



Erzincan'da Entomopatojen Fungusların Oluşumuna ve Dağılımına Etki Eden Toprak Faktörleri

Engin Kılıç^{1*}

¹ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü, Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Erzincan, Turkey ORCID: (0000-0002-6838-5977), ekilic@erzincan.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 12 Şubat 2021 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.895773)

ATIF/REFERENCE: Kılıç, E. (2021). Erzincan'da Entomopatojen Fungusların Oluşumuna ve Dağılımına Etki Eden Toprak Faktörleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 875-881.

Öz

Bu çalışmada, Erzincan topraklarından izole edilen entomopatojen fungusların (Epf) oluşumuna ve dağılımı üzerine toprak faktörlerinin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla ekili ve doğal alanlardan toplanan 60 toprak örneği incelenmiştir. Topraklardan *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin ve *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin olmak üzere iki epf türü izole edilmiştir. Farklı toprak habitat ve sub-habitatların fungus oluşumuna ve dağılımına etkisini incelemek için Ki-kare testi yapılmıştır. Toprak habitatı ile *B. bassiana*'nın oluşumu ve dağılımı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ($\chi^2=,000$, $p>.005$), *M. anisopliae*'nin oluşumu ve dağılımı ile toprak habitatının arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir ($\chi^2=7,680$, $p<.005$). Sub-habitatlardan ise tarla alanların *M. anisopliae*'nin oluşumu ve dağılımı üzerinde etkisi olduğu belirlenmiştir. Yapılan t-testi sonucunda ise, organik maddenin, toprak saturasyonunun, toprak tekstürü ve fosforun *B. bassiana*'nın oluşumu ve dağılımında etkili olduğu belirlenirken, toprak saturasyonunun ve toprak tekstürünün ise, *M. anisopliae*'nin oluşumu ve dağılımı üzerine etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, toprak faktörleri, Erzincan

Effecting Soil Factors on the Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Fungi at Erzincan

Abstract

In this study, it was investigated the effect of soil factors on the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi (Epf) isolated from Erzincan soils. For this purpose, 60 soil samples were collected from cultivated and natural areas. Two epf species, *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, were isolated from the soils. Chi-square test was conducted to examine the effects of different soil habitats and sub-habitats on the occurrence and distribution of fungi. There is no statistically significant difference between the soil habitat on the occurrence and distribution of *B. bassiana* ($\chi^2 = ,000$, $p > .005$), but, it was determined that there is a statistically significant difference between the soil habitat on the occurrence and distribution of *M. anisopliae* ($\chi^2 = 7.680$, $p < .005$). Among the sub-habitats, it has been determined that the field areas have an effect on the occurrence and distribution of *M. anisopliae*. As a result of the t-test, it was determined that organic matter, soil saturation, soil texture, and phosphorus were effective on the occurrence and distribution of *B. bassiana*, while soil saturation and soil texture were effective on the occurrence and distribution of *M. anisopliae*.

Keywords: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, soil factors, Erzincan

* Sorumlu Yazar: ekilic@erzincan.edu.tr

Giriş

Bir habitatta, toprakta bulunan yerel entomopatojen fungusların (epf) izolasyonu ve tanılanması, fungus biyoçeşitliliğinin belirlenmesi açısından önemli bilgiler sağladığı gibi, tarımsal ekosistemlerde zararlı arthropodların mücadelesinde kullanılacak olan epf havuzunun oluşturulması açısından da büyük önem arz etmektedir. Epf dağılımına ve faaliyetlerine etki eden toprak faktörlerin belirlenmesi, bu türlerin biyolojik kontrolde etkilerinin artırılmasında ve en uygun çevresel koşullarda uygulanmasına yardımcı olur. Tarımsal ekosistemlerde biyolojik çeşitlilik çalışmaları yapılırken entomopatojen mikroorganizmaların zararlı popülasyonlarının düzenlenmesindeki katkıları göz ardı edildiği bildirilmektedir (Altieri, 1999, Gur ve ark., 2003, Tscharnkte ve ark., 2005). Ascomycota bölümünden Hypocreales sınıfında yer alan *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin ve *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin hem böceklerde hemde akarlarda mikrobiyal mücadele etmeni olarak etkin rol oynayan toprak kökenli epf (Roberst and St Lager, 2004; Rehner, 2005). Bu iki fungus türünün, biyolojik mücadeledeki etkinliği saptamak ve ticari preparat geliştirilmesi için birçok çalışma yapılmış, fakat, bu iki türün karasal ekosistemlerde temel ekolojileri üzerinde az sayıda araştırma yapıldığı görülmektedir (Fuxa, 1998, Ekese ve ark., 2005). Topraktaki entomopatojen çeşitliliğini ve dağılımını belirleyen parametrelerin anlaşılması belirli bir habitat için en uygun olan türlerin belirlenmesi, biyolojik etkinliğinin iyileştirilmesine yardımcı olacağı bildirilmektedir (Fuxa, 1998; Lacey ve ark., 2001, Shah ve Pell, 2003; Sutuart ve ark., 2006). Yapılan sınırlı sayıdaki araştırmalarda coğrafi konum, iklim koşulları, habitat tipi, toprak ekim sistemleri ve toprak özellikleri epf bulunuşu ve dağılımı üzerine etkili olduklarını belirtilmektedir (Tscharnkte ve ark., 2005). Bu çalışmada, Erzincan ilinin ekili ve doğal alanlardaki değişik habitat ve sub-habitatlarından toplanan toprakların özelliklerini ve bu özelliklerin entomopatojen fungusların oluşumuna ve dağılımına olan etkilerini incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Toprak Örneklemelerinin Toplanması

Epf tür ve izolatlarını bulmak amacıyla tarımın yoğun olarak yapıldığı ve doğal alanlardan, (merkez ve ilçelerden özellikle Merkez, Üzümlü, Tercan, Mercan, Kemaliye, Kemah, İliç, Çayırılı, Otlukbeli, Refahiye) toprak örnekleri alındı.

Belirlenen arazilerden ilk yıl (2014-2015) Mayıs-Haziran ve Ekim-Kasım aylarında sırasıyla; sebze bahçelerinden, meyve bahçelerinden, tarla bitkileri ekimi yapılan yerlerden, çayır mera alanlarından ve ormanlık (orman ağaçlarının olduğu kavak, kuşburnu, keçisakalı, tavşan elması, karaağaç, çam, ardıç vs.) toprak örnekleri alınmıştır.

Her toprak örneği, tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü arazinin 0,5 m²'lik 8-10 farklı noktadan 20-30 cm derinlikten örnekler alındı. Her bir alandan alınan örnekler karıştırılarak tek bir örnek haline dönüştürülüp, kilitli plastik torbalara koyuldu. Örnek alma işleminde kullanılan alet her toprak alımından sonra %70'lik etilalkol ile steril edildi. Etiketlenen plastik torbaların buzluklar içerisinde laboratuvara ulaştırıldı örnekler 4°C'de saklanarak iki ay içinde analiz edildi.

2.2. Toprak Örneklerinin Analizleri:

Analiz yapılmadan önce toprak örnekleri, kurutulup öğütüldükten sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirildi. Toprak yapısı, pH'sı, iletkenliği ve organik madde içeriği belirlenmesi için aşağıdaki yöntemler Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak- Gübre ve Su Kaynakları Merkezi araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Ankara) tarafından yapılmıştır.

2.3. Fungusların İzolasyonu

Epf, Galleri-yem-tuzak yöntemi (Zimmerman 1986) kullanılarak topraktan izole edildi. *Galleria mellonella*, (Dutky ve ark., 1962). Her bir birleştirilmiş toprak numunesinden, beş adet 50 g alt numune alındı ve beş adet 90 mm çaplı, plastik, havalandırılmamış petrilere yerleştirildi. Her petrinin yüzeyine beşinci dönem *G. mellonella* larvası yerleştirildi ve petrilere parafilm ile kapatıldı ve ters çevrilerek 25°C'de 7 gün inkübe edildi. Larvaların düzenli olarak toprakta hareket etmesini sağlamak için petrilere her gün ters çevrildi. Topraklar inkübasyon boyunca nemli tutuldu (yaklaşık olarak tarla kapasitesi). İnkübasyon süresinden sonra topraktan uzaklaştırılan larvalar yüzey sterilizasyonu için % 1 sodyum hipoklorit içinde 3 dakika süreyle sterilize edilen ve ardından steril, damıtılmış suda üç kez yıkanan ölü larvalar, oda sıcaklığında, içerisinde ıslak kurutma kağıdı bulunan petrilere inkübe edilmiş, parafilm ile kapatılmış, ve fungus gelişimi ve miselyum oluşumuna bırakıldı. Bundan sonra günlük olarak petrilere içerisindeki miselyum oluşumu takip edildi. Elde edilen tüm muhtemel entomopatojen funguslar, taksonomik anahtarlar kullanılarak morfolojik özelliklerine dayalı olarak mikroskopik olarak tanımlandı (Barnett & Hunter 1987, Humber 1997). Elde edilen tür beş numuneden en az birinde mevcutsa, toprak numunesinin belirli bir entomopatojenik fungus türünü barındırdığı kabul edildi. Bu çalışmada elde edilen tüm fungal izolatlar Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Eczacılık Fakültesi farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı kültür koleksiyonunda saklanmaktadır.

2.3. İstatiksel Analizler

İstatistik analizler için SPSS 21 programında Ki kare ve t testi yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Toprak Analiz Sonuçları

Araştırma sahasını oluşturan Erzincan ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde yer almaktadır. Matematik konum olarak yaklaşık 39° 02' - 40° 05' kuzey enlemleri ile 38° 16' - 40° 45' boylamları arasında yer alan ilin yüzölçümü 11.903 km²'dir.* Bu yüzölçümüyle ülke topraklarının %1,5'lik kısmını kaplamakta ve alan bakımından ülkemizin 24. il durumundadır. Erzincan ilinin toprak varlığı ve dağılımını ise; tarımsal alanlar, 209.422 hektar, çayır ve mera 427.930 hektar, orman alanı; 257.472 hektar, tarım dışı arazi; 295.474 hektar ve sulanan tarım arazisi; 97.000 hektar olduğu görülmektedir (Anon., 2006; Anon., 2008). Erzincan İli genel olarak karasal iklim özelliğine sahiptir. Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan, Elazığ ve Malatya dışındaki diğer tüm illerden daha ılıman bir iklimi vardır. İl çevre illere göre daha uzun ve sıcak yaz mevsimi yaşamaktadır. Kış mevsiminde ise, doğudan gelen Sibirya kaynaklı hava

kütlesinin tesirinde kaldığı zamanlarda, oldukça sert kış günleri yaşanabilmektedir. Erzincan İli yıllık sıcaklık ortalaması 10.9 °C, en soğuk ay olan Ocak ayı ortalaması -6.7 °C, en sıcak ay olan Temmuz ayı ortalaması da 31.4 °C, olduğu gözlenmiştir. Don olayı genel olarak Kasım ayında başlayıp, Nisan ortalarına kadar sürmektedir. Kar yağışları da Ekim ayı sonlarında başlayıp, Nisan ayına kadar sürmektedir. En yağışlı mevsim sonbahar olup, alınan yağışın %31'i bu mevsimde, %24'ü ilkbahar ve %18'i de yaz mevsiminde kaydedilmektedir. Kış mevsimi yağış oranı ise %27'dir. Haziran ayının ikinci yarısı ile Temmuz, Ağustos ve Ocak aylarının büyük bir kısmı oldukça kurak geçmektedir. Genel olarak en fazla yağış Nisan ayında, en

az yağış da Ağustos ayında kaydedilmektedir. Erzincan İli yıllık nem ortalaması %64.26 olarak görülmektedir (Anon., 2010). Mikroklima iklimine sahip Erzincan, entomopatojen fungus biyoçeşitliliği bakımından da uygun bir topografya sahiptir. Ülkemizde entomopatojen fungus çeşitliliği yüksek olduğu bildirilmekte (Öncüer, 1995), Erzincan'da ise doğal ve ekili toprak habitatlarından entomopatojen fungus izolasyonu ilk defa yapılmıştır. Erzincan ilinde doğal ve ekili topraklarda, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin entomopatojen fungus oluşumuna ve dağılımına etkisini incelemek amacıyla toprak örnekleri toplanmış ve yapılan analizler sonucu elde edilen veriler Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Toprak örnekleme alanlarının habitat ve sub-habitat toprak özellikleri

Lokasyon	Toprak Örneklerinin Toplandığı habitat türleri	Toprak Analiz Sonuçları								İzole Edilen Entomopatojenik Fungus Türleri (1: var; 0: Yok)	
		Su ile Doymun	EC	Toplam Tuz	Ph	Kireç	Fosfor	Potasyum	Organik Madde	<i>B. bassiana</i>	<i>M.anisopliae</i>
Merkez	Sebze tarlası	57	0,391	0,014	7,77	13,31	7,39	52,61	1,62	1	1
	Meyve bahçesi	61	0,615	0,024	7,71	7,48	5,44	71,31	1,4	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	59	1.082	0,041	7,56	10,1	22,67	116	1,73	1	0
	Çayır ve mera	62	0,98	0,039	7,62	18,64	15,28	119,56	1,57	1	0
	Orman	66	1.089	0,046	7,75	12,58	9,49	68,49	1,07	1	0
Üzümlü	Sebze tarlası	43	0,609	0,017	7,65	35,27	2,35	83,03	0,97	1	1
	Meyve bahçesi	78	2	0,076	6,95	1,53	5,71	196,71	3,62	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	65	0,791	0,033	7,6	1,53	4,73	149,86	2,28	1	0
	Çayır ve mera	61	1	0,033	7,56	20,31	2,26	55,13	1,94	1	0
	Orman	47	0,781	0,023	7,44	10,03	2,94	38,51	1,77	1	0
Kemah	Sebze tarlası	56	2	0,078	6,97	19,44	16,71	123,18	3,05	1	1
	Meyve bahçesi	50	0,95	0,03	7,55	11,78	2,37	68,49	0,71	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	56	1	0,046	7,42	14,41	9,47	92,44	2,12	1	0
	Çayır ve mera	55	1,04	0,037	7,45	33,08	5,38	52,61	0,86	1	0
	Orman	56	1	0,035	7,66	19,07	4,71	52,61	0,67	1	0
İliç	Sebze tarlası	56	1,02	0,037	7,54	14,26	3,58	50,13	0,25	1	0
	Meyve bahçesi	68	1	0,059	7,49	2,95	3,9	112,48	1,22	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	61	1,014	0,04	7,59	5,73	3,84	83,08	0,57	1	1
	Çayır ve mera	65	2	0,066	7,22	14,33	8,13	80,07	0,91	1	0
	Orman	61	1,098	0,043	7,47	5,94	4,32	63	0,83	1	0
Kemaliye	Sebze tarlası	56	1	0,052	7,38	10,32	9,86	170,41	0,46	1	0
	Meyve bahçesi	61	0,901	0,035	7,55	12,8	4,15	57,7	0,84	1	1
	Tarla (arpa –buğday)	60	1	0,04	7,48	12,51	4,08	68,49	1,19	1	0
	Çayır ve mera	61	1,058	0,041	7,43	9,74	4,1	80,07	1,23	1	0
	Orman	75	1	0,063	7,21	6,31	5,61	119,56	2,92	1	0
Refahiye	Sebze tarlası	61	0,642	0,025	7,02	5,51	12,62	89,27	2,63	1	0
	Meyve bahçesi	63	2	0,08	6,85	1,35	17,02	89,27	3,49	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	61	0,701	0,027	6,69	0,91	7,22	55,13	1,79	1	1
	Çayır ve mera	60	1	0,038	7,58	21,26	12,77	126,84	0,6	1	0
	Orman	55	0,566	0,02	6,85	1,5	8,33	77,1	2,77	1	0
Mercan	Sebze tarlası	66	1	0,036	7,51	24,84	14,42	138,13	1,41	1	1
	Meyve bahçesi	61	0,876	0,034	7,51	20,6	12,2	92,44	1,27	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	59	1	0,033	7,51	8,79	13,04	116	1,84	1	0
	Çayır ve mera	57	0,744	0,027	7,56	7,84	8,42	83,08	1,67	1	0
	Orman	58	1	0,027	7,55	4,12	8,64	47,71	1,28	1	0

Tercan	Sebze tarlası	56	0,947	0,034	7,39	38	5,57	71,31	0,64	1	0
	Meyve bahçesi	54	1	0,024	7,43	38,73	1,63	63	0,91	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	53	1,065	0,036	7,36	35,92	5	50,13	0,55	1	1
	Çayır ve mera	55	1	0,029	7,4	35,37	7,62	43,01	1,05	1	0
	Orman	55	0,938	0,033	7,46	28,99	3,53	63	0,78	1	0
Çayırli	Sebze tarlası	55	1	0,022	7,61	3,68	9,98	50,13	1,24	1	0
	Meyve bahçesi	66	1,041	0,044	7,61	11,85	8,21	86,15	1,08	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	68	1	0,032	7,71	13,68	7,65	71,31	1	1	1
	Çayır ve mera	60	0,735	0,028	7,61	11,85	11,67	92,44	1,22	1	0
	Orman	56	1	0,03	7,51	10,69	10,06	52,61	1,5	1	0
Otluk Beli	Sebze tarlası	61	0,921	0,036	7,65	12,87	9,56	63	0,91	1	0
	Meyve bahçesi	60	1	0,025	7,46	13,24	12,22	52,61	0,76	1	0
	Tarla (arpa –buğday)	57	0,568	0,021	7,56	17,69	7,68	68,49	1,76	1	1
	Çayır ve mera	77	1	0,063	7,23	23,6	23,76	138,13	2,22	1	0
	Orman	61	0,817	0,032	7,56	17,69	9,45	83,08	0,95	1	0

3.2. Ki Kare Testi

Araştırma alanında habitat ve sub-habitat alanlarının epf oluşumuna ve dağılımına etkilerini incelemek ve arasındaki ilişkiyi belirlemek için Ki kare testi yapılmıştır. Buna göre; *B. bassiana*'nın bulunmasına ve dağılımına etkili olan toprak faktörlerinin Ki kare testi analizleri sonuçları Tablo-2 de görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda habitat ile *B.*

bassiana'nın bulunması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($\chi^2=,000$, $p>.005$). Doğal alanlar ve ekili alanlar *bassiana*'nın bulunması üzerinde bir etkisi olmadığı söylenebilir. Sub-habitat ile *B. bassiana*'nın bulunması arasındaki ilişki incelendiğinde ise yine istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($\chi^2=11,206$, $p>.005$).

Tablo 2. *B. bassiana*'nın bulunmasına ve dağılımına etkili olan toprak faktörleri (Ki kare testi)

Toprak lokaliteleri	Lokalite adaları	<i>Bauvaria bassiana</i>		Total	χ^2	Sd	p
		Var	Yok				
loklaiteiler	Merkez	6	0	6	60,000 ^a	9	0,000
	Üzümlü	6	0	6			
	Kemah	6	0	6			
	Ilıç	0	6	6			
	Kemaliye	0	6	6			
	Refahiye	0	6	6			
	Tercan	0	6	6			
	Otlukbeli	0	6	6			
	Çayırli	0	6	6			
	Mercan	0	6	6			
Habitat	Ekili alanlar	9	21	30	0,000 ^a	1	1,000
	Doğal alanlar	9	21	30			
Sub-habitat	Tarla alanları	5	19	24	11,206 ^a	6	0,082
	Sebze tarlaları	3	1	4			
	Meyve bahçeleri	1	0	1			
	Çayır	8	18	26			
	Mera	1	0	1			
	Orman	0	3	3			

M. anisoplia'nın bulunmasına ve dağılımına etkili olan toprak faktörlerinin Ki kare testi analizleri sonuçları Tablo-3 de görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda habitat ile *M. anisoplia*'nın bulunması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($\chi^2=7,680$, $p<.005$). Ekili alanların *M. anisoplia*'nın bulunması üzerinde etkisi olduğu

söylenebilir. Sub-habitat ile *M. anisoplia*'nın bulunması arasındaki ilişki incelendiğinde ise yine istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($\chi^2=19,177$, $p<.05$). Tarla alanların *M. anisoplia*'nın bulunması üzerinde etkisi olduğu söylenebilir (Tablo 3).

Tablo 3 . *M. anisoplia*'nın bulunmasına ve dağılımına etkili olan toprak faktörleri (Ki kare testi)

Toprak lokaliteleri	Lokalite adaları	<i>Metarhizium anisoplia</i>		Total	x ²	Sd	P
		Var	Yok				
Ioklaiteler	Merkez	3	3	6	28,800 ^a	9	,001
	Üzümlü	3	3	6			
	Kemah	4	2	6			
	Iliç	0	6	6			
	Kemaliye	0	6	6			
	Refahiye	0	6	6			
	Tercan	0	6	6			
	Otlukbeli	0	6	6			
	Çayırli	0	6	6			
	Mercan	0	6	6			
Habitat	Ekili alanlar	9	21	30	7,680 ^a	1	,006
	Doğal alanlar	1	29	30			
Sub-habitat	Tarla alanları	5	19	24	19,177 ^a	6	,004
	Sebze tarlaları	3	1	4			
	Meyve bahçeleri	1	0	1			
	Çayır	1	25	26			
	Mera	0	1	1			
	Orman	0	3	3			

3.3. T-testi

Araştırma alanından toplanan toprakların analizi yapılmış ve toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin epf oluşumu ve dağılımı üzerindeki etkilerini karşılaştırmak amacıyla t-testi yapılmıştır. Buna göre, *Beauveria bassiana*'nın bulunduğu toprakların özellikleri ile olan ilişkisi tablo 4 de verilmiş olup, t testinden elde edilen analiz sonuçlarına göre, pH'nın ($t = ,426, p > .05$) ve Potasyum miktarının ($t = -1,420, p > .05$), *B. bassiana*'nın bulunması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir

fark olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda pH'nın ve Potasyum miktarının *B. bassiana*'nın varlığı üzerinde etkisi olmadığı söylenebilir. Organik madde miktarı ($t = 3,454, p < .05$), toprak saturasyonu ($t = 7,973, p < .05$), toprak tekstürü ($t = 8,070, p < .05$) ve fosfor miktarı ($t = -3,684, p < .05$) ile *B. bassiana*'nın bulunması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda organik madde miktarı, toprak saturasyonu, toprak tekstürü ve fosfor miktarının *bassiana*'nın bulunması üzerinde etkisi olduğu söylenebilir.

Tablo4. *B. bassiana*'nın bulunduğu toprakların özelliklerine göre t-testi sonuçları

Toprak analizleri	Grup	n	M	SD	df	t	P
pH	1-var	18	7,5617	0,37392	58	,426	,672
	2-yok	42	7,5183	0,35582			
Organik madde	1-var	18	1,2067	0,28293	58	3,454	,001
	2-yok	42	0,9131	0,30911			
Toprak saturasyonu	1-var	18	63,7222	4,50889	58	7,973	,000
	2-yok	42	53,3810	4,64313			
Toprak tekstürü	1-var	18	63,0556	4,07968	58	8,070	,001
	2-yok	42	51,4048	5,49971			
Fosfor	1-var	18	5,0139	,34532	58	-3,684	,001
	2-yok	42	6,3781	1,54763			
Potasyum	1-var	18	54,8889	6,05746	58	-1,420	,161
	2-yok	42	57,3810	6,29732			

M. anisopliae'nin bulunduğu toprakların özellikleri ile olan ilişkisi tablo 5 de verilmiş olup, t testinden elde edilen analiz sonuçlarına göre, pH'nın ($t = ,426, p > .05$), Organik madde miktarının ($t = 1,826, p > .05$), fosfor miktarının ($t = -1,951, p > .05$) ve potasyum miktarının ($t = ,255, p > .05$), *M.*

anisopliae'nin bulunması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda pH'nın, organik madde miktarının, fosfor miktarının ve Potasyum miktarının *M. anisopliae*'nin varlığı üzerinde etkisi olmadığı söylenebilir. Toprak saturasyonu ($t = 6,387, p < .05$)

ve toprak tekstürü ($t = 6,137$, $p < .05$) ile *M. anisoplia*'nın bulunması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda toprak

saturasyonunun ve toprak tekstürünün *M. anisopliae*'nin bulunması üzerinde etkisi olduğu söylenebilir.

Table 5. *M. anisoplia* bulunduğu toprakların özelliklerine göre t-testi sonuçları

Toprak analizleri	Grup	n	M	SD	df	t	p
pH	1-var	10	7,5010	,40829	58	-,291	,772
	2-yok	50	7,5374	,35225			
Organik madde	1-var	10	1,1710	,23993	58	1,826	,073
	2-yok	50	,9672	,33503			
Toprak saturasyonu	1-var	10	65,9000	4,58136	58	6,387	,000
	2-yok	50	54,6000	5,19812			
Toprak tekstürü	1-var	10	65,2000	3,01109	58	6,137	,000
	2-yok	50	52,8400	6,19203			
Fosfor	1-var	10	5,1720	,37523	58	-1,951	,056
	2-yok	50	6,1282	1,53058			
Potasyum	1-var	10	57,1000	5,36346	58	,255	,776
	2-yok	,158	,158	,158			

4.Sonuç

Bu çalışmanın sonucunda tarımsal zararlıların mücadelesinde epf kullanımı ve çevresel faktörlerden toprak faktörünün etkileri ile ilgili beş ana çıktı belirlenmiştir.

İlk olarak, iki önemli entomopatojenik fungus, *B. bassiana* ve *M.anisopliae*, Erzincan'daki doğal ve ekili topraklardan izole edilebilir. Erzincan toprakları asidik forma yakın olup, pH'nın 6.69-7.77 arasında olduğu görülmektedir (Tablo 1). Asidik ortamlarda fungus yoğunluğu daha fazla olduğu görülmüş ve buda, Forth'un 1984'de bildirdiği gibi fungusların asidik ortamlara bazik ortamlardan daha toleranslı sonucuyla örtüşmektedir. Kireçli topraklar kil, kum ve kireç ihtiva ederler ve kil entomopatojen fungusların toprakta varlığını ve sayısını artırdığı, *B. bassiana* gibi küçük konidialara sahip fungusların toprakta çok sayıda bulunmasını sağladığı bildirilmektedir (Studdert ve ark., 1990, Quesada-Moraga ve ark. 2007). Erzincan topraklarında kireç oranı 1.53-38.73 arasında değişmekte ve buda hem *B. bassiana* hemde *M. anisopliae* gibi fungusların oluşumuna katkı sağladığı düşünülmektedir. Organik madde miktarı ile epf arasında pozitif korelasyon olduğu bildirilmekte, yüksek organik madde miktarı fungus konidialarının adsorbsiyon yeteneklerini artırdığı, katyondeğişimlerini kuvvetlendirdiği, artropod popülasyonunun artmasına ve epf için uygun konukçu bulunmasını sağladığı belirtilmektedir (Mietkiewski ve ark., 1997, Kessler ve ark., 2003, Quesada-Moraga ve ark. 2007). Erzincan topraklarında organik madde miktarı %0.25-%3.62 arasında değişmekte ve organik madde miktarı yüksek olması hem *B. bassiana* hemde *M. anisopliae*'nin bulunmasında etkili olduğu kanti oluşmuştur.

İkincisi, *B. bassiana* hem doğal hem de ekili topraklarda yaşam sürdürebilen ve hayatta kalabilen bir fungus türü olduğu görülmüş, oysa *M. anisopliae* ise ekili toprak alanlarında yaşamını sürdürme yeteneğinde olduğu tespit edilmiştir. Aynı sonuçlar Avrupa'da birçok ülkede (Mietkiewski ve ark., 1991, Klinge ve ark., 2002), Amerika'da (Bidochka ve ark., 1998) ve Çin'de (Sun ve ark., 2008) rapor edilmiştir.

Üçüncü olarak ise yapmış olduğumuz Ki kare testi sonucunda, topraklarda epf oluşumu ve dağılımı hem fungus türünden hemde habitat türünden güçlü şekilde etkilendiği görülmüştür.

Dördüncüsü, ise yapılan istatistiksel testler sonucunda her iki fungus türünün oluşumunun ve dağılımının toprak faktörlerinden, potasyum ve toprak saturasyonu ile yakından ilişkili olduğu görülmüştür.

Beşincisi ise, tarımsal zararlıların mikrobiyal mücadelesi ile ilgili karar verilirken uygulama yapılacak tarımsal alanın toprak özelliklerinin epf için uygun olup olmadığını belirledikten sonra işe konulması gerektiğidir. Biyolojik mücadele süreklilik arz eden uzun süreli ve biyolojik mücadele etmenlerinin hayatta kalabilmesi uygun toprak varlığında söz konusudur. Sade bu değil aynı zamanda uygulama yapılacak toprak özelliklerine göre en uygun biyolojik mücadele etmeni seçilmesi için de yararlı bilgiler vermektedir.

Entomopatojen fungusların hayatta kalabilmeleri, bir habitatta yerleşmeleri, dağılımları üzerine etki eden coğrafi faktörler, iklim faktörleri gibi birçok çevresel faktör vardır. Bu çevresel faktörlerin anlaşılması, biyolojik mücadele etmenlerinin tarımsal zararlıların mücadelesinde daha etkin kullanılması için bilmediğimiz birçok faydalı bilginin gün ışığına çıkmasına ve

uygulamaya konulmasına katkı sağlar. Yapılan bu çalışmada, epf oluşumu ve dağılımı ve hayatta kalabilmeleri için toprak faktörlerinin onların üzerine etkilerini belirlemeye ve ileride bu konuda yapılacak araştırmalar için bir model oluşturmaya çalıştık. Türkiye ekolojik özellikleri bakımından oldukça çeşitlilik gösteren ve bu farklı özelliklerden ötürü de zengin bir biyoçeşitliliğe sahip bir ülkedir. Tarımsal zararlılarla yapılacak mikrobiyal mücadelede başarı olmak için farklı ekolojik koşullara uyum sağlayan entomopatojen mikroorganizma türleri belirlenmeli ve biyolojik mücadele programları bu bilgiler ışığında hazırlanmalıdır.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, BAP (FEN-A-300614-0104) tarafından desteklenmiş, Toprak analizleri, Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak- Gübre ve Su Kaynakları Merkezi Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Ankara) tarafından yapılmıştır.

Kaynakça

- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, 19–31.
- Anonim, 2006. Erzincan Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Erzincan İl Çevre Durum Raporu.
- Anonim, 2008. Erzincan Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Erzincan İl Çevre Durum Raporu.
- Anonim, 2010. Erzincan İli Uzun Yıllar Meteoroloji Verileri. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. (1987) *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Macmillan Publishing. 4th Edition. 218 pp, New York: McMillan.
- Bidochka MJ, Kasperski JE, Wild GAM, 1998. Occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in soils from temperate and near-northern habitats. *Canadian Journal of Botany* 76: 1198–1204
- Dutky SR, Thompson JV, Cantwell GE (1964) A technique for the mass propagation of the DD-1 36 nematode. *J Insect Pathol* 6:417–422.
- Ekesi, S. Shah, P.A. Clark, S.J. Pell, J.K. (2005). Conservation biological control with the fungal pathogen *Pandora neoaphidis*: implications of aphid species, host plant and predator foraging. *Agr. For. Entomol.*, 7 pp. 21-30.
- Foth, HD . (1984). *Toprak Biliminin Temelleri* John Wiley & Sons, Londra.
- Fuxa, J.R. 1998. Environmental manipulation for microbial control of insects P. Barbosa (Ed.), *Conservation Biological Control*, Academic Press, San Diego, pp. 255-268.
- Gurr, G. M., Wratten, S. D., and Luna, J. M. (2003). Multi-function agricultural biodiversity: Pest management and other benefits. *Basic Appl. Ecol.* 4, 107–116.
- Humber, R. A. (1997). *Entomopathogenic Fungal Identification*. In: “Manual of Techniques in Insect Pathology.” (L.A. Lacey, ed), San Diego, 153-185
- Kessler P, Matzke H, Keller S, 2003. The effect of application time and soil factors on the occurrence of *Beauveria brongniartii* applied as a biological control agent in soil. *Journal of Invertebrate Pathology* 84: 15–23.
- Klingen I, Eilenberg J, Meadow R, 2002. Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agriculture Ecosystems & Environment* 91: 191–198
- Lacey, L.A. Frutos, R. Kaya, H.K. Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biol. Control*, 21 pp. 230-248.
- Mietkiewski R, Zurek M, Tkaczuk C, Balazy S, (1991). Occurrence of entomopathogenic fungi in arable soil, forest soil and litter. *Roczniki Nauk Rolniczych, seria E* 21: 61–68.
- Mietkiewski R, Pell JK, Clark SJ, (1997). Influence of pesticide use on the natural occurrence of entomopathogenic fungi in arable soils in the UK: field and laboratory comparisons. *Biocontrol Science and Technology* 7: 565–575.
- Öncüer, C., (1995). *Tarımsal zararlılarla savaş yöntemleri ve ilaçlar*. Ege Üniversitesi basım evi. Bornova, İzmir.
- Quesada-Moraga, E., Navas-Cortés, J.A., Maranhao, E.A.A., Ortiz-Urquiza, A., Santiago-Álvarez, C., (2007). Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and cultivated soils. *Mycological Research* 111, 947–966.
- Rehner S.A. (2005). Phylogenetics of the insect pathogenic genus *Beauveria* F.E. Vega, M. Blackwell (Eds.), *Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution*, Oxford University Press, pp. 3-27
- Roberts, D.W. Leger, R.J. St (2004). *Metarhizium* spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: Mycological aspects. *Adv. Appl. Microbiol.*, 54, pp. 1-70.
- Shah, P.A. Pell, J.K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Appl. Microbiol. Biotech.* 61 pp. 413-423.
- Stuart, R.J. Barbercheck, M.E. Grewal, P.S. Taylor, R.A.J. Ho y C.W. (2006). Population biology of entomopathogenic nematodes: concepts, issues, and models. *Biol. Control*, 38, pp. 80-102
- Studdert, J.P. Kaya, H.K. Duniway J.M., (1990). Effect of water potential, temperature, and clay coating on survival of *Beauveria bassiana* conidia in loam and peat soil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 55, pp. 417-427.
- Sun, B., Liu, X., (2008). Occurrence and diversity of insect-associated fungi in natural soils in China. *Applied Soil Ecology* 39, 100–108
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., and Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity—Ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8, 857–874.
- Zimmermann G. (1986). The ‘Galleria bait method’ for detection of entomopathogenic fungi in soil. *J. Appl. Ent.* 102, 213–215.