

Leptoglossus occidentalis (Heidemann)'in mücadelesinde termal toplanma tuzağının etkinliği

The effectiveness of thermal trap in the control of Leptoglossus occidentalis (Heidemann)

Salih PARLAK^{*1}, Oğuzhan SARIKAYA¹, Erdem HIZAL², Fazıl SELEK³, İkbâl Meltem ÖZÇANKAYA³, Yafes YILDIZ⁴, Özden AÇICI⁵, Hacer CAN⁵

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Silvikültür Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

³Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Urla, İzmir, Türkiye

⁴Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı, Bartın, Türkiye

⁵Orman Genel Müdürlüğü, Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Bursa, Türkiye

Eser Bilgisi/Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1520784

Sorumlu yazar/Corresponding author

Salih PARLAK

e-mail: salih.parlak@btu.edu.tr

Geliş tarihi/Received

23.07.2024

Düzeltilme tarihi/Received in revised form

17.12.2024

Kabul tarihi/Accepted

23.12.2024

Elektronik erişim/Online available

15.05.2025

Anahtar kelimeler:

Leptoglossus occidentalis

Böcek zararı

İnfrared tuzak

Fıstık çamı

Keywords:

Leptoglossus occidentalis

Insect damage

Infrared trap

Stone pine

Özet

Leptoglossus occidentalis (Heidemann) iğne yapraklı ağaç türlerinin tohumlarına zarar veren istilacı bir türdür ve etkili bir mücadele yöntemi henüz ortaya konulmamıştır. Zararlıya karşı etkili bir mücadele yöntemi geliştirmenin amaçlandığı bu araştırma, en fazla zarar yaptığı fıstık çamında ve Bergama-Kozak Havzası'nda yürütülmüştür. Erginlerin kışlamak için sıcak yerleri tercih ettiği gözlemlendiğinden havzanın farklı dört noktasında güneş enerjisi ile beslemeli infrared tuzaklar yerleştirilmiştir. Bu tuzaklarda üç yıl süreyle sıcaklık değişimleri ölçülmüş ve tuzağa gelen ergin tespitleri yapılmıştır. İnfrared ve kontrol tuzakları arasında oluşan sıcaklık farklarının, erginlerin toplanmasındaki etkisi t testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiki olarak fark çıkmamasına rağmen, toplam üç yıllık süre sonunda infrared ısıtıcılı tuzaklarda ergin sayısının kontrole göre %32 fazla olduğu belirlenmiştir. Yıllara göre popülasyonda keskin dalgalanmaların olduğu, 2019 ve 2021 yıllarında tuzağa giren ergin sayısı fazla olmasına rağmen, 2020 yılındaki erginlerin hem tuzaklarda hem de böceğin kışladığı yerlerde çok az olduğu belirlenmiştir.

Abstract

Leptoglossus occidentalis (Heidemann) is an invasive species that causes damage to the seeds of coniferous tree species, and an effective control method has not yet been identified. The study aimed to develop an effective control method against *L. occidentalis*. The research focused on stone pine trees in the Bergama-Kozak Basin, where the most damage occurs. It was observed that the adults of this species prefer warm locations for overwintering. Therefore, solar energy-fed infrared based traps were designed and tested at various locations in the basin. Four different points were selected for testing. The temperature changes in these traps were measured over a period of three years, and the trapped adults were identified. The effect of temperature differences between infrared and control traps on the collection of adults was examined using a t-test. Although no statistically significant difference was found, it was determined that after a three-year period, the number of adults in traps with infrared heaters was 32% higher than in the control traps. It was also noticed that there were significant fluctuations in the population from year to year. In 2019 and 2021, a large number of adults were caught in the traps, whereas in 2020, both the traps and the areas where the insects overwintered had very few adults.

GİRİŞ

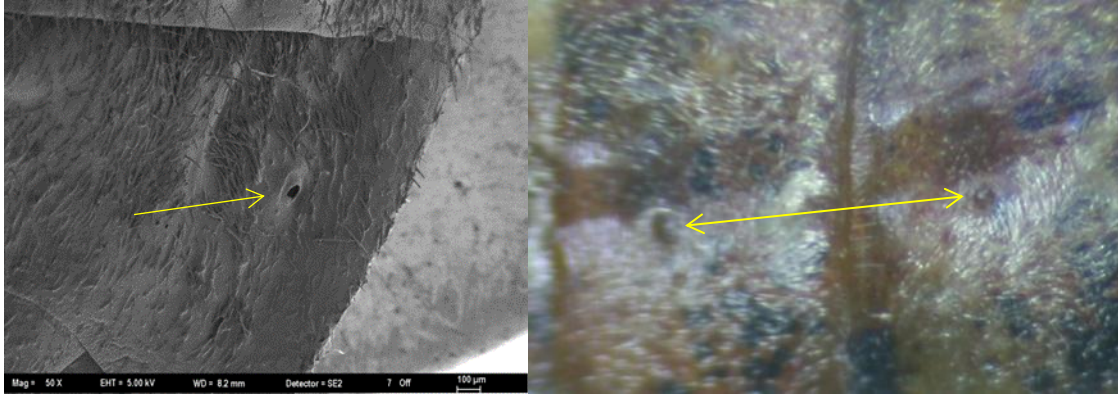
Leptoglossus occidentalis (Hemiptera: Coreidae) ilk kez 1910 yılında Kuzey Amerika'da tanımlanmış ve 2. Dünya savaşıdan sonra Orta ve Doğu Amerika'da yayılmıştır (Lesieur ve ark 2014). Bütün kısıtlama ve karantina tedbirlerine rağmen yayılışını yavaşlatmak zor olmaktadır. 1992'de ilk defa İtalya'da görülen (Tescari 2001) böcek hızlı bir şekilde yayılmış ve 2005'te İsviçre'de bulunmuştur (Wittenberg ve ark. 2005). 2000 yılından sonra sadece on yıl içinde Avrupa kıtasının büyük bölümünde Norveç'ten

Sicilya'ya ve Portekiz'den Türkiye'ye kadar kolonileşmiştir (Fent ve Kment 2011). Türkiye'de ilk kez 2009 yılında görülmüş (Arslangündoğdu ve Hızal 2010) ve kısa sürede tüm iğne yapraklı ormanlarımıza yayılmıştır. İlk kez İzmir ili Bergama ilçesi Kozak Havzası'ndaki fıstık çamlarında (*Pinus pinea*) kozalak dökülmesi, olgun kozalakların içlerinin boş çıkması ve tohum içlerinde mantar oluşumu şeklinde görülen zararlara bu böceğin sebep olduğu anlaşılmıştır. Zarar şeklinin incelenmesi neticesinde uzun bir emme hortumuna sahip olan böceğin, olgun kozalakta

üç karpelin birleşme yerinden tohumun besin dokusunu emdiği gözlenmiştir.

Böceğin yüksek uçuş kabiliyeti (Koerber 1963), farklı iğne yapraklı türlerle beslenmesi ve kışlama alışkanlıkları yeni habitatlara uyumunu artırmaktadır (Fent ve Kment 2011). Çok farklı konukçulara, iklim tiplerine ve yükseklik farklarına karşı büyük bir uyum kapasitesine sahiptir. Böceğin adaptasyon kabiliyeti mikroklimatik iklim şartları ile açıklanabilir. Kümülatif sıcaklıklar böceğin gelişimini sınırlamakta, ortalama eşik sıcaklığı erginin kışlamaya başlama ve kışlamadan çıkma davranışını etkilemektedir (Bernardinelli ve ark. 2006, Tamburini ve ark. 2012). Uyarılara karşı böceklerde meydana gelen yönelim davranışları mücadelede yönteminde belirleyici olabilmektedir. Bu yönelim davranışlarından biri de ısıya

yönelimdir. Böcekler için en uygun sıcaklık 26°C kabul edilmektedir. Kış soğuklarından korunmak için böceklerin çoğu kuytu ve nispeten sıcak yerlerde toplanırlar (Pehlivan 1974). Önceki çalışmalarda, *L. occidentalis*'in nimf döneminde gelişim için belirli sıcaklığa ihtiyaç duyduğu ve sıcaklığın ergin davranışlarını etkilediği belirlenmiştir (Tamburini ve ark. 2012). Böceğin infrared dalga boylarını algılayabildiği ve yönelim davranışlarını etkilediği belirlenmiştir (Takács ve ark. 2008). Abdomenin ventralinde infrared (IR) algılayıcılar (reseptörler) (Şekil 1), uzaktaki bir infrared kaynağı tespit etmesine imkân vermekte, algılayıcıların kapatılması ise infrared radyasyon algısını zayıflatmaktadır (Gullan ve Cranston 2010).



Şekil 1. *L. occidentalis* erginlerinde infrared algılama noktaları

L. occidentalis 40'tan fazla iğne yapraklı türde (Gall 1992) tohum endospermını emmek suretiyle zarar yaptığı ve yeni oluşan kozalakların atılmasına, olgunların ise endosperm kısmını tüketerek boş tohum oluşumuna (Bates ve Borden 2005) verim ve kalite kaybına (Jucker ve ark. 2008), yetersiz döllenme ve kozalak dökümlerine neden olmaktadır (Bates ve Borden 2005, Mitchell 2000). Ülker (yenidoğan kozalak) döneminde meydana gelen dökümlerin başlıca sebebi bu emmeler olup neredeyse tüm ürünün kaybına neden olmaktadır (Bates ve ark. 2002b). Kozalak gelişiminin ileri aşamalarında meydana gelen emgiler ise tohum için büzülmesi ve zarar şiddetine bağlı olarak yağ ve proteini emilen tohumlarda boş tohum oluşumuna neden olmaktadır (Bates ve ark. 2002a, 2002b, Strong ve ark. 2001). Olgun kozalaklardaki

karakteristik zararı böceğin beslenmesi sonucu tohum için solması ve süngerimsi bir yapı göstermesidir (Bates ve ark. 2002a). Erken dönemde, tohum kabuğu sertleşmeden yapılan emgilerde büzüşmüş tohumlar meydana gelmekte ve tohum oluşumu azalmaktadır (Bates ve ark. 2000, Strong ve ark. 2001). Böcek, özellikle çam (*Pinus*) türlerinde beslenmek için yeni oluşan kozalak ve tohumun endospermını emerek çimlenmeyi %80'e kadar azaltabilmektedir. Doğal meşcerelerde ise bu tohum kaybı %50'ye kadar çıkabilmekte (Gobbi ve Lencioni 2009), çimlenmeyi engelleyerek tohum kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır (Bates ve ark. 2001). Kozalakların olgun döneminde ergin erkekler günde ortalama 1.4 ve dişiler 2 tohuma zarar vermektedir.

Bir ergin 300'den, yırtıcı ve parazitlenme olmadığı taktir de ise 400'den fazla tohum kaybına neden olabilmektedir (Bates ve ark. 2002a, Bates ve Borden 2005). Bir diğer zarar şekli ise böceğin hastalık etmenlerini bulaştırmakta (Sousa ve ark. 2014) ve bu bulaşmadan dolayı meydana gelen tohum kayıpları %64'e kadar çıkabilmektedir (Luchi ve ark. 2012).

Fıstık çamında 2000'li yıllardan sonra başlayan ülker dökümlerin ve tohumlarda meydana gelen zarar sebebinin *L. occidentalis* olduğu uzun süre anlaşılamamıştır (Strong 2006). Bunun sebebi, bitki özsuynunun emilmesiyle genellikle hücre duvarı bozulmadığı için zararın kolay fark edilememesidir (Gullan

ve Cranston 2010). Sadece Türkiye'de değil, fıstıkçamının yayıldığı tüm Akdeniz ülkelerinde büyük zararlar meydana getirmektedir. 1990'larda Avrupa'da görüldükten sonra kozalak kayıpları raporlanmış (Peverieri ve ark. 2013) İtalya'da fıstık çamlarındaki ülker dökümlerinin %80'lere çıktığı (Roversi 2009) ve fıstıkçanı kozalaklarında %60-%80 arasında zarar meydana getirdiği, Akdeniz ülkelerindeki doğal alanlarda verimi %95 düşürdüğü belirlenmiştir (Bates ve ark. 2002b). Avrupa'yı istila eden böceğin Akdeniz Havzası'ndaki fıstıkçanı üretiminde önemli ölçüde verim kaybindan sorumlu olduğu düşünülmektedir (Roversi ve ark. 2011, Bracalini ve ark. 2013) (Şekil 2).



Şekil 2. Dökülen iki yaşlı ülkerler (sol), *L. occidentalis* zararı ve olgun kozalaklarda boş tohum (orta) ve mantar oluşumu (sağ)

Ülker dönemindeki zarar dökümlere, kozalak gelişiminin ileri dönemlerinde yapılan emmeler ise boş tohum oluşumuna veya endospermin kısmen tahrip edilmesine neden olmaktadır (Mutke ve ark. 2015). Kozalakdaki dolu tohum oranı %50'lere kadar düşmektedir. İtalya'da çam fıstığındaki verimsizliğin sebebi (Roversi ve ark. 2011, Bracalini ve ark. 2013) ve Akdeniz Havzası'nda fıstıkçanı üretiminin önemli ölçüde azalmasında ana etken olduğu düşünülmektedir (Bracalini ve ark. 2014). Böcek yoğunluğu ve aynı yıl meydana gelen tohum kaybı arasındaki güçlü bir ilişki ($R^2 = 0.95$; $p = 0.02$) olduğu ortaya konulmuştur. Böcek popülasyonundaki düşüşe paralel olarak tohum kayıpları da azalmış, popülasyon %5'e düştüğünde tohum kaybı sadece %2 olarak gerçekleşmiştir (Farinha ve ark. 2021). İspanya'da uzun yıllık verilerden çıkarılan sonuçlara göre böcek tespit edildikten sonra verimin %50 düştüğü bildirilmektedir (Calama ve ark. 2020). Türkiye'de ise aşırı ülker dökümü

gözlenmiş ve yörelere göre boş tohumların oranı %14-%98 arasında değiştiği belirlenmiştir (Parlak 2016).

L. occidentalis'e karşı etkili kontrol yöntemi veya mücadelesi için onaylanmış kimyasal bir ürün bulunmadığından (Strong ve ark. 2001, Ogden 2013, Lesieur ve Farinha 2021) yayılışı kontrol altına alınamamıştır (Blatt ve Borden 1996, Pimpão 2014). Biyolojik mücadelede laboratuvarında yetiştirilen yırtıcıların uçuş ve doğal düşmanlarını arama davranışlarındaki azalmalar, rekabetin olmayışı ve doğaya salımlarda başarısız adaptasyon nedeniyle sonuç alınamamaktadır (Carter ve ark. 1984). Biyoteknik mücadele çalışmalarında yumurtaların parazitlenme oranı %13'ü geçmediğinden popülasyonu baskılamada yeterli olmayacağı düşünülmektedir (Lesieur ve Farinha 2021). Kimyasal olarak Permetrin gibi geniş spektrumlu ve piretroid tabanlı bazı kimyasallar *L. occidentalis*'in kontrolünde kullanılabilmesine (İpekdal ve ark. 2019)

rağmen hala etkili bir kimyasal mücadele yöntemi geliştirilmiş değildir (Lesieur ve Farinha 2021, Farinha ve ark. 2021). Biyoteknik mücadele çalışmalarında *Isaria fumosorosea*'nın *L. occidentalis*'i mikrobiyal olarak kontrol etme potansiyeli belirlenmiştir (Barta 2010).

Son yıllarda fıstıkçamında meydana getirdiği ekonomik kaybın yanında, iğne yapraklı türlerin doğal gençleştirilmesinde ve fidanlık çalışmalarında böcek kaynaklı tohum zararlarının önlenmesi için etkili bir mücadele yöntemi geliştirilmesi zorunlu haline gelmiştir. Türkiye'deki iğne yapraklı ağaç tohumları için büyük bir potansiyel tehlike olan *L. occidentalis*'e karşı fiziki şartlardan dolayı ormanlık alanlarda ilaçlı mücadele imkânı bulunmamaktadır. Yeni bir istilacı tür olduğundan henüz doğal yırtıcısının olmaması ve böceğe özgü bir feromon geliştirilmemesi mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Bu zorluklar göz önüne alınarak, etkin bir mücadele yönteminin ortaya konulması için böceğin yönelim davranışları gözlenmiş, erginlerin ısıya yönelim ve kışlamak için sıcak ortamları tercih ettiği görülmüştür. Böceğin abdomeninde yer alan infrared algılayıcıları sayesinde uzak mesafelerden bile ısı kaynağını bulabilmekte (Gullan ve Cranston 2010) erginler infrared ışığa karşı yüksek yönelme eğilimi göstermektedir (Takács ve ark. 2009). Zararının bu özelliğinden yararlanarak

infrared yakalama tuzağı geliştirilmesi ve etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bergama Kozak Havzası'nda yürütülen çalışmada; dört farklı yerde tuzaklar kurulmuştur. Güneş enerjisinden faydalanılarak infrared sıcaklık kaynağının oluşturulması ve tuzak içi sıcaklığın, dış ortam sıcaklığının üzerine çıkarılması amaçlanmıştır. Üç yıl süren çalışmada, kontrol ve infrared tuzaklara giren *L. occidentalis* erginleri sayılmış ve ortam sıcaklığı ile böceklerin toplanması arasındaki ilişkiler irdelenmiştir. *L. occidentalis*'in kışlaması esnasında infrared ısıtıcı ve kontrol tuzaklarındaki sıcaklık farkının kışlama tercihinin etkileyip etkilemediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Böceklerin kışlaması için en/boy 1x1 m ve yükseklik 1.25 m ebatlı ahşap kulübeler hazırlanmıştır. Kulübelerin giriş kısımları 40x40 cm ebatlarında, çatısı eğimli ve plastik kiremit örtü ile kaplanmıştır. Kulübelere yerleştirilen infrared ısıtıcılar için akü grubu, güneş panelleri, elektriği dengelemek için şarj regülatörü, inverter, infrared ısıtıcı, sıcaklık ve nemölçerler kullanılmıştır. Yaban hayvanlarından korumak için tuzakların etrafı kafes teli ile çevrilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Kurulan tuzakların elektrik şeması (sol) ve arazideki kurulumu (sağ)

Yöntem

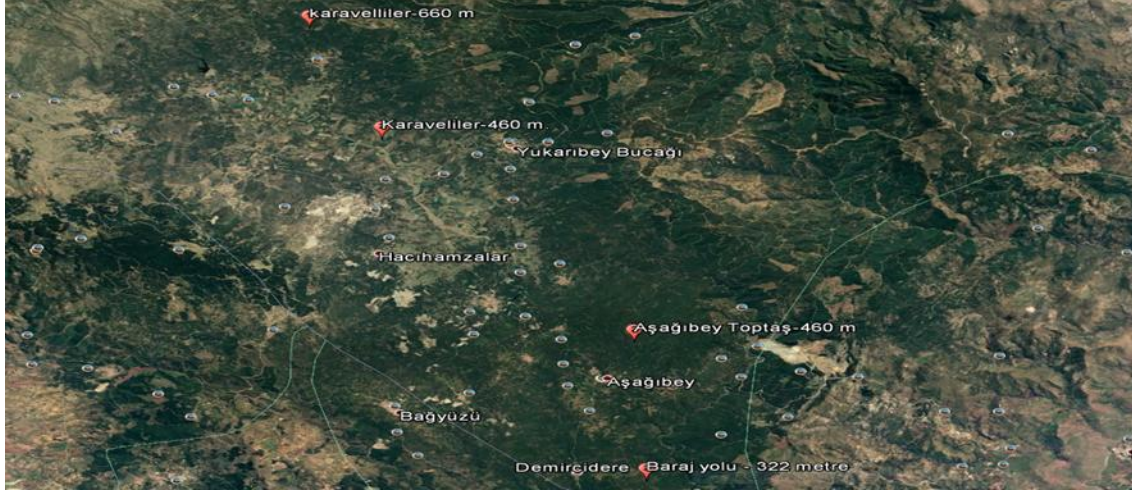
Tuzakları Deneme Alanlarına Konuşlandırma ve Sayımlar

Tuzaklar, Karaveliler Mahallesi 460 m ve 660 m rakımda, Aşağıbey Toptaş mevki 460 m ve Ilıca mevki 320 m rakımda olmak üzere dört yerde, etkinliklerini kıyaslayabilmek için aynı yere infrared ve kontrol

(ısıtıcısız) olmak üzere iki tip tuzak 2019 yılı ekim ayı başında yerleştirilmiştir. Kurulum yerleri, *L. occidentalis*'in beslenme zararının daha fazla görüleceği öngörüsü ve yöredeki üreticilerin verimli olarak belirttiği yerlerde seçilmiştir (Şekil 4). Güneşlenme, ışık alma, rüzgâra maruz kalma ve yerden yükseklik gibi hususlarda mümkün olduğu kadar eşit şartları sağlamaya çalışılmıştır. Monte edilen güneş panelinin besleyebileceği 1000 Watt güçte

infrared ısıtıcılar ahşap kulübelerin içine yerleştirilmiştir. Tuzakların içine, böceklerin altına girebileceği şekilde oluklu mukavva, bez paçavra, ağaç kabuğu, kozalak karpeli ve yonga ahşap artıkları eşit miktarlarda konulmuştur. Erginler genellikle kışlamak için binaların

güney cephelerini tercih ettiklerinden (Gall 1992) tuzaklar açık bir alanda güneşe doğru ve giriş açıklığı hâkim rüzgârın aksi istikametinde ve güneye bakacak şekilde konuşlandırılmıştır. Tuzak içine kar girmemesi için topraktan 10 cm yükseklikte yerleştirilmiştir.



Şekil 4. Çalışma alanına yerleştirilen tuzakların konumları

Sıcaklık ve nemölçerler tuzak girişinin sol tarafına aynı yükseklikte konulmuş ve programlanmıştır. Tuzağa giren erginlerin sayımı ocak ayında yapılmış, sıcaklık ve nem verileri yarım saatlik sürelerle kaydedilmiştir. İnfrared ısıtıcıların 10:30 ile 21:30 saatleri arasında efektif olarak çalışabildiği belirlendiğinden, makalede bu zamanlar arasındaki ölçüm verilerinin ortalamaları kullanılmıştır. İnfrared ve kontrol tuzaklara giren ergin sayıları yıllara göre t testi ile karşılaştırılmıştır. Deneme alanından çalınan iki tuzak yerine, maliyeti yüksek olduğundan yenileri konulmamış, çalışmanın sonuçları kalan iki tuzakla devam ettirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tuzağa Giren Ergin Sayıları

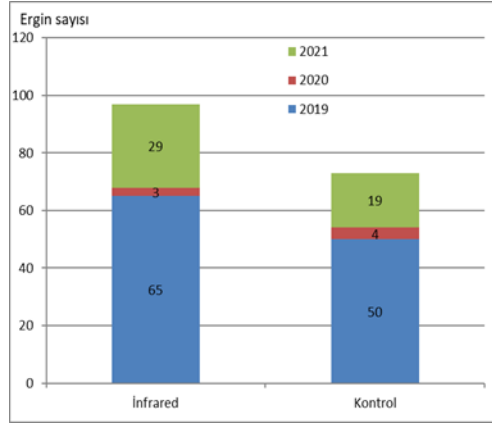
Havaların soğuması ile birlikte 2019 yılı Ekim ayı başından itibaren erginlerin tuzaklara girdiği gözlenmiştir. 2019 yılında kurulan tuzaklardaki ilk sayımlar 13 Ocak 2020 tarihinde yapılmıştır. 2019 yılında Karaveliler 660 m rakıma kurulan infrared tuzaklara giren erginlerin sayısı kontrol tuzaklarından daha fazla, Toptaş mevkiinde ise kontrol tuzaklarındaki ergin sayıları daha fazla bulunmuştur. 2020 yılında tuzaklara giren ergin

sayılarının çok az olduğu görülmüştür. 2021 yılında yine Karaveliler 660 m rakıma kurulan infrared tuzaklara daha fazla erginin girdiği belirlenmiştir. 2021 yılında Toptaş mevkiinde ise (460 m) yine infrared tuzaklarda daha fazla ergin bulunmuştur. Üç yıllık verilere göre infrared tuzaklara giren ergin sayısı kontrol tuzaklarından %32 fazla bulunmasına rağmen (Şekil 5) yapılan t testinde kontrol ve infrared tuzaklarda toplanan ergin sayıları arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Sıcaklık tuzaklarıyla yapılan çalışmalarda diğer türler için de benzer sonuçlar elde edilmiştir. İnfrared tuzaklarda yakalanan erginler, kontrol tuzaklarından 1.7 kat fazla bulunmuştur (Muirhead-Thomson 1991).

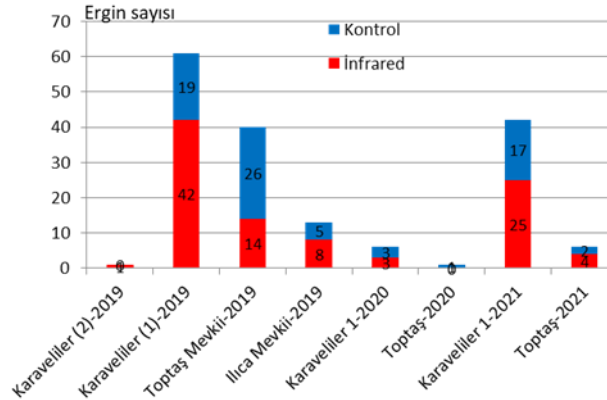
Ergin sayıları yıllara göre değişmektedir. 2019 ve 2021 yıllarında ergin yoğunluğu daha fazla olmasına rağmen, 2020 yılında tuzaklarda çok az ergine rastlamıştır (Şekil 6). İklimin böcek dinamiklerinde önemli bir faktör olduğu bilindiğinden (Stange ve Ayres 2010, Pureswaran ve ark. 2018) bu keskin dalgalanmaların iklim parametrelerine bağlı olabileceği düşünülmektedir. Fakat *L. occidentalis*'i nasıl etkilediği konusunda çalışmalar yetersizdir (Farinha ve ark. 2021). Tamburini ve ark. (2012), *L. occidentalis*'te popülasyon dalgalanmasını, 3. dönem nimflerin kıştan önce ergin hale gelemeyişinden kaynaklanabileceğini

ifade etmektedir. Fransa'da yapılan bir çalışmada popülasyondaki dalgalanmanın yıllara göre değiştiği ve bazı yıllarda çok sayıda ergin olmasına rağmen bazı çalışmada popülasyonun yıllara göre değiştiği ve 2014-2015 yıllarında %60 gibi keskin bir düşüş yaşandığı belirlenmiştir. Bu durumun olağandışı sıcaklıklarla ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir (Farinha ve ark. 2021). Tuzakta önemli olanın yüzey sıcaklığı değil, tuzaktan çıkan

yıllarda görülmediği tespit edilmiştir (Lesieur ve ark. 2014). Bu dalgalanmada dış faktörlerin etkili olabileceğinden bahsedilmektedir. Altı yıl süren başka bir sıcak hava akımı olduğu belirtilmektedir. *Leptoglossus occidentalis*'in diğer böceklerden farkı, daha fazla ısınmış küçük yerleri seçebilme yeteneği (Gapon 2013) ve bu davranışı soğuk kış iklimine karşı kışlama taktiği olarak kullanabilmesidir (Barta 2016).



Şekil 5. 2019, 2020 ve 2021 yıllarındaki yığılmış ergin sayıları



Şekil 6. Yıllara ve tuzak tiplerine göre farklı konumlarda yakalanan ergin sayıları

Ortam faktörleri, böcek popülasyonlarını doğrudan veya dolaylı, hava durumu ise doğrudan etkileyebilir. Böceklerin hayatiyetini ve gelişimini etkileyen en önemli çevresel faktörler; sıcaklık, nem, yağış ve rüzgâr hızıdır. Özellikle sıcaklık, ışık şiddeti, fotoperiyod ve rüzgâr hızı gibi faktörler uygun olduğunda böcek göçü olabilmektedir. Sıcaklıklar popülasyonun yaşam döngüsü için uygunsa epidemiler meydana gelebilir (Stanton 1983, Berryman 1986, Dent 2000, Córdoba-Aguilar ve ark. 2018). Sıcaklık, birçok böceğin kışlama yeri seçimini etkileyen önemli bir uyarıcıdır. Fotoperiyodun da kışlama durumunu teşvik ettiği bilinmektedir. Doğal ortamda

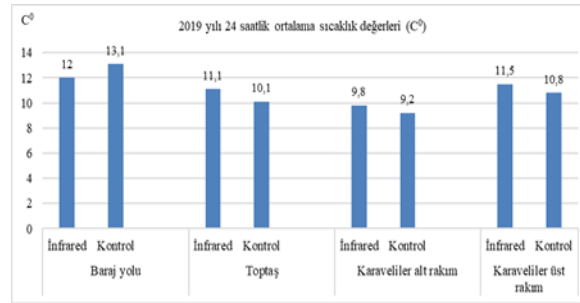
fotoperiyodun kritik eşiğinin 16 saatten fazla olduğu tahmin edilmektedir (Leather ve ark. 1995). Sıcaklık, muhtemelen soğukkanlı böceklerde üreme, hayatta kalma ve gelişmeyi etkileyen en önemli faktördür (Berryman 1986). Ilıman iklimde böceklerin kışlamasında sıcaklık kritik bir faktördür ve göç davranışları ile yakın ilgisi bulunmaktadır. Sonbaharda soğuklarla birlikte kışlama yerlerine göç başlamaktadır (Lieutier ve ark. 2007). Böcekler hava sıcaklığına bağlı olarak daha yüksek rakımlara göç edebilmektedir. Hava sıcaklıkları 11°C olduğunda uçuşlar gözlenmiş, uçuş yoğunluğu 15°C'nin üzerinde artmıştır. Bu göç hareketi için en düşük ve en

yüksek sıcaklık eşikleri ise 10-35°C arasındır (Danthanarayana 1986). Yıllara göre popülasyon dalgalanmalarında yaz sıcaklıklarının etkili olabileceği olabilmektedir (Berryman 1986). *L. occidentalis*'in yıllara ve yaz iklim şartlarına göre popülasyon dalgalanması gösterebilmektedir. Farinha ve ark. (2021)'na göre, *L. occidentalis*'in popülasyon dinamiklerinin anlaşılması için daha uzun zamanlı iklim ve böcek popülasyonu ilişkilerinin araştırılması gerekir. Arazi çalışmalarında yoğun popülasyonun birkaç haftada keskin bir şekilde azaldığı gözlenmiştir. Böcek popülasyonunun gelişim çağı ve mevcut konukçu bitkilerin fenolojisi gibi biyolojik parametreler de böceklerin hareket modellerinde zaman ve mekan kaymalarına neden olmaktadır (Danthanarayana 1986). İlkbahar ve yaz mevsimlerindeki sıcak ve kurak dönemler böcek popülasyonunun artmasına, soğuk ve nemli yazlar ile soğuk kışlar ise böcek popülasyonunun şiddetli düşmesine ve toplu ölümlere neden olabilmektedir. Böcek popülasyonlarını sınırlandıran diğer faktörler ise yiyecek kıtlığı, düşük besin içeriği, su kıtlığı, besinlerdeki veya topraktaki yüksek tuz içeriğidir (Berryman 1986, Leather ve ark. 1995, Lieutier ve ark. 2007, Price ve ark. 2011).

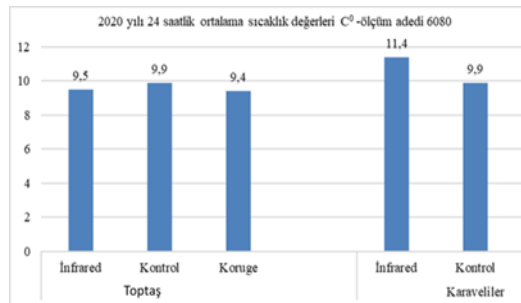
bilinmektedir. Yaz sıcaklıklarının normalden düşük seyretmesi, bazı böceklerde gelişme geriliği, diyapoz girememe ve sonuçta popülasyonun çökmesine neden

İnfrared Isıtıcı Tuzaklardaki Sıcaklık Değerleri

Erginler Ekim ayından itibaren görüldüğünden (Oğuzoğlu ve Avcı 2020) bu aydan itibaren tuzaklardaki sıcaklık değerleri kaydedilmeye başlanmıştır. 2019 yılı sıcaklık verileri 10 Ekim 2019-15 Ocak 2020 tarihleri arasında 30 dakikalık sürelerle alınmıştır. Bu tarihler arası tam gün (24 saat) alınan ortalama sıcaklık değerlerine göre infrared ve kontrol tuzakları arasındaki fark Karaveliler 660 m rakımında 0.7°C, Karaveliler 460 m rakımında 0.6°C, Toptaş mevkiinde 1°C olarak belirlenmiş olup, infrared tuzaklarda sıcaklığın daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ancak Ilıca'daki kontrol tuzaklarının sıcaklığı, infrared tuzaktan 1.1°C daha yüksek ölçülmüştür (Şekil 7). 2020 yılında Karaveliler 460 m ve Ilıca mevkiindeki tuzakların güneş panelleri ve aküleri çalıştığı için 2. yılın sıcaklık değerleri sadece Karaveliler 660 m ve Toptaş mevkiilerinden alınabilmektedir. 30 Eylül 2020 ile 30 Ocak 2021 dönemindeki 24 saatlik ortalama sıcaklık farklarına bakıldığında, Toptaş mevkiindeki kontrol tuzaklarında sıcaklığın 0.4°C, Karaveliler 660 m'deki infrared tuzaklarda ise sıcaklık kontrole göre 1.5°C daha yüksek bulunmuştur (Şekil 8)



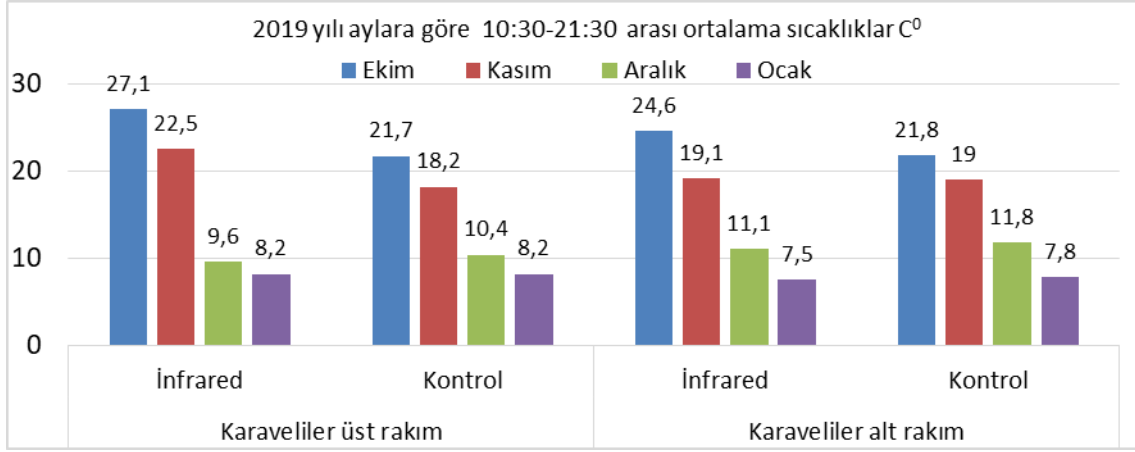
Şekil 7. 2019 yılı günlük sıcaklık verilerinin ortalama değerleri



Şekil 8. 2020 yılı günlük sıcaklık verilerinin ortalama değerleri

Güneşin etkisi günlerin kısalmasıyla azaldığından, infrared ısıtıcıların kesintili ısıttığı gözlenmiştir. Bu nedenle infrared ısıtıcıların 24 saat değil, güneşin daha etkili olduğu 10:30 ile akşam akülerin dayanabildiği 21:30'a kadar ısıtabildiği verilerinin incelenmesinden anlaşılmıştır. Böceğin toplanması bakımından daha

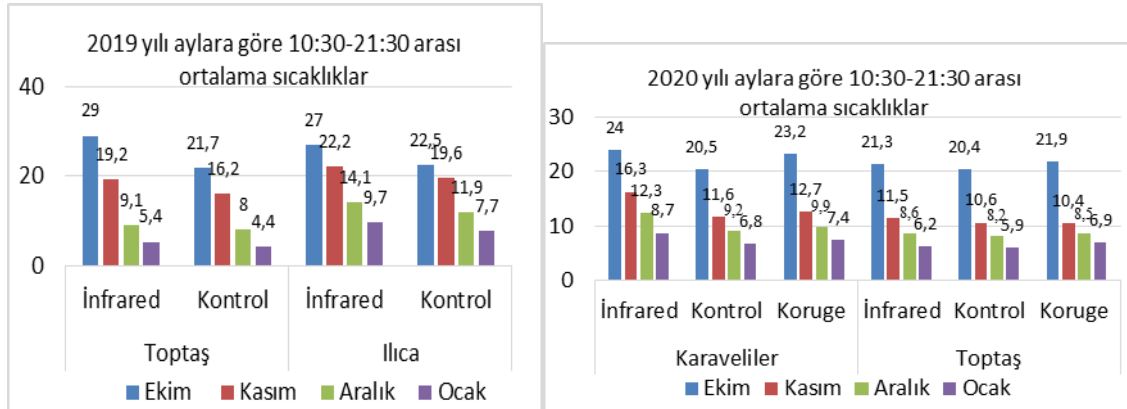
anlamlı olabileceği düşüncesiyle bu saatler arasındaki ortalama sıcaklık farkları belirlenmiş ve yorumlamıştır (Şekil 9).



Şekil 9. 2019 yılı aylara göre periyodik ortalama sıcaklıklar

Karaveliler Mahallesi 660 m'de kurulan tuzaklarda, erginlerin kışlamaya başladığı Ekim ayındaki infrared ve kontrol tuzaklarının periyodik sıcaklık değerleri kıyaslandığında 5.4°C'lik farkın ortaya çıktığı, fakat hava sıcaklıklarının düştüğü Ocak ayında infrared ve kontrol tuzakları arasında sıcaklık farkının olmadığı görülmektedir. Richardson (2013), *L. occidentalis*'in 12°C'nin altındaki sıcaklıklarda aktif olmadığını bildirmektedir. Bu çalışma kapsamında, erginlerin kışlama davranışının başlaması için hava sıcaklığının belirli bir eşiğin altına düşmesi gerektiğinden, tuzaklar arasında Kasım ve Aralık ayında sıcaklık farkının erginin kışlama davranışı üzerinde daha etkili olması beklenmektedir. Kasım ayında sıcaklık infrared tuzaklarda 4.3°C daha yüksek iken, Aralık ve Ocak aylarında beklenen fark

oluşmamıştır. Bu durum günlerin kısalması ve yeterli süre ışık alamayan güneş panellerinin aküleri doldurmadaki yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Toptaş mevkiindeki sıcaklık değerleri infrared tuzaklarda kontrole göre yüksek seyretmiştir. Ekim ayında 7.3°C sıcaklık farkı oluşurken, kasım ayında 3°C, Aralık ve Ocak ayında ise sırasıyla 1.1°C ve 1.0°C fark oluşmuştur. Ilıca mevkiindeki tuzaklarda 2019 yılında sıcaklık farkları Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak aylarında sırasıyla 4.5°C, 2.6°C, 2.2°C ve 2°C olarak ölçülmüştür. Sıcaklığın daha düşük seyrettiği kış aylarında ise sıcaklık farkının azaldığı görülmektedir (Şekil 10). Ilıca ve Karaveliler 460 m rakımdaki tuzaklar çalıştıktan sonra ergin sayımları ve meteorolojik verileri 2020 yılında alınamamıştır.



Şekil 10. 2019 (sol) ve 2020 (sağ) yılı aylara göre periyodik ortalama sıcaklıklar

2020 yılında Karaveliler 660 m'de infrared ile kontrol tuzağı arasında Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak aylarında sırasıyla 3.5°C, 4.7°C, 3.1°C ve 1.9°C; Toptaş mevkiinde ise 0.9°C, 0.9°C, 0.4 °C ve 0.3°C sıcaklık farkı olduğu belirlenmiştir (Şekil 10). Böcek popülasyonlarının hayatiyeti, yayılışı, göçü, toplanması ve kışlamasında, en yüksek ve en düşük hava sıcaklıkları çok önemlidir (Denlinger ve Lee 2010). Kışlayan böceklerle aktif olanlar arasındaki temel fark, birincisinde optimum vücut sıcaklıklarının daha düşük olması ve bunun uyusukluk ve diğer metabolik değişikliklere yol açmasıdır. Hem makro hem de mikro habitatların sıcaklığı böcek kışlaklarının karşılaştırılmasında faydalı bir faktördür. Kışı geçirdiği habitatın seçimi böceğin hayatta kalması için kritik rol oynayabilir (Leather ve ark. 1995). Birçok böcek vücut sıcaklığını artırı veya eksi yönde kısa sürede değiştirebilir. *Leptoglossus occidentalis* ise kışlamak ve vücut sıcaklığını artırmak için sıcaklık kaynaklarına yönelim davranışını göstermektedir (Gullan ve Cranston 2010). Bu bakımdan *L. occidentalis*'in yayılışını etkileyen faktörlerden biri sıcaklıktır. Özellikle en soğuk aylardaki günlük sıcaklıklar düşük seyrettiğinde erginler ölebilmekte veya generasyon döneminde gelişme yetersizliği ve popülasyonda küçülme görülmektedir (Gapon 2013). Yüksek ve düşük sıcaklıkların görüldüğü yıllarda popülasyon dalgalanmaları görülmekte olup, araştırmamızda bu durum gözlenmiştir. Ayrıca, 2015 yılından bu yana yapılan gözlemlerde popülasyonda bir yıl arayla dalgalanmaların olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda tuzaklara yerleştirilen cihazlarla alınan 2019 ve 2020 yıllarına ait verilerden, en yüksek ve en düşük tuzak içi sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Ayrıca 0°C'nin altındaki sıcaklık ortalamaları ile 40°C'nin üstündeki tüm sıcaklık ortalamaları hesaplanmıştır. Tuzakların yerleştirildiği dört yerde en düşük sıcaklık (7 Aralık 2019) tarihinde Karaveliler 460 m rakımda infrared tuzaklarda -7.5°C ve kontrol tuzaklarında -7.3°C olarak ölçülmüştür. Ova tabanındaki bu mevkide, üst rakımlı Karavelilere göre daha alçakta olmasına rağmen, daha düşük sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Kılıcı ve ark. (2011)'nin yaptıkları çalışmada Kozak havzasında sıcaklık terselmesi meydana geldiği meteorolojik verilerle ortaya konulmuştur. Bu terselmenin sebeplerini Leather ark. (1995), lokal alanlarda uzun süre durgun kalan soğuk hava

kütlesinin yüzeyinden sürekli ışıma ile çevresini soğutması şeklinde açıklamaktadır. Karaveliler 460 m rakımda görülen düşük sıcaklıkların nedeni, bu iklim olayıyla açıklanabilir. Karaveliler 460 m rakımda 0°C'nin altındaki sıcaklık ortalamasının diğer sahalardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Hem infrared hem de kontrol tuzaklarında 0°C altındaki ortalama sıcaklık -2.8°C bulunmuştur. Diğer alanlardaki tuzaklarda 0°C'nin altındaki ortalama sıcaklıklar ise -0.6°C ile -0.8°C arasında değişmektedir. 2020 yılında infrared tuzaklarda en düşük sıcaklık -10°C ölçülmüştür. Toptaş mevkiinde ise en düşük sıcaklık kontrol tuzaklarında 9.0°C olarak belirlenmiştir. 2020 yılında Karaveliler 660 m rakımda infrared ve kontrol tuzakları arasındaki maksimum sıcaklıkların farkı 3.9°C, Toptaş mevkiindeki fark ise 0.4°C olarak ölçülmüştür. Üç yıllık sürede en fazla ergin Karaveliler 660 m rakımlı deneme alanında bulunmuştur. Bu alanda en yüksek sıcaklık infrared tuzaklarda 47.2°C ölçülmüş, infrared ve kontrol tuzakları arasında en yüksek sıcaklık farkı ise 14.3°C belirlenmiştir. Tuzaklarda ölçülen en yüksek sıcaklık Karaveliler 460 m rakımda 58.1°C, 40°C'nin üzerindeki sıcaklık ortalaması ise 50.6°C olarak ölçülmüştür. Bu alanda infrared ve kontrol tuzakları arasındaki en yüksek sıcaklık farkı ise 23.3°C olarak gerçekleşmiştir. Toptaş mevkiinde infrared ve kontrol tuzakları arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 21.1°C ve Ilica deneme alanında ise infrared ve kontrol tuzakları arasındaki en yüksek sıcaklık farkı 15.5°C hesaplanmıştır. Kontrol tuzaklarının hiçbirinde sıcaklık değeri 40°C'nin üzerine çıkmamıştır.

Ani sıcaklık değişimlerinin; ani sıcaklık düşüşü ve tekrar ısınmasının böceklerin protein yapısı ve lipid viskozitesini etkileyerek zarar görmelerine neden olduğu bildirilmektedir. Sıcaklığın -10°C düşmesi halinde tropikal ve ılıman iklim böceklerinin donduğu ve öldüğü belirlenmiştir. Soğuğa dayanıklı böceklerde ise yüksek poliol ve şeker seviyesi -90°C gibi çok düşük sıcaklıklara dayanmalarını sağlamaktadır (Leather ark. 1995, Denlinger ve Lee 2010). Daha soğuk ve değişken ortam sıcaklıkları, böceklerin genel fizyolojik performansını ve popülasyon artışını azaltabilir ve kısa gelişme dönemi popülasyon artışını kısıtlayabilir. Bu faktörler böcekleri lokal olarak yok olmaya karşı savunmasız hale getirebilir.

Böcekler bu olumsuz şartlara karşı çeşitli uyum mekanizmaları geliştirebilir (Denlinger ve Lee 2010).

Leptoglossus occidentalis'in Avrasya'daki potansiyel yayılışı, ocak ayında -12°C ortalama sıcaklık izotermiyle sınırlandırılmıştır. Kışlamak için sıcaklığı daha yüksek mikrohabitatları seçmektedir (Gapon 2013). Soğuk geçen kışlarda erginlerin çoğu ölmekte ve yumuşak geçen kışlardan sonra epidemiler görülmektedir (Farinha ve ark. 2018). *Leptoglossus occidentalis*'in yayılışını sınırlandıran bir diğer faktör de gelişim dönemindeki sıcaklık toplamının yetersiz olmasıdır. Bir çalışmada 400-600°C (ortalama 533°C) sıcaklığın gerektiği ve gelişme için sıcaklık eşiğinin 14°C olduğu belirtilmektedir (Gapon 2013, Barta 2016).

İnfrared tuzaklar ile kontrol tuzakları arasında oluşan sıcaklık farkını daha iyi belirleyebilmek için infrared ısıtıcıların devreye girdiği periyotlarda ortalama sıcaklık değerleri de kıyaslanmıştır. Yapılan "t" testlerinde tuzaklar arasında sıcaklık farkının istatistiki olarak anlamlı fark oluşturmadığı belirlenmiştir. 2019 yılında infrared ısıtıcıların devreye girdiği zaman dilimi ile kontrol tuzaklarının aynı zaman diliminde oluşan en yüksek sıcaklık farkının Ilica deneme alanında 4.2°C, Toptaş, Karaveliler 660 m ve Karaveliler 460 m rakımlarda sırasıyla 3.9°C, 2.1°C ve 1.9°C ölçülmüştür. 2020 yılında infrared ısıtıcıların devrede olduğu sürelerde oluşan sıcaklık farkları ise Karaveliler 660 m rakımda 5.3°C iken, Toptaş sahasında ise 0.3°C olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında Toptaş mevkiindeki sıcaklık farkının düşük seyrettiği belirlenmiştir. 2022 yılında tuzakların sayımları esnasında erginlerin %90'ından fazlasının canlı olduğu, fakat hareketlerinin yavaş seyrettiği görülmüştür. Barta, (2016)'nın çalışmasında 1 Kasım- 25 Mart arasındaki ilk kışlama döneminde erginlerin %55'inin canlılığını koruduğu belirlenmiştir.

Tuzaklarda beklenenden daha düşük oluşan sıcaklık farkının, erginleri tuzaklara çekmede yeterli olmadığı söylenebilir. Muhtemelen daha yüksek sıcaklık farkı, algılanan sıcaklığı artıracağından tuzağa çekilen ergin sayısını daha fazla olacaktır. En fazla erginin sayıldığı Karaveliler 660 m rakımda sıcaklık farkının daha yüksek seyretmesi bu hipotezi desteklemektedir. Nitekim

Zahradnik (2012), *L. occidentalis*'te infrared algılayıcıların küçük ve çözünürlüğünün düşük olduğunu ve termal tuzaklarla yaptığı çalışmada 60°C'lik sıcaklık kaynaklarını 40°C'liklerden daha fazla tercih ettiğini belirlemiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Leptoglossus occidentalis'in iğne yapraklı türlerde meydana getirdiği tohum zararı ormancılık faaliyetlerini etkilemekte ve ekonomik kayba neden olmaktadır. Bu etkilenme doğal ormanları gençleştirmede; tohum kaynağının azalması, çimlenme düşüklüğü ve yetersiz fidan üretimi ile artan mücadele maliyetleri şeklinde olabilmektedir. Böceğin neden olduğu bu kayıplar göz önüne alındığında uzun vadede tehdidin boyutunun büyük olduğu görülebilir. Zararının popülasyonunda henüz doğal denge oluşmuş değildir ve popülasyondaki dalgalanma muhtemelen iklim şartlarından kaynaklanmaktadır. Bu bakımdan etkili bir mücadele yönteminin bulunamaması halinde doğal düşmanlarının azlığı nedeniyle popülasyonun doğal dengesinin uzun sürede oluşacağı varsayılabilir. Bu dengelenme süreci göz önüne alındığında zararının uzun yıllar ormanları ve ormancılık çalışmalarını etkileyeceği aşîkârdır.

Bu bakımdan araştırmada etkili bir mücadele yönteminin belirlenmesi hedeflenmiştir. Böceğin sıcağa yönelim davranışları ve biyolojisi göz önünde bulundurularak, infrared ısıtıcılarla suni sıcaklık adacıkları oluşturulup böceklerin toplanması için tuzaklar tasarlanmış ve Bergama'nın Kozak yöresindeki dört farklı konuma yerleştirilmiş ve erginlerin bu sıcaklık adacıklarına toplanmaları sağlanmıştır. Üç yıl süren bu çalışmada, infrared tuzaklarda kontrole göre %32 fazla erginin kışladığı ortaya konulmuştur. Böceğin popülasyon büyüklüğü bilinmediğinden yakalanma oranını vermek mümkün değildir. Fakat tuzakların tasarımı ve ısıtma özellikleri iyileştirildiği takdirde daha fazla erginin toplanacağı söylenebilir. Özellikle sıcaklık kaybının meydana geldiği tuzağın birleşim yerlerinin izole edilmesi, giriş deliğinin küçültülmesi suretiyle sıcaklığın iç ortamda yoğunlaştırılması böceklerin algılamalarını kolaylaştıracaktır. Bu bakımdan yapılacak araştırma ve uygulama çalışmalarında tuzakların etkinliğinin artırılması için değişik tipteki tuzakların ve infrared ısıtıcıların

kullanılması böceklerle mücadele bakımından önemli görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yürütülmüş ve Orman Genel Müdürlüğü tarafından “*Leptoglossus occidentalis* (Heidemann) ile mücadelede termal kaynaklı tuzak geliştirilmesi ve etkinliklerinin belirlenmesi” isimli proje adı altında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Arslangündoğdu Z, Hızal E (2010) The Western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910) recorded in Turkey (Heteroptera: Coreidae). *Zoology in the Middle East*, 50(1): 138-139.
- Barta M (2010) Pathogenicity assessment of entomopathogenic fungi infecting *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae). *Czech Mycol.*, 62(1): 67-78.
- Barta M (2016) Biology and temperature requirements of the invasive seed bug *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) in Europe. *Journal of Pest Science*, 89(1): 31-44.
- Bates SL, Borden JH (2005) Life table for *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) and prediction of damage in lodgepole pine seed orchards. *Agricultural and Forest Entomology*, 7(2): 145-151.
- Bates SL, Lait CG, Borden JH, Kermode AR (2002a) Measuring the impact of *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) on seed production in lodgepole pine using an antibody-based assay. *Journal of Economic Entomology*, 95 (4): 770-777.
- Bates SL, Strong WB, Borden JH (2002b) Abortion and seed set in lodgepole and western white pine conelets following feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae). *Environmental Entomology*, 31(6): 1023-1029.
- Bates SL, Borden JH, Kermode AR, Bennett RG (2000) Impact of *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) on Douglas-fir seed production. *J. Economic Entomology*, 93(5):1444-1451.
- Bates SL, Lait CG, Borden JH, Kermode AR (2001) Effect of feeding by the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis*, on the major storage reserves of developing seeds and on seedling vigor of Douglas-fir. *Tree Physiol*, 21(7): 481-487.
- Bernardinelli I, Rovato M, Zandigiacomo P (2006) Life history and laboratory rearing of *Leptoglossus occidentalis*. In: Forster, B., Knizek, M., Grodzki, W.E. (Eds). *Proceedings IUFRO Working Party 7.03.10 Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe*, Gmunden, p 225.
- Berryman AA (1986) *Forest Insects Principles and Practice of Population Management*. Plenum Press, New York. ISBN: 0306421968.
- Blatt SE, Borden J (1996) Evidence for a male-produced aggregation pheromone in the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae). *The Canadian Entomologist*, 128(4):777-778.
- Bracalini M, Benedettelli S, Croci F, Terreni P, Tiberi R, Panzavolta T (2013) Cone and seed pests of *Pinus pinea*: Assessment and characterization of damage. *Journal of economic Entomology*, 106 (1): 229-234.
- Bracalini M, Cerboneschi M, Croci F, Panzavolta T, Tiberi R, Tegli S (2014) DNA based markers to characterize insect pest damage: diagnostic trials on *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae). *Entomology 2014, ESA 62ND Annual Meeting November 16-19, Portland, OR*.
- Calama R, Gordo J, Mutke S, ...Pardos M (2020) Decline in commercial pine nut and kernel yield in Mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. *IForest—Biogeosciences and Forestry*, 13: 251-260.
- Carter CI, Fourt DF, Bartlett PW (1984) The Lupin aphid's arrival and consequences. *Antenna*, 8: 129-132.
- Córdoba-Aguilar A, González-Tokman D, Santoyo IG (2018) *Insect Behavior: From Mechanisms to Ecological and Evolutionary Consequences*. Oxford University Press., ISBN: 9780198797517.
- Danthanarayana W (ed.) (1986) *Insect Flight: Dispersal and Migration*. Conference Proceedings. Springer-Verlag Berlin- Heidelberg.
- Denlinger DL, Lee RE (2010) *Low Temperature Biology of Insects*. Cambridge University Press. Online ISBN: 9780511675997.
- Dent D (2000) *Insect Pest Management*. 2nd Edition. CABI Publishing. ISBN: 9780851993416.
- Farinha A, Branco MR, Pereira MFC, Auger-Rozenberg MA, Mauricio A, Yart A, Guerreiro V, Sousa E, Roques A (2018) Micro X-ray computed tomography suggests cooperative feeding among adult invasive bugs *Leptoglossus occidentalis* on mature seeds of stone pine *Pinus pinea*: Consumption of *P. pinea* seeds by *L. occidentalis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(1): 18-27.
- Farinha AO, Carvalho C, Correia AC, Branco M (2021) Impact assessment of *Leptoglossus occidentalis* in *Pinus pinea*: integrating population density and seed loss. *Forest Ecology and Management*, 496: 119422.
- Fent M, Kment P (2011) First record of the invasive western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* Heteroptera: Coreidae) in Turkey. *The North-Western Journal of Zoology*, 7(1): 72-80
- Gall WK (1992) Further eastern range extension and host records for *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae): well-documented dispersal of a household nuisance. *The Great Lakes Entomologist*, 25(3): 159-172.
- Gapon DA (2013) First records of the western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* Heid. (Heteroptera, Coreidae) from Russia and Ukraine, regularities in its distribution and possibilities of its range expansion in the palaearctic region. *Entomological Rev.*, 93: 174-181.
- Gobbi M, Lencioni V (2009) Alieni a sei zampe- Insetti “esotici” in Trentino. *Natura Alpina*, 60(1-2).
- Gullan PJ, Cranston PS (2010) *The Insects: An Outline of Entomology*, 4th Edition. ISBN: 978-1-4443-1767-1.
- İpekdağ K, Oğuzoğlu Ş, Oskay F, Avcı M (2019) Western Conifer Seed Bug *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (1910) (Hemiptera: Coreidae) Current Situation in the World and Turkey. *Turkish General Directorate of Forestry, Ankara, Turkey*. ISBN: 978-605-7599-24-4.
- Jucker C, Quacchia A, Colombo M, Alma A (2008) Hemiptera recently introduced into Italy. *Bulletin of Insectology*, 61 (1): 145-146.
- Kılıcı M, Sayman M, Akkaş ME, Bucak C, Parlak S, Boza Z (2011) Kozak Havzası Fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ormanlarında kozalak verimini etkileyen ekolojik faktörler. *Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Çeşitli Yayınlar*, No: 5, İzmir.

- Koerber TW (1963) *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera, Coreidae), a newly discovered pest of coniferous seed. *Annals of the Entomological Society of America*, 56(2): 229-234.
- Leather SR, Walters KFA, Bale JS (1995) *The Ecology of Insect Overwintering*. Cambridge University Press, ISBN: 0-521-55670-8.
- Lesieur V, Yart A, Guilbon S, Lorme P, Auger-Rozenberg MA, Roques A (2014) The invasive *Leptoglossus* seed bug, a threat for commercial seed crops, but for conifer diversity? *Biological Invasions*, 16(9): 1833-1849.
- Lesieur V, Farinha AO (2021) Responses of native egg parasitoids to the invasive seed bug *Leptoglossus occidentalis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 23(3): 323-333.
- Lieutier F, Day KR, Battisti A, Gregorie J-C, Evans H (Eds) (2007) *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe: A Synthesis*, Dordrecht, Netherlands: Springer. ISBN: 978-1-4020-2240-1.
- Luchi N, Mancini V, Feducci M, Santini A, Capretti P (2012) *Leptoglossus occidentalis* and *Diplodia pinea*: a new insect-fungus association in Mediterranean forests. *Forest Pathology*, 42(3): 246-251.
- Mitchell PL (2000) Leaf-footed bugs (Coreidae). p. 337-403. Şu eserde: Schaeffer, C.W., Panizzi, A.R. (Eds.), *Heteroptera of economic importance*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Muirhead-Thomson RC (1991) *Trap Responses of Flying Insects: The Influence of Trap Design on Capture Efficiency*. Academic Press. ISBN: 978-0-12-509755-0.
- Mutke S, Calama R, Montero G, Gordo J (2015) Pine nut production from forests and agroforestry systems around the mediterranean-a short overview. COST Action FP1203 NWFPs Workshop and MC Meeting, Zagreb. 18-20 February.
- Ogden J (2013) Western conifer seed bug. NS Dept. of Natural Resources Forest Health, Insectary Notes. October/November: 2-3.
- Oğuzoğlu Ş, Avcı M (2020) Türkiye’de *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Hemiptera: Coreidae) üzerine biyolojik gözlemler, parazitoitleri ve yayılışına katkılar. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 7 (1): 9-21.
- Parlak S (2016) An invasive species: *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann). How does it affect forestry activities? *International Forestry Symposium*, 7-10 December, Kastamonu.
- Pehlivan E (1974) Ege Bölgesi’nde bitki zararlısı Coreidae (Heteroptera) türleri, tanımlamaları, konukçuları, yayılışları, zararları ve kısa biyolojileri üzerinde araştırmalar. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 12(2): 135-166.
- Peverieri GS, Furlan P, Benassai D, Caradonna S, Strong WB, Roversi PF (2013) Host Egg Age of *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera, Coreidae) and Parasitism by *Gryon pennsylvanicum* (Hymenoptera, Platygastriidae). *J. Econ. Entomol.*, 106(2): 633-640.
- Pimpão MLC (2014) *Leptoglossus occidentalis*: Bioecologia e previsão de impacte económico em Portugal. Universidade de Lisboa Instituto Superior D Agronomia, Master’s Thesis.
- Price PW, Denno RF, Eubanks MD, Finke DL, Kaplan I (2011) *Insect Ecology*. Cambridge University Press, New York. Online ISBN: 9780511975387.
- Pureswaran DS, Roques A, Battisti A (2018) Forest insects and climate change. *Curr. Forestry Rep.*, 4(2): 1-16.
- Richardson TA (2013) Host colonization patterns, cues mediating host selection and calibration of field surveys with estimates of population abundance of *Leptoglossus occidentalis* in a seed orchard. University of British Columbia, Master of Science Thesis.
- Roversi PF (2009) Adattamento di specie neo-introdotte, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann. Şu eserde: Jucker, C., Barbagallao, S., Roversi, P.F., Colombo, M. (Eds.), *Insetti Esotici e Tutela Ambientale*. Arti Grafiche Maspero Fontana & C., Cernate, Italy, p. 224-229.
- Roversi PF, Strong WB, Caleca V, Maltese M, Peverieri GS, Marianelli L, Marziali L, Strangi A (2011) Introduction into Italy of *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead), an egg parasitoid of the alien invasive bug *Leptoglossus occidentalis* Heidemann. *EPPO Bull*, 41(1): 72-75.
- Sousa E, Pimpão M, Valdivieso T, Naves P, Santos L, Godinho-Ferreira P, Varela C (2014) New data about biotic factors that affect stone pine production in Portugal. New data about biotic factors that affect stone pine production in Portugal. IUFRO Joint Meeting 09-14 April 2014, Antalya/Turkey.
- Stange EE, Ayres MP (2010) Climate Change Impacts: Insects. Şu eserde: eLS. 10.1002/9780470015902.a0022555.
- Stanton ML (1983) Spatial Patterns in the Plant Community and Their Effects upon Insect Search. Şu eserde: Ahmad, S. (ed.), *Herbivorous Insects: Host-Seeking Behavior and Mechanisms*. New York: Academic Press. p. 125-57.
- Strong WB, Bates SL, Stoehr MU (2001) Feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) reduces seed set in lodgepole pine (Pinaceae). *The Canadian Entomologist*, 133(6): 857-865.
- Strong WB (2006) Seasonal changes in seed reduction in lodgepole pine cones caused by feeding of *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae). *The Canadian Entomologist*, 138(6): 888-896.
- Takács S, Hardin K, Gries G, Strong W, Bennett R (2008) Vibratory communication signal produced by male western conifer seed bugs (Hemipter: Coreidae). *The Canadian Entomologist*, 140(2): 174-183.
- Takács S, Bottomley H, Andreller L, Zaradnik T, Schwarz J, Bennett R, Strong W, Gries G (2009) Infrared radiation from hot cones on cool conifers attracts seed-feeding insects. *The Royal Society*, 276: 649-655.
- Tamburini M, Maresi G, Salvadori C, Battisti A, Zotte F, Pedrazzoli F (2012) Adaptation of the invasive western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* to Trentino, an Alpine region (Italy). *Bulletin of Insectology*, 65(2): 161-170.
- Tescari G (2001) *Leptoglossus occidentalis*, coreide nearctic rinvenuto in Italia (Heteroptera, Coreidae). *Società Veneziana di Scienze Naturali Lavori*, 26: 3-5.
- Wittenberg R, Kenis M, Blick T, Hänggi A, Gassmann A, Weber E (2005) An inventory of alien species and their threat to biodiversity and economy in Switzerland. Report to the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL). CABI Bioscience Switzerland Centre, Delémont, Switzerland.
- Zahradnik TD (2012) Exploitation of electromagnetic radiation as a foraging cue by conophagous insects. Simon Fraser University. PhD Thesis.