

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

ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS UYGULAMASININ *Leptinotarsa decemlineata* Say. (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE)' NİN BESLENME KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Gülşen GÜVEN YÖRDEM
DANIŞMAN: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN

VAN-2019

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

ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS UYGULAMASININ *Leptinotarsa decemlineata* Say. (COLEOPTERA:CHRYSOMELIDAE)' NİN BESLENME KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Gülşen GÜVEN YÖRDEM

VAN-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Prof. Remzi ATLIHAN danışmanlığında Gülşen GÜVEN YÖRDEM tarafından sunulan “Arbusküler mikorhizal fungus uygulamasının *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera:Chrysomelidae) 'nin beslenme kapasitesi 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:

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.

Gülşen GÜVEN YÖRDEM

ÖZET

ARBUSKÜLER MİKORHİZAL FUNGUS UYGULAMASININ *Leptinotarsa decemlineata*'Say (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) NİN BESLENME KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

GÜVEN YÖRDEM, Gülşen
Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN
Eylül 2019, 45 sayfa

Kimyasal ilaçlara dayanıklılık geliştirebilme yeteneği nedeniyle patatesin en önemli zararlısı olan *Leptinotarsa decemlineata*' ya karşı alternatif mücadele yöntemlerine gereksinim duyulduğu açıktır. Bu çalışmada bitkiye sağladığı çeşitli yararlar nedeniyle ile arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulamasının patates bitkisinin mineral düzeyleri üzerine ve buna bağlı olarak patates bitkisinin *L. decemlineata*' ya toleransını ve direncini arttırmada etkili olup olmayacağının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma 25±2°C sıcaklık, %60±10 orantılı nem ve 16 saat aydınlatma koşullarına sahip iklim odasında yürütülmüştür. *Funelliformis mosseae* arbusküler mikorhizal fungus (AMF), sentetik gübre ve kontrol uygulamasına tabi tutulmuş Granola patates çeşidi üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon performansı ile beslenmesi incelenmiştir. Çalışma sonucunda AMF uygulamasının zararlının gelişme ve üremesi ile tüketim kapasitesi 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 sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden daha düşük bulunmuştur. Arbusküler mikorhizal fungus, sentetik gübre ve kontrol uygulamalarına bağlı olarak patates yapraklarının mineral konsantrasyonunda değişiklikler görülmüştür. Patates yapraklarındaki mineral konsantrasyonun zararlının gelişme süresinde görülen varyasyona etkisinin %38, üremesinde görülen varyasyona etkisinin %40, birinci ve dördüncü larva dönemlerinin beslenmesinde görülen varyasyona etkisinin ise sırasıyla %41 ve %34 oranında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Arbusküler Mikorhizal Fungus, gelişme, *Leptinotarsa decemlineta*, Optimal mineral denge Üreme, Yaprak tüketimi,



ABSTRACT

THE EFFECTS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON CONSUMPTION RATE OF *Leptinotarsa Decemlineata* Say. (COLEOPTERA:CHRYSOMELIDAE)

GÜVEN YÖRDEM, Gülşen
M. Sc. Thesis, Plant Protection
Supervisor: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN
September 2019, 45 pages

It is clear that there is a need for alternative methods of control against *Leptinotarsa decemlineata*, the most important pest of potatoes because of its ability to develop resistance to chemical insecticides. In this study, it is aimed to determine whether arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) application is effective on the mineral levels of potato plant and consequently to increase tolerance and resistance of potato plant to *L. decemlineata* due to its various benefits. The study was carried out in a climate room with $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ temperature, $60\pm 10\%$ relative humidity and 16 hours lighting conditions. Population performance and the consumption rate of *L. decemlineata* were investigated on potato plants (Granola cultivar) treated with *Funelliformis mosseae* arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and synthetic fertilizer, and untreated plants of the same cultivars. Results showed that, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) affected development, reproduction and consumption rate of 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) values obtained on plants treated with AMF were lower than those of plants treated with synthetic fertilizer. There were differences in concentrations of mineral in potato leaves, and mineral content of potato leaves explained 38% of the variation in developmental time and 40% of the variation in reproduction among the treatments. The variations in the consumption rate of first and fourth larval stages of the pest were 41 and 34, respectively.

Keywords: Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF), Development, Fecundity, Foliage consumption, *Leptinotarsa decemlineata*, Optimal mineral balance,



ÖN SÖZ

Bu araştırma ile AMF uygulamasının patates bitkisinin *Leptinotarsa decemlineata*'ya toleransını ve direncini arttırmada etkili olup olmayacağını belirlenmesine çalışılmış ve ümitvar sonuçlar elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Remzi ATLIHAN 'a, projeye olan desteğinden dolayı sayın Prof. Dr. Semra DEMİR'e, yaprak analizleri için sayın Prof. Dr. Füsun GÜLSER' e ve projenin hayata geçmesinde finansal katkılarından dolayı TÜBİTAK-TOVAG Araştırma grubuna ve Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP)'a teşekkürü borç bilirim.

2019

Gülşen GÜVEN YÖRDEM



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Yöntem.....	11
3.2.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesinin belirlenmesi.....	12
3.2.2.1 Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süreleri ve ölüm oranlarının belirlenmesi.....	12
3.2.2.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın üremesi, ovipozisyon süresi ile dişi ve erkek ömrünün belirlenmesi	13
3.2.2.3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşam çizelgelerinin oluşturulması ve parametrelerinin hesaplanması.....	13
3.2.3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>L. decemlineata</i> 'nın tüketim oranının belirlenmesi.....	14
3.2.4. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisinin mineral içeriği ile <i>L. decemlineata</i> 'nın gelişme, üreme ve beslenme kapasitesi arasındaki etkileşimin belirlenmesi	19

	Sayfa
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesi.....	21
4.1.1 Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süreleri ve ölüm oranları	21
4.1.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın ovipozisyon ve süreleri ile dişi ve erkek ömrü	22
4.1.3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşam çizelgesi parametreleri.....	23
4.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF)..... patates bitkisi üzerinde beslenen <i>L. decemlineata</i> 'nın yaprak tüketimi	30
4.3. Farklı uygulamalara (AMF, sentetik gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisinin mineral içeriği ile <i>L. decemlineata</i> 'nın gelişme, üreme ve beslenme kapasitesi arasındaki etkileşim.....	35
SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	41
ÖZ GEÇMİŞ	45

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın ergin öncesi gelişme süreleri (gün) ve ölüm oranları (%).....	21
Çizelge 4.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın ovipozisyon süresi, bıraktığı yumurta sayısı ile dişi ve erkek ömür süreleri (gün).....	23
Çizelge 4. 3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşam çizelgesi parametreleri, kalıtsal üreme yeteneği (r), popülasyonun artış sınırı (λ), net üreme gücü (R_0) ve ortalama döl süresi (T)	24
Çizelge 4.4. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaprak tüketim oranları (cm^2).....	31
Çizelge 4.5. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaprak tüketim oranları (cm^2).....	34
Çizelge 4.6. Farklı uygulamalara (AMF, sentetik gübre, kontrol) tabi tutulmuş Granola patates çeşidi yapraklarının mineral konsantrasyonu (Makro elementler: Ortalama + S.H, % kuru ağırlık Mikro elementler: Ortalama \pm SH, ppm).....	36
Çizelge 4.7. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın gelişme süresi ve üremesine etkisine ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları	37
Çizelge 4.8. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın beslenmesine etkisine ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları	38

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. AMF uygulamasının <i>L. decemlineata</i> 'nın gelişme ve üremesi üzerinde etkilerinin incelendiği, şifon kafesle örtülmüş saksılı bitkiler.....	12
Şekil 3.2. <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın beslendiği patates yaprakları.....	15
Şekil 3.3. Arbusküler mikorhiza uygulamasının <i>L. decemlineata</i> 'nın beslenme kapasitesi üzerine etkisini ölçmek için kullanılan LI-3000A portatif yüzey alanı ölçme cihazı (LiCor, Lincoln, NE).....	16
Şekil 3.4. Islak pamuklara sarılan patates yaprakları.....	16
Şekil 3.5. <i>L. decemlineata</i> 'nın beslenme kapasitesini belirlemek üzere kurulan denemede kullanılan plastik kaplar.....	17
Şekil 4.1. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaş ve döneme özgü canlılık oranı(s_{xj}).....	25
Şekil 4.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), yaşa bağlı doğurganlık (m_x) ve yaşa özgü net üreme ($l_x m_x$) değerleri.....	26
Şekil 4.3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi(e_{xj}).....	27
Şekil 4.4. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaş ve döneme bağlı üreme değeri (v_{xj}).....	28
Şekil 4.5. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın popülasyon projeksiyon sonuçları.....	30
Şekil 4.6. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen <i>Leptinotarsa decemlineata</i> 'nın yaşa bağlı tüketim oranı (k_x) yaşa bağlı net tüketim oranı (q_x) ve kümülatif tüketim (C_x) oranı.....	32

Şekil 4.7. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşa bağlı kümülatif tüketim oranı (C_x), kümülatif net üreme oranı (R_x) ve transformasyon oranı(P_x).....33



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
ha:	Hektar
°C:	Santigrat Derece
c_x:	Kümülatif tüketim oranı
j:	Dönem
r:	Kalıtsal 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
k_x:	Yaşa özel tüketim oranı
l_x:	Yaşa bağlı canlılık oranı
m_x:	Yaşa bağlı doğurganlık oranı (yumurta/dişi)
$l_x m_x$:	Yaşa özgü maternite
e_{xj}:	Yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi
v_{xj}:	Yaş ve döneme bağlı üreme değeri
q_x:	Yaşa özgü net tüketim oranı



1.GİRİŞ

Tek yıllık kültür bitkilerinden olan patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitli iklim bölgelerine kolaylıkla adapte olarak dünyanın hemen her yerinde başarıyla yetiştirilmekte ve besin kaynağı olarak da her geçen gün tüketimi artmaktadır (Arioğlu, 2002). Ancak diğer tarımsal ürünlerde olduğu gibi patates yetiştiriciliğinde de çok sayıda bitki koruma sorunları ile karşılaşılmaktadır. Nitekim dünyada patates üretiminde sorun olan 400'den fazla zararlı türünün saptanmış olması konunun ciddiyetini göstermektedir. Bu zararlı kompleksi içinde yer alan türler, bitkinin farklı fenolojik dönemlerinde zarar oluşturmaktadırlar. Bu zararlıların en önemlilerinden biri olan *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) patates bitkisinin bütün toprak üstü organlarında zarar oluşturmaktadır. Bölgemizde de patates bitkisinin her dönemine zarar veren bir z *L. decemlineata* birinci ve ikinci larva döneminde bitkinin yaprak epidermisini yiyerek, üçüncü ve dördüncü larva dönemlerinde ise yaprağı tamamen yiyerek, hatta yumrulara galeriler açarak zarar vermektedir (Radcliffe, 1982).

Leptinotarsa decemlineata'yı kontrol altına almak için kimyasal savaşımın uzun süreli çözüm sağlayamaması nedeniyle yeni yaklaşımlara gereksinim duyulmaktadır. 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). Düşük zararlı yoğunluklarına ilişkin sonuçlar organik üretim sistemlerinde bitkilerin daha iyi bir mineral dengeye sahip olmasına bağlanmakta ve Phelan ve ark. (1996) ve Phelan (1997) tarafından geliştirilen mineral denge hipotezi ile açıklanmaktadır. Bu hipoteze göre organik üretim sistemlerinde topraklardaki organik madde akışının sürekliliği bu topraklardaki kommunité için temel kaynak sağlamakta, organik madde ve toprak kommunitésinin interaksyonu ise topraktaki değişimlerin ve bunların bitki üzerine etkisinin azalmasına yol açmaktadır. Böylece nem, enerji ve besin akışındaki dalgalanmaların azalmasıyla mikrobiyal populasyon düzeylerinin stabilitesine katkıda bulunduğu ve bu topraklarda yetişen bitkilerin mineral düzeylerinin optimal seviyeye ulaşarak zararlılara direnç ve toleransının arttığı ileri sürülmektedir (Phelan, 1997). Bitkilerin mineral düzeyleri ve oranları onların herbivorlara hassasiyeti üzerinde önemli rol oynar. 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 oluşturmasına yol açtığı belirtilmektedir (Alyokhin ve ark., 2005).

Bitkilerin fitofag böceklere duyarlılığı böceklerin davranışsal tepkileri (konukçuyu bulma ve kabul etme), gelişimsel tepkileri (besinden yararlanma yeterliliği, gelişme oranı, canlı kalma oranı) veya bunların kombinasyonu tarafından belirlenmektedir (Phelan 1995). Bitkilerin mineral kompozisyonunun böceklerin davranışsal ve gelişimsel tepkilerini etkilediği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Clansy, 1992; Phelan vd., 1996; Busch ve Phelan, 1999; Beanland vd., 2003; Alyokhin ve Atlihan, 2005).

Symbiyotik arbusküler mikorhizal funguslar (AMF) toprakta bitkilerin gelişimini ve mineral alımını etkileyen anahtar mikrobiyal etmenlerdir. Bitkilerin daha iyi bir kök sistemi oluşturmalarına, düşük konsantrasyondaki mobil iyonların alımına, bitkilerin abiyotik ve biyotik stres faktörlerine toleranslarını arttırmalarına ve toprak strüktürünün kalitesinin artmasına önemli katkıda bulunmaktadır (Linderman, 1994; Azcón-Aguilar ve Barea, 1996). Bu fungusların toprağa ilave edilmesiyle patates bitkisinin daha iyi bir mineral dengeye ulaşabileceği, böylece zararlı yoğunluğunun daha düşük olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle ele alınan bu çalışmada arbusküler mikorhizal fungusların patates bitkisinin mineral düzeyleri ve buna bağlı olarak *L. decemlineata*'nın popülasyon artışı ve beslenme performansı üzerinde etkisinin olup olmayacağını araştırılması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Patates (*Solanum tuberosum* L.) bitkisi, Solanaceae (Patlıcangiller) familyasının bir üyesidir. Tek yıllık bir kültür bitkisi olan patates bitkisinin orjini ve kültüre alındığı bölge Alp dağlarıdır. Günümüzde patates bitkisinin iki yüz civarında tür, dört binden fazla çeşit içerdiği bilinmektedir. On altıncı yüzyılın sonlarına doğru İspanyol gemiciler Güney Amerika bölgesinde bulunan alp dağlarından aldıkları patates bitkisini kendi ülkelerinde bulunan botanik bahçelerine getirmişlerdir. Daha sonra sırası ile İngiltere, İrlanda, İskoçya, diğer Avrupa ülkeleri ve nihayetinde diğer dünya ülkelerine yayılım göstermiştir. Günümüzde Asya kıtası, dünya genelinde patates üretiminde birinci sıradadır. Türkiye’de ise ilk kez on dokuzuncu yüzyılın sonlarında kültüre alındığı görülmüştür. Bölgeler bazında ise ilk olarak Doğu Karadeniz bölgesinde sonrasında Batı Trakya bölgesinde kültüre alınmıştır. Daha sonra da tüm Türkiye’ye buradan yayılmış ve ekimi yapılmaya başlanmıştır (Berksan 2002).

Dünya ülkelerinin %79’unda patates yetiştirilmekte, üretilen miktar olarak buğday, mısır ve pirinçten sonra 4. sırada yer almaktadır (Onaran ve ark., 2000). Dünyada 18.6 milyon hektar alanda yetiştirilen patates, dünyanın hemen her yerinde üretilmesi nedeniyle ihracat ve ithalatta fazla konu olmamaktadır. Dünya patates ticareti taze olmaktan çok, işlenmiş patates şeklinde yapılmaktadır. Patates üretiminde Çin, Hindistan, ABD, Rusya önemli ülkeler arasında bulunmakta ve Türkiye 12. sırada yer almaktadır (Anonim, 2012).

Patates (*Solanum tuberosum* L.), dünyada mısır, çeltik ve buğdaydan sonra en fazla üretimi yapılan dördüncü bitki konumundadır. Yumrularında ortalama %15-25 kuru madde içeren patates, özellikle karbonhidratlar (nişasta), protein, vitaminler (C, B1, B3, B6, K, folate, pantothenik asit) ve mineraller (K, Mn, Mg, Fe, Cu, P) açısından oldukça zengin olup; birçok farklı kullanım şekliyle en önemli bitkisel gıda kaynaklarından biridir. (Anonim, 2009; Günel ve ark., 2010). Son yıllarda hastalıkların ve çevresel stres faktörlerinin olumsuz etkilerinin artmasından dolayı üretiminde büyük zorluklar görülen bitkiler arasında hiç kuşkusuz patates bitkisi de bulunmaktadır. Türkiye’de patates üretimi genel olarak her geçen yıl artmıştır (Abed, ve Demirhan, 2018).

Patates ılıman-serin iklim bölgelerinin bir bitkisi olmasına rağmen, farklı iklim bölgelerine de kolaylıkla adapte olabilmektedir. Ayrıca, birim alandan elde edilen net

getirisi, alternatif ürünlere göre daha yüksektir. 2004 yılı değerlerine göre dünya patates üretimi 327.6 milyon ton olup, bunun %75.7'si 19 ülke tarafından karşılanmaktadır. Dünyada kişi başına gıda amaçlı patates tüketimi 33.4 kg olarak hesaplanmıştır. Dünya patates üretiminin %50'den fazlasını gerçekleştiren Asya ülkelerinde kişi başına ortalama tüketim 24 kg iken Avrupa ülkelerinde 88, K. Amerika'da ise 60 kg'dır. Aynı dönemde ülkemizdeki kişi başına patates tüketimi ise 43.2 kg olarak gerçekleşmiştir (Arıoğlu, 2006; FAO, 2008). Türkiye 2014 yılı dünya patates üretiminde %1'lik payıyla, 4.822.000 tonla bir önceki yıla göre 6 basamak yükselerek 13. sıradadır (Anonim, 2015).

Türkiye'de hemen hemen her ilde patates üretimi yapılmaktadır. Üretim yoğun olarak sırasıyla Niğde, Nevşehir, İzmir, Konya, Afyon ve Kayseri illerinde gerçekleştirilmekte; bu illeri sırasıyla Bolu, Adana, Aksaray, Bitlis izlemektedir. Toplam patates üretiminin yaklaşık %75'i bu illerde üretilmektedir (Çalışkan, ve ark., 2011).

Patates tarımında amaç üreticinin gelirini yükselterek, üretimi karlı hale dönüştürmektir. Bunu sağlamanın yolu da, ürün maliyetini düşürmek veya ürünün yüksek fiyattan pazarlanmasını sağlamaktır. Patates üretiminde maliyeti düşürmenin iki yolu vardır. Bunlar; üretim girdilerini destekleyerek, ürün maliyetini düşürmek veya birim alandan elde edilen verimi artırmaktır (Arıoğlu, 2006).

Birim alandan elde edilen yumru verimini artırmak, uygun çeşit ve kaliteli tohumluk kullanmak, ekim nöbeti uygulamak, yeterince ve uygun koşullarda gübre ve ilaç kullanmak, yetiştirme tekniklerini eksiksiz ve zamanında uygulamak gibi yetiştiricilik konularında bilimsel esaslara uymakla sağlanabilir. Ülkemizde yetiştirilen patateslerin büyük bir kısmı yemeklik olarak tüketilmekte, çok az bir kısmı ise sanayide değerlendirilmekte ve tohumluk olarak kullanılmaktadır (Arıoğlu, 2002; Arıoğlu, 2006).

Patateste ürün kayıplarına neden olan zararlılar arasında en önemlilerden birisi Patates Böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)'dir (Anonim 2009). Bu böceğin ergin ve larvaları bitkinin yapraklarını genellikle dıştan içe doğru veya yaprakta bir delik açarak, bu deliği genişleterek yemek suretiyle, ileri aşamalarda ise çiçeklerle de beslenerek patates de zarar oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalarda bu zararlının patateste % 70-80'lere varan ürün kayıplarına neden olduğu belirlenmiştir (Oerke ve ark. 1994). Patates böceği beslenerek doğrudan yaptığı zararın yanı sıra patateste; kahverengi çürüklük, iğ yumru viroidi ve patates halkalı çürüklüğü hastalıklarının yayılmasında taşıyıcı olarak da zarar yapmaktadır. Bu zararlıya karşı insektisitler yoğun olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bu kimyasallar sonucunda *Leptinotarsa*

deceplineata'nın ilaçlara karşı dayanıklılık gelişmesi gibi problemler ile karşılaşmaktadır. Ayrıca kullanılan bu insektisitler sadece üretim maliyetini arttırmakla kalmayıp, insan, çevre ve doğal düşmanlar üzerinde de oldukça fazla olumsuz etkiler yapmaktadır (Anonim 2009).

Zararlı yurdumuzda ilk kez 1963 yılında, tespit edilmiştir. Önceden uygulanan devlet mücadelesine rağmen bugün patates üretimi yapılan bütün alanlara yayılmış bulunmaktadır. Zararlıya karşı uzun yıllardan beri kimyasal mücadele uygulanmaktadır. Sürekli insektisit uygulanması sonucu çevre kirlenmesi, doğal dengenin bozulması ve direnç gibi sorunların ortaya çıkması araştırmacıları zararlıya karşı biyolojik mücadele yolları aramaya yöneltmiştir (Yabaş, ve ark., 1995).

Insektisitler patates böceğini 1950 lerde DDT'ye direnç geliştirinceye kadar etkili bir şekilde kontrol etmişlerdir. O zamandan beri, böcekler her yeni insektiside karşı (sentetik pyretroidler ve daha yeni olan imidakloprid dahil) giderek artan oranlarda direnç geliştirmişlerdir. 1990'ların sonlarında dirençli popülasyonlar ile mücadele için dar spektrumlu yeni insektisitler geliştirilmiştir, ancak günümüzde patates böceği popülasyonlarının çoğu tüm geleneksel insektisidlere karşı dirençlidirler. Yalancı tespih ağacı ekstraktları ve bazı fungusitler gibi beslenmeyi engelleyici maddelerin yaprak yüzeyine uygulanması ile böceklerin beslenmeleri engellenebilir, fakat bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri ve/veya böcek popülasyonlarını yavaş yok etmesi nedeniyle beslenme engelleyiciler popülaritesini kaybetmiştir. Ürün rotasyonu yoluyla yapılan kültürel kontrol, sezonun erken dönemlerinde zararlının popülasyon oluşumunu azaltabilir. Diyapoz giren erginler çoğunlukla, bir önceki yıl patates yetiştirilmiş arazilerde, toprağın altında kışı geçirirler ve yeni alanlarda yavaş kolonize olurlar, çünkü diyapoz sonrası yayılma yürüyerek gerçekleştirilir. Patates böceklerine dirençli patates çeşitleri üretme çabası, uygun dirençlilik seviyelerinin (gerek kimyasallar gerekse salgı yapıcı tüyler yoluyla) ticari ürünlerde bir araya getirilememesi nedeniyle başarısızlığa uğramıştır. Biyolojik mücadele çalışmaları da başarısız olmuştur, çünkü bilinen doğal düşmanlar genellikle yeterince hızlı ürememekte ve patates böceğinin popülasyonunu dengelemek için bireysel olarak yeterince av tüketememektedirler. Ayrıca doğal düşmanların bir çoğu patates yetiştirilen ılıman arazilerin soğuk kış şartlarında hayatta kalamamaktadırlar. Bununla birlikte, belirli avcılar ile bir yumurta parazitoidinin yoğun bir şekilde yetiştirilip salınmaları önemli oranda kontrol sağlayabilir.. Eğer erken dönem larvaları hedefleyecek şekilde bakteriyel insektisit uygulaması etkili bir mikrobiyal

kontrol sağlayabilir. *Bacillus thuringiensis* (Bt) bakterisinin iki suşu, patates böceğinin larvalarını öldüren toksinler üretir. Etkili bir entegre mücadele programı, erken dönem larvalarının kontrolünde hızlı etki gösteren Bt biopestisitinin uygulanması ve bunu takiben Bt uygulanmasında hayatta kalmış olan geç dönem larvalara karşı yavaş etki gösteren fungal *Beauveria bassiana*'nın uygulanması ile gerçekleştirilir. *B. thuringiensis* ssp. *tenebrionis*' in toksinini üretmekten sorumlu bakteriyel genler, *Agrobacterium tumefaciens* adı verilen ve kendi DNA'sını konak bitkinin DNA'sına ekleme yeteneğine sahip başka bir bakterinin genlerine eklenerek, genetik mühendisliği ile patatese aktarılmıştır. Bu transgenetik patatesler, kayda değer bir şekilde patates böceğinin hem larvalarına hem de ergin bireylerine karşı dirençlidirler ve ayrıca yüksek kalitede patates üretirler. Ancak, tüketicilerin transgenetik patatesleri kabul etmeyecekleri endişesiyle ve transgenetik varyete olması, Bt-bitkilerinin diğer bazı zararlıları engelleyememesi ve bu zararlıların hala insektisitlerle kontrol edilmek zorunda olmaları gibi sebepler yüzünden bu patateslerin kullanımları sınırlanmıştır. Elbette, her ne kadar Bt-patatesleri çok popüler olmuş olsalar da, Patates Böceği yeni toksinlere karşı hızla direnç geliştirebilmektedir (Gullan, 2010).

Organik üretim sistemlerinin zararlılar için uygun olmayan koşullar ürettiği, bu alanlarda yetişen bitkilerin sentetik gübreler verilmiş topraklarda yetişenlere göre zararlılar için daha elverişsiz olduğu ileri sürülmektedir. Organik üretim sistemlerindeki düşük zararlı yoğunlukları mineral denge hipotezi ile açıklanmaktadır. Bu hipotez organik üretim sistemlerinde organik madde ile birlikte mikrobiyal aktivitenin toprağa bir tamponlama yeteneği kazandırdığını, böylece bitkilerin besin ve mineralleri gereken oranlarda alarak optimal mineral dengeye ulaştığını, bunun da fitofag böceklerin performansını olumsuz etkilediğini ileri sürer. 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 tolerans ve direncinin azalmasına yol açmaktadır (Phelan ve ark. 1996; Phelan, 1997) .

Organik kökenli insektisitler, sentetik kökenli rakiplerine göre daha az etkili olmalarına rağmen aynı zararlıların organik üretim sistemlerindeki popülasyonlarının 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 ve 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 çalışmasında Phelan ve ark. (1996) *Ostrinia nubilalis*'in organik gübre verilmiş toprakta yetişen mısır bitkisi üzerine daha az sayıda yumurta koyduğunu, bunun da topraktaki organik madde ve mikrobiyal biyotadan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Mineral dengesi bozulan bitkilerin primer ve/veya sekonder metabolizmalarının zarar görebildiği, böylece direnç yeteneğinin ve herbivorların zararına 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 *Pseudoplusia includens*, *Epilachna varivestis* Mulsant, *Encarsia gemmatalis* ve *Tetranychus urticae* 'nin gelişmesini etkilediği belirlenmiştir (Busch ve Phelan, 1999; Beanland ve ark., 2003).

Rizosferdeki mikrobiota içinde mikorhizal funguslar çok önemli yer tutmaktadır. 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 arttırması, ekim performansını arttırarak 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, 1996). Konu ile ilgili yapılan araştırmalarda patates bitkisinde AMF uygulamasının, topraktan besin elementlerinin alınımını arttırması nedeniyle verimliliği ve zararlılara 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 kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bu özellikleriyle

arbusküler mikorhizal fungusların ekolojik yada organik üretim sistemlerinde patates bitkisinin optimum mineral dengeye ulaşmasına yardımcı olabileceği, böylece *L. decemineata* için daha elverişsiz bir ortam oluşturulabilmiştir. Bitkilerin mineral düzeyleri ve oranları onların herbivorlara hassasiyeti üzerinde önemli rol oynar (Alyokhin ve ark. 2005).

Zararlılara dayanıklılık, bitkilerin genetik bir özelliğidir. Ancak zararlılara karşı, yeterli ve dengeli beslenen bitkiler, eksik, fazla veya dengesiz beslenen bitkilere göre daha dayanıklı olmaktadır. Bir başka ifadeyle bitki besleme iyi bir şekilde yapılır ve bitkiler daha sağlıklı olursa bitki zararlıları azalmaktadır (Bergmann 1992).

Bazı patojenler bitki kök bölgesinde veya enfekte olmuş dokulardaki besin elementlerinin etkili bir şekilde kullanımını veya taşınmasını etkileyerek yarayışsız hale getirebilirlerken diğer bazı patojenler ise besin elementinin yüksek oranda birikmelerine ve toksisitesine neden olurlar. Kendi metabolizmaları için besin elementlerini kullanan toprak canlıları özellikle organik artıkların ayrışmasında rizosfer bölgesindeki besin elementlerini yarayışsız hale getirerek bitkilerde beslenme bozukluğu oluşmasına ve dolayısıyla zararlılara karşı duyarlı hale gelmesine neden olurlar. Gübreleme ile besin elementlerinin uygulanması veya besin elementi alınımını etkileyen bitki kök bölgesindeki koşulların değiştirilmesi bitki zararları için önemli bir kültürel kontrol sağlar (Huber ve Graham 1999).

Huber ve Graham (1999)'a göre ekonomik ürün elde etmek için gerekli olan bitki besin elementi miktarı bitki sağlığı açısından uygun olmayabilir. Ayrıca dayanıklılık, bitki tarafından alınabilecek besin elementlerinin ilavesi ile doğru orantılı olarak artmaz. Bitkilerin gelişimi için gerekli olandan daha fazla gübre verilmesi çoğu zaman olumsuz etki oluşturabilir Bitki besin elementleri genel olarak düşünüldüğünde besin elementlerinin zararlılar üzerine olumlu ya da olumsuz etkileri olabilmektedir.

AMF, bitkiye besin alınımını artırmanın yanı sıra, bitkinin tuzlu ve kurak koşullara, ağır metal toksisitesine ve sıcaklık stresine karşı dayanıklılığını arttırmakta, bitkinin büyümeyi teşvik edici maddeler (hormonlar) salgılamasını sağlamaktadırlar. Ayrıca, bazı mikorizal funguslar miselleri ile toprak agregatlarını bir yumak şeklinde sarar ve salgıladıkları enzimler ile toprak strüktürünün daha iyi oluşmasına katkıda bulunmakta ve toprak erozyonundan dolayı olan kayıpları da engellemektedirler (Tisdall, 1994).

Günümüze kadar yapılan sayısız araştırma, bitki besin elementlerinin bitki köklerinin yanı sıra AMF tarafından da alındığını ortaya koymuştur. AMF, konukçuları olan bitkiler ile simbiyotik ilişkiye geçtiklerinde bitkinin su ve bazı mineral besin maddelerinin alınımına doğrudan katkıda bulunmaktadır (Demir 1998).

AMF oluşumunun daha çok fosfor alınımına olan katkılarından dolayı farklı branşlardaki birçok araştırmacı tarafından geniş ilgi görmüştür. Yakın geçmişte yapılan çalışmalar doğadaki bitki topluluklarının %90'ından fazlasında simbiyotik olarak yaşayan AMF toprakta fosfor (P)'un bitkilerce alınmasında belirleyici rol oynadığı belirtilmektedir (Smith et al., 1992). AMF işlevinin bitkinin fosfor ile beslenmesine bağlı olmasının yanı sıra, bazı bitki türleri yaşamlarının tamamını AMF varlığına bağlamışlardır. AMF sadece fosforun değil aynı zamanda çinko, bakır, mangan, demir, kalsiyum, potasyum ve azotun alınımında da etkili olmaktadır (Hayman, 1982).

AMF genel olarak besin maddeleri kapsamının düşük olduğu marjinal topraklarda etkili olmaktadır. Jasper et al., (1979) gübrenmemiş ve herhangi bir tarımsal uygulama geçirmemiş topraklardaki mikorizal bitkilerin, gübrenmiş topraklarda yetişen mikorizal bitkilere göre P alınımında daha duyarlı oldukları ve bitkide artan P kapsamının mikoriza oluşumunu baskı altında tuttuğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bazı maden topraklarının rehabilitasyonunda ve tarıma açılmasında bu fungusların kullanılması olasılığının araştırılması gereken bir bulgu olduğu belirtilmektedir (Tarafdar ve Rao, 1997).

Toprakta yoğun olarak fikse edilen ve bitki tarafından alınımı sınırlı olan fosfor, AMF tarafından daha kolay bir şekilde bitkiye kazandırılmaktadır. Mikorizal bitkilerin mikorizal yaşama sahip olmayan bitkilere oranla birkaç katı fazla fosfor almaları ve bu olayın mekanizması çeşitli araştırmacılar tarafından açıklanmıştır (Hayman and Mosse, 1972; Hayman, 1982; Bolan, 1991; Smith et al., 1992).

Fosfor toprakta, azot ise havada bol miktarda fakat bağlı formda bulunmaktadır. Mikrobiyal gübreler, havada ve topraktaki yayayışlı besin maddelerinin bitkiler tarafından faydalanılmasında yardımcı olur ve bu nedenle kimyasal gübrelerin daha az kullanılmasına imkan tanırırlar. Birçok toprak mikroorganizması bitkinin besin maddesi alınımını artırabilir. Bitkiler üzerinde direkt olarak faydalı etkisi olan bu organizmalar biyogübre olarak büyük bir potansiyele sahiptir.

Topraksız tarımda bitki besleme kaynağı olarak genelde kimyasal kaynakların kullanıldığı göz önüne alındığında; mikorizanın topraksız tarımda kullanımı oldukça

önem arz etmektedir. Çünkü mikoriza kullanımı ile, başta fosfor olmak üzere kimyasal gübre kullanımı azaltılabilecektir (Arcak ve Güder, 2004).

Yukarıda belirtilen bu özellikleri nedeniyle AMF uygulamasının patates bitkisinin gelişmesi ve mineral düzeyi ve buna bağlı olarak bitki aracılığıyla *Leptinotarsa decemlineata*'nın populasyon parametreleri ve beslenmesi üzerinde etkili olup olmayacağının araştırılması amacıyla bu çalışma planlanmıştır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırma için bitkisel materyal olarak Granola (orta erkenci) patates çeşidi ile *Funelliformis mosseae* arbusküler mikorhizal fungus (AMF) izolatu kullanılmıştır. Bitki besleme amaçlı olarak ise patates bitkisinin yetişmesi için gerekli besin maddelerini sağlayan 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 belirlenmiştir (Anonim, 2010), kimyasal gübre ise 5 kg'lık saksılara uygulanan sığır gübresinin mineral içeriğine sahip miktarda Amonyum Sülfat, TSP ve K₂SO₄ formlarında uygulanmıştır. AMF uygulaması yapılan saksılara gerek tekli gerekse karışım haldeki kök+misel+spor+toprak karışımından oluşan AMF inokulumdan 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 gibberallic asit bulunan su içinde 10 dakika bekletilerek 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 uygulanan bitkiler ile kontrol olarak kullanılan bitkilerin tohum yatağına ise sadece 5 g 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. Burada bir döl süresince Granola çeşidi üzerinde beslenmiştir. Patates bitkilerinin 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 düşürülmüş ve kışlayıncaya kadar beslenmeleri sağlanmıştır. Denemelerde kullanılan bireyler bu kültürden elde edilmiştir.

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

3.2.2.1 Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) 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 sentetik gübre, kontrol ve arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulamasının etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Denemeler sentetik gübre, kontrol, AMF uygulanmış bitkiler üzerine, *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 3.1). Günlük gözlemlerle ölen bireyler ve sonraki döneme geçen bireyler kaydedilmiştir. Böylece ergin öncesi dönemlerin gelişme süresi ve bu dönemlerde ortaya çıkan ölüm oranları belirlenmiştir. Bu deneme Granola patates çeşidi üzerindeki her bir karakter (sentetik gübre, kontrol, AMF) için en az 60 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



Şekil 3.1. AMF uygulamasının *L. decemlineata*'nın gelişme ve üremesi üzerinde etkilerinin incelendiği, şifon kafesle örtülmüş saksılı bitkiler.

3.2.2.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın üremesi, ovipozisyon süresi ile dişi ve erkek ömrünün belirlenmesi

Bu denemede, 3.2.2.2. denemesinde ergin olan bireyler kullanılmıştır. Pupadan henüz çıkan erginler saksılardaki her bir bitkiye bir çift (bir dişi ve bir erkek) olmak üzere salınmış ve saksıların üzeri şifon kafeslerle kapatılmıştır. Yapılan günlük kontrollerle zararlının ovipozisyon süresi ve bu sürede bıraktığı yumurta sayıları ile erkek ve dişilerinin yaşam süreleri belirlenmiştir.

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

Sentetik gübre, kontrol, arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulamalarına tabi tutulan patates bitkisi üzerinde beslenen zararlının gelişme ve üremesine yönelik olarak elde edilen veriler kullanılarak, popülasyon 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.

Analizler TWOSEX-MSChart (Chi, 2018a) programı kullanılarak yapılmış ve 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), her jenerasyon için çoğalma oranı yada yeni bırakılan yavrulardan elde edilen, canlı kalması beklenen, döl veren dişilerin ortalama sayısı olarak da ifade edilmektedir (Sharov, 2012).

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

Kalıtsal üreme yeteneği (r) Euler – Lotka formülüne göre iteratif biseksiyon metoduyla yaş 0'dan başlamak üzere (Goodman 1982) eşitliğine 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 bağlı 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. 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 bağlı olarak zararlıının popülasyon büyüme potansiyeli belirlenmiştir.

Popülasyon artışıındaki değişkenliği göstermek için, artış oranı sınırının (λ) 100.000 bootstrap sonucu, yüzde 2.5 ve 97.5 oranlarını, yani 2500. ve 97500. 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.

3.2.3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen *L. decemlineata*'nın tüketim oranının belirlenmesi

Bu denemede her uygulama için en az 40 saksıda bitki yetiştirilmiştir. Denemede kullanılan yapraklar farklı uygulamalara tabi tutulmuş saksılardaki bitkilerden rast gele alınmıştır. Bu yaprakların saplarına ıslatılmış pamuk sarılmış ve yaprakların bu kısımları içinde su bulunan tüplere yerleştirilmiştir (Şekil, 3.2).



Şekil 3.2. *Leptinotarsa decemlineata* 'nın beslendiği patates yaprakları.

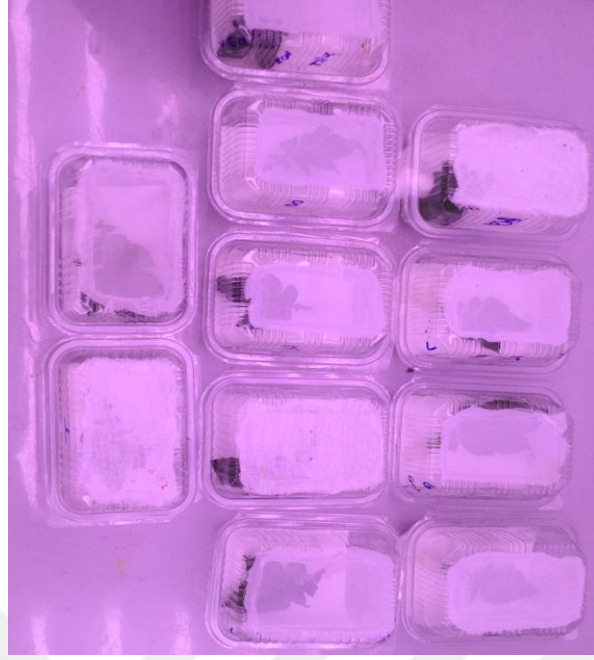
Denemede kullanılan bütün yaprakların yüzey alanı büyüklükleri LI-3000A portatif alanı ölçme cihazı (LiCor, Lincoln, NE) ile ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.3, Şekil 3.4). Daha sonra bu yapraklar üst yüzeyi şifon tül ile kaplı plastik kaplara alınmış (Şekil 3.5), yaprakların yarısı (20 yaprak *tunneliformis mosseae* uygulanmış bitkilerden, 20 yaprak sentetik gübre uygulanmış bitkilerden, 20 yaprak da kontrol uygulanmış bitkilerden) ve üzerine her birine tek birey olmak üzere *L. decemlineata* larva ve erginler salınmıştır. Yaprakların diğer yarısı ise gelişmelerini sürdürmeleri için tutulmuş, böylece tüketim oranlarının doğru hesaplanabilmesi için kontrol amaçlı kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Arbusküler mikorhiza uygulamasının *L. decemlineata*'nın beslenme kapasitesi üzerine etkisini ölçmek için kullanılan LI-3000A portatif yüzey alanı ölçme cihazı (LiCor, Lincoln, NE).



Şekil 3.4. Islak pamuklara sarılan patates yaprakları.



Şekil 3.5. *L. decemlineata*'nın beslenme kapasitesini belirlemek üzere kurulan denemede kullanılan plastik kaplar.

Denemelerde kullanılan yapraklar ile kontrol yapraklarının yüzey alanları plastik kaplardan alınır alınmaz ölçülerek kaydedilmiştir.

Yaprak tüketimi oranı, başlangıçtaki yaprak alanı değerinden 24 saat sonra ölçülen yaprak alanı değerinin çıkarılması ve çıkan değere kontrol yapraklarının doğal büyüme oranı değerinin ilave edilmesiyle hesaplanmıştır.

- Tüketim miktarı: $(B-S) + (KB-KS)$ şeklinde hesaplanmıştır
- B: başlangıçtaki yaprak alanı değeri
- S: 24 saat sonraki yaprak alanı değeri
- KB: kontrol yaprağının başlangıçtaki alan değeri
- KS: kontrol yaprağının 24 saat sonraki alan değeri

Denemeler sonunda her larva dönemi ile erginlerin tüketim oranı hesaplanarak çeşitli tüketim parametreleri oluşturulmuştur. Aşağıda gösterilen bu parametreler CONSUME MSChart (Chi, 2018c) programı kullanılarak elde edilmiştir.

Yaş ve döneme özgü tüketim oranı, x yaşında ve j dönemdeki bir bireyin tükettiği yaprak alanını ifade eder, Chi ve Yang (2003)'a göre hesaplanmıştır.

k_x : Yaşa özgü tüketim oranı, x yaşındaki bir birey tarafından tüketilen ortalama yaprak alanıdır.

$$k_x = \frac{\sum_{j=1}^{\delta} s_{xj} c_{xj}}{\sum_{j=1}^{\delta} s_{xj}}$$

q_x : Yaşa özgü net tüketim oranı, yaşa özgü tüketim oranının yaşa özgü canlılık oranı ile çarpılmasıyla elde edilmiştir.

$$q_x = k_x l_x$$

C_x : Kümülatif tüketim oranı, bir bireyin 0 yaşından x yaşına kadar tüketebileceği toplam yaprak alanıdır.

$$C_x = \sum_{x=0}^{\infty} q_x$$

Ayrıca tüketim verileri ile yaşam çizelgesi verilerinin kombinasyonu ile aşağıdaki parametreler de elde edilmiştir.

C_0 : Net tüketim oranı bir bireyin yaşamı sürecince tükettiği yaprak alanını ifade eder ve aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$C_0 = \sum_{x=0}^{\infty} q_x = \sum_{x=0}^{\infty} k_x l_x = \sum_{x=0}^{\infty} \sum_{j=1}^m s_{xj} c_{xj}$$

Q_p : Transformasyon oranı (dönüşüm oranı), bir dişinin bir yumurta üretmek için tüketmesi gereken yaprak alanını ifade eder.

$$Q_p = \frac{C_0}{R_0}$$

P_x : Kümülatif dönüşüm oranı, 0 yaşından x yaşına kadar yaşayan bir bireyin tükettiği yaprak alanının toplam yumurta sayısına dönüşümünü ifade eder.

$$P_x = \frac{R_x}{C_x}$$

R_x : Kümülatif net üreme oranı, bir bireyin ömrü boyunca üretebileceği ortalama yavru sayısıdır.

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

3.2.4. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisinin mineral içeriği ile *L. decemlineata*'nın gelişme, üreme ve beslenme kapasitesi arasındaki etkileşimin belirlenmesi

Denemeler sonunda her uygulama için bitkinin üst kısımlarından alınan toplam 50 yaprak mineral içeriği 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, Bor (B) ise çift asit ekstraksiyon yöntemi ile ICP de okunarak belirlenmiştir. Granola patates çeşidinin sentetik gübre ve arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkilerinin mineral içerikleri elde edildikten sonra zararlının gelişme, üreme ve tüketim kapasitesi arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile belirlenmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

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

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

Granola patates çeşidinin arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve sentetik gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın ergin öncesi gelişme süreleri (gün) ve ölüm oranlarına (%) ilişkin elde edilen veriler çizelge 4.1 de sunulmuştur. Çalışmada kullanılan Granola patates çeşidine AMF uygulamasının *L. decemlineata*'nın gelişmesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Zararının toplam gelişme süresinin AMF uygulanmış bitkiler üzerinde kontrol bitkileri ile sentetik gübre uygulanmış bitkilere göre önemli derecede uzadığı belirlenmiştir.

Zararının AMF uygulaması yapılan bitkiler üzerinde elde edilen ergin öncesi ölüm oranı, sentetik gübre uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın ergin öncesi gelişme süreleri (gün) ve ölüm oranları (%)

	n	Larva	Pupa	Toplam	Ergin Öncesi Ölüm
Sentetik Gübre	45	12.8±0.29b	11.9±0.30b	24.8±0.45c	17.8
AMF+Ç.G.	40	14.4±0.33a	12.7±0.39a	27.2±0.48a	19.6
Kontrol	38	13.1±0.30b	12.9±0.14a	25.9±0.53b	18.6

*Ç.G.= Çiftlik gübresi

4.1.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decelinaea*'nın ovipozisyon süreleri ile dişi ve erkek ömrü

Granola patates çeşidinin arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve sentetik gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde beslenen *L. decelinaea*'nın ovipozisyon süresi, bıraktığı yumurta sayısı ile dişi ve erkek ömür süreleri çizelge 4.2. de verilmiştir.

Ovipozisyon süresi bakımından uygulamalar arasında fark görülmüştür. Zararlıının sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen ovipozisyon süresi AMF uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden daha kısa bulunmuştur.

Arbusküler mikorhizal fungus uygulamasının bırakılan yumurta sayısı üzerinde etkili olduğu, AMF uygulanmış bitkiler üzerinde bırakılan yumurta sayısının, hem kontrol hem de sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen yumurta sayısı, kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden önemli derecede yüksek bulunmuştur.

Uygulamalara bağlı olarak elde edilen dişi ve erkek ömür süresine bakıldığında AMF uygulamasının dişi ömür süresine etkisi önemsiz bulunmuş, ancak erkek ömür süresi bakımından uygulamalar arasında farklılık görülmüştür. En kısa erkek ömür süresi kontrol bitkileri üzerinde elde edilmiştir.

Bitkilerin fitofag böceklere duyarlılığı böceklerin davranışsal tepkileri (konukçuyu bulma ve kabul etme), gelişimsel tepkileri (besinden yararlanma yeterliliği, gelişme, canlı kalma oranı) veya bunların kombinasyonu tarafından belirlenmektedir (Phelan ve ark., 1995). Bitkilerin besin içeriğinin farklı olması onlar üzerinde beslenen böceklerin davranışsal ve gelişimsel tepkilerini etkilediği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Clansy, 1992; Phelan ve ark., 1995, 1996; Busch ve Phelan, 1999; Beanland ve ark., 2003; Alyokhin ve Atlıhan, 2005). Konukçu bitkilerin besin içeriğindeki farklılıkların üreme üzerinde de etkili olduğu bilinmekte, yumurtalarını bırakmak için larvalarının iyi geliştiği ve maksimum düzeyde canlı kaldıkları konukçuları tercih ettiklerini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Atsatt, 1981; Courtney, 1981; Rausher, 1981, 1982; Singer, 1983, 1984; Smiley, 1978; Williams, 1983).

Çizelge 4.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın ovipozisyon süresi, bıraktığı yumurta sayısı ile dişi ve erkek ömür süreleri (gün)

Faktör	Ovipozisyon Süresi	Bırakılan	Yetişkin Ömrü	
		Toplam Yumurta sayısı	Dişi Ömrü	Erkek Ömrü
Sentetik Gübre	19.1±1.23b	261.2±41.07a	39.0±1.15a	38.0±2.57a
AMF+Ç.G.	23.0±0.93a	172.5±7.77c	38.3±1.38a	40.0±2.56a
Kontrol	22.8±0.71a	203.75±10.94b	37.6±0.85a	36.0±0.78b

*Ç.G.= Çiftlik gübresi

4.1.3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşam çizelgesi parametreleri

Granola patates çeşidinin arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve sentetik 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 analizleri popülasyon ekolojisinin temelini oluşturmakta ve bir popülasyonun üremesi, gelişmesi ve canlılık oranının belirlenmesi için en kapsamlı bilgileri sunmaktadır (Price, 1997; Ricklefs ve Miller, 1999). Yaşam çizelgesi parametrelerinden net üreme gücü (R_0), popülasyon dinamiğinin bir göstergesi olup (Richard, 1961; Varley 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 ark., 2004; Kumral ark., 2007). Karacaoğlu (2013), kalıtsal üreme yeteneğinin bir organizmanın gelişim hızına, doğurganlığına ve canlılık oranına bağlı olduğunu belirtmiştir. Zararlının net üreme gücü (R_0) sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde AMF uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden istatistiksel olarak daha yüksek 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 *Leptinotarsa decemlineata* popülasyonlarına etkisini yansıtan önemli göstergedir. Zararlının düşük kalıtsal üreme yeteneği değeri AMF uygulanmış bitkiler üzerinde beslenen popülasyonlardan elde edilmiştir. AMF uygulanmış bitkileri üzerinde elde edilen kalıtsal

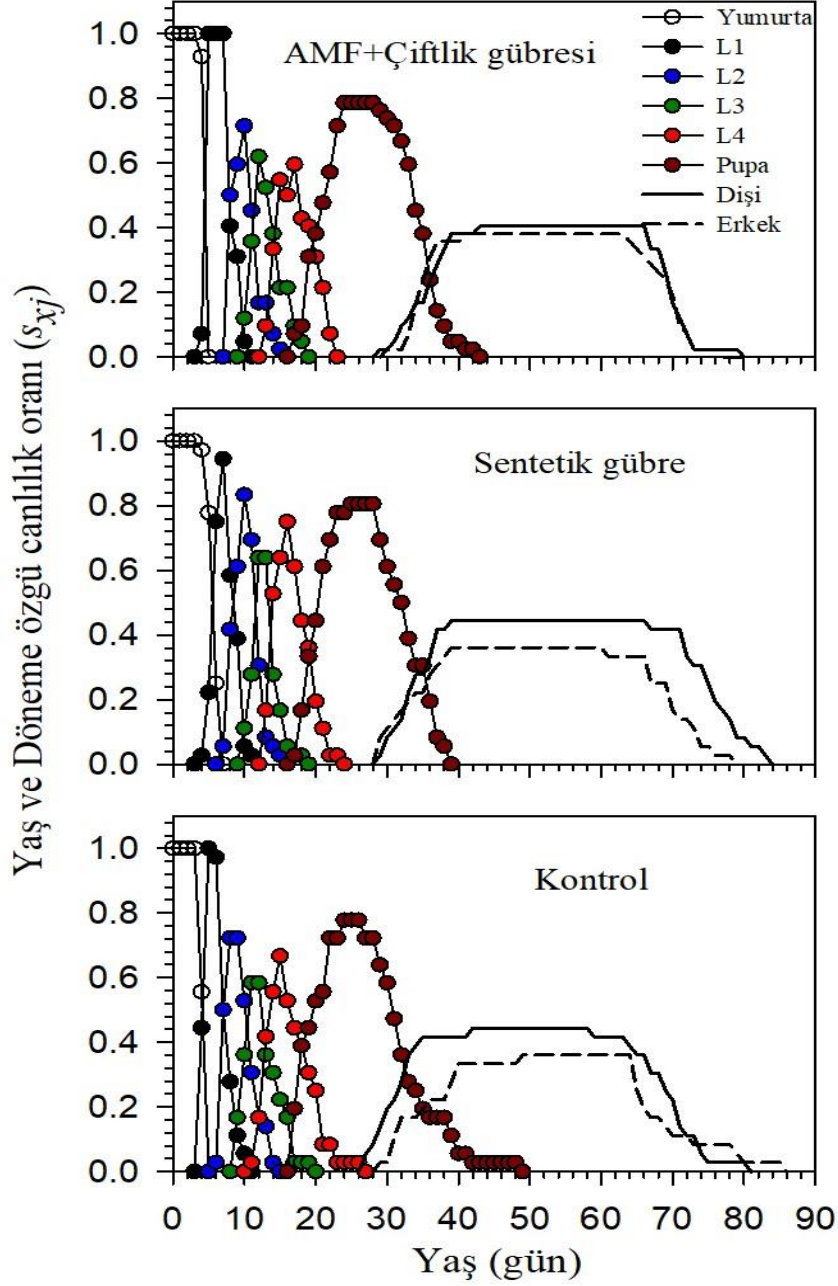
üreme yeteneği değeri kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden istatistiksel olarak farksız, sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden ise farklı bulunmuştur. Artış sınırı oranı (λ), kalıtsal üreme yeteneği ile aynı trendi göstermiştir. AMF uygulamasının zararlının ortalama döl süresi (T) üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4. 3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşam çizelgesi parametreleri, kalıtsal üreme yeteneği (r), popülasyonun artış sınırı (λ), net üreme gücü (R_0) ve ortalama döl süresi (T)

	r (Gün ⁻¹)	λ (Gün ⁻¹)	R_0 (Yumurta/döl)	T_0 (Gün)
Sentetik Gübre	0.114 ± 0.0107a	1.121 ± 0.0127a	97.84 ± 6.62a	40.1 ± 0.59a
AMF+Ç.G.	0.100 ± 0.0102b	1.105 ± 0.0122b	70.85 ± 4.59b	42.5 ± 0.63a
Kontrol	0.105 ± 0.0094b	1.111 ± 0.0116b	75.81 ± 5.66b	41.2 ± 0.46a

*Ç.G.= Çiftlik gübresi

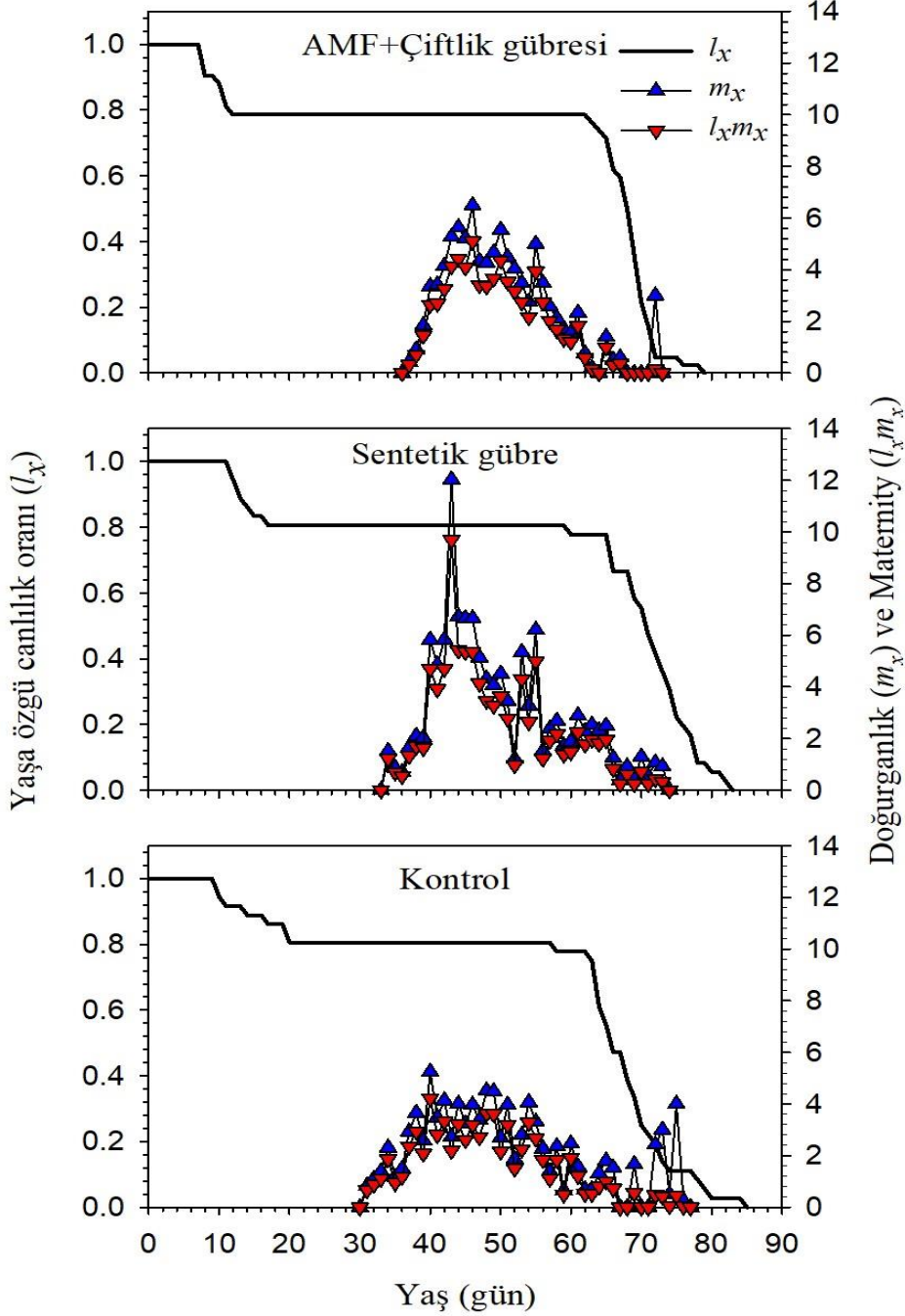
Granola patates çeşidinin arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve sentetik gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde her bir döneme özgü canlılık oranları ile dönemler arası geçişlerinin oranları ve süreleri (s_{xj}) ayrıntılı olarak şekil 4.1. de verilmiştir. Canlı kalma oranı (s_{xj}) yeni bırakılan bir yumurtanın x yaşına ve j dönemine kadar hayatta kalma olasılığını gösterir. Granola patates çeşidi üzerine henüz bırakılan bir *L. decemlineata* yumurtasının ergin döneme kadar canlı kalma olasılığı AMF (%81.4) uygulanmış bitkiler üzerinde diğer uygulamalara göre daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.1. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *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/üreme (m_x) ve yaşa özgü net üreme ($l_x m_x$) değerleri şekil 4.2 de gösterilmiştir. Yaşa bağlı canlılık oranı olarak bilinen l_x yeni bırakılmış bir yumurtanın x yaşına kadar canlı kalabilme olasılığını ifade eder ve farklı dönemlerde hayatta kalan tüm bireylerin birleşimi olarak hesaplanır. Farklı uygulamalara tabi

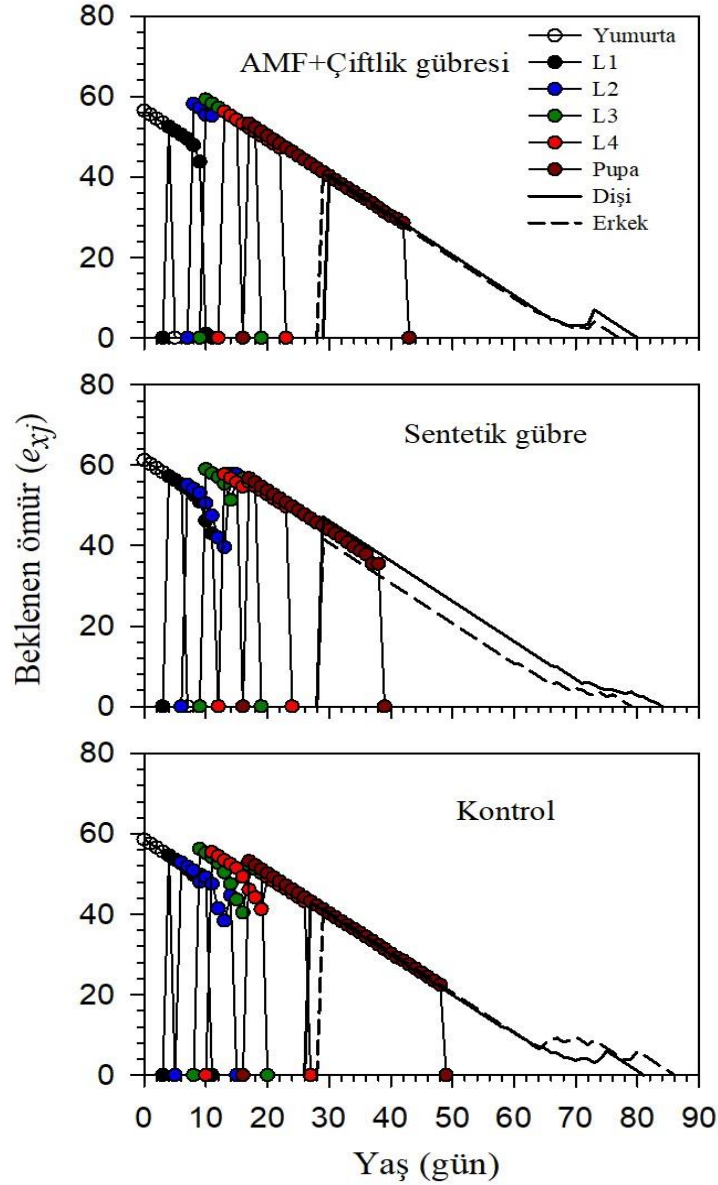
tutulmuş patates bitkisi üzerinde beslenen *L. decemlineata*'nın l_x eğrisi birbirine benzerlik göstermektedir. Zararlıının en yüksek m_x ve $l_x m_x$ değerleri sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), yaşa bağlı doğurganlık (m_x) ve yaşa özgü net üreme ($l_x m_x$) değerleri

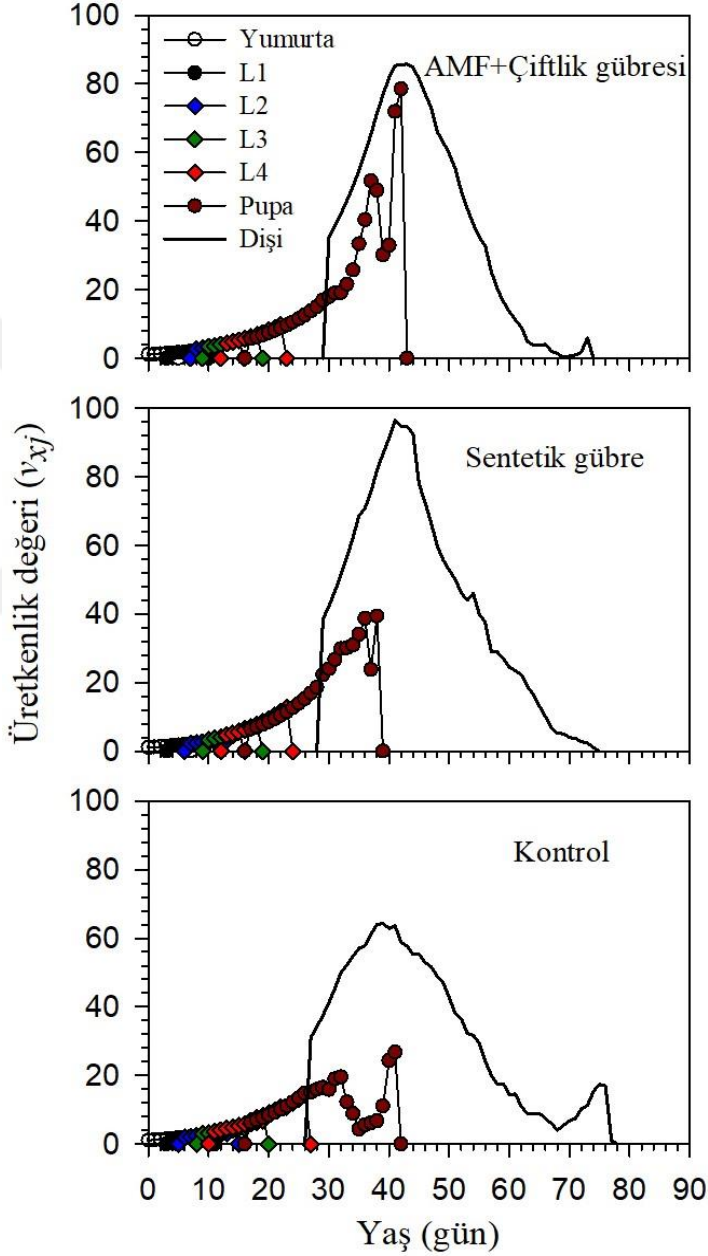
Leptinotarsa decemlineata'nın farklı uygulamalara tabi tutulmuş patates bitkisi üzerinde yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi (e_{xj}) Şekil 4.3.'te verilmiştir. Beklenen

ömür (e_{xj}), x yaşında ve j dönemindeki bir bireyin yaşaması beklenen süreyi ifade eder. Canlılık oranının bir fonksiyonu olarak hesaplanan beklenen ömür (e_{xj}) en kısa olarak arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulanmış bitkiler üzerinde görülmüştür. Denemeler iklim odalarında kontrollü koşullarda yürütüldüğünden ve böylece doğadaki ölüm faktörlerinin etkisi görülmediğinden tüm uygulamalarda *L. decelneata*'nın beklenen ömrü tedrici olarak azalmıştır.



Şekil 4.3. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decelneata*'nın yaş ve döneme bağlı beklenen yaşam süresi (e_{xj}).

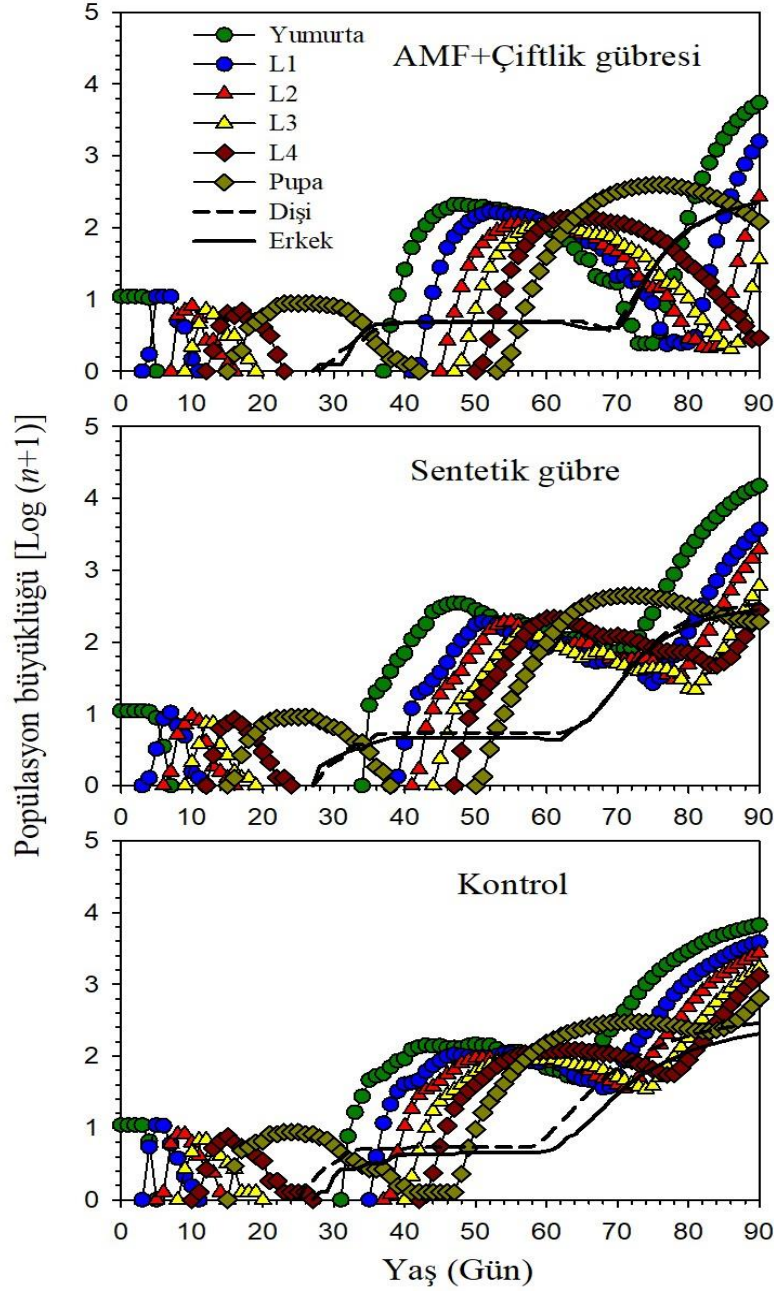
Farklı uygulamalara tabi tutulmuş *Leptinotarsa decelneata*'nın üreme değeri (v_{xj}) şekil 4.4'de verilmiştir. v_{xj} x yaşında ve j dönemdeki bir bireyin gelecek popülasyona katkısını gösterir. Yeni doğmuş bir bireyin üreme değeri tam anlamıyla popülasyonun artış sınırı (λ) ile aynıdır (Chi ve Su, 2006). *Leptinotarsa decelneata*'nın en yüksek üreme değeri sentetik gübre uygulanmış patates bitkileri üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decelneata*'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 zararlının 90 gün sonra ulaşacağı popülasyonun düzeyi hesaplanmıştır (Şekil 4.5). Zararlının arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulanan patates bitkisi üzerinde elde edilen popülasyon büyüklüğünün diğer uygulamalara göre daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek popülasyon büyüklüğü sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilmiştir.

Bitkilerin besin içeriğinin herbivor böceklerin besinden yararlanma yeterliliğini ve buna bağlı olarak böceklerin gelişme süresini, canlılık oranını üremelerini (Slansky 1993). ve sonuç olarak popülasyon gelişmesini etkilediği bilinmektedir (Scriber ve Slansky 1981, Slansky 1993). Bu çalışmada AMF uygulamasının bitkinin mineral düzeylerine ve bununla bağlantılı olarak *L. decemlineata*'nın popülasyon performansı ve beslenmesine etkisi araştırılmıştır. Bilindiği üzere toprak kökenli yararlı mikroorganizmalar bitki gelişimini artırmak ve bitkide uyarılmış sistemik dayanıklılığı teşvik etmek suretiyle etkili olmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde Rashid ve ark., (2017) *Arabidopsis* bitkisine endofit *Bacillus velezensis* YC7010 uygulanmasının önemli bir zararlı olan *Myzus persicae*'nin yoğunluğunu önemli derecede azalttığını belirlemişlerdir. Bu durumun bitkide Phytoalexin Deficient4 (PAD4) geninin ekspresyonunun artması, Botrytis-Induced Kinase1 (BIK1)'in ise baskılanması sonucunda uyarılmış savunmanın tetiklenmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada Battaglia ve ark. (2013)'de bitki gelişimini teşvik eden fungusların yaprak bitlerine karşı domates bitkisinin doğrudan ve dolaylı savunmaları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada domates (*Solanum lycopersicum* ('San Marzano nano') bitkisi, biyokontrol etmeni olarak *Trichoderma longibrachiatum* MK1 suşu, yaprak biti olarak *Macrosiphum euphorbiae* kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kontrol bitkiler ile karşılaştırıldığında, *T. longibrachiatum* MK1 uygulanmış bitkilerde Yaprak biti popülasyonunun daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 4.5. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon projeksiyon sonuçları.

4.2. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaprak tüketimi

Leptinotarsa decemlineata'nın birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü larva dönemleri ile erginlerinin; arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve sentetik gübre uygulanmış bitkileri ile kontrol bitkileri üzerinde yaprak tüketim oranı Çizelge 4.4'de verilmiştir.

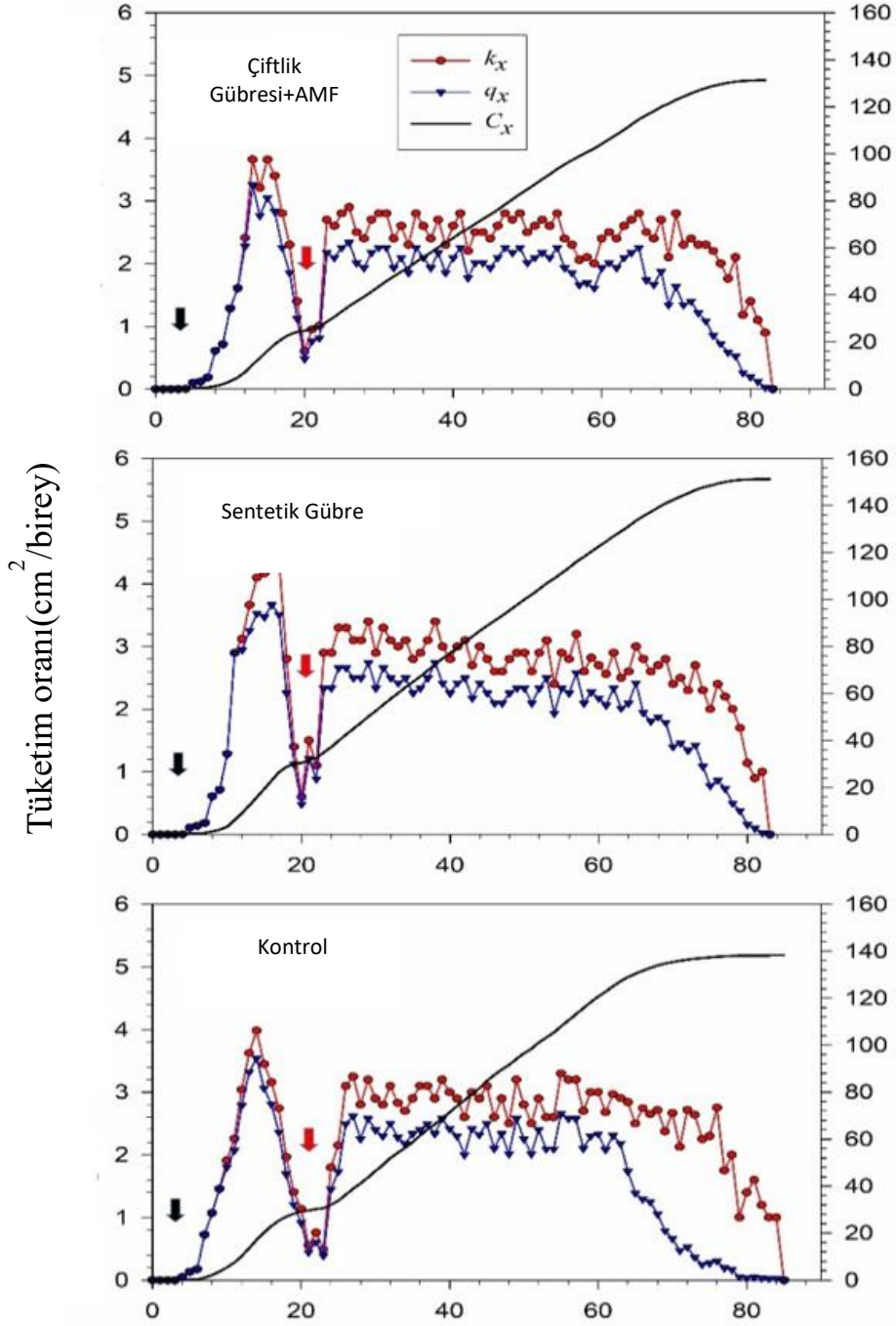
AMF uygulamasının zararlının birinci ve dördüncü larva dönemleri ile erginlerinin tüketim miktarı üzerinde etkili olduğu görülmüş ve söz konusu dönemlerde AMF uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen tüketim miktarı sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilenden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca *L. decemlineata*'nın birinci larva döneminde AMF uygulanmış bitkiler üzerinde elde yaprak tüketim miktarı kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaprak tüketim oranları (cm²)

	Sentetik Gübre	AMF+Ç.G.	Kontrol
Larva 1	0.42 ±0.02a	0.32 ± 0.02b	0.39 ± 0.03a
Larva 2	3.20 ± 0.05a	3.09 ± 0.04a	3.29 ± 0.07a
Larva 3	10.33 ± 0.93a	9.04 ±1.02a	9.504 ± 0.89a
Larva 4	22.68 ±1.34a	18.79 ±1.12b	20.88 ± 1.42ab
Ergin	151.24 ±7.88a	132.12 ±6.13b	138.3 ±8.92ab

*Ç.G.= Çiftlik gübresi

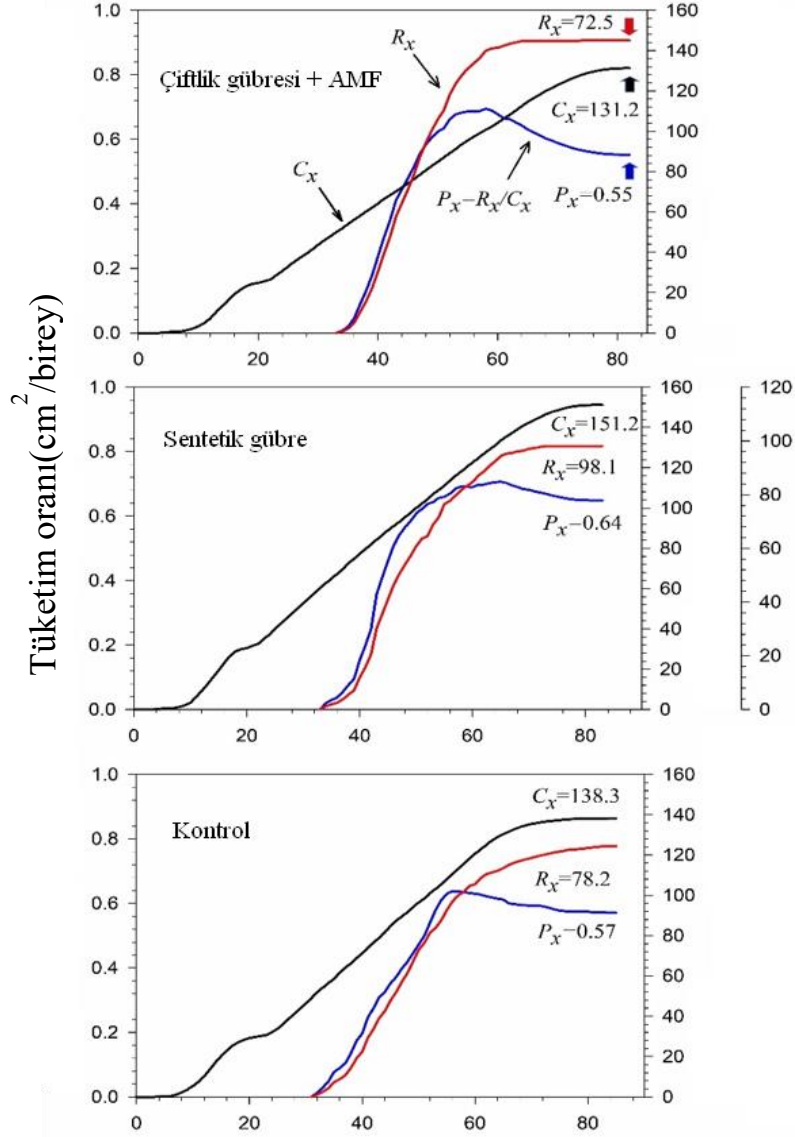
Üç farklı uygulamaya (kontrol, AMF ve sentetik gübre) tabi tutulmuş patates bitkileri üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşa bağlı tüketim oranı (k_x), yaşa bağlı net tüketim oranı (q_x) ve kümülatif tüketim oranı (C_x) Şekil 4.6.'da verilmiştir. Siyah ok ile gösterilen kısım yumurta dönemi, kırmızı okla gösterilen kısım pupa dönemidir. Bu dönemlerde yaprak tüketimi olmamasından dolayı tüketim miktarında keskin düşüşler meydana gelmiştir. *L. decemlineata* 'nın yaşa bağlı tüketim oranı ve yaşa bağlı net tüketim oranı larva döneminden pupa dönemine geçişlerde azalmaya başlamış fakat daha sonra erginlerin ortaya çıkışı ile tekrar artış göstermiştir. Böceğin canlılık oranı düştükçe net tüketim oranı (q_x) ona bağlı olarak kademeli bir şekilde azalmıştır. En yüksek kümülatif tüketim oranı (C_x) sentetik gübre uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşa bağlı tüketim oranı (k_x), yaşa bağlı net tüketim oranı (q_x) ve kümülatif tüketim (C_x) oranı.

Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşa bağlı kümülatif tüketim oranı (C_x), kümülatif net üreme oranı (R_x) ve transformasyon oranı (P_x). Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Kümülatif dönüşüm oranı (P_x), x yaşına kadar yaşayan bir bireyin tükettiği yaprak alanının toplam

yumurta sayısına dönüşümünü ifade eder. Dönüşüm oranı (P_x), üreme başlangıcından sonra önemli ölçüde artmış, daha sonra yaşa özgü doğurganlığın azalmasıyla birlikte azalmıştır. Zararlının kümülatif dönüşüm oranı, arbusküler mikorhizal fungus (AMF) ve sentetik gübre uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde sırasıyla 0.55, 0.64, 0.57 olarak bulunmuştur. Zararlının AMF uygulanan patates bitkisi üzerinde kümülatif net üreme değeri diğer uygulamalara göre daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4.7. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaşa bağlı kümülatif tüketim oranı (C_x) kümülatif net üreme oranı (R_x) ve transformasyon oranı (P_x).

Farklı uygulamalara tabi tutulmuş Granola patates çeşidi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın yaprak tüketim oranları (cm²) Çizelge 4.5'te verilmiştir. Sentetik gübre ve arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde *L. decemlineata*'nın tükettiği net yaprak alanı sırasıyla 197.36, 151.66, 177.23 cm² olarak belirlenmiştir. Zararlının AMF uygulanan patates bitkisi üzerindeki yaprak tüketim alanı diğer uygulamalara göre daha düşük bulunmuştur. AMF uygulanmış bitkiler üzerinde zararlının transformasyon (dönüşüm) oranı diğer uygulamalara göre daha yüksek bulunmuştur. Diğer bir deyişle *L. decemlineata*'nın bir yumurta üretmek için AMF uygulanmış bitkilerin yapraklarından daha fazla tüketmesi (1.81 cm²) gerekmektedir. Buradan AMF uygulamasının bitkinin içeriğinde değişikliklere yol açarak zararlının üremesi için daha elverişsiz hale gelmesine yol açtığı çıkarımı yapılabilir. Zararlının tüketim sınırı (ω) değeri 1.28 cm²/gün ile AMF uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata* 'nın yaprak tüketim oranları (cm²)

	Sentetik Gübre	AMF+Ç.G.	Kontrol
Net Tüketim Oranı (C_o)	197.36±11.92a	151.66±11.23c	177.23±9.11b
Transformasyon Oranı (Q_p)	1.55±0.058c	1.81±0.061a	1.77±0.056b
Tüketim Sınırı (ω)	1.42±0.056	1.28±0.061	1.59±0.058

*Ç.G.= Çiftlik gübresi

Tüketilen besinin miktarı ve kalitesi herbivor böceklerin gelişme, canlılık oranı, üremeleri ve bunlara bağlı olarak popülasyon gelişmeleri üzerinde önemli etkiye sahiptir (Scriber ve Slansky 1981, Slansky 1993). Jaber ve Vidal (2010) yaptıkları çalışmada, endofitik fungus *Acremonium strictum* uygulanmış *Vicia faba*'nın *Helicoverpa armigera*'nın beslenmesini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Bu olumsuz etkilerin sonraki nesillere taşındığı, larvalar suni besin ile beslenilse bile etkinin devam ettiği belirtilmiştir. Alyokhin ve Atlıhan (2005) *L. decemlineata*'nın organik ve kimyasal (konvansiyonel) üretim sistemlerinde yetiştirilen patates bitkilerindeki tüketimini karşılaştırdıkları çalışmada, zararlının birinci ve dördüncü larva dönemleri ile erginlerinin organik üretim sisteminde yetiştirilen patates yaprakları üzerindeki tüketiminin konvansiyonel üretim sisteminde yetiştirilen patates yapraklarına göre daha az olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuç, bizim bulgularımızı destekler niteliktedir.

4.3. Farklı uygulamalara (AMF, sentetik gübre, kontrol) tabi tutulmuş patates bitkisinin mineral içeriği ile *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme, üreme ve beslenme kapasitesi arasındaki etkileşim

Farklı uygulamalara (kontrol, AMF ve sentetik gübre) tabi tutulmuş patates bitkilerinden alınan patates yapraklarındaki makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Zn, Cu, Mn, B) mineral içerikleri çizelge 4.6'da verilmiştir. Sentetik gübre uygulanmış patates bitkilerinin yapraklarında ki azot oranı arbusküler mikorhizal fungus (AMF) uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden daha yüksek bulunmuştur.

AMF uygulanmış patates bitkilerinin yapraklarındaki fosfor oranı, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli olmasa da, sentetik gübre uygulanmış bitkiler ile kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca bu bitkilerdeki demir (Fe) oranı kontrol bitkilerine göre, bor (B) oranı ise hem sentetik gübre uygulanmış bitkiler hem de kontrol bitkilerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Farklı uygulamalara (AMF, sentetik gübre, kontrol) tabi tutulmuş Granola patates çeşidi yapraklarının mineral konsantrasyonu (Makro elementler: Ortalama + S.H, % kuru ağırlık Mikro elementler: Ortalama ± SH, ppm)

MİNERAL	SENTETİK GÜBRE	AMF + Ç.G*	KONTROL
N (%)	4.38 ± 0.142a	4.18 ± 0.112b	4.26 ± 0.134b
P (%)	0.586 ± 0.031a	0.614 ± 0.027ab	0.563 ± 0.035b
K (%)	4.173 ± 0.183a	3.873 ± 0.143a	4.240 ± 0.132a
Ca (%)	1.352 ± 0.165a	1.292 ± 0.165a	1.328 ± 0.210a
Mg (%)	0.862 ± 0.116a	0.846 ± 0.071a	0.891 ± 0.103a
Fe (mg.kg ⁻¹)	146.061 ± 9.133a	144.028 ± 15.919a	113.131 ± 7.044b
Zn (mg.kg ⁻¹)	41.231 ± 2.328a	37.170 ± 4.545a	33.955 ± 1.868a
Cu (mg.kg ⁻¹)	19.768 ± 2.451a	20.569 ± 1.586a	20.040 ± 2.071a
Mn (mg.kg ⁻¹)	89.776 ± 6.576a	89.776 ± 6.576a	96.241 ± 8.634a
B (mg.kg ⁻¹)	43.472 ± 7.881b	69.741 ± 7.881a	47.00 ± 1.967b

*Ç.G.= Çiftlik gübresi

Analizler sonucunda uygulamalara bağılı olarak patates yapraklarındaki konsantrasyon düzeyi önemli derecede farklı bulunan minerallerin *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme süresi, üreme ve tüketim kapasitesine etkisini belirlemek için çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Çoklu regresyon analiz sonuçları yapraklardaki mineral konsantrasyon düzeyinin zararlının gelişme süresi, üreme ve tüketimini etkilediğini göstermiştir. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş patates bitkisinin yapraklarındaki mineral konsantrasyon ile *L. decemlineata*'nın gelişme süresi ve üremesi etkisine ilişkin regresyon analizi sonuçları Çizelge 4.7.'de, beslenmesine etkisine ilişkin sonuçlar ise Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Analiz sonuçları fosfor ve borun zararlının gelişme ve üremesini negatif yönde etkilediğini göstermiştir. Patates yapraklarındaki mineral konsantrasyonun zararlının gelişme süresinde görülen varyasyona etkisinin %38, üremesinde görülen varyasyona etkisinin ise %40 oranında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.7. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme süresi ve üremesine etkisine ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları

Mineral	Parametre Tahminleri				Model ANOVA				
	b	S.E.	t	P	d.f	F	P	R ²	
Gelişme Süresi	P	-336	78.15	1.86	0.042	9	2.21	0.0292	0.38
	Fe	4.20	6.10	-1.38	0.282				
	B	-436	34.22	1.74	0.036				
Üreme	P	-615	143	-1.79	0.041	9	3.63	0.0171	0.40
	Fe	415	192	2.48	2.52				
	B	-415	92	-1.93	0.044				

Regresyon analizi sonuçları patates yapraklarındaki mineral konsantrasyon düzeyinin zararlının birinci ve dördüncü larva dönemlerinin beslenmesi üzerinde etkili olduğunu, fosfor ve bor minerallerinin zararlının her iki döneminin de beslenmesini olumsuz yönde etkilediğini göstermiştir.

Patates yapraklarındaki mineral konsantrasyonun zararlının birinci ve dördüncü dönem larvalarının tüketim kapasitesinde görülen varyasyona etkisinin sırasıyla %41 ve %34 oranında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde konukçu bitkilerin mineal konsantrasyonlarının bu bitkiler üzerinde beslenen herbivor böcekler üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir (Busch ve Phelan, 1999; Beanland vd., 2003; Alyokhin ve ark. 2005). Alyokhin ve ark. (2005) organik ve kimyasal (konvansiyonel) üretim sistemlerinde yetiştirilen patates yapraklarındaki mineral konsantrasyonunun *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyonunda görülen varyasyona etkisinin %40 - % 57 oranında olduğunu, Bor elementinin zararlının gelişme ve üremesi üzerinde önemli derecede negatif etki gösterdiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.8. Farklı uygulamalara tabi tutulmuş (sentetik gübre, kontrol, AMF) patates bitkisi ile beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın beslenmesine etkisine ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları

	Mineral	Parametre Tahminleri				Model ANOVA			
		B	S.E.	t	P	d.f	F	P	R2
Birinci Dönem Larva	P	-342	66.18	1.77	0.068				
	Fe	4.20	1.10	-1.38	0.282	9	2.21	0.0292	0.41
	B	-436	34.22	1.74	0.028				
	P	-615	103	-1.79	0.082				
Dördüncü Dönem Larva	Fe	415	112	2.48	2.52	9	3.63	0.0171	0.34
	B	-415	88	-1.93	0.064				

SONUÇ

Çalışma sonucunda arbusküler mikorhizal fungus uygulamasının patates yapraklarındaki bazı minerallerin düzeyinde değişikliğe yol açtığı ve bu bitkiler üzerinde beslenen *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon artış performansı ile beslenmesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Çalışmada elde edilen en önemli sonuçlar arbusküler mikorhizal fungus kullanımının zararlının gelişme süresinin uzamasına, üremesinin ve yaprak tüketiminin azalmasına yol açtığıdır. Bu durumda AMF uygulanmış bitkilerin *L. decemlineata* zararını tolere edebilme potansiyelinin artabileceği sonucuna varılabilir. AMF uygulanmış bitkiler üzerinde *Leptinotarsa decemlineata*'nın gelişme süresinin uzaması bu zararlının daha çok erken dönemlerinde etkili olan *Bacillus thuringiensis* kökenli insektisitlerin kullanımına ve daha etkili olmalarına, ayrıca doğal düşmanların etkisinin de artmasına olanak sağlayabilecektir. Bu da mücadelede kullanılan kimyasal ilaç miktarının azalmasına ve zararlının kimyasallara daha uzun sürede dayanıklılık geliştirmesine yol açabilecektir. *L. decemlineata* üzerindeki olumsuz etkilerine rağmen AMF uygulamasının kimyasal ilaçlara alternatif olamayacağı ve tek başına zararlıyı kontrol etmede etkili olamayacağı açıktır. Bu nedenle bu toprak kökenli yararlı mikroorganizmalara *L. decemlineata*'ya karşı hazırlanacak olan entegre zararlı yönetim programlarında yer verilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Abed, M.M. and B. Demirhan, 2018. Patates Bitkisine (Solanum tuberosum L.) Genel Bir Bakış. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(1): 1-9.
- Alyokhin, A. and Atlihan.R. 2005. 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 response to soil amendments: a case in support of the mineral balance hypothesis? *Agric. Ecosystems Environ.* 109: 234-244.
- Anonim 2015. <http://bit.ly/1Uojn1b> Erişim:08 Ekim 2009.
- Anonim, 2009. Nutritiondata. <http://bit.ly/1PbKFsI>, Erişim:02 Ekim 2009.
- Anonim, 2012. Dünyada Patates Üretim Alanları ve Üretim Miktarı. <http://www.fao.org/>. Erişim tarihi: 03.01.2014.
- Arancon NQ, Galvis P, Edwards C. 2004. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. *Biores. Technol.* 96:1137-42.
- Arcak, S., Güder, N., 2004. Biyolojik Gübrelemenin Sürdürülebilir Ekosistemdeki Önemi. *Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi*, 11-13 Ekim 2004, Tokat 837-844.
- Arioğlu, HH. 2002. *Nişasta ve Şeker Bitkileri Ders Kitabı*. Genel Yayın No:188, Ders Kitapları Yayın No:A-57. Adana, s. 234.
- Arioğu, H., Çalışkan, M.E., Onaran, H., 2006. Türkiye’de Patates Üretimi, Sorunları Ve Çözüm Önerileri, IV. Ulusal Patates Kongresi Bildiriler Kitabı, 1-10, <http://bit.ly/1NYFsEm>, Erişim:13 Mayıs 2016.
- Atsatt, P. R. 1981. Ant-dependent food plant selection by the mistletoe butterfly *Ogyris amaryllis* (Lycaenidae) , *Oecologia* 48:60-63.
- 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.
- 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 (10): 1249-1256.
- Beanland, L., Phelan, P.L., Salminen, S., 2003. Micronutrient interactions on soybean growth and the developmental performance of three insect herbivores. *Environ Entomol.* 32: 641-651.
- Bergmann. W., 1992. Nutritional Disorders of Plants. *Development, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena*, Stuttgart, New York.
- Berksan, Ö.F., *Patates Tarımı Kâr Tarım*. 2002, Ankara.
- Bolan, N.S. 1991. A Critical Review on the Role Mycorrhizal Fungi in the Uptake of Phosphorus by Plants. *Plant and Soil*, 134: 189 - 207.
- 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.
- 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: 2634.
- Chi, H. 2005. TWSEX-MSChart: *Computer Program For Agestage, Two-Sex Life Table Analysis*. National Chung Hsing

- Chi, H. and H. Liu. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Acad. Sin. *Bull. Inst. Zool.* **24**: 225-240.
- Chi, H., Su, H.Y., 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology*, **35**: 10–21.
- Clancy, K. M. 1992. Response of western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) to increased nitrogen in artificial diets. *Environ. Entomol* **21**: 331-344.
- Courtney, S. P. 1981. “Co evolution of pierid butterflies and their cruciferous food plants. III. *Anthocharis cardamines* (L.). Survival, development and oviposition on different host plants”, *Oecologia* 51:91-96.
- Çalışkan, M.E., Karaat, F.E., Çelen, H., 2011. Türkiye ve Bazı Ülkelerin Tohumluk Patates Üretim ve Sertifikasyon Sistemlerinin Karşılaştırılması, *Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi Conference* Haziran 2011. Samsun 14-17.
- Delate, K., Friedrich, H., Lawson, V. 2003. Organic pepper production systems using compost and cover crops. *Biol. Agric. Hort.* **21**, 131-150.
- Demir, S. 1998. *Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikorrhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar*. Ege Üniv. Fen Bilimleri Enst. Bitki koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 114 s. İzmir
- Demir, S. Levent, R. 2002. Reactions of Different Potato Cultivars Against to Early Blight Disease, *The Journal of Turkish Phytopathology*, **31**(2), 97-103.
- Efron, B., and R. J. Tibshirani. 1993. *An introduction to the bootstrap*. Chapman & Hall, New York, NY.
- FAO. New light on a hidden treasure 2008; Available from: <http://www.fao.org/potato2008/pdf/IYPbook-en.pdf> .(Erişim Tarihi: 29.03.2018).
- 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.
- 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.
- Goodman, D., 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *Am. Nat.* **119**: 803-823.
- Günel, E., Çalışkan, M.E., Kuşman, N., Tuğrul, K.M., Yılmaz, A., Ağırnaslıgil, T. ve Onaran, H., 2010. Nişasta ve Şeker Bitkileri Üretimi, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı, 377-395, Ankara, <http://bit.ly/ITSiKhO> , Erişim:14 Mayıs 2016.
- Hayman, D. 1982. Influence of Soils and Fertility on Activity and Survival Vesicular - Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Phytopathology*, **72**: 1119 - 1126.
- Hayman, D., Mosse, B. 1972. Plant Growth to Vesicular - Arbuscular Mycorrhiza. III Increased Uptake of Labille P from Soil. *New Phytol*, **71**: 41 - 47.
- Huang, Y. B., and Hsin Chi. 2012. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. *Insect Sci.* **19**: 263–273.
- Huber, D.M., Graham, R.D., 1999. The Role of Nutrition in Crop Resistance and Tolerance to Disease. Mineral Nutrition of Crops: *Fundamental Mechanisms and Implication*. **S 169-204**.
- Jaber, L.R. and Vidal, S. (2009) Interactions between an endophytic fungus, aphids and extrafloral nectaries: do endophytes induce extrafloral-mediated defences in *Vicia faba* Funct. *Ecol.* **23**, 707–714

- Jasper, D.A., Robson, A.D., Abbott, L.K. 1979. Phosphorus and the Formation of Vesicular - Arbuscular Mycorrhizas. *Soil Biology and Biochemistry*, **11**: 501 - 505.
- Kacar, B., 1984. *Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*: 900, Uygulama Kılavuzu: 214, Ankara, 140s.
- Karacaoğlu, Ç., 2013. Popülasyonun yapısı 6. Bölüm <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~cagasan/Er>. Tar.: 10.06.2013
- Kumral, N. A. Kovanci, B., Akbudak, B., Environ, B. 2007. Life Tables of the Olive Leaf Moth, *Palpitaunionalis*(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.
- 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.
- Meyer, J.S., Ingersoll, C.G., McDonald, L.L., and Boyce, M.S. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques. *Ecology* **67**: 1156-1166.
- 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.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., Schonbeck, F., and Weber, A., 1994. *Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 808 pp.
- Onaran, H., L. Ünlünen, and A. Doğan, *Patates tarımı, sorunları ve çözüm yolları*. Patates Araştırma Enstitüsü, Niğde, 2000.
- Özgökçe M. S., Atlıhan, R., 2005. Biological Features and Life Table Parameters of the Mealy Plum Aphid *Hyalopterus pruni* on Different Apricot Cultivars. *Phytoparasitica* **33**:7-14.
- Phelan, P. L., 1997. Soil-management history and the role of plant mineral balance 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. F., 1996. Soil management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. *Environ. Entomol.* **25**: 1329-1336.
- 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 Deficient in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*, **8** 211.
- Rausher, M. D. 1981. Host plant selection by *Battus philenor* butterflies: the roles of predation, nutrition, and plant chemistry. *Ecol. Monogr.* **51**:1-20.
- Ricklefs, R.E., Miller, G.L., 1999. *Ecology*. 4th Edn. W. H. Freeman and Company, New York, 292-293.

- Richard O. W. 1961. The theoretical and practical study of natural insect populations, *Annu Rev Entomol* **6**: 147-162.
- Scriber, J.M. ve Slansky, F. 1981. The nutritional ecology of immature insects, Ann. Rev. *Entomol.* **26**: 183-211
- Singer, M. C. 1983. Determinants of multiple host use by a phytophagous insect population, *Evolution* **37**:389-403.
- Slansky, F. 1993. Nutritional ecology: The fundamental quest for nutrients, p.29-91. In N.E. Stamp& T.M. Casey (eds.), Caterpillars. *Ecological and evolutionary constraints on foraging*. New York'', Chapman&Hall, 587p.
- Smiley, J. T. 1978. Plant chemistry and the evolution of host specificity: New evidence from Heliconius and Passiflora, *Science* **201**:745-47.
- Smith, S.E., Robson, A.D. and Abott, L.K. 1992. The Involvement of Mycorrhizas in Assesment of Genetically Dependent Efficiency of Nutrient Uptake and Use. *Plant and Soil*, **146**: 169 - 172.
- Tarafdar, J.C., Rao, A.V. 1997. Mycorrhizal Colonization and Nutrient Concentration of Naturally Grown Plants on Gypsum Mine Spoils in India. *Agric.Ecosys. and Environ.* **61**: 13 - 18.
- Tisdall, J.M. 1994. Possible Role of Soil Microorganisms in Aggregation in Soils. *Plant and Soil*, **159**: No: 1 p. 115 - 123.
- 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 *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistulosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. *Applied Soil Ecology*. **11**: 245-251.
- Williams, K. S. 1983. The coevolution of Euphydryaschalcedona butterflies and their larval hostplants, *III. Oviposition behavior and hostplant quality*..
- Yabaş, C., Ulubilir, A., Canhilal, R., 1995. Patates böceği *Leptinotera decemlineata* (col.:chrysomelidae)]'nın biyolojik mücadelesi üzerinde bazı araştırmalar, *Bitki koruma bülteni cilt 35*, no 3-4.
- 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.
- Yıldız, A. 2009. Mikoriza ve Arbüsküler Mikoriza Bitki Sağlığı İlişkileri, Adnan Menderes Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*. **6**:1.101.

ÖZ GEÇMİŞ

1987 yılında Iğdır'da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da Mustafa Zeki DEMİR İlköğretim Okulu'nda tamamladıktan sonra lise öğrenimine ise Mevlana Lisesi'nde devam etmiştir. 2007-2009 Yıllarında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Özalp Meslek Yüksek Okulu'nda Gıda Teknolojisi Bölümü'nden mezun olmuştur. 2010-2013 yıllarında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesini Bitki Koruma Bölümü'nü okuyup, bitirmiştir. 2013 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamış olup 2019 yılında mezun olmuştur.

