesaplanmıştır. Sağlıklı beslenme için yılda kişi başı 300 adet yumurta tüketilmesi önerilmektedir. Bu durum, Türkiye’de yumurta tüketiminin henüz istenen seviyeye ulaşamadığını göstermektedir. Yumurta tüketimi bakımından ülkeler arasında tüketim ve alışkanlıklar bakımında farklılıklar öne çıkmaktadır. Japonya yıllık ortalama 333 adet yumurta tüketimi ile ilk sırada yer almaktadır. İkinci sırada ise 307 adet tüketim ile Çin bulunmaktadır.

Türkiye, günümüzde dünya yumurta ihracatında önemli bir konuma gelmiştir. Ülkeler bazında yumurta ihracatı bakımından Hollanda’nın ardından %15.98’lik payı ile dünya yumurta ihracatında en fazla ihracat yapan ikinci ülke konumundadır (URL-1).

Türkiye’de kanatlı üretimine yönelik atılımlar 1930 yıllarında başlanmış ve daha sonraki yıllarda sektör kurumlarla desteklenerek üretim hacmi giderek artırılmıştır. Daha sonra kanatlı üretimi ile ilgili yatırımlar özel sektörün varlığı ile devam etmiştir. Günümüzde tarımsal üretimde yer alan kanatlı entegre kuruluşları, ülkemizdeki en büyük firmalar arasındadır. Birçok yönüyle geçimini kanatlı sektöründen sağlayan yaklaşık 1,5 milyon insan olduğu bilinmektedir. Kanatlı sektörü, hızlı ve güçlü bir şekilde gelişen sektörlerden biridir. Sektörden elde edilen hayvansal ürünlerin ucuz olması ve kısa zamanda üretilibilmeleri sağlıklı ve kırmızı ete alternatif bir hayvansal protein kaynağının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Şekil 1).

Ülkemizde, günümüzde yaklaşık 640 tarımsal zararlı olarak ve çok sayıda vektör böcek ve hayvansal parazit bulunmaktadır. Bunlar, bölgesel ve iklimsel koşullara ve uygulanan mücadele yöntem ve etmenlerine bağlı olarak zaman zaman etkinliklerini artırmakta veya sorun olmaktan çıkmaktadır. Gerek iklimsel değişiklikler ve gerekse dünya çapındaki taşımacılık ve transfer süreçleriyle mevcut zararlılara yenileri de eklenmeye devam etmektedir.



Şekil 1. Ülkemizin yumurta tavuğu üretim haritası (URL-2)

Kırmızı tavuk akarı (*Dermanyssus gallinae*, Arachnida: Dermanyssidae), kümes hayvanlarının ve kanatlı sektörünün en önemli hematofagus ektoparazitidir. Ülkemiz ve çevre ülkelerde ise yumurta tavukçuluğunun en önemli sorunudur. Çok önemli birkaç ana patojenik hastalığın da vektörü olarak bilinmektedir. Tavuklarda yaygın görünürken; insanlar, çeşitli memeliler ve yabani kuş türleri de dahil olmak üzere çok çeşitli canlılar konakları arasındadır.

1.2. Kırmızı Tavuk Akarı (*Dermanyssus gallinae*, Arachnida: Dermanyssidae)

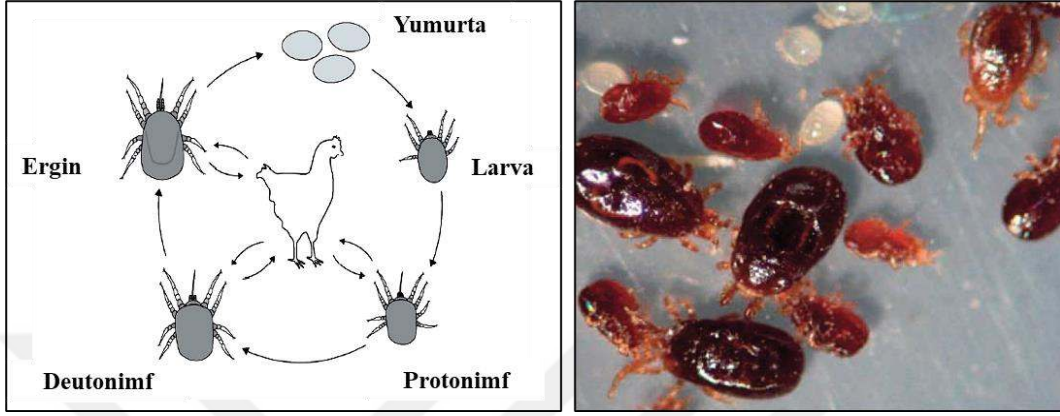
Dermanyssus gallinae (Arachnida: Dermanyssidae), Arachnida sınıfına ait bir artropoddur. Zararlı konağa özelleşmiş parazitler olmayıp, çok sayıda hayvanda ve insanlarda parazit olarak bulunur (Mccrea vd., 2005). *D. gallinae* (de Geer, 1778), dünya çapında birçok kuş türünü de istila eden hematofagöz bir ektoparazittir. Kanatlılarda beslenmeyi tercih etmesi ve beslenme sonrası vücudunun kırmızı renk alması nedeniyle kırmızı tavuk akarı olarak da bilinir. Ana konukçu olarak tavuk başta olmak üzere birçok kümes hayvanının yanında yabani kuşları da enfeste ettiği bilinmektedir (Escobar vd., 2014; Circella vd., 2011; Erdem vd., 2015). Bazı araştırmalar *D. gallinae*'nin insanlarda ve diğer memelilerde de bulunabileceğini bildirmişlerdir (Hoffman 1987; Haag-Wackernagel, 2008).

1.2.1. Akarın Yaşam Döngüsü

Dermanyssus gallinae, ilk olarak Wood (1917) tarafından ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır. Akarın 5 gelişim evresi olup; bunlar yumurta, larva, protonimf, deutonimf ve ergin dönemlerdir (Huber vd., 2011). Genellikle 18 - 21 °C arasında tutulan sıcaklıklara sahip çoğu yumurtlama tavuğu tesisindeki ortam, *D. gallinae*'ye gelişme için uygun koşullar sağlar ve bu da bol miktarda besin kaynağıyla birleştiğinde akarın yaşam döngüsünün hızlı bir şekilde tamamlanmasına izin verir. Bu koşullar altında, *D. gallinae* yaşam döngüsü 7 - 17 gün sürmektedir (Şekil 2). Altı bacaklı larva, üç gün önce bırakılan bir yumurtadan çıkar. Bir gün içinde larva, sekiz bacaklı bir protonimfe dönüşür. Protonimf ilk kan besinini alır ve bir gün içinde bir deutonimfa dönüşür. Deutonimf tekrar beslenir ve daha sonra çiftleşebilen bir yetiştikine dönüşür. Çiftleşmeden sonra dişi 12 saat içinde beslenir ve yumurta bırakmaya başlar (Bruneau vd., 2001; Chauve, 1998). Dişi akarın yumurtlama ömrü 5-8 haftadır. Bu süre boyunca 8 yumurta bırakarak beş kez kuluçkaya yatabilir (Meyer-Kuhling vd., 2007). Optimal koşullarda bir kümesteki akar popülasyonu her altı günde bir ikiye katlanabilir (Maurer ve Baumgartner, 1992; Huber vd., 2011).

Kirkwood (1963)'a göre *D. gallinae*'nin hızlı bir şekilde çoğalabilmesi kümeslerde uygun koşullarla birleştiğinde akar sayısının aşırı derecede artmasına neden olmaktadır. Dişi *D. gallinae* bireyleri sıcaklığa bağlı olarak yumurtlama ve yaşamını devam ettirme ile ilgili farklı performanslara sahip olabilmektedir (Nordenfors vd., 1999). Örneğin, dişi akarların 5-45 °C'lerde yumurtlayabildikleri, 5-25 °C'de ise aylarca kan ile beslenmeden yaşayabildikleri, -20 °C'nin altındaki ve 45 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda hayatta kalmalarının zorlaştığı ve ortalama (20-45 °C) sıcaklığın dışındaki sıcaklıklarda yumurtlama süresinin arttığı bildirilmiştir (Nordenfors vd., 1999). Sıcaklığın yanında ortam neminin geniş aralıkta olduğu bildirilmesine rağmen, akarın dehidrasyon bakımından hassas olabileceği kaydedilmiştir (Nordenfors vd., 1999). Akarın sıcaklık değişikliklerinden etkilendiği ve bunun yeni konukçu bulmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Kilpinen, 2001). Akarın beslenme olmadan aylarca hayatta kalabilmesi, yeni konak bulması ve beslenerek enfestasyona neden olma şansını artırmaktadır (Belozerov, 2009). Yapılan araştırmalar, *D. gallinae*'nin gece beslendiğini, gündüz ise kümeslerdeki çatlak ve yarıkların içindeki yuvalarında bulunduklarını göstermiştir (Arends, 2008). Yani akarlar, beslenmek için karanlığı sever ve gececi olarak da tanımlanırlar.

Akarın konağa gelişi, sıcaklık, oksijen yoğunluğu, titreşim gibi bazı cezbedici faktörlere bağlıdır (Kilpinen, 2005). Ayrıca, akarların konağın yerini bulmasında kairomon denilen yarı kimyasalların etkili olduğu da bilinmektedir (Sparagano vd., 2014).



Şekil 2. *Dermanyssus gallinae*'nin gelişim dönemleri (ergin, nimf, yumurta) (Meyer-Kuhling vd., 2007).

1.2.2. Akarın Yayılışı

Çoğu dış parazitlerde olduğu gibi mevsime bağlı bir aktivite gösteren akarın yayılımı coğrafik olarak farklılık göstermektedir. Örneğin, yüksek dağılımın Fransa'da kış boyunca, Danimarka ve İtalya'da ise yaz dönemi sonunda olduğu kaydedilmiştir. Bunun yanında, Hollanda'da önceden çok az ve yazın dağılım gösteren akarın daha sonradan yıl boyunca dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Lesna vd., 2009). Yapılan araştırmalar akar popülasyonunun iklime bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini de göstermektedir (Nordenfors ve Höglund, 2000; Yakhchali vd., 2013). Ortadoğu ve Akdeniz'e yakın bölgelerde mevsime bağlı olmayıp, akar yıl boyu görülebilmektedir. Bunun yanında, akarın yayılması insan kaynaklı bulaşma nedeniyle bir kümeden diğerine de olabilmektedir. Çevre koşullarına bağlı olarak *D. gallinae*'ye farklı kanatlı hayvan yetiştirme işletmelerinde de rastlanabilmektedir. Birleşik Krallık, Danimarka, Fas, Fransa, Hollanda, İtalya, Japonya, Karadağ ve Norveç gibi ülkelerin dağılım verilerine bakıldığında yumurta ve et üretim kümeslerinde akarın tüm sistemlerde yoğun bir şekilde görüldüğü kaydedilmiştir (Sparagano vd., 2009). Araştırmacılar, Tavuk yetiştirme tesislerinin büyüklüğünün ve hijyen koşullarının akar sayısının artmasında etkili olduğunu belirtmektedir (Paoletti vd., 2006; Sparagano vd., 2009).

1.2.3. Patojenez ve Klinik

Erişkin bir akarın 0,2 µl kadar kan ile beslendiği bildirilmiştir (Sikes ve Chamberlain 1954). Bu miktar akarın ağırlığının yaklaşık 4 katı kadar olduğu bilinmektedir. Akarın bulaştığı tavuklarda kan hücresi üretimi artırılrsa da akar sayısının yoğun olmasıyla birlikte kaybedilen kanın yerine yenisinin yeterli miktarda koyulamaması anemiye neden olmaktadır (Kilpinen vd., 2005). Akarın yoğun olarak beslenmesi sonucunda tavukta stres olmakta ve bağışıklıkla birlikte diğer yaşamsal faaliyetler olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Kowalski ve Sokół, 2009) (Şekil 3). Etkenin irrite edici ve anemiye sebep olması dışında, avian influenza ve Newcastle gibi hastalıkları yaban hayvanlarında evcil kanatlılara taşıdığı da saptanmıştır (Lay vd., 2011).

Akarın viral ve bakteriyel etmenlerden kaynaklı birçok hastalık için vektör olduğu bilinmektedir. Akarın kanatlı konakta bağışıklık sistemi üzerinde etkili olduğu ve bundan dolayı da bazı bakteriyel etmenlerin enfeksiyon başlatabileceği bildirilmiştir (Zeman vd., 1982; Valiente-Moro vd., 2007; Fossum vd., 2009).



Şekil 3. Kırmızı tavuk akar enfestasyonunun tavuklarda etkileri (URL-3; URL-4)

1.2.4. Ekonomik Zarar Boyutu

Dermanyssus gallinae'den kaynaklı olumsuz etkilerin canlı ağırlık artışında ve yumurta üretiminde düşüşe neden olduğu ortaya konmuştur (Cosoroaba, 2001; Arends, 2008; Mul vd., 2009). Akar bulaşmasının bulunduğu işletmelerde kanatlı gelişimi, ürün miktarı ve kalitesinde azalmanın da önemli miktarlarda olduğu saptanmıştır (Chauve, 1998). Yumurta ticaretinde akarın varlığının çok önemli bir problem olması, sadece bazı patojenler için vektör olmasından değil, kanatlı hayvanların sağlığının ve üretiminin olumsuz etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Nordenfors vd., 1996).

Dermanyssus gallinae, yumurta üretim tesislerinde ürün kayıplarının yanında; otomatik sistemlerin bulunduğu işletmelerde taşıma bandında meydana gelen kümelenmeler nedeniyle yumurta birikmesi, yumurtalarda çatlakların oluşması ve akardan kaynaklı yumurta üzerindeki kırmızı lekeler sebebiyle çok ciddi ekonomik zararlara sebep olmaktadır. Bütün bunlar, yumurtada kalitenin düşmesini de beraberinde getirmektedir. Araştırmalar kafes sistemlerindeki tavukların akardan kaynaklı ölümlerin %3 arttığını ve verimde ise %10 kadar azalma olduğunu ortaya koymuştur (Wojcik vd., 2000). Benzer bir araştırmada da yumurta veriminde %20'lik bir düşüşün olduğu, ölüm oranında ise %47'lik bir artış olduğu rapor edilmiştir (Çöven, 2020).

Avrupa'da belirli ülkelerde ürün ve verim kayıplarına ilişkin önemli kayıtlar bulunmaktadır. Bu kayıtlardan birinde *D. gallinae*'nin Fransa'da yumurta sistemlerinde 100 tavuk başına zararın 3.83-4.33 Avro olduğu bildirilmiştir (Lubac vd., 2003). Birleşik Krallıkta ise *D. gallinae*'nin yıllık giderinin 3 milyon Avro, Hollanda'da 11 milyon Avro, Japonya'da da yaklaşık 66 milyon Avro olduğu hesaplanmıştır (Sparagano vd., 2003). Akarın mücadelesi için harcamaların ve ürün kaybından kaynaklanan giderlerin yıllık 231 milyon Avro gibi rakamlara ulaştığı bildirilmiştir (Van Emous, 2017). Ülkemizde ise Türkiye genelinde 107 yumurtacı tavuk işletmesinde yapılan bir anket sonuçlarına göre işletmelerin %71'İNDE *D. gallinae*'den kaynaklı yumurta veriminde düşüş meydana geldiği kaydedilmiştir (Çırak 2022- yayın aşamasında). Yine işletmelerin en az yarısında bu akara karşı yapılan mücadeleden (kimyasal vb.) dolayı tavuk başına maliyetin 0,20 TL olduğu bildirilmiştir.

1.2.5. Mevcut Kontrol ve Koruma

Kanatlı hayvan tesislerinin düzenli olarak temizlenmesi ve iyi hijyen, akar popülasyonlarının büyük bir kısmının ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilir. Suyla temizlik, çok sayıda akar ve yumurtayı temizleyebilir (Nordenfors ve Höglund, 2000). Diğer bir geleneksel yöntem, sentetik akarisitlerin kullanılmasıdır. Bu durum, yumurta, kümes hayvanları ve insanların sentetik akarisit kalıntılarına maruz kalma riskini beraberinde getirmektedir. Çalışmalar, akarın sentetik akarisitlere karşı direnç geliştirdiğini de göstermiştir (Marangi vd., 2009; Hamscher vd., 2003). Bu nedenle, akara karşı mevcut onaylanmış kimyasalların kullanımının giderek azalması gerekliliği ve bunların zararlıya karşı sürdürülebilir bir mücadele etmeni olamayacağı görülmektedir. Bununla birlikte, hızlı yanıt, çapraz direnç belirtisi göstermeyen ve son derece düşük memeli toksisitesi gösterebilen yeni bir kontrol materyali, kısa vadeli bir çözüm sunabilir veya sunulan diğer kontrol yöntemlerine paralel olarak entegre bir yaklaşımın parçası olarak kullanılabilir.

Akar istilasını kontrol etmenin alternatif bir yöntemi, belirli bir aydınlatma programı kullanmaktır. Araştırmalar, 1/4 saat aydınlık ve 3/4 saat karanlıktan oluşan hafif bir programın akar istilasını azaltabileceğini göstermiştir (Zoons, 2004). Bazı çiftlikler etkinin bir süre sonra ortadan kalktığını bildirmesine rağmen, bu etki diğer ülkelerden yapılan araştırmalarla doğrulanmamıştır. Bu aydınlatma programının neden akarı etkilediği açık değildir. Araştırmalar, akar aktivitesinin ışık tarafından engellendiği ve bu nedenle kısa süreli karanlıkta akarların tavuklara ulaşamadığı ve / veya akarın saklanma yerlerine zamanında ulaşamadığı, bu nedenle tavukların onları yiyebileceği şeklindedir. Yumurtacı tavukların korunmasına yönelik 1999/74 sayılı AB Direktifi, en az 8 saatlik sürekli bir karanlık dönem gerektirdiğinden, bu ışık programına Avrupa'da izin verilmemektedir ve bu nedenle ışık modeli seçeneği mevcut değildir.

Başka bir alternatif yöntem, cezbedici veya kovucu kokuların kullanılmasıdır. Akarın bu kokulara yanıt verdiğini, ancak reaksiyonların her zaman öngörülebilir olmadığını ve kokuların gücünün yanıtları karıştırabileceğini göstermektedir. Ayrıca, akarlar diğer akarları çekmek için kokuları kendileri üretir ve yüksek istila durumunda hangisinin daha çekici olacağı açık değildir. Araştırmacılar, biraz kontrol sağlamak için kokuların manipüle edilebileceğini kabul ettiler, ancak uygulanabilir bir konsept bulmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Akarlarla mücadelede kümeslerin mekanik temizliğinin,

herhangi bir dezenfektan (mertionat) kadar önemli olduğu bildirilmektedir (Karaer vd., 2013).

Doğal inert tozlar esas olarak silis içeren diyatumlu (diatom toprağı Güneydoğu Anadolu'da yaygındır) toprakları kapsamaktadır (ancak sentetik amorf silika bazlı ürünler de mevcuttur). Bunlar, zararlı omurgasızlarının dış iskeletinin epikutikülünden lipidleri emerek etkili bir şekilde dehidrasyon yoluyla ölüme neden olmaktadır. İnert tozlar, pestisit potansiyeli açısından iyi çalışılmış ve zararlı kontrolü için sentetik kimyasallara çekici bir alternatif sunabilirken, hammaddenin kalitesinin tozun etkinliğinde önemli bir faktör olduğu gösterilmiştir (Maurer ve Perler, 2006).

Mevcut kontrol programlarının olumsuz yan etkilerinin olmasının yanında yetersiz kaldığı da ortadadır. Bu durum akar ile mücadelede farklı arayışlara girilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmış ve bilim dünyasının alternatif biyolojik etmen ve yöntemlere yönelmesini zorunlu kılmıştır.

1.3. Biyolojik Mücadele

Biyolojik mücadele, kısaca diğer organizmaları kullanarak böcekler, akarlar, yabani otlar ve bitki hastalıkları gibi zararlıları kontrol etme yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Bu organizmalar, predatörler, parazitoitler, patojenlerin yanında feromon tuzaklarını, böcek büyüme düzenleyicilerini, bitkisel ekstraktları ve bazı omurgasız/omurgalıları kapsamaktadır. Bunlarla birlikte zararlı böceklerin mücadelesinde yapılan ekonomik, güvenilir ve başarılı bir mücadele yöntemidir (Demirbağ vd., 2008).

Hypoaspis miles, *H. aculeifer*, *Amblyseius degenerans* ve *Phytoseiulus persimilis* gibi çeşitli yırtıcı akar türleri *D. gallinae* ile beslenebilir. Ancak, deneysel akar mücadelelerinin bir parçası olarak beslenme başarısının çevresel koşullara ve alternatif av yokluğuna bağlı olduğu bilinmektedir (Ali vd., 2012; Lesna vd., 2012).

Bitki kökenli ürünlerin *D. gallinae* popülasyonlarını yönetmek için sentetik akarisitlere bir alternatif sunabilir oldukları ve bu alandaki son araştırmalar, bu ürünlerin umut verici olduğunu ve akar ile mücadelede entegre yöntemlerle birlikte başarılı bir şekilde kullanılabileceklerini ortaya çıkarmıştır (Maurer vd., 2009, George vd., 2010).

Alternatif biyolojik mücadele yöntemlerinden bir diğeri sınırlı yerlerde kullanılmalarına rağmen, silika tozlarıdır. Bu toz akarlarda vücut yüzeyindeki emilimi bozmak suretiyle dehidrasyona ve dolayısıyla ölümlerine neden olmaktadır. Ayrıca, böcek

büyüme düzenleyicileri (Insect growth regulators=IGR) *D. gallinae* popülasyonunu azaltmaktadır. Buna karşılık diflubenzuron, triflumuron gibi kitin sentez engelleyicileri ise (chitin synthesis inhibitors) akar sayısını azaltmada başarılı olmamaktadır (Chauve, 1998).

1.4. Zararlılarla Mücadelede Entomopatojenler

Günümüzde zararlı eklembacaklılarla mücadelede mikroorganizmaların kullanıldığı biyolojik mücadele yöntemi mikrobiyal mücadele olarak adlandırılır. Biyolojik mücadeledeki entomopatojenik mikroorganizmalar olarak adlandırılan bu patojenler doğada hastalıklı ya da ölü böcek/akar/kene'lerden temin edilmektedir. Bu zararlılarda hastalık oluşturan ya da ölmelerine neden olan birçok bakteri, fungus, nematod, virüs ve protoza türü bulunmaktadır. Doğada mevcut entomopatojen mikroorganizmalar zararlı popülasyonlarının zarar eşiğinin altında tutulmasında önemli yer tutmaktadır (Demirbağ vd., 2008).

Gelecekte entomopatojen mikroorganizmaların biyolojik mücadele kapsamında birçok yönüyle (etkinlik, fiyat vb.) kimyasal ilaçlara alternatif olarak daha tercih edilebilir olacakları öngörülmektedir. Ayrıca, bu entomopatojenlerin zararlılara karşı kullanılması, doğadaki dengenin korunmasında, biyoçeşitliliğin sürdürülmesinde, doğal düşmanların ve faydalı organizmaların zarar görmemesinde, kalıntı olmamasında ve en önemlisi insanlar ve hedef dışı canlı için güvenilir olmaları birçok avantajı ortaya koyar. Entomopatojen mikroorganizmaların kullanımı günümüzde oldukça yaygın hale gelmesine rağmen, ülkemizde bu uygulamalarla ilgili örnekler dünyanın çok gerisindedir. Mikrobiyal mücadele etmenlerinin geniş spektrumlu insektisitlere alternatif olarak kullanılma potansiyelleri son derece yüksektir.

Bu mikroorganizmaların mikrobiyal mücadele çalışma ve uygulamalarında tercih edilmeleri üzerinde çalışma yapılacak zararlının biyolojisiyle de doğrudan ilişkilidir. Zararlının yaşadığı ortam ve anatomik yapı (özellikle ağız yapısı) mikroorganizma seçiminde son derece önemlidir. Akar gibi sokucu emici ağız yapısına sahip olan zararlılarla mücadele çalışmalarında entomopatojen funguslar öne çıkmaktadır.

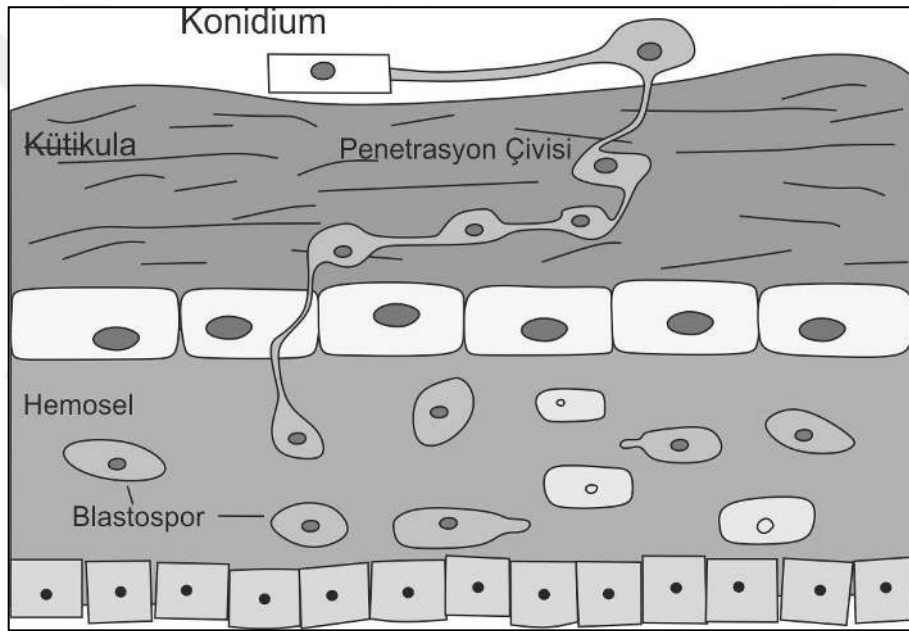
1.5. Entomopatojen Funguslar

Entomopatojen funguslar (EF), çok çeşitli böceklerin doğal düşmanlarıdır ve dünya çapında farklı ekosistemlerde bulunurlar (Roberts ve St Leger, 2004; Vega vd., 2009; Moonjely vd., 2016). Bu gruba ait fungal türler, böceklerde hastalıklara neden olma ve böcek kadavralarında fungusun üremesini sağlama yeteneklerine göre tanımlanır (Vega vd., 2009; Moonjely vd., 2016). EF'lerin yaklaşık 90 cinse dağılmış olduğu ve karasal ile su habitatlarında 1000'den fazla böcek türünü enfekte ettiği bilinmektedir (Roberts ve Huber 1981; Moonjely vd., 2016). Bunların en yaygın cinsleri *Aspergillus*, *Beauveria*, *Culicinomyces*, *Hirsutella*, *Lecanicillium*, *Isaria*, *Metarhizium*, *Entomophthora* ve *Tolypocladium*'dur (Inglis vd., 2001). Çoğu EF'ler, bulundukları böcek taksonuna veya yakından ilişkili türlere özgü izolat koleksiyonlarından oluşur. Bununla birlikte, *Metarhizium* ve *Beauveria* gibi çok çeşitli konukçuları enfekte edebilen ve tek ya da taksonomik olarak az ilişkili zararlı türlerinde enfeksiyon oluşturabilen EF'lerin, çok çeşitli böcek özgülüğüne sahip olduğu bilinmektedir (Moonjely vd., 2016).

Fungusun böcekte kolonizasyonu süreci, *Metarhizium* spp. ve *Beauveria bassiana* için özellikle iyi bilinmektedir (Ortiz-Urquiza ve Keyhani, 2013; St. Leger vd., 2011). İlk aşama, hidrofobik fungus sporlarının böcek kütikülüne yapışmasıdır. Daha sonra, spor çimlenmesini, çimlenme tüpünün hifaya uzatılmasını ve bazı durumlarda apressoria olarak bilinen kütikül penetrasyonuna yardımcı olan spesifik yapıların oluşumunu içeren bir dizi işlemi kapsamaktadır. Bu yapılar, böcek kütikülünün bozulmasına yardımcı olan hidrolitik enzimlerle birlikte, böcek boşluklarına nüfuz etmeye yardımcı olmaktadır (Moonjely vd., 2016). Vücuda girdikten sonra, funguslar hiflerin gelişmesinden, hemolenfle yayılan ve böcek vücudunun hemoselini istila eden hif gövdeleri, protoplast ve blastospor formlarını üretmekte ve geliştirmektedir. Bu işlem sırasında, fungusun doğal böcek bağışıklık sisteminden kaçınmak ve bazen böceği zayıflatan mikotoksinler üretmek için çeşitli mekanizmaları bulunmaktadır (Ortiz-Urquiza ve Keyhani, 2013; Moonjely vd., 2016). Son olarak fungus, böceğin kadavrasını istila eden hifler üretir ve böcek eklemlerinin yumuşak dokuları yoluyla dış ortama çıkıntı yapar. Mantar böcek yüzeyine ulaştığında, tekrar enfektif konidia üretir (Ortiz-Urquiza ve Keyhani, 2013; Moonjely vd., 2016). Konakta spor çimlenmesi (enfeksiyon sırasında) ve kadavrada sporlanma ile hif büyümesi, çoğunlukla bağıl nemin %90'ı aştığı ve 2 sıcaklığın orta derecede olduğu (örneğin, 18-20

°C) geceleri meydana gelir. Güneş radyasyonu bu süreçler için öldürücü olmaktadır (Butt vd., 2001) (Şekil 4).

EF'lerin böcekleri enfekte edebilme kapasitesi, ilk olarak 1800'lü yıllarda bu fungusların, mahsullerde böcek zararlıları için biyolojik mücadele etmenleri olarak kullanmaya yönelik çalışılmasına yol açtı (Vega vd., 2009). Özellikle, Hypocreales (Ascomycota) takımından anamorfik EF *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin ve *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin türleri bir dizi zararlıyı enfekte etme kabiliyetine sahip olduklarından, biyopestisit olarak geliştirilmek için yoğun bir şekilde çalışılmıştır (Bruck, 2005; Meyling ve Eilenberg, 2007; Ownley ve diğerleri, 2010).



Şekil 4. Entomopatojen fungusların etki mekanizması

1.6. Kırmızı Tavuk Akarı ile Mücadelede Entomopatojen Funguslar

Dermanyssus gallinae ile mücadelede uygulanan yöntem ve etmenlerin yetersiz olması ve çevre dostu olmaması, zararlı ile mücadelede daha etkili, ekonomik ve çevre dostu akarisitler geliştirme arayışlarını hızlandırmıştır. Funguslar, akarın kitin bakımından zengin hidrofobik kısımlarına bulaştığında kuruma yoluyla akarları öldürebilen hücre dışı kitinazlar üretmektedir (St vd., 1996). Akarda gecikmiş bir patolojiye neden olduklarından funguslar, geniş akar popülasyonlarını ortadan kaldıracı ve geniş çapta

yayılabilmektedir (Tavassoli vd., 2008; Tavassoli vd., 2011). *Trichoderma album* (Kaoud, 2010) ve *Metarhizium anisopliae* (Tavassoli vd., 2011) fungusları yeni akarisitler olarak yüksek spor konsantrasyonlarında etkili olurken, *Beauveria bassiana*'nın da uygulamadan 10 gün sonra *D. gallinae*'ye karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır (Steenberg ve Kilpinen, 2003).

Kırmızı tavuk akarının özellikle *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *T. album* ve *Paecilomyces fumosoroseus* izolatları başta olmak üzere en az 58 fungus türüne duyarlı olduğu bilinmektedir (Chandler vd., 2000; Steenberg ve Kilpinen, 2003; Kaoud, 2010; Tavassoli vd., 2011). Son çalışmalar ayrıca, inert maddelerle (yani kurutucu tozlar) kombinasyonun, *D. gallinae* mücadelesinde sinerjist etkiler sağlayabileceğini göstermektedir (Steenberg ve Kilpinen, 2014; Alves vd., 2019, 2020). Bazı çalışmalarda topraktan ya da farklı böcek konaklarından izole edilen entomopatojen fungusların *D. gallinae* üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Kasburg vd., 2016; Steenberg ve Kilpinen, 2003; Kaoud, 2010; Tavassoli vd., 2008, 2011; Kilpinen ve Steenberg, 2016; Nascimento vd., 2020). Bazı fungus türlerinin laboratuvar ve alan denemelerinde doğrudan konidial süspansiyonları püskürtülerek veya inert tozlar ve uçucu yağlarla bağlantılı olarak *D. gallinae*'ye karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır (Kaoud, 2010; Tavassoli vd., 2011; Immediato vd., 2015, 2016, 2017; Kasburg vd., 2016; Steenberg ve Kilpinen, 2014). Bununla birlikte, *B. bassiana* konidilerini içeren iki tür tuzak geliştirerek bu tuzakların laboratuvar koşullarında ve akar istilasına uğramış kümeslerde *D. gallinae*'yi etkileme ve enfekte etme etkinliğini test etmiştir (Nascimento vd., 2020). Yapılan çalışma sonucunda, laboratuvar tuzakların içinde akarlar toplanmış ve ortalama fungus kaynaklı ölümler, uygulama sonrası 4. ve 5. günlerde her iki tuzak için de %70'ten daha yüksek olarak belirlenmiştir. Tavuk kafeslerine bağlanan her iki tuzak türünde de yakalanan akarların %65-90'ında fungus enfeksiyonu gözlenmiştir. Tuzaklar uzaklaştırıldıktan sonra yerleştirilen karton tuzaklarda yakalanan akarların ise %5-25'inin *B. bassiana* ile enfekte olduğu belirlenmiştir (Nascimento vd. 2020). Bu çalışma, *B. bassiana*'nın *D. gallinae* ile mücadelede alternatif bir yöntem olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Dermanyssus gallinae'ye karşı *M. anisopliae*'nin üç suşunun etkinliği akar istilasına uğramış bir çiftlikte değerlendirildiği bir çalışmada, fungus suşları ayçiçek yağı formülasyonu ile ikişer konsantrasyon (1×10^7 ve 1×10^9 konidia/ml) halinde kullanılarak püskürtme yöntemiyle uygulanmış, akarların takibi karton tuzaklar kullanılarak yapılmış ve yüksek konsantrasyon uygulaması sonrasında akar popülasyonunun kontrol grubu ile

kıyaslandığında önemli ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Tavassoli vd., 2011). Saha koşullarında *D. gallinae* ile mücadele etmek için daha yüksek *M. anisopliae* konsantrasyonun gerekliliği ortaya konulmuştur.

Oliveria vd. (2020) yaptıkları çalışmada akarın mücadelesinde daha fazla seçenek üretme amacıyla, entomopatojen fungusların, laboratuvar ve saha koşullarında etkinliğini araştırmıştır. Laboratuvar koşullarında 39 adet *B. bassiana* suşu 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda uygulanmış ve %70'in üzerinde etki gösteren dört suş belirlenerek bir ticari yumurtlama kümesinde etkinliği araştırılmıştır. Kafeslerin etrafına fungus süspansiyonu (1×10^9 konidia/ml) püskürtüldükten sonra uygulama öncesinde ve sonrasında kapanlar kullanılarak akar sayımları yapılmıştır. Saha uygulamalarında fungusun akar popülasyonunu verimli bir şekilde azalttığı (%64,8), kontrol parsellerde ise popülasyonda artış (%281) olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda *B. bassiana* Unioeste 88 suşunun *D. gallinae*'nin mücadelesinde ticari olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur (Oliveria vd., 2020).

1.7. Tezin Amacı

Kırmızı tavuk akarı olarak bilinen *Dermanyssus gallinae* yumurta tavukçuluğunda dünya endüstrisinde ekonomik yönden ciddi zararlara neden olan bir zararlıdır. Kanatlı hayvanların kanı ile beslenen bu akar, tavuklarda birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Akarın mücadelesinde birçok akarisit kullanılmasına rağmen kimyasalların neden olduğu akar direnci, aktif bileşenlerin etkisiz olması ve kalıntıya neden olmaları gibi birçok olumsuzluk ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzlukların ortadan kalması ve akarlarla mücadelenin daha etkili ve güvenilir olarak sürdürülebilmesi için çevreye ve insanlara zarar oluşturmayacak alternatif ürünlerin uygulanabilmesi önemli görülmektedir.

Biyolojik mücadele kimyasal akarisitlere alternatif olabilme potansiyeline sahip olması bakımından zararlı ile mücadelede dikkat çekmektedir. Gerek dünyada ve gerekse ülkemizdeki uygulama ve çalışmalara rağmen, kırmızı tavuk akarının etkinliği halen güçlü bir şekilde devam etmektedir. Akarın yaşam ortamı ve biyolojik özellikleri değerlendirildiğinde entomopatojen fungusların ve özellikle yerel fungusların zararlının mücadelesinde kullanılmaları hususunda büyük bir potansiyel olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, Karadeniz Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarında entomopatojen fungus kültür koleksiyonunda bulunan ve çeşitli

tarım ve orman zararlıları üzerinde yüksek öldürücü etkiye sahip oldukları daha önceki çalışmalarda belirlenmiş olan *Beauveria*, *Metarhizium* ve *Isaria* cinslerine ait 20 adet entomopatojen fungus suşunun *Dermanyssus gallinae*'nin mücadelesinde kullanılma potansiyellerinin araştırılması amaçlanmıştır.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Entomopatojen Fungusların ve Hedef Akarın Temini

Çalışmada kullanılacak entomopatojen funguslar Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Mikrobiyoloji Laboratuvarında entomopatojen kültür koleksiyonundan temin edildi. İzolatlar, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki çeşitli toprak örneklerinden ve bölgede yaygın olarak bulunan zararlılardan izole edilmiştir. Klasik ve moleküler yöntemlerle tanımlamaları yapılan bu izolatların çeşitli zararlılar üzerinde insektisidal etkileri de belirlenmiştir. İzolatların sağlandığı kaynaklar ve türleri hakkındaki bilgiler Tablo 1'de bulunmaktadır.

Patojenite testlerinde kullanılacak fungal izolatlar 1×10^5 konidia/ml'lik stok solüsyonlarından PDAY (Patates Dektroz Yeast Agar) besiyerine 100 µl yayma ekim yapılarak 25 °C'de 2-3 gün boyunca inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda herbirinden izole koloniler alınarak yeni PDAY besiyerine ekim yapıldı ve tazelenen fungus kültürleri kullanılmak üzere muhafaza edildi.

Bu çalışmada pozitif kontrol olarak *Metarhizium anisopliae* orjinli bir biopreparat olan BioStorm (Bio Insecticides BioStorm %1.15 WP, Hindistan) fungal preparatı kullanıldı (www.varshabioscience.com).

Çalışmada kullanılacak kırmızı tavuk akar örnekleri planlanan arazi ve üretim çiftlikleri ziyaretleriyle Bursa, Balıkesir, Bilecik ve Eskişehir illeri ve bu illere bağlı çeşitli ilçelerdeki üretim tesislerinden 2020- 2021 yıllarında toplandı. Yeterli miktarda doğal alan malzemesi ile birlikte uygun kutular içerisinde laboratuvara getirildi. Sağlıklı akarlar laboratuvar ortamında (25 ± 1 °C and $55 \pm 5\%$ RH) biyotest uygulamaları yapılincaya kadar muhafaza edildi (1-2 gün) (Tavassoli vd., 2008; Tabari vd., 2017).

Tablo 1. Çalışmada kullanılacak entomopatojen fungus suşları

No	İzolat Kodu	Kaynak	Türü	Referans
1	4-GümA	Toprak	<i>Metharizium brunneum</i>	Sevim vd., 2010
2	68-b	Toprak	<i>Isaria fumosorosea</i>	Sevim vd., 2010
3	117	Toprak	<i>Metharizium brunneum</i>	Sevim vd., 2010
4	287	Toprak	<i>Beauveria bassiana</i>	Sevim vd., 2010
5	269	Toprak	<i>Metharizium brunneum</i>	Sevim vd., 2010
6	Ardeşen	Toprak	<i>Metharizium brunneum</i>	Sevim vd., 2010
7	As-2	<i>Amphimallon solstitialis</i>	<i>Metharizium flavoviride</i>	Biryol vd., 2020
8	As-18	<i>Amphimallon solstitialis</i>	<i>Metharizium flavoviride</i>	Biryol vd., 2020
9	ÇK	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Sevim vd., 2010
10	Gg-12	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	<i>Metharizium brunneum</i>	Sönmez vd., 2016
11	Hp4	<i>Hypera postica</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Yücel vd., 2018
12	Hp5	<i>Hypera postica</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Yücel vd., 2018
13	K4	<i>Hypera positca</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Yücel vd., 2018
14	K5	<i>Hypera positca</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Yücel vd., 2018
15	Oj-3	<i>Orasanga japonica</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Bayramoğlu vd., 2020
16	Oj-7	<i>Orasanga japonica</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Bayramoğlu vd., 2020
17	Pa4	<i>Pristiphora abietina</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Biryol vd., 2021
18	Pa5	<i>Pristiphora abietina</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Biryol vd., 2021
19	Rh	<i>Rhynchites bacchus</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Sevim vd., 2010
20	Y2	Toprak	<i>Isaria fumosorosea</i>	Sevim vd., 2010

2.2. Fungal Suşların Patojenitelerinin Belirlenmesi

Preparata dönüştürülecek suşun belirlenmesi için Tablo 1’de verilen entomopatojen suşların, üretim tesislerinden toplanarak labotaruvara getirilen sağlıklı kırmızı tavuk akarı bireyleri üzerinde tarama testleri ve doz denemeleri gerçekleştirildi.

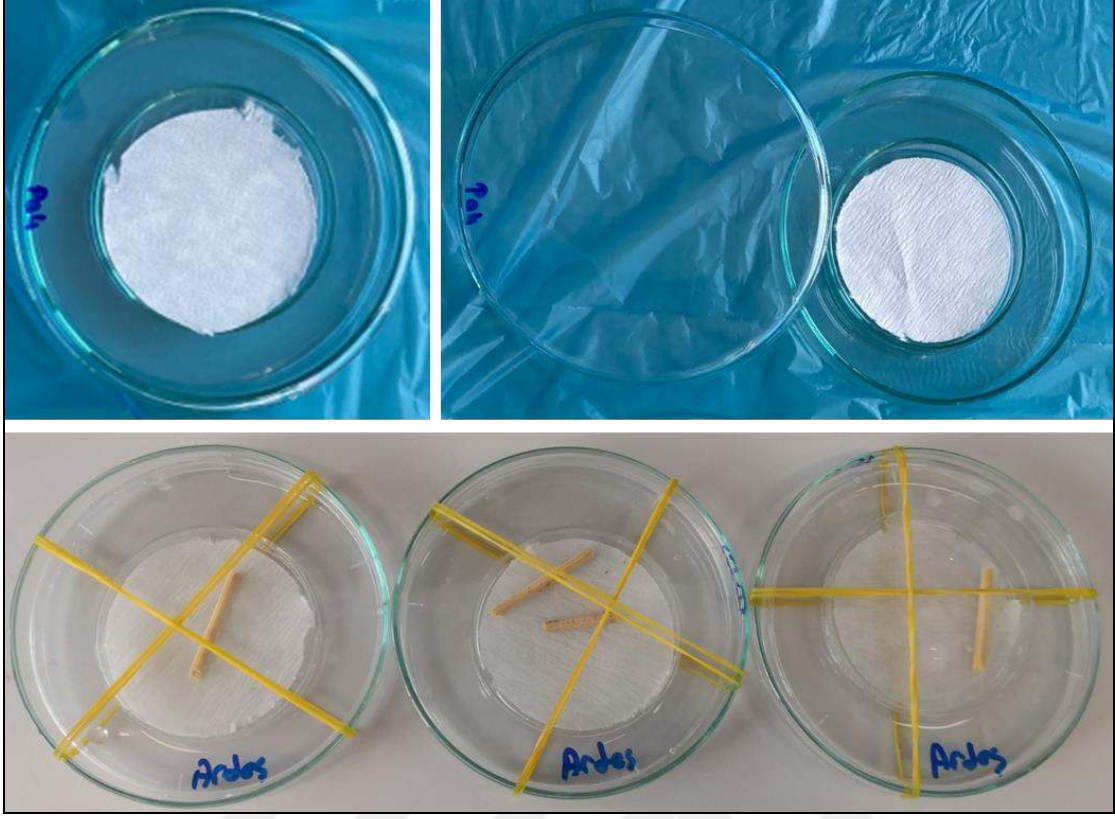
2.2.1. Spor Süspansiyonlarının Hazırlanması

Akarisit testlerinde kullanılan fungal suşlar 1×10^5 konidia/ml'lik stok solüsyonlarından PDAY besiyerine 100 µl yayma ekim yapıldı ve 25 °C'de 2-3 gün boyunca inkübasyona bırakıldı. Büyüme sonunda, tek koloniler seçilerek başka bir PDAY besiyerine aktarıldı ve 25 °C'de 4 hafta inkübe edildi. Bu periyot sonunda, petri üzerine 10 ml steril %0,1'lik Tween 80 eklendi ve cam baget ile kazınarak sporlar hasat edildi. Spor süspansiyonları iki katlı tülbent ile 50 ml'lik steril Falkon tüplerine süzülerek misel ve agar parçalarının uzaklaştırılması sağlandı. Elde edilen süspansiyonlar 5 dk. vorteksenerek homojen hale getirildi ve spor konsantrasyonları Neubauer hemositometresi ile sayılarak istenilen konsantrasyonlar ayarlandı (Sevim vd., 2010a).

Sporların yaşayabilirliği, 100 µl spor süspansiyonun PDAY agar üzerine yayma ekim yapılması ve 24 saatlik bir inkübasyondan sonra çimlenme özelliğinin belirlenmesiyle test edildi. Germ tüpü spor çapından büyük olan sporlar çimlenmiş olarak kaydedildi. Bunun sonucunda %95 oranında çimlenen sporlar patojenite testlerinde kullanıldı (Sevim vd., 2010b).

2.2.2. Akarisidal Aktivite Testleri (Tarama Testleri)

Tablo 1'de verilen suşlar, kırmızı tavuk akar bireyleri üzerinde her bir test kabına 1×10^7 konidia/ml konsantrasyonda bir atomizer ile püskürtme yöntemiyle laboratuvar ortamında uygulandı. Kontrol grubunda ise akarlara steril %0,1'lik Tween 80 püskürtüldü. Uygulama, Tavassoli vd. (2008)'nin kullandığı yöntemden geliştirilen adacık düzeneği ile gerçekleştirildi. Bu düzenekte 90 mm'lik cam petrilere içerisine 60 mm'lik plastik petri kapağı yerleştirildi. Küçük petri içerisine steril kurutma kağıdı koyuldu ve steril su ile dolduruldu. Düzenekte steril ahşap çubuklar kullanılarak en az 50 akar, küçük petri içerisindeki kurutma kağıdı üzerine bırakıldı (Şekil 4). Püskürtme yöntemiyle fungal inokülasyondan sonra deney düzeneği 25 ± 1 °C'de, 60 ± 5 nem ve 12:12 (I:K) ışık periyodunda 7 gün boyunca inkübasyona bırakıldı (Sevim vd., 2010; Tabari vd., 2017). Deney düzeneği uygulamadan sonra 7 gün boyunca her gün kontrol edilerek ölümler kaydedildi. Yüzde mikoz değerini hesaplamak için ise ölümler steril nemli filtre kağıdı içeren petrilere aktarıldı. Funguslanan bireyler sayılarak yüzde mikoz değerleri hesaplandı (Sevim vd., 2010; Gouli vd., 2012). Denemeler üç tekrarlı olarak yürütüldü (Sevim vd., 2010; Gouli vd., 2012).



Şekil 4. Denemelerin yapıldığı adacık düzeneği. Büyük petri 90 mm çapında. İçteki kurutma kağıdı içeren petri 60 mm çapında. Küçük petri büyük petri içerisine yapıştırıldı ve çevresi su ile dolduruldu.

2.2.3. Akar Üzerindeki Virulans Denemeleri (Doz Denemeleri)

Tarama testlerinde en yüksek öldürücü etkiye sahip 1 adet *M. brunneum* (4-Güm-A), iki adet *M. flavoviride* (As2, As18) ve 3 adet *B. bassiana* (Pa4, ÇK, K4) suşlarının virülansını belirlemek amacıyla doz denemeleri yapıldı. Altı adet fungal suş, $1 \times 10^{5-9}$ konidia/ml konsantrasyonlarda akar üzerinde laboratuvar koşullarında test edildi. Deneme, bir önceki basamakta (2.2.2) uygulanan koşulların aynen uygulanmasıyla gerçekleştirildi. Deney düzeneği hergün kontrol edildi, ölümler sayıldı ve virulans değerleri hesaplandı (Tavassoli vd., 2008; Sevim vd., 2010; Tabari vd., 2017).

2.3. Abiyotik Faktörlerin Suşlar Üzerindeki Etkisi

Tarama testleri ve doz denemeleri sonucunda etkili olduğu belirlenen iki suşun (As-2 ve Pa4), farklı sıcaklık dereceleri ve UV şiddetine karşı direnç/hassasiyet durumları araştırıldı. Her iki abiyotik faktörün de radial büyüme ve spor üretimi üzerine etkileri belirlendi.

2.3.1. Sıcaklığın Fungal Gelişim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

2.3.1.1. Sıcaklığın Radial Büyüme Üzerindeki Etkisi

As-2 ve Pa4 suşlarından 2.2.1’de açıklandığı gibi taze fungal spor süspansiyonları üretildi ve sayım yapılarak stok konsantrasyonlar belirlendi. Bu stoklardan 3.1×10^7 konidia/ml konsantrasyon olacak şekilde Sabouraud CAF Agar (Liofilchem s.r.l., İtalya) besiyeri içeren petrilerin 3 farklı yerine inokülasyon yapıldı. Her derece için üç petri hazırlandı. Denemeler 20, 28, 30 ve 37 °C’lerde gerçekleştirildi. Koloni çapları 12 gün boyunca ölçülerek kaydedildi. Deneme 3 tekrarlı yapıldı ve 28 °C kontrol grubu olarak kullanıldı (Couceiro vd., 2021).

2.3.1.2. Sıcaklığın Spor Üretimi Üzerine Etkisi

As-2 ve Pa4 suşlarından 2.2.1’de açıklandığı gibi taze fungal spor süspansiyonları üretildi ve sayım yapılarak stok konsantrasyonlar belirlendi. Bu stoklardan 3.1×10^7 konidia/ml alınarak Sabouraud CAF Agar besiyeri bulunan petrilere inokülasyon yapıldı. Her derece için üç petri kullanıldı. Denemeler 20, 28, 30 ve 37 °C’lerde yürütüldü. İnkübasyonun 12. gününde petrilere spor hasatları yapıldı ve spor konsantrasyonları Neubauer hemositometresi ile sayılarak hesaplandı. Deneme 3 tekrarlı yapıldı ve 28 °C kontrol grubu olarak belirlendi (Couceiro vd., 2021).

2.3.2. UV'nin Fungal Gelişim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

2.3.2.1. UV'nin Radial Büyüme Üzerine Etkisi

As-2 ve Pa4 suşlarından 2.2.1'de açıklandığı gibi taze fungal spor süspansiyonları üretildi ve sayım yapılarak stok konsantrasyonlar belirlendi. Bu stoklardan 2×10^7 konidia/ml alınarak Sabouraud CAF Agar besiyeri bulunan petrinin 3 farklı yerine inokülasyon yapıldı. Her farklı zaman için dört petri kullanıldı. Denemede petriler 0, 30, 60 ve 120 dakika UV'ye maruz bırakıldı ve 28 °C'de inkübe edildi. Denemeler, petriler UV-B (15 W, 312 nm) lambalarına 20 cm mesafede olacak şekilde yerleştirilerek gerçekleştirildi (Villamizer vd., 2010; Cuartas-Otalora vd., 2019) Kolonilerin çapı 12 gün boyunca ölçülerek kaydedildi. Deneyler 3 tekrarlı yapıldı ve 0 dk kontrol grubu olarak kullanıldı (Couceiro vd., 2021).

2.3.2.2. UV'nin Spor Üretimi Üzerine Etkisi

As-2 ve Pa4 suşlarından 2.2.1'de açıklandığı gibi taze fungal spor süspansiyonları üretildi ve sayım yapılarak stok konsantrasyonlar hesaplandı. Bu stoklardan 2×10^7 konidia/ml alınarak Sabouraud CAF Agar besiyeri bulunan petrilere inokülasyon yapıldı. Her farklı zaman için dört petri kullanıldı. Denemede petriler 0, 30, 60 ve 120 dakika UV-B'ye maruz bırakıldı ve 28 °C'de inkübe edildi. Denemeler, inokülsayon yapılan petrilerin UV-B (15 W, 312 nm) lambalarına 20 cm mesafede bırakılmasıyla yürütüldü (Villamizer vd., 2010; Cuartas-Otalora vd., 2019) İnkübasyonun 12. gününde petrilere spor hasatları yapıldı ve spor konsantrasyonları Neubauer hemositometresi ile sayılarak hesaplandı. Denemeler 3 tekrarlı yapıldı ve 0 dk kontrol grubu olarak kullanıldı (Couceiro vd., 2021).

2.4. İstatistiksel Analizler

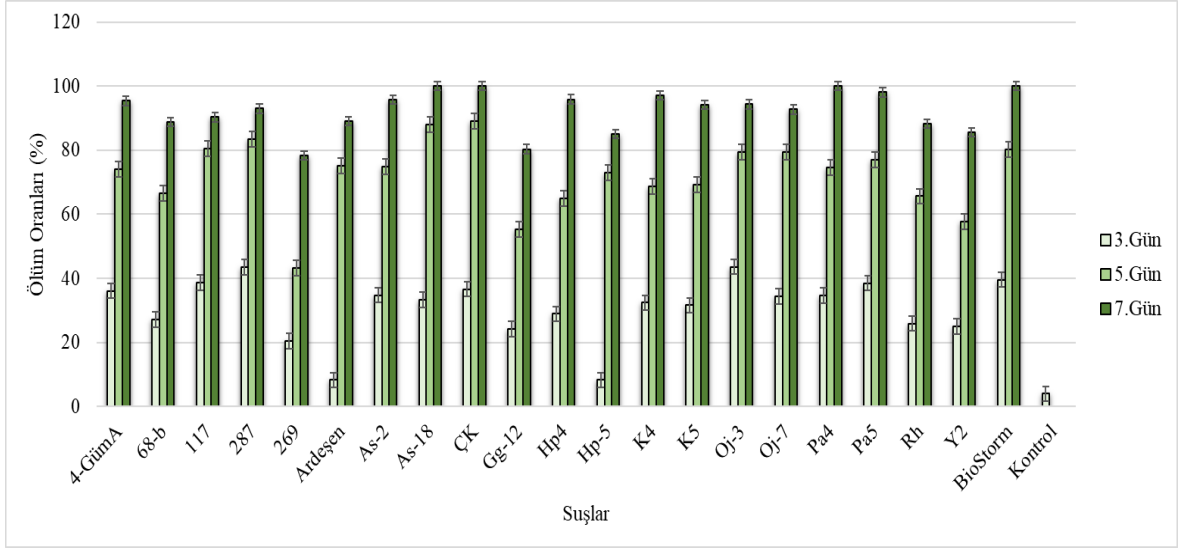
Uygulamalara ait ölüm oranları Schneider-Orelli (%) formülüyle hesaplandı (Püntener, 1981). Biyolojik etkinlik çalışmalarında uygulamalara ait istatistiksel veriler SPSS 26 paket programında ANOVA testi ile analiz edildi. ANOVA testi sonucuna göre izolatlar arasındaki istatistiksel farklılığın belirlenmesinde Post Hoc testlerinden Duncan ve Tukey çoklu karşılaştırma testleri kullanıldı. Ayrıca, probit analizi kullanılarak test edilen izolatların LC₅₀ ve LT₅₀ değerleri hesaplandı (Finney, 1971).

3. BULGULAR

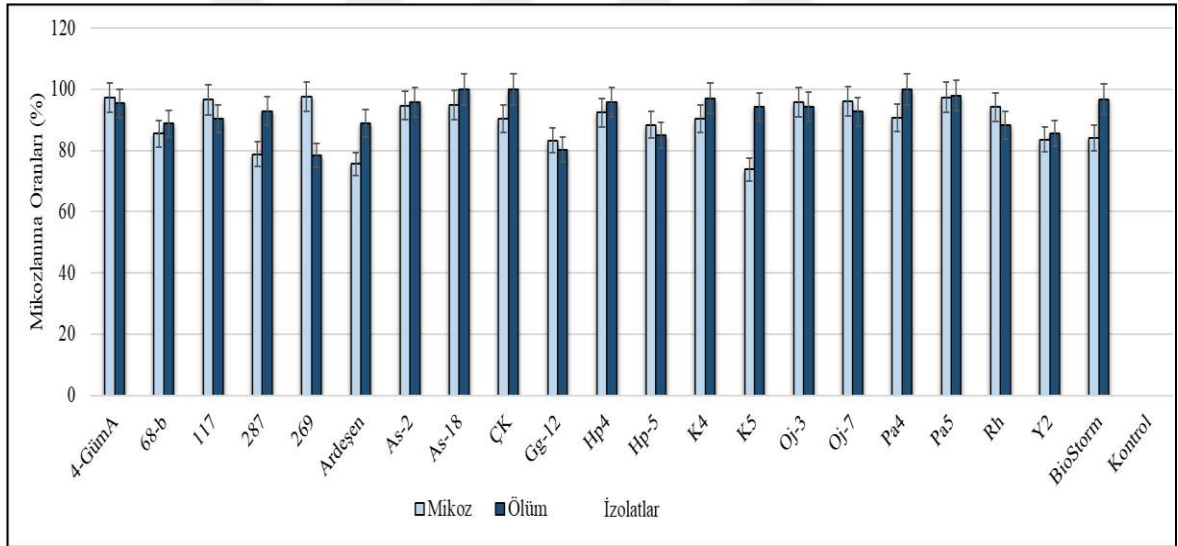
3.1. Tarama Testleri

Fungal suşların 1×10^7 konidia/ml konsantrasyonda kırmızı tavuk akarı (*Dermanyssus gallinae*) üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için püskürtme yöntemi uygulanarak yapılan tarama testi sonucunda bütün suşların akar üzerinde farklı derecelerde etkili olduğu belirlendi.

Ölüm oranlarının 7. günde %80 ve üzerinde olduğu gözlemlendi (Şekil 5). Yedi gün boyunca takip edilen uygulamada ölümlerin enfeksiyondan 2 gün sonra başladığı belirlendi. Enfeksiyondan üç gün sonra en yüksek ilk üç ölüm değeri 117, 287 ve Oj3 kodlu suşlardan elde edildi. Enfeksiyondan 5 gün sonra ise en yüksek ilk üç ölüm değeri elde edilen suşların 287, As-18 ve ÇK olduğu belirlendi. Enfeksiyondan yedi gün sonra ise As-18, ÇK ve Pa4 suşlarının %100 ölüm etkisi meydana getirdiği tespit edildi. Enfeksiyondan yedi gün sonra pozitif kontrol grubunda da %100'lük bir ölüm elde edilirken, negatif kontrol grubunda ise %4'lük ölüm tespit edildi. Tarama testi sonucunda %100 ölüm sağlanan güne göre de grafik çizilerek veriler karşılaştırıldı (Şekil 5). Enfeksiyonla birlikte deney düzeneğinde de bazı kadavraların mikozlandığı gözlemlendi. Özellikle mikoz çemberine alınan kadavralarda da oldukça yoğun bir mikozlanma meydana geldi (Şekil 6). Bu mikozlanan akar kadavraları sterio mikroskop altında incelendi ve fotoğraflandı (Şekil 7). Ölü bireylerin mikozlanma ve sporlanma oranlarının kontrol grubuyla karşılaştırılmasında anlamlı fark olduğu ve deney grubu mikozlanma değerlerinde de farklılıklar olduğu belirlendi ($F=3.215$, $df=197$, $p=0.000<0.05$). Post Hoc testi sonucunda da izolatlar arasındaki farklılığın kontrol grubu, 269 ve 68-b'den kaynaklandığı tespit edildi. Post Hoc test sonucuna göre izolatların dağılımı Tablo 2'de verilmiştir. Akar üzerinde tüm suşların 7. gün sonunda %80'nin üzerinde ölüm oranına sahip olduğu görüldü. Kontrol grubunda ölen bireylerin mikozlanmaya bırakıldığında ise mikozlanma görülmedi ve ölümlerin fungus kaynaklı olmadığı görüldü.

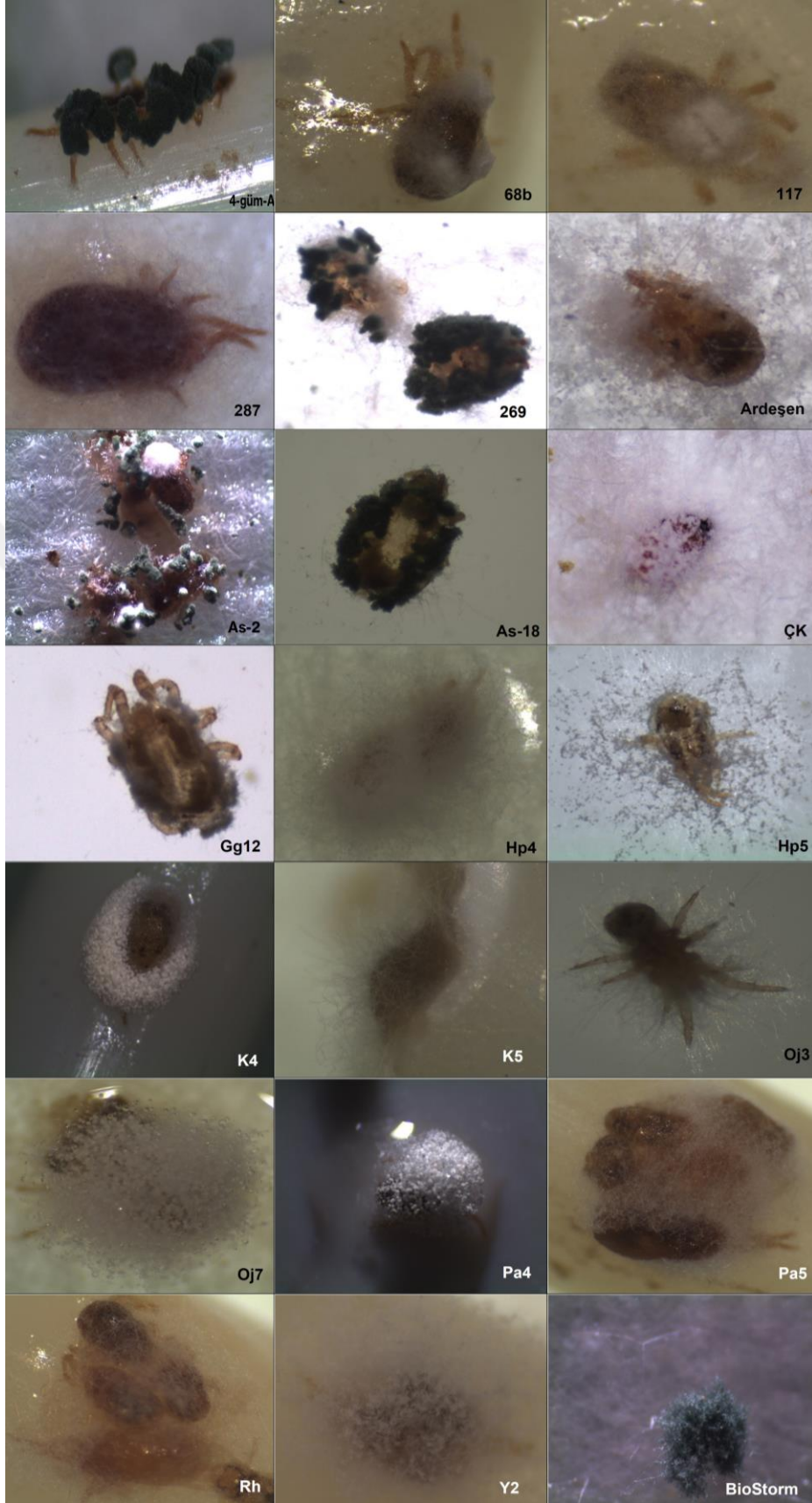


Şekil 5. Suşların tarama testi uygulamasında akar üzerindeki ölüm değerleri. Ölüm oranlarının hesaplanmasında Schneider-Orelli (%) (Püntener, 1981) kullanıldı.



Şekil 6. Suşların tarama testi uygulamasında akar kadavralarının mikozlanma değerleri. Mikozlanma oranlarının hesaplanmasında Schneider-Orelli (%) (Püntener, 1981) kullanıldı.

Yapılan tarama denemeleri sonunda *Metarhizium brunneum* türüne ait 4-Güm-A, *M. flavoviride* türüne ait As-2 ve As-18 kodlu iki ve *Beauveria bassiana* türüne ait Pa4, ÇK, K4 kodlu üç olmak üzere toplam altı suşun devam eden çalışmalarda kullanılmasına karar verildi. Bu suşlardan akar üzerinde en yüksek etkiye sahip iki suşun farklı türlere ait olması akarın mücadelesinde etkili iki mikoinsektisit geliştirilmesi bakımından avantajlı oldu. Seçilen bu suşlar akar üzerinde doz denemlerinin yürütülmesinde kullanıldı.



Şekil 7. Tarama testi uygulamalarında akar kadavralarında meydana gelen mikoz görüntüleri.

Tablo 2. Post Hoc test sonuçları

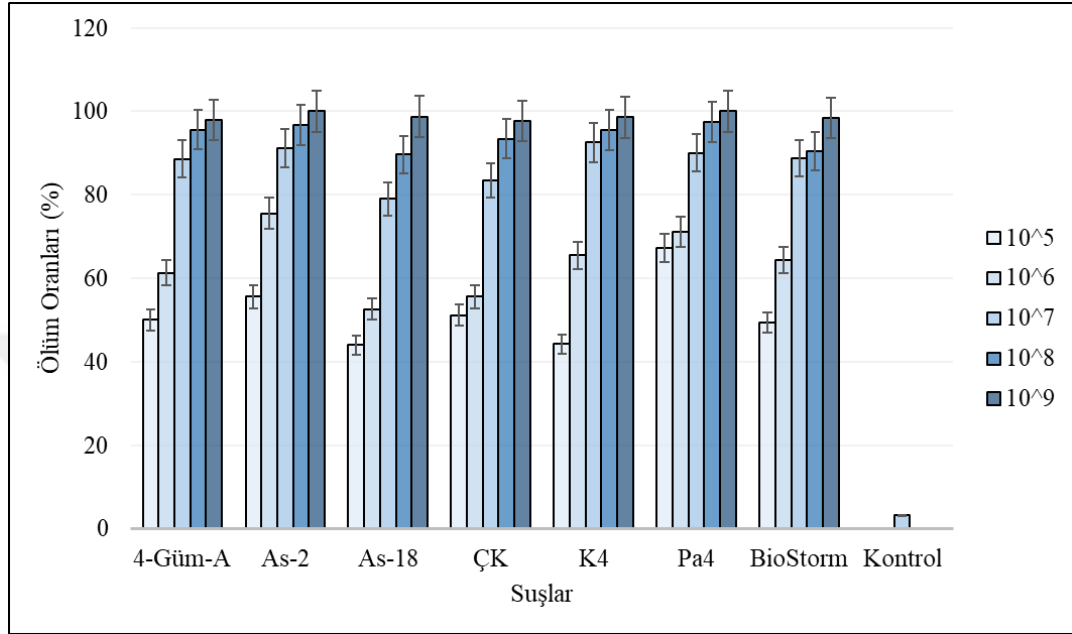
İzolatlarda	a	b	bc	c
4-Güm-A			×	
68-b				×
117			×	
287			×	
269		×		
Ardeşen			×	
As-2			×	
As-18			×	
ÇK			×	
Gg-12			×	
Hp4			×	
Hp5			×	
K4			×	
K5			×	
Oj-3			×	
Oj-7			×	
Pa4			×	
Pa5			×	
Rh			×	
BioStorm			×	
Kontrol	×			

3.2. Doz Denemeleri

Tarama testleri sonucunda en yüksek etkiye sahip 6 adet fungal suşda (4-Güm-A, As-2, As-18, Pa4, ÇK, K4) doz denemelerinde de akar üzerinde oldukça etkili olduğu belirlendi. Doz denemelerinde $1 \times 10^{5-9}$ konidia/ml konsantrasyonları kullanılarak uygulama yapıldı ve 3., 5. ve 7. gün sonuçları Schneider-Orelli formülü kullanılarak hesaplandı (Şekil 8). Uygulama sonuçlarında konsantrasyon arttıkça ölüm oranlarının da arttığı gözlemlendi. Uygulanan 6 fungal suşun en yüksek konsantrasyonda deney sonundaki ölüm oranları 4-Güm-A'da %97.88, As-2'de %100, As-18'de %98.71, ÇK'da %97.6, K4'te %98.58 ve Pa4'te %100 olarak belirlendi. Pozitif kontrol BioStorm'da ise en yüksek konsantrasyonda deney sonunda ölüm oranı ise %98.4 olarak tespit edildi. Altı suş arasında en hızlı ölümlerin Pa4'ten elde edildiği, bunu da As-2 ve As-18'in takip ettiği belirlendi. Pa4, As-2, ÇK ve 4-Güm-A suşlarının en düşük konsantrasyonda (1×10^5 konidia/ml), uygulamadan yedi gün sonra %50'nin üzerinde ölüm ürettiği gözlemlendi.

Doz denemelerinde her bir izolata ait LC_{50} değerleri Tablo 3'te verildi. Doz denemelerinde 7. gündeki LC_{50} değerleri 4-Güm-A için 1.5×10^5 , As-2 için 5.5×10^4 , As-

18 için 3.2×10^5 , K4 için 1.6×10^5 , ÇK için 1.7×10^5 , Pa4 için 3.2×10^4 konidia/ml olarak belirlendi. Ayrıca kontrol grubu olan BioStorm'un LC50 değeri ise 1×10^5 konidia/ml olarak hesaplandı (Tablo 3).



Şekil 8. Doz denemesi uygulamasında yedinci günde elde edilen ölüm değerleri.

4-Güm-A (*M. brunneum*)'nin uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda *D. gallinae* üzerindeki ölüm oranı %97.88 olarak belirlendi. Diğer konsantrasyonlardaki (1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 ve 1×10^5 konidia/ml) ölüm oranları ise sırasıyla %95.6, %88.6, %61.25 ve %50 olarak hesaplandı. *D. gallinae* üzerinde doz denemelerinde 4-Güm-A'nın farklı konsantrasyonları arasında anlamlı farklar olduğu tespit edildi ($p < 0.05$) (Şekil 8).

As-2 (*M. flavoviride*)'nin uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda *D. gallinae* üzerindeki ölüm oranı %100 olarak belirlendi. Diğer konsantrasyonlardaki (1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 ve 1×10^5 konidia/ml) ölüm oranları sırasıyla %96.6, %91.18, %75.5 ve %55.55 olarak hesaplandı. *D. gallinae* üzerindeki doz denemelerinde As-2'nin farklı konsantrasyonları arasında anlamlı farklar olduğu tespit edildi ($p < 0.05$) (Şekil 8).

As-18 (*M. flavoviride*)'in uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda *D. gallinae* üzerindeki ölüm oranı %98.71 olarak belirlendi. Diğer konsantrasyonlardaki (1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 ve 1×10^5 konidia/ml) ölüm oranları

sırasıyla %89.68, %78.99, %52.6 ve %43.93 olarak hesaplandı. *D. gallinae* üzerindeki doz denemelerinde As-18'in farklı konsantrasyonları arasında anlamlı farklar olduğu tespit edildi ($p<0.05$) (Şekil 8).

ÇK (*B. bassiana*)'nın uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda *D. gallinae* üzerindeki ölüm oranı %97.6 olarak belirlendi. Diğer konsantrasyonlardaki (1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 ve 1×10^5 konidia/ml) ölüm oranları sırasıyla %93.4, %83.4, %55.6 ve %51.16 olarak hesaplandı. *D. gallinae* üzerindeki doz denemelerinde ÇK'nın farklı konsantrasyonları arasında anlamlı farklar olduğu tespit edildi ($p<0.05$) (Şekil 8).

K4 (*B. bassiana*)'nın uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda *D. gallinae* üzerindeki ölüm oranı %98.58 olarak belirlendi. Diğer konsantrasyonlardaki (1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 ve 1×10^5 konidia/ml) ölüm oranları sırasıyla %95.5, %92.5, %65.5 ve %44.2 olarak hesaplandı. *D. gallinae* üzerindeki doz denemelerinde K4'ün farklı konsantrasyonları arasında anlamlı farklar olduğu tespit edildi ($p<0.05$) (Şekil 8).

Pa4 (*B. bassiana*)'nın uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda *D. gallinae* üzerinde ölüm oranı %100 olarak belirlendi. Diğer konsantrasyonlardaki (1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 ve 1×10^5 konidia/ml) ölüm oranları sırasıyla %97.5, %90, %71.11 ve %67.14 olarak hesaplandı. *D. gallinae* üzerindeki doz denemelerinde Pa4'ün farklı konsantrasyonları arasında anlamlı farklar olduğu tespit edildi ($p<0.05$) (Şekil 8).

Biostorm (*M. anisopliae*)'nın uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyonda *D. gallinae* üzerindeki ölüm oranı ise %98.4 olarak belirlendi. Diğer konsantrasyonlardaki (1×10^8 , 1×10^7 , 1×10^6 ve 1×10^5 konidia/ml) ölüm oranları sırasıyla %90.4, %88.7, %64.3 ve %49.3 olarak hesaplandı. *D. gallinae* üzerinde doz denemelerinde konsantrasyonlar arasında anlamlı farklar olduğu tespit edildi ($p<0.05$) (Şekil 8). Doz denemelerinde kontrol grubundaki ölüm oranı %3.18 olarak hesaplandı.

Uygulamadan 7 gün sonra 1×10^9 konidia/ml konsantrasyondaki LT_{50} değerleri As-2 ve Pa4 suşları için sırasıyla 1.94 ve 1.57 gün olarak hesaplandı. Diğer suşlara bakıldığında, 4-Güm-A için 2.23, As-18 için 3.07, ÇK için 2.78 ve K4 için 3.04 gün olarak hesaplandı. BioStorm'un aynı konsantrasyondaki LT_{50} değeri ise 3.03 gün olarak belirlendi (Tablo 3).

Tablo 3. Suşların akar üzerindeki LC₅₀ ve LT₅₀ değerleri

Suşlar	LC ₅₀ (konidia/ml) ^a	(Slope ± SE) ^b	χ^2	df	LT ₅₀ (gün)*
4-Güm-A (<i>Metarhizium</i>)	1.5×10^5 (0.2 – 8.4)	0.604 ± 0.380	0.782	3	2.23 (1.74 – 2.85)
As-2 (<i>Metarhizium</i>)	5.5×10^4 (0.8 – 37.5)	0.572 ± 0.422	0.998	3	1.94 (1.5 – 2.51)
As-18 (<i>Metarhizium</i>)	3.2×10^5 (0.4 – 21.1)	0.499 ± 0.417	0.747	3	3.07 (2.4 – 3.91)
ÇK (<i>Beauveria</i>)	1.7×10^5 (0.2 – 10.2)	0.526 ± 0.413	0.802	3	2.78 (2.23 – 3.47)
K4 (<i>Beauveria</i>)	1.6×10^5 (0.3 – 8.2)	0.656 ± 0.358	0.947	3	3.04 (2.43 – 3.8)
Pa4 (<i>Beauveria</i>)	3.2×10^4 (0.4 – 26)	0.527 ± 0.462	0.805	3	1.57 (1.23 – 2)
BioStorm (<i>Metharizium</i>)	1×10^5 (0.1 – 7.9)	0.481 ± 0.452	0.930	3	3.03 (2.41 – 3.8)

Slope: Eğim, SE: Standart hata, df: Serbestlik derecesi, X²: Ki-kare.

^aGüven aralığı %95 önem seviyesinde

^b*D. gallinae*'nin fungus izolatlarına karşı tepki eğimi

*Hesaplama 1 × 10⁹ konidia/ml kullanıldı

3.3. Abiyotik Faktörlerin Suşlar Üzerindeki Etkileri

3.3.1. Sıcaklığın Fungal Gelişim Üzerine Etkisi

3.3.1.1. Sıcaklığın Radyal Büyüme Üzerine Etkisi

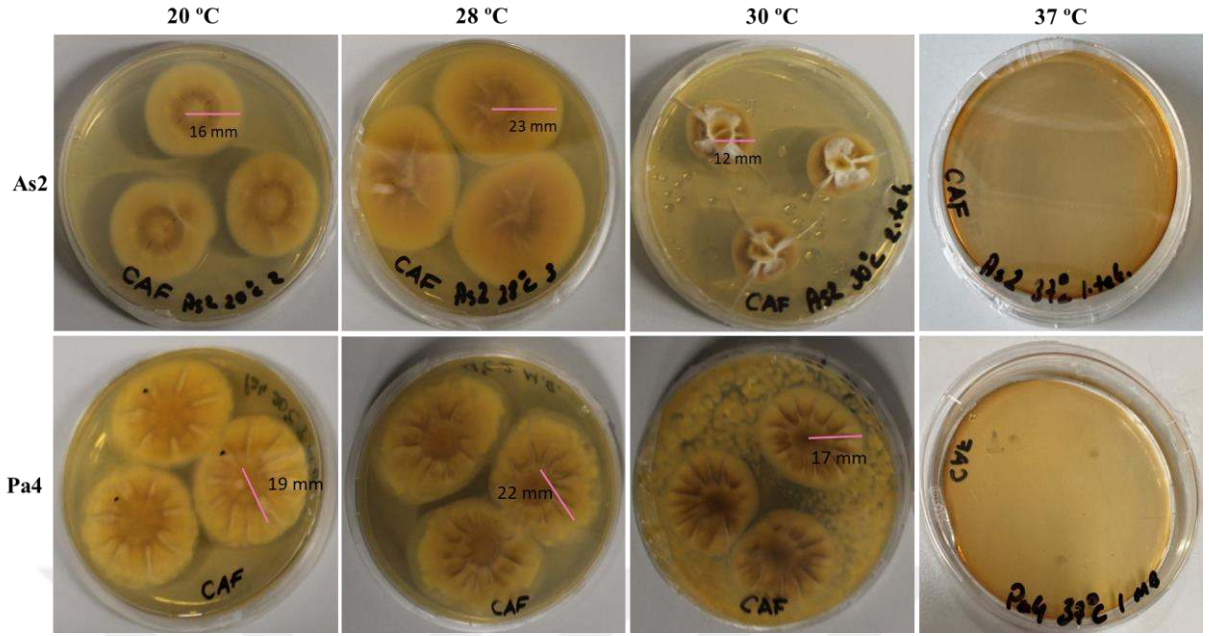
Dört farklı sıcaklığın (20, 28, 30 ve 37 °C) radyal büyüme üzerine etkilerinin çalışıldığı uygulamada deney grubunun 12. günde kontrol grubuyla karşılaştırılması sonucunda anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlendi (F (3,44) = 82,289, p<0.05). Kontrol grubu olarak 28 °C'deki deneme grubu dikkate alındı. Fungal suşlar 37 °C'de herhangi bir büyüme göstermedi (p<0,05) (Tablo 4, Şekil 10).

Tablo 4. Sıcaklığın radyal büyümesi üzerine etkisi

Sıcaklık (°C)	Suşlar (mm± SD)	
	As-2	Pa4
20	16 ± 0.20	19 ± 0.36
28 (Kontrol)	23 ± 1.48	22 ± 0.74
30	12 ± 0.54	17 ± 1.01
37	0 ± 0	0 ± 0

Her iki suş için en iyi radyal gelişme kontrol sıcaklığı olarak kullanılan 28 °C’de görüldü. Bu sıcaklıkta As-2 ve Pa4 sırasıyla 23 ve 22 mm yarı çaplı radyal büyüme gösterdi. Kontrol sıcaklığının altı ve üstündeki sıcaklıklarda her iki suş da büyüme kayıplarına uğradı. Sıcaklık değişiminin As-2’yi daha fazla etkilediği kaydedildi.

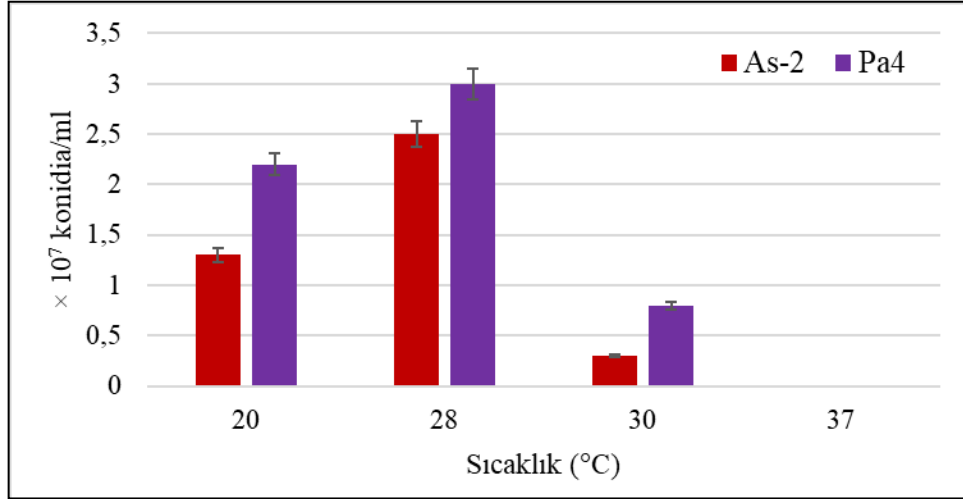
Kontrol sıcaklığıyla (28 °C) kıyaslandığında en düşük sıcaklıkta (20 °C) Pa4 suşu As-2 suşuna göre daha iyi bir radyal büyümeyi gösterdi. Pa4 izolatının 20 °C’de 12 günde kontrol sıcaklığına (28 °C) göre %13.64 büyüme kaybına sahip olduğu hesaplandı. Aynı izolatın 30 °C’de 12 günde kontrol sıcaklığına göre %22.73’lik büyüme kaybına sahip olduğu belirlendi. Pa4 suşunda düşük (20 °C) ve yüksek (30 °C) sıcaklıklarda kontrol (28 °C) sıcaklığıyla kıyaslandığında radyal büyümelerde çok fazla farklılık olmadığı gözlemlendi. As-2 suşunda ise en düşük sıcaklıkta kontrol sıcaklığına göre büyüme yüzdesi %69.56 olarak, 30 °C’de de 28 °C’ye göre radyal büyüme oranının %52.17 olduğu belirlendi. Pa4 suşunun 30 °C’de diğer suşa ve kontrol sıcaklığına göre en iyi radyal büyüme gösteren suş olduğu tespit edildi. As-2 suşu Pa4 suşuna göre 30 °C’de yaklaşık %70 daha az radyal büyüme oranına sahip oldu (Tablo 4, Şekil 9).



Şekil 9. Sıcaklığın radyal büyümesi üzerine etkisi

3.3.1.2. Sıcaklığın Spor Üretimi Üzerine Etkisi

Sıcaklığın fungal suşların spor üretimi üzerine etkisinin belirlenmesi için yapılan deneme sonrasında petrilerden hasat edilen fungal sporlar süspansiyon haline getirilerek Neubauer hemositometresi kullanılarak sayıldı ve konsantrasyonları hesaplandı. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda farklı sıcaklık koşullarında suşların spor üretiminin kontrol (28 °C) sıcaklığı ile kıyaslandığında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edildi ($p < 0.05$) (Şekil 10). Uygulamada kullanılan en yüksek sıcaklık olan 37 °C’de hiçbir suшта büyüme olmadı. Her iki suş da en yüksek sayıda spor üretimini kontrol sıcaklığında gerçekleştirdi. Büyümenin olduğu üç sıcaklıkta da Pa4’ün spor üretiminin As-2’den daha yüksek olduğu belirlendi. Pa4 suşu 20 °C’de 2.2×10^7 konidia/ml konsantrasyonda spor üretime sahip olurken, 30 °C’de 0.8×10^7 konidia/ml konsantrasyonda spor üretimi gerçekleştirdiği hesaplandı. Kontrol sıcaklığında (28 °C) ise 3×10^7 konidia/ml konsantrasyona sahip olduğu hesaplandı. As-2 suşunun ise en düşük sıcaklıkta 1.3×10^7 konidia/ml konsantrasyon, kontrol sıcaklığında 2.5×10^7 konidia/ml konsantrasyon ve 30 °C’de 0.3×10^7 konidia/ml konsantrasyonda spor üretime sahip olduğu tespit edildi.



Şekil 10. Sıcaklığın spor üretimi üzerine etkisi

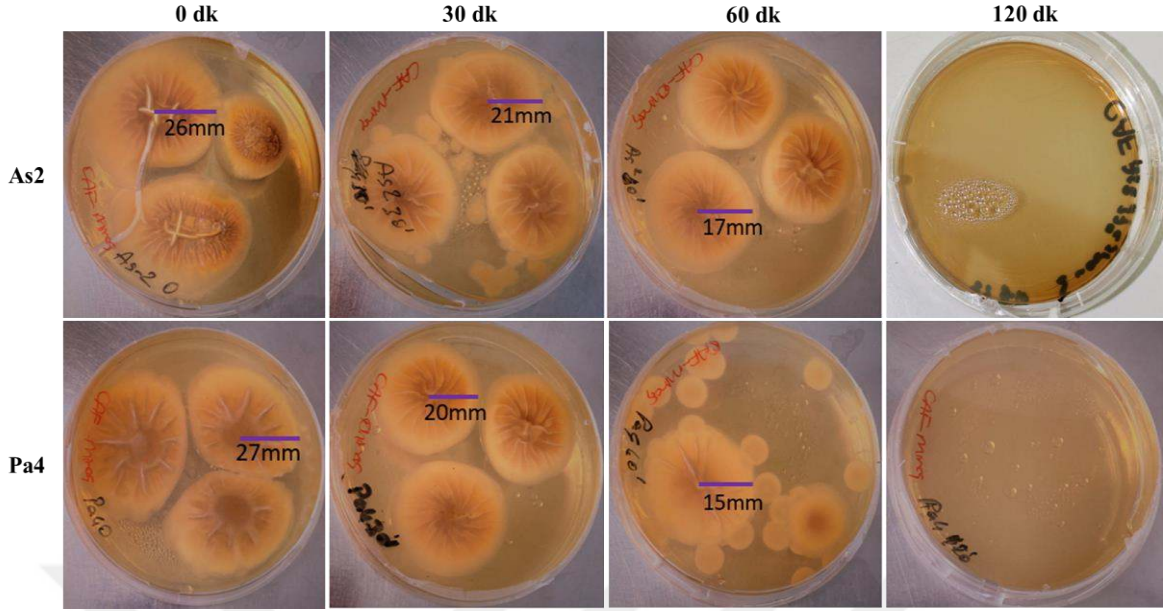
3.3.2. UV'nin Fungal Gelişim Üzerinde Etkisi

3.3.2.1. UV-B'nin Radyal Büyüme Üzerine Etkisi

Fungus suşlarının radyal büyümesi üzerine UV-B'nin etkisini belirlemek için yürütülen uygulamada funguslara ait misel çapları uygulamanın 12. gününde ölçüldü. İstatistiksel analiz sonuçlarına bakıldığında, maruziyet süresi arttıkça büyümede azalma olduğu ve her iki suş için de 120 dk maruz kalma grubunda büyümenin olmadığı gözlemlendi. Radyal büyüme çaplarına bakıldığında As-2 ve Pa4 suşlarının kontrol (0 dk) grubu, 30 dk ve 60 dk maruz kalma sürelerindeki radyal büyüme yarıçapları sırasıyla 26 ve 27 mm, 21 ve 20 mm ve 17 ve 15 mm olarak hesaplandı (Tablo 5, Şekil 11).

Tablo 5. UV-B'nin radyal büyüme üzerine etkisi

Maruz kalma süresi (dk)	Suşlar (mm $\pm$ SD)	
	As-2	Pa4
0	26 $\pm$ 0.08	27 $\pm$ 0.30
30	21 $\pm$ 0.02	20 $\pm$ 0.25
60	17 $\pm$ 0.05	15 $\pm$ 0.40
120	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0



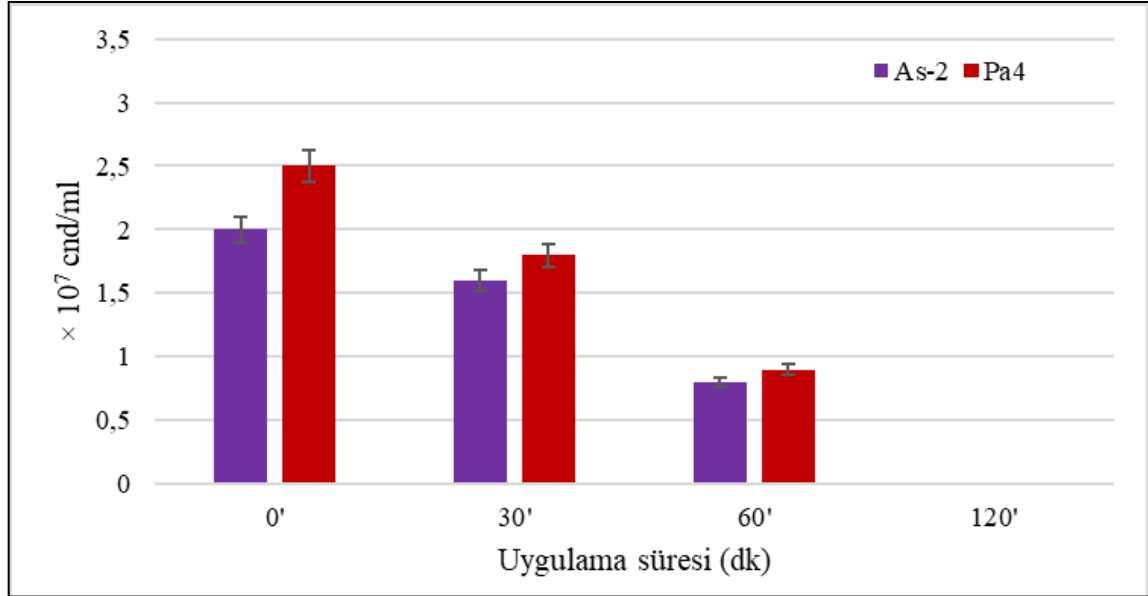
Şekil 11. Suşların radyal büyüme üzerine UV-B'nin etkisi

As-2 suşunun kontrol grubuna (0 dk) kıyasla 120 dk maruz kalma süresinde %46.16 oranında radyal büyümesinde azalma olduğu belirlendi. Aynı suş için radyal büyüme oranı 30 dk maruziyette %19.23 ve 60 dk maruziyette ise %34.61 oranında azalma olduğu görüldü. Aynı durum Pa4 suşu için değerlendirildiğinde kontrol grubuna (0 dk) göre 30 dk maruziyette %25.92 ve 60 dk maruziyette %44.44 oranında radyal büyümede azalma olduğu, 120 dk'da ise büyüme olmadığı tespit edildi. As-2'nin radyal büyüme bakımından UV-B'ye daha dayanıklı olduğu gözlemlendi (Tablo 5).

3.3.2.2. UV'nin Spor Üretimi Üzerine Etkisi

Fungal suşlarda UV-B'nin spor üretimi üzerinde etkisini belirlemek için yürütülen çalışmada uygulamadan sonra 0, 30, 60 ve 120 dk'lık sürelerde UV-B'ye maruz bırakılan kültürlerden sporlar hasat edilerek Neubauer hemositometresi ile spor konsantrasyonları sayıldı ve hesaplandı. UV-B'ye maruz kalma süresi arttıkça fungal suşların spor üretimlerinde azalma olduğu görüldü (Şekil 13). Tüm maruziyet sürelerinde Pa4 suşunun As-2'ye göre daha fazla spor ürettiği tespit edildi. Pa4 suşunun kontrol grubunda (0 dk) 2.5×10^7 konidia/ml, 30 dk'da 1.8×10^7 konidia/ml konsantrasyonlarda ve 60 dk'da 0.9×10^7 konidia/ml konsantrasyonlarda spor ürettiği tespit edildi. As-2 suşunun ise kontrol grubunda 2×10^7 konidia/ml, 30 dk'da 1.6×10^7 konidia/ml ve 60 dk'da 0.8×10^7

konidia/ml konsantrasyonlarda spor ürettiği hesaplandı. Her iki suşun 120 dk'da spor üretmediği gözlemlendi (Şekil 12).



Şekil 12. Suşların spor üretimi üzerine UV-B'nin etkisi

4. TARTIŞMA

Kırmızı tavuk akarı (*Dermanyssus gallinae*) yumurta tavuklarını etkileyen en önemli ektoparazitler. Bu akar, tavuk sağlığı ve refahı üzerindeki etkisi nedeniyle yumurtlama endüstrisi için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Akar nedeniyle üretim kaybına ek olarak, akar istilasını kontrol etme maliyetleri ve kontrol önlemlerinin sınırlı etkinliği, çiftçilerin giderlerini artırmaktadır (Chauve 1998, Van Emous vd., 2005). Bu zararlının başarılı mücadelesi, akarların tavuğun çevresindeki çatlak ve yarıklarda yaşaması ve birkaç günde bir bu sığınakların dışında tavuklar üzerinden beslenmek için kısa süre geçirmeleri gibi nedenlerden dolayı kısıtlanabilir (Maurer vd., 1988). Akarlar, bu kısa sürede onları kontrol etmek için uygulanan standart akarisitlerle temas edebilir. Bununla birlikte, uygulama sonrası akarların çoğu, akarisitlerin sınırlı aktiviteleri nedeniyle bu tür ürünlerle karşılaşmaz. Ayrıca, *D. gallinae* çoklu kimyasal akarisitlere karşı direnç geliştirerek, uygulamaların etkisini daha da sınırlandırmaktadır (Chauve, 1998; Nordenfors vd., 2001). *D. gallinae*'ye karşı diğer ürünler, katı mevzuatlar nedeniyle piyasadan çekilmiştir (Sparagano vd., 2014a). Bütün bu bilgiler doğrultusunda, geleneksel akarisitlerin kullanımının *D. gallinae*'nin mücadelesinde sürdürülebilir bir çözüm olma ihtimalinin düşük olduğu sonucuna varılabilir ve bu da alternatif mücadele önlemleri geliştirme ihtiyacını ön plana çıkarır.

Entegre zararlı yönetiminin (IPM), pestisitlerin kullanımını yalnızca son çare olarak içeren ve ekolojik olarak yıkıcı ürünlerin kullanımından kaçınan çok sayıda diğer zararlılarla mücadele için etkili bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Benbrook vd., 1996). *D. gallinae* için IPM'nin uygulanması, sınırlı önleyici tedbirlerin, akarisitlerin ya da benzer uygulamaların kullanımıyla kısıtlı olmasına rağmen, *D. gallinae* için daha sıkı IPM programları önerilmiştir (Arends ve Robertson, 1986; Axtell ve Arends, 1990; Axtel, 1999; Harrington vd., 2011, Sparagano vd., 2014b).

Bazı araştırmacılar, *D. gallinae*'nin mücadelesinde entomopatojenik funguslar üzerine çalışmalar yürütmüştür (Steenberg vd., 2005). Bu funguslar, böcek ve akar türlerini enfekte etme ve öldürme yeteneğine sahiptir. Fungus sporları konak kütikülünde filizlenerek içeri girer ve vücuda yayılır. Fungus, akarları öldürdükten sonra akar kadavrasında büyüebilmekte ve daha fazla spor üreterek diğer *D. gallinae* bireylerinin istila edilme şansını artırmakta ve böylece potansiyel olarak mücadelenin kalıcılığını sağlamaktadır. Birçok özellikleri ve uygulama alanları açısından iyi belgelenmiş çok çeşitli fungus

türleri/suşları bulunmaktadır (Ferron vd., 1991; Shah ve Pell, 2003). *D. gallinae* ile mücadele etmek için akar ya da yumurtalarını etkileyen ve böylece çoğalmalarını önleyen bir fungusa ihtiyaç vardır. İnsanlar, kümes hayvanları ve yumurtalar gibi hedef olmayan canlılar için güvenlik çok önemli bir husustur. Fakat, bu funguslar bu konuda mükemmeldir ve güvenli izolatlar mevcuttur. Seçilen funguslar *D. gallinae*'de ve bulunduğu ortamda (25 °C'de %75 bağıl nemde ve yüksek amonyak seviyelerinde) yaşayabilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Bazı çalışmalar, fungusların *D. gallinae*'yi etkileyebildiğini ve akarın mücadelesinde kullanılmasının mümkün olduğunu ortaya koymuştur (Vestergaard vd., 2003). Kanatlı sistemlerinde bulunan metaller gibi materyaller üzerinde fungus izolatlarının kalıcılığı uzun vadeli korumanın mümkün olduğunu düşündürmektedir (Hong vd., 2005). Uygun bir izolatin seçilmesi, fungusların gelecek için başarılı bir eradikasyon stratejisi sağlama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Bu tezde açıklanan araştırmanın temel amacı, yumurta tavuğu tesislerinde *D. gallinae*'nin mücadelesinde entomopatojen funguslar hakkındaki anlayışımızı iletirmek ve bu zararlı için daha gelişmiş IPM programlarına katkıda bulunacak yöntemler ve araçlar geliştirmek için kültür koleksiyonumuzda bulunan 20 adet entomopatojen fungus suşlarının *D. gallinae* üzerinde virülanslarını araştırmaktır.

Bu alanda *D. gallinae*'nin mücadelesine yönelik entomopatojen fungusların kullanıldığı birkaç çalışma dikkat çekmektedir. Yapılan bir çalışmada, yüksek virülansa sahip altı *B. bassiana* izolatının *D. gallinae* üzerinde 10 günde %70-100 ölüm oranı gösterdiği belirlenmiştir (Park vd., 2021). Fungus izolatlarından JEF- izolatı öldürücülüğü, konidia üretimi ve sıcaklık toleransları bakımından ticarileştirme için en iyi aday olarak tespit edilmiştir. Aday fungal izolat, ticari bir tavuk çiftliğinde uygulanmış ve yüksek nem koşullarında akar popülasyon artışının önemli ölçüde baskılandığı görülmüştür. Yüksek bir kontrol etkinliğine sahip *B. bassiana* JEF-410 izolatının nemli tavuk çiftliklerinde *D. gallinae*'nin mücadelesinde etkili bir şekilde kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur (Park vd., 2021). Bundan yola çıktığımızda, etkinliğinin yüksek olduğunu belirlediğimiz As-2 ve Pa4 suşlarımızın alan koşullarında *D. gallinae* ile mücadelede etkili bir şekilde kullanılabileceği öngörülmektedir. Oliveria vd. (2020)'nin yapmış olduğu çalışmada *B. bassiana* suşlarının *D. gallinae* üzerinde aktiviteleri araştırılmış ve %70 üzeri ölüm oranı ile kültür ortamlarında fungusların büyüme ve üreme parametreleri farklı sıcaklıklarda değerlendirilmiştir. Seçilen fungus suşunun etkinliği yumurta tavuğu kümeslerinde test edilmiştir. Ve bu çalışma sonucunda laboratuvar koşullarında *B. bassiana* Unioste 88

suşunun %73.8 ölüm oranıyla ve yüksek konidia üretimi ile en etkili suş olduğu belirlenmiş ve alan uygulamasında akar popülasyonunu verimli bir şekilde azalttığı ortaya konmuştur (Oliveria vd., 2020).

Önceki çalışmalardan bir diğeri bir *M. anisopliae* suşunun, 1×10^6 conidia/ml'de *D. gallinae*'ye karşı %100 ölüm oranı sunduğunu gösterse de *B. bassiana* suşlarının, kırmızı tavuk akarına karşı *M. anisopliae* ve *Trichoderma album* suşlarından daha öldürücü olduğu rapor edilmiştir (Steenberg vd., 2006; Kaoud, 2010; Tavassoli vd., 2008). Benzer şekilde İtalya'da bir *B. bassiana* suşu (1×10^9 conidia/ml konsantrasyonunda) laboratuvarında %90'ın üzerinde akarlarda ölüm oranına neden olmuştur (Immediato vd., 2015). Bu tez çalışmasında, *B. bassiana* Pa4 (%100) ve *M. flavoviride* As-2 (%100) izolatlarımızın birbirine yakın etkiye sahip olduğu ve en iyi etkiye sahip bu iki suşun *D. gallinae* üzerinde etkili bir şekilde mücadelede kullanılabileceği düşünülmektedir.

Dermanyssus gallinae'nin mücadelesine yönelik diğeri bir çalışma da *Metharizium* cinsine ait farklı suşları içermektedir. Bir araştırmada Tavassoli vd. (2008) entomopatojenik fungus *M. anisopliae*'nin üç farklı suşunun *D. gallinae*'nin üzerindeki etkinliğini değerlendirdi. Sonuçlar, her üç suşun da akarların farklı gelişim evrelerinde ölüm oranını önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. Ölüm oranlarının, maruz kaldıkları konidial süspansiyonun konsantrasyonuna paralel olarak arttığı gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında da benzer şekilde fungus spor konsantrasyonu arttıkça suşların akar üzerindeki ölüm oranlarının da paralel bir şekilde arttığı belirlendi (Şekil 8). *M. anisopliae*'nin farklı hayvan akar türlerine karşı patojenitesi değerlendirilmiş ve bu fungusun hayvan kenelerinin yönetimi için bir mikrobiyal mücadele etmeni olarak önemli bir potansiyele sahip olduğu bulunmuştur (Kaaya vd., 1996; Zhioua vd., 1997). Bir diğeri araştırmada, *M. anisopliae* süspansiyonu laboratuvar koşullarında *Ixodes scapularis* kenelerinde %96 ölüme neden olurken, kontrol altında olan sıcaklık ve nem koşullarında fungusların daha yüksek patojenitesini doğrulayan alan denemesinde sadece %53 ölüme neden olduğu kaydedilen benzer sonuçlar elde edilmiştir. (Benjamin vd., 2002). *M. anisopliae*, *B. bassiana* ve *Paecilomyces fumosoroseus*'un spor konsantrasyonları yüksek düzeyde kırmızı tavuk akarı ölümlerine neden olmuş ve bazı suşlarda inkübasyonun ilk 5 günü içinde yüksek ölüm oranları gözlemlenmiştir (Steenberg ve Kilpinen, 2003). Nordenfors vd. (2001) ve Chirico ve Tauson (2002) alan koşullarında sırasıyla sekiz ve on haftalık bir süre boyunca akar popülasyonundaki artışın büyümesini ve varyasyonlarını tespit etmişlerdir. Tavasoli vd. (2011)'e ve Steenberg ve Kilpinen (2003)'e göre entomopatojen fungusların uygulandığı laboratuvar denemelerinde yüksek etkinin

olduğu sonuçları ile bu tezde elde edilen sonuçlar zararlıının mücadelesine yönelik bu fungal etmenlerin kullanılabilirliğini desteklemektedir. Bütün bu ümit verici sonuçlara rağmen, ülkemizde kırmızı tavuk akarı üzerinde herhangi bir fungal patojen çalışması yapılmamış olması bu çalışma için bizlere ekstra motivasyon kaynağı olmuştur. Fungal suşlarla yapılan tarama ve doz denemeleri sonucunda etkili olduğu belirlenen As-2 ve Pa4 suşları *D. gallinae* üzerinde yüksek etki gösterdi.

Bu çalışmada, *M. flavoviride* As-2 ve *B. bassiana* Pa4 suşları kırmızı tavuk akarlarına karşı yüksek virülans gösterdi ve bu suşlar kırmızı tavuk akarlarını kontrol etmede çok hızlıydı. Olası açıklamalar, yüksek derecede öldürücü suşların, akar kütiküllerini parçalamak için daha etkili enzimler veya metabolitler salabileceği veya daha kolay fungus enfeksiyonu için akar bağışıklık sistemini aktif olarak detoksifiye edebilecekleridir (Gillespie vd., 2000; Ramirez vd., 2018). Bu fungus penetrasyon sürecinde, lipid ve karbon metabolizmasını içeren katabolik yollar, kütikülleri parçalamak ve yola bağlı hücresel enerjiyi elde etmek için aktif olarak yukarı regüle edilebilir (Kim vd., 2020). Ek olarak, virulent izolat muhtemelen ısı şoku proteini, ozmotik stres proteini, sitokrom mono-oksidad ve kırmızı tavuk akarların hayatta kalma davranışına yanıt veren diğer genler dahil olmak üzere strese dayanıklı genleri indükler (Kim vd., 2020). Laboratuvar koşullarında, 1×10^7 konidia/ml'de As-2 ve Pa4 suşları, pozitif kontrol BioStorm'a karşı daha yüksek olan %100 kontrol etkinliği gösterdi.

Abiyotik çevre koşulları, doğal koşullar altında biyopestisitlerin etkili bir şekilde uygulanması ve dağıtımı için büyük bir zorluk teşkil etmektedir. Spesifik olarak, entomopatojen funguslar yüksek sıcaklıklara ve UV radyasyonuna karşı oldukça hassastır ve başarılı patojenik gelişimleri, düşük bağıl nem ile zayıflar (Jackson vd., 2010; Ment vd., 2017). Abiyotik faktörlerin özellikle entomopatojen fungusların gelişimi üzerindeki etkileri çok sayıda çalışmaya konu alınmıştır. Bu çalışmada da sıcaklık ve UV faktörlerinin As-2 ve Pa4 suşlarının sporları üzerinde radyal büyüme ve spor üretimi üzerindeki etkileri araştırıldı. Çalışmalar bir miktar büyüme kaybı ve spor üretim kayıplarının yaşandığını ortaya koydu. Sıcaklık ve nemin fungusların enfeksiyon oranları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmekte ve *D. gallinae* ile kümeslerde mücadelenin yapılabilmesi için bu ortamlarda etkili olabilecek fungus suşlarının seçilmesi gerekmektedir. Çevre koşullarının etkisini araştırmaya yönelik yapılan bir çalışmada yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nemin akarın kütikulası üzerinde fungal sporlarının çimlenme oranını azalttığını ve akar ölümlerinde azalma olduğunu bildirmiştir (Ment vd., 2010; 2012). *D. gallinae*'den izole edilen fungus türleri ile ilgili benzer bir çalışmada da Tomer vd. (2018), tavuk çiftliklerinden alınan akar

örneklerinde *Aspergillus* spp., *Metarhizium* spp. ve *Penicillium* spp. varlığını tespit etmiştir. Açık tavuk kümeslerinden toplanan akar örneklerinde belirlenen fungus türlerinin *M. brunneum* olduğu moleküler olarak ortaya konmuştur. Tomer vd. (2018), *D. gallinae*'nin mücadelesinde başarılı ölüm oranlarının çevresel koşullara bağlı olduğunu göstermiştir. Optimum koşullarda %80-90 ölüm oranı gösteren fungus izolatlarının kümes koşullarında %30-40 arasında ölüm oranına sahip olduğu bildirilmiştir (Tomer vd., 2018).

Biyolojik mücadelede entomopatojen fungusların uygulanması uygun sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler fungusların konak böcekte çimlenebilmesinde, enfeksiyonunda ve sporlanmasında oldukça önemli abiyotik faktörler olarak görülmektedir (McCoy, 1990). Fungusların zararlı mücadelesinde etkili bir şekilde kullanılabilmesi için sıcaklık toleransının belirlenmesi önemlidir. Sıcaklık toleransının bilinmesi mücadele edilecek zararlının, üretim koşullarının ya da uygulama alanının seçilmesinde destekleyicidir (Fernandes vd., 2008; Bugeme vd., 2009). Yapılan çalışmalardan biri, *B. bassiana* ve *M. anisopliae* suşları'nın 25 °C ve 30 °C'de gelişmenin 20 ve 35 °C'ye göre daha iyi olduğunu ortaya koyarak bu tez çalışmasında yapılan sıcaklık denemeleri sonuçlarını desteklemiştir (Bugeme vd., 2008).

Güneş radyasyonu, özellikle UV-B tipi, fungus yayılımları için çok zararlıdır ve çevredeki böceklerle karşı hayatta kalmalarını ve etkinliklerini önemli ölçüde etkiler (Ignoffo ve Garcia, 1992; Inglis vd., 2001; Fernandes vd., 2015; Acheampong vd., 2020). Önceki çalışma raporları, 2 saatlik UV-B maruziyeti sonucunda *Metarhizium* spp.'nin konidialarının kültürlenme kabiliyetlerinde önemli ölçüde azalma olduğunu ortaya koymuştur (Braga vd., 2001a,b; Fernández-Bravo vd., 2017). Bir başka çalışmada, 12 adet *Metarhizium* spp. izolatının UV-B'ye 6 saatlik maruz kalmadan sonra neredeyse tümünde çimlenme oranlarında azalma meydana gelmiş ve bazılarının 8 saatlik maruziyetten sonra tamamen inaktive olduğu bildirilmiştir (Couceiro vd., 2021).

Bu tez çalışmasında, tarama ve doz demeleri sonucunda seçilen As-2 ve Pa4 suşlarının radyal büyüme oranlarını ve spor üretimlerini tespit etmek için farklı sıcaklık koşullarında (20, 28, 30 ve 37 °C) radyal büyümelerine ve ürettikleri spor miktarlarına bakıldı. Sıcaklık değişiminin As-2'yi Pa4 suşuna göre daha fazla etkilediği kaydedildi.

Dimbi vd. (2004) yaptığı çalışmada *M. anisopliae* suşları için optimum sıcaklık aralığı 24 ile 30 °C olduğu bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada *Metarhizium* izolatının farklı sıcaklıklarda misel büyümesi ve konidial çimlenmesindeki etkileri araştırıldı. Bu çalışmada 28, 36, 37 ve 45 °C'deki sıcaklıklara maruziyetten sonra yapılan

değerlendirmede 35 °C'de çimlenmenin iyi olduğu belirlenmesine karşın 36 °C sıcaklıkta 28 °C'deki sıcaklığa göre misel büyümesinin daha yavaş olduğu tespit edilmiştir (Rangel vd., 2010). Farklı izolatların 37 ya da 45 °C'de uzun maruz kalma sürelerinde konidial çimlenmeyi engellediği kaydedilmiştir (Santos, 1978; Fernandes vd., 2010). Bu tez çalışmasında, As-2 ve Pa4 suşlarının sporları 37 °C'de büyüme göstermedi. Fungus türlerine ait izolatların çoğu 15 ve 30 °C'deki sıcaklık aralıklarında büyüyerek sporlaşma gösterebilirler (Osborne vd., 1990). Ancak, fungal izolatların kaydedildikleri bölge sıcaklıklarında adaptasyon gösterdikleri bilinmektedir. Funguslarda büyüme sıcaklığı laboratuvar ortamlarında 25 °C civarında değişmekle birlikte 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda büyüme olumsuz etkilenmektedir (Hall, 1981; Fransen, 1987).

UV-B'nin radyal büyüme ve spor üretimi üzerine etkisinin çalışıldığı bazı araştırmalar *M. flavoviride*, *B. bassiana*, *M. anisopliae* ve *Cordyceps fumosorosea* (*Isaria fumosorosea*, *Paecilomyces fumosoroseus*) gibi fungal suşların konidialarının hayatta kalmasını karşılaştırmış ve türler arasında ve türler içinde farklı derecelerde tolerans olduğu belirlenmiştir (Fargues vd., 1996; Fernandes vd., 2007; Huang ve Feng, 2009). Fungusların, sıcaklık, UV, nem gibi abiyotik birçok faktörün patojeniteye etkisi ile ilgili yapılan çoğu araştırmalar maruz kalma süresinden etkilenildiğini göstermiştir (Cherry vd., 2005; Shi vd., 2008; Bugeme vd., 2009).

Çoğu tavuk çiftliğinde tavukların bulunduğu alanlar biraz karanlıktır ve 20-27 °C'lik sıcak bir atmosfer vardır. Tavuk çiftliklerinin bağıl nemi %50-90'dadır ve püskürtülen formülasyon damlacıkları bir süre hızlı kuruma olmadan kalabilir, bu da fungus büyümesini ve kolonizasyonunu kolaylaştırabilir (Sparagano vd., 2014). Genel olarak, tavuk çiftliklerinin ortamı, fungus penetrasyonu ve kolonizasyonu açısından fungal biyopestisit kullanımına oldukça elverişlidir. Bu tez çalışmasında etkili oldukları tespit edilen As-2 ve Pa4 suşlarının tavuk çiftliklerinde açık alanlara uygulandığında yüksek kontrol etkinliğine sahip olması beklenebilir. Ek olarak, çatlaklar gibi *D. gallinae*'nin saklanma yerleri daha karanlık ve daha nemlidir ve bu nedenle fungus enfeksiyonu için uygundur. Entomopatojenik funguslar, canlı enfekte akarlar, hareketli evreler ya da suni üfleme havası ile diğer alanlara aktarılabilir ve diğer kırmızı tavuk akarlarına bulaşabilir. Bu faktörler, entomopatojenik fungusların kullanımı için doğrudan temas eden mücadele etmenlerine kıyasla avantajlı olacaktır.

Ticari tavuk çiftliklerine konidial süspansiyon püskürtüldüğünde, tavuklar, yumurtalar ve yemler fungusa maruz kalabilmektedir, ancak yapılan araştırmalar herhangi

bir önemli olumsuz etki olmadığını ortaya koymuştur (Park vd., 2021). *B. bassiana*'nın insan ve hayvanlar için çevre açısından güvenli olduğu bilinmektedir (Zimmermann, 2007). Yapılan bir çalışmada, bu entomopatojenik fungus grubunun tavuklar ve yumurtalar için güvenli olduğunu, ancak bunun endüstriyel kullanımdan önce açıkça araştırılması gerektiğini de öne sürmektedir (Haas-Costa vd., 2010).

Sonuç olarak, *M. flavoviride* (As-2) ve *B. bassiana* (Pa4) suşlarının laboratuvar koşullarında kırmızı tavuk akarı üzerinde yüksek etkinliğe sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Gelecekte etkinliği tespit edilen bu fungus suşları alternatif akarisit olarak geliştirilebilir ve kullanılabilir. Fungal patojenlerin pratik kullanıma hazır hale getirilmesi ve genel akarisit olarak hizmet etmesi için, kanatlı çiftliklerinde kırmızı tavuk akarı ve diğer zararlıların popülasyonu üzerindeki uzun vadeli etkilerini değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

6. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda *Dermanyssus gallinae* (kırmızı tavuk akarı)'nin mücadelesinde etkili olduğu tarama ve doz denemeleri ile belirlenen iki adet fungus suşu belirlendi. Yapılan bu tez çalışması sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı.

1. Daha önceki çalışmalarda tanımlamaları yapılan ve etkinlikleri belirlenen entomopatojen fungus kültürümüzde bulunan 20 adet fungal suşun kırmızı tavuk akarı üzerinde etkinliği tespit edildi. Bu suşların, zararlı üzerinde %100 ölüm oranına sahip olduğu belirlendi. Bu suşlardan As-2 (*Metarhizium flavoviride*) ve Pa4 (*Beauveria bassiana*), suşları tarama ve doz denemelerinde yüksek etki gösterdi.

2. Sıcaklık ve UV'nin etkili olduğu belirlenen fungal suşların (As-2 ve Pa4) sporlarının radyal büyümesi ve spor üretimi üzerinde etkisi araştırıldı. Yüksek sıcaklık (37 C°)'ta ve UV-B2ye 120 dk maruziyette her iki suşun da fungal sporlarında radyal büyüme ve spor üretimi olmadığı gözlemlendi.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada, *Dermanyssus gallinae*'ye karşı kullanılabilecek etkinliği laboratuvar denemeleri ile tespit edilmiş iki adet entomopatojen fungus suşunun patojenitesi tespit edildi. Çalışmadan elde edilen sonuçlar neticesinde gelecek çalışmalara yönelik olarak aşağıdaki hususlar önerilmiştir.

1. Etkinliği belirlenen fungal suşlardan prototip mikoakarisitler geliştirilebilir.
2. Geliştirilecek prototip mikoakarisitlerin sporları koruyuculukları araştırılabilir.
3. Geliştirilecek mikoakarisitlerin ruhsatlandırmaya esas toksikoloji testleri yapılabilir.
4. Geliştirilecek mikoakarisitlerin kırmızı tavuk akarı üzerindeki etkisi akar enfestasyonu olan tavuk kümeslerinde test edilebilir.
5. Geliştirilecek mikoakarisitlerin kümeslerde tavukların refahına etkisi araştırılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Acheampong, M., A., Hill, M., P., Moore, S., D. ve Coombes, C., A., 2020. UV sensitivity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates under investigation as potential biological control agents in South African citrus orchards, Fungal Biol., 124, 304-310.
- Ali, W., George, D., R., Shiel, R., S., Sparagano, O., A. ve Guy, J., H., 2012. Laboratory screening of potential predators of the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) and assessment of *Hypoaspis miles* performance under varying biotic and abiotic conditions, Veterinary Parasitology, 187, 341-344.
- Alves, L., F., A., Oliveria, A., G., P., Kasburg, C., R. ve Nardelli, M., S., 2019. Acaricidal Activity of Inert Powders Against The Poultry Red Mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) (Mesostigmata: Dermanyssidae), Archives of Veterinary Science, 24,2, 81-92.
- Alves, L., F., A., Oliveris, D., G., P., Pares, R., B., Saporango, O., A., E. ve Godinho, R., P., 2020. Association of mechanical cleaning and a liquid preparation of diatomaceous earth in the management of poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata: Dermanyssidae), Experimental and Applied Acarology, 81,2, 215-222.
- Arends J., J. ve Robertson, S., H., 1986. Integrated pest management for poultry production: implementation through integrated poultry companies, Poult Sci, 65, 675-682
- Arends, J., J., 2008. External parasites and poultry pests. Diseases of poultry. Editör: Y. Saif, M. Ames, Blackwell Publishing.
- Axtell, R., 1999. Poultry integrated pest management: status and future, Integr Pest Manag Rev, 4, 53-73
- Axtell, R., C. ve Arends J., J., 1990. Ecology and management of arthropod pests of poultry, Annu Rev Entomol, 35, 101-126
- Baker, R., R. ve Dunn, P., E., 1990. New Direction in Biological Control. A.R. Liss, New York
- Bayramoğlu, Z., Biryol, S. ve Demir, İ., 2020. Survey of the Possible Fungal Pathogens of *Orosanga japonica* (Hemiptera: Ricanidae) in Eastern Black Sea Area, 2nd International Symposium on Biodiversity Research, Rize, Türkiye, Bildiri Kitabı: 296.
- Belozerov, V. N., 2009. Diapause and quiescence as two main kinds of dormancy and their significance in life cycles of mites and ticks (Chelicerata: Arachnida: Acari), Parasitiformes, Acarina, 16, 79-130.
- Benbrook, C., M., Groth, E., Halloran, J., M., Hansen, M., K. ve Marquardt, S., 1996. Pest management at the crossroads, Consumers Union, Yonkers, New York.

- Benjamin, M., A., Zhioua, E. ve Ostfeld, R., S., 2002. Laboratory and field evaluation of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) for controlling questing adult *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae), J. Med. Entomol., 39, 723-728.
- Biryol, S., Araz, N., Eski, A., Aktürk, R., Aksu, Y., Çelik Göktürk, B., Bilgin, L. ve Demir, İ. 2021. Biodiversity and pathogenicity of entomopathogenic fungi associated with the lesser spruce sawfly, *Pristiphora abietina*, Entomologia Experimentalis et Applicata, 169,5, 414-423.
- Braga, G., U., L., Flint, S., D., Messias, C., L., Anderson, A., J. ve Roberts, D., W., 2001a. Effect of UV-B on conidia and germlings of the entomopathogenic hyphomycete *Metarhizium anisopliae*, Mycol. Res., 105, 874-882.
- Braga, G., U., L., Flint, S., D., Miller, C., D., Anderson, A., J. ve Roberts, D., W., 2001b. Variability in response to UV-B among species and strains of *Metarhizium* isolated from sites at latitudes from 61°N to 54 °S, J. Invertebr. Pathol., 78, 98-108.
- Bruneau, A., Dernburg, A., Chauve, C. ve. Zenner, L., 2001. First in vitro cycle of the chicken mite, *Dermanyssus gallinae* (DeGeer 1778), utilizing an artificial feeding device, Parasitology, 123, 583-589.
- Bugeme, D., M., Knapp, M., Boga, H., I., Wanjoya, A., K. ve Maniania, N., K., 2009. Influence of temperature and virulence of fungal isolates of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. Mycopathologia, 167, 221-227.
- Butt, T., M., Jackson, C. ve Magan, N., 2001. Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential. CABI Publishing, UK.
- Chandler, D., Davidson, G., Pell, J., K., Ball, B., V., Shaw, K. ve Sunderland, K., D., 2000. Fungal biocontrol of acari, Biocontrol Science and Technology, 10, 357-384.
- Chauve, C., 1998. The poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778): Current situation and future prospects for control, Veterinary Parasitology, 73, 239-245.
- Cherry, A., J., Abalob, P. ve Hella, K., 2005. A laboratory assessment of the potential of different strains of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) to control *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea, Journal of Stored Product Research, 41, 295-309.
- Chirico, J. ve Tauson, R., 2002. Traps containing acaricides for the control of *Dermanyssus gallinae*, Vet. Parasitol., 110, 109-116.
- Circella, E., Pugliese, N., Todisco, G., Cafiero Sparagano, M., A. ve Camarda, A., 2011. *Chlamydia psittaci* infection in canaries heavily infested by *Dermanyssus gallinae*, Experimental and Applied Acarology, 55,4, 329-338.

- Cosoroaba, I., 2001. Massive *Dermanyssus gallinae* invasion in battery-husbandry raised fowls, Revista de Medicina Veterinaria, 152, 89-96
- Couceiro, J., C., Fatoresso, M., B., Demetrio, C., G., B., Meyling, N., V. ve Delalibera, I., 2021. UV-B Radiation Tolerance and Temperature-Dependent Activity Within the Entomopathogenic Fungal Genus *Metarhizium* in Brazil, Front, Frontiers in Fungal Biology, 645-737.
- Cuartas-Otálora, P., A., Juliana, A., Gómez-Valderrama, E., Ramos, P., Gloria, B., Cubillos, ve Villamizar-Rivero, L., F., 2019. Bio-insecticidal potential of nucleopolyhedrovirus and granulovirus mixtures to control the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), Viruses, 11, 1-14.
- Çöven, F., <https://www.yum-bir.org/Yumurta/Index.aspx>. 15 Mayıs 2022
- Demirbağ, Z., Nalçacıoğlu, R., Katı, H., Demir, İ., Sezen, K. ve Ertürk, Ö., 2008. Entomopatojenler ve Biyolojik Mücadele, Trabzon, Esen Ofset Matbaacılık.
- Dimbi, S., Maniana, N., K., Luz, S., A., Mueke, J., M., 2004. Effect of constant temperatures on germination, radial growth and virulence of *Metarhizium anisopliae* to three species of African tephritid fruitflies, Biocontrol, 49, 83–94.
- Entrekin, D., L. ve Oliver, J., H., Jr., 1982. Aggregation of the chicken mite, *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae), J Med Entomol, 19, 671-678.
- Erdem, H., Konyalı, C., Coşkun, B. ve Savaş, T., 2015. Kanatlıların kırmızı akarı (*Dermanyssus gallinae*): Biyolojisi ve etkileri, Ulusal Zootečni Kongresi, Eylül, Konya. Bildiriler kitabı sayfa no. 282-289.
- Escobar, C., M., A., Pérez-Lara, E., Garcíalópez, J., C., ArroyoLedeza, J. ve Sánchez-Bernal, E., I., 2014. Parasitic mites in backyard Turkeys in Oaxaca's Coast Mexico, European Journal of Veterinary Medicine, 7, 1-18.
- Fargues, J., Goettel, M. S., Smits, N., Ouedraogo, A., Vidal, C., Lacey, L. A., Lomer, C. J. ve Rougier, M., 1996. Variability in susceptibility to simulated sunlight of conidia among isolates of entomopathogenic Hyphomycetes. Mycopathologia 135, 171–181.
- Fernandes, É. K. K., Rangel, D. E. N., Moraes, Á. M. L., Bittencourt, V. R. E. P., and Roberts, D. W., 2007. Variability in tolerance to UV-B radiation among *Beauveria* spp. isolates. Journal of Invertebrate Pathology, 96, 237–243.
- Fernandes, É., K., K., Keyser, C., A., Chong, J., P., Rangel, D., E., N., Miller, M., P. ve Roberts, D., W., 2010. Characterization of *Metarhizium* species and varieties based on Molecular analysis, heat tolerance and cold activity, J. Appl. Microbiol, 108, 115–128.
- Fernandes, É., K., K., Rangel, D., E., N., Braga, G., U., L. ve Roberts, D., W., 2015. Tolerance of entomopathogenic fungi to ultraviolet radiation: a review on screening of strains and their formulation, Curr. Genet., 61, 427-440.

- Fernández-Bravo, M., Flores-León, A., Calero-López, S., Gutiérrez-Sánchez, F., Valverde-García, P. ve Quesada-Moraga, E., 2017. UV-B radiation related effects on conidial inactivation and virulence against *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera; Tephritidae) of phylloplane and soil *Metarhizium* sp. Strains, J. Invertebr. Pathol., 148, 142-151.
- Finney, D., J., 1971. Probit analysis, Cambridge University Press, New York.
- Fossum, O., Jansson, D., S., Etterlin, P., E. ve Vågsholm, I., 2009. Causes of mortality in laying hens in different housing systems in 2001 to 2004, Acta Veterinaria Scandinavica, 15, 51-53.
- Fransen, J., J., Winkelman, K. ve vanLenteren, J., C., 1987. The Different Mortality at Various Life Stages of the Greenhouse Whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hymenoptera: Aleyrodidae), by Infection with the Fungus *Aschersonia aleyrodis* (Deuteromycotina: Coelomycetes). Journal of invertebrate pathology, 50, 158–165.
- George, D., R., Shiela, R., S., Appleby, W., G., C., Knox, A. ve Guy, J., H., 2010. In vitro and in vivo acaricidal activity and residual toxicity of spinosad to the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, Veterinary Parasitology, 173, 307-316.
- George, D., Smith, T., Shiel, R., Sparagano, O. ve Guy, J., 2009. Mode of action and variability in efficacy of plant essential oils showing toxicity against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, Veterinary Parasitology, 161, 276-282.
- Gillespie, J., P., Bailey, A., M., Cobb, B. ve Vilcinskis, A., 2000. Fungi as elicitors of insect immune responses, Arch. Insect Biochem. Physiol., 44, 49-68.
- Gouli, V., Gouli, S., Skinner, M., Hamilton, G., Kim, J., S. ve Parker, B., L., 2012. Virulence of select entomopathogenic fungi to the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae), Pest Manag. Sci., 68, 155-157.
- Haag-Wackernagel, D., 2008. Gesundheitsgefährdungen durch die Straßentaube *Columba livia*, Parasiten Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle, 15, 174-188.
- Haas-Costa, J., Alves, L., F., A. ve Daros, A., A., 2010. Safety of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. to *Gallus domesticus* L., Braz Arch Biol Technol, 53, 465-471.
- Hall, R., A., 1981. The Fungus *Verticillium lecanii* as a Microbial Insecticide against Aphids and Scales, In *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970–1980*; Burges, H. D., Ed.; Academic Press: London, UK, 483-498.
- Hamscher, G., Priess, B., Hartung, J., Nogosse, M., I., Gluender, G. ve Nau, H., 2003. Determination of propoxur residues in eggs by liquid chromatography-diode array detection after treatment of stocked housing facilities for the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*), Analytica Chimica Acta, 483, 19-26.

- Harrington, D., W., J., George, D., R., Guy, J., H. ve Sparagano, O., A., E., 2011. (Opportunities for integrated pest management to control the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, World Poult Sci J, 67,1, 83-94.
- Hoffman, G., V., 1987. Vogelmilben als La'stlinge, Krankheitsserzeuger und Vektoren bei Mensch und Nutztier (Veterinary and hygienic importance of the red chicken mite and the northern fowl mite), Dtsch. Tierarztl. Wschr, 95, 7-10.
- Hong, T., D., Edgington, S., Ellis, R., H., Aquino de Muro, M. ve Moore, D., 2005. Saturated salt solutions for humidity control and the survival of dry powder and oil formulations of *Beauveria bassiana* conidia, J Invertebr Pathol, 89, 136-143.
- Hoy MA. 2011. Agricultural acarology: Introduction to integrated mite management, CRC Press, Boca Raton, FL, 325-327.
- Huang, B.-F., and Feng, M.-G., 2009. Comparative tolerances of various *Beauveria bassiana* isolates to UV-B irradiation with a description of a modeling method to assess lethal dose. Mycopathologia 168, 145–152.
- Huber, K., Zenner, L. ve Bicout, D., J., 2011. Modelling population dynamics and response to management options in the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae), Veterinary Parasitology, 176, 65-73.
- Ignoffo, C., M. ve Garcia, C., 1992. Influence of conidial color on inactivation of several entomogenous fungi (Hyphomycetes) by simulated sunlight, Environ. Entomol., 21, 913-917.
- Immediato, D., Camarda, A., Iatta, R., Puttilli, M., R., Ramos, R., A., N., Di Paola, G., Giangaspero, A., Otranto, D. ve Cafarchia, C., 2015. Laboratory evaluation of a native strain of *Beauveria bassiana* for controlling *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) (Acari: Dermanyssidae), Veterinary Parasitology, 212, 478-82.
- Immediato, D., Figueredo, L. A., Iatta, R., Otranto, D. ve Cafarchia, C., 2016. Essential oil and *Beauveria bassiana* against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae): towards new natural acaricides, Veterinary Parasitology, 229, 159-165.
- Immediato, D., Iatta, R., Camarda, A., Giangaspero, A., Capelli, G., Figueredo, L. A., Otranto, D. ve Cafarchia, C., 2017. Storage of *Beauveria bassiana* Conidia Suspension: A Study Exploring the Potential Effects on Conidial Viability and Virulence against *Dermanyssus gallinae* De Geer, 1778 Acari: Dermanyssidae, Annals of Biological Sciences, 5,2, 69-76.
- Inglis, G., D., Goettel, M., S., Butt, T., M. ve Strasser, H., 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests, in *Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential*, T.M. Butt, C. Jackson ve N. Magan, Ed., Wallingford, UK: CABI, 23-69.

- Jackson, M., A., Dunlap, C., A. ve Jaronski, S., T., 2010. Ecological considerations in producing and formulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol, BioControl, 55, 129-145.
- Kaaya, G., P., Mwangi, E., N. ve Ouna, E., A., 1996. Prospects for control of livestock ticks, *Rhipicephalis appendiculatus* and *Amblyomma variegatum*, using the entomogeneous fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, J. Invertebr. Pathol. 67, 15Đ20.
- Kaoud, H., A., 2010. Susceptibility of poultry red mites to entomopathogens, International Journal of Poultry Science, 9, 259-263.
- Karaer, Z., Nalbantoğlu, S. ve Uslu, U., 2013. Veteriner Hekimliğinde Parazit Hastalıkları, İzmir.
- Kasburg, C., Alves, L., F., A., Oliveira, D., G., P. ve Rohde, C., 2016. Activity of some Brazilian isolates of entomopathogenic fungi against the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* De Geer (Acari: Dermanyssidae), Brazilian Journal of Poultry Science, 18, 457-460.
- Kilpinen, O. ve Steenberg, T., 2016. Repellent activity of desiccant dusts and conidia of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* when tested against poultry red mites (*Dermanyssus gallinae*) in laboratory experiments, Experimental and Applied Acarology, 70,3, 329-341.
- Kilpinen, O., 2001. Activation of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (Acari : Dermanyssidae), by increasing temperatures, Experimental and Applied Acarology, 25,10-11, 859-867.
- Kilpinen, O., Roepstorff, A., Permin, A., Nørgaard-Nielsen, G., Lawson, L., G. ve Simonsen, H., B., 2005. Influence of *Dermanyssus gallinae* and *Ascaridia galli* infections on behaviour and health of laying hens (*Gallus gallus domesticus*), British Poultry Science, 46, 26-34.
- Kim, S., H., Kim, J., C., Lee, S., J., Lee, M., R., Park, S., E., Li, D., W., Baek, S., H., Shin, T., Y. ve Kim, J., S., 2020. *Beauveria bassiana* ERL836 and JEF-007 with similar virulence show different gene expression when interacting with cuticles of western flower thrips, *Frankniella occidentalis*, BMC Genom, 21, 836.
- Kirkwood, A., C., 1963. Longevity of the mites *Dermanyssus gallinae* and *Liponyssus sylviarum*, Experimental Parasitology, 14, 358-366.
- Kowalski, A. ve Sokół, R., 2009. Influence of *Dermanyssus gallinae* (poultry red mite) invasion on the plasma levels of corticosterone, catecholamines and proteins in layer hens, Polish Journal of Veterinary Sciences, 12, 231-235.
- Lay, D., C., Fulton, R., M., Hester, P., Y., Karcher, D., M., Kjaer, J., B., Mench, J., A., Mullens, B., A., Newberry, R., C., Nicol, C., J., O'Sullivan, N., P. ve Porter, R., E., 2011. Hen welfare in different housing systems, Poultry Science, 90, 27894.

- Lesna, I., Sabelis, M., W., van Niekerk, T., G., C., M. ve Komdeur, J., 2012. Laboratory tests for controlling poultry red mites (*Dermanyssus gallinae*) with predatory mites in small 'laying hen' cages, Experimental and Applied Acarology, 58, 371-383.
- Lesna, I., Wolfs, P., Faraji, F., Roy, L., Komdeur, J. ve Sabelis, M., W., 2009. Candidate predators for biological control of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*, Experimental and Applied Acarology, 48,1-2, 63-80.
- Lubac, S., Dernburg, A., Bon, G., Chauve, C. ve Zenner, L., 2003. Problématique Et Pratiques D'élevages En Poules Pondeuses Dans Le Sud Est De La France Contre Les Nuisibles: Poux Rouges Et Mouches, Itavi, Inra, Afssa Ed., 5emes journées de la recherche avicole.
- Marangi, M., Cafiero, M., A., Capelli, G., Camarda, A., Sparagano, O., A., E. ve Giangaspero, A., 2009. Evaluation of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, (Acari: Dermanyssidae), susceptibility to some acaricides in field populations from Italy, Exp Appl Acarol, 48,1-2, 11-8.
- Maurer, V. ve Perler, E., 2006. Silicas for control of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*, Proceeding European Joint Organic Congress, Mayıs, Odense, Bildiri Kitabı: 30-31.
- Maurer, V., Bieri, M. ve Fölsch, D., W., 1988. Das suchverhalten von *Dermanyssus gallinae* in hühnerställen. Host-finding of *Dermanyssus gallinae* in poultry-houses, Arch Geflügelkd, 52, 209-215.
- Maurer, V., Perler, E. ve Heckendorn, F., 2009. In vitro efficacies of oils, silicas and plant preparations against the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*, Exp Appl Acarol., 48,1-2, 31-41.
- Maurer, V., ve Baumgartner, J., 1992. Temperature influence on life table statistics of the chicken mite *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae), Exp.Appl.Acarol., 15, 27-40.
- McCoy, C., W., 1990. Entomogenous fungi as microbial pesticides, UCLA Symposia on Molecular and Cellular Biology, 112, 139-159.
- McCrea, B., Jeffrey, S. ve Ernst, A., 2005. Common lice and mites of poultry: identification and treatment. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 8162.
- Ment, D., Churchill, A., C., L., Gindin, G., Belausov, E., Glazer, I., Rehner, S.A., Rot, A., Donzelli, B., G., G. ve Samish, M., 2012. Resistant ticks inhibit *Metarhizium* infection prior to haemocoel invasion by reducing fungal viability on the cuticle surface, Environ. Microbiol., 14, 1570-1583.
- Ment, D., Gindin, G., Glazer, I., Perl, S., Elad, D. ve Samish, M., 2010. The effect of temperature and relative humidity on the formation of *Metarhizium anisopliae* chlamydospores in tick eggs, Fungal Biol., 114, 49-56.

- Ment, D., Shikano, I. ve Glazer, I., 2017. Abiotic Factors, Ecology of Invertebrate Diseases. Wiley-Blackwell, 143-186.
- Meyer-Kuhling, B., Pfister, K., Muller-Lindloff, J., ve Heine, J., 2007. Field efficacy of phoxim 50% (ByeMite) against the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* in battery cages stocked with laying hens, Vet.Parasitol., 147, 289-296.
- Meyling, N. ve Eilenberg, J., 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control, Biol Control, 43, 145-155.
- Moonjely, S., Barelli, L. ve Bidochka, M., J., 2016. Insect pathogenic fungi as endophytes. *In Advances in genetics*, Academic Press, 94, 107-135.
- Moura-Mascarin, G., Guarín-Molina, J., H., Arthurs, S., P., Humber, R., A., de Andrade Moral, R., Demétrio, C., G., B. ve Delalibera, Jr., I., 2016. Seasonal prevalence of the insect pathogenic fungus *Colletotrichum nymphaeae* in Brazilian citrus groves under different chemical pesticide regimes, Fungal Ecology, 22, 43-51.
- Mul, M., Niekerk, T., van, Chirico J., Maurer, V., Kilpinen, O., Sparagano, O., Thind, B., Zoons, J., Moore, D., Bell, B., Gjevre, A., G. ve Chauve, C., 2009. Control methods for *Dermanyssus gallinae* in systems for laying hens: results of an international seminar, World Poult Sci J, 6, 589-600.
- Nascimento, T., P., Coniff, A., E., S. Moura, J., A., S., Batista, J., M., S., Bosta, R., M., P., B., Posto, C., S., Takaki, G., M., C., Porto, T., S. ve Posto, A., L., F., 2020. Protease from *Mucor subtilissimus* UCP 1262: Evaluation of several specific protease activities and purification of a fibrinolytic enzyme, Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 92,4, 1-12.
- Nordenfors, H. ve Chirico, J., 2001. Evaluation of a sampling trap for *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae), J. Econ. Entomol., 94, 1617-1621.
- Nordenfors, H. ve Höglund, J., 2000. Long term dynamics of *Dermanyssus gallinae* in relation to mite control measures in aviary systems for layers, British Poultry Science, 41,5, 533-40.
- Nordenfors, H., Höglund, J. ve Uggla, A., 1996. Control of the red poultry mite *Dermanyssus gallinae*, Swedish Svensk Veterinartidning, 48,4, 161-167.
- Nordenfors, H., Höglund, J. ve Uggla, A., 1999. Effects of temperature and humidity on oviposition, moulting and longevity of *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae), Journal of Medical Entomology, 36, 68-72.
- Nordenfors, H., Höglund, J., Tauson, R. ve Chirico, J., 2001. Effect of permethrin impregnated plastic strips on *Dermanyssus gallinae* in loose-housing systems for laying hens, Vet Parasitol., 102, 121-131.

- Oliveria, D., G., P., Kasburg, C., R. ve Alves, L., F., A., 2020. Efficacy of *Beauveria bassiana* against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) (Mesostigmata: Dermanyssidae), under laboratory and hen house conditions, Systematic & Applied Acarology, 25,5, 895-905.
- Ortiz-Urquiza, A. ve Keyhani, N., O., 2013. Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle, Insects, 4, 357-374.
- Osborne, L., S., Hoemler, K. ve Gerling, D., 1990. Prospects for Biological Control of *Bemisia tabaci*, Bull. IOBC WPRS, 13, 153–160.
- Ownley, B., H., Gwinn, K., D. ve Vega, F., E., 2010. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution, BioControl, 55, 113-128.
- Paoletti, B., Iorio, R., Traversa, D., Gatti, A., Capelli, G., Giangaspero, A. ve Sparagano, O., A., E., 2006. *Dermanyssus gallinae* in rural poultry farms in central Italy, Parassitologia, 48, 161.
- Park, S., E., Lee, M., R., Lee, S., J., Kim, J., G., Parker, B., L., Ryu, K., S., Lim, C., I., Kim, J., S., 2021. Strategic positioning of *Beauveria bassiana* sensu lato JEF- 410 in management of poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata: Dermanyssidae), BioControl, 67, 39-48.
- Puntener, W., 1981. Manual for field trials in plant protection, Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited.
- Ramirez J., L., Dunlap, C., A., Muturi, E., J., Barletta, A., B., F. ve Rooney, A., P., 2018. Entomopathogenic fungal infection leads to temporospatial modulation of the mosquito immune system, PLoS Negl Trop Dis, 12,14, e0006433.
- Rangel, D., E., N. ve Fernandes, É., K., K., Dettenmaier, S., J., Roberts, D., W., 2010. Thermo tolerance of germlings and mycelium of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium* spp. and mycelial recovery after heat stress, J. Basic Microbiol, 50, 344–350.
- Roberts, D., W. ve St. Leger, R., J., 2004. *Metarhizium* spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: mycological aspects, Advances in Applied Microbiology, 54, 1-70.
- Santos, A., L., L., 1978. Influência de alguns fatores no crescimento, germinação e produção de conídios de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin. 148f. Dissertation (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Seema, Y., Neeraj, T. ve Krishan, K., 2013. Mass production of entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* using rice as a substrate by diphasic liquid-solid fermentation technique, International Journal of Advanced Biological Research, 3, 331-335.

- Sevim, A., Demir, I. ve Demirbag, Z., 2010a. Molecular characterization and virulence of *Beauveria* spp. from the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), Mycopathologia, 170, 269-277.
- Sevim, A., Demir, I., Tanyeli, E. ve Demirbag, Z., 2010b. Screening of entomopathogenic fungi against the European Spruce Bark Beetle, *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae), Biocontrol Sci. Techn., 20,1, 3-11.
- Shah, P., A. ve Pell, J., K., 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents, Applied Microbiology and Biotechnology, 61, 413-423.
- Shi, W., B., Feng, M., G. ve Liu, S., S., 2008. Sprays of emulsifiable *Beauveria bassiana* formulation are ovicidal towards *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at various regimes of temperature and humidity, Exp. Appl. Acarol., 46, 247-257.
- Sigognault, F., A., Thomas, E. ve Sparagano, O., A., E., 2017. Poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) infestation: A broad impact parasitological disease that still remains a significant challenge for the egg-laying industry in Europe, Parasites & Vectors, 10, 357.
- Sikes, R., K. ve Chamberlain, R., W., 1954. Laboratory observations on three species of bird mites, J. Parasitol., 40, 691-697.
- Sönmez, E., 2016. Toprakaltı ZararlılarınaS Karşı Fungal Suşların Seçimi ve Granül Formülasyonunun Üretilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sparagano, O., A., E., George, D., R., Finn, R., D., Giangaspero, A., Mul, M., Papadopoulos, E., Tomley, F. ve Pritchard, J., 2014a. *Dermanyssus gallinae* and poultry production: Impact, management, and a predicted compatibility matrix for integrated approaches, Conference information and proceedings of the XIVth European poultry conference, June, Stavanger, Norway, Bildiri kitabı: 131-141.
- Sparagano, O., A., E., George, D., R., Harington, D., W., J. ve Giangaspero, A., 2014b. Significance and control of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, Annu. Rev. Entomol., 59, 447-466.
- Sparagano, O., A., E., Pavlicevic, A., Murano, T., Camarda, A., Sahibi, H., Kilpinen, O., Mul, M., Emous, R., Bouquin, S., Hoel, K. ve Cafiero, M. A. 2009. Prevalence and key figures for the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* infections in poultry farm systems, Experimental and Applied Acarology, 48, 3-10.
- St. Leger, R., J., Wang, C., S. ve Fang, W., G., 2011. New perspectives on insect pathogens. Fungal Biol Rev., 25, 84-88.
- Steenberg, T., Kilpinen O. ve Moore, D., 2006. Fungi for control of the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. Proceedings of the international workshop 'Implementation of biocontrol in practice in temperate regions-present and near future', DIAS report, 119, 71-74.

- Steenberg, T. ve Kilpinen, O., 2003. Fungus infection of the chicken mite *Dermanyssus gallinae*, B. Papierok, Ed., Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes, IOBC/WPRS Bulletin, 26,1, 27-30.
- Steenberg, T., Kilpinen, O., 2014. Synergistic interaction between the fungus *Beauveria bassiana* and desiccant dusts applied against poultry red mites (*Dermanyssus gallinae*), Experimental and Applied Acarology, 62, 511-524.
- Steenberg, T., Kilpinen, O., Jespersen, J., B., Soler-Cruz, M., D., Vega-Robles, C., Birkett, M., Dewhurst, S. ve Pickett, J., 2005. Advances in the development of novel control methods against chicken mites (*Dermanyssus gallinae*), Bulletin –OILB/SROP, 28, 89-91.
- Tabari, M., A., Youssefi, M., R., Maggi, F. ve Benelli, G., 2017. Toxic and repellent activity of selected monoterpenoids (thymol, carvacrol and linalool) against the castor bean tick, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae), Veterinary Parasitology, 245, 86-91.
- Tavassoli, M., Allymehr, M., Pourseyed, S.H., Ownag, A., Bernousi, I., Mardani, K., Ghorbanzadegan, M. ve Shokrpour, S., 2011. Field bioassay of *Metarhizium anisopliae* strains to control the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*, Veterinary Parasitology, 178, 374-378.
- Tavassoli, M., Ownag, A., Pourseyed, H. ve Mardani, K., 2008. Laboratory evaluation of three strains of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* for controlling *Dermanyssus gallinae*, Avian Pathology, 37, 259-263.
- Tomer, H., Blum, T., Arye, I, Faigenboim, A., Gottlieb, Y., ve Ment, D., 2018. Activity of native and commercial strains of *Metarhizium* spp. against the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* under different environmental conditions, Veterinary Parasitology, 262, 20-5.
- Ummudi, V., R., S. ve Vadlamani, P., 2014. Preparation and use of oil formulation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against *Spodoptera litura* larvae, African Journal of Microbiology Research, 8, 1638-1644.
- URL-1, <https://www.yum-bir.org/Yumurta/Index.aspx>. 12 Nisan 2022.
- URL-2, http://cografyaharita.com/turkiye_hayvancilik_haritalari.html. 11 Mayıs 2022.
- URL-3, <https://www.vinayakcorporation.com/tag/dermanysus-gallinae/>. 12 Mayıs 2022.
- URL-4, <https://www.nexles.com/articles/prevent-infestation-with-poultry-red-mites-dermanysus-gallinae/>. 21 Mayıs 2022.
- Valiente-Moro, C., Desloire, S., Chauve, C. ve Zenner, L., 2007. Detection of *Salmonella* sp. in *Dermanyssus gallinae* using an FTA® filter-based polymerase chain reaction, Medical and Veterinary Entomology, 21,2, 148-152.
- Van Emous, R., 2017. Verwachte schade bloedluis 21 miljoen euro. Pluimveeweb.nl.

- Van Emous, R., A., Fiks-van Niekerk, T., G., C., M. ve Mul, M., F., 2005. Bloedluizen (vogelmijten) op papier en in de praktijk, PraktijkRapport 17 Animal Sciences Group – Praktijkonderzoek ISSN 1570 8624 (In Dutch).
- Vega, F., E., Goettel, M., S., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M., A., Keller, S., Koike, M., Maniania, N., K., Monzón, A., Ownley, B., H., Pell, J., K., Rangel, D., E., N. ve Roy, H., E., 2009. Fungal entomopathogens: new insights on their ecology, Fungal Ecol., 2, 149-159.
- Vestergaard, S., Cherry, A., Keller, S. ve Goettel, M., 2003. Safety of Hyphomycete fungi as microbial control agents, H.M.T. Hokkanen ve A.E. Hajek Ed., Environmental Impacts of Microbial Insecticides, 32-62 (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht).
- Villamizer, L., Barrera, L., Cotes, A.M. ve Martinez, F., 2010. Eudragit S100 microparticles containing *Spodoptera frugiperda* nucleopolhedrovirus: Physicochemical characterization, photostability and in vitro virüs release, Journal of Microencapsulation, 27, 314-324.
- Wojcik, A. R., Greygon Franckiewicz, B., Zbikowska, E. ve Wasielewski, L., 2000. Invasion of *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) in poultry farms in the Torun Region, Wiadomosci Parazytologiczne, 46, 511-515.
- Wood, H., P., 1917. The chicken mite: its life history and habits, USDA Bull 553.
- Yakhchali, M., Rasouli, S. ve Alborzi, E., 2013. Prevalence and body distribution of the poultry red mite in layer farms from Markazi province of Iran, Iranian Journal of Veterinary Research Shiraz University, 14,1, 72-74.
- Yücel, B., Gözüaık, C., Gençer, D., Demir, İ. ve Demirbağ, Z., 2018. Determination of fungal pathogens of *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae): isolation, characterization, and susceptibility, Egypt J Biol Pest Control, 28, 39.
- Zeman, P., Stika, V., Skalka, B., Bartik, M., Dusbarek, F. ve Lavickova, M., 1982. Potential role of *Dermanyssus* de Geer, 1778 in the circulation of the agent of the pullurosistyphus in Hens, Folia Parasitol (Praha), 29, 371-374.
- Zhioua, E., Browning, M., Johnson, P., W., Ginsberg, H., S. ve LeBrun, R., A., 1997. Pathogenicity of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) to *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae), J. Parasitol., 83,815-818.
- Zoons, J., 2004. The effect of light programmes on red mite (*Dermanyssus gallinae*) in battery cage housing, Welfare of the Laying Hen, Wallingford, CABI.

ÖZGEÇMİŞ

1996-2001 yılları arasında 24 Şubat İlköğretim Okulu'nda, devamında 2001-2004 yılları arasın Cumhuriyet Ortaokulu'nda ilköğretim eğitimini tamamladı. Lise eğitimini 2004-2008 yılları arasında Trabzon Lisesi'nde tamamladı. 2008-2009 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. 2013 yılında mezun oldu. 2019-2020 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Ayrıca Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Laborant ve Veteriner Sağlığı ön lisans mezunudur. Evli ve bir çocuk babasıdır, yabancı dili İngilizcedir.

