

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

**TOPRAĞA ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS UYGULAMASININ
Leptinotarsa decemlineata Say.(COLEOPTERA:CHRYSOMELIDAE) 'NİN
GELİŞMESİ VE ÜREMESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Necmettin YÖRDEM
DANIŞMAN: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN

VAN-2019

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANA BİLİM DALI

**TOPRAĞA ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS UYGULAMASININ
Leptinotarsa decemlineata Say. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) 'NİN
GELİŞMESİ VE ÜREMESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Necmettin YÖRDEM

VAN-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Prof. Remzi ATLIHAN danışmanlığında Necmettin YÖRDEM tarafından sunulan "Toprağa Arbusküler Mikorhizal Fungus Uygulamasının *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera:Chrysomelidae)'nın Gelişmesi ve Üremesi Üzerine Etkisi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince/...../2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN

İmza:

Üye:

İmza:

Üye:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../2019 tarih ve Sayılı karar ile onaylanmıştır.

İmza
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilgilerin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Necmettin YÖRDEM



ÖZET

TOPRAĞA ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS UYGULAMASININ *Leptinotarsa decemlineata* Say.(COLEOPTERA:CHRYSOMELİDAE)'NİN GELİŞMESİ VE ÜREMESİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÖRDEM, Necmettin
Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN
Eylül 2019, 37 sayfa

Leptinotarsa decemlineata patatesin en önemli zararlılarından biridir. Kimyasal ilaçlara dayanıklılık geliştirebilme yeteneği nedeniyle bu ilaçların zararlıyla mücadelede uzun süreli (sürdürülebilir) bir çözüm sağlayamadığı ve alternatif yaklaşımlara gereksinim duyulduğu açıktır. Simbiyotik arbusküler mikorhizal funguslar (AMF) topraktaki mikrobiyal biota içinde bitkilerin gelişimini ve mineral alımını etkileyen anahtar mikrobiyal etmenlerdir. Bitkilerin daha iyi bir kök sistemi oluşturmalarına, düşük konsantrasyondaki mobil iyonların alımına, topraktaki besin döngüsünün iyileşmesine, bitkilerin abiyotik ve biyotik stres faktörlerine toleranslarını arttırmalarına ve toprak strüktürü kalitesinin artmasına yol açtığı bilinmektedir. Bu özellikleriyle AMF uygulamasının ekolojik yada organik üretim sistemlerinde bitkilerin optimal mineral dengeye ulaşmalarına katkı sağlayabileceği, böylece bitkilerin daha iyi gelişmesine ve herbivor böceklere toleransının ve direncinin artmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma ile AMF uygulamasının patates bitkisinin *L. decemlineata*'ya toleransını ve direncini arttırmada etkili olup olmayacağını belirlemek amaçlanmıştır. Çalışma $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $\%60\pm 10$ orantılı nem ve 16 saat aydınlatma koşullarına sahip iklim odasında yürütülmüş, *Rhizophagus irregularis* ve *Funelliformis mosseae* AMF izolatları, kimyasal gübre ve kontrol uygulamasına tabi tutulmuş Vangogh patates çeşidi üzerinde *L. decemlineata*'nın gelişme ve üremesi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda AMF uygulamasının zararlının gelişme ve üremesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Elde edilen verilerden yaşa bağlı iki eşeyli yaşam çizelgesi analizi ile yaşam çizelgesi parametreleri oluşturulmuştur. AMF uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen net üreme gücü (R_0), kalıtsal üreme yeteneği (r) ve artış sınırı (λ) değerleri kimyasal gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden daha düşük bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF), *Leptinotarsa decemlineata*, Optimal mineral denge, Gelişme, Üreme



ABSTRACT

THE EFFECTS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON DEVELOPMENT AND REPRODUCTION OF *Leptinotarsa Decemlineata* Say. (COLEOPTERA:CHRYSOMELIDAE)

YÖRDEM, Necmettin
M. Sc. Thesis, Plant Protection
Supervisor: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN
September 2019, 37 pages

Leptinotarsa decemlineata, is one of the most destructive and devastating insect pest of potato and, is notorious for its ability to develop resistance to a wide variety of chemicals. Chemical control has not provided long-term solution to the problems created by CPB until now, and alternative approaches are inevitable. Soil microorganisms are an important factor in soil fertility and the health of plants. Symbiotic *Arbuscular Mycorrhizal* fungi (AMF) form a key component of the microbial populations influencing plant growth and uptake of nutrient. By improving rooting and plant establishment, enhancing uptake of low mobile ions, improving nutrient cycling, enhancing plant tolerance to biotic and abiotic stress factors and enhancing quality of soil structure, AMF may be a useful tool to achieve an optimal nutrient balance that results in both good plant growth and resistance to herbivory in ecologically sound crop management systems. The overall objective of this research is to determine if *Arbuscular Mycorrhizal* fungi (*Rhizophagus irregularis* and *Funelliformis mosseae*) increases potato tolerance to *Leptinotarsa decemlineata*. Study was carried out at $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ RH, and a photoperiod of 14:10 (L:D) h in climate room. Development and reproduction *L. decemlineata* were investigated on potato plants of cultivar Vangogh treated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and synthetic fertilizer, and untreated plants of the same cultivars. Results showed that, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) affected development and reproduction the pest. The life history raw data were analyzed using the age-stage, two-sex life table. The net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r) and finite rate of increase (λ) valuse obtained on pants treated with AMF were lower than thats of plants treated with synthetic fertilizer.

Keywords: Symbiotic Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), *Leptinotarsa decemlineata*, Optimal Nutrient Balance, Development, Reproduction



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Remzi ATLIHAN'a teşekkür ederim. Proje süresi boyunca desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Semra DEMİR'e ayrıca projenin hayata geçmesinde finansal desteği nedeniyle TÜBİTAK-TOVAG Araştırma grubu olmak üzere emeği geçen tüm kurum ve kişilere katkılarından dolayı teşekkür ederim.

2019

Necmettin YÖRDEM



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZE	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	7
3.1. Materyal.....	7
3.2. Yöntem	7
3.2.1. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesinin belirlenmesi	8
3.2.1.1. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süreleri ve ölüm oranlarının belirlenmesi.....	8
3.2.1.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın üreme, preovipozisyon, ovipozisyon ve postovipozisyon süreleri ile dişi ömrünün belirlenmesi	9
3.2.1.3. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşam çizelgelerinin oluşturulması ve parametrelerinin hesaplanması	10
3.2.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisinin mineral içeriği ile <i>L. decemlinea</i> 'tanın gelişme ve üremesi arasındaki etkileşimin belirlenmesi	11
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	13
4.1. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerindeki <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesi.....	13

Sayfa

4.1.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerindeki <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın üremesi, preovipozisyon, ovipozisyon ve postovipozisyon süreleri ile dişi ve erkek ömrü.....	14
4.1.3. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerindeki <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşam çizelgesi parametreleri	15
4.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisinin mineral içeriği ile <i>L. decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesi arasındaki etkileşim	26
5. SONUÇ.....	29
KAYNAKLAR.....	31
ÖZ GEÇMİŞ.....	33



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın ergin öncesi gelişme süreleri (gün) ve ölüm oranları (%).....	14
Çizelge 4.2. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decelimeata</i> 'nın üremesi, ovipozisyon süresi, bıraktığı yumurta sayısı ile dişi ve erkek ömür süreleri (gün)	15
Çizelge 4.3. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decelimeata</i> 'nın yaşam çizelgesi parametreleri	16
Çizelge 4.4. Arbusküler mikorhizal fungus, kimyasal gübre ve kontrol uygulamalarına tabi tutulmuş Vangogh patates çeşidinin yapraklarının mineral konsantrasyonu (Ortalama + S.H., ppm).....	26
Çizelge 4.5. Arbusküler mikorhizal fungus, kimyasal gübre ve kontrol uygulamalarına tabi tutulmuş Vangogh patates çeşidinin yapraklarındaki mineral konsantrasyonunun <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesine etkisine ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları.....	27

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. AMF uygulanan bitkilerin kök kısmından besin elementleri ve hiflerden su dönüşümü (Anonim, 2018).....	5
Şekil 2.2. AMF'nin kök gelişimine etkisi (Anonim, 2017).....	6
Şekil 3.1. <i>L. decemlineata</i> 'nın pupa olmak için toprak altına inen son dönem larvaları.	8
Şekil 3.2. <i>L. decemlineata</i> 'nın pupadan yeni çıkan ergin bireyleri.	8
Şekil 3.3. AM uygulamasının <i>L. decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesi üzerinde etkilerinin incelendiği, şifon kafesle örtülmüş saksılı bitkiler	9
Şekil 4.1. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaş ve döneme özgü canlılık oranı (s_{xj}).....	17
Şekil 4.2. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), yaşa bağlı doğurganlık (m_x) ve yaşa özgü maternite ($l_x m_x$) değerleri (Çg: Çiftlik gübresi, <i>Ri: Rhizophagus irregularis</i> , <i>Fm: Funelliformis mosseae</i>).....	19
Şekil 4.3. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi (e_{xj}).....	21
Şekil 4.4. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaş ve döneme bağlı üreme değeri (v_{xj}).....	22
Şekil 4.5. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın popülasyon projeksiyon sonuçları	24
Şekil 4.6. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın popülasyon artışıdaki değişimler (güven aralığı).....	25



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<u>Simgeler</u>	<u>Acıklama</u>
$^{\circ}\text{C}$:	Santigrat Derece
j :	Dönem
r :	Kalıtısal üreme yeteneği (gün^{-1}),
λ :	Artış oranı sınırı ($\lambda = e^r$) (gün^{-1})
R_0 :	Net üreme gücü (yumurta/dişi) (birey)
T :	Ortalama döl süresi ($T_0 = \ln(R_0)/r$) (gün)
s_{xj} :	Yaş ve döneme bağlı canlılık oranı
l_x :	Yaşa bağlı canlılık oranı
m_x :	Yaşa bağlı doğurganlık oranı (yumurta/dişi)
$l_x m_x$:	Yaşa özgü Maternity
e_{xj} :	Yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi
v_{xj} :	Yaş ve döneme bağlı üreme değeri

1. GİRİŞ

Dünya bitkisi olan patates (*Solanum tuberosum* L.) Avrupa'ya ilk defa süs bitkisi olarak Güney Amerika'nın Alp Dağlarından gelmiştir. Patates üretiminde Çin, Hindistan, ABD ve Rusya'nın önemli ülkeler arasında yer aldığı bilinmektedir. Dünya ülkelerinin %79'unda patates yetiştirilmekte olup, buğday, mısır ve pirinçten sonra 4. sırada yer almaktadır. Tek yıllık bir bitki olan patates ülkemizde de hemen hemen her yerde küçük veya büyük ölçekli olarak yetiştirilmektedir. Türkiye de 2018 yılındaki verilere göre 4,55 milyon ton patates üretilmiştir (Anonim, 2018). Diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi patatesten de verim ve kaliteyi etkileyen çeşitli etmenler bulunmakta olup, bunlar içinde zararlılar önemli yer tutmaktadır. Patatesin en önemli zararlısı *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) olarak bilinmektedir. Anavatanı Güneybatı Amerika ve Meksika olan *L. decemlineata* kültür ve yabani *Solanaceae* bitkileriyle beslenerek yaşamını sürdürmektedir (Anonim, 2017b). Mücadele yapılmadığı zaman bitkinin toprak üstü aksamının tamamını tüketerek hiç verim alınamamasına sebebiyet verebilmektedir (Hare, 1990). Zararlıyı kontrol etmek için son 135 yılda geliştirilmiş tekniklerin hiç biri uzun süreli bir çözüm sağlayamamıştır (Casagrande, 1987). Üreme gücü ve ilaçlara dayanıklılık geliştirme yeteneğinin son derece yüksek olması, zararlıyla mücadeleyi oldukça güçleştirmektedir (Weber ve Ferro, 1994). *L. decemlineata*'yı kontrol etmek için ilaçlı mücadelenin neredeyse uygulanan tek yöntem olduğu bilinmektedir. Ancak zararlının ilaçlara dayanıklılık geliştirebilme yeteneğinin son derece yüksek olmasının önemli bir sorun olduğu ve bu dayanıklılık yeteneğinin muhtemelen konukçuları olan *Solanaceae* familyası bitkilerinin yapraklarında yüksek oranda bulunan glycoalkaloidler gibi toksinlerden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Ferro, 1993). Zararlının kimyasal ilaçlara dayanıklılığına ilişkin ilk kayıt 1952 yılına aittir (Quinton, 1955). Daha sonra sekiz farklı kimyasal sınıftan 40'in üzerinde farklı bileşiğe dayanıklılık kazandığı belirtilmektedir (Hofmaster ve ark., 1967; Forgash, 1985; Boiteau, 1988; Ioannidis ve ark., 1991; Stewart ve ark., 1997; Noronha ve ark. 2001; Stankovic ve ark., 2004). Hatta bazı yıllarda insektisitler etkinliklerini kullandıkları yıl içinde yitirdikleri (Forgash, 1985) ve zararlının ilaçlara çoğunlukla multiple dayanıklılık geliştirdiği belirtilmektedir (Ioannidis ve ark., 1991). Böylece kimyasal ilaç kullanımı ile zararlıyla mücadelede uzun süreli bir çözüm elde edilemediği ve alternatif yaklaşımlara gereksinim duyulduğu ortaya çıkmıştır (Alyokhin ve

ark., 2005). Bu bağlamda, zararlılara karşı bitki gelişimini ve direncini arttırmak ve biyolojik mücadele anahtar stratejiler olarak görülmektedir (Biere ve Bennett 2013). Toprak kökenli çeşitli yararlı mikroorganizmaların toprak verimliliği ve bitki sağlığı üzerine önemli etkileri bulunmakta olup (McGuiness 1993) bunlardan simbiyotik arbusküler mikorhizal funguslar bitkilerin mineral alımı, gelişmesi ve direnci gibi çeşitli yönlerden bitki fizyolojisini etkileyen anahtar mikrobiyal etmenlerdir (Gianninazzi ve Schüepp 1994).

Mikorhiza üzerine araştırmalar, bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından, özellikle endomikorizal yaşam şekilleri içinde yer alan Arbusküler Mikoriza oluşumuna odaklanmıştır. (Demir,1998). Ayrıca, mikorizal funguslar, kök yenilenmesini teşvik eder, bitki büyümesini hızlandırır ve kimyasal gübre kullanımını azaltır (Kara ve Tilki, 2001). Günümüze kadar yapılan sayısız araştırma, bitki besin elementlerinin bitki köklerinin yanı sıra AM fungusları tarafından da alındığını ortaya koymuştur. AM fungusları, konukçuları olan bitkiler ile simbiyotik ilişkiye geçtiklerinde bitkinin su ve bazı mineral besin maddelerinin alınımına doğrudan katkıda bulunmaktadır (Demir, 1998). AMF'lerin P ve diğer besin maddelerinin alınımını artırması durumunda bitkiler daha iyi beslenmekte ve patojenlere karşı daha dayanıklı olmaktadır (Davis 1980; Graham and Menge, 1982). Bu çalışmada mikorhizal fungusların patates bitkisinin mineral düzeylerine ve buna bağlı olarak *L. decemlineata*'nın gelişme, üreme ve canlılık oranı üzerine etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Son yıllarda organik üretim sistemlerinde zararlı populasyonlarının daha düşük olduğuna ilişkin çok sayıda sonuç elde edilmiştir (Phelan ve ark., 1996; Beanland ve ark., 2003; Arancon ve ark., 2004; Alyokhin ve Atlıhan, 2005; Alyokhin ve ark., 2005). Zararlılar için uygun olmayan koşullar oluşturması organik üretim sistemlerinin en önemli artlarından biri olarak gösterilmektedir (Oelhaf, 1978; Beanland ve ark., 2003). Organik tarım sistemlerinde toprak verimliliğini arttırmak için kullanılan yöntemler toprağın fiziksel, kimyasal ve en önemlisi biyolojik özelliklerinin optimal olmasına önemli ölçüde katkı sağlamakta, bu da o topraklarda yetişen bitkilerin hastalık ve zararlılara daha dirençli olmasına olanak sunmaktadır (Altieri ve Nicholls, 2003). Bu üretim sistemlerinin zararlılar için uygun olmayan koşullar yarattığı (Eigenbrode ve Pimentel, 1988; Phelan ve ark., 1995, 1996), aynı zararlının organik olarak gübrelenmiş topraklarda yetiştirilen bitkilerdeki populasyonunun sentetik olarak gübrelenmiş topraklarda yetişmiş olanlara göre daha düşük olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Culliney ve Pimentel, 1986; Blumberg ve ark., 1997; Eigenbrode ve Pimentel, 1998; Arancon ve ark., 2004). Organik üretim sistemlerinde zararlı yoğunluklarındaki azalma Phelan ve ark. (1996) ve Phelan (1997) tarafından mineral denge hipotezi ile açıklanmaktadır. Bu hipoteze göre organik üretim sistemlerinde toprakta organik madde akışının sürekliliği toprak komunitası için temel kaynak sağlamaktadır. Organik madde ve toprak komunitası interaksyonu ise topraktaki değişimlerin ve bu değişimlerin bitki üzerinde etkisinin azalmasına yol açmaktadır. Böylece nem, enerji ve besin akışındaki dalgalanmaların azalmasıyla mikrobiyal populasyon düzeylerinin stabilitesine katkıda bulunulduğu ve bu topraklarda yetişen bitkilerin mineral düzeylerinin optimal seviyeye ulaşarak zararlılara direnç ve toleransının arttığı ileri sürülmektedir (Phelan, 1997). Çeşitli araştırmalarda bu hipotezi destekleyen bulgular elde edilmiş ve bu araştırmalar sonucunda organik girdi kullanılmış topraklarda organik madde ile birlikte mikrobiyal aktivitenin toprağa bir tamponlama yeteneği kazandırdığı, bunun da bitkilerin besin ve mineralleri optimal düzeyde almasını sağlayarak fitofag böceklerin performansını olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Phelan ve ark., 1996; Beanland ve ark., 2003; Alyokhin ve Atlıhan, 2005; Alyokhin ve ark., 2005). Bu biyolojik temelli tamponlama yeteneğine sahip olmayan topraklarda yetişen bitkiler bazı mineralleri gerektiğinden az veya

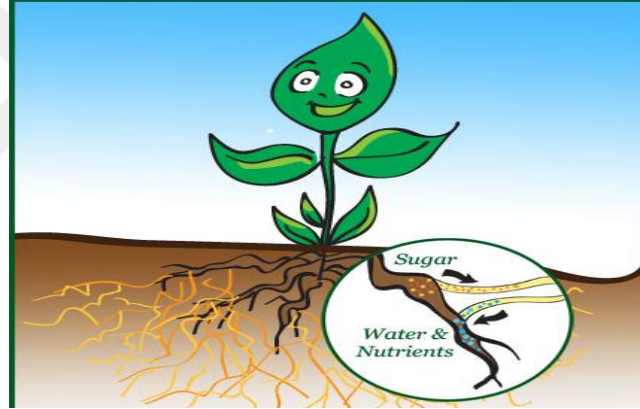
fazla almaktadır. Böylece belirli minerallerin oranındaki dengesizlik bitkilerin hem hızlı gelişmesine hem de zararlılara direnç ve toleransının azalmasına yol açmaktadır (Alyokhin ve ark., 2005). Optimal besin ve mineral denge bitkinin hem iyi gelişmesini hem de herbivorlara daha dirençli olmasını sağlamaktadır. Mineral dengenin optimal olması durumunda bitkinin yapısal komponentlerinin kolayca sentezlendiği, mineral dengenin iyi olmaması durumunda, bitkideki biyokimyasal işlemlerde ve etkinliklerinde azalma görüldüğü, bunun da serbest amino asit, basit şeker ve peptidlerin birikmesine, dolayısıyla arthropod herbivorlar için zengin bir diyet oluşmasına yol açtığı belirtilmektedir (Alyokhin ve ark., 2005).

Organik kökenli insektisitler, sentetik kökenli rakiplerine göre daha az etkili olmalarına rağmen aynı zararlıların organik üretim sistemlerindeki populasyonlarının konvansiyonel üretim yapılan alanlardakinden yüksek olmadığı, aksine düşük bulunduğu, bunda toprağın organik maddeleri ile mikrobiyal biotanın önemli etkisi olduğu vurgulanmaktadır (Feber ve ark., 1997; Gallandt ve ark., 1998; Letourneau and Goldstein, 2001; Delate ve ark., 2003). Toprağın mikosfer zonunda bulunan mikrobiyal kominitenin konvansiyonel tarımda derin toprak işleme, sentetik gübre ve pestisit kullanımından önemli ölçüde zarar gördüğü bu nedenle işlevlerini yerine getiremediği belirtilmektedir (McGonigle ve Miller, 1996). Organik ve konvansiyonel çiftlik tarlalarındaki toprakları karşılaştırdığı çalışmada Phelan ve ark. (1995) *Ostrinia nubilalis*'in organik gübre verilmiş toprakta yetişen mısır bitkisi üzerine daha az sayıda yumurta koyduğunu, bunun da topraktaki organik madde ve mikrobiyal biotadan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Mineral dengesi bozulan bitkilerin primer ve/veya sekonder metabolizmalarının zarar görebildiği, böylece direnç yeteneğinin ve herbivorların zararına karşı toleransının azaldığı belirtilmektedir (Alyokhin ve ark., 2005; Alyokhin ve Atlıhan; 2005). Organik ve konvansiyonel üretim yapılan alanlarda yetişen bitkiler üzerinde herbivorların tepkilerinin ve performanslarının ölçüldüğü deneysel çalışmalar ile herbivor böceklerin performansı üzerine farklı mineral oranlarının etkisini görmek için yapay olarak bitki mineral içeriklerinin manipule edildiği çeşitli çalışmalarda mineral denge hipotezini destekleyen sonuçlar elde edilmiştir (Phelan ve ark. (1996), Busch ve Phelan (1999), ve Beanland ve ark. (2003). Örneğin, laboratuvar ortamında farklı besin içeriklerine sahip hidroponik solüsyonların soya fasulyesi bitkisinin kimyasal kompozisyonunda değişikliklere yol açtığı ve bunun *Pseudopiusia includens* [Walker]), *Epilachna varivestis* Mulsant, *Encarsia gemmatilis* Hubner) ve *Tetranychus*

urticae Koch)'nin gelişmesini etkilediği belirlenmiştir (Busch and Phelan, 1999; Beanland ve ark., 2003).

Topraktaki mikrobiyal biota toprak verimliliği ve bitki sağlığını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bu konudaki araştırmalar bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından özellikle endomikorhizal yaşam şekilleri içinde yer alan Arbusküler Mikorhizal Funguslar (AMF) üzerine yoğunlaşmıştır (Marschner, 1995).

Symbiyotik arbusküler mikorhizal funguslar (AMF) toprakta bitkilerin gelişimini ve mineral alımını etkileyen anahtar mikrobiyal etmenlerdir. AMF bitkilerle ortak yaşama girerek yaşamı için ihtiyacı olan bazı organik maddeleri ve karbonhidratları ortak yaşadığı bitkilerden alırken, bitkinin gelişimi için mutlak gerekli olan besin maddelerini ve suyu mikorhizal hifleri aracılığıyla topraktan alarak bitkiye aktarmaktadır (Hayman, 1983; Kothari ve ark., 1991).



Şekil 2.1.AMF uygulanan bitkilerin kök kısmından besin elementleri ve hiflerden su dönüşümü (Anonim, 2018).

Symbiyotik arbusküler mikorhizal funguslar bitkilerin daha iyi bir kök sistemi oluşturmalarına, düşük konsantrasyondaki mobil iyonların alımına, bitkilerin abiyotik ve biyotik stres faktörlerine toleranslarını artırmalarına, ve toprak strüktürünün kalitesinin artmasına önemli katkıda bulunmaktadır (Linderman, 1994; Azcón-Aguilar ve Barea, 1996). Mikorhiza ile infekte olan bitkiler, daha iyi büyümekte ve yapraklarıyla daha iyi fotosentez yapabilmektedir (Munyanziza ve ark., 1997; Demir, 2004).



Şekil 2.2. AMF'nin kök gelişimine etkisi (Anonim, 2017).

Etkin bir mikorhizal inokulasyonun bitki gelişimine sağladığı doğrudan katkıların yanı sıra; kimyasal gübre kullanımına olan talebi azaltması, patojenlere karşı bitkiyi koruması, kuraklık, tuzluluk ve ağır metal kirliliği gibi bazı biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı bitki direncini artırması, ekim performansını artırarak erken çıkışı sağlaması ve üniform ürün elde edilmesine katkıları nedeniyle de kullanımının ve değerlendirilmesinin gerekliliği ön plana çıkmaktadır (Niemira ve ark., 1995; Azcón-Aguilar ve Barea, 1997). Konu ile ilgili yapılan araştırmalarda patates bitkisinde AMF uygulamasının, topraktan besin elementlerinin alınımını artırması nedeniyle verimliliği ve hastalıklara dayanıklılığı arttırdığı bildirilmiştir (McArthur ve Knowles, 1993). Vosatka ve Gryndler (1999) ise, Arbusküler Mikorhiza ile inokule edilen patates bitkilerinin toplam yumru ağırlığı ve tek yumru ağırlığının önemli ölçüde arttığını ve AMF uygulamasının patates üretiminde potansiyel bir kaynak olarak kullanılabilirliğini bildirmişlerdir. Bu özellikleriyle arbusküler mikorhizal fungusların ekolojik yada organik üretim sistemlerinde patates bitkisinin optimum mineral dengeye ulaşmasına yardımcı olabileceği, böylece *L. decemneata* için daha elverişsiz bir ortam oluşturulabileceği düşünülerek bu çalışma planlanmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırma için bitkisel materyal olarak Vangogh (orta geçci) çeşidi ile *Funelliformis mosseae* ve *Rhizophagus irregularis* arbusküler mikorhizal fungus (AMF) izolatları kullanılmıştır. Bitki besleme amaçlı olarak ise patates bitkisinin yetişmesi için gerekli besin maddelerini sağlayacak kadar yanmış sığır gübresi ve bu organik gübrenin içermiş olduğu besin element miktarına eşdeğerde kimyasal gübreler kullanılmıştır. Denemelerde organik gübre verilmiş topraklarda AMF uygulamasının kimyasal gübre uygulaması ve kontrol ile karşılaştırılması amaçlandığından, AMF uygulanacak saksılar ile kontrol saksılarına yanmış sığır gübresi verilmiştir.

Denemeler için 5 kg'lık saksılar kullanılmıştır. Saksılara konan sığır gübresi miktarı, patates üretimi için önerilen yaklaşık 3 ton/da ahır gübresi hesabı dikkate alınarak belirlenmiş (Anonim, 2010), kimyasal gübre ise 5 kg'lık saksılara uygulanmış olan sığır gübresinin mineral içeriğine sahip miktarda ve Amonyum Sülfat, TSP ve K₂SO₄ formlarında uygulanmıştır. AMF uygulaması yapılacak saksılara gerek tekli gerekse karışım haldeki kök+misel+spor+toprak karışımından oluşan AMF inokulumlarından 5'er gr ilave edilerek patates yumruları dikilmiştir. Tohumluk patates yumrularında dikim işleminden önce yüzey dezenfeksiyonu yapılmıştır. Yumrulardaki dormansiye kırmak ve göz uyanmasını teşvik etmek amacıyla yumrular önce içinde % 0.1 gibberellic asit bulunan su içinde 10 dakika bekletilip daha sonra 15 gün karanlık 15 gün de aydınlık ortama alınmıştır. Bu süre sonunda sürgün oluşumunun tespit edildiği yumruların dikimi yapılmıştır (Demir ve Levent, 2001). Kimyasal gübre uygulanmış bitkiler ile kontrol olarak kullanılan bitkilerin tohum yatağına ise sadece 5gr steril kum eklenmiştir.

3.2. Yöntem

Denemelerde kullanılan *L. decemlineata*'ya ait bireyleri elde etmek için, üretici tarlalarından ergin bireyler toplanmış ve 25±2°C sıcaklık, %60±10 orantılı nem ve 14 saat aydınlatma koşullarına sahip iklim odasına alınmıştır. Patates bitkisinin yetiştirilmesi için gerekli toprak Y.Y.Ü. Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinden alınmış ve bu toprağa herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Ancak homojenite sağlanması için harmanlandıktan

sonra saksılara doldurulmuştur. Zararlıının biyolojisi gereği erginlerin kışlayabilmesi için sonbahara doğru erginler pupa döneminden çıkar çıkmaz iklim odası sıcaklığı 18°C'ye, aydınlatma süresi ise 12 saate düşürülüp ve kışlayıncaya kadar beslenmeleri sağlanmıştır. Denemelerde kullanılacak bireyler bu kültürden elde edilmiştir.



Şekil 3.1. *L. decemlineata*'nın pupa olmak için toprak altına inen son dönem larvaları.



Şekil 3.2. *L. decemlineata*'nın pupadan yeni çıkan ergin bireyleri.

3.2.1. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme ve üremesinin belirlenmesi

Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme ve üremesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar 25±1°C sıcaklık, %60±10 orantılı nem ve 16 saat aydınlatma koşullarına sahip iklim odasında yürütülmüştür. Bu deneme patates bitkisi üzerindeki her bir karakter (AMF uygulamaları, kimyasal gübre uygulaması ve kontrol) için en az 60 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.1.1. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süreleri ve ölüm oranlarının belirlenmesi

Bu denemede zararlıının ergin öncesi gelişme süresi ve ölüm oranı üzerine arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulamalarının etkileri kimyasal gübre uygulaması ve kontrol bitkileri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Denemeler AMF uygulanmış bitkiler, kimyasal gübre uygulanmış bitkiler ve kontrol bitkilerine *L. decemlineata* kültüründen alınan yumurtalardan henüz çıkmış birinci dönem larvanın aktarılmasıyla başlatılmıştır. Her bir bitkiye (saksıya) tek larva aktarılmış ve daha sonra bitkiler üzerine şifon kafesler kapatılmıştır (Şekil 2.3). Günlük gözlemlerle ölen bireyler ve sonraki döneme geçen bireyler kaydedilmiştir. Böylece ergin öncesi dönemlerin gelişme süresi ve bu dönemlerde ortaya çıkan ölüm oranları belirlenmiştir.



Şekil 3.3. AMF uygulamasının *L. decemlineata*'nın gelişme ve üremesi üzerinde etkilerinin incelendiği, şifon kafesle örtülmüş saksılı bitkiler.

3.2.1.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın üreme, preovipozisyon, ovipozisyon ve postovipozisyon süreleri ile dişi ömrünün belirlenmesi

Bu denemede, 2.2.1.1. denemesinde ergin olan bireyler kullanılmıştır. Pupadan henüz çıkan erginler saksılardaki her bir bitkiye iki çift (iki dişi ve iki erkek) olmak üzere salınmış ve saksıların üzeri şifon kafeslerle kapatılmıştır. Yapılan günlük kontrollerle zararlının üreme, preovipozisyon, ovipozisyon ve postovipozisyon süreleri ile erkek ve dişilerin yaşam süreleri belirlenmiştir. Böylece farklı mikorhiza uygulamalarının zararlının üremesi üzerine etkileri kimyasal gübre uygulaması ve kontrol ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

3.2.1.3. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşam çizelgelerinin oluşturulması ve parametrelerinin hesaplanması

Vangogh patates çeşidi üzerinde AMF, kimyasal gübre ve kontrol uygulamalarına tabi tutulan zararlının gelişme ve üremesine yönelik olarak elde edilen veriler kullanılarak, popülasyon gelişmesini gösteren yaşam çizelgesi parametreleri elde edilmiştir. Aşağıda gösterilen bu parametreler yaş ve döneme özgü, iki eşeyli yaşam çizelgesi teorisine göre hesaplanmıştır (Chi ve Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2005). Zararlının gelişme, üreme ve ömür sürelerine ilişkin veriler ile popülasyon parametrelerinin varyans ve standart hatalarının elde edilmesinde Bootstrap metodundan yararlanılmıştır. (Meyer vd., 1986, Efron ve Tibshirani, 1993, Huang ve Chi, 2012), karşılaştırmalar ise paired bootstrap kullanılarak yapılmıştır.

Analiz sonucunda zararlının popülasyon parametreleri (R_0 , net üreme gücü; r , kalıtsal üreme yeteneği; λ , popülasyonun artış sınırı; T , ortalama döl süresi) hesaplanmıştır.

Net üreme gücü (R_0) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

Kalıtsal üreme yeteneği (r) Euler – Lotka formülüne göre iteratif biseksiyon metoyla yaş 0'dan başlamak üzere (Goodman, 1982) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

Artış oranı sınırı (λ) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\lambda = e^r$$

Ortalama döl süresi (T), bir popülasyonun büyüklüğünün net üreme gücü oranı kadar artması için ihtiyaç duyulan zaman olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$T = (\ln R_0) / r$$

Zararlıının uygulamalara bağılı olarak beklenen ömür süresi (e_{xj}) Chi ve Su (2006)'ya, yaş ve döneme özgü üreme değeri (v_{xj}) ise Tuan ve ark. (2014)'na göre hesaplanmıştır.

Biyolojik parametreler (gelişme süresi, üreme, ömür) ile popülasyon parametrelerinin standart hataları bootstrap metoduyla elde edilmiştir (Efron ve Tibshirani, 1993). Uygulamalar arasındaki farklar paired bootstrap test (%5) kullanılarak belirlenmiştir.

Elde edilen yaşam çizelgesi verileri (gelişme süresi, canlılık oranı, üreme, ömür) kullanılarak TIMING-MSChart (Chi, 2018b) programı yardımıyla zararlıının popülasyon artış sümilasyonu yapılmıştır. Böylece uygulamalara bağılı olarak zararlıının popülasyon büyüme potansiyeli belirlenmiştir.

Popülasyon artışıındaki değışkenliğı ortaya koymak için, gelişme süresi canlılık oranı, üreme ve cinsiyet oranındaki değışmeleri iyi anlamak gerekir. Tüm bu faktörlerdeki değışimleri içerecek şekilde TWSEX programı, bootstrap örneklerinin 0.025 ve 0.975 yüzdeliklerini temel alan yaşam çizelgesi oluşturur. Bu *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon artışıındaki belirsizliğın ölçüsünü (güven aralığını) yansıtmak için kullanılmıştır. Popülasyon artışıındaki değışkenliğı göstermek için, artış oranı sınırının (λ) 100.000 bootstrap sonucu, yüzde 2.5 ve 97.5 oranlarını, yani 2.500. ve 97.500. sıradaki bootstrap örneklerini bulmak için sıralanmıştır. Daha sonra popülasyon büyümesini yansıtmak için artış oranı sınırının yüzde 2.5. ve 97.5. oranlarını (λ) üreten bootstrap yaşam çizelgesi örnekleri kullanılarak popülasyon artışının güven aralığı elde edilmiştir.

3.2.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisinin mineral içeriğı ile *L. decemlineata*'nın gelişme ve üremesi arasındaki etkileşimin belirlenmesi

Denemeler sonunda her uygulama için bitkinin üst kısımlarından alınan toplam 50 yaprak mineral içeriğı bakımından incelenmiştir. Bu yapraklar saf su ile yıkandıktan sonra sabit ağırlığa gelinceye kadar 65⁰C'de kurutulmuştur. Sabit ağırlığa gelen örnekler öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Öğütülen bitki örneklerinde azot (N), Kjeldahl yöntemine göre; toplam fosfor (P), kuru yakma yöntemine göre spektrofotometrik olarak; toplam potasyum (K), kalsiyum (Ca) magnezyum (Mg), demir (Fe), mangan (Mn), çinko

(Zn) ve bakır (Cu) içerikleri kuru yakma yöntemiyle Kacar (1984)'a göre Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile belirlenmiştir. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkilerinin mineral içerikleri elde edildikten sonra bunların düzeyleri ile zararlının gelişme ve üremesi arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizi ile belirlenmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerindeki *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme ve üremesi

4.1.1. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerindeki *Leptinotarsa decemlineata*'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süreleri ve ölüm oranları

Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *L. decemlineata*'nın ergin öncesi gelişme süresi ve ölüm oranlarına ilişkin elde edilen veriler Çizelge 4.1' de sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan patates çeşidine arbusküler mikorhizal fungus uygulamasının *L. decemlineata*'nın gelişmesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Zararlıının gelişme süresinin hem *Rhizophagus irregularis* ve hem de *Funelliformis. mosseae* uygulanmış bitkiler üzerinde kimyasal gübre uygulanmış bitkilere göre önemli derecede uzadığı belirlenmiştir. Zararlıının gelişme süresi bakımından *R. irregularis* ve *F.mosseae* arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Arbusküler mikorhizal fungus uygulaması yapılan bitkiler üzerinde elde edilen ergin öncesi ölüm oranı kimyasal gübre uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden yüksek bulunmuştur.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde Jallow ve ark (2004) domates bitkisine endofitik bir fungus olan *Acremonium strictum* uygulanmasının *Helicoverpa armigera*'nın gelişmesini yavaşlattığını ve ölüm oranını artırdığını belirtmektedirler.

Çizelge 4.1. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın ergin öncesi gelişme süreleri (gün) ve ölüm oranları (%)

Çeşit	Faktör	n	L1	L2	L3	L4	Pupa	Toplam (L1 - Ergin)	Ergin Öncesi ölüm (%)
Vangogh	Kontrol	25	3.2±0.23	2.9±0.22	3.0±0.13	4.7±0.35	13.6±0.60	27.4±0.96ab	19.3
	Çg+Ri	33	3.7±0.17	3.2±0.20	3.3±0.16	4.5±0.23	14.5±0.32	29.2±0.53a	21.5
	Çg+Fm	29	3.6±0.27	3.5±0.30	3.1±0.24	4.8±0.25	14.5±0.73	29.6±0.91a	21.8
	Kimyasal gübre	29	3.0±0.16	2.9±0.14	2.5±0.13	4.6±0.27	13.3±0.50	26.3±0.67 b	19.4

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler birbirlerinden istatistiksel olarak farklıdır (Paired bootstrap testi $P \leq 0.05$)

Çg: Çiftlik gübresi, Ri: *Rhizophagus irregularis*, Fm: *Funelliformis mosseae*

4.1.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerindeki *Leptinotarsa decemlineata*'nın üremesi, preovipozisyon, ovipozisyon ve postovipozisyon süreleri ile dişi ve erkek ömrü

Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *L. decemlineata*'nın ovipozisyon süresi, bıraktığı yumurta sayısı ile dişi ve erkek ömür süreleri Çizelge 4.2. de verilmiştir.

Ovipozisyon süresi bakımından uygulamalar arasında önemli bir fark görülmemiştir. Arbusküler mikorhizal fungus uygulamasının Vangogh patates çeşidinde bırakılan yumurta sayısı üzerinde etkili olduğu, elde edilen sonuçların kontrol ile farksız, ancak kimyasal gübre uygulamasından düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uygulamalara bağlı olarak elde edilen dişi ve erkek ömür sürelerine bakıldığında, sadece *R. irregularis* uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen sonuçların kimyasal gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden daha kısa olduğu ve ayrıca, *F. mosseae* uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen dişi ömür süresinin *R. irregularis* uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden daha uzun olduğu görülmüştür. AMF uygulamasının erkek ömür süresi üzerine etkisi önemsiz bulunmuş, ancak dişi ömür süresi bakımından AMF uygulamaları arasında farklılık görülmüştür.

Çizelge 4.2. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decelimeata*'nın üremesi, ovipozisyon süresi, bıraktığı yumurta sayısı ile dişi ve erkek ömür süreleri (gün)

Çeşit	Faktör	n	Ovipozisyon Süresi	Bırakılan toplam yumurta sayısı	Dişi ömrü	Erkek Ömrü
Vangogh	Kontrol	25	22.18 ± 0.87a	182.71 ± 10.99b	36.18 ± 0.72b	34.50 ± 1.70a
	Çg+Ri	33	21.28 ± 0.78a	179.18 ± 18.73b	35.60 ± 1.39b	36.94 ± 1.89a
	Çg+Fm	29	22.19 ± 0.93a	161.94 ± 12.37b	41.13 ± 1.99a	35.70 ± 0.98a
	Kimyasal gübre	29	20.12 ± 2.03a	221.88 ± 33.42a	42.37 ± 0.92a	36.33 ± 0.70a

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler birbirlerinden istatistiksel olarak farklıdır (Paired bootstrap testi $P \leq 0.05$)

Çg: Çiftlik gübresi, Ri: *Rhizophagus irregularis*, Fm: *Funelliformis mosseae*

4.1.3. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisi üzerindeki *Leptinotarsa decelimeata*'nın yaşam çizelgesi parametreleri

Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde zararlının gelişme ve üremesi ile canlılık oranlarına ilişkin veriler kullanılarak oluşturulan yaşam çizelgesi parametreleri Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Yaşam çizelgesi parametrelerinden net üreme gücü, popülasyon dinamiğinin bir göstergesi olup (Richard, 1961; b ve Gradwell, 1970) hayvansal bir organizmanın üreme kapasitesiyle ilişkili olarak fizyolojik yeteneğini gösteren önemli bir parametredir ve üzerinde beslendiği bitkinin o organizmanın popülasyonuna katkısını yansıtır (Liu vd., 2004; Kumral vd., 2007). Bu çalışma sonucunda net üreme gücü (R_0)'nün uygulamalara bağlı olarak değiştiği görülmüş, AMF uygulanmış bitkiler üzerinde daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu bitkiler üzerinde elde edilen değerler kimyasal gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden önemli derecede düşük bulunmuştur. Kalıtsal üreme yeteneği (r), bir popülasyonun gelişme, canlılık oranı, üreme ve üreme piklerinin sayısı, zamanı ve büyüklüğü gibi biyolojik parametrelerinin tümünün bir bileşeni olduğundan, bu çalışmada

kullanılan uygulamaların *L. decemlineata* populasyonlarına etkisini yansıtan önemli göstergedir. En düşük kalıtsal üreme yeteneği değeri AMF uygulanmış bitkiler üzerinde beslenen populasyonlardan elde edilmiştir. *R. irregularis* uygulanmış bitkileri üzerinde elde edilen kalıtsal üreme yeteneği değeri hem kimyasal gübre uygulanmış bitkiler hem de kontrol bitkilerinden istatistiksel olarak farksız bulunmuştur. Ancak *F. mosseae* uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen değer kimyasal gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Artış sınırı oranı (λ), kalıtsal üreme yeteneği ile aynı trendi göstermiştir. AMF uygulamasının zararlının ortalama döl süresi (T) üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decelimeata*'nın yaşam çizelgesi parametreleri

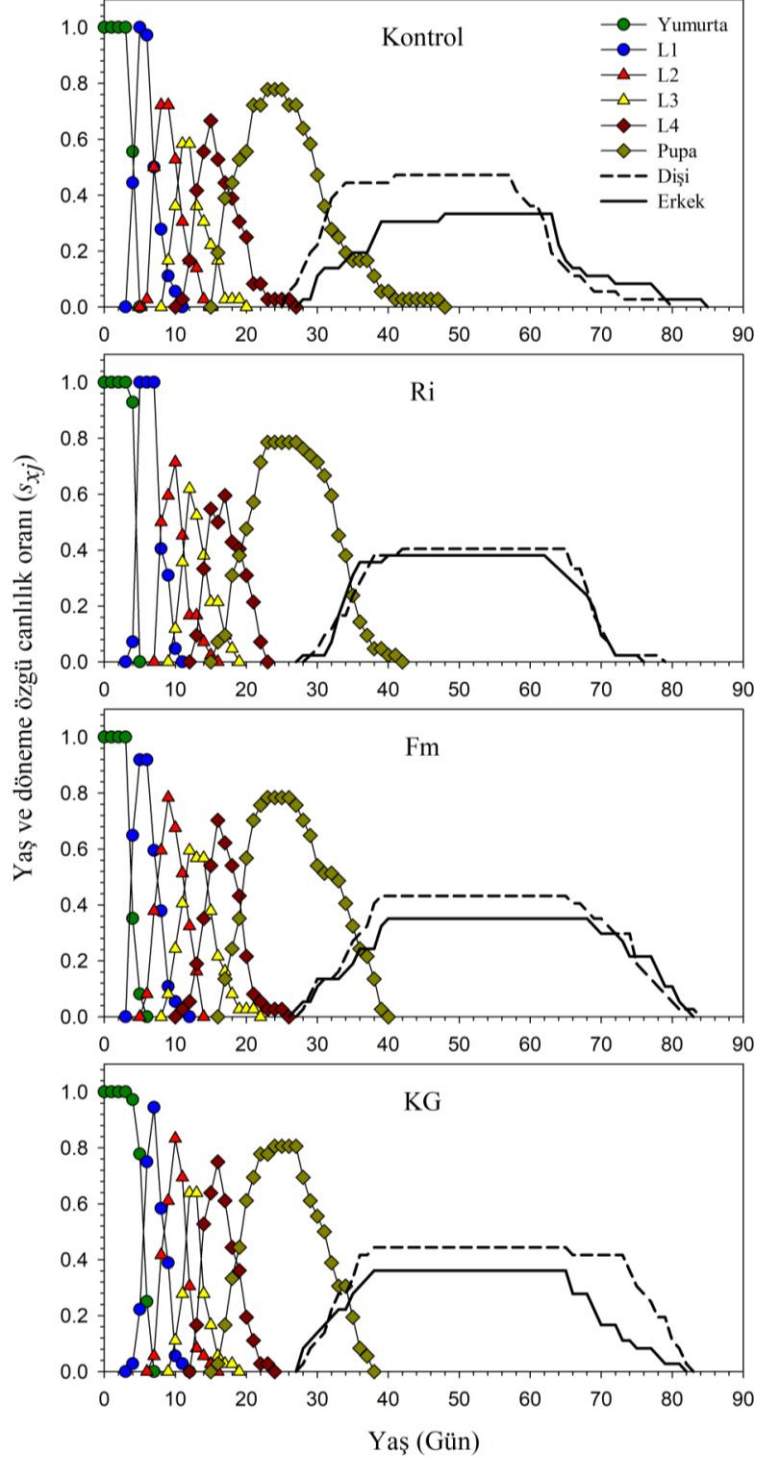
Çeşit	Faktör	R_0 (Yumurta/dişi)	r (gün ⁻¹)	λ (gün ⁻¹)	T (gün)
Vangogh	Kontrol	76.83 ± 14.38ab	0.092 ± 0.005ab	1.101 ± 0.006a	47.25 ± 1.31a
	Çg+Ri	72.523 ± 15.31ab	0.088 ± 0.004ab	1.092 ± 0.005ab	48.61 ± 1.78a
	Çg+Fm	70.03 ± 14.14b	0.085 ± 0.004b	1.088 ± 0.004b	49.92 ± 1.24a
	Kimyasal gübre	98.11 ± 13.34a	0.097 ± 0.005a	1.095 ± 0.005ab	47.30 ± 1.34a

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilenler birbirlerinden istatistiksel olarak farklıdır (paired bootstrap testi, $P < 0.05$ testi $P \leq 0.05$)

Çg: Çiftlik gübresi, Ri: *Rhizophagus irregularis*, Fm: *Funelliformis. Mosseae*

Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde her bir döneme özgü canlılık oranları ile dönemler arası geçişlerinin oranları ve süreleri (s_{xj}) ayrıntılı olarak şekil 4.1. de verilmiştir. Beklenen yaşam süresi, yaş ve döneme bağlı canlılık oranı (s_{xj}) kullanılarak hesaplanmaktadır (Yang ve Chi, 2006). Yaş ve döneme özgü canlı kalma oranı (s_{xj}) yeni bırakılan bir yumurtanın x yaşına ve j dönemine kadar hayatta kalma olasılığını gösterir.

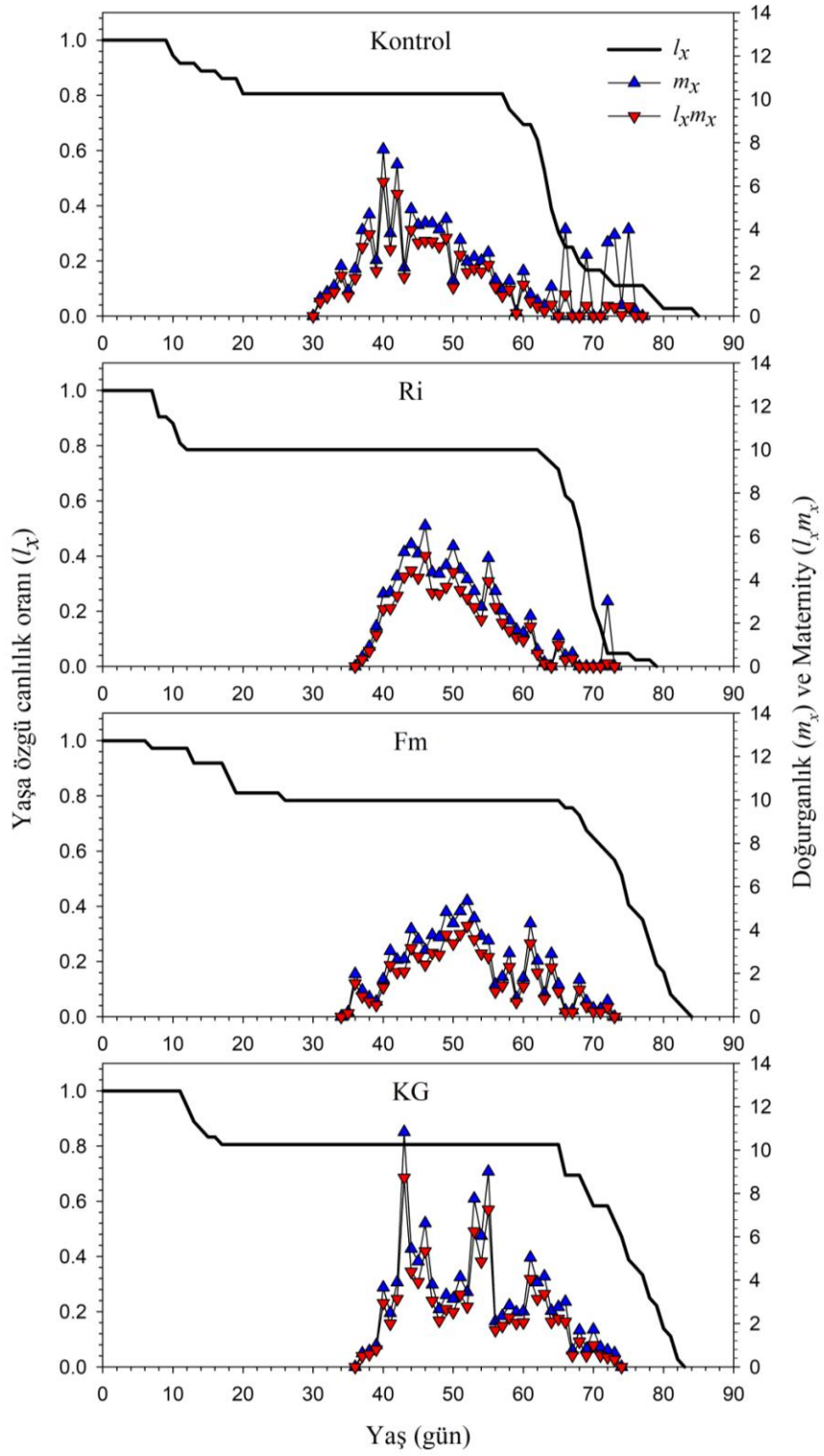
Yeni bırakılan bir yumurtanın ergin döneme kadar canlı kalma olasılığı AMF uygulanmış bitkiler üzerinde daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.1. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaş ve döneme özgü canlılık oranı (s_{xj}).

L. decemlineata'nın gelişme, canlılık oranı ve üremesine ilişkin verilerden elde edilen yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), yaşa bağlı doğurganlık (m_x) ve yaşa özgü maternite ($l_x m_x$) değerler Şekil 4.2. de gösterilmiştir. Yaşa bağlı canlılık oranı olarak ifade edilen l_x yeni bırakılmış bir yumurtanın veya yeni doğmuş bir bireyin x yaşına kadar canlı kalabilme olasılığını ifade eder ve farklı dönemlerde hayatta kalan tüm bireylerin birleşimi olarak hesaplanır. Vangogh çeşidi üzerinde henüz bırakılan bir *L. decemlineata* yumurtasının ergin döneme kadar yaşayabilme olasılığı AMF uygulanmış bitkilerde kimyasal gübre ve kontrol uygulamasına göre daha düşük bulunmuştur.

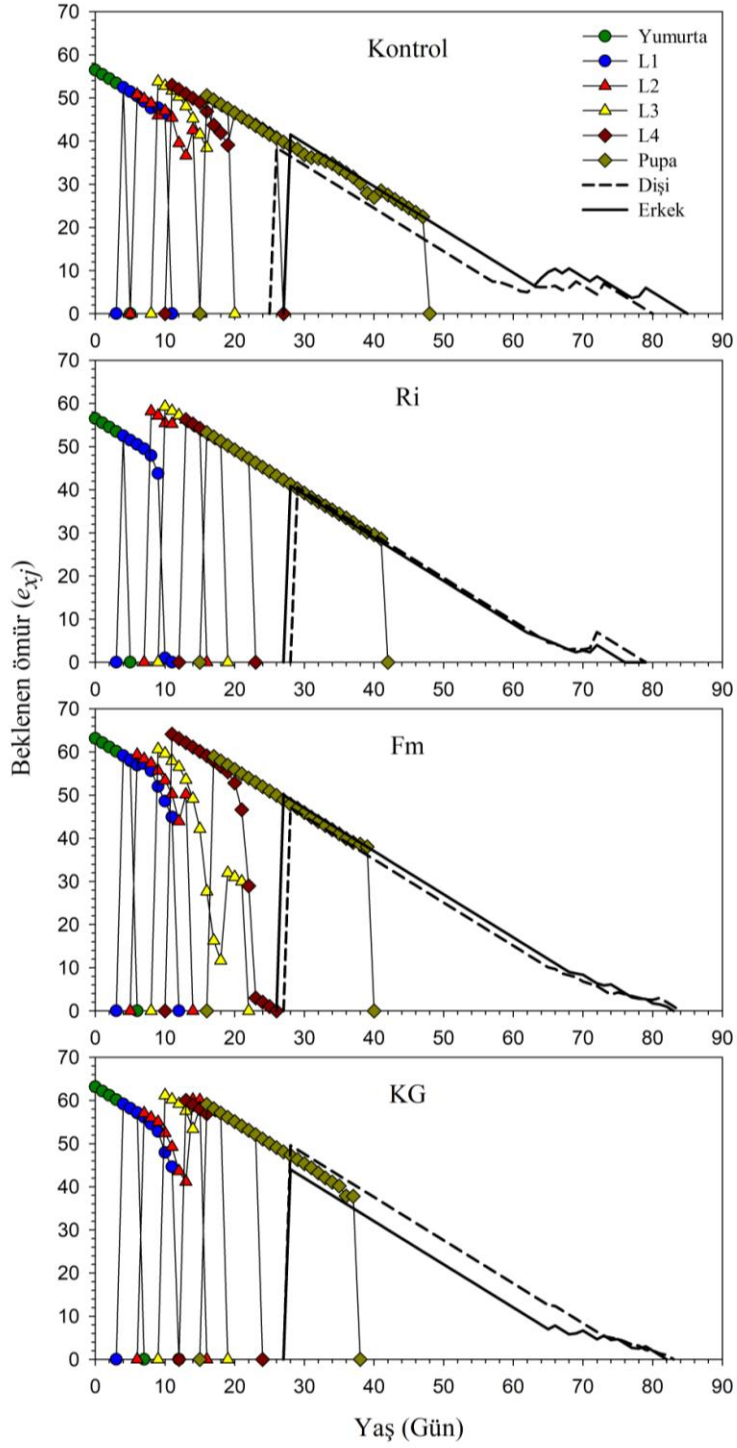
L. decemlineata'nın yaşa bağlı doğurganlık (m_x) ve yaşa özgü maternite ($l_x m_x$) değerlerine ait pikler AMF uygulanmış bitkilerde kimyasal gübre uygulanmış bitkilere göre daha küçük bulunmuş (Şekil 4.2), böylece AMF uygulamasının zararlının popülasyonunu azaltmada etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2. Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), yaşa bağlı doğurganlık (m_x) ve yaşa özgü maternite ($l_x m_x$) değerleri (Çg: Çiftlik gübresi, Ri: *Rhizophagus irregularis*, Fm: *Funelliformis mosseae*)

Leptinotarsa decemlineata'nın farklı uygulamalara tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi (e_{xj}) Şekil 4.3.'te verilmiştir. Beklenen ömür (e_{xj}), x yaşında ve j dönemdeki bir bireyin yaşaması beklenen süreyi ifade eder. Canlılık oranının bir fonksiyonu olarak hesaplanan beklenen ömür (e_{xj}) en kısa olarak *Rhizophagus irregularis* uygulanmış bitkiler üzerinde görülmüştür. Denemeler iklim odalarında kontrollü koşullarda yürütüldüğünden ve böylece doğadaki ölüm faktörlerinin etkisi görülmediğinden tüm uygulamalarda *Leptinotarsa decemlineata*'nın beklenen ömrü tedrici olarak azalmıştır.

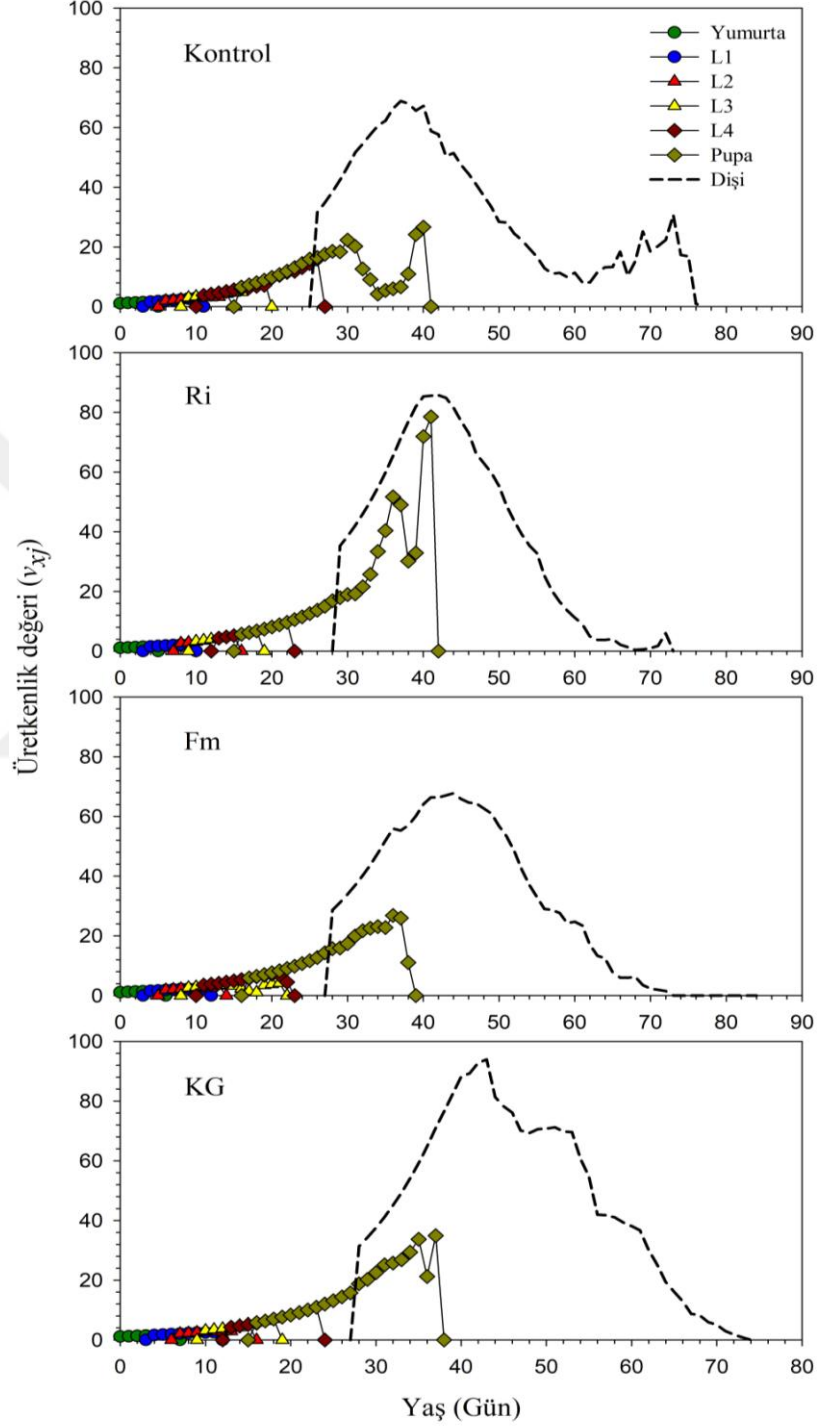
Bireylerin aynı yaşta fakat farklı dönemlerde veya cinsiyetlerde olması beklenen yaşam sürelerinin farklı olmasına neden olur. Beklenen yaşam süresi en doğru olarak yaş ve döneme özgü iki eşeyli yaşam çizelgesi ile hesaplanabilir. Geleneksel yaşam çizelgesi, dönem farklılaşması ve dönemler arasındaki geçişi yansıtamadığından bu yöntemle elde edilen beklenen yaşam süresine ilişkin sonuçlarda hata payı yüksek olabilmektedir (Huang ve Chi, 2011).



Şekil 4.3. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi (e_{xj}).

Farklı uygulamalara tabi tutulmuş *Leptinotarsa decemlineata*'nın üreme değeri (v_{xj}) Şekil 4.4'de verilmiştir. v_{xj} x yaşında ve j dönemindeki bir bireyin gelecek popülasyona

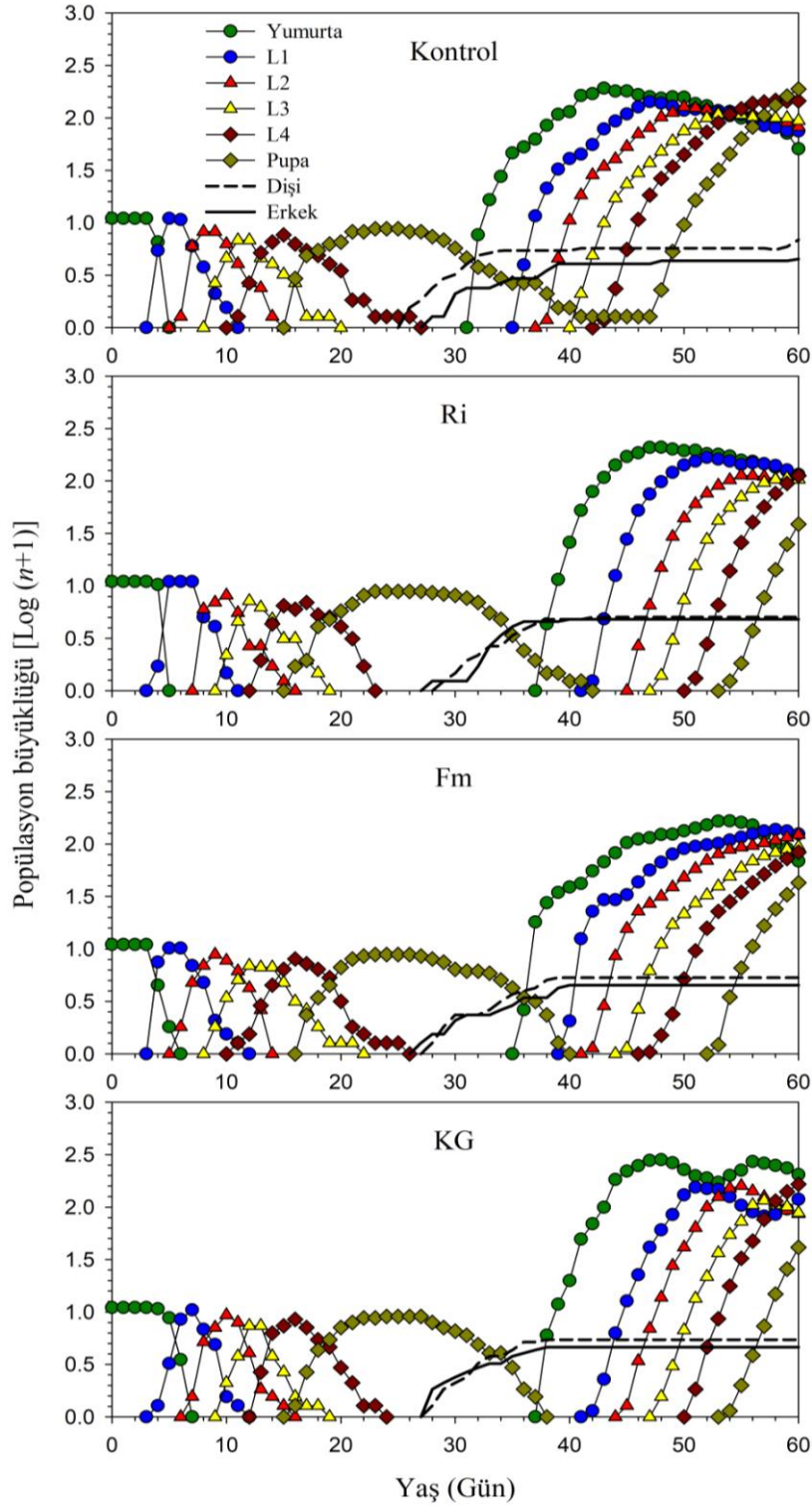
katkısını gösterir (Fisher, 1930; Carey, 1993). Yeni doğmuş bir bireyin üreme değeri tam anlamıyla popülasyonun artış sınırı (λ) ile aynıdır (Chi ve Su, 2006). *L. decemlineata*'nın en yüksek üreme değeri kimyasal gübre uygulanmış patates bitkileri üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaş ve döneme bağlı üreme değeri (v_{xj}).

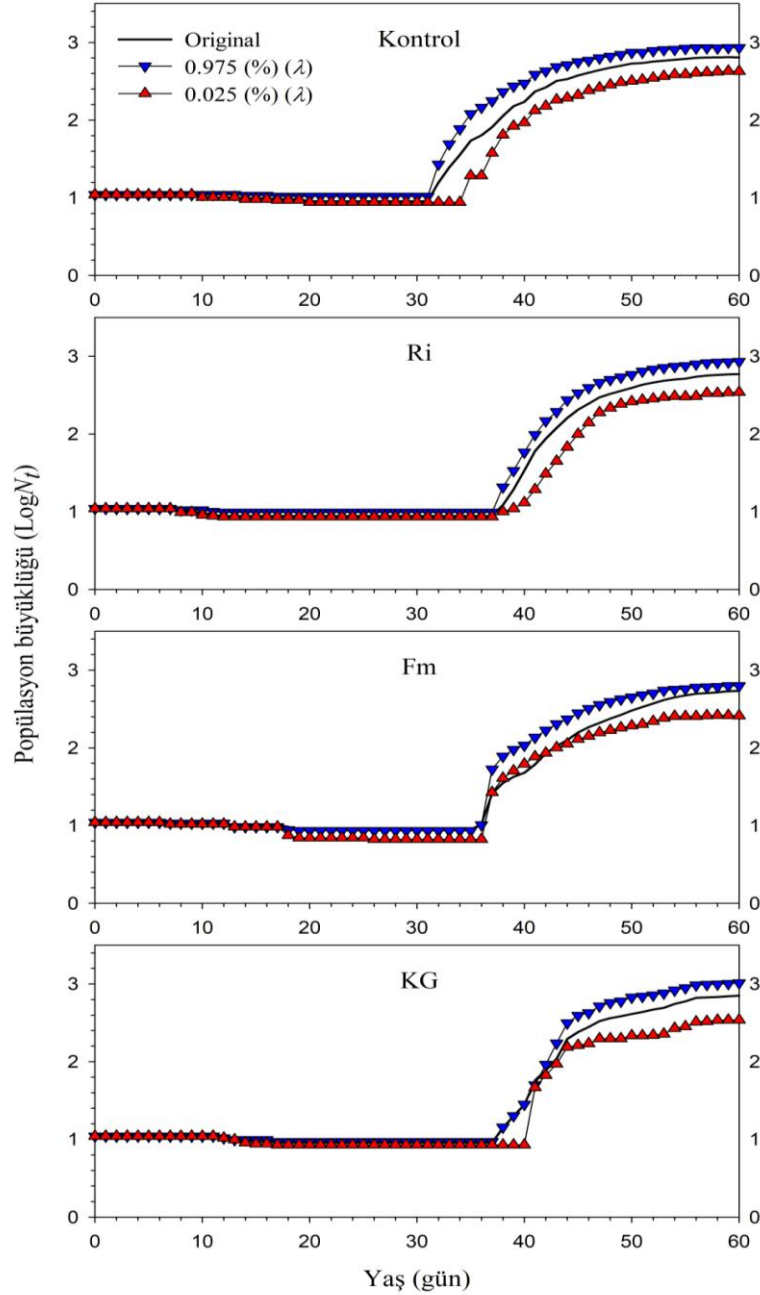
Farklı uygulamalara tabi tutulmuş *Leptinotarsa decemlineata*'nın Timing MS Chart (Chi 2018b) paket programı yardımıyla popülasyon projeksiyonu yapılmış ve zararının 60 gün sonra ulaşacağı popülasyonun düzeyi hesaplanmıştır (Şekil 4.5). AMF uygulanan patates bitkisinde popülasyon büyüklüğünün daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek popülasyon büyüklüğü ise kimyasal gübre uygulamasında görülmektedir.

Gandhi ve ark. (2006) Bamyaya *Pseudomonas fluorescens* uygulamasının bitki gelişimini etkilediğini ve bu bitkiler üzerinde beslenen herbivor *Amrasca biguttulla biguttulla* ve *Aphis gossypii*' nin popülasyonlarını önemli derecede azalttığını belirtmişlerdir. Bahsedilen sonuçlar bu çalışmada elde ettiğimiz bulgular ile aynı doğrultudadır. Öte yandan, Van Oosten ve ark. (2008) *Arabidopsis* bitkisine PGPR (bitki gelişimini arttıran rhizobakteriler) *Pseudomonas fluorescens* WCS417r uygulanmasının bu bitki üzerinde beslenen çiğneyici ağız yapısına sahip *Pieris rapae* ve *Spodoptera exigua*'ya etkilerini araştırmışlardır. Uygulamanın *S. exigua*'nın popülasyon performansını azalttığını, *P. rapae*'yi ise etkilemediğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, yararlı mikrobiyal etmenlerin aynı cinse bağlı farklı zararlı türlerine etkilerinin değişebileceğini bu nedenle mikrobiyal etmenlerin türe özgü olarak test edilmesi gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.5. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon projeksiyon sonuçları

L. decemlineata'nın popülasyon artışındaki değişimlerin ölçüsü (güven aralığı) Şekil 4.6' da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, farklı uygulamaların zararlının popülasyon artışındaki değişimlere etkisinin çok önemli olmadığını göstermektedir. Zararlının popülasyon artışındaki değişim kimyasal gübre uygulanmış bitkiler üzerinde diğer uygulamalara göre biraz daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.6. Vangogh patates çeşidinin AMF ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon artışındaki değişimler (güven aralığı).

4.2. Farklı uygulamalara (AMF, kimyasal gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisinin mineral içeriği ile *L. decemlineata*'nın gelişme ve üremesi arasındaki etkileşim

Vangogh patates çeşidinin Arbusküler mikorhizal fungus ve kimyasal gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkilerinin mineral içerikleri elde edilmiş (Çizelge 3.4), bunların düzeyleri ile zararlının gelişme ve üremesi arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizi ile belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Arbusküler mikorhizal fungus, kimyasal gübre ve kontrol uygulamalarına bağlı olarak patates yapraklarının mineral konsantrasyonunda değişiklikler görülmüştür (Çizelge 4.4). Örneğin, Azot ve Fosfor kontrol bitkilerinin yapraklarında en düşük olarak, çinko ise AMF uygulanmış bitkiler üzerinde elde edildenden istatistiksel olarak farklı olmasa da kimyasal gübre uygulanmış bitkilerinin yapraklarında en yüksek olarak bulunmuştur. Bazı minerallerin düzeyi bakımından uygulamalara bağlı olarak farklılıklar görülmüştür (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Arbusküler mikorhizal fungus, kimyasal gübre ve kontrol uygulamalarına tabi tutulmuş Vangogh patates çeşidinin yapraklarının mineral konsantrasyonu (Ortalama + S.H., ppm)

Mineral	Çg+Ri	Çg+Fm	Kimyasal gübre	Kontrol
N	1.37+0.034a	1.32+0.017a	1.33+0.024a	1.23+0.027b
P	0.24+0.017a	0.22+0.015ab	0.21+0.009ab	0.17+0.016b
K	3.24+0.115a	3.10+0.122a	2.98+0.079a	2.45+0.117b
Ca	0.45+0.063a	0.52+0.091a	0.57+0.030a	0.43+0.052a
Mg	0.31+0.016a	0.30+0.015a	0.32+0.011a	0.28+0.009a
Fe	27.80+1.672a	25.07+0.82a	25.67+1.177a	27.80+1.160a
Zn	0.77+0.050a	0.71+0.055ab	0.86+0.058a	0.56+0.046b
Cu	2.51+0.193ab	2.24+0.210b	2.84+0.17a	2.44+0.090ab
Mn	5.75+0.244c	6.51+0.138ab	7.00+0.228a	6.01+0.170b

Analizler sonucunda uygulamalara bağlı olarak patates yapraklarındaki konsantrasyon düzeyi önemli derecede farklı bulunan minerallerin *L. decemlineata*'nın gelişme ve üremesine etkisini belirlemek için çoklu regresyon yapılmıştır. Çoklu regresyon analizi sonuçları zararlının gelişme ve üremesinin yapraklardaki mineral konsantrasyon düzeyinden etkilendiğini göstermektedir (Çizelge 4.5). Fosfor'un gelişme ve üremeyi

negatif, çinkonun ise pozitif yönde etkilediği, patates yapraklarındaki mineral konsantrasyonun zararlıların uygulamalara bağlı olarak gelişme süresinde görülen varyasyona etkisinin %35 oranında, üremesinde görülen varyasyona etkisinin ise %38 oranında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bitki besin içeriğinin ya da bitkideki mineral madde düzeylerinin ve oranlarının değişmesinin zararlıların performansını etkilediği belirtilmektedir. Örneğin, laboratuvar ortamında farklı besin içeriklerine sahip hidroponik solüsyonların soya fasulyesi bitkisinin kimyasal kompozisyonunda değişikliklere yol açtığı ve bunun *Pseudoplusia includens* [Walker]), *Epilachna varivestis* Mulsant, *Encarsia gemmatalis* Hubner) ve *Tetranychus urticae* Koch)'nin gelişmesini etkilediği belirlenmiştir (Busch ve Phelan, 1999; Beanland vd., 2003).

Çizelge 4.5. Arbusküler mikorhizal fungus, kimyasal gübre ve kontrol uygulamalarına tabi tutulmuş Vangogh patates çeşidinin yapraklarındaki mineral konsantrasyonunun *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme ve üremesine etkisine ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları

Mineral	Parametre tahminleri				Model ANOVA			Düzeltilmiş R ²	
	b	S.H.	t	P	d.f	F	P		
Gelişme Süresi	N	6.60	6.10	-1.10	0.282	9	2.21	0.0292	0.35
	P	-336	78.15	1.86	0.042				
	K	0.35	1.37	0.26	0.799				
	Zn	85.5	51.20	42.14	0.047				
Üreme	N	363	160	2.26	2.26	9	3.63	0.0171	0.38
	P	-615	143	-1.79	0.041				
	K	-25.2	36.17	-0.70	0.491				
	Zn	171	60.39	1.90	0.0486				



5. SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, arbusküler mikorhizal fungus uygulamasının patates bitkisinin daha iyi bir mineral dengeye sahip olmasına, buna bağlı olarak zararlıya karşı tolerans ve direncinin artmasına katkı sağlayabileceği, dolayısıyla zararlının populasyonunda azalmaya yol açabileceğini göstermiştir. Bu da mücadelede kullanılan kimyasal ilaç miktarının azalmasına ve zararlının kimyasallara daha uzun sürede dayanıklılık geliştirmesine yol açabilecektir.

Arbusküler mikorhizal fungus kullanımının zararlı populasyonun ekonomik zarar eşik değerinin altında tutmada yeterli olamayacağı ve tek başına ilaçlara alternatif olamayacağı, ancak zararlının gelişme ve üremesi için daha elverişsiz ortam yaratmada kullanılacak önemli bir etmen olabileceği, zararlı populasyonunu düşürmede diğer ölüm faktörlerine katkı sağlayacağı, böylece mücadele için kullanılacak kimyasal ilaç miktarını azaltacağı sonucuna varılmıştır.

Arbusküler mikorhizal fungus kullanımının zararlının gelişmesini yavaşlatması bitkinin zararı tolere edebilme potansiyelini artırabilecektir. Ayrıca gelişmedeki yavaşlama zararlının daha çok erken dönemlerinde etkili olan *Bacillus thuringiensis* kökenli insektisitlerin kullanımına ve daha etkili olmalarına olanak sağlayabilecektir. Bunun yanı sıra, zararlının yavaş gelişmesi doğal düşmanların etkisinin artmasına, daha fazla avcılık ve parazitizme olanak sağlayabilecektir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, sürdürülebilir patates üretimi için hazırlanacak zararlı yönetim programlarında arbusküler mikorhizal fungus uygulamasına yer verilmesinin son derece yararlı olacağı, aynı zamanda diğer zararlı türlerine karşı da bu yararlı fungusların denenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Altieri MA, Nicholls C. 2003. Soil fertility and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil Tillage Res.* **72**:203–11.
- Alyokhin, A. And Atlihan. 2005. R. Reduced fitness of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potato plants grown in manure-amended soil. *Environ. Entomol.* **34**; 963-968.
- Alyokhin, A. G. Porter, E. Groden, and F. Drummond. 2005. Colorado potato beetle responde to soil amendmets: a case in support of the mineral balance hypothesis. *Agric. Ecosystems Environ.* **109**, 234-244.
- Anonim 2017a. Türkiye İstatistik Kurumu: <http://muratpalabiyik.blogcu.com/patates/10181453> (Erişim tarihi: 15.06.2017).
- Anonim 2017b. <http://www.entofito.com/patates-bocegi-leptinotarsa-decemlineata/> (Erişim tarihi 19.06.2017)
- Anonim,2018a.http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=31082&tipi=17&sube=0
- Anonim,2018b. <http://www.entofito.com/patates-bocegi-leptinotarsa-decemlineata/>
- Arancon NQ, Galvis p, Edwards C. 2004. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Biores. Technol.* **96**: 1137-42.
- Atlıhan R, Polat-Akköprü E, Özgökçe MS, Kasap İ, Chi H 2017. Population growth of *Dysaphis pyri* (Hemiptera: Aphididae) on different pear cultivars with discussion on curve fitting in life table studies. *J. Econ. Entomol.* **110**: 1890-1898. doi: 10.1093/jee/tox174.
- Azcón-Aguilar, C., Barea, J. M., 1996. Arbuscular Mycorrhizas and Biological Control of Soil-Borne Plant Pathogens- an Overview of the Mechanisms Involved. *Mycorrhiza*,**6**:457-464.
- Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M., 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scienta Horticulturae.* **68**: 1-24.
- Beanland, L., Phelan, P.L., Salminen, 2003. Micronutrient interactions on soybean growth and the developmental performance of three insect herbivores. *Environ Entomol.* **32**, 641-651.
- Battaglia, D., Bossi, S., Cascone, P., Digilio, M. C., Prieto, J. D., Fanti, P., Guerrieri, E., Iodice, L., Lingua, G., Lorito, M., 2013. Tomato below ground–above ground interactions: *Trichoderma longibrachiatum* affects the performance of *Macrosiphum euphorbiae* and its natural antagonists. *Molecular plant-microbe interactions*, **26**: 249-1256.
- Blumberg AY, Hendrix PF, Crossley JDA. 1997. Effects of nitrogen source on arthropod biomass in no-tillage and conventional tillage grain sorghum agroecosystems. *Environ Entomol.* **26**:31–37
- Boiteau, G. 1988. Control of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say): learning from the Soviet experience. *Bull. Entomol. Soc. Can.* **20**, 9-14.
- Busch, J.W., Phelan, P.L., 1999. Mixture models of soybean growth and herbivore performance in response to nitrogen-sulphur-phosphorous nutrient interactions. *Ecol. Entomol.* **24**, 132-145.
- Carey, J.R., 1993. *Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects.* Oxford University Press, New York.
- Casagrande, R.A., 1987. The Colorado potato beetle: 125 years of mismanagement. *Bull. Entomol. Soc. Am.* **33**, 142-150
- Chi H (2018a). TWSEX-MSChart: *Computer Program For The Age-Stage, Two-Sex Life Table Analysis.*National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.

- Chi H (2018b). CONSUME-MSChart: *Computer Program For The Age-Stage, Two-Sex Consumption Rate Analysis*. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.
- Chi, H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environ Entomol.* **17**: 26-34.
- Chi, H. 2005. *TWOSEX-MSChart: computer program for agestage, two-sex life table analysis*. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan.
- Chi, H., Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Acad. Sin. Bull. Inst. Zool.* **24**: 225-240.
- Clancy, K.M., 1992. Response of western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) to increased nitrogen in artificial diets. *Environ Entomol* **21**, 331-344
- Culliney T, Pimentel D. 1986. Ecological effects of organic agricultural practices on insect populations. *Agric. Ecosyst Environ.* **15**:253-66
- Delate, K., Friedrich, H., Lawson, V., 2003. Organic pepper production systems using compost and cover crops. *Biol. Agric. Hort.* **21**, 131-150.
- Demir, S., 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. *Turkish Journal of Biology.* **28**: 85-90.
- Efron B, Tibshirani RJ, 1993. *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman & Hall, New York, NY
- Eigenbrode, S.D., Pimentel, D., 1988. Effects of manure and chemical fertilizers on insect pest populations on collards. *Agric. Ecosystems Environ.* **20**, 109-125
- Feber, R. E., Firbank, L. G., Johnson, P. J., McDonald, D. W., 1997. The effects of organic farming on pest and non-pest butterfly abundance. *Agric. Ecosystems Environ.* **64**, 133-139.
- Ferro, D.N. 1993. Potential for resistance to *Bacillus thuringiensis*: Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) - a model system. *Am. Entomol.* **39**, 38-44.
- Fisher, R. A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom.
- Forgash, A. J. 1985. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle, pp. 33-53. In D. N. Ferro and R. H. Voss [eds], *Proceedings of the Symposium on the Colorado Potato Beetle*, 17th International Congress of Entomology. Massachusetts Experiment Station, University of Massachusetts, Amherst, MA.
- Gallandt, E.R., Mallory, E.B., Alford, A.R., Drummond, F.A., Groden, E., Liebman, M., Marra, M.C., McBurnie, J.C., Porter, G.A., 1998. Comparison of alternative pest and soil management strategies for Maine potato production systems. *Am. J. Altern. Agric.* **13**, 146-161.
- Gandhi, P.I. et al. (2006) Neem oil as a potential seed dresser for managing homopterous sucking pests of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *J. Pest Sci.* **79**, 103-111.
- Gianinazzi, S., Schüepp, H., 1994. *Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems*. Birkhäuser Verlag, Basel. P.226.
- Hare JD. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology* **35**: 81-100.
- Hayman, D. 1981. *Mycorrhiza and it's Significance in Horticulture*. The Plantsman, Vol: 2, part: 4, p: 214 - 224.
- Hayman, D. 1982. Influence of Soils and Fertility on Activity and Survival Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *Phytopathology*, **72**, 1119 - 1126.
- Hayman, D.S., 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Canadian Journal of Botany.* **61** : 944-963.

- Hofmaster, R.N., R.L. Waterfield, and J.C. Boyd. 1967. Insecticides applied to the soil for control of eight species of insects on Irish potatoes in Virginia. *J. Econ. Entomol.* **60**, 1311-1318.
- Huang, Y., Chi, H., 2011a. The Age-Stage, Two-Sex Life Table with an offspring Sex Ratio Dependent on Female Age. *J. Agri.& Fore.* **60**. S:337-345.
- Jallow, M.F.A. et al. (2004) Indirect interaction between an unspecialized endophytic fungus and a polyphagous moth. *Basic Appl. Ecol.* **5**, 183–191
- Kacar, B. 1984. Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*: 900, Uygulama Kılavuzu: 214, Ankara, 140s.
- Kothari, S.K., Marschner, H., Römheld, V., 1991. Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere micro-organisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize. *New Phytology.* **177** : 649-655
- Kumral, N. A. Kovanci, B., Akbudak, B., Environ, B. 2007. ‘‘Life Tables of the Olive Leaf Moth, *Palpita unionalis*(Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) , on Different Host Plants *J. Biol. Environ. Sci.*, **1**, 105-110.
- Letourneau, D. K., Goldstein, B., 2001. Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *J. Appl. Ecol.* **38**, 557-570.
- Linderman, R.G., 1994. Role of VAM fungi in Biocontrol. Pages 1-17 in: *Mycorrhizae and Plant Health. Edited* by F.L. Pflieger and R.G. Linderman, 344 p., APS Press, St Paul, Minnesota, USA
- Liu, Z, Li, D, Gong, P.Y., Wu, K. J. 2004. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae), on different host plants. *Environmental Entomology* **33**: 1570–1576.
- Loannidis, P.M., E. Grafius, M.E. Whalon. 1991. Patterns of insecticide resistance to azinphosmethyl, carbofuran, and permethrin in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* **84**, 1417-1423.
- Marschner, H. 1995. *Mycorrhizas. In Mineral Nutrition of Higher Plants.* (Second Edition), Academic Press, p: 566-595.
- Marschner, H., 1995. *Mycorrhizas. In Mineral Nutrition of Higher Plants.* (Second Edition), Academic Press, p: 566-595.
- McArthur, D.A.J., Knowles, N.R., 1993. Influence of species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus nutrition on growth, development and mineral nutrition of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Physiology.* **102** : 771-782.
- McGonigle, T.P., Miller, M.H., 1996. Development of fungi below ground in association with plants growing in disturbed and undisturbed soils. *Soil Biology & Biochemistry*, **28**: 263-269.
- McGuinness, H., 1993. *Living Soils: Sustainable Alternatives to Chemical Fertilizers or Developing Countries.* Consumers Policy Institute, New York.
- Meyer, J. S., Ingersoll, C. G., McDonald, L. L., Boyce, M. S. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology* **67**, 1156-1166.
- Morton, J.B. and Benny, G.L. 1990. Revised Classification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Zygomycetes): a New Order, Glomales, Two New Suborders, Glominae and Gigasporinae and Two New Families Acaulosporaceae and Gigasporaceae with Emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*, **37**: 471 - 284.
- Morton, J.B. and Bentivenga, S.P. 1994. Levels of Diversity in Endomycorrhizal Fungi (Glomales, Zygomycetes) and Their Role in Defining Taxonomic and non - taxonomic Groups. *Plant and Soil*, **159**: 47 - 59.
- Moser, M., and Haselwandter, K. 1975. Ecophysiology of Mycorrhizal Symbiosis. *Encyclopedia of Plant Physiology.* **12**, p:391 - 421.

- Munyanziza, E., Kerhi, H.K., Bagyaraj, D.J., 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. *Applied Soil Ecology*. **6**, 77-85.
- Niemira, B.A., Safir, G.R., Hammerschmidt, R., Bird, G.W., 1995. Production of pre-nuclear minitubers of potato with peat-based arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. *Agronomy Journal*. **87** : 942-946.
- Noronha, C., Duke, G.M., Chinn, J.M., and Goettel, M.S. 2001. Differential susceptibility to insecticides by *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) populations from western Canada. *Phytoprotection*. **82**, 113-121
- Oelhaf, R.C., 1978. *Organic Farming: Economic and Ecological Comparisons with Conventional Methods*. Allanheld, Osmun, Montclair, N.J.
- Onaran, H., A. Ünlünen, A. Doğan. 2000. Patates tarımı sorunları ve çözüm yolları. *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, 93s, Niğde.
- Phelan, P. L., 1997. Soil-management history and the role of plant mineral as a determinant of maize susceptibility to the European corn borer. *Biol. Agric. Hortic.* **15**, 25-34.
- Phelan, P. L., Mason, J. F., Stinner, B. R., 1995. Soil-fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), on *Zea mays* L: a comparison of organic and conventional chemical farming. *Agric. Ecosystems Environ.* **56**, 1-8.
- Phelan, P. L., Norris, K.H., Mason, J., 1996 Soil management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral mediating insect-plant interactions. *Environ Entomol* **25**, 1329-1336.
- Phelan, P.L., Norris, K.H., J. F., 1996. Soil management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. *Environ.* **25**, 1329-1336
- Quinton, R.J. 1955. DDT-resistant Colorado potato beetles? Proc. North Centr. *Ent. Soc. Am.* **9**: 94-95.
- Rashid, M., Khan, A., Hossain, M. T., Chung, Y. R., 2017. Induction of systemic resistance against aphids by endophytic *Bacillus velezensis* YC7010 via expressing PHYTOALEXIN DEFICIENT4 in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*. **8**, 211.
- Rhodes, L.H., Gerdemann, J.W., Phosphate Uptake Zones of Mycorrhizal and Non - Mycorrhizal Onions, *New Phytol.*, **75**, 555 – 561.
- Richard O. W. 1961. “The theoretical and practical study of natural insect populations”, *Annu Rev Entomol.* **6**: 147-162.
- Stankovic S, Zabel A, Kostic M, Manojlovic B, Rajkovic S. 2004. Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) resistance to organophosphates and carbamates in Serbia. *J. Pest Sci.* **77**: 11-15.
- Stewart, J.G., G.G. Kennedy, and A.V. Sturz. 1997. Incidence of insecticide resistance in populations of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), on Prince Edward Island. *Can. Entomol.* **129**, 21- 26.
- Tisdall, J.M. 1994. Possible Role of Soil Microorganisms in Aggregation in Soils. *Plant and Soil*, Vol: **159**, No: 1 p. 115 - 123.
- Van Oosten, V.R. et al. (2008) Differential effectiveness of microbially induced resistance against herbivorous insects in *Arabidopsis*. *Mol. Plant-Microbe Interact.* **21**, 919–930
- Varley, G. C., Gradwell, G. R. 1970. “Recent advances in insect population dynamics. *Annu Rev Entomol* **15**: 1-24.

- Vosatka, M., Gryndler, M., 1999. Treatment with culture fractions from *Pseudomanas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. *Applied Soil Ecology*. **11** : 245-251.
- Weber, D.C., Ferro, D.N., 1994. Colorado potato beetle: diverse life history poses challenge to management. In: Zehnder, G. W., Jansson, R. K., Powelson, M. L. and Raman, K. V. (Eds.), *Advances in Potato Pest Biology and Management*. APS Press, St. Paul, pp 54-70.
- Yang T.C., ve Chi, H., 2006. Life tables and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. *J. Econ. Entomol.* **99**: 691-698.



ÖZ GEÇMİŞ

1986 yılında Hakkâri’de doğmuştur. İlk öğrenimini Hakkari’de Milli Eğitim Vakfı ilköğretim okulu, orta öğrenimini Hakkari’de 23 Nisan İlköğretim Okulu’nda tamamladıktan sonra lise öğrenimine ise Hakkari Lisesi’nde devam etmiştir. 2005 Yılında Muğla Üniversitesi Ula Ali Koçman Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme ve Soğutma Bölümü’nü kazanmış, 2010 Yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesini kazanmış, 2013 Yılında Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’nden mezun olmuştur. Aynı yıl Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisansa başlamış olup 2019 yılında mezun olmuştur.