

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

***Trichoderma asperellum* UYGULANMIŞ PAMUK BİTKİSİ ÜZERİNDEKİ
Spodoptera exigua'nın POPÜLASYON PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ayşenur GÜLTEKİN
DANIŞMAN: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN

VAN-2022

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

***Trichoderma asperellum* UYGULANMIŞ PAMUK BİTKİSİ ÜZERİNDEKİ
Spodoptera exigua'nın POPÜLASYON PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ayşenur GÜLTEKİN

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 219O359 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2022

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Remzi ATLIHAN danışmanlığında, Ayşenur GÜLTEKİN tarafından sunulan “*Trichoderma asperellum* Uygulanmış Pamuk Bitkisi Üzerindeki *Spodoptera exigua*'nın Popülasyon Performansının Belirlenmesi” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 19/ 04/ 2022 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: Prof. Dr. Mehmet Salih ÖZGÖKÇE

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Cevdet KAPLAN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun / / 2022 tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza
Prof. Dr. Harun AKKUŞ
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 bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ayşenur GÜLTEKİN



ÖZET

***Trichoderma asperellum* UYGULANMIŞ PAMUK BİTKİSİ ÜZERİNDEKİ *Spodoptera exigua*'nın POPÜLASYON PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

GÜLTEKİN, Ayşenur
Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN
Mayıs 2022, 53 sayfa

Kimyasal mücadele zararlı sorunlarına uzun vadeli bir çözüm sağlayamadığı için alternatif yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Belirli toprak kaynaklı mikroorganizma türleri, doğrudan ve bitki aracılı mekanizmalar yoluyla, bitki büyümesi, sağlığı ve direnci üzerinde faydalı etkilere sahiptir. Bunlar arasında *Trichoderma* türleri son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu tez çalışması, yerel bir *Trichoderma* türü olan *Trichoderma asperellum*'un Çizgili yaprak kurdu, *Spodoptera exigua* (Huebner) (Lep., Noctuidae)'nın popülasyon büyüme parametreleri üzerine bitki aracılı etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışma sonucunda *T. asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilediği ve bitkilerdeki besin elementi konsantrasyonlarını artırdığı görülmüştür. Kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, *T. asperellum* uygulanmış pamuk bitkileri üzerinde beslenen *S. exigua* bireylerinin ergin öncesi gelişme süresi daha uzun, canlılık oranı daha düşük ve bıraktıkları toplam yumurta sayısı önemli ölçüde düşük bulunmuştur. *T. asperellum* uygulamasının zararlının biyolojik özellikleri üzerindeki etkisi, bu özellikler kullanılarak hesaplanan yaşam tablosu parametrelerine de yansımıştır. Zararlının *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen kalıtsal üreme yeteneği (r), popülasyon artış sınırı (λ) ve net üreme gücü (R_0) değerleri kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden önemli ölçüde düşük, ortalama döl süresi (T) değeri ise önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçların, *T. asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin gelişim parametreleri ve çeşitli minerallerin konsantrasyonunda yol açtığı değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Pamuk, *Spodoptera exigua*, *Trichoderma asperellum*.



ABSTRACT

DETERMINATION OF PLANT MEDIATED EFFECTS OF SOIL AMENDMENT USING *Trichoderma asperellum* on *Spodoptera exigua*

GÜLTEKİN, Ayşenur

M. Sc. Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Remzi ATLIHAN

May 2022, 53 pages

Alternative approaches are desperately needed because chemical control can not provide a long-term solution to pest problems. Through direct and plant-mediated mechanisms, certain types of soil-borne microorganisms have beneficial effects on plant growth, health, and resistance. Among them, *Trichoderma spp.* have gained great importance in recent years. This thesis study aims to determine the plant-mediated effects of *Trichoderma asperellum*, a local *Trichoderma* species, on population growth parameters of Beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Huebner) (Lep., Noctuidae). As a result, it was seen that the application of *T. asperellum* positively affected the growth parameters of the cotton plant and increased nutrient uptake of the plants. Compared to those fed on control plants, *S. exgiua* individuals fed on cotton plants treated with *T. asperellum* had a longer pre-adult development time, lower survival rate, and a significantly lower total number of eggs laid. The effect of *T. asperellum* application on the biological traits of the pest was also reflected in the life table parameters calculated by using these traits. The intrinsic rate of increase (r), the finite rate of increase (λ), and the net reproductive rate (R_0) values of the pest obtained on *T. asperellum*-treated plants were significantly lower than those obtained on control plants, while the mean generation time (T) value was significantly higher. It is speculated that these results are due to the changes in the growth parameters of the cotton plant and the concentration of various minerals caused by the application of *T. asperellum*.

Keywords: Cotton, *Spodoptera exigua*, *Trichoderma asperellum*.



ÖN SÖZ

Tez çalışmam süresince, sabırlı ve anlayışlı tavrını, yakın ilgisini ve yol göstericiliğini hep hissettiğim danışman hocam Prof. Dr. Remzi ATLIHAN'a, katkılardan dolayı Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK'a ayrıca projenin hayata geçmesinde finansal desteği nedeniyle 2190359 no'lu proje olarak destek veren TÜBİTAK Araştırma grubuna, çalışmanın her aşamasında bilgisi, ilgisi ve yardımıyla yanımda olan araştırma görevlisi Mehmet Ramazan RİŞVANLI'ya çalışma süresince yardımlarından dolayı Oktay CALAYIR'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

2022

Ayşenur GÜLTEKİN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	7
2.1. Bitki Gelişimini Artıran Yararlı Mikroorganizmalarla İlgili Yapılan Çalışmalar.....	7
2.2. Bitki – Mikroorganizma - Arthropod Etkileşimi Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri	13
3.1.1.1. <i>Spodoptera exigua</i> için konukçu bitki yetiştirilmesi	13
3.1.1.2. <i>Spodoptera exigua</i>	14
3.1.1.3. <i>Trichoderma asperellum</i>	14
3.1.1.4. Çalışmanın yürütüldüğü ortam ve özellikleri	15
3.1.1.5. Konukçu bitki yetiştirilmesi	16
3.1.1.6. <i>Spodoptera exigua</i> 'nın kültürü ve yetiştirme ortamı	17
3.2. Yöntem	19
3.2.1. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanması	19
3.2.2. Deneme deseni.....	19
3.2.3. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulamasının pamuk bitkisinin gelişim parametreleri ile minarel madde düzeylerinin belirlenmesi	20

	Sayfa
3.2.4. Pamuk bitkilerine <i>Trichoderma asperellum</i> uygulamasının <i>Spodoptera exigua</i> 'nın gelişme, üreme, canlılık oranı ve popülasyon parametrelerine etkilerinin belirlenmesi	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1. <i>Trichoderma asperellum</i> Uygulamasının Pamuk Bitkisinin Gelişim Parametreleri İle Mineral Madde Düzeylerine Etkisinin Belirlenmesi	29
4.1.1. Bitki boyu (cm).....	29
4.1.2. Yeşil aksam yaş ağırlığı (g) ve yeşil aksam kuru ağırlığı (g)	30
4.1.3. Yaprak sayısı (adet)	30
4.1.4. Yeşil aksam kök yaş ağırlığı (g) ve yeşil aksam kök kuru ağırlığı (g)	31
4.1.5. Minarel madde düzeyleri	32
4.2. Pamuk Bitkilerine <i>Trichoderma asperellum</i> Uygulamasının <i>Spodoptera exigua</i> 'nın Gelişme, Üreme, Canlılık Oranı Ve Popülasyon Parametrelerine Etkisi.	35
4.2.1. Pamuk bitkisine <i>Trichoderma. asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) bitkiler üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süreleri, canlılık oranları, ömür süreleri ve bıraktığı yumurta sayısı.....	35
4.2.2. Pamuk bitkilerine <i>Trichoderma asperellum</i> uygulamasının <i>Spodoptera exigua</i> 'nın popülasyon parametrelerine etkisi	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLİR.....	45
KAYNAKLAR.....	47
ÖZ GEÇMİŞ.....	53

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulamasının pamuk bitkisinin bazı bitki gelişim özelliklerine etkisi	32
Çizelge 4.2. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulamasının pamuk bitkisinin mineral konsantrasyonuna etkisi.....	35
Çizelge 4.3. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın ergin öncesi gelişme süresi ve canlılık oran	37
Çizelge 4.4. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın biyolojik parametreleri	38
Çizelge 4.5. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın popülasyon (yaşam çizelgesi) parametreleri.....	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. May344 pamuk çeşidinin tohumu (A. Gültekin, orijinal).....	14
Şekil 3.2. <i>Spodoptera exigua</i> , a. larvası, b. ergini (Anonim, 2022c)	14
Şekil 3.3. <i>Trichoderma asperellum</i> 'un PDA'da gelişmiş kolonileri (Anonim, 2022d)	15
Şekil 3.4. Çalışmanın yürütüldüğü iklim odası (A. Gültekin, orijinal).....	15
Şekil 3.5. Pamuk tohumu ekilen torf-perlit karışımı saksılar (A. Gültekin, orijinal).....	16
Şekil 3.6. Denemede kullanılan besin solüsyonları (A. Gültekin, orijinal).....	17
Şekil 3.7. Pamuk bitkisi üzerinde larva süresini tamamlayıp pupa dönemine geçen bireyler (A. Gültekin, orijinal).....	18
Şekil 3.8. Üzeri tül ile kaplanmış içerisinde ziz zag şeklinde katlanmış kağıtlar bulunan plastik kavanoz (A. Gültekin, orijinal).....	18
Şekil 3.9. <i>Trichoderma asperellum</i> 'a ait besiyerlerinin hazırlanması (A. Gültekin, orijinal).....	19
Şekil 3.10. a.bitki boyu ve yaprak sayısının belirlenmesi, b. torf ve perlitten temizlenmiş kök, c. yeşil aksam ağırlık ölçümü (A. Gültekin, orijinal).....	21
Şekil 3.11. a. kurutulmuş yeşil aksam, b. kurutulmuş yeşil aksamın öğütülmesi, c. toz haline getirilen bitki örnekleri, d. hassas terazide kurutulmuş yeşil aksam ölçümü (A. Gültekin, orijinal)... ..	22
Şekil 3.12. a. yumurtadan yeni çıkmış birinci dönem <i>Spodoptera exigua</i> larvaları, b. yapraklar üzerine tutturulmuş üzeri tül ile kaplanmış hafif şeffaf plastik kafesler (A. Gültekin, orijinal)	24
Şekil 3.13. a. pupa dönemine geçmiş <i>Spodoptera exigua</i> bireyleri, b. pupadan çıkan erginler, c. içerisine yumurtlayabilecekleri zig zag şeklinde katlanmış kurutma kağıtları ve besin solüsyonu konulan kavanoz (A. Gültekin, orijinal).....	24

Şekil	Sayfa
Şekil 3.14. Dişilerin bıraktığı yumurta kolonisi (A. Gültekin, orijinal).	25
Şekil 4.1. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın yaş ve döneme özgü canlılık eğrileri (s_{xj})	39
Şekil 4.2. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın yaşa özgü canlılık (l_x), doğurganlık (m_x), maternite (l_{xmx}) ve kümülatif üreme (doğurganlık) (R_x) eğrileri	40
Şekil 4.3. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın yaşa ve döneme özgü beklenen ömür süresi (e_{xj}) (gün)	41
Şekil 4.4. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın yaşa ve döneme özgü üreme değeri (v_{xj})	42
Şekil 4.5. <i>Trichoderma asperellum</i> uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen <i>Spodoptera exigua</i> 'nın popülasyon gelişim simülasyonu.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklama

e_{xj}	Yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi
F	Üreme oranı
f_{xi}	Yaş ve döneme özgü doğurganlık
j	Dönem
l_x	Yaşa özgü canlılık oranı
$l_x m_x$	Doğurganlık
m_x	Yaşa özgü doğurganlık oranı
r	Kalıtsal üreme yeteneği (Gün^{-1})
R_0	Net üreme gücü (Yumurta/döl) (birey)
R_x	Kümülatif net doğurganlık
s_{xj}	Yaş ve döneme özgü canlılık oranı
T	Ortalama döl süresi (gün)
v_{xj}	Yaş ve döneme özgü üreme değeri
x	Yaş
λ	Artış oranı sınırı (Gün^{-1})

Kısaltmalar

Açıklama

cm	Santimetre
Cu	Bakır
g	Gram
Fe	Demir
ISR	Uyarılmış Sistemik Dayanıklık
K	Potasyum

Kısaltmalar

Açıklama

Mg

Magnezyum

Mn

Mangan

N

Sodyum

P

Fosfor

T. asperellum

Trichoderma asperellum

Zn

Çinko



1. GİRİŞ

Pamuk, Malvaceae familyasının *Gossypium* cinsinde yer alan ve birçok türü olan bir bitkidir. Yetiştiriciliği dünyada çok eski çağlardan beri yapılmaktadır. Sıcak iklim bitkisi olup, 37° Kuzey ve 32° Güney enlem dereceleri arasında tarımı yapılmaktadır. Dünya’da toplam pamuk üretiminin %90’ı kuzey yarım kürede gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde ilk olarak 1800’lü yılların başında pamuk yetiştiriciliği yapılmıştır. 1920’lerin sonlarına doğru pamuk bitkisinin 100 bin hektara ulaştığı görülmüştür. Pamuk bitkisi, sanayide üretimi ve ticareti bakımından çok ciddi birikimlere sahiptir (Güneş ve ark., 2005). Genel anlamıyla pamuk bitkisi tekstil ilk sırada olmak üzere, yağ, gıda ve hayvancılık gibi daha birçok sektörün önemli hammaddesini oluşturan ciddi bir öneme sahip ekonomik ve stratejik bir endüstri bitkisidir (Tümer, 2010).

Günümüzden 10-12 bin yıl önce 80 milyon civarında olan dünya nüfusu 1650’lerde 500 milyona ulaşmıştır. 2000’lerde bu sayı 500 milyondan 6 milyara yükseldiği görülmüştür. (Anonim, 2019a). 2050 yılında ise dünya nüfusunun 11.5 milyarı aşacağı öngörülmektedir (DESA, 2015). Hızla artan insan nüfusu beraberinde önemli sorunları da meydana getirmektedir. En büyük sorunlardan biri büyüyen nüfusu beslemek için aynı alandan gerektiğinden daha fazla ürün elde etmek gereksinimi olarak görülmektedir. İnsanların tüketime olan gereksinimleri birçok alanda kullanılan pamuk bitkisinin önemini her geçen gün artırmaktadır. Bu bağlamda pamuk bitkilerinde verim kaybına neden olan hastalık, yabancı ot ve zararlı etmenlerinin kontrolü büyük önem taşımaktadır. Bu etmenlerin başında zararlı böcekler gelmektedir. Pamuk çizgili yaprak kurdu olarak bilinen *Spodoptera exigua* (Hbn.) (Lepidoptera: Noctuidae) pamuğun en önemli zararlılarından biridir. *S. exigua* polifag bir zararlı olup çok sayıda kültür ve yabani bitkide zarar yapmaktadır. 10 farklı familyadan 50’den fazla bitki türüyle beslenmektedir (Smits ve ark., 1987). Pamuğun yanı sıra, mısır, ayçiçeği, tütün ve çeşitli sebzelerde önemli verim kayıplarına yol açabilmektedir. Ayrıca orman ve meyve ağaçlarında da zararlı olabilmektedir (Anonim, 2008). Zararlı ile mücadele yapılmadığı takdirde ürün kaybı %100’e ulaşabilmektedir (Eski, 2018).

Geçmişten günümüze ekonomik öneme sahip ve tarım ürünlerinde büyük oranda kayıplara neden olan zararlıların mücadelesinde birçok yöntem kullanılmakta olup kimyasal pestisit kullanımını hem kolay uygulanması hem de hızlı sonuç vermesi gibi avantajlarından dolayı en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Ancak kimyasal mücadele çevreye ve hedef olmayan organizmalara olumsuz etkileri, ürünlerde kalıntı ve zararlıların bu ilaçlara dayanıklılık geliştirmesi gibi çok çeşitli sorunlara yol açmaktadır (Delen, 1991). Tüm bu nedenlerden dolayı tarım alanlarında kimyasal ilaçların azaltılması arzu edilen bir amaç haline gelmiş ve tarımda sürdürülebilirliği sağlamak için alternatif mücadele yöntemleri üzerinde durulmaktadır (Birişik ve ark., 2013).

Son zamanlarda alternatif yöntem arayışları bitki - arthropod - mikroorganizma etkileşimlerinden yararlanma konseptinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bitkiler, mikroorganizmalar ve böcekler birbirleriyle doğrudan ve dolaylı olarak sürekli bir etkileşim halindedirler ve genellikle bu etkileşimler, verim üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bitkiler, arthropodlar ve mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlerin bitkisel üretim üzerine etkilerine ilişkin çalışmalar kısıtlıdır. Oysaki bu etmenlerin tümü aynı ekosistemde bir arada bulunmakta, birbirlerini çeşitli şekillerde etkilemekte ve bitkide beklenenden daha fazla yarara veya zarara sebep olabilmektedir. Bitkilerin faydalı mikroorganizmalar ile interaksyonunun bitki zararlısı arthropodlara karşı onların toleransını ve direncini arttırmada yararlı olabileceği görüşü yaygınlık kazanmaktadır (Pineda ve ark., 2015). Bu üçlü interaksyona ilişkin elde edilen bilgilerin zararlılarla mücadelede önemli katkı sağlayabileceğine dair bulgular artmaktadır (Wielkopolan ve Zender ve ark., 2001; Morris ve ark., 2007; Herman ve ark., 2008; Oosten ve ark., 2008; Kempel ve ark., 2009; Martinuz ve ark., 2012; Badri ve ark., 2013; Hauser ve ark., 2013; Senthilraja ve ark., 2013; Coppola ve ark., 2017; Coppola ve ark., 2019;).

Toprak kökenli mikroorganizmaların farklı grupları (endofitik kök fungusları, mikorhizal funguslar, rhizobialar, bitki gelişim düzenleyici funguslar ve rizobakteriler) doğrudan ve bitki aracılı mekanizmalar yoluyla bitkinin büyümesi ve savunma faaliyetleri üzerine pozitif etkiler gösterebilmektedirler (Wardle ve ark., 2004; Bezemer ve Van Dam, 2005; Van der Heijden, ve ark., 2008; Gehring, ve Bennett, 2009). Hastalık etmenlerine karşı çeşitli yararlı mikroorganizmaların olumlu etkilerine ilişkin çok sayıda çalışma mevcuttur (Zehnder ve ark., 2001; Jetiyanon ve Kloepper,

2002; Meziane ve ark., 2005; Van Loon, 2007; Kim ve ark., 2011; Pieterse ve ark., 2014). Ancak bitki - arthropod - mikroorganizma interaksiyonlarının zararlı popülasyonları ve zararlıların varlığında bitki gelişimi üzerine etkisine ilişkin çalışmalar henüz yeni olup, son zamanlarda yoğunluk kazanmıştır (Pineda ve ark., 2010; Karban, 2011; Martinuz ve ark., 2012). Bitkiyle ortak yaşam sürdürebilen toprak kökenli bazı yararlı mikroorganizmalar bitkilerin fenolojisini, morfolojisini, fizyolojisini ve biyokimyasını değiştirerek onlarla beslenen herbivor böceklerin performansını, popülasyon dinamiğini ve bulunduğu komünitenin yapısını etkiler. Bu etmenler aracılığıyla bitkinin gelişmesi olumlu yönde artar ve otobur böceklere karşı savunma mekanizması tetiklenir.

Yararlı mikroorganizmalar arasında *Trichoderma* kökenli fungal etmenler önemli bir yere sahiptirler. *Trichoderma* türleri, dünyada oldukça geniş alanlara yayılım göstermektedirler. Çevreye oldukça güçlü şekilde uyum sağlayan bu fungus türleri hemen hemen her toprak yapısında kendini gösterebilmektedirler (Samuels, 1996; Irina, ve Christian, 2004). Bu türler bitki köklerinden, çürüyen kabuklardan, sklerotlardan veya fungusların çeşitli diğer üreme organlarından izole edilebilmektedir (Papavizas, 1985). Yapılan gözlemler sonucunda şimdiye kadar 90'nın üzerinde *Trichoderma* türü teşhis edilmiştir (Druzhinina ve Kubicek, 2005; Samuels, 2006). *Trichoderma* türleri biyotik ve abiyotik koşullarda stres yönetimi, bitkinin büyümesine ve gelişmesine teşvik eden enzimler ve antibiyotik üretimi/endüstriyel kullanımlar ve ticari biyofungisitler vb. gibi alanlarda kapsamlı bir şekilde üzerinde çalışılmakta ve kullanılmaktadır. Organik maddenin polisakkaritlerinin ayrışmasında önemli bir rol oynarlar ve bitki kök ekosistemlerinin rizosferinde ve kök yüzeyinde bulunabilirler (Chaverri ve ark., 2001; Mukherjee ve ark., 2013).

Toprak kökenli bu funguslar bitkinin büyümesini ve kök gelişimini arttıran ve bitkinin savunma mekanizmasını uyarıcı etkiye sahip antagonistlerdir (Harman ve ark., 2004). *Trichoderma* türleri ayrıca glukonik ve sitrik asit üreterek, toprak pH' ını düşürmekte ve fosfatların, mikro besin maddelerinin, demir, magnezyum ve manganez gibi mineral bileşenlerin çözünürlüğünü arttırmaktadır (Yedidia ve ark., 2003; Benitez ve ark., 2004). *Trichoderma spp.* organik maddeleri ayrıştırmak ve bitkilerde mikro besin elementleri miktarının artmasına yardımcı olmaktadır (Benitez ve ark., 2004).

Bu mikroorganizmaların bitki gelişimi üzerine yararlı etkileri tarımsal ekosistem açısından büyük öneme sahiptir. Bu sayede gübrelemeye olan ihtiyaç azalmakla birlikte tarımsal arazilerin ve su kaynaklarının daha az kirlenmesi sağlanmaktadır. *Trichoderma* ve bitki arasındaki etkileşim bitkilerin herbivorlara karşı toleransını artırabildiğinden dolayı yararlı olabilir. *Trichoderma*'nın etkisi ile su ve besin alımının iyileştirilmesi sayesinde herbivorlar tarafından zarar görmüş dokuların yenilenmesi kolaylaşır. Bu sayede herbivorların neden olduğu biyomas ve verim kaybının telafisi sağlanmış olur (Kula ve ark., 2005; Bennett, 2006; Herman ve ark., 2008; Kempel ve ark., 2009; Vannette ve Hunter, 2009).

Trichoderma kökenli fungal etmenler, "bitki gelişiminin desteklenmesi/teşvik edilmesi ve uyarılmış sistemik direnç (ISR)" olarak tanımlanan iki temel mekanizma ile bitki fizyolojisini değiştirmekte, böylece bu bitkiler ile etkileşim içinde olan canlıları da etkilemektedirler (Schulz, 2006; Van Loon, 2007; YLugtenberg ve Kamilova, 2009; Weyens ve ark., 2009). ISR, bitkiyi çok çeşitli hastalıklara karşı korur ve çok çeşitli faydalı mikroorganizmalar tarafından tetiklenebilir. *Trichoderma* kökenli fungal etmenler bitki aracılı mekanizmalar ile böceklerle (herbivorlar, doğal düşmanlar ve tozlayıcılar) etkileşime girer ve genellikle zararlılar üzerinde olumsuz etkilere yol açar. ISR sistemik dokularda bitki direncini uyarma yeteneğine sahiptir. ISR'nin bitkide oluşması jasmonik asit (JA) ve etilen (ET) sinyal yollarının aktivasyonu sonucunda herbivorun uyarılmış bitkide beslenmeye başlamasıyla doğrudan ve dolaylı savunma mekanizmalarının aktive olmasıyla kendisini korumaya çalışır (Van Wees ve ark., 2008; Van der ve ark., 2009).

Bitkilerin, zararlı saldırılara karşı korunmak için birçok savunma mekanizmalarına sahip oldukları bilinmektedir. Bitkide meydana gelen çeşitli savunma mekanizmaları, morfolojik yapıda engeller ve bazı biyokimyasal olaylar arasında değişen faktörlerdir. Bitkide biyokimyasal olaylardan sonra sentezlenen ikincil metabolitler, bitki-zararlı ilişkilerinde önemli rol oynarlar. Zararlılar üzerinde davranışsal ve fizyolojik olarak etki eden bu metabolitler farklı gruplarda sınıflandırılmaktadır. Bunlardan en önemlileri alkaloidler, glikozidler, fenoller, terpenoidler, taninler ve saponinler olduğunu belirtilmiştir (Shanker ve Solanki, 2000). Uyarılmış bitki, herbivor saldırılarında hızlı ve güçlü bir tepki oluşturarak böcek için bitkinin besin değerini azaltır ve besin kaynağı olma özelliğini sınırlandırır. Bitkide dikenler, tüyler, epitukula, mum tabakası ve salgı yapılarında değişikliklere yol açarak

morfolojik özellikleri etkileyebilir, saldıran böceğin kimyasal silahlarını engeleyebilir ve böceğin bitki üzerindeki üremesini veya yaşamını sürdürmesini zorlaştırabilir ya da engeleyebilir (Chen, 2008; War ve ark., 2012). Ayrıca herbivorlara karşı direnç oluşturmak, toprak kökenli yararlı mikroorganizmaların bitki-böcek etkileşimleri üzerinde etkili olduğu tek mekanizma değildir. Doğal düşmanların etkinliğini artırmak, zararlı baskısını da azaltabilir ve mikroorganizmaların bu tür bir etkinliği artırabileceğine dair kanıtlar mevcuttur. Ancak doğrudan ve dolaylı savunmalar başarısız olsa ve herbivor baskısı artsa bile, toprak kaynaklı mikroorganizmalar bitki biyokütlesini ve verimini artırarak bitki toleransını artırabilir.

Ele alınan bu çalışma ile ülkemizde ve dünyada önemli kayıplara neden olan *Spodoptera exigua*'ya toprak kökenli yararlı mikroorganizmalardan olan *Trichoderma asperellum*'un bitki (pamuk) aracılı olarak etkileri belirlenmiştir.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Yararlı mikroorganizmaların bitki gelişimine etkileri ve bitkilerdeki hastalık etmenlerine karşı kullanılması konusunda çok sayıda çalışma yapılmış olup, bitki - arthropod - mikroorganizma interaksiyonlarının zararlı populasyonları ve zararlı varlığında bitki gelişimi üzerine etkisine ilişkin çalışmalar henüz yeni olup, son yıllarda yoğunluk kazanmıştır. (Pineda ve ark., 2010; Karban, 2011; Martinuz ve ark., 2012; Badri ve ark., 2013; Pangesti ve ark., 2013)

2.1. Bitki Gelişimini Artıran Yararlı Mikroorganizmalarla İlgili Yapılan Çalışmalar

Lynch ve ark. (1991) tarafından yapılan bir çalışmada, *Trichoderma harzianum*'un 12 farklı ırkının, marul bitkisinde büyüme ve verim üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda denemeye alınan *T. harzianum* ırklarından IMI 298374 ve WT'nin marul bitkilerinin yaş ve kuru ağırlığını artırdığı gözlenmiştir.

Inbar ve ark. (1994) yaptıkları bir çalışmada, *Trichoderma harzianum* uygulamasının hıyar ve biber fidelerinin gelişimine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda *T. harzianum* uygulanan fidelerin, hiçbir uygulamanın yapılmadığı kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında bitki boyunda, hıyarda %23.8, biberde %17.2 yaprak alanında, hıyarda %96.1, biberde %50 bitki kuru ağırlığında ise hıyarda %24.7, biberde %28.6 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir. *T. harzianum* uygulanmış hıyar ve biber bitkilerinin daha kuvvetli olduğu ve kontrol grubundaki bitkilere oranla daha fazla klorofil içerdiği bildirilmiştir.

Raviv ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, mikoriza ve *Trichoderma* ile inokule edilmiş ortamda yetiştirilen lahana fidelerinin inokule edilmemiş ortamdaki fidelere göre boylarının daha uzun olduğu, daha fazla yaş ağırlığa ve daha yüksek klorofil konsantrasyonuna sahip oldukları bildirilmiştir.

Bjorkman ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, stres altındaki mısır bitkilerinde, *T. harzianum* uygulamasının bitkinin kök gelişimini kontrol uygulamasına oranla %66 oranında artırdığı bildirilmiştir.

Altomare ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, bitki gelişimini teşvik eden ve biyokontrol etmeni olan *T. harzianum* Rifaii 1295-22 (T22)'nin in vitro olarak bazı mikro besinleri ve fosfatı çözebilirliği araştırılmış, bu ırkın manganez dioksik, metalik çinko ve kalsiyum fosfatı çözebildiği ortaya konmuştur.

Yedidia ve ark. (2001), *Trichoderma. harzianum*'un hıyar bitkisinin gelişim ve mikro besin element içeriğine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda toprağa uygulanan *Trichoderma harzianum*'un tohum çıkışında %30 oranında artışa yol açtığı gözlemlenmiştir. 28. günde kök alanında %95, kök uzunluğunda %75, kuru ağırlıkta %80, sürgün boyunda %45 ve yaprak alanında %80 oranlarında önemli artış olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca *T. harzianum* uygulanmış bitkilerin P (Fosfor) içeriğinde %90 Fe (Demir) içeriğinde %30 oranında bir artış olduğu bildirilmiştir. *T. harzianum* uygulamasıyla hıyar bitkisinin kök kuru ağırlığında %25 ve yeşil aksam kuru ağırlığında %40 oranında bir artış olduğu gözlenmiştir. Ayrıca *T. harzianum* uygulanmış köklerde mikro besin elementlerinden Bakır (Cu), Demir (Fe), Çinko (Zn), Mangan (Mn) ve Sodyum (Na) oranlarında önemli bir artış olduğu bildirilmiştir.

Vinale ve ark. (2004), *Trichoderma harzianum* uygulamasının domates ve biber bitkilerinin gelişimleri ve verimlerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, *T. harzianum* uygulanan alanlarda domates ve biberde verim artışının yanı sıra bitki boyu, yaprak sayısı, meyve sayısının yaklaşık %300 gibi bir oranda artış gösterdiği saptanmıştır.

Batum ve ark. (2005), *Trichoderma. harzianum*'un biber bitkisinin verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Deneme sonucunda fidelerin kök ağırlıklarının kontrol bitkilerine göre %28 oranda daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu uygulama ile %45 daha fazla ürün elde edilmiştir.

Smolinska ve ark. (2007), *Trichoderma* (*T. harzianum*'un PBG ırkı, *T. longibrachiatum* szczep T2, *T. harzianum*'un T4 ve *Trichoderma* sp. ırk T6) ırklarının sera denemelerinde marulun gelişimine olumlu etkide bulunduğunu bildirmişlerdir. Marulda kontrole göre en fazla gelişimin *Trichoderma* sp. ırk T6 (%49) ile elde edildiği ve bunu *T. harzianum*'un PBG ırkı (%33)'nin izlediği belirtilmiştir.

El-Hasan ve Buchenauer (2009), *Trichoderma spp*'nin bitkinin besin alımına ve dolayısıyla gelişmesine olan katkılarının yanı sıra sistemik direncini arttırabilecek olumlu etkiler gösterdiğini belirtmektedir. Aynı zamanda *Trichoderma spp.*'den sağlanan sekonder metabolitlerin bitkilere yarar sağlayan potansiyel tarım uygulamaları olduğunu ifade etmektedir. Örneğin, sera çalışmalarında, toprağa uygulanan 100 ve 200 mg/l 6-PP ile kontrol bitkilerine kıyasla mısır bitkisinin sürgün ve köklerinin kuru ağırlığında önemli ölçüde artış gözlenmiştir.

Azarmi ve ark. (2011), *Trichoderma* izolatlarının domates bitkisinin fide büyüme tepkisi ve besin alımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, *Trichoderma* uygulanmış domates fidelerinde sürgün boyu, sürgün çapı, sürgün yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlığının kontrol bitkilerine kıyasla önemli ölçüde artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca *Trichoderma* izolatları uygulanmış domates bitkilerinin tohumlarında Ca^{2+} , Mg^2 , P ve K konsantrasyonlarında çok önemli bir artış olduğu gözlenmiştir.

Colla ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, *Trichoderma atroviride*'nin marul, kavun, biber, domates ve kabak'ta gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, kontrol bitkilerine kıyasla mikroorganizma uygulanan grupların sürgün kuru ağırlığının marul, kavun, biber, domates ve kabakta sırasıyla %167, %56, %115, %68, ve %58 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca bitkilerin kök ve sürgün kuru ağırlığındaki artışın, besin maddesi (P, Mg, Fe, Zn ve B) alımı seviyesiyle ilişkilendirilmiştir.

Ying-Tzu Li ve ark. (2016), domates bitkisine uygulanan *Trichoderma asperellum*' un Potasyum (K) ve Çinko (Zn) alımının yanı sıra domates bitkilerinin kuru ağırlığını ve bitki boyunu önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

2.2. Bitki – Mikroorganizma - Arthropod Etkileşmi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Zehnder ve ark. (1997) yaptıkları bir çalışmada, hıyar bitkisine bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri (PGPR) uygulamasıyla bitkide indüklenen direncin, benekli salatalık böceği *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber ve çizgili salatalık böceği *Acalymma vittatum* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae) üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda PGPR uygulanmış hıyar bitkisinin büyümesinde ve veriminde

önemli ölçüde artış gözlenmiş ve çizgili salatalık böceği (*Acalymma vittatum*) popülasyonlarında azalma görülmüştür.

Raps ve Vidal (1998) laboratuvar ortamında yaptıkları bir çalışmada, kabak bitkilerine endofitik bir fungus olan *Acremonium alternatum* Gams (Ascomycotina, Clavicipitacea) uygulamasının *Plutella xylostella* L.'nin (Lepidoptera, Plutellidae) gelişimi ve beslenmesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Tüm deneyler, endofit bitkilerin yeşil kısımlarına ulaşmadan önce yapılmıştır. Bu nedenle yaprakla beslenen *P. xylostella*, endofit ile doğrudan temas halinde olmamıştır. Önceden endofitik fungus uygulanan bitkilerin yapraklarıyla beslenen larvalarda, özellikle gelişimin ilk 10 günü boyunca artan oranda ölüm görülmüştür. Bu sonuçların altında yatan mekanizmaların, mikroorganizma uygulanmış lahanalar bitkilerinde larva büyümesinin azalmasından sorumlu olabilecek bitki fitosterol metabolizmasındaki değişikliklerle ilgili olabileceği tartışılmıştır.

Commare ve ark. (2002) yaptıkları bir çalışmada, iki *Pseudomonas fluorescens* suşunun (PF1 ve FP7) ve karışımlarının pirinçte (*Oryza sativa*) Crambidae familyasının önemli bir türü olan *Cnaphalocrocis medinalis*'e karşı etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda PGPR uygulamalarının zararlı popülasyonunu önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur. Ayrıca iki suşun karışımının daha iyi performans gösterdiği de belirtilmiştir. Tarla koşullarında PGPR uygulanmış arazilerde, %12-21 arasında daha fazla pirinç elde edilirken ortamdaki doğal düşman popülasyonunun da arttığı gözlenmiştir.

Jallow ve ark. (2004), domates bitkisine endofitik bir fungus olan *Acremonium strictum* uygulanmasının *Helicoverpa armigera* (yeşil kurt) üzerine etkisini incelemişlerdir. Endofitik fungus uygulanan bitkiler üzerinde yetiştirilen *Helicoverpa armigera* larvalarının, kontrol bitkileri üzerinde beslenenlere kıyasla büyüme hızında önemli bir azalma, gelişme sürelerinde uzama, ölüm oranında artış ve üremesinde azalma elde edilmiştir.

Gandhi ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, bamyaya *Pseudomonas fluorescens* uygulamasının bitki gelişimini etkilediği ve bu bitkiler üzerinde beslenen herbivor *Amrasca biguttulla biguttulla* ve *Aphis gossypii*'nin popülasyonlarının önemli derecede azaldığı belirlenmiştir.

Kempel ve ark (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, baklagil bitkilerinin performansı ve ekosistem verimliliği için kilit bir rol oynayan *Rhizobia Rhizobium leguminosarum*'un bitki büyümesi ve ısırıcı çiğneyici ağız yapısına sahip *Spodoptera littoralis* (pamuk yaprak kurdu) ile floem emici, sokucu emici ağız yapısına sahip *Myzus persicae*'nin (yaprak biti) performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. *Trifolium repens*'in (Ak üçgül) nodüllü ve nodülsüz suşları ile yapılan sera deneylerinde nodül oluşturan *T. repens*'in bitki büyümesini ve *S. littoralis*'in performansını artırdığı görülmüştür. Ancak nodül oluşturmeyen rhizobia'nın *S. littoralis* performansı üzerinde bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Bu etkinin kazanılan ekstra azot ve bitkinin besin kalitesindeki artıştan dolayı olduğu düşünülmüştür. *M. persicae*' de se sonuçlar tutarsız bulunmuştur

Battaglia ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada, mikorhizal olmayan ve 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*, yaprakbiti parazitoidi olarak *Aphidius ervi*, yaprak biti predatörü olarak da *Macrolophus pygmaeus* kullanılmıştır. Kontrol bitkiler ile karşılaştırıldığında, *T. longibrachiatum* MK1 uygulanmış bitkilerde organik uçucu maddelerin (VOC) salınımında artış görülmüştür. Yaprak biti popülasyonundaki değişimlerin yanı sıra, yaprak bitine karşı parazitoid ve predatörlerin daha yüksek oranda bitkiye çekildiği ve popülasyonlarının daha hızlı arttığı belirlenmiştir.

Coppola ve ark. (2019), domates bitkilerine *T. harzianum* T22 uygulamasının *Macrosiphum euphorbiae* üzerine olan etkilerini inceledikleri bir çalışmada, *Trichoderma* uygulamasının herbivorlara karşı oluşturulan savunmayla alakalı birçok transkripsiyon faktörünü (bZIP, MYB, NAC, AP2-ERF, WRKY) eksprese ettiği bulunmuştur. Ayrıca yaprakbiti parazitoidi *Aphidius ervi*'nin bitkiye çekiliminin de arttığı, dolayısıyla bu transkriptomik ve metabolik değişikliklerin hem direkt hem de dolaylı savunmayı uyardığı açığa çıkarılmıştır.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda elde edilen bu bulgular, mücadele metotlarında yeni stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayabilecektir. Hastalıklarla mücadele önemli bir yer alan *Trichoderma* türlerinin bitki zararlılarıyla mücadelede de

önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünölmektedir. Bu nedenle ele alınan bu çalışmada *Trichoderma asperellum*'un pamuk bitkisinin May344 çeşidi aracılığıyla, önemli pamuk zararlısı olan *Spodoptera exigua* üzerine etkileri incelenmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmanın ana materyallerini, ülkemizde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan pamuk bitkisinin May344 çeşidi, pamuk alanlarında önemli kayıplara sebep olan *Spodoptera exigua* HÜBNER, (Lep: Noctuidae) yararlı mikroorganizmalar arasında önemli yer tutan yerel bir tür olan *Trichoderma asperellum*, iklim odaları, torf, perlit, saksılar ve çeşitli laboratuvar malzemeleri oluşturmuştur.

3.1.1. Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri

3.1.1.1. *Spodoptera exigua* için konukçu bitki yetiştirilmesi

Çalışmada bitki materyali olarak dünyada ve ülkemizde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan May344 pamuk çeşidi kullanılmıştır.

Kullanılan pamuk çeşidinin özellikleri;

- Erken bir çeşittir.
- Yapraklar orta tüylüdür.
- İri koza yapısına sahiptir.
- Adaptasyon kabiliyeti çok yüksektir.
- Yüksek verim kapasitesine sahiptir. *Verticillium wilt* ve *Fusarium wilt* hastalıklarına karşı toleranslıdır.
- Yetiştiriciliği bölgenin ekolojik özelliklerinden dolayı değişkenlik gösterebilir (Anonim, 2021).

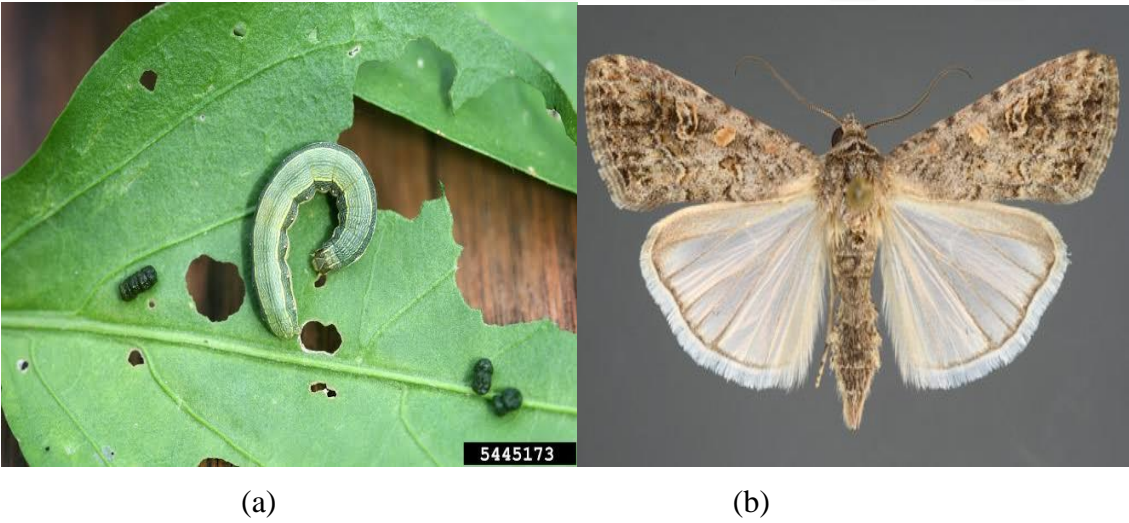
Denemede kullanılan pamuk tohumları ticari olarak temin edilmiştir. Araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü iklim odasında, 5 litrelik saksılarda yetiştirilen pamuk bitkileri ile yürütülmüştür (Şekil 3.1). Çalışma süresince bitkilerde morfolojik gelişmeler takip edilmiştir.



Şekil 3.1. May344 pamuk çeşidinin tohumu (A. Gültekin, orijinal).

3.1.1.2. *Spodoptera exigua*

Çalışmada kullanılan *Spodoptera exigua* HÜBNER, (Lep: Noctuidae) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma bölümünde yetiştirilen stok kültürden temin edilmiştir.

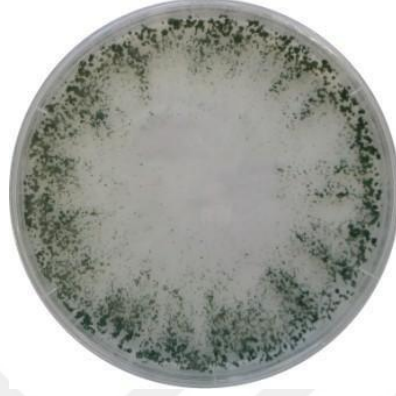


Şekil 3.2. *Spodoptera exigua* a. larvası, b. ergini. (Anonim, 2022c)

3.1.1.3. *Trichoderma asperellum*

Çalışmada yararlı mikroorganizma olarak hem patojenlere karşı hastalığı baskılamada hem de bitki gelişim parametreleri üzerindeki olumlu etkileri in vitro ve in

vivo denemelerle kanıtlanmış yerel bir tür olan *Trichoderma asperellum* fungusları kullanılmıştır. (Durak Demirer, 2011; 2016; 2018). Bu tür Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma bölümü mikoloji laboratuvarından temin edilmiştir.



Şekil 3.3. *Trichoderma asperellum*'un PDA'da gelişmiş kolonileri (Anonim, 2022d).

3.1.1.4. Çalışmanın yürütüldüğü ortam ve özellikleri

Yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar 2020-2021 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Anabilim dalına ait bir iklim odasında yürütülmüştür. İklim odası; 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık, $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%60\pm 10$ nem koşullarına göre ayarlanmıştır.



Şekil 3.4. Çalışmanın yürütüldüğü iklim odası (A. Gültekin, orijinal).

3.1.1.5. Konukçu bitki yetiştirilmesi

Pamuk tohumları direkt olarak 5 litrelik yetiştirme saksılarına ekilmiş ve uygulamada 2:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Pamuk tohumu ekilen torf-perlit karışımı saksılar (A. Gültekin, orijinal).

Kullanılan harç materyaline ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

Torf özellikleri:

- Yüksek kalitede %70 beyaz torf + %30 siyah torf
- pH değeri 5.2 – 6.0
- Tuz oranı 0.3 g/lt
- (Na_2MoO_4) (Vosatka ve Gryndler 1999'den modifiye edilerek)
- Elenmiş strüktür: İnce (0-10 mm)

Perlit özellikleri:

Kimyasal kompozisyonu ağırlıkça yüzde olarak aşağıdaki maddelerden oluşan perlit kullanılmıştır: SiO_2 (72.0 – 76.0 %), Al_2O_3 (11.0 – 17.0 %), K_2O (4.0 – 5.0 %), Na_2O (2.9 – 4.0 %), CaO (0.5 – 2.0 %), MgO (0.1 – 0.5 %), Fe_2O_3 (0.5– 1.5 %), TiO_2 (0.03 – 0.2 %), MnO_2 (0.03 – 0.1 %), SO_3 (0 – 0.2 %), H_2O (2 – 7 %).

Bitkilerin yetiştirme periyodu boyunca su ihtiyaçları 500 ml olarak belirlenmiş olup bitkiler üç günde bir sulanmıştır. Saksılara ayrıca bitkinin ihtiyacı kadar

seyreltilmiş Hoagland besin solüsyonu verilmiştir (Vosatka ve Gryndler 1999'den modifiye edilerek).

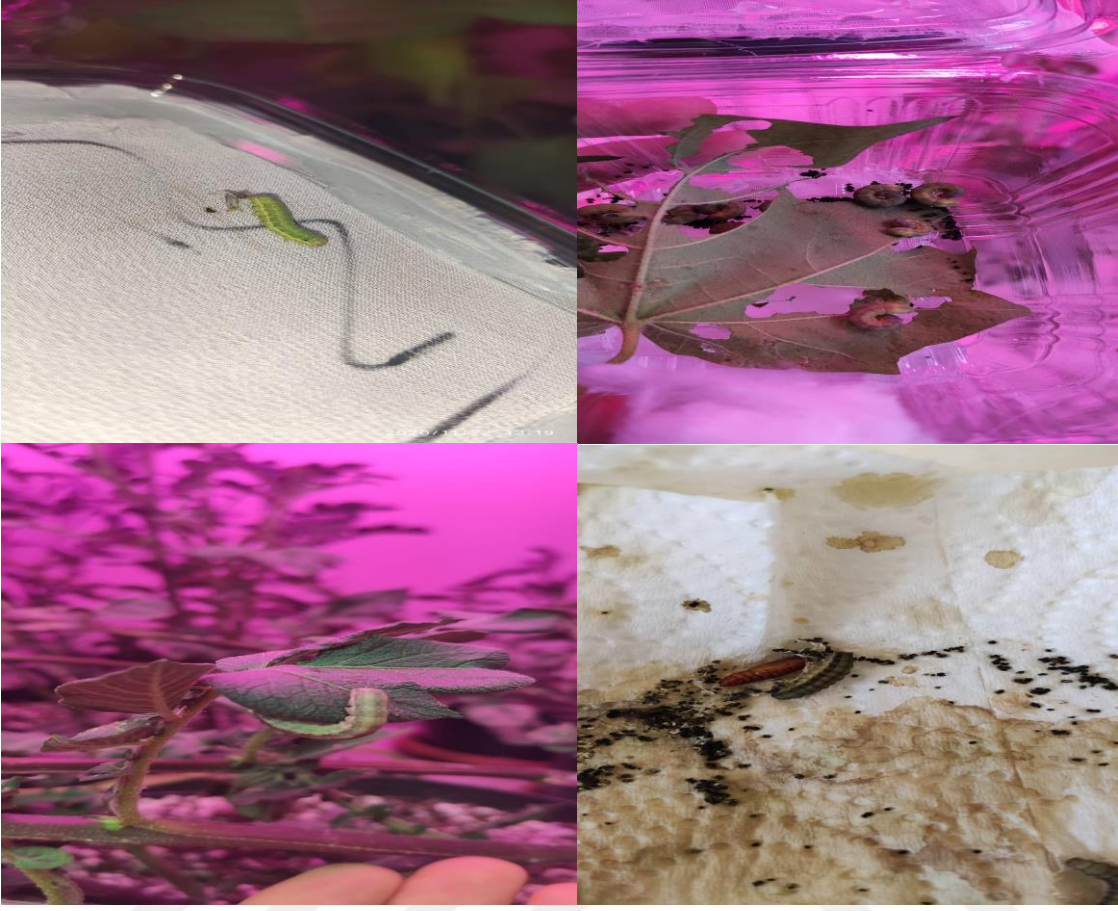


Şekil 3.6. Denemelerde kullanılan besin solüsyonları.

3.1.1.6. *Spodoptera exigua* kültürü ve yetiştirme ortamı

Denemelerde kullanılan *Spodoptera exigua* kültürü 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık, 25-27 °C sıcaklık ve %60-65 nem koşullarını sağlayan iklim odasında üretilmiştir. Zararlı, önceki konukçuların etkisini elimine etmek için bir döl süresince May 344 pamuk çeşidi üzerinde üretilmiştir. Pamuk bitkisi üzerinde larva süresini tamamlayıp pupa dönemine geçen bireyler, dişi ve erkek tayini yapıldıktan sonra bir dişi ve bir erkek olmak üzere üzeri tülle kaplı plastik kavanozlara alınmıştır.

Bu kavanozlardan çıkan dişi ve erkekler %15-20'lik bal solüsyonu ile beslenmiştir. Dişilerin yumurtalarını bırakmaları için bu kavanozlara zigzag şeklinde katlanmış kurutma kâğıtları bırakılmıştır.



Şekil 3.7. Pamuk bitkisi üzerinde larva süresini tamamlayıp pupa dönemine geçen bireyler (A. Gültekin, orijinal).

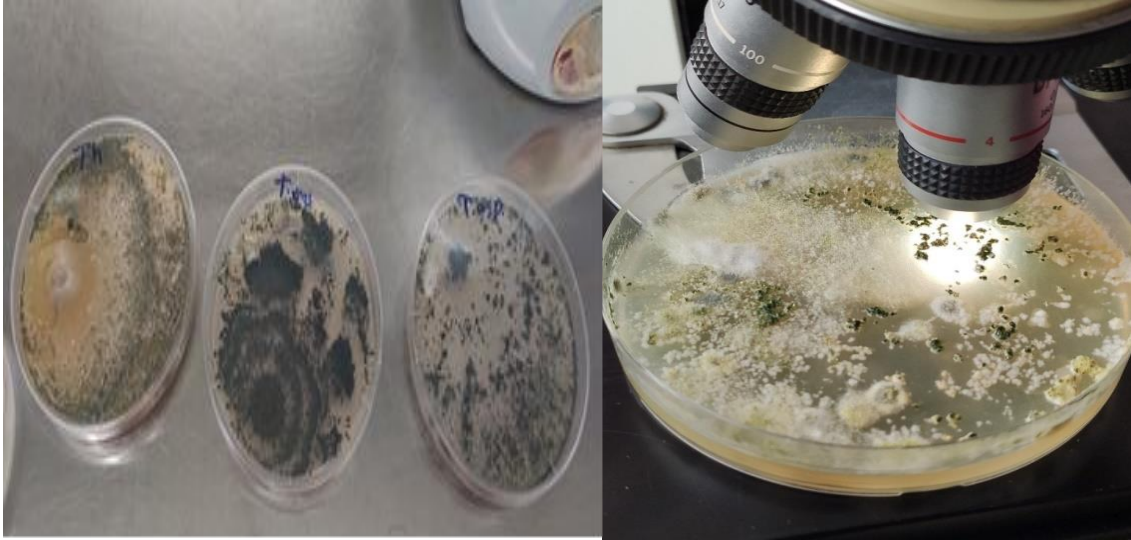


Şekil 3.8. Üzeri tül ile kaplanmış içerisinde ziz zag şeklinde katlanmış kağıtlar bulunan plastik kavanoz (A. Gültekin, orijinal).

3.2. Yöntem

3.2.1 *Trichoderma asperellum*'un uygulanması

Denemeler 5 kg'lık saksılar içinde yetiştirilen pamuk bitkileri üzerinde yürütülmüştür. Bu saksılar torf perlit karışımı ile doldurulmuştur. *Trichoderma asperellum* pamuk tohumlarının ekimi esnasında tohum yatağına inoküle edilmiştir. Bu izolatlar saf kültürden alınıp PDA besi yerinde 24 saat geliştirilmiştir. Hemosistometre yardımıyla 10^6 spor/ml oranında spor solüsyonu hazırlanmıştır. Solüsyonun hazırlanmasında GSP görüntüleme sistemi ve Sigmascan Pro programından yararlanılmıştır. Kontrol olarak kullanılan bitkilere 10 ml saf steril su uygulanmıştır. Hazırlanan inokulum süspansiyonlarından 10 ml alınıp bitkilere uygulama gruplarına göre içirme yöntemiyle verilmiştir. (Brewer, M. T. ve Larkin, R. P., 2005).



Şekil 3.9. *Trichoderma asperellum*'a ait besiyerlerinin hazırlanması (A.Gültekin, orijinal).

3.2.2. Deneme deseni

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 50 tekerrürlü ve her tekerrürde bir bitki olacak şekilde kurulmuş ve çalışma kapsamındaki uygulamalar aşağıda gösterildiği şekilde oluşturulmuştur.

1. Pamuk (Kontrol;) hiçbir uygulama yapılmayan pamuk bitkileri) (PK)
2. Pamuk +*Trichoderma asperellum* (PT)
3. Pamuk+ *Spodoptera exigua* (Hübner) (PS)
4. Pamuk+*Trichoderma asperellum*+*Spodoptera exigua* (PTS)

3.2.3. *Trichoderma asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin gelişim parametreleri ile mineral düzeylerine etkisinin belirlenmesi

Spodoptera exigua larvaları beslenmeleri sırasında doğrudan fotosentez ürünlerini tüketmektedirler. Ayrıca bitkilerin fizyolojisinde zararlıların beslenmesine verdikleri tepki nedeniyle bazı değişimler olabilmektedir. Bunlardan dolayı bitkilerin gelişmesi ve besin (özellikle mineral) düzeyleri değişebilmektedir. Çalışma sonucunda bitki –mikroorganizma – *S. exigua* etkileşiminin bitki gelişimine ve mineral düzeylerine etkisi incelenmiştir.

Pamuk bitkisinin gelişim parametrelerine ilişkin verilerin elde edilebilmesi için denemelerde kullanılan bitkilerle eş zamanlı olarak yetiştirilmiş ve *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış 20 ayrı pamuk bitkisine *S. exigua* 'nın 3. 4. dönem larvaları bulaştırılmış ve larvalar üç gün sonra bu bitkilerden uzaklaştırılmıştır. Böylece *Trichoderma* uygulanmış pamuk bitkilerinin *S. exigua* varlığında ve yokluğunda gelişim parametreleri ile mineral düzeyleri için gözlem ve örnekleme yapılmıştır. Karşılaştırmalar için kontrol bitkilerinin de gelişim parametreleri belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen bitki özellikleri

Morfolojik özellikler:

- Bitki boyu
- Yeşil aksam yaş ağırlığı
- Yeşil aksam kuru ağırlığı
- Kök kuru ağırlığı

- Yaprak sayısı

Bitki gelişim parametrelerini elde etmek için bitkiler tek tek kök boğazından kesilmiştir. Pamuk yaprakları sapıyla birlikte bitkinin gövdesinden ayrılarak tek tek sayılmıştır. Sayılan yapraklar ağırlıkları ölçülmek üzere plastik kaplara alınmıştır. Hiçbir yaprak kalmadıktan sonra gövdenin uzunluğu ölçülmüştür. Bitkilerin ayrı ayrı alüminyum kaplara bırakılan yeşil aksamı ile bir saat önce yıkanmış kök bölgesi hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları elde edilmiştir. Kopan yaprak sayısı ise tüm uygulamalardaki bitkilerin yapraklanmaya başladığı günden denemelerin tamamlandığı güne kadar kopan/dökülen yapraklarının sayılıp kaydedilmesiyle elde edilmiştir.



(a)

(b)

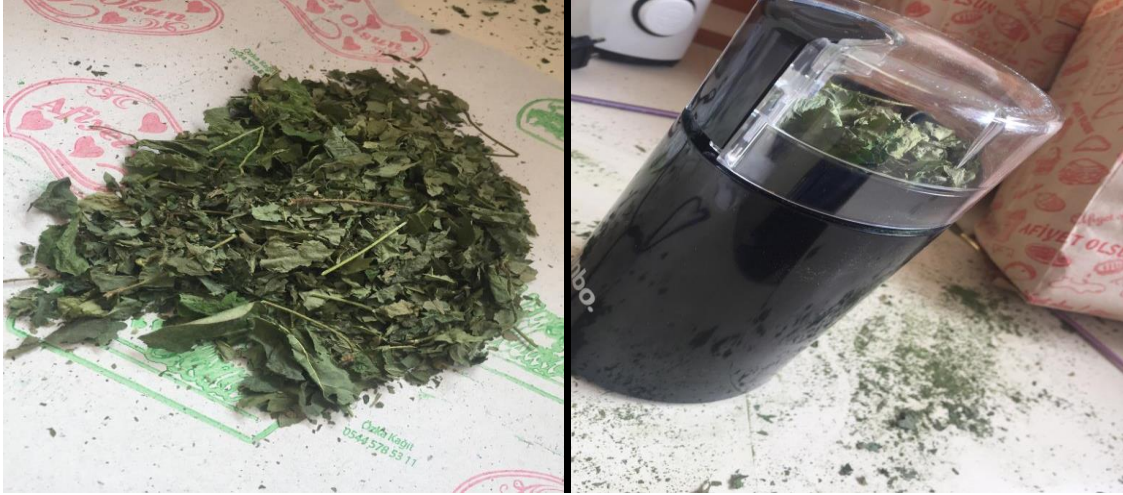


(c)

Şekil 3.10. a. bitki boyu ve yaprak sayısının belirlenmesi, b. torf ve perlitten temizlenmiş kök, c. yeşil aksam ağırlık ölçümü (A. Gültekin, orijinal).

Aynı bitki örnekleri, uygun alüminyum kaplara alınarak 65 °C’de 72 saat süre ile etüvde ayrı ayrı kurutulmuştur, daha sonra kök, yaprak ve gövde kuru ağırlıkları tartılarak belirlenmiştir.

Trichoderma asperellum uygulamasının pamuk bitkisinin mineral düzeylerine etkisini belirlemek üzere her uygulama için 0.5 gr olacak şekilde kurutulmuş yeşil aksamdan alınan materyal öğütülerek analiz edilmiştir. Bitkilerin mineral düzeylerine ilişkin analizler hizmet alımı ile gerçekleştirilmiştir.



(a)

(b)



(c)

(d)

Şekil 3.11. a. kurutulmuş yeşil aksam, b. kurutulmuş yeşil aksamın öğütülmesi, c. toz haline getirilen bitki örnekleri, d. hassas terazide kurutulmuş yeşil aksam ölçümü (A. Gültekin, orijinal).

3.2.4. Pamuk bitkilerine *Trichoderma asperellum* uygulamasının *Spodoptera exigua*'nın gelişme, üreme, canlılık oranı ve popülasyon parametrelerine etkilerinin belirlenmesi

Deneme 1; Zararlının ergin öncesi gelişme süresi ve ölüm oranı üzerine *Trichoderma asperellum* uygulamasının etkileri kontrol bitkileri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Denemeye alınan pamuk bitkileri 8-10 yapraklı döneme ulaşınca *Spodoptera exigua* kültüründen alınan yumurtalardan henüz çıkmış birinci dönem larvalar bu bitkilerin yapraklarına aktarılmıştır. Her karakterden her bir bitkiye (saksıya) tek larva aktarılmıştır. Daha sonra yapraklar üzerine üst kısmı tül ile kaplanmış hafif şeffaf plastik kafesler kapatılmıştır.

Günlük gözlemlerle ölen bireyler ve sonraki döneme geçen bireyler kaydedilmiş, böylece ergin öncesi dönemlerin gelişme süresi ve bu dönemlerde ortaya çıkan ölüm oranları belirlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.12. a. yumurtadan yeni çıkmış birinci dönem *Spodoptera exigua* larvaları, b. yapraklar üzerine tutturulmuş üzeri tül ile kaplanmış hafif şeffaf plastik kafesler (A. Gültekin, orijinal).

Deneme 2: Bu denemede, deneme 1'den alınan henüz ergin olmuş bireyler kullanılmıştır. *S. exigua* bireyleri henüz pupa halindeyken Bandoly ve Steppuhn (2015)'e göre cinsiyet tayini GPS görüntüleme sistemi aracılığıyla yapılmış ve üzeri tül ile kaplı

plastik kavanozlara alınmıştır Pupalardan erginler çıktıktan sonra bunların cinsiyet tayini kanatlardaki frenulum sayısına göre yapılarak (Sannino ve ark., 1987) cinsiyet tayini doğrulanmıştır. Erginler her kavanoza bir çift olmak üzere alınmış, kavanozun içerisine ise yumurtlayabilecekleri zigzag şeklinde kurutma kağıtları ve besin (%15-20'lik bal solüsyonu) konulmuştur.



Şekil 3.13. a. pupa dönemine geçmiş *Spodoptera exigua* bireyleri, b. pupadan çıkan ergin, c. içerisine erginlerin yumurtlayabilecekleri zig zag şeklinde katlanmış kurutma kağıtları ve besin solüsyonu konulan plastik kavanoz (A. Gültekin, orijinal).

Yapılan günlük kontrollerle zararının erkek ve dişilerinin yaşam süreleri ile dişilerin bıraktığı günlük ve toplam yumurta sayıları belirlenmiştir. Herhangi bir tekrürde erkek bireyin dişiden önce ölmesi durumunda, ölen erkeğin ömür uzunluğu kaydedilmiş ve onun yerine *S. exigua* kültüründen yeni bir erkek salınarak dişinin ölene kadar bir erkekle kalması sağlanmıştır. Böylece uygulamaların zararının üremesi üzerine etkileri kontrol ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler kullanılarak zararının popülasyon parametreleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.14. Dişilerin bıraktığı yumurta kolonisi (A. Gültekin, orijinal).

Popülasyon parametrelerinin hesaplanması;

Çalışmada popülasyon parametreleri yaş ve döneme bağlı, iki eşeyli yaşam çizelgesi analizlerine göre hesaplanmıştır (Chi ve Liu, 1985; Chi, 1988; Chi, 2016). Söz konusu yöntemle yaş ve döneme bağlı canlılık oranı (s_{xj}) (x = yaş, j = dönem), yaş ve döneme bağlı doğurganlık (f_{xj}), yaşa özgü canlılık oranı (l_x), dişi yaşına özgü doğurganlık (m_x) belirlendikten sonra popülasyon parametreleri (R_0 , net üreme gücü; r , kalıtsal üreme yeteneği; λ , popülasyon artış sınırı; T , ortalama döl süresi) hesaplanmıştır.

Net üreme gücü (R_0) hesaplanmasında Eş.3.1'den yararlanılmıştır

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} \sum_{j=1}^m s_{xj} f_{xj} = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \quad (3.1)$$

Kalıtısal üreme yeteneği (r) Euler–Lotka formülüne göre iteratif biseksiyon metodu ile yaş 0'dan başlamak üzere (Goodman, 1982) Eş.3.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad (3.2)$$

Popülasyon artış sınırı (λ) hesaplanmasında Eş.3.3'den yararlanılmıştır.

$$\lambda = e^r \quad (3.3)$$

Ortalama döl süresi (T), bir popülasyonun büyüklüğünün net üreme gücü (R_0) değeri kadar artması için ihtiyaç duyulan zaman olarak tanımlanır ve Eş.3.4'e göre hesaplanmıştır.

$$T = \frac{\ln R_0}{r} = \frac{\ln R_0}{\ln \lambda} \quad (3.4)$$

Yukarıda belirtilen temel popülasyon parametrelerinin yanı sıra zararlının beklenen yaşam süresi, (e_{xj}) ile üreme değeri (v_{xj}) (x = yaş, j = dönem) parametreleri de hesaplanmıştır. Bu parametrelerin hesaplanmasında Chi ve Su (2006) esas alınmıştır.

Beklenen ömür süresi, (e_{xj}), x yaşında ve j dönemindeki bir bireyin yaşaması beklenen süreyi ifade eder ve Eş.3.5'e göre hesaplanmıştır.

$$e_{xj} = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=j}^{\beta} s'_{iy} \quad (3.5)$$

Üreme değeri (v_{xj}) x yaşında ve j dönemindeki herhangi bir bireyin popülasyona (popülasyon artışına) katkısını ifade eder ve Eş.3.6'ya göre hesaplanmıştır.

$$v_{xj} = \frac{e^{r(x+1)}}{s_{xj}} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} \sum_{y=j}^{\beta} s'_{iy} f_{iy} \quad (3.6)$$

Zararlının gelişme, üreme ve ömür sürelerine ilişkin veriler ile popülasyon parametrelerinin varyans ve standart hatalarının elde edilmesinde Bootstrap metodundan yararlanılmış (Efron ve Tibshirani, 1993, Huang ve Chi, 2012, Polat-Akköprü vd 2015), karşılaştırmalar ise paired bootstrap kullanılarak yapılmıştır.

Spodoptera exigua'nın populasyon parametreleri hesaplandıktan sonra *Trichoderma* uygulamasının populasyon gelişmesine etkileri Chi (2016)'ye göre populasyon similasyonu yapılarak gösterilmiştir.

$P(t)$: *Spodoptera exigua* 'nın popülasyon projeksiyonu $P(t)$ hesaplanmasında Eş.3.7'den yararlanılmıştır

$$P(t) = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{x=0}^{\infty} c_{xj} n_{xj,t} \right) \quad (3.7)$$

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. *Trichoderma* Uygulamasının Pamuk Bitkisinin Gelişim Parametreleri ile Mineral Düzeylerine Etkisi

Çalışma kapsamında incelenen bitkilerin boyu, yeşil aksam yaş ağırlığı, yeşil aksam kuru ağırlığı, yaprak sayısı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.1’de verilmiştir.

4.1.1. Bitki boyu (cm)

Çalışmada *Trichoderma asperellum* ve *Spodoptera exigua* uygulamasının bitki boyunun uzamasına sebep olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1). Çizelge incelendiğinde bu değerlerin *T. asperellum* uygulanmamış (kontrol) grupta 78 cm, sadece *S. exigua*’nın pamuk bitkilerine bulaştırıldığı grupta 80.01 cm *T. asperellum* uygulanmış grupta 83 cm ve *T. asperellum*+*S.exigua* grubunda 86 cm olduğu görülmüştür. En yüksek bitki boyunun *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda görüldüğü bunu *T. asperellum* uygulanmış grubun takip ettiği görülmüştür, ancak iki uygulama arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En düşük bitki boyu kontrol grubunda görülmüştür. *T. asperellum* + *S. exigua* grubuyla kontrol grubu kıyaslandığında aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu çalışmaya benzer olarak Raviv ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada *Trichoderma* uygulanmış ortamda yetiştirilen lahana fidelerinin boyunun *Trichoderma* uygulanmamış ortamdaki fidelere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Ayrıca Hanson, (2000) yaptığı bir çalışmada *T. virens*’in G4 izolatının uygulandığı pamuk bitkilerinin boy uzunluğu *T. virens* uygulanmamış kontrol bitkilerinkinden daha yüksek bulunmuştur. Ying-Tzu Li ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, domates bitkisine uygulanan *Trichoderma asperellum*’un bitki boyunu önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir.

4.1.2. Yeşil aksam yaş ağırlığı (g) ve yeşil aksam kuru ağırlığı (g)

Çalışmada *Trichoderma asperellum* uygulamasının yeşil aksam yaş ağırlığına ve yeşil aksam kuru ağırlığına etkili olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde yeşil aksam yaş ağırlığı için bu değerlerin kontrol (*T. asperellum* uygulanmamış) grubunda 38.441 g, sadece *S. exigua*'nın bulaştırıldığı grupta 42.074 g, *T. asperellum* uygulanmış grupta 53.867 g ve *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda ise 56.739 g olduğu bulunmuştur. Yeşil aksam yaş ağırlığı bakımından *T. asperellum* + *S. exigua* ve *T. asperellum* uygulamaları istatistiksel olarak bir grubu, kontrol ve *S. exigua* uygulamaları ise diğer bir grubu oluşturmuştur.

Yeşil aksam kuru ağırlığı kontrol grubunda 7.628 g, sadece *S. exigua*'nın bulaştırıldığı grupta 7.561 g, *T. asperellum* uygulanmış grupta 8.626 g ve *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda ise 9.738 g olarak elde edilmiştir. En yüksek yeşil aksam kuru ağırlığının görüldüğü *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda elde edilen değer, *T. asperellum* uygulanmış grupta elde edilen istatistiksel olarak farksız, ancak kontrol ve *S. exigua* gruplarında elde edilen farklı bulunmuştur. *T. asperellum*, kontrol ve *S. exigua* gruplarında elde edilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak farksız bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu çalışmaya benzer olarak Lynch ve ark. (1991) tarafından yapılan bir çalışmada, 12 farklı *T. harzianum* ırkının marul bitkisinin büyüme ve verimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemeye alınan *T. harzianum* ırklarında IMI 298374 ve WT'nin marul bitkilerinde yaş ve kuru ağırlığını artırdığı gözlemlenmiştir. Colla ve ark., (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, *Trichoderma atroviride*'nin marul, kavun, biber, domates ve kabak bitkilerinin besin alımı, büyümesi ve verimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, kontrol bitkilerine kıyasla mikroorganizma uygulanan grupların sürgün kuru ağırlıklarının önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.

4.1.3. Yaprak sayısı (adet)

Çalışmada en fazla yaprak sayısı *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda görülmüş bunu *T. asperellum* uygulanmış grupta takip etmiştir. Söz konusu bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En düşük yaprak sayısı ise kontrol grubunda görülmüştür. *T. asperellum* + *S. exigua* grubuyla kontrol grubu

kıyaslandığında aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bitki yaprak sayısı *T. asperellum* uygulanmamış (kontrol) grupta 14 adet, sadece *S. exigua*'nın bulaştırıldığı grupta 15 adet, *T. asperellum* uygulanmış grupta 25 adet ve *T. asperellum* +*S. exigua* grubunda ise 27 adet olarak saptanmıştır. Vinale ve ark. (2004), *T. harzianum* uygulamasının domates ve biber bitkilerinin gelişim ve verimleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda *T. harzianum* uygulanan domates ve biber bitkilerinin yaprak sayısında yaklaşık %300 oranında artış saptanmıştır.

4.1.4. Yeşil aksam kök yaş ağırlığı (g) ve yeşil aksam kök kuru ağırlığı (g)

Çalışma sonucunda *Trichoderma asperellum* ve *Spodoptera exigua* uygulamasının kök yaş ağırlığına ve kök kuru ağırlığına pozitif yönde etkili olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.1 incelendiğinde kök yaş ağırlığı için bu değerlerin kontrol (*T. asperellum* uygulanmamış) grubunda 2.806 g olduğu, sadece *S. exigua*'nın bulaştırıldığı grupta 2.572 g, *T. asperellum* uygulanmış grupta 4.990 g ve *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda ise 5.648 g olduğu görülmektedir. En fazla kök yaş ağırlığı *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda görülmüş, bunu *T. asperellum* uygulanmış grup ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olan kontrol ve *S. exigua* grubu takip etmiştir. Batum ve ark. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada *Trichoderma. harzianum*'un biber bitkisinin verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme sonucunda fidelerin kök ağırlıklarının kontrol bitkilerine göre %28 oranında daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu uygulama ile %45 daha fazla ürün elde edilmiştir.

Denenen bitkilerin kök kuru ağırlığı değerleri kontrol grubunda 0.541 g, sadece *S. exigua*'nın bulaştırıldığı grupta 0.468 g, *T. asperellum* uygulanmış grupta 0.78 g ve *T. asperellum* + *S. exigua* grubunda ise 0.84 g olarak ölçülmüştür. Kök kuru ağırlığı bakımından *T. asperellum* + *S. exigua* ve *T. asperellum* uygulamaları istatistiksel olarak bir grubu, kontrol ve *S. exigua* uygulamaları ise diğer bir grubu oluşturmuştur. Bjorkman ve ark. (1998) yaptıkları bir çalışmada stres altındaki mısır bitkilerinde, *T. harzianum* uygulamasının kök gelişimini kontrol uygulamasına oranla %66 oranında artırdığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.1. *Trichoderma asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin bazı bitki gelişim özelliklerine etkisi

Bitki özellikleri	Kontrol	<i>S. exigua</i>	<i>T. asperellum</i>	<i>T. asperellum</i> + <i>S. exigua</i>
Bitki boyu (cm)	78±1.00 c	80±0.1bc	83 ±0.1ab	86±0.1a
Yeşil aksam yaş ağırlığı (g)	38.441±2.820 b	42.074±2.347 b	53.857±1.974 a	56.739 ±0.918 a
Yeşil aksam kuru ağırlığı (g)	7.628±0.720 b	7.561±0.484 b	8.626±0.280 ab	9.738±0.389 a
Yaprak sayısı (adet)	14±0.1c	15±0.1c	25±0.1b	27±0.1a
Yeşil aksam kök yaş ağırlığı (g)	2.806±0.265 c	2.572±0.168 c	4.990±0.229 b	5.648±0.175 a
Yeşil aksam kök kuru ağırlığı (g)	0.541±0.468 b	0.468 ±0.03 b	0.780±0.029 a	0.846 ±0.028 a

*Tabloda her bir satırda bulunan aynı küçük harfler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (Duncan testi, P<0.05)

4.1.5. Minarel madde düzeyleri

Çeşitli uygulamalara (kontrol, *Trichoderma asperellum*, *Spodoptera exigua*, *T. asperellum*+*Spodoptera exigua*) tabi tutulmuş pamuk bitkilerinden alınan yapraklardaki makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Zn, Cu, Mn) mineral içerikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. *Trichoderma asperellum* uygulamasının pamuk bitkilerinin yapraklarının N, P, K, Ca, Fe ve Zn konsantrasyonlarında artışa yol açtığı gözlenmiştir.

Azot (N), bitkiye uygulanmasıyla beraber bitki besin elementlerinin kalitesini ve bitki savunma mekanizmalarını değiştirmektedir. Bu durum bitki üzerinde beslenen böcekler doğrudan etkilenmektedir (Chen ve Ruberson, 2008). Azot, bitkide meydana gelen birçok fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda çok önemli rol oynar. Azotun protein ve klorofil sentezinde etkisi çok büyüktür. Köklerin solunumunda, çiçeklenmenin zamanında meydana gelmesinde, meyvelerin oluşma ve olgunlaşmasında azotun rolü büyüktür. Yeterli miktarda azotla beslenen bitkilerin zararlılara karşı direnci artırdığı da bilinmektedir. (Kantarıcı, 2000; Fageria, 2009).

Pamuk bitkilerinin yapraklarında N oranı, *Trichoderma asperellum* uygulaması yapılan gruplarda (*T. asperellum*, *T. asperellum* + *S. exigua*) *T. asperellum* uygulaması yapılmayan kontrol ve *S. exigua* gruplarına göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. *T. asperellum* + *S. exigua* uygulaması yapılmış gruptaki bitkilerin yapraklarındaki N oranı *T. asperellum* uygulaması yapılmış gruptakilerden istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bulduğumuz sonuçlara paralel olarak *Trichoderma* uygulamalarının bitkide Azot (N) miktarını artırdığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Rudresh ve ark., 2005; Yedav ve ark., 2005).

Fosfor (P), ATP, şekerler ve nükleik asitlerin oluşması için gerekli olduğundan bitkiler fosfora ihtiyaç duymaktadır. Fosfor, DNA'nın oluşumu için gereklidir. Ayrıca, hücre bölünmesi, çiçek ve meyve oluşumunda önemli rol oynar, bitkinin erken gelişimini sağlar. Potasyum elementinin bitkiler tarafından alınmasına zemin hazırlar, bitkinin hastalık ve zararlılara karşı direncini artırmasına sebep olur. Bitki köklerinin suyu almasını düzenleyerek suyun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (Foth, 1984; Plaster, 1992; Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez vd., 2001; McCauley ve ark., 2009). Çalışmamızda pamuk bitkilerinin yapraklarındaki en yüksek P oranına *T. asperellum* uygulanmış bitkilerde rastlanmıştır. Bu grupta elde edilen P oranı diğer gruplarda elde edilenden istatistiksel olarak farklı bulunmuş, diğer gruplar (*T. asperellum* + *S. exigua*, kontrol ve *S. exigua*) arasında fark görülmemiştir. Yedidia ve ark. (2001), *Trichoderma harzianum*'un hıyar bitkilerinde fosfor alımını % 90 arttırdığını bildirmişlerdir. Bulduğumuz sonuçlara paralel olarak *Trichoderma* uygulamalarının bitkide Fosfor (P) alımını artırdığına dair çalışmalar bulunmaktadır. (Rudresh ve ark., 2005; Yedav ve ark., 2005; Azarmi ve ark., 2011; Colla ve ark., 2015; Ying-Tzu Li ve ark., 2016).

Potasyum (K), enzim aktivitesini, fotosentezi, bitki besin elementlerinin ve fotosentez ürünlerinin taşınmasına yardımcı olur. Protein varlığını artırır, bitkideki turgor ve bitki su kullanımını dengeler. (Kacar, 2005). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre pamuk bitkilerinin yapraklarında en yüksek K oranı *T. asperellum* uygulanmış grupta bulunmuştur. Bu grupta elde edilen değer diğer gruplarda elde edilenden istatistiksel olarak da farklı bulunmuş, diğer üç grup arasındaki fark ise önemsiz bulunmuştur. Bulduğumuz sonuçlara paralel olarak *Trichoderma* uygulamalarının bitkide Potasyum (K) alımını artırdığına dair çalışmalar bulunmaktadır (Yedav ve ark., 2005; Azarmi ve ark., 2011; Ying-Tzu Li ve ark., 2016;).

Kalsiyum (Ca), bitki besin maddelerinin alınmasında; bitki ve toprakta bulunan toksik maddelerin çökmesinde rol oynar, bitkilerde kök salgısı üzerinde etkilidir, bitki dokularını donma-çözünme stresine karşı korur. Kalsiyum bitkide protein oluşumunu ve karbonhidratın taşınmasını sağlar (Plaster, 1992; Çepel, 1996; Boşgelmez ve ark., 2001; Kacar ve Katkat, 2010). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, *Trichoderma asperellum* uygulaması yapılmış gruplarda (*T. asperellum*, *T.asperellum*+*Spodoptera exigua*) bitkilerin yapraklarındaki Ca oranının kontrol ve *S. exigua* gruplarındaki bitkilerin yapraklarındakinden önemli ölçüde yüksek olduğu görülmüştür. Altomare ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, *T. harzianum Rifaii* 1295-22 (T22)'nin invitro olarak bazı mikro besinleri ve fosfatı çözebilirliği araştırılmış, sonuçta manganez dioksik, metalik çinko ve kalsiyum fosfatı çözebildiği ortaya konmuştur.

Trichoderma asperellum uygulaması denemelerde kullanılan pamuk bitkilerinin yapraklarındaki Magnezyum'un düzeyi üzerinde etkili olmamıştır

Demir (Fe) besin elementi bitkinin solunum ve fotosentez reaksiyonlarında çok önemli rol oynar. Klorofilin yapısında bulunmaması durumunda demir eksikliğiyle beraber klorofil üretiminde azalma görülür. Bitki gelişmesi yavaş bir şekilde gerçekleşir. Bitkide protein mekanizması üzerinde etkide bulunur (Brady, 1990; Boşgelmez ve ark., 2001; McCauley ve ark., 2009; Kacar ve Katkat, 2010). Bu çalışmada denenen pamuk bitkilerinin yapraklarındaki Fe oranı *T. asperellum* uygulaması ile artış göstermiştir. *T. asperellum* ve *S. exigua* + *T. asperellum* uygulanmış pamuk bitkilerinin yapraklarından elde edilen Fe düzeyi birbirinden farksız bulunmuş, ancak *S. exigua* + *T. asperellum* uygulanmış bitkilerden elde edilen değer diğer gruplarda elde edilenden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. En düşük Fe oranı kontrol grubunda görülmüştür ve *S. exigua* uygulanan grupla aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yedidia ve ark. (2001) yapmış oldukları bir çalışmada, *Trichoderma harzianum*'un hıyar bitkilerinde Demir (Fe) alınımını %30 oranında arttırdığını bildirmişlerdir.

Çinko (Zn), bitkilerde azot ve fosfor metabolizmasında enzim olarak önemli rol oynar. Aynı zamanda büyüme hormonlarının üretiminde gerekli olan bir mikro besin elementidir (Kantarıcı, 2000; Boşgelmez ve ark., 2001; Gardiner ve Miller, 2008; McCauley ve ark., 2009). Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, denenen pamuk bitkilerinin yapraklarındaki Zn oranı *T. asperellum* uygulamasına bağlı olarak artmıştır,

nitekim uygulanan iki gruptaki (*T. asperellum*, *S. exigua* + *T. asperellum*) bitkilerde görülen Zn düzeyi uygulanmamış gruplara (kontrol, *S. exigua*) göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Ying-Tzu Li ve ark. 2016, domates bitkisine uygulanan *Trichoderma asperellum*'un Potasyum (K) ve Çinko (Zn) alımı ile domates bitkilerinin kuru ağırlığını ve bitki boyunu önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

Trichoderma asperellum uygulamasının pamuk yapraklarındaki Bakır (Cu) ve Mangan (Mn) düzeyi üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.2. *Trichoderma asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin mineral konsantrasyonuna etkisi

Minarel	Kontrol	<i>Spodoptera exigua</i>	<i>Trichoderma asperellum</i>	<i>Trichoderma asperellum</i> + <i>Spodoptera exigua</i>
N (%)	3.911±0.059 b	3.979±0.007 b	4.668±0.020 a	4.672±0.047 a
P (%)	0.800 ±0.008 b	0.824±0.028b	1.204± 0.123 a	1.003±0.030 b
K (%)	243.711±7.028 b	244.794±3.183 b	268.457±11.142 a	241.509± 5.715 b
Ca (%)	326.440±14.55 b	315.9660 ± 9.268 b	360.236±19.186 a	379.790±20.852 a
Mg (%)	59.066±0.879 a	55.225±1.617 a	58.438±3.191 a	52.686±1.520 a
Fe (mg.kg ⁻¹)	1.794±0.002 b	1.720±0.054 b	1.915±0.073 ab	2.033±0.104 a
Zn (mg.kg ⁻¹)	0.177±0.008 b	0.174±0.007 b	0.268±0 a	0.258± 0.026 a
Cu (mg.kg ⁻¹)	0.126±0.00 ab	0.136±0.010 a	0.110±0.001 b	0.122±0.005 ab
Mn (mg.kg ⁻¹)	0.447±0.019 b	0.497±0.023 a	0.431±0.009 b	0.403±0.004 b

*Tabloda her bir satırda bulunan aynı küçük harfler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (Duncan testi, P<0.05)

4.2. Pamuk Bitkilerine *Trichoderma asperellum* Uygulamasının *Spodoptera exigua*'nın Gelişme, Üreme, Canlılık oranı ve Popülasyon Parametrelerine Etkisi

4.2.1. *Trichoderma. asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süresi, canlılık oranı, ömür süresi ve bıraktığı yumurta sayısı

Trichoderma asperellum uygulanmış ve uygulanmamış pamuk bitkisi üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın ergin öncesi dönemlerinin gelişme süresi ve canlılık oranı belirlenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.3'de verilmiştir. *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde beslenen zararlının dördüncü larva dönemi ve pupa dönemi dışındaki tüm dönemlerinin gelişme süresi ve bunlara bağlı olarak ergin öncesi toplam gelişme süresi önemli ölçüde uzamıştır. Zararlının kontrol uygulamasına tabi tutulmuş pamuk bitkileri üzerinde gelişme süresi 18.57 ± 0.12 gün, *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde ise 22.85 ± 0.22 gün olarak belirlenmiştir. *S. exigua*'nın ergin öncesi dönemde görülen canlılık oranı da *T. asperellum* uygulamasından etkilenmiş ve önemli düzeyde bir düşüş göstermiştir. Kontrol bitkileri ve *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde beslenen zararlının ergin öncesi toplam canlılık oranı sırasıyla 0.94 ± 0.06 ve 0.63 ± 0.06 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde Jallow ve ark. (2004), domates bitkisine endofitik bir fungus olan *Acremonium strictum* uygulanmasının *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın gelişme süresinde uzamaya, ölüm oranında artışa ve üremesinde azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3. *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın ergin öncesi gelişme süresi ve canlılık oranı

Gelişme süresi ve canlılık oranı	Kontrol		<i>Trichoderma asperellum</i>	
	N	Ortalama±SH	N	Ortalama±SH
Larva 1	62	1.68±0.06 b	75	2.64±0.06 a
Larva 2	62	2.0±0.06 b	70	2.74±0.05 a
Larva 3	61	1.87±0.06 b	67	2.36±0.07 a
Larva 4	61	2.21±0.06 a	60	3.1±0.06 a
Larva 5	61	2.16±0.05 b	57	2.46±0.08 a
Pre-Pupa	59	1.14±0.05 b	53	1.75±0.07 a
Pupa	58	7.53±0.09 a	47	7.77±0.1 a
Ergin öncesi toplam	58	18.57±0.12 b	47	22.85±0.22 a
Canlılık oranı	62	0.94±0.03 a	5	0.63±0.06 b

*Her satırda farklı harflerle verilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (Paired bootsrap, $P < 0.05$).

Zararlıının ergin preovipozisyon periyodu (adult preoviposition period, APOP; ergin çıkışı ile ilk üreme arasındaki süre), toplam preovipozisyon periyodu (total preoviposition period, TPOP; doğumdan ilk üremeye kadar geçen süre), ovipozisyon süresi, ovipozisyon süresince bıraktığı toplam yumurta sayısı, dişi ve erkek ergin ömrü ile toplam ömrü belirlenmiş ve elde edilen bulgular Çizelge 4.4'de verilmiştir. *T. asperellum* uygulaması *Spodoptera exigua*'nın toplam preovipozisyon (TPOP) süresinin uzamasına yol açmıştır. Bunun nedeni *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde zararlıının ergin öncesi gelişme süresinin önemli ölçüde uzamış olmasıdır. *T. asperellum* uygulamasına bağlı olarak zararlıının ovipozisyon süresi kısalmış ve ovipozisyon periyodu içinde bıraktığı toplam yumurta sayısında önemli ölçüde azalma görülmüştür (Çizelge 4.4). Kontrol bitkileri ve *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde beslenen *S. exigua*'nın ovipozisyon süresi $6.54±0.24$ ve $3.79±0.30$ gün ve bıraktığı toplam yumurta sayısı ise $765.27±24.83$ ve $344.85±36.21$ olarak hesaplanmıştır. *T. asperellum* uygulaması *S. exigua*'nın ergin ömrünün kısılmasına, ancak ergin öncesi gelişme süresinin uzamasına bağlı olarak toplam ömrünün uzamasına yol açmıştır (Çizelge 4.4).

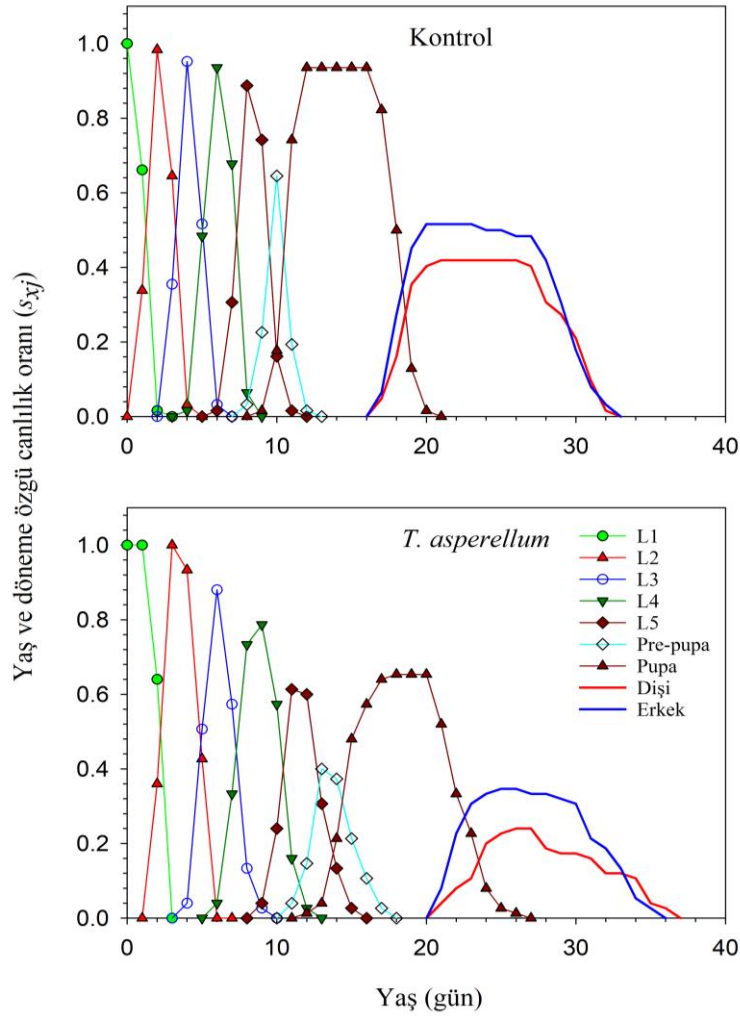
Çizelge 4.4. *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua* erginlerinin biyolojik parametreleri

	Kontrol		<i>Trichoderma asperellum</i>	
	N	Ortalama±SH	N	Ortalama±SH
APOP	26	2.73±0.18 a	19	2.53±0.12 a
TPOP	26	21.42±0.29 b	19	26.16±0.37 a
Ovipozisyon	26	6.54±0.24 a	19	3.79±0.30 b
Yumurta sayısı	26	765.27±24.83 a	20	344.85±36.21 b
Ergin ömrü	58	11.36±0.19 a	47	9.23±0.39 b
Toplam ömür	58	29.93±0.23 b	47	32.09±0.46 a

*Her satırda farklı harflerle verilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (Paired bootsrap, $P < 0.05$). APOP= Ergin preovipozisyon periyodu (adult preoviposition period, APOP)" (ergin çıkışı ile ilk üreme arasındaki süre), TPOP= toplam preovipozisyon periyodu (total preoviposition period, TPOP)" (doğumdan ya da yumurtanın bırakılmasından ilk üremeye kadar geçen süre).

4.2.2. Pamuk bitkilerine *Trichoderma asperellum* uygulamasının *Spodoptera exigua*'nın popülasyon parametrelerine etkisi

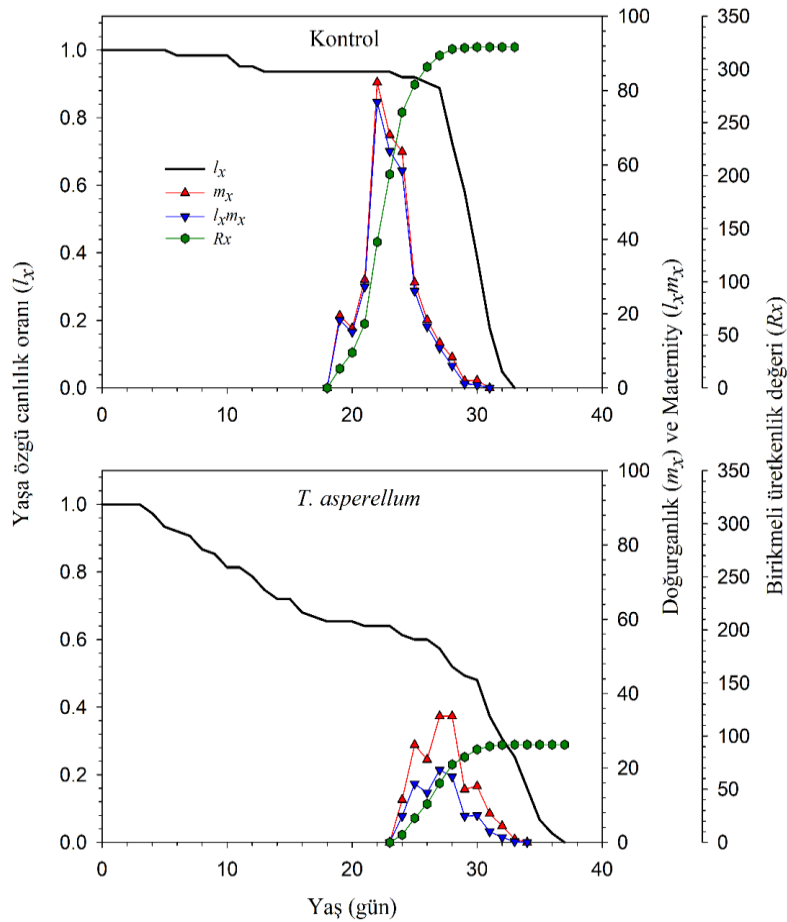
Yaş ve döneme özgü canlılık oranı (s_{xj}) yeni doğmuş bir bireyin x yaşına ve j dönemine kadar yaşayabilme olasılığını gösterir ve dönem çakışmaları ile dönemler arası geçişler s_{xj} eğrilerinde gözlemlenebilmektedir (Şekil 4.1). *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış pamuk bitkisi üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın yumurtadan henüz çıkmış bireyinin x yaşına ve j dönemine kadar yaşayabilme olasılığını gösteren s_{xj} eğrileri Şekil 4.1'de görülmektedir. *T. asperellum* uygulamasının yumurtadan henüz çıkmış bir *S. exigua* larvasının ergin döneme ulaşma olasılığı üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu görülmüştür. *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde hayata kalma olasılığı dişi ve erkek bireyler için sırasıyla 0.26 ve 0.36 iken *T. asperellum* uygulanmamış (kontrol) bitkileri üzerinde ise bu oran sırasıyla 0.42 ve 0.55 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1. *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve *Trichoderma asperellum* uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın yaş ve döneme özgü canlılık eğrileri (s_{xj}).

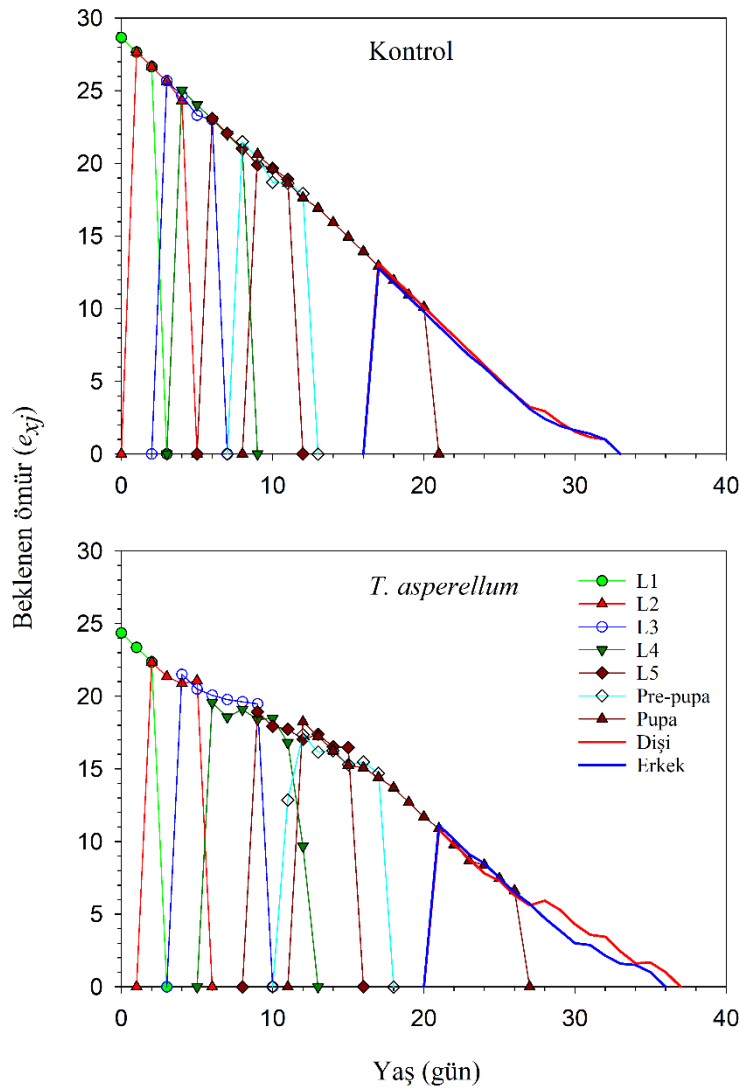
Trichoderma asperellum uygulamasının zararlının yaşa özgü canlılık (l_x), doğurganlık (m_x), maternite ($l_x m_x$) ve kümülatif doğurganlık (R_x) değerleri üzerine etkisi Şekil 4.2.'de verilmiştir. *T. asperellum* uygulamasının zararlının yaşa özgü canlılık (l_x), doğurganlık (m_x), maternite ($l_x m_x$) ve kümülatif doğurganlık (R_x) değerlerini etkilediği görülmüştür. Tüm dönemlerin canlılık oranlarının yansıttığı yaşa özgü canlılık (l_x) eğrisi incelendiğinde *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde kontrol grubuna oranla ölümlerin daha erken dönemde gerçekleşmesinden dolayı eğride düşüş daha önce başlamış ve daha yüksek ölüm oranına bağlı olarak daha hızlı ilerlemiştir. Nitekim *T. asperellum* uygulanmış grupta 2. günden itibaren yüksek oranda ölümler görülmeye başlarken kontrol grubunda bu durum 29. günden itibaren görülmeye başlamıştır.

Günlük dişi başına bırakılan yavru sayısı (m_x) eğrisi incelendiğinde, *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde zararlının üremesinin kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşük olduğu bulunmuştur. Bu değerlerin, *T. asperellum* uygulanmış grupta 27. günde 33.95'e kontrol grubunda ise 22. günde 82.21'e ulaştığı görülmüştür. Canlılık oranı ve üreme veya bırakılan yavru sayısının günlük olarak çarpılması sonucunda elde edilen ve etkili üreme oranını yansıttan maternite ($l_x m_x$) eğrisi *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Bu eğrinin ulaştığı tepe noktası *T. asperellum* uygulanmış grupta 19.45 kontrol grubunda ise 76.90 olduğu görülmüştür. Kümülatif üreme (birikmeli üretkenlik; R_x) eğrisi değeri *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Söz konusu değerler *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde $R_x = 91.96$ kontrol bitkileri üzerinde ise $R_x = 320.92$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2. *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın yaşa özgü canlılık (l_x), doğurganlık (m_x), maternite ($l_x m_x$) ve kümülatif üreme (R_x) eğrileri.

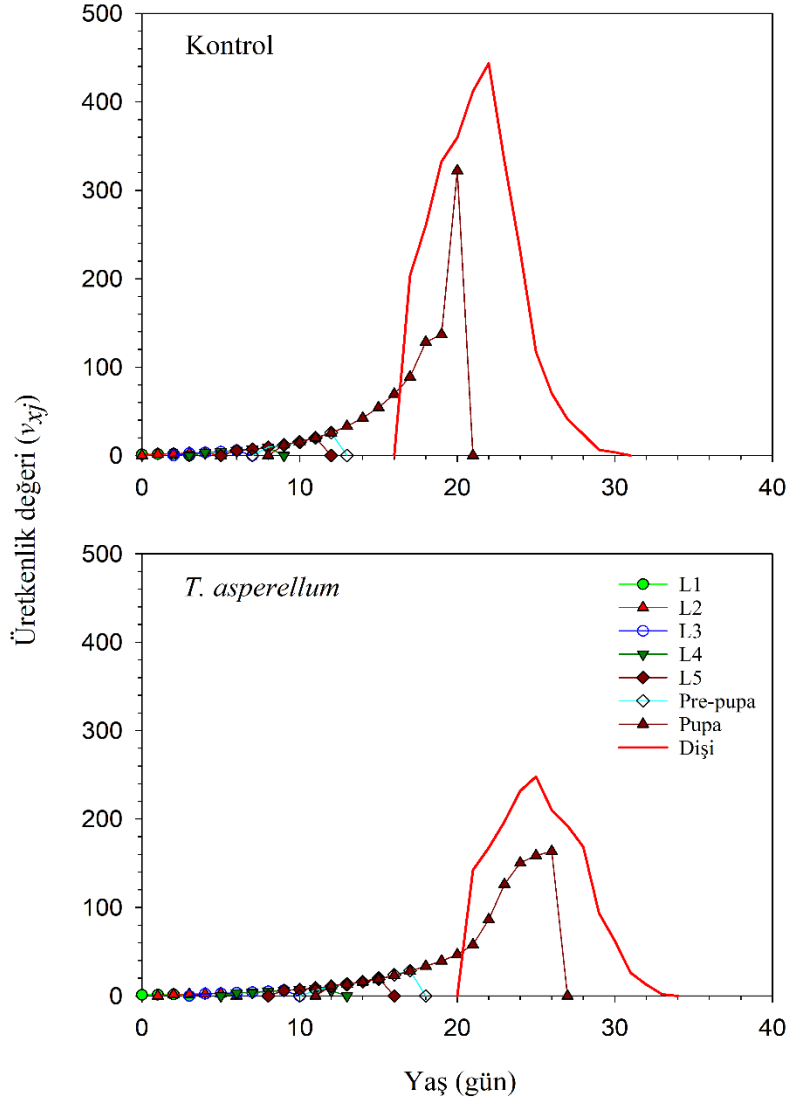
Spodoptera exigua'nın belirli bir yaşta ve dönemde beklenen yaşam uzunluğunun tahminini veren beklenen ömür eğrisi Şekil 4.3'te yansıtılmaktadır. *Trichoderma asperellum* uygulaması *Spodoptera exigua*'nın beklenen ömrünün uzamasına sebep olmuştur. Yeni bırakılmış bir *S. exigua* yumurtasının beklenen ömrü kontrol grubunda 24.35 gün iken *T. asperellum* uygulanmış grupta 28.66 gün olarak bulunmuştur.



Şekil 4.3. *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın yaşa ve döneme özgü beklenen ömür süresi (e_{xj}) (gün).

Pamuk bitkisine *T. asperellum* uygulaması zararlının üreme değeri (v_{xj})'ni de etkilemiştir. Üreme, *Trichoderma asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde 20. günde

kontrol bitkileri üzerinde ise 16. günde başlamıştır. Zararının üreme değeri (v_{xj}) tepe noktası *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde 25. günde oluşmuş ve 247.99 olarak belirlenmiş, *T. asperellum* uygulanmamış kontrol bitkileri üzerinde ise 22. günde başlamış ve 443.60 olarak saptanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın yaşa ve döneme özgü üreme değeri (v_{xj}).

Trichoderma asperellum uygulaması zararlının biyolojik parametreleri kullanılarak oluşturulan populasyon parametrelerini etkilemiş (Çizelge 4.5), daha düşük kalıtsal üreme yeteneği (r), popülasyon artış sınırı (λ) ve net üreme gücü (R_0) ile daha uzun ortalama döl süresi (T) değerlerinin elde edilmesine yol açmıştır. Zararlının

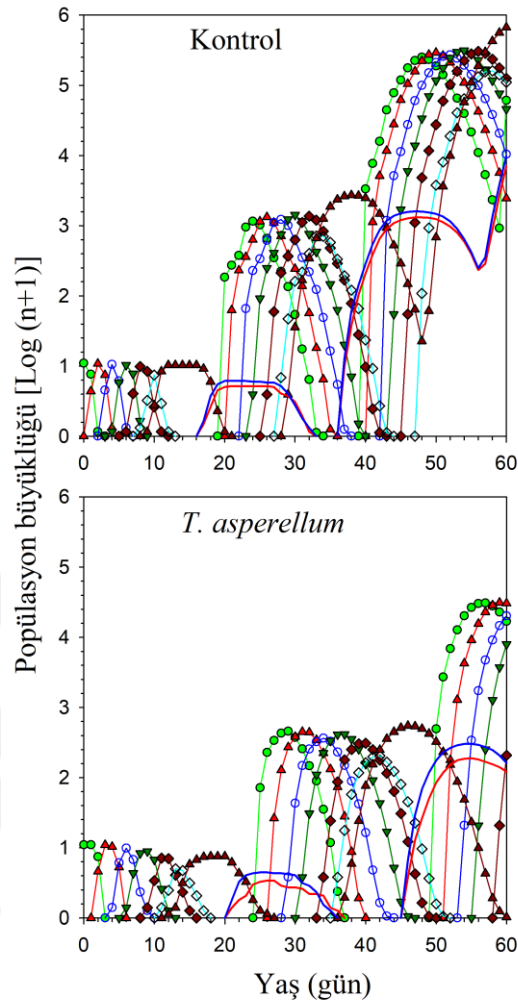
Trichoderma asperellum uygulanmamış pamuk bitkileri (kontrol) üzerinde elde edilen kalıtsal üreme yeteneği (r), popülasyon artış sınırı (λ), net üreme gücü (R_0) ve ortalama döl süresi (T) değerleri sırasıyla 0.2455 gün^{-1} , 1.2783 gün^{-1} , $320.92 \text{ birey/generasyon}$, 23.50 gün olarak belirlenmiştir. *Trichoderma asperellum* uygulanmış pamuk bitkileri üzerinde elde edilen kalıtsal üreme yeteneği (r), popülasyon artış sınırı (λ), net üreme gücü (R_0) ve ortalama döl süresi (T) değerleri ise sırasıyla 0.162 gün^{-1} , 1.176 gün^{-1} , $91.96 \text{ birey/generasyon}$, 27.79 gün olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuca benzer şekilde Gandhi ve ark. (2006) Bamyaya *Pseudomonas fluorescens* uygulamasının bitki gelişimini etkilediğini ve bu bitkiler üzerinde beslenen herbivor *Amrasca biguttulla biguttulla* ve *Aphis gossypii*'nin biyolojisini etkilediğini ve popülasyonlarını önemli derecede azalttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.5. *Trichoderma. asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın popülasyon (yaşam çizelgesi) parametreleri.

	Kontrol		<i>Trichoderma asperellum</i>	
	N	Ortalama \pm SH	N	Ortalama \pm SH
(r)	62	0.2455 \pm 0.008 a	75	0.1627 \pm 0.009 b
(λ)	62	1.2783 \pm 0.01a	75	1.1767 \pm 0.01b
(R_0)	62	320.92 \pm 49.11a	75	91.96 \pm 19.97 b
(T)	62	23.50 \pm 0.31b	75	27.79 \pm 0.40 a

*Her satırda farklı harflerle verilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (paired bootsrap, $P < 0.05$). (r = Kalıtsal üreme yeteneği, λ = Popülasyon artış sınırı R_0 = Net üreme gücü T = Ortalama döl süresi).

Zararlıının biyolojik parametreleri kullanılarak oluşturulan popülasyon projeksiyonu sonuçları Şekil 4.6'da verilmiştir. Zararlıının kontrol bitkileri ile *Trichoderma asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde 60 gün sonunda oluşturduğu popülasyonlar arasında önemli fark ortaya çıkmıştır. Zararlıının 60 günün sonunda erişebileceği popülasyon büyüklüğünün *T. asperellum* uygulanmış grupta 76036 bireye ulaşabileceği, buna karşılık kontrol grubunda 1042980 bireye ulaşabileceği tahmin edilmiştir.



Şekil 4.5. *Trichoderma asperellum* uygulanmış ve uygulanmamış (kontrol) pamuk bitkileri üzerinde beslenen *Spodoptera exigua*'nın popülasyon gelişim similasyonu.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada, ülkemizde ve dünyada pamuk alanlarında önemli kayıplara neden olan *Spodoptera exigua*'ya toprak kökenli yararlı mikroorganizmalardan *Trichoderma asperellum*'un bitki aracılı olarak etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, *Trichoderma asperellum*'un pamuk bitkisinin gelişim parametrelerine ve minarel madde düzeylerine etkisi ile pamuk bitkisinde yol açtığı değişikliklerin, *Spodoptera exigua*'nın, gelişme, üreme, canlılık oranı ve bunlara bağlı olarak popülasyon gelişmesine etkisi incelenmiştir.

Çalışma sonucunda *T. asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilediği ve bitkilerdeki Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Demir (Fe) ve Çinko (Zn) konsantrasyonlarını arttırdığı görülmüştür. Kontrol bitkileri üzerinde beslenenlere kıyasla, *T. asperellum* uygulanmış pamuk bitkileri üzerinde beslenen *S. exigua* bireylerinin ergin öncesi gelişme süresi daha uzun, canlılık oranı daha düşük ve ovipozisyon periyodu içinde bıraktıkları toplam yumurta sayısı önemli ölçüde düşük bulunmuştur. *T. asperellum* uygulamasının zararlının biyolojik parametrelerine (gelişme süresi, canlılık oranı ve üreme vd) etkisi bu parametrelerden oluşturulan yaşam çizelgesi parametrelerine de yansımıştır. Zararlının *T. asperellum* uygulanmış bitkiler üzerinde elde edilen kalıtsal üreme yeteneği (r), popülasyon artış sınırı (λ) ve net üreme gücü (R_0) değerleri kontrol bitkileri üzerinde elde edilenden önemli ölçüde düşük, ortalama döl süresi (T) değeri ise önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçların *T. asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin gelişim parametreleri ve çeşitli minerallerin konsantrasyonunda yol açtığı değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, *T. asperellum* uygulamasının pamuk bitkisinin gelişmesine olumlu katkı sağladığı ve zararlıya karşı tolerans ve direncinin artmasına katkı sağlayabileceği, dolayısıyla zararlının popülasyonunda azalmaya yol açabileceği görülmüştür. Bu da mücadelede kullanılan kimyasal ilaç miktarının azalmasına ve zararlının kimyasallara daha uzun sürede dayanıklılık geliştirmesine yol açabilecektir. Şüphesiz ki, *T.*

asperellum uygulamasının zararlı popülasyonunu ekonomik zarar eşik değerin altında tutmada yeterli olamayacağı ve tek başına insektisitlere alternatif olamayacağı, ancak zararlının gelişme ve üremesi için daha elverişsiz ortam yaratmada kullanılabilir önemli bir etmen olabileceği ve buna bağlı olarak mücadele için kullanılacak kimyasal ilaç miktarını azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, sürdürülebilir pamuk üretimi için hazırlanacak zararlı yönetim programlarında *Trichoderma asperellum* uygulamasına yer verilmesinin yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Aktaş, M. ve Ateş, A., 1998. *Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanınmaları*. Nurol Matbaacılık A.Ş. Ostim-Ankara
- Anonim, 2019a. Dünyada Yetersiz Beslenen İnsan Sayısı Artışta <https://www.dogrulukpayi.com/bulten/dunyada-yetersiz-beslenen-insansayisi-artista> (Erişim tarihi: 19.10.2019)
- Anonim, 2022c. Forestry image <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfmimgnum=5560979> (Erişim tarihi: 20.04.2020)
- Anonim, 2022d. https://www.researchgate.net/figure/Representative-isolates-of-Trichoderma-asperellum-illustrating-the-range-of_fig8_27814725 (Erişim tarihi: 20.04.2020)
- Altomare, C., Norvell, W. A., Björkman, J., Harman, G.E., 1999. Solubilization of Phosphates and Micronutrients by The Plant Growth Promoting and Biocontrol Fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology* **65**: 2926–2933.
- Aydın, M. H., 2015. Bitki Fungal Hastalıklarıyla Biyolojik Savaşta *Trichoderma*'lar, *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, **2**: 135-148.
- Azarmi, R., Hajieghrari, B., Giglou, A., 2011. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology*, **10** (31): 5850-5855.
- 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.
- Bal, U., Altıntaş, S., 2006. Effects of *Trichoderma harzianum* on The Yield and Fruit Quality of Tomato Plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Grown In an Unheated Greenhouse. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **46** (1): 131–136.
- Batum, M. S., Yanık, T., Yonsel S., 2005. Soğan patojenlerine karşı *Trichoderma harzianum* uygulaması. *XIV. Ulusal Biyoteknoloji Kongresi*, Eskişehir. 31 Ağustos-2 Eylül 2005.
- Benitez, T., Rincon, A. M., Limon, M.C., Codon, A.C., 2004. Biocontrol mechanism of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, **7**: 249-260.
- Bennett, A. E., Alers-Garcia, J., Bever, J. D., 2006. Three-way interactions among mutualistic mycorrhizal fungi, plants, and plant enemies: Hypotheses and synthesis. *American Naturalist*, **167** (2): 141-152.
- Bezemer, T. M., Van Dam, N. M., 2005. Linking aboveground and belowground interactions via induced plant defenses. *Trends in Ecology & Evolution*, **20** (11): 617-624.
- Birişik, N., Altındışli, F. Ö., Kılıç, T., Özsemerci, F., Turanlı, T., Kaplan, C., Işık, F., 2013. *Teoriden Pratiğe Biyoteknik Mücadele*. Ankara: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.

- Bjorkman, T., Blanchard, L.M., Harman, G.E., 1998. Growth Enhancement of Shrunken-2 sweet corn by *Trichoderma harzianum* 1295-22: Effect of Environmental Stress, *Journal of the American Society for Horticultural Science.*, **123**: 35-40.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Savaşçı, S. ve Paslı, N., (2001). *Ekoloji – II (Toprak)*, Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara.
- Brewer, M. T., Larkin, R. P., 2005. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. *Crop Protection*, **24** (11): 939-950.
- Chen, Y., Ruberson, J. R., 2008. Impact of variable nitrogen fertilisation on arthropods in cotton in Georgia, USA. *Agriculture, Ecosystems Environment*, **126** (3-4): 281-288.
- Chaverri, P., Gazis, R. O., Samuels, G. J., 2011. *Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and *H. guianensis* from the Amazon basin. *Mycologia*, **103** (1): 139-151.
- Chi, H., 2015. Twosex-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. *Available on: <http://140.120>*, 197.
- Chi, H., Liu, H., 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology. Sin*, **24** (2): 225-240.
- Chi, H., 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, **17** (1): 26-34.
- Chi, H., Su, H.-Y., 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphid iusgifuensis* (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** (1): 10-21
- Colla, G., Roupheal, Y., Di Mattia, E., El-Nakhel, C., Cardarelli, M., 2015. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **95** (8): 1706-1715.
- Coppola, M., Diretto, G., Digilio, M. C., Woo, S. L., Giuliano, G., Molisso, D., Rao, R., 2019. Transcriptome and metabolome reprogramming in tomato plants by *Trichoderma harzianum* strain T22 primes and enhances defense responses against aphids. *Frontiers in Physiology*, 745.
- Delen, N., 1991. Patojenlerin fungusitlere dayanıklılık sorunu. *TYUAP Ege-Marmara Dilimi, ABAV Toplantısı*, 12: 14.
- DESA - Statistical Databases, 2015. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper, No. ESA/P/WP.241
- Druzhinina, I., Kubicek, C.P., 2005. Species concepts and biodiversity in *Trichoderma* and *Hypocrea*: From aggregate species to species clusters. *Journal of Zhejiang University Science B.*, **6** (2): 100-112
- Efron, B., Tibshirani, R. J., 1994. *An Introduction to the Bootstrap*. CRC press.
- El-Hasan, A., Buchenauer, H., 2009. Actions of 6-pentyl-alpha-pyrone in controlling seedling blight incited by *Fusarium moniliforme* and inducing defence responses in maize. *Journal of Phytopathology*, **157** (11-12): 697-707.

- Eski, A., 2018. *Çizgili Yaprakkurdu (Spodoptera exigua Hübner, Lepidoptera: Noctuidae)'na Karşı Bakteri Orjinli Biyopestisit Geliştirilmesi* (Doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Fageria, N. K., 2009. *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.
- Foth, H. D., 1984. *Fundamentals of Soil Science*, 7th Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Gehring, C., Bennett, A., 2009. Mycorrhizal Fungal-Plant-Insect Interactions: The Importance of a Community Approach. *Environmental Entomology*, **38** (1): 93-102.
- Goodman, D., 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *The American Naturalist*, **119** (6): 803-823.
- Güneş, A., Cevheri, C. İ., Beyyavaş, V., Yılmaz, A., 2005. GAP Bölgesinde Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Tarımı, Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, 5-9 Eylül 2005, Antalya. Derleme Sunusu Cilt I, Sayfa 309-314.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M., 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, **2** (1): 43.
- Harman, G. E., 2006. Over view of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, **96**: 190-194.
- Hanson, L. E., 2000. Reduction of Verticillium Wilt Symptoms in Cotton Following Seed Treatment with *Trichoderma virens*. *The Journal of Cotton Science*, **4**: 224-231.
- Howell, C. R., ve Puckhaber, L. S., 2005. A study of the characteristics of "P" and "Q" strains of *Trichoderma virens* to account for differences in biological control efficacy against cotton seedling diseases. *Biological Pest Control*, **33**: 217-222.
- Howell, C. R., 2007. Effect of Seed Quality and Combination Fungicide-*Trichoderma* spp. Seed Treatments on Pre. and Postemergence Damping-Off in Cotton. *Phytopathology*, **97**: 66-71.
- Huang, Y. B., Chi, H., 2012. Assessing the application of the jackknife and bootstrap techniques to the estimation of the variability of the net reproductive rate and gross reproductive rate: a case study in *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Agriculture*, **61**(1).
- Inbar, J., Abramsky, M., Cohen, D., Chet, I., 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. *European Journal of Plant Pathology*, **100**: 337-346.
- Irina, D., Christian, P.K., 2004. Species and biodiversity in *Trichoderma* and *Hypocera*: from aggregate species to species clusters. *Journal of Zhejiang University Science*, **6**: 100-112.
- Jallow, M. F. A., 2004. Indirect interaction between an unspecialized endophytic fungus and a polyphagous moth. *Basic and Applied Ecology*, **5**: 183-191.
- Kacar, B., 1984. *Bitki besleme uygulama kılavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 900.
- Kacar, B., 2005. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, **3** (4): 20-30.
- Kacar, B., Katkat, V. A., 2010. Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849. *Fen Bilimleri*, **30** (5).

- Kantarci, M. D., 2000. *Toprak ilmi, İÜ Orman Fakültesi Yayınları*, İÜ Yayın No: 4261, Orman Fakültesi
- Kashyap, P. L., Kumar, S., Srivastava, A. K., 2017. Nanodiagnostics for plant pathogens. *Environmental Chemistry Letters*, **15** (1): 7-13.
- Kjeldahl, C., 1883. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschrift Für Analytische Chemie*, **22**, 366.
- Lei, Z. H. A. O., Qun, L. I. U., Zhang, Y. Q., Cui, Q. Y., Liang, Y. C., 2017. Effect of acid phosphatase produced by *Trichoderma asperellum* Q1 on growth of *Arabidopsis* under salt stress. *Journal of Integrative Agriculture*, **16** (6): 1341-1346.
- Lugtenberg, B., Kamilova, F., 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, **63**: 541-556.
- Lynch, K. L. Wilson, M. A., Ousley, J. M., Whipps, J. M., 1991. Response of Lettuce to *Trichoderma* Treatment, Lett. *Journal of Applied Microbiology*, **12**: 59-61.
- McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J., 2009. Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. *Nutrient Management Module*, **9**: 1-16.
- 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** (5): 1156-1166.
- Mukherjee, P. K., Horwitz, B. A., Singh, U. S., Mukherjee, M., Schmoll, M., 2013. *Trichoderma* in agriculture, industry and medicine: an overview. *Trichoderma biology and applications*. Boston: *Centre for Agriculture and Biosciences International*, **16**: 1-9.
- Papavizas, G. C., 1985. *Trichoderma* and giocladium: Biology, ecology, and potential for biocontrol. *Annual Review Phytopathology*, **23**: 23-54
- Pettigrew, W. T., 1999. Potassium deficiency increases specific leaf weights and leaf glucose levels in field-grown cotton. *Agronomy Journal*, **91**: 962-968
- Pineda, A., Soler, R., Pozo, M. J., Rasmann, S., Turlings, T. C., 2015. Above-ground interactions involving plants, microbes and insects. *Frontiers in Plant Science*, **6**: 318.
- Pineda, A., Zheng, S.-J., Van Loon, J. J., Pieterse, C. M., Dicke, M., 2010. Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes. *Trends in Plant Science*, **15** (9): 507-514.
- Plaster, E. J., 1992. *Soil Science and Management. 2nd Edition*, Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA.
- 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.
- Raviv, M., Zaidman, B. Z., Kapulnik, Y., 1998. The Use of Compost as a Peat Substitute for Organic Vegetable Transplants Production. *Compost Science, Utilization*, **6**: 46-52.
- Rudresh, D. L., Shivaprakash, M. K., Prasad, R. D., 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecology*, **28** (2), 139-146.
- Samuels, G. J., 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. *Mycological Research*, **100** (8): 923-935.

- Schulz, B. (2006). Mutualistic interactions with fungal root endophytes. *Microbial Root Endophytes*, 261-279.
- Segarra, G., Van der Ent, S., Trillas, I., Pieterse, C. M. J., 2009. MYB72, a node of convergence in induced systemic resistance triggered by a fungal and a bacterial beneficial microbe. *Plant Biology*, **11** (1): 90-96.
- Shanker, C., Solanki, K. R., 2000. Botanical insecticides: A historical perspective. India, *Asian Agri-History*, **4** (2): 21-30.
- Smits, P., Van Velden, M., Van de Vrie, M., Vlak, J., 1987. Feeding and dispersion of *Spodoptera exigua* larvae and its relevance for control with a nuclear polyhedrosis virus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **43** (1): 67-72.
- Smits, P. H., Velden, M. C., Vrie, M. ve Vlak, J. M., 1987. Feeding and dispersion of *Spodoptera exigua* larvae and its relevance for control with a nuclear polyhedrosis virus. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **43**: 67-72.
- Smolinska, U., Kowalska, B., Oskiera, M., 2007. The effectivity of *Trichoderma* strains in the protection of cucumber and lettuce against *Rhizoctonia solani*. *Vegetable Crops Research Bulletin*, **67** (1): 81-93.
- Van Der Heijden, M. G., Bardgett, R. D., Van Straalen, N. M., 2008. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, **11** (3): 296-310.
- Van Loon, L. C., 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. In *New Perspectives and Approaches in Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Research*, 243-254.
- Vinale, F., Ambrosio, D. G., Abadi, K., Scala, F., Marra, R., Tura, D., Woo, S. L., Lorito, M., 2004. Application of *Trichoderma harzianum* (T22) and *Trichoderma atroviride* (P1) as plant growth promoters and their compatibility with copper oxychloride. *Journal of Zhejiang University Science*, **30**: 2-8.
- Yadav, R. L., Shukla, S. K., Suman, A., Singh, P. N., 2009. *Trichoderma* inoculation and trash management effects on soil microbial biomass, soil respiration, nutrient uptake and yield of ratoon sugarcane under subtropical conditions. *Biology and Fertility of Soils*, **45** (5): 461-468.
- Yang, J., Kloepper, J. W., Ryu, C. M., 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in Plant Science*, **14** (1): 1-4.
- Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y., Chet, I., 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil*, **235**: 235-242.
- Yiğit, F., 2005. *S.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi*, **19** (36): 70-77. Zirai Mücadele Teknik Talimatı, Nisan 2007.
- Zehnder, G., Kloepper, J., Yao, C., Wei, G., 1997. Induction of systemic resistance in cucumber against cucumber beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) by plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of Economic Entomology*, **90** (2): 391-396.
- Zengin, K. F., Munzuroğlu, Ö., 2003. Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine kadmiyum (Cd) ve Civa (Hg)'nin etkileri. *Fen Bilimleri Dergisi*, **24** (1): 64-75.
- Van der Ent, S., Van Wees, S. C. M., Pieterse, C. M. J., 2009. Jasmonate signaling in plant interactions with resistance-inducing beneficial microbes. *Phytochemistry*, **70** (13-14): 1581-1588.

- Van Wees, S. C., Van der Ent, S., Pieterse, C. M., 2008. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Current Opinion in Plant Biology*, **11** (4): 443-448.
- Wardle, D. A., Bardgett, R. D., Klironomos, J. N., Setälä, H., van der Putten, W. H., Wall, D. H., 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, **304** (5677): 1629-1633.
- Weindling, R., 1941. Experimental consideration of the mold toxin of *Gliocladium* and *Trichoderma*. *Phytopathology*, **31**: 991-1003.
- Weyens, N., Van der Lelie, D., Taghavi, S., Newman, L., Vangronsveld, J., 2009. Exploiting plant-microbe partners to improve biomass production and remediation. *Trends in Biotechnology*, **27** (10): 591-598.



ÖZ GEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladı. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü'ne kayıt yaptırdı ve 2018 yılında lisans eğitimini tamamlayıp Ziraat Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. 2018 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilimdalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih:24./05/2022

Tez Başlığı / Konusu: *Trichoderma asperellum* UYGULANMIŞ PAMUK BİTKİSİ ÜZERİNDEKİ *Spodoptera exigua*'nın POPÜLASYON PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 44 sayfalık kısmına ilişkin, 24/05/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %(yüzde 15) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Materyal ve yöntem hariç,
- Kaynaklar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ayşenur GÜLTEKİN

Öğrenci No: 18910001134

Anabilim Dalı: Bitki Koruma

Programı: Entomoloji

Statüsü:Yüksek Lisans

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR
Prof. Dr. Remzi ATLIHAN

ENSTİTÜ ONAY
UYGUNDUR