

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ULTRASONİK SES DALGALARININ *Sitophilus granarius* (L., 1758)
(Coleoptera: Dryophthoridae) VE *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879)
(Lepidoptera: Pyralidae)'NİN DAVRANIŞINA VE ÜREME GÜCÜNE ETKİSİ**

Cemil YETKİN

BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2021**

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Ses	6
1.2. Frekans (Sıklık)	7
1.3. Genlik (Amplitüd)	8
1.4. Sesin Şiddeti	9
1.5. Desibel (dB)	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	37
3.1. Materyal	37
3.1.1. Araştırmada kullanılan böcek türleri	37
3.1.2. Araştırmada kullanılan cihazlar ve özellikleri	38
3.2. Yöntem	44
3.2.1. Ultrasonik ses düzeneğinin kurulumu	44
3.2.2. <i>Ephestia kuehniella</i> denemesi	45
3.2.2.1. <i>Ephestia kuehniella</i> erginlerinin toplanması ve sayımı	47
3.2.2.2. Yumurtaların toplanması ve tartımı	48
3.2.2.3. Yumurta boyu ölçümü	48
3.2.2.4. Bin yumurta ağırlığı	48
3.2.2.5. Pupa sayımı	48
3.2.2.6. Gelişme süresinin belirlenmesi	49
3.2.2.7. Ömür süresi belirlenmesi	49
3.2.2.8. Cinsiyet oranı belirlenmesi	49
3.2.2.9. Tercih testi	50
3.2.3. <i>Sitophilus granarius</i> denemesi	51
3.2.3.1. <i>Sitophilus granarius</i> 'un popülasyon takibi	51
3.2.3.2. <i>Sitophilus granarius</i> 'un gelişme süresinin belirlenmesi	52
3.2.3.3. <i>Sitophilus granarius</i> 'un ömür süresinin belirlenmesi	53
3.2.3.1. <i>Sitophilus granarius</i> 'un cinsiyet oranının belirlenmesi	54
3.2.3.2. Tercih testi	54
3.2.4. Verilerin değerlendirilmesi	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	56
4.1. Ultrasonik Ses Dalgalarının <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın Üreme Gücüne ve Davranışına Etkisinin Belirlenmesi	56
4.1.1. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın toplam ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi	56
4.1.2. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın yumurta sayısı etkisi	58
4.1.3. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın yumurta boyuna etkisi	60
4.1.4. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın bin yumurta ağırlığına etkisi	60
4.1.5. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın pupa sayısına etkisi	62
4.1.6. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın gelişim süresine etkisi	63
4.1.7. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın ömür süresine etkisi	64
4.1.8. <i>Ephestia kuehniella</i> tercih testi	67
4.2. Ultrasonik Ses Dalgalarının <i>Sitophilus granarius</i> 'un Üreme Gücüne ve Davranışına Etkisinin Belirlenmesi	67
4.2.1. USD'nin <i>Sitophilus granarius</i> 'un toplam ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi	68
4.2.2. USD'nin <i>Sitophilus granarius</i> 'un gelişim süresine etkisi	70
4.2.3. USD'nin <i>Sitophilus granarius</i> 'un ömür süresine etkisi	71

4.2.3.1. USD'nin Besin verilen <i>Sitophilus granarius</i> 'un ömür süresine etkisi	72
4.2.3.2. USD'nin Besin verilmeyen <i>Sitophilus granarius</i> 'un ömür süresine etkisi.....	72
4.2.4. <i>Sitophilus granarius</i> tercih testi.....	73
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	84



ÖZET

Doktora Tezi

ULTRASONİK SES DALGALARININ *Sitophilus granarius* (L., 1758) (Coleoptera: Dryophthoridae) VE *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae)'NİN DAVRANIŞINA VE ÜREME GÜCÜNE ETKİSİ

Cemil YETKİN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Emine ÇIKMAN
Yıl:2021, Sayfa:86

Bu çalışma, 2020-2021 yıllarında GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde bulunan 27 °C sıcaklık ve %65 nem oranına sahip kontrollü laboratuvar koşullarında yürütülmüştür. Araştırma, 72 kHz frekanstaki kare dalga şeklinde ultrasonik sesin, Un Güvesi *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) ve Buğday Biti *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Dryophthoridae)'un üreme gücüne etkisi ve tercih testindeki davranışlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ultrasonik ses düzeneği olarak; Ultrasonik Elektrostatik ESS16 model hoparlör, ultrasonik Avisoft-Bioacoustics CM16 mikrofon, AFG2225 model sinyal üretici, TBS 1052B-EDU model dijital osiloskop, UltraSoundGate Player 116 amplifikatör, Ultrasoundgate 116H preamplifikatör ve ses yalıtımlı sandıklar kullanılmıştır. *E. kuehniella*'ya ultrasonik ses dalgası uygulanması sonucunda; erkek birey sayısı %44.3, dişi birey sayısı %11 ve toplam birey sayısı %29.3 oranında azalmış; dişi birey sayısındaki azalış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Dişi/erkek eşey oranı 0.77 iken 1.25 olarak (%62.3) değişmiştir. Yumurta boyu %5.9 ve yumurta ağırlığı %3.4 oranında azaltmıştır. Toplam yumurta sayısındaki artış önemsiz bulunurken, popülasyondaki; birey sayısı, yumurta ağırlığı ve yumurta boyundaki azalma dikkate alındığında yumurta açılım oranı azalmıştır. Larvaların pupa olma oranı %21.3 azaltmıştır. *E. kuehniella*'nın gelişim süresi 1.61 gün azalırken dişi bireylerinin ömrü %23 oranında kısalmış, erkek bireylerin ömürlerindeki artış ise önemsiz bulunmuştur. Tercih testi sonucunda ise *E. kuehniella* larva ve erginleri ultrasonik sese doğru yönelme veya ultrasonik sestten uzaklaşma davranışı sergilememiştir. *S. granarius* gruplarına ultrasonik ses dalgası uygulanması sonucunda; popülasyonundaki toplam birey sayısı %25.6 oranında artarken, erkek birey sayısı %32.4 oranında artmış, dişi birey sayısındaki artış ise önemli bulunmamıştır. Gelişme süresi 1.6 gün azalarak, ortalama 43.6 gün olarak hesaplanmıştır. *S. granarius* popülasyonundaki dişi/erkek eşey oranı 0.98 iken 0.87 olarak değişmiştir. Besin verilen *S. granarius* bireylerinin ortalama ömrü 169.2 gün olarak hesaplanmış, besin verilmeyen *S. granarius* bireylerinin ise ortalama ömrü 6.2 gün olarak hesaplanmıştır. Ultrasonik ses dalgaları, besin verilen ve besin verilmeyen *S. granarius* erginlerinin ömrüne etki etmemiştir. Tercih testi sonucunda ise *S. granarius* dişi ve erkek bireylerinin ultrasonik sese doğru yönelme veya ultrasonik sestten uzaklaşma davranışı sergilemedikleri görülmüştür. Elde edilen bulgulara göre, 72 kHz kare dalga şeklindeki USD *E. kuehniella*'nın üreme gücünü azaltırken, *S. granarius*'un üreme gücünü arttırdığı tespit edilmiştir. Her iki böcek türü de tercih testinde USD'ye karşı önemli bir tepki vermemiştir. Un fabrikaları ve depolarda *E. kuehniella* mücadelesi için bulunan bu sonuç tek başına yeterli olmamakla birlikte entegre mücadele yöntemleri içinde yer alan biyoteknik mücadele yöntemi olarak 72 kHz kare dalga şeklindeki USD tavsiye edilebilir.

ANAHTAR KELİMELELER: Ultrasonik ses, *Ephestia kuehniella*, *Sitophilus granarius*, depo zararlıları, biyoteknik mücadele

ABSTRACT

PhD Thesis

EFFECT OF ULTRASOUND WAVES ON BEHAVIOR AND REPRODUCTIVE POWER OF *Sitophilus granarius* (L., 1758) (Coleoptera: Dryophthoridae) AND *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae)

Cemil YETKİN

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protect**

**Supervisor: Prof. Dr. Emine ÇIKMAN
Year:2021, Page:86**

This study was carried out in controlled laboratory conditions which have 27 °C temperature and 65% humidity in the gap agricultural research institute in 2020-2021. The study was conducted to determine the effect of 72 kHz square wave ultrasound on the reproductive power and the choice test of the Flour Moth *Ephestia kuehniella* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae) and Granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Col.: Dryophthoridae). The study was conducted according to the randomized plot design in 3 replications. As an ultrasound system; Ultrasonic Electrostatic ESS16 model speaker, ultrasonic Avisoft-Bioacoustics CM16 microphone, AFG2225 model signal generator, TBS 1052B-EDU model digital oscilloscope, UltraSoundGate Player 116 amplifier, Ultrasoundgate 116H preamplifier and sound insulated boxes are used. As a result of the ultrasound wave application to *E. kuehniella*; The number of males decreased 44.3%, the number of females 11% and the total number of individuals decreased by 29.3%; The decrease in the number of females was not found to be statistically significant. While the female / male sex ratio was 0.77, it changed to 1.25 (62.3%). egg size reduced 5.9% and egg weight 3.4%. While the increase in the total number of eggs is found insignificant, in the population; Considering the number of individuals, egg weight and egg size, egg hatching rate decreased. The pupae rate of the larvae decreased by 21.3%. While the development time of *E. kuehniella* decreased by 1.61 days, the lifespan of female individuals was shortened by 23%, and the increase in the lifespan of male individuals was found to be insignificant. As a result of the choice test, *E. kuehniella* larvae and adults did not show the behavior of heading towards ultrasound or moving away from ultrasound. As a result of the application of ultrasound waves to *S. granarius* groups; While the total number of individuals in the population increased by 25.6%, the number of males increased by 32.4%, and the increase in the number of females was not found to be significant. The development time decreased by 1.6 days, calculated as 43.6 days on average. The female / male sex ratio in the *S. granarius* population changed from 0.98 to 0.87. The average lifespan of *S. granarius* individuals, which is given food, was calculated as 169.2 days, while the average life span of *S. granarius* individuals, which were not given food was calculated as 6.2 days. Ultrasound waves did not affect the life of *S. granarius* adults, which were given and not given food. As a result of the choice test, it was observed that female and male individuals of *S. granarius* did not heading towards ultrasound and did not exhibit the behavior of moving away from ultrasound. It was determined that USD as 72 kHz square wave form decreased the reproductive power of *E. kuehniella*, while it increased the reproductive power of *S. granarius*. Both insect species did not show a significant response to USD in the choice test. Although this result for the control of *E. kuehniella* in flour mills and warehouses is not sufficient on its own, 72 kHz square wave USD can be recommended as a biotechnical control method included in the integrated control methods.

KEY WORDS: Ultrasound, *Ephestia kuehniella*, *Sitophilus granarius*, stored pest, biotechnical control

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin, yürütülmesi ve sonuçlandırılması aşamalarında değerli fikir ve katkılarıyla beni yönlendiren, çalışmamın her aşamasında yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Emine ÇIKMAN 'a ve ikinci danışman hocam Prof. Dr. Yüksel UFUKTEPE'ye (Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi/Fizik Bölümü), araştırmanın yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü kurum yetkilileri ve personeline, yine denemenin kurulması, yürütülmesi ve istatistiki analizlerde yardımlarını esirgemeyen değerli mesai arkadaşlarım Dr. Erdal ERBİL, Memduh Serdar POLAT, Mustafa GERGER, Mehmet BARUTÇUOĞLU, İlyas RAT, Dr. Numan Ertuğrul BABAROĞLU (Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü-ANKARA) ve Doç. Dr. Mehmet MAMAY a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen eşim, çocuklarım, annem ve babama teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Pyraloidae üst familyasına ait bir güvenin tympanal organı (Anonim, 2021a).....	6
Şekil 1.2. Sinus dalga şekli.....	8
Şekil 1.3. Kare dalga şekli.....	8
Şekil 3.1. <i>Ephestia kuehniella</i> ergini.....	37
Şekil 3.2. <i>Sitophilus granarius</i> ergini.....	38
Şekil 3.3. Sinyal Üreteci.....	39
Şekil 3.4. Dijital Osiloskop	39
Şekil 3.5. Ultrasonik hoparlör	39
Şekil 3.6. Ses yükseltici amplifikatör	40
Şekil 3.7. Ultrasonik mikrofon.....	40
Şekil 3.8. Preamplifikatör Ultrasoundgate 116H	41
Şekil 3.9. GWINSTEK-GPS-3303 doğru akım güç kaynağı	41
Şekil 3.10. Ses yalıtımlı sandık	42
Şekil 3.11. Laboratuvar tipi un değirmeni.....	42
Şekil 3.12. Nüve En 500 model etüv	43
Şekil 3.13. Avisoft Bioacoustics Recorder Usgh (sürüm 4.2.29).....	43
Şekil 3.14. Avisoft SASLab Lite (sürüm 5.2.13)	44
Şekil 3.15. Uygulama ve kontrol sandıkları ile ultrasonik ses dalgası düzeneği.....	45
Şekil 3.16. <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın bulunduğu üstü tül ile kaplı saklama kabı	46
Şekil 3.17. <i>Ephestia kuehniella</i> yumurtlama hunisi	46
Şekil 3.18. Ses yalıtımlı sandıktaki <i>Ephestia kuehniella</i> kültürleri	47
Şekil 3.19. <i>Ephestia kuehniella</i> erkek eşey organı	50
Şekil 3.20. <i>Ephestia kuehniella</i> dişi eşey organı	50
Şekil 3.21. <i>Ephestia kuehniella</i> tercih testi için kullanılan ses düzeneği	50
Şekil 3.22. <i>Sitophilus granarius</i> kültür kapları	51
Şekil 3.23. Ses yalıtımlı sandıktaki <i>Sitophilus granarius</i> kültürleri.....	52
Şekil 3.24. <i>Sitophilus granarius</i> 'un ömür süresi belirlemede kullanılan kutu	53
Şekil 3.25. <i>Sitophilus granarius</i> erkek (üst), <i>S. granarius</i> dişi (alt).....	54
Şekil 3.26. <i>Sitophilus granarius</i> tercih testinde kullanılan ses düzeneği.....	55
Şekil 4.1. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın toplam ergin sayısına etkisi.....	56
Şekil 4.2. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın dişi/erkek sayısına etkisi	57
Şekil 4.3. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın ortalama yumurta sayısına etkisi.....	59
Şekil 4.4. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın yumurta/dişi sayısına etkisi	59
Şekil 4.5. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın ortalama yumurta boyuna etkisi (mm).....	60
Şekil 4.6. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın bin yumurta ağırlığına etkisi (g).....	61
Şekil 4.7. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın toplam pupa sayısına etkisi	62
Şekil 4.8. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın gelişim süresine etkisi (gün)	63
Şekil 4.9. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın ömrüne etkisi.....	65
Şekil 4.10. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> 'nın dişi-erkek ömrüne etkisi.....	66
Şekil 4.11. Kontrol ve uygulama gruplarında <i>Sitophilus granarius</i> 'un toplam ergin sayısı	69
Şekil 4.12. Kontrol ve uygulama gruplarında çıkış yapan <i>Sitophilus granarius</i> 'un toplam dişi-erkek sayısı.....	69
Şekil 4.13. <i>Sitophilus granarius</i> kontrol ve uygulama gruplarında ortalama gelişim süresi (gün)	71
Şekil 4.14. Besin verilen kontrol ve uygulama gruplarında <i>Sitophilus granarius</i> 'un ortalama ömür süresi.....	72
Şekil 4.15. Besin verilmeyen kontrol ve uygulama gruplarında <i>Sitophilus granarius</i> 'un ortalama ömür süresi	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Ses kaynakları ve ses şiddetleri.....	10
Çizelge 4.1. USD'nin toplam ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi	57
Çizelge 4.2. USD'nin yumurta sayısı, yumurta sayısı/dişi, yumurta boyu ve bin yumurta ağırlığına etkisi	61
Çizelge 4.3. USD'nin pupa sayısına etkisi.....	63
Çizelge 4.4. USD'nin <i>Ephestia kuehniella</i> gelişim süresine etkisi (gün)	64
Çizelge 4.5. USD'nin genel popülasyon, dişi ve erkek ömrü (gün) üzerine etkisi	66
Çizelge 4.6. USD'nin <i>E. kuehniella</i> ergin ve larva yön tercihinine etkisi.....	67
Çizelge 4.7 USD'nin ortalama ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi	70
Çizelge 4.8. USD'nin <i>Sitophilus granarius</i> gelişim süresine etkisi	71
Çizelge 4.9. USD'nin besinli ve besinsiz gruplarda <i>Sitophilus granarius</i> ömür süresine etkisi	73
Çizelge 4.10. USD'nin <i>Sitophilus granarius</i> dişi ve erkek bireylerde yön tercihinine etkisi	74

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
Cm	Santimetre
da	Dekar
dB	Desibel
ha	Hektar
Hz	Hertz
kHz	KiloHertz
kg	Kilogram
l	Litre
log	Logaritma
m	Metre
m ²	Metrekare
mg	Miligram
mm	Milimetre
Pa	Pascal
s	Saniye
W	Watt
V	Volt

1. GİRİŞ

Tarımsal ürünler, üretimden tüketime kadar canlı ve cansız faktörlerin etkisi ile miktar ve kalite kaybına uğrarlar. Bu kayıplar, günümüz dünyasının en önemli sorunu olan açlığı ve yetersiz beslenmeyi doğaldır ki daha üst boyutlara taşımaktadır. Canlı faktörler içinde sayabileceğimiz hastalık, zararlı ve yabancı otların; buğday, mısır ve çeltik gibi tahıllarda, ayrıca soya ve pamuk gibi endüstri bitkilerinde sebep oldukları yıllık ürün kayıpları yaklaşık % 67 olup, bunun % 22'si zararlılardan, % 14'ü hastalıklardan ve % 32'si yabancı otlardan kaynaklanmaktadır (Oerke ve ark, 1994).

Tarımsal ürünler içinde depolanmış ürünler tüketime hazır durumda ve ekonomik olarak da en üst değerde oldukları için bunlarda meydana gelen kayıplar daha da dikkat çekmektedir. Bu kayıpları önlemek için yapılan kimyasal mücadelelerin oluşturdukları olumsuzluklar, çevre ve insan sağlığı için önemli bir durumdur. Bu nedenle depolanmış ürünlerde zararlılara karşı uygulanacak kimyasal mücadele dışında çevre ve insan sağlığına zararı olmayan mücadele yöntemlerinin uygulanması doğal olarak en akılcı yoldur.

Depolanmış ürünlerde beslenen birçok böcek, kalite ve kantite olarak önemli zararlar oluşturmaktadır. Özellikle hububat ve mısır gibi ürünlerde oluşturduğu zarar ve yaygınlık bakımından Buğday Biti *Sitophilus granarius* (L.) 1758 (Coleoptera: Dryophthoridae) ve Değirmen Güvesi veya Un Güvesi olarakta bilinen *Ephestia kuehniella* Zeller 1879 (Lepidoptera: Pyralidae) mamül ürünlerde de depolama döneminde zarar oluşturlar.

Buğday Biti *S. granarius* ergini, 3-5 mm boyunda olup, koyu kahve renklidir. Başın uzantısı olarak, ucunda bir çift kuvvetli mandibula bulunan bir hortum vardır. İkinci çift kanatlar körelmiş olduğundan uçamazlar. Elitra ve pronotum üzerinde çukur noktalar bulunur. Yumurtalar beyaz renkli olurken, larvalar krem renkli 2.5-3 mm boyunda ve bacaksızdırlar. Pupa sarımsı renkli ve yaklaşık 4 mm boyundadır. Pupadan çıkış yapan erginler bir hafta içinde çiftleşerek yumurta bırakmaya başlarlar. Buğday

tanesisinin embriyoya yakın kısımlarına hortumu ile açtıkları deliklere yumurtalarını bırakırlar. Bu delik jelimsi bir ağız salgısı ile kapatıldığından, yumurta bırakılmış tane dışardan bakıldığı zaman belli olmaz. Ergin dişinin bıraktığı yumurta sayısı toplam 150-300 arasında değişebilir. Yumurta, larva ve pupa dönemlerini tane içinde geçirirler. Uygun nem ve sıcaklık koşullarında gelişme süresi 30-45 gün kadardır. Ülkemiz iklim koşullarında 3 veya 4 döl verirler (ZMTT, 2008).

İlk olarak 1758 yılında Linnaeus tarafından tanımlanan *S. granarius*, canlılar alemi içinde aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Anonim, 2021a).

Kingdom: Animalia
Subkingdom: Eumetazoa
Phylum: Arthropoda
Subphylum: Hexapoda
Class: Insecta
Order: Coleoptera
Superfamily: Curculionoidea
Family: Dryophthoridae
Subfamily: Rhynchophorinae
Tribe: *Litosomini*
Genus: *Sitophilus*
Species: *granarius*

Değirmen güvesi *E. kuehniella* ergini kül renginde olup, 10-12 mm boyundadır. Birinci çift kanatlar üzerinde enine dalgalı bantlar bulunur. Arka kanatlar ise açık sarı renkte olup saçaklıdır. Kanat açıklığı yaşadığı coğrafik bölgeye bağlı olarak 16-20 mm (ZMTT, 2008) ile 20-25 mm arasında olup *Ephestia* türleri içindeki en iri güvedir (Subramanyam ve Bhadriraju, 1996). Yumurta oval şekilde ve beyaz renklidir (ZMTT, 2008). Yumurtanın boyu ortama 0.441 mm, genişliği ise 0.222 mm'dir. Yumurtadan yeni çıkmış larva oldukça küçük olup boyu 1.083 mm, çapı ise 0.19 mm'dir (Johnson 1896). Az miktarda kılları bulunan larva krem renklidir. Kıl diplerinde kahverengi halkalar bulunur. Olgun larva 12-19 mm boyunda olup, ambardaki, çatlak, girinti ve

köşe gibi yerlerde kokon örerek pupa olur. Pupa sarımtırak kahve renkli olup yaklaşık 9 mm boyundadır (ZMTT, 2008). Ergin çıkışının olduğu gün çiftleşme başlar. Genellikle sabah saatlerinde başlayan çiftleşme 4-10 saat süre arasında devam eder. Çiftleşmenin olduğu gün yumurtalar bırakılır. Yumurtalama 5-6 gün sürer ve ergin dişi ortalama 240 yumurta (Johnson, 1896) veya 140 adet yumurtayı gıda ortamına bırakır. Erginler sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak 1-2 hafta yaşayabilirler. Gelişme süresi uygun koşullarda 6-8 haftadır. Yılda 3-4 döl verir (ZMTT, 2008).

İlk olarak 1879 yılında Zeller tarafından tanımlanan *E. kuehniella*, canlılar alemi içinde aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Anonim, 2021b).

Kingdom: Animalia
Subkingdom: Eumetazoa
Phylum: Arthropoda
Subphylum: Hexapoda
Class: Insecta
Order: Lepidoptera
Superfamily: Pyraloidea
Family: Pyralidae
Subfamily: Phycitinae
Tribe: *Phycitini*
Genus: *Ephestia*
Species: *kuehniella*

Değirmen güvesi, sıcak bölgelerdeki un fabrikalarında ana zararlı durumundadır (Subramanyam ve Bhadriraju, 1996). Gluten içeren tahıllarda ve bu tahıllardan yapılmış bisküvi ve kraker gibi ürünlerde, ayrıca mısır, yulaf, pirinç ve karabuğdayda beslenir. Özellikle un fabrikalarında buğday, irmik, un ve kepekte oluşturduğu doğrudan zararın yanında, fabrikalardaki üretim zincirinde bulunan valslerde, boru ve ekipmanlardaki ürün akışına zararının beslenmesi sonucu meydana getirdiği ağların önemli ölçüde engel olması, fabrikanın çalışma randımanını etkileyen en önemli faktördür. Amerika'daki *E. kuehniella* ile bulaşık bir değirmende, değirmenin temizlik

maliyetinin yıllık 500 dolar olduğu bildirilmiştir. Çuval içinde bulunan una, *E. kuehniella* dişisi ovipozitörünü sokarak yumurta bırakabilir (Johnson, 1896).

Zararlı böceklere karşı mücadelede insektisitler en etkili ve en hızlı bir çözüm yolu olarak düşünülse de bunlar her zaman istenilen seviyede başarılı olamayabilir veya çevreye olabilecek yan etkilerinden dolayı bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Özellikle son yıllarda tüm dünyada çevrenin korunmasına karşı toplumun bakış açısı değişmiş ve daha duyarlı hale gelmiştir.

Pestisitlerin sık ve hatalı kullanımı ile insan ve hayvan sağlığı tehdit edilmekte, böcekler ise insektisitlere karşı zamanla dayanıklılık kazanmaktadır. Tarımsal açıdan ekonomik zararlı olmayan türler zamanla baskın hale geçmekte, hedef dışı canlılar zarar görmekte ve tür çeşitliliği azalmakta, kültür bitkilerinde toksik etkiler gibi birçok olumsuzluk ortaya çıkmaktadır. Bu durumu en aza indirmek için çevreye en az zarar veren etkili yöntemlerin belirlenerek uygulanması gerekmektedir. Bunların başında da, pestisit kullanımının neden olduğu problemleri en aza indirecek, çevreye zararsız ve agroekosisteme katkılar sağlayacak biyoteknik mücadele yöntemi gelmektedir. Böceklerde biyoteknik mücadele, çevreye zararsız önemli bir bitki koruma yöntemi olarak günümüz modern tarımına katkılar sağlamaktadır. Zararlı böceklerin mücadelesinde kullanılan bazı insektisitlerin yan etkileri nedeniyle bu yöntem önem kazanmıştır. Böceklerin biyoteknik mücadelesi, böcek popülasyonunu olumsuz yönde etkileyen tüm ses, koku ve görsel etmenler yardımıyla, böceklerin zararını, ekonomik zarar eşiğinin altına düşürmek için alınan önlemlerin tamamına denir.

Biyoteknik mücadele yöntemlerinden biri de böceklere karşı ses dalgalarının kullanımıdır. Ses dalgaları konusunda yapılan araştırmalar 60-70 yıl öncesine dayanmasına rağmen, son yıllarda yapılan çalışmalar ile hücre üzerindeki etkisi anlaşılmaya başlanmıştır. Ses dalgaları kullanıldıklarında organizmalar üzerinde frekans, şiddet ve süreye bağlı olarak olumlu ve olumsuz etkileri mevcuttur. Bazı frekanstaki dalgalar organizmalar üzerinde gelişim ve büyümeyi attırırken bazı dalgalar ise içinden geçtiği ortamda kimyasal ve fiziksel değişiklik yapabilirler (Dikilitaş ve ark. 2016). Ses dalgalarının böceklerin yaşam döngülerinde veya

davranışlarında değişiklik yaptığına dair birçok bilimsel çalışma mevcuttur (Koehler ve ark., 1986); (Huang ve ark., 2003); (Zha ve ark. 2013).

İnsanlar 16 ile 20.000 Hz aralığındaki sesleri duyabilirken (Anonymous, 1981), böcekler bu aralıkta veya bu aralığın dışında olan ultrasonik dalgalara da tepki vermektedirler (Pollack ve Imaizumi, 1999). İnsanlar tarafından duyulamayan ultrasonik sesler ancak özel ekipmanlar kullanılarak gözlemlenebilir hale getirilir. Birçok hayvanın yaşamını anlamak, içinde yaşadıkları ultrasonik dünyayı dinlemeyi gerektirir (Simmons et al., 1979).

Böceklerin kulakları, timpanal kulaklar ve flagellar kulaklar olmak üzere iki temel gruba ayrılabilir. Genellikle iki taraflı bir çift olarak ortaya çıkan her iki tip, havadaki titreşimlere karşı oldukça hassastır (Robert, 2005). Timpanal kulaklar kelebeklerde vücudun değişik bölgelerinde olabilir. Örneğin ağız bölgesinde (Sphingoidea), kanatlarda (Hedyloidea, Nymphalidae), thoraks bölgesinde (Noctuoidea), ve abdomen bölgesinde (Drepanoidea, Geometroidea, Pyraloidea, Tineoidea, Uraniidae). Güve kulakları, kulak başına yalnızca bir ila dört duyu hücresiyle, böcek işitme organlarının en basitlerinden biridir (Yack, 2004).

Organizmaların işitme duyusu, yalnızca çevreleri ile iletişim için değil, aynı zamanda ortam hakkında akustik bilgi toplayarak hayatta kalmayı arttırmak için de gelişmiştir. Ses genel olarak hayatta kalmak için önemli olmak ile birlikte, ses alıcı organizma tarafından, ses kaynağının konumunu bilmesi ölçüsünde sesin değeri de artar. Ses alıcı avın en etkili şekilde avcısından kaçması için sadece avcının mevcut olduğunu değil, aynı zamanda avcının nerede olduğunu da bilmesi gereklidir (Fay and Popper, 2005).

Bazı kelebeklerin akustik uyarılara karşı cevap vermesi ile bilim adamlarında zararlıların kontrolünde seslerin kullanılabileceği fikrini uyandırmıştır. Noctuidae familyasındaki güvelerin timpanal organlarını konu alan birçok araştırma olmasına rağmen Pyralidae familyasında bu konu ile ilgili az sayıda çalışma yapılmıştır. Pyralid güvelerine karşı sesin kontrol amaçlı kullanılabilmesi için güvelerin fizyolojik ve

davranışsal olarak hangi akustik uyarılara tepki verdiğinin bilinmesi gerekir (Perez, 1976).

Sesin yapısı ve farklı türlerdeki alıcılarda kulaktan beyne gelen bilginin yapısına bağlı olarak ses konumunun hesaplanması için farklı stratejiler olmaktadır (Fay and Popper, 2005). Pyralidae familyasına bağlı birçok güve timpanal organ vasıtası ile avcı yarasaların çıkardıkları 20-200 kHz frekanstaki sesleri algırlar (Conner, 1999). Uçuş sırasında ultrasonik ses algılayan bir pyralid güvesi hemen ani bir manevrayla ses kaynağından uzaklaşır veya kendini yere atarak hareketsiz kalır (Huang ve ark., 2003). *Ephestia kuehniella*'da birinci abdomen segmentinin ventralinde bulunan timpanal organ, 5-100 kHz aralığındaki frekanslar ile 40-110 dB aralığındaki ses şiddetlerine karşı duyarlıdır (Perez, 1976).



Şekil 1.1. Pyraloidae üst familyasına ait bir güvenin tympanal organı (Anonim, 2021a).

1.1. Ses

Titreşen bir nesne etrafındaki hava moleküllerine çarparak bu moleküllerin de titreştirmelerine sebep olur. Titreşen hava molekülleri kulak zarımıza ulaştığında oluşan basınç farklılıkları beynimize ses olarak algılanır.

Sesin kaynaktan uzaklaşması veya yayılması ile birlikte sesin yüksekliği (genliği) de azalır. Bir basınç dalgası olan ses, mekanik olduğu için ancak maddesel ortamlarda yayılabilir. Ses dalgaları yaklaşık olarak havada 340 m/s hız ile yayılırken,

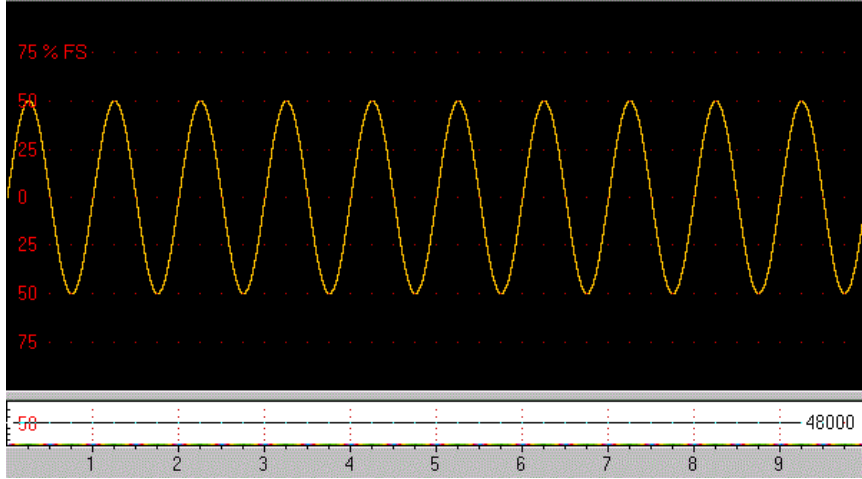
suda 1453 m/s ve katılarda 5000 m/s hızla yayılır. Ses dalgaları dört farklı frekans grubunda incelenir.

1. Ses ötesi (Infrasound): Düşük frekanslı, 20 -30 hertz (Hz) ve altındaki ses dalgalarıdır.
2. İşitilebilir ses (Sound); 20-20 000 Hz arasında olan ses dalgalarıdır. İnsanlar ancak bu aralıktaki sesleri duyabilirler.
3. Ultrases (Ultrasound); İnsanların duyamayacağı 20.000 Hz ile 15 milyon Hz aralığında olan ses dalgalarıdır.
4. Hiperses (Hypersound): 15 Milyon Hz'den yukarı olan ses olarak isimlendirilir (Anonim, 2021d).

1.2. Frekans (Sıklık)

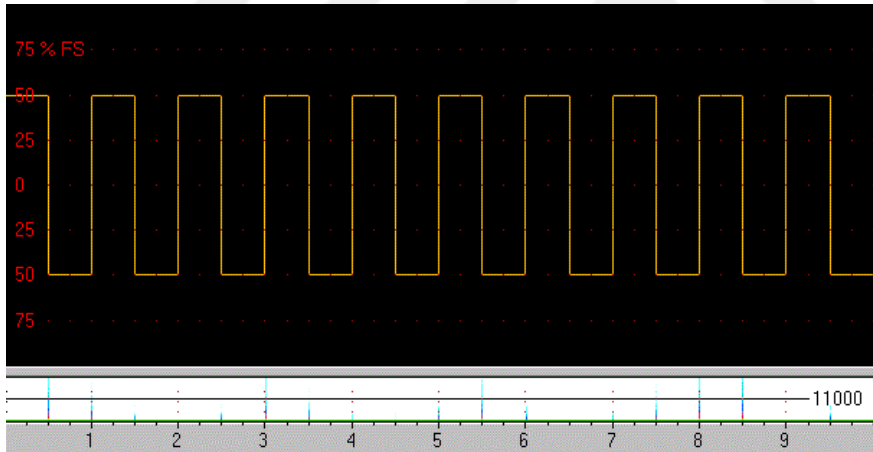
Saniyedeki titreşim sayısına frekans (sıklık) denir. Frekans birim olarak, Hertz veya kısaca Hz olarak ifade edilir. Elektromanyetik ve radyo dalgaları konularında çalışmalar yapan Alman bilim adamı Heinrich Hertz onuruna bu birim kullanılmaktadır. Zamana bağlı olarak bir saniyedeki ileri-geri hareketlerin toplanması ile frekans hesaplanır. (1 Hertz = 1 döngü/saniye) (Talbot-Smith, 2000).

Doğada oluşan sesler sinüs dalgaları şeklinde yayılır. Dalgaların iki tepe noktası arasındaki mesafe dalga boyunu, bir saniyede gözlenen tepe veya çukur noktaların sayısı ise bize frekansı (Hz) verir. Frekans arttıkça ses incilir ve tiz sesler duyulur. Düşük frekanslarda ise kalın sesler yani bas sesler duyulur. Aşağıda frekansı 1 Hz olan ve 10 saniye süre ile devam eden bir sinüs ses grafiği verilmiştir (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2. Sinus dalga şekli

Sinyal üreteçleri kullanılarak sinüs dalga şeklinden farklı olarak kare ve testere dalga şekli de üretilebilir. Örneğin frekansı 1 Hz olan ve 10 saniye süre ile devam eden kare şeklindeki bir dalga, Şekil 1.3 de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Kare dalga şekli

1.3. Genlik (Amplitüd)

Ses dalgalarının dikey büyüklük ölçüsüne genlik denir. Genliğin büyüklüğü, titreşimi sağlayan enerjinin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Enerji arttıkça hava molekülleri tarafından taşınan enerji de artar. Enerjisi yüksek olan hava molekülleri ile sesin şiddeti artarak yüksek sesin duyulmasına sebep olur.

1.4. Sesin Şiddeti

Ses dalgalarının taşıdıkları enerji ile birim alana uyguladıkları kuvvette sesin şiddeti denir. Birim olarak genellikle W/m^2 kullanılır, bir metrekaare alan için Watt miktarıdır. Ses kaynağından uzaklaştıkça sesin şiddeti de azalır. Bu azalma sesin çıktığı kaynak ile uzaklığın karesine ters orantılı olmaktadır.

1.5. Desibel (dB)

İnsan kulağının duyabileceği en düşük seviyedeki ses şiddetine, ‘eşik şiddet’ denir. Eşik şiddetinin 1 milyon katı dahi, insan kulağına zarar vermeden duyulabilir. Bu durumda, insan kulağının çok düşük veya çok yüksek şiddette olan sesleri duyabilme yeteneğine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Duyum aralığı bu kadar geniş olduğundan, sesin şiddet ölçümü için kullanılan ölçek de logaritmik olarak yani 10'un katları şeklinde hesaplanmaktadır. Genellikle ses şiddetini ölçmek için birim ifadesi olarak “desibel” kullanılmaktadır. Telefonun mucidi Alexander Graham Bell’in soyadı ile 1/10 anlamında olan desi ifadesinin birleşmesinden oluşan desibel, kısaca “dB” olarak ifade edilir. Desibel formül olarak ifade edilirse;

$$(dB=10.\log P_2/P_1)$$

Burada P_1 genellikle, ilk sinyalin watt cinsinden gücünü, P_2 ise ikinci sinyalin watt cinsinden gücünü ifade etmektedir. Eğer P_1 , P_2 den büyük olursa dB eksi değer olarak karşımıza çıkar. Formülden de anlaşılacağı gibi dB kesin bir değer değil, iki gücün birbirleriyle olan kıyaslanmasıdır. Sıfır desibel ise mutlak sessizliği değil, duyulamayacak kadar düşük ses şiddetini gösterir. Farklı ses kaynakları ile ses şiddetlerinin gösteren bir çizelge aşağıda verilmiştir (Çizelge 1.1.).

Çizelge 1.1. Ses kaynakları ve ses şiddetleri

Ses Kaynağı	dB	Eşik değerinin katları	Şiddet
Eşik şiddeti	0	10^0	1.10^{-12}W/m^2
Yaprak hışırtısı	10	10^1	1.10^{-11}W/m^2
Fısıltı	20	10^2	1.10^{-10}W/m^2
Normal konuşma	60	10^6	1.10^{-6}W/m^2
Yoğun trafik	70	10^7	1.10^{-5}W/m^2
Elektrik süpürgesi	80	10^8	1.10^{-4}W/m^2
Büyük orkestra	98	$10^{9,8}$	1.10^{-3}W/m^2
Kulak hoparlörünün en yüksek sesi	100	10^{10}	1.10^{-2}W/m^2
Rock konserinin ön sırası	110	10^{11}	1.10^{-1}W/m^2
Jet uçağının kalkışı	140	10^{14}	1.10^2W/m^2
Kulak zarı hasarı	160	10^{16}	1.10^4W/m^2

Çizelge 1.1’de ifade edilen ses kaynakları insanların duyabileceği frekans (20-20.000 Hz) aralığında titreşen ses kaynaklarıdır. Örneğin ultrasonik seslerin böcekler üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırmacı, 72 kHz frekans ve 100 dB ses şiddetini böcekler üzerine uyguladığı zaman, aynı ortamda bulunan insanlar herhangi bir ses algılayamazlar. Ortamda 100 dB şiddetinde bir ses olduğunu doğrulamak için özel ses ekipmanlarının kullanılması gerekir.

Bu çalışmada buğday depolarında ve un fabrikalarında önemli zararlı türlerden olan *S. granarius* ve *E. kuehniella*’ya karşı bir döl süresince uygulanan 72 kHz kare dalga şeklindeki ultrasonik ses dalgalarının, zararlıların üreme gücüne etkisi araştırılmıştır. Ayrıca söz konusu zararlıların ultrasonik ses dalgalarına maruz kaldıkları zaman sesten kaçış veya sese doğru yönelme gibi davranışsal hareketleri de gözlemlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Alexander (1957), Böceklerde ses üretimi ile ilgili çalışmaların iki bin yıl öncesine kadar uzandığını, Aristotle'nin, Homoptera takımını ses çıkaran ve çıkarmayan böcekler olmak üzere iki ana sınıfa ayırdığını bildirmiştir. Ayrıca böceklerin çıkardıkları sesler ve ilgili davranışlar konusunda bir araştırma yapmış; *Acheta assimilis* Fabricius (Orthoptera: Gryllidae), *Magicicada septendecim* (Linnaeus (Homoptera: Cicadidae), *Tetraopes tetrophthalmus* LeConte (Coleoptera: Cerambycidae) gibi bazı familyara ait böceklerin ses çıkarma organları ile davranışları arasında ilişkiler kurmuş, bu sesleri manyetik ses kayıt cihazları ile kayıt edip, ses grafiklerini çıkarmıştır.

Perez ve Zhantiev (1976), Un güvesi (*E. kuehniella*)'nin timpanik organına verilen akustik uyarılara verdiği tepkileri kaydetmişlerdir. Uyarıların frekansı 5 ila 100 kHz arasında değişen, minimum yoğunlukları 40 ila 50 dB (Odb = 0.0002 din / cm²) ve maksimum 110 dB'ye kadar olmuştur. *E. kuehniella*'nın timpanik organı kullanılan tüm frekans aralıklarında yanıt verdiğini ve 45 ile 110 dB arasında biri 20 kHz'de diğeri 60 kHz'de olmak üzere iki maksimum hassasiyet gösterdiğini bildirmişlerdir. Timpanik sinirin elektriksel aktivitesi, A1, A2, A3 ve A4 olarak adlandırılan dört akustik duyu hücresi tarafından üretilen akustik uyarıya yanıt olarak bir B tipi hücrenin kendiliğinden boşalması ve bir tonik boşalmadan oluşmuştur. Tüm bu akustik duyu hücreleri, kullanılan tüm frekans aralığında tepki vermişler ve aksiyon potansiyellerinin yükseklikleri ve akustik uyarılara duyarlılıkları bakımından farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Dörrscheidt ve Rheinlaender (1980), Ergin erkek çekirgelerin çıkardıkları sesleri iki farklı sıcaklıkta analiz etmişlerdir. Sıcaklığın nörofizyolojik ve davranışsal etkisinin de görüldüğü bu çalışmada, çekirgeler sesleri bacaklarını kanatlarına sürtmek suretiyle çıkarmaktadırlar. Sıcaklığının 25° C olduğu ortamda çekirgeler ses çıkartırken 35° C olduğu ortamda çekirgelerden ses çıkmamıştır. Yöntem, ara sıra

"duraklama" sırasında (25 ° C'de) bile titreyen bacağın kanatla temas halinde hareket ettiğini ortaya koymaktadır.

Tutkun (1981), her üç saniyede bir 18500 Hz ultrasonik ses yayan Rat Patrol isimli cihazı, tarım depolarında zararlı olan ev sıçanı (*Rattus rattus* L. (Rodentia: Muridae)) ve göçmen sıçana (*Rattus norvegicus* Berkenhout (Rodentia: Muridae)) karşı, kaçırıcı etkisini incelemiştir. Sıçanların bulunduğu depolara kaşar, sucuk ve ay çekirdeği gibi besinler bırakmıştır. İlk üç gün bu besinlerin az miktarda tüketilmesine rağmen daha sonra depodaki sıçan dışkılarında bir artış olduğunu, böylece sıçanların depoda daha uzun süre geçirdikleri kanısına varmıştır. Söz konusu ultrasonik cihazın bu iki tür sıçana karşı kalıcı bir kaçırıcı etkisinin olmadığını, 2-3 günlük bir alışma süresinden sonra bu sıçanların tekrar depolardaki yiyecekler ile beslendiklerini hatta eskisine nazaran daha çok besin tükettiklerini rapor etmiştir. Kullanılan 18500 Hz frekansın düşük olabileceğini daha yüksek bir frekansta sıçanların ortamdan uzaklaşabilecekleri görüşünü bildirmiştir.

Özar ve Yücel (1982), Güneydoğu Anadolu bölgesindeki tahıl depolarında bulunan zararlı böcekler arasında ve *E. kuehnila* olduğunu bildirmişlerdir. Tüm depolarda tespit edilen depo zararlısı türlerin dağılım oranlarının yaklaşık olarak *S. granarius* % 23, *E. kuehnila* % 0.3, Khapra böceği %37, Kıрма bitleri % 21, Testereli bit % 7, *A. piceus* %7, *A.verbasci* % 2, Küçük kıрма biti % 1, Psocid'ler % 1, Ekin kambur biti % 1, *L.oryzae* % 1, Kuru meyve güvesi % 0.1, *Dermestes* spp. % 0.06, Un kurdu % 0.1, *Scenopinus* spp. ve Ekin kara böceği % 0.2, şeklinde olduğunu bildirmişlerdir.

Yücel (1982), Diyarbakır ilinde buğday depolarında, zararlılardan kaynaklanan ürün kayıplarını araştırmış; toprak ambarlarda ortalama ağırlık kaybının %4.24, beton ambarlarda ise %4.30 olduğunu saptamıştır. Ayrıca çimlenme kayıpları üzerine bir çalışma yapmış ve il genelinde bu kayıpların ortalama %20.25 olduğunu bildirmiştir.

Koehler ve ark. (1986), Ticari olarak satılan dokuz farklı firmanın ultrasonik cihazları, Alman Hamam Böceği (*Blattella germanica* (Orthoptera: Blattellidae)) ve

Doğu Sıçan Piresine (*Xenopsylla cheopis* (Siphonoptera: Pulicidae)) karşı denenmiştir. *Blatella germanica* ses uygulanan odaya ses uygulanmayan odaya girdiği gibi kolayca girmiştir. Apartman dairelerinde yapılan denemelerde de önemli bir fark çıkmamıştır. Söz konusu ultrasonik cihazların *X. cheopis*'in çiftleşme, yumurtlama larva ve pupa gelişimine karşı etkisi incelendiğinde, kontrolden bir farkı ortaya çıkmamıştır. Sonuç olarak piyasada satılan bu ticari ürünlerin Alman Hamam Böceği ve Doğu Sıçan Güvesine karşı etkili oldukları iddiasının yanlış olduğu bildirilmiştir.

Belwood (1988), Doktora tezinde, akustik olarak yönelen yarasalar ile Tettiginidae familyasına ait şarkı söyleyen çekirgeleri av-avcı ilişkisi yönünden incelemiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarında dört farklı yarasa türünün avları olan çekirgelerin yerlerini belirlerken, bu çekirgelerin çıkardıkları seslerden faydalandıklarını tespit etmiştir.

Gümüşsuyu (1989), Elektronik kayıt ve analiz ekipmanlarının gelişmesinden önce, böceklerde ses üretme ve mevcut seslere tepki gösterme konularında yapılan yüzlerce çalışmanın genellikle ses çıkaran organların morfolojisi ve fizyolojisi üzerine olduğunu bildirmiştir. 1950' li yıllardan sonra yeni ekipman ve tekniklerin gelişmesi ile çıkarılan seslerin fiziksel yapılarının karşılaştırılması ve tanımlanmasının yanı sıra ses alma organlarının tepki alanları saptanmıştır. Türler arasındaki ayırım veya kendi türünü tanıma kur sesinden daha çok çağrı (davet) sesinin özelliğinden ileri geldiğini ifade etmiştir. Birçok gözlemlerin sonucu olarak ister havada ister ağaçta kuşlar tarafından yakalanan Ağustos böceklerinin çıkardıkları ani ses nedeni ile kurtulduklarının görülmediğini ancak kesin bir kanıt elde olmamakla birlikte Cicada ciyaklamasının diğer Cicada'ları ürküterek kaçmalarına neden olduklarını belirtmiştir.

Shuman ve ark. (1993), Tahıl tohumları içinde beslenen larva miktarının bilgisayar tabanlı elektronik akustik yöntemle belirlenmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Buğday danesi içinde beslenen *S. oryzae* (L.) 0-3 dönemindeki larvaların 1 kg'lık numune içinde beslenirken çıkardıkları ses dizilerini analiz etmişlerdir. Sistem bulaşık dane sayısını %6 fazla veya %34 eksik ölçmüştür. Bu cihazın performansı, Federal Tahıl Denetleme Servisinin standartlarına göre değerlendirildiğinde

numunenin bulaşıklık oranını % 64, temizlik oranını ise %92 doğruluk ile sonuç alınabildiğini bildirmişlerdir.

Mankin (1994), *Aedes taeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) sürülerinin akustik tespiti ve uzak tuzlu bataklıklarda ortaya çıkışlarını incelemiştir. *A. taeniorhynchus* sineklerinin toplu çıkışlarındaki sesler, şayet sessiz bir ortamda olursa 10-50 metre mesafeden tespit edilebilir. Ortam gürültüsünün 21 dB (dB referansı 20 mikroPa) ve 0.3-3.4 kHz aralığında olması gereklidir. Kafes içine alınmış tek bir sineğin çıkardığı 22-25 dB şiddetindeki ses ancak 2-5 cm mesafeden ölçülebilmektedir. Üretilen sinyaller ile gürültü arasındaki farkı, toplu halde uzak bataklıktan çıkan sineklerin sinyallerini ölçmek için teknolojik bir aletin yapılabileceğini gösterir. Bu cihaz aynı zamanda tuzağa yakalanmış bir sineği de fark edebilmektedir. Hatta erkek sinek sinyallerini (700-800 Hz) dişi sineklerden (400-500 Hz) ürettikleri frekanslara göre ayırabildiğini bildirmiştir.

Trameterra ve Pavan (1994), Ultrasonik ve kimyasal sinyallerin; *E. kuehniella*, *E. cautella* ve *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) güvelerinin çiftleşme davranışlarına etkilerini incelemiştir. Bu güvelerin erkekleri tarafından kur yapma davranışı olarak, kanat çırpma hareketleri ile 80 kHz frekansta düzgün sekanslı ultrasonik sesler ürettiklerinin tespit etmiştir. Darbeler, saniyede 41-72 darbe arasında değişen darbe tekrarlama oranlarına karşılık gelen 14-20 ms'lik düzenli sıralar halinde yayınlanır. Sessiz erkek ve sağır dişilerde üreme başarısını değerlendirmek için yapılan test, sessiz erkeklerde ve sağır dişilerde sağlam bireylere göre daha düşük bir başarı ortaya koymuştur. Dişi ve erkek bireylerin antenleri cerrahi olarak alındığında erkek bireylerdeki üreme başarısı %40-78 arasında düşmüştür. Antensiz dişi ve erkek *E. kuehnielle* ve *E. cautella* da üreme başarısı düşüş göstermezken bu durum *P. interpunctella*'da %22 oranında gözlenmiştir. Bu bilgilerden sonra araştırmacılar, bu güvelerde ultrasonik haberleşmenin önemli bir rol oynadığını, kimyasal, görsel ve akustik uyarıların çiftleşme davranışları bakımından daha çok çalışılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Stephen ve Hartley (1995), Cırcır böceklerinde ses üretimi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Erkek *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae) cırcır böceğinin çıkardığı sesi dijital olarak dört farklı ortamda kayıt etmişlerdir. Bunlardan birincisi hava, ikincisi %80 He ve %20 O₂, üçüncüsü balmumu ile tıkanmış timpana hava ortamında ve son olarak helyum oksijen karışımı olmuştur. Dört farklı ortamdaki temel frekans bileşeni her cıvıltıdan cıvıltıya farklılık göstermiş, timpanası tıkalı böceklerin sesleri temel frekans bileşeninden daha büyük bir dağılım göstermiştir. Sonuç olarak, cırcır böceklerinde şarkı oluşturma, işitsel bir geribildirim kontrol döngüsü içeren dinamik bir süreç olduğunu, cırcır böceği kanatlarının ve karın bölgesinin göreceli pozisyonunu değiştirerek, dolayısıyla hacmi değiştirerek, mızrap-dosya vuruş oranını ve subalar boşluğun rezonans frekansını kontrol edebildiğini belirtmişlerdir.

Trametera ve Pavan (1995), *E. kuehnielle*, *E. cautella* ve *P. interpunctella* güvelerinin işitme yeteneklerini anlamak için bir ön inceleme yapmış, bu güvelerin yarasa benzeri ultrasonik sinyallere hızlı bir yanıt verdiklerini tespit etmiştir. Erkek güvelere, yarasaların ürettiği frekanslara benzer frekanslarda kısa ultrasonik sinyaller verildiğinde kanat açmayı durdurduklarını veya uçuşlarını sonlandırdıklarını gözlemiştir. Ultrasonik seslerin pyralid güvelerinde avcıdan kaçış davranışlarındaki rolünü daha iyi anlamak için daha fazla çalışma yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Mankin ve ark. (1996 a), Tephritidae familyasına bağlı *Anastrepha* türlerinin ses analizlerini yapmışlardır. *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua*, *A. sororcula* ve *A. grandis* (Diptera: Tephritidae) olmak üzere dört tür üzerinde çalışmışlardır. Kayıtları yapılan seslerin bilgisayarda farklı analizlere tabi tutulması ile türlerin birbirlerinden farklı sesler çıkardıklarını ve ses analizleri ile tür teşhislerinin yapılabileceği sonucuna varmışlardır.

Mankin ve ark. (1996 b), Akustik cihazlar ile böceklerin belirlenmesinde gürültü kalkını oluşturulmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Böceklerin tahıllar içinde beslenirken ve hareket ederken çıkardıkları sesler düşük yoğunlukta olduğunu ve hızlıca daneler içinde bu seslerin kaybolduğunu belirtmişlerdir. *S. oryzae* larvalarının

buğday danesi içinde beslenirken çıkardıkları ses basınç seviyesi ortalama olarak 23 dB şiddetinde olmuştur. Bu ölçüm larva ile bulaşık bir buğday danesinden 3 cm mesafeden yapılmıştır. Arka plandaki gürültünün bu ses seviyesini 10 dB veya daha fazla düşürmesi ile böceğin tespit edilmesinin zorlaştığını bildirip, ticari depolarda veya diğer gürültülü ortamlarda, akustik alıcılar için bir gürültü kalkanı yapmışlardır. Bu gürültü kalkanı çok katmanlı bir kabin olarak tasarlanmış ve 1-10 kHz frekans aralığındaki seslerin şiddetini 70-85 dB miktarında düşürebilmiştir. Araştırmacılar geliştirdikleri ses izolasyon kutusu ile, gürültü seviyesinin 50-80 dB olduğu ticari silolarda, inspektörlerin, bu seviyedeki bir gürültü düşüşü ile tahıl örnekleri içinde beslenen larvaların seslerini analiz edebileceklerini belirtmişlerdir.

Mankin ve ark. (1997), Depolanmış tahıllarda ergin böceklerin ürettiği farklı yoğunluk ve oranlardaki sesler ile akustik olarak böceklerin sayımı konusunda bir araştırma yapmışlardır. Akustik tespit yönteminin geleneksel yöntemle göre iki önemli problemi çözdüğünü belirtmişlerdir. Bunlardan birincisi geleneksel inceleme yönteminde dane içinde gizli beslenen larvalar görülmemekte, ikincisi ise iş yoğunluğudur. Esnek bir algoritma ile bir ses detektörü tahıl numunesi içindeki hem ergin hem de larvaları otomatik olarak 10-20 dakika içinde sayabileceğini ifade ederek, geleneksel iş gücü yöntemi ile bu sürenin 2-20 dakika arasında olduğunu fakat dane içinde beslenen larvaların sayılamadığını bildirmişlerdir.

Shuman ve ark. (1997), Bir tahıl numunesindeki danelerin içinde beslenen larvaların bulaşıklığını ölçmek için ses kaynaklarının konumu ile ilişkili verileri elde ederek otomatik olarak çalışabilen, bilgisayar tabanlı bir sistem tasarlamışlardır. Beslenen böcek seslerinin bir dizi akustik sensöre göreceli varış süreleri ile ilgili bilgiler, düşük sinyallerin gürültü oranlarına ve üniform olmayan tanecikli ortam yoluyla farklı sensörlere, ses yayılımının neden olduğu diferansiyel distorsiyona rağmen elde edilir. Tüm sensör çıkışlarının paralel edinimi ve en büyük sinyale sahip sensörün çevresindeki tüm bitişik sensör çiftlerinin çapraz korelasyon analizlerini kullanılır. Ortaya çıkan çapraz korelogramların tepe konum süreleri, aynı böcek tarafından üretilen birden fazla ses için bir araya toplanır, farklı böcek sesleri olduğu zaman daha geniş bir şekilde dağıtılır. Sonuç olarak araştırmacılar, benzer sesleri

gruplamak için bir küme analiz algoritması geliştirmiştir. Bu sayede yeterince geniş eşleme seslerinin her biri farklı bir böceğin varlığını gösterdiğini bildirmişlerdir.

Weaver ve ark., (1997), *S. oryzae* larvaları (20-25 gün yaşlı) ile bulaşık buğday danelerini sayabilmek için akustik sinyallerden faydalanmışlardır. Bu amaçla akustik sensör dizisinden gelen sinyalleri çapraz ilişkilendirerek, her bir buğday danesindeki bireysel böceklerden gelen sesleri eşleştirmek için optimize edilebilir parametrelerle bir algoritma geliştirmişlerdir. Algoritma, (Acoustic Location Fingerprinting Insect Detector, (ALFID)) Akustik Konum "Parmak İzi" Böcek Dedektörünün numune kutusunda yürütülen bir dizi denemede optimize edilmiştir. Numune sandığına, enfekte edilmemiş buğdaylar, içinde olgunlaşmamış tek bir pirinç biti ile bulaşık bir buğday danesi ile konulmuştur. Bulaşık dane, numune bölmesinde bilinen bir yere yerleştirildikten sonra sistemin çalışması ile optimize edilmiş analiz parametrelerinden oluşan algoritma, denemelerin % 100'ünde tek bir böceğin yerini başarıyla tespit etmiştir. Daha sonra algoritmanın birden fazla böcek sayma yeteneği denenmiştir. Tek böceklerden toplanan veri dosyalarındaki sinyalleri bir çift böcekten gelen sesleri temsil eden bir sette birleştirmişler ve analizlerde, üç sensör aralığındaki, kombinasyonların % 100'ü, iki sensör aralığı ve bir sensör aralığı ile yapılan kombinasyonların % 70'inde iki böceği doğru bir şekilde tespit etmişlerdir. Sonuç olarak ALFID örnekleme sisteminde, sandığının boyutlarına ve algoritmaya göre, bir buğday örneğinde sesler üreten rastgele yerleştirilmiş iki böceği tanımlama olasılığının % 90 olduğunu bildirmişlerdir.

Mankin ve ark., (1998), Toprak altındaki böceklerin akustik yöntemlerle belirlenmesine yönelik yaptıkları bir araştırmada; kullanıcı dostu ve pahalı olmayan bir sistem geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Bu amaçla, böceklerin hareket ederken, beslenirken veya birbirleriyle haberleşirken çıkardıkları seslerden faydalanmışlardır. Farklı sensörlerin zamansal ve mekânsal modellemelerini yaparak hedef organizma ile hedef dışı organizmaların çıkardıkları sesleri karşılaştırmışlardır. Organizmaların çıkardıkları seslerin toprak altında hızlıca zayıflaması sonucu cihazın çalışma kabiliyetinin sınırlı olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak akustik sensörlere takılan 20-

30 cm'lik sensör uçları ile toprak altında kümelenmiş halde bulunan böceklerin tespit edilebileceğini belirtmişlerdir.

Reinhold ve arkadaşları (1998), *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) (Küçük mum güvesi)' da çiftleşme davranışlarını incelemişler, çiftleşme öncesi erkeklerin dişileri çekmek için ultrasonik sinyaller ürettiklerini saptamışlardır. Üretilen sesin frekansı, şiddeti ve senkronize olmayan kanat hareketleri, erkeklerin çekicilik bakımından ayırt edilmesinde rol oynamış, yüksek frekansta ses üretimi için erkeklerin metabolizmalarını hızlandırdığını ve yüksek enerjiye gereksinim duyduklarını bildirmişlerdir.

Trematerra (1998), Depolarda zararlı Pyralid güvelerde kimyasal, görsel ve akustik uyarıcılar isimli makalesinde; Pyralid güvelerinden *Achroia grisella* F., *Galleria mellonella* L, *Corcyra cephalonica* (Staint) (Gallerinae), *E. cautella* (Walker), *E. kuehniella* ve *P. interpunctella* Hubner (Phycitinae) (Lepidoptera: Pyralidae), tür içi iletişim ve çift oluşturmak için kanat çırpma hareketleri ile ses üretme ek yeteneğinde olduklarını belirtmiştir.

Bennet-Clark (1999), Böceklerde yüksek seviyede ses çıkarmak için rezonans yapan organlar olduğunu bildirmiştir. Rezonansın varlığı çıkarılan sesi yükseltirken ses tonunun saflığını bozabileceğini, böceklerin bu sorunu, transdüksiyonun her iki aşamasını da aynı frekansa ayarlayarak ton saflığını koruduklarını belirtmiştir.

Conner (1999), Böcekçil yarasaların bulunduğu bölgelerde güvelerdeki timpanal ses reseptörlerinin geliştiğini bildirmiştir. Bu ultrasonik alıcılar daha da gelişerek güvelerde kur yapma davranışlarında rol almıştır. Ultrasonik olarak kur yapma davranışları Arctiidae, Noctuidae ve Pyralidae gibi, güve familyalarından birkaç tanesinde tanımlanmıştır. Ultrasonik seslerin Sphingidae, Lymantriidae, Notodontidae ve Geometridae gibi timpanal organlara sahip güvelerin, kur yapmasında da önemli bir rol oynadığı tahmin edilmektedir.

Mankin ve ark. (1999), Depolanmış tahıllarda *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Dryophthoridae) zararlısının akustik olarak tespit edilebilirliğinin artırılabilmesi için termal uygulamayı araştırmışlardır. Depolanmış ürünlerde söz konusu böcek larvalarının gizlice beslendiklerini, larvaların ancak yüksek derecede aktif olduğu durumlarda akustik tekniklerle en hızlı şekilde tespit edilebildiklerini belirtmiştir. Larva aktivitesi periyodiktir ve larvalar rahatsız edildikten veya soğutulduktan sonra azalma eğilimindedir. Ticari silolarda tahılın hızlı incelenmesine yönelik pratik bir yöntem ihtiyacı olduğu için, çeşitli ısı işlemleri ile larva aktivitesini artırmanın ve olumsuz koşullar altında akustik algılamanın hızını ve güvenilirliğini iyileştirmenin potansiyel yöntemleri olarak test etmişlerdir. *S. oryzae* 4. dönem larvaları ile bulaşık tahıl örnekleri, 11 ° C'de, 17 ° C'de veya oda sıcaklığında 12-24 saat bekletildikten sonra farklı ısıma ve konvektif ısı işlemlere maruz bırakmışlardır. Nispi aktivite seviyeleri, denemenin başlamasından 2 saat sonra 15 dakikalık bir aralıktaki ortalama seviyelere dayalı olarak 0-12 saatlik periyotlar boyunca değerlendirilmiştir. Önceden soğutulmuş larvalar ile muameleler arasındaki karşılaştırmalarda, kısa ısı darbelerinden 5-10 dakika sonra nispi aktivite seviyeleri, sadece ortam sıcaklıklarına (25 ° C) maruz bırakılan önceden soğutulmuş kontrollerdeki aktivite seviyelerinden 2-30 kat daha yüksek olmuştur. 15-25 dakika sonra, bu ısıtılmış larvaların nispi aktivite seviyeleri, ortam kontrollerininkinden 2-5 kat daha yüksek ölçülmüştür. Kısa hareketler ile larvaların rahatsız edilmeleri, herhangi bir sıcaklıkta 20 dakika süreyle aktiviteyi engellemiştir. Bu sonuçlar, genel olarak, soğuk tahıl numunelerinin ısıtılması ve tüm numunelerin incelemeye önce 15-20 dakika bozulmadan bırakılması durumunda larva tespit edilebilirliğinin arttığını bildirmişlerdir.

Pollack ve Imaizumi (1999), Cırcır böceklerinin, belirgin şarkılar ile uyarıldığında pozitif fonotaksi (ses kaynağına doğru hareket) ve ultrason ile uyarıldığında negatif fonotaksi (ses kaynağından uzaklaşma) gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir. Bu böceklerinin çıkardıkları seslerde genellikle dar bir frekans bandının hâkim olduğunu belirtmişlerdir. Bu spektral saflık ses kaynağı olan böceğin bulunduğu konumun, belirli dinleyiciler tarafından bulunmasını kolaylaştıran bir uyarılma olabilir. Cırcır böcekleri, iki kulaktaki ses yoğunluğunu karşılaştırarak ses yönünü belirler. Böcekler, şarkılarındaki baskın frekansın dalga boyuna göre küçüktür

(5-10 cm). Bir taraftan çıkan bir şarkı, vücudun etrafında kolayca kırılabilir ve çok az veya hiç azalmadan böceğin kulağına ulaşabilir. Kulaklar arasındaki yoğunluk farklılıkları çok küçük olduğu için doğru ses lokalizasyonu zorlaşır. Cırcır böcekleri bu sorunu, yalnızca çok dar bir frekans aralığında çalışan akustik bir hile ile çözer ve şarkının enerjisi bu aralıkta yoğunlaşır. Kısa dalga boyu şarkıları olan cırcır böceği için konum belirleme problemi daha azdır çünkü kulaklar arası yoğunluk farklılıkları daha çoktur. Bir cırcır böceği türü *Teleogryllus oceanicus*'un (Orthoptera: Gryllidae) şarkılarındaki baskın frekans yaklaşık 4,5 kHz'dir. Böcekler genellikle bu frekansa daha çok duyarlıdır. Ayrıca tür içi sinyallerde 25–50 kHz aralığındaki frekanslar çok düşük yoğunlukta olsalar bile böcekler bu frekans aralığında oldukça hassastırlar. Bu ultrasonik frekanslar veya yarasalar tarafından üretilen ultrasonik frekanslar böcek vücuduna çarparak yansır ve yarasa kanatlarındaki alıcılar ile analiz edilerek av olacak böceklerin konumları yarasalar tarafından belirlenir. Ultrason ile uyarıldığında, *T. oceanicus*, diğer birçok böcek gibi, kaçış tepkileri sergiler. Davranışsal deneylerin, *T. oceanicus*'un, en az 3 ila 100 kHz arasında değişen tüm frekans aralığını, yalnızca iki frekans sınıfına, yani düşük 15 kHz civarında (cırcır böceği benzeri) ve yüksek (yarasa benzeri) frekanslara böldüğünü gösterdiğini bildirmişlerdir.

Greenfiel ve Weber (2000), Küçük balmumu güvesi *Achroia grisella* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) 'da çift oluşumu, erkek tarafından üretilen ve dişiler için çekici olan ultrason (100 kHz-100 μ s) sinyalleri ile gerçekleştiğini bildirmişlerdir. *A. grisella*, geniş bir ultrasonik frekans aralığına duyarlıdır. Bu duyarlılık sayesinde, hem havadan avlanan hem de yerden böcek toplayan yarasaların ekolojasyon sinyallerini duymalarını sağlar. Hem uçan hem de koşan güveler, simüle edilmiş yarasa ultrasonik sinyallerine karşı yanıt olarak yere düşerek ve sonrasında hareketi durdurarak savunma davranışları sergiler. Dişi *A. grisella*'nın, çiftleşme sinyallerinin daha yüksek frekanslara ($>1/60$ s) dayanarak, çekici erkeklerin çiftleşme sinyallerini yarasa ekolojasyonlarından ayırır. Karasal savunma davranışı, çoğu arama fazı yarasa ekolojasyonunun özellikleri olan, uzun süreli (≥ 1 milisaniye) darbelerin yavaş hızıyla ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Mankin ve ark. (2000a), İvmeölçer, elektret mikrofon ve piezoelektrik disk akustik sistemlerini, toprakta ve bitkilerin içyapılarında gizlenmiş böcek istilalarını tespit etme potansiyelleri açısından değerlendirmişlerdir. Coleoptera takımına bağlı kurtçuklardan (Scarabaeidae: *Phyllophaga* spp. ve *Cyclocephala* spp.) ve 50-300 mg ağırlığındaki curculionidler; *Diaprepes abbreviatus* (L.) ve *Otiorhynchus sulcatus* (F.), laboratuvarında ve aşırı rüzgarlı veya gürültülü ortamlar dışındaki tarla koşullarında kolaylıkla tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Laboratuvarında küçük buğday saksılarında 1-12 mg ağırlığındaki *Cephus cinctus* Norton (Hymenoptera: Cephidae) larvaları, arka plan gürültüsü ortadan kaldırılmak koşuluyla tespit edilebilmiştir. Böcek sesleri, arka plandaki seslerden frekans ve zamansal modellerdeki farklılıklarla ayırt edilebilmiş, ancak benzer büyüklükteki türlerin böcekleri birbirlerinden kolayca ayırt edilememiştir. *Diaprepes abbreviatus* kurtçukları *O. sulcatus*'tan daha aktif olma eğiliminde olmasına rağmen, böcek aktivitesi bireyler ve türler arasında oldukça değişkendir. Akustik olarak tahmin edilen istilaları kayıt alanlarından alınan toprak örnekleriyle karşılaştırmak için testler yapmışlardır. Laboratuvar veya ideal alan koşulları altında, 30 cm içindeki aktif böcekler neredeyse % 100 güvenilirlikle tanımlanmıştır. Olumsuz koşullar altındaki alan testlerinde güvenilirlik % 75'e düşmüştür. Sonuç olarak araştırmacılar, topraktaki böcek popülasyonlarının hızlı, etrafa zarar vermeden bulunması ve haritalanması için titreşim sensörlü akustik sistemlerin kullanılabilecek araçlar olarak önemli bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Mankin ve ark., (2000b), *Anastrepha suspensa* (Loew, 1862) (Diptera: Tephritidae) dişileri, erkek feromon veya erkek çağrı şarkısı veya her ikisi ile birlikte tuzaklara çekilebileceğini bildirmiştir. Ancak dişilerin tepkiselliğindeki yüksek değişkenlik, bu tür çekicilerin pratik tuzak sistemlerinde kullanılmasını azaltır. Dişilerin tepki farklılığını araştırmak için, erkek çağrılarına maruz kalan dişilerin 38-40 saat sonra farklı kombinasyonları; farklı canlı erkekler, canlı dişiler, sentetik feromon bileşenleri ve çağrı şarkısını karşılaştırmışlardır. Cinsel açıdan başarılı bir erkekten elde edilen yayın şarkısı, 0.36 saniyelik sessiz aralıklarla ayrılmış, ortalama 0.31 saniye süren bir dizi kanat çırpma dizileri içermiştir. Darbe dizilerinde, frekans hızla ~ 125'ten 148 Hz' e yükselmiş ve ardından yavaşça ~ 120 Hz'e düşmüştür. Çağrı

şarkısına yanıt veren dişilerin oranı, dişiler canlı erkeklere veya feromon bileşenlerine ilk kez maruz kaldıklarında en yüksek düzeyde olmuştur. Bu oranlar, sessiz ve çağrı yapanlar arasındaki % 0 farkı önemli ölçüde aşmıştır. Sadece şarkı yayınına önceden maruz kaldıktan sonra yanıt veren dişilerin oranı, daha önce cinsel uyarılara maruz kalan dişilerin oranından önemli ölçüde daha yüksek bulunmuş, ancak bu oran % 0'ı önemli ölçüyü aşmamıştır. Bu tür sonuçlar, akustik çekiciliğin feromona maruz kalmadan gerçekleşebileceğini, ancak feromona oranla akustik çekiciliğin daha az olduğunu göstermektedir.

Andersan ve Mankin (2002), Timpanal kulakları olmayan birçok böcek, sesin basınç bileşenini algılamaz, bunun yerine ses parçacık hızına duyarlı hareket reseptörlerine (genellikle vücutta veya antenlerde küçük tüyler) sahiptirler. Laboratuvarında, erkek akustik çağrı sinyalinin parçacık hızı bileşenini kullanarak, eş arayan diş Akdeniz Meyve Sineği için bir akustik tuzak geliştirmeye yönelik bir araştırma yapılmıştır. Araştırma sonunda yapılan biyoanalizlerin, 61 x 61 x 152 cm'lik kabinlerde, erkek meyve sineği çağrısı yapan tuzakların çiftleşmemiş diş meyve sineklerini yakaladığını göstermiştir.

Hansen (2001), Elma dış zararlılarının uzaklaştırılması veya yok edilmesindeki etkinlik açısından ultrason uygulamalarının sürelerini değerlendirmiştir. Elma İçkurdu *Cydia pomonella* (Linnaeus) Lepidoptera: Tortricidae), 45 dakikalık uygulamadan sonra yumurta ölüm oranı % 60'ın altında olmasına rağmen, ultrasona maruz kalma süresiyle ters orantılıdır. *Tetranychus urticae* Koch Acarina: Tetranychidae ve çiçek thripsinin *Frankliniella occidentalis* (Pergande) Thysanoptera: Thripidae ölüm oranları doğrudan ultrasona maruz kalma süreleriyle ilişkili çıkmıştır. Ultrason banyosuna deterjan eklenmesi uygulama etkinliğini artırmıştır. Ultrason, meyve yüzeyinden San Jose kabuklubitini (*Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock) Hemiptera: Diaspididae) çıkarmamıştır. Araştırmacı paketleme hattına dahil edilebilecek bir ultrason cihazın, dış zararlılara karşı hasat sonrası bitki sağlığı tedavisinde ümit var olduğunu bildirmiştir.

Mankin ve ark. (2001), Toprakaltı böcek popülasyonlarının narenciye bahçelerindeki akustik etüdü isimli araştırmalarında, toprakaltındaki böcek zararlılarının önemli ekonomik kayıplara neden olduğunu, ancak bu böceklerin toprakaltında gizlenmeleri ile tespit edilmelerinin zorlaştığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar portatif bir akustik sistem geliştirerek, narenciye bahçelerindeki ağaçların *Diaprepes abbreviatus* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculinoidae) larvaları ile bulaşık olma olasılığını test etmişlerdir. Olasılık, bir bilgisayar programı ve böcek seslerini arka plandaki seslerden ayıran deneyimli bir dinleyici tarafından bağımsız olarak derecelendirilmiştir. *D. abbreviatus*, *Phyllophaga* spp. veya diğer zararlı böcekler, yüksek istila olasılığı olarak derecelendirilen 11 bölgenin tümünden kazılarak çıkarılmış, ancak 25 düşük oranlı bölgeden 20'sinde bulunmamıştır. Aktivite oranı ile kayıt alanlarında bulunan zararlı organizma sayısı arasında önemli bir gerileme bulunmuş, ancak korelasyon aktivite oranı ile istila olasılığı arasındaki korelasyondan daha zayıftır olmuştur. Araştırmacılar sistemin henüz gelişme aşamasında olmasına rağmen, bu alan testlerinin başarısı ile topraktaki gizli böcek istilalarını tespit etmek ve izlemek için önemli bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Naguib ve Wiley (2001), Akustik sinyaller böcekler, kuşlar ve memeliler dâhil birçok hayvanlarda uzun mesafe iletişimi için kullanıldığını bildirmiştir. Uzun menzilli sinyaller esas olarak erkekler tarafından kendi yaşam alanlarını korumak ve dişileri çekmek için kullanıldığını ifade etmiştir. Mesafe uzadıkça sinyallerde bazı bozulmalar olur ve böylece dişi böcek, erkek böcek ile arasındaki mesafeyi anladığını bildirmiştir.

Mankin (2002), *P. interpunctella* larvalarının depolanmış ürünlerde önemli bir zararlı olduğunu, ancak birkaç kat ambalajlanmış ürünlerin paketleri açılmadan larvaların akustik yöntemlerle tespit edilmesinin zor olduğunu ifade etmiştir. Çalışmasında, elektriksel uyarım ile *P. interpunctella* larvalarının aktivite seviyelerini arttırarak, ambalajlanmış ürünler içindeki larvaların akustik tespit edilebilirliklerinin arttığını belirtmiştir. *P. interpunctella* 4. dönem larvaları ile bulaşık köpek bisküvilerine, büyük bir hayvan elektrik probuyla elektrik vermiş ve akustik olarak bu

bisküvileri izlemiştir. Aktivite seviyesi geçici olarak > 2 faktör ile artmıştır ve etki, başlangıçta en az aktif olan larvalar için daha büyük olmuştur. Bu elektriksel stimülasyon testinin başarısı, paketlenmiş ürünlerde, depo zararlısı böceklerin paketlere zarar vermeden, akustik araştırmalarının güvenilirliğini artırma potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Mankin ve ark., (2002), Şehir ağaçlarındaki termit istilalarını tespit etmek için taşınabilir, düşük frekanslı bir akustik sistem kullanmışlardır. Yoğun bulaşıklık olasılığı, bir bilgisayar programı ve böcek seslerini arka plandaki seslerden ayıran deneyimli bir dinleyici tarafından bağımsız olarak derecelendirildiğini belirtmiştir. Toprak iyi bir yalıtıcı olduğu için, yüksek kentsel arka plan gürültüsüne rağmen, istila edilmiş ağaçların altında termit sesleri kolaylıkla tespit edilebilmiştir. Termit sesleri gövdelerde de tespit edilebilmiş, ancak arka plandaki gürültü genellikle termit sinyallerini açık bir şekilde tanımlamayı zorlaştırmıştır. Yüksek olasılıkla termit istilasısı olduğu tahmin edilen dört canlı meşe (*Quercus virginiana* Mill, (Fagaceae)), iki loblu çam (*Pinus taeda* L., Pinaceae) ve iki (*Taxodium distichum* Rich. Pinaceae) ağaçlarına kurulan odun tuzaklarına *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae) termiti yakalanmıştır. *Reticulitermes flavipes* (Kollar) (Isoptera: Rhinotermitidae) 'in geri kazanımı onaylanmış iki çam ağacında da bulaşıklık olduğu tahmin edilebilmiştir. Termitlerin bulunmadığı dört meşe ağacında düşük istila olasılığı tahmin edilmiştir. Akustik tespit edilebilirlik aralığını ve termit popülasyon seviyelerini akustik olarak tahmin etmenin fizibilitesini belirlemek için yankısız ortamlarda ek testler yapılmıştır. Araştırmacılar aktivite oranı ile bir odun tuzağı bloğunda bulunan termit sayısı arasında önemli bir ilişki bulmuş ve bir litre odun başına yaklaşık 50 işçi minimum tespit edilebilir sayıda olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu saha testlerinin başarısı, hâlihazırda mevcut olan akustik sistemlerin, binalardaki termit istilalarını tespit etmek ve izlemek için mevcut kullanımlarına ek olarak, şehir ağaçlarında ve bina çevrelerinde gizli termit istilalarını tespit etme ve izleme konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Mankin ve Fisher (2002a), Saksılarda yetiştirilen fidanlarda köklere zarar veren larvalarının gizli bulaşıklıklarını bulmak ve görüntülemek için akustik algılama

sistemleri geliştirilmişlerdir. *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculinoidae)'un doğal ve yapay bulaşıklıklarının olduğu laboratuvar ve tarla ortamlarında, farklı fidanların olduğu saksılarda larvaların sonbaharın sonlarında akustik tespit için yeterince büyük olup olmadığını belirlemek için testler yapmışlardır. Test edilen bitkilerin kök yumakları, larvaların varlığını veya yokluğunu doğrulamak için incelenmiştir. Yüksek istila olasılığı olarak değerlendirilen saksıların tümünde *O. sulcatus* larvası çıkmıştır (test edilenlerin% 29'u). Düşük istila olasılığı (% 20) ile derecelendirilen saksıların hiçbirinde larvaya rastlanmamıştır. Tek tük seslerin tespit edildiği saksıların ancak % 51'inde bulaşıklığı düşündüren periyodik sesler görülmemiş ve orta olasılıkta derecelendirilmiştir. Bu orta dereceli saksıların %57'si bulaşık çıkmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar arazi çalışmalarında akustik sistemin kullanımıyla ilgili ticari fidanlıklarda erken tespit uygulamaları için faydalı olabilecek, kullanıcı dostu ve güvenilir iyileştirmeler önermişlerdir.

Mankin ve Fisher (2002b), Akustik sensörler ve sinyal amplifikatörlerini, yeraltı böcek zararlılarının tespiti ve izlenmesi için geliştirmişlerdir. Yeraltı böceklerinin hareket ve beslenme sesleri 2-200 ms süreli, tepe enerjisi 0,5-1,5 kHz arasında olan kısa, düşük yoğunluklu sinyallerdir. Algılama olasılığını artırmak için bu akustik olarak izole edilmiş sensörler, böceklerle bulaşık alanların yakınına kolayca yerleştirilebilen dalga kılavuzlarıyla geliştirilmiştir. Bu cihazlar kolayca çalıştırılabilen, taşınabilir filtreler ve amplifikatörler böcek kaynaklı sesleri işlemek ve tanımlamak için kullanıcı dostu sinyal analiz yazılımı ile kodlanmıştır. Araştırmacılar geliştirdikleri cihazı, yaptıkları bir arazi çalışmasında, orta derecede gürültülü bir fidanlıktaki saksılarda geç dönem Siyah Asma Böceği larvalarını, (*O.sulcatus*) tespit etme yeteneği açısından test etmişlerdir. Sonuç olarak bu cihazların, araştırma araçları olarak veya yetiştiricilerin göremedikleri yeraltı böcek istilalarını belirleyen araçlar olarak önemli bir umut vaat ettiğini bildirmişlerdir.

Andersan ve Mankin (2003), Erkek Akdeniz Meyve Sinekleri, bir yaprağın altına konarak cinsiyet feromonu yaymakta, aynı zamanda kanatlarını sallayarak 350 Hz frekansta bir "çağrı şarkısı" yayınlamaktadır. Bir dişi bu yaprağa konduğunda ve yaprağın altına ilerlediğinde erkek bir dizi görsel gösteriye başlamakta ve eğer dişi

ilgilenmeye devam ederse çiftleşmeyi denediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar Akdeniz Meyve Sineklerinden dişi odaklı bir akustik tuzak geliştirmenin fizibilitesini yapmış, ilk olarak dişilerin yüksek yoğunluklu bir çağrı şarkısı yayınlayan hoparlörlerin yakınındaki bölgelere çağrı şarkısı olmayan bölgelere göre daha çok konduklarını ve önemli ölçüde daha uzun süre kaldıklarını gözlemlemişlerdir.

Huang ve ark. (2003), yeni çıkış yapmış 10 dişi ve 10 erkek *P. interpunctella* (Hint Un Güvesi)'ya karşı ticari olarak üretilmiş bir ultrasonik cihazın ürettiği 21, 25 ve 35 kHz frekansları 95 dB ses şiddetinde denenmiştir. Denemede cihaz 50 cm mesafeden uygulanmıştır. Ultrason uygulanan güvelerin spermatofor üretimleri %27, larva çıkışı ise %48 oranında sese maruz kalmayan kontrol grubuna göre azalmıştır. Toplam larva ağırlığında %66, bireysel larva ağırlığında ise %35 azalma olmuştur. Güve sayısında ise kontrole göre %17 artış kaydedilmiştir. Bu laboratuvar çalışması, ultrasonik seslerin *P. interpunctella*'nın davranışsal yönetiminde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Takacs ve ark. (2003), bir hipotez kurmuşlar, elbise güvesi olan *Tineola bisselliella* (Hummel) (Lepidoptera: Tineidae) 'nın bireysel veya grup içi haberleşmesinde feromon sinyallerinin yanı sıra sonik ve ultrasonik sinyalleri kullanıp kullanmadıklarını incelemişlerdir. Böceklerin çıkardıkları sesleri kayıt etmek için sonik ve ultrasonik frekanslara hassas hoparlör, dijital kayıt sistemi ve mikrofon kullanmışlardır. Ses izolasyonlu bir ortamda *T. bisselliella* erkekleri 27 dB şiddetinde 40-50 Hz temel frekans aralığında, harmonik olarak ise 80-100 Hz frekansta ses çıkarmışlardır. Erkekler yakındaki (<2 cm) bireyleri çağırırken bu ses şiddeti 55 dB'e çıkmış, frekans ise 65-75 Hz arasında olmuştur. Y-tüpü denemelerinde, çiftleşmemiş erkek ve dişi bireyler seslere tepki verirken, çiftleşmiş dişiler tepkisiz kalmıştır.

Huang ve Subramanyam (2004), sabit ultrasonik ses dalgası üreten Cix 0600 cihazı ile Kansas State Üniversitesinin geliştirdiği rastgele ultrasonik ses dalgaları üreten iki cihaz *P. interpunctella* üzerinde denenmiştir. Güvelerin çiftleşme davranışları ile bıraktıkları yumurta sayısına bakılmıştır. Gün içinde sese maruz kalan güveler ile kontrol grubu olan ultrasonik sese maruz kalmayan güveler arasında kur

davranışı ve çiftleşme sıklığı bakımından benzerlik görülmüştür. Gece saatlerinde (21.00-07.00) ise her iki cihazın da ürettiği ultrasonik sese maruz kalan dişilerde, kur yapma ve çiftleşme oranı, kontrol grubuna göre önemli ölçüde azalmıştır. Böylece, erkeklerin dişilere aktardığı spermatafor sayısı ve dişilerin bıraktıkları yumurta sayısı azalmıştır. Cix0600 cihazına maruz kalan dişiler 2.9 defa çiftleşerek 2.8 spermatafor alırken, KSU cihazına maruz kalan dişiler 1.9 defa çiftleşip 1.7 spermatafor almışlardır. Kontrol grubunda 30-90 dakika zaman aralığında %78 oranında çiftleşme olurken uygulama grubunda bu oran %45-58 olmuştur. Uygulama grubunda ortalama bir dişi 96-130 yumurta bırakırken kontrol grubunda yumurta sayısı 229/dişi olmuştur. Ultrasonik dalgalar *P. interpunctella*'nın preovipozisyon ve ergin ömrüne bir etkisi olmamıştır.

Mankin ve ark. (2004), Dişi Akdeniz meyve sineklerini ses yardımı ile tuzağa çekmek konusunda çalışmışlardır. Daha önce yapılan çalışmalarda Akdeniz Meyve Sineğinin akustik davranışları ile belirlenen 350 Hz frekanstaki sesin, uzun mesafede pek etkili olmadığını, yakın mesafede 103-107 dB şiddetindeki seslere tepki verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca sarı yapışkan tuzakların ses kaynakları ile birlikte kullanıldıkları zaman, ses kullanılmayan sarı yapışkanlara göre daha çok sineği tuzağa çektiğini belirtmişlerdir. Ses tuzağının 0,5 m mesafeden etkili olduğunu, daha uzun mesafeler için feromon ve görsel tuzaklarla birlikte kullanılmasının uygun olacağı görüşüne varmışlardır.

Kıdak (2005), Doktora tezi çalışmasında biyolojik olarak kirlenmiş sular ile fenol ve fenol türevlerini içeren sentetik atık suların farklı ortam şartları altında üç değişik ses ötesi frekans ile arıtılabilirlik uygulamalarını incelemiştir. Reaktörlerin etkisi bakteri sayısındaki ve fenol konsantrasyonundaki azalma bakımından değerlendirilmiştir. Fenolle ilgili olan çalışmalarda Ses Ötesi Dalgalarla sağlanan giderim, ozon verimi ile karşılaştırılmış ve Ses Ötesi Dalgalarının ozon ve UV uygulamaları ile birlikte kullanıldığı durumlar değerlendirilmiştir. 20 kHz frekanslı Ses Ötesi Dalgaları kullanılması durumunda aktif karbon, metalik çinko ve seramik parçacıkları gibi katı katalizörlerin kullanımının bakteriyel giderim verimini arttırdığı ve işletim kinetiğinin klorlama kinetiğine benzer bir yapıda olduğu gözlemlenmiştir.

Fenol gideriminde en iyi verim 300 kHz frekanslı Ses Ötesi Dalgalarının asidik pH değerlerinde uygulanması sonucu elde edilmiştir. Mineralizasyon sağlanmamasına rağmen fenol gideriminin yanı sıra zehirlilik düzeyinde azalma sonucuna ulaşılmıştır. Ozonun kütle transferinde artış sağlanması ve Ses Ötesi Dalgaların fotolize uğramış hidrojen peroksitle reaksiyonu sonucunda fazla hidroksil radikali oluşumu sebebiyle, Ses Ötesi dalgalarının ozon ve UV ışınlarıyla beraber kullanımı, fenol gideriminde sinerjistik bir etki gösterdiğini bildirmiştir.

Ahmad ve ark (2006), ultrasonik seslerin iki sivrisinek türü olan, *Anopheles gambiae* Giles ve *Anopheles quadrimaculatus* Say (Diptera: Culicidae) ile Alman Hamam Böceğine (*B. germanica*), karşı kaçırıcı etkisini incelemişlerdir. Laboratuvar koşullarında yapılan bu çalışmada, Kansas State Üniversitesinde geliştirilen bir ultrasonik cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz 20-100 kHz frekans aralığında rastgele ses modelleri üretebilmektedir. Cihaz test kabininin üst tarafında 91-101, alt tarafında 91-102, yan taraflarda ise 91-100 dB şiddetinde ses üretmiştir (0 desibel=20 mikropaskal). Kabinin sınırlarında ölçülen ses şiddeti bu değerlerin altında kalmıştır. Üretilen dört farklı frekans aralığında (60-70, 70-80, 80-90, 90-100 kHz) ve ses modelleri; sivrisinek ve hamamböceğini uzaklaştırmada başarısız olmuştur. Bulunan bu sonucun ticari olarak üretilen ve sabit ses modelleri üreten cihazlardan alınan sonuçlarla örtüşüğünü belirtmişlerdir.

Huang ve Subramanyam (2006), Alman Hamam Böceği (*B. germanica*) üzerine yaptıkları bir ultrasonik çalışmada, üç farklı ticari ürün denemişlerdir. Bu cihazlardan birincisi, 50 cm mesafeden 95 dB ses şiddetinde 26 ve 34 kHz frekanslarda ses üretirken ikinci cihaz 92 dB ses şiddetinde 27 ve 35 kHz frekansta çalışmış, üçüncü cihaz ise 28-42 kHz aralığında 88 dB ses üretmiştir. Her üç cihazın da Alman Hamam Böceğine karşı kaçırıcı bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

İşçi (2006), birçok web sitesinde sivrisinekler ve ultrasonik sesler konusunda tarama yaptığını belirtmiş, sivrisinekleri ucuz ve çevreyi kirletmeyen bir yöntem olan ses yardımı ile kaçırmanın iki farklı frekansta olabileceğini belirtmiştir. Bunlardan birincisi azgın erkek sineklerin çıkardıkları ses frekansını taklit etmek, diğeri ise

sivrisinek avcısı olan Yusufçuk Sineklerinin kanat çırpış frekanslarını taklit etmek gerektiğini vurgulamıştır. Bu amaçla Kanada’da Ticari sivrisinek kovucu imal eden bir firma ile görüşmüş ve iki farklı cihaz satın almıştır. Bu cihazlar 32 Hz ile 22 kHz frekanslarda ses üretmişlerdir. Yazar, cihazların sivrisineklere karşı etkinliği konusunda herhangi bir bilgi paylaşmamıştır.

Mankin (2006), çalışmasında, *P. interpunctella* larvalarını paketli ürünlerde tespit etmek için bir Termatrac cihazının kullanım olanağını değerlendirmiştir. Bu amaçla, akustik tespit yapabilmek düşük güçlü mikrodalga radyasyonu larva aktivitesi arttırmak için kullanmıştır. Yüksek seviyelerde radyasyonun ölümcül termal ısıtma ürettiği bilinmektedir. Bu çalışmadaki düşük güçlü radyasyon, başlangıçta inaktif olan larvaların seslerinin oranında küçük, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir artış üretmiştir. Sonuçlar, daha yüksek güçlü radarın veya daha uzun bir maruz kalma süresinin, *P. interpunctella* larvalarının ve diğer depolanmış ürün zararlılarının gizli istilalarının akustik tespit edilebilirliğini artırma potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir.

Tregenza ve ark. (2006), Cırcır böceğinin (*Teleogryllus oceanicus* (Le Guillou) Orthoptera: Gryllidae) erkekleri tarafından çıkarılan seslerin dişilere karşı kur yapma şarkısı ve diğer erkeklerle karşı savunma olarak incelemişlerdir. Kur şarkısı yapısı ile dokunulmazlık arasındaki ilişkiler biyolojik olarak önemli olamayacak kadar zayıf görüldüğünü ve bu nedenle dişilerin, daha yüksek bağışıklığa sahip eşler lehine ayırım yapmak için ölçtükleri şarkı parametrelerini kullanmalarını pek olası olmadığını bildirmişlerdir.

Potamis ve ark. (2009), Palmiye zararlısı *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Dryophthoridae) ve depolarda zararlı olan *S. oryzae*’nın akustik yöntemle belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma, bir ürünün geliştirilmesi ve değerlendirilmesine yönelik araştırma yapılmasına yönelik olmuştur. Spesifik böcek zararlılarının otomatik biyoakustik tanınması için hedef zararlıların hareketi ve beslenmesi gibi tipik davranışlardan kaynaklanan akustik emisyonun yakalanması ve otomatik olarak tanınması gereklidir. Kaydedilen sinyaller büyütülür, filtrelenir,

taşınabilir bir bilgisayarda gelişmiş makine öğrenimi yöntemlerine göre parametrelerine ayrılır ve sınıflandırılır. Özellikle, değişken boyuta dayanan gelişmiş bir sinyal parametreleme şemasına bakılır. Sinyalin her segmenti için hesaplanan özellik vektörü aşağıdakilerden oluşur: Sinyalin periyodikliği hakkında bilgi taşıyan baskın harmonik ve kepsral katsayılar, farklı enerji kaynakları arasında enerjinin göreceli dağılımı hakkında bilgi taşıyan spektral alt bantlardan oluşur. Bu parametrelendirme, hem ilgili zararlıların hem de çevreden gelen müdahalelerin akustik emisyonları hakkında güvenilir bir temsil sunar. Sonuç olarak tarla şartlarında *R. ferrugineus* %99,1, *S. oryzae* ise % 100 doğruluk oranı ile tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Çetinkaya (2010), Yüksek lisans çalışmasında, bir web sitesinden indirdiği bazı böceklerin ses kayıtlarını analiz etmiş, bu analiz sonuçlarını kullanılarak, böceklerin ses çıkarma organları ve davranışları ile ilgili bazı bilgilere ulaşmıştır. Bu böceklerin çıkardıkları seslerin frekansları ile bazı müzik aletlerinin frekanslarını birbirleri ile kıyaslamıştır. Ortaya çıkan grafikler arasındaki benzerlikleri değerlendirerek, böceklerin farklı ses çıkarma organları ile farklı müzik aletlerinin yapılarını karşılaştırmış ve bu yapılar arasında ilişki kurmuştur. Ayrıca, Akdeniz Meyve Sineği (AMS)'nin çiftleşme öncesi ve çiftleşme sırasında kanıt çırpış hareketleri ile ortaya çıkan sesleri laboratuvar ortamında kaydetmiştir. Erkek AMS'nin çiftleşme öncesi dişiye yaptığı serenad sırasında 331 Hz frekansında bir ses ürettiğini, çiftleşme başladığında ise bu frekansın 136 Hz olduğunu ölçmüştür. Bu sesler insanlar tarafından işitilebilir frekans aralığındadır. Erkek AMS'lerin çiftleşme öncesi yaptıkları serenadların yapay olarak üretilmesi ile dişi AMS'lerin tuzağa çekilebileceğini ve ultrasonik ses dalgalarının bir zirai mücadele yöntemi olarak Akdeniz Meyve Sineği' ne karşı kullanılabileceğini ifade etmiştir.

Siemon ve ark. (2013), elektronik bir zararlı kovucunun, otomatik frekans üreterek geliştirilmesi üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, kemirgenler, kuşlar ve gece uçuşan kelebeklerin yaşam alanlarında farklı frekanslarda sesler üreterek rahatsız edilmelerini hedef almışlardır. Ayrıca cihazın ürettiği bu farklı frekanslardaki sesler insanlar tarafından duyulamayan frekans aralıklarındaki seslerdir. Cihazı üç farklı

grup olan Beyaz Ayaklı Fare (*Peromyscus leucopus* (Rafinesque) Rodentia: Muridae) ve dişi bir ev sıçanı olan (*Mus musculus* Linnaeus Rodentia: Muridae) üzerinde denemişlerdir. Bütün gruplar 15 metre mesafeden %86.5 oranında olumlu sonuç vermiştir. Cihaz üzerinde yapılacak bazı küçük değişimlerle, küçük ve büyük çaptaki çiftçiler tarafından başarı ile kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Vasudeman ve ark. (2013), karanlıkta uçan böcekler araçların ışık kaynağına doğru yöneldiklerini, iki tekerlekli araçlar ile karanlık saatlerde seyahat etmenin tehlikeli olabileceğini, sürücünün gözüne çarpan tek bir böceğin bile dikkat dağıtabileceğini belirtmiştir. Bu dikkat dağınıklığı, özellikle araç yüksek hızlarda hareket ederken oldukça riskli olabilmektedir. Konsantrasyondaki anlık bir kesinti veya böceği uzaklaştırmak için sürücünün tepkisi, dengesinin bozulmasına neden olabilmektedir. Sıcak ve nemli koşullarda çoğu sürücü, kaskın siperliğini açık tutmayı tercih edebilmekte, bu nedenle gözün yakınında veya gözün içine doğru uçan böceklere karşı sürücüler savunmasız halde kalabilmektedirler. Bu makalede, ultrasonik frekanslar kullanılması ile sürüş sırasında böceklerin uzaklaştırılmasının mümkün olduğu belirtilmiştir.

Zha ve ark. (2013), Yeşilkurt'un (*Helicoverpa armigera* (Hübner) Lepidoptera: Noctuidae) üremesi ve gelişimine ultraseslerin etkisini çalışmışlardır. Yeşilkurt avcısı olan yarasaların bir ultrases çıkardıklarını ve bu seslerin yeşilkurt üzerinde stress etkisi olabileceğini belirtmişlerdir. Laboratuvar şartlarında ticari bir ultrases cihaz ile LCH20 (Lihui, Inc., Wuhan, Çin) çalışmalarını yürütmüşlerdir. Yumurtadan yeni çıkmış 10 adet dişi ve erkek yeşilkurt larvası ultrases olan ve olmayan kafesler içinde 3 tekrarlı olarak denemeye alınmıştır. Ultrases olarak 33 ve 69 kHz ile 95 dB ses basıncı ve 50 cm lik mesafe ile deneme düzeneğini oluşturmuşlardır. Deneme sonucunda, ultrases olan kafeslerdeki dişi keleklerin kontrol grubuna göre, %11.7 daha fazla spermatofora sahip olduklarını ve %54.5 daha fazla yumurta bıraktıklarını, larva gelişimine herhangi bir etkinin olmadığını ancak pupa gelişiminin %14.5 düştüğünü bildirmişlerdir.

Aflitto ve DeGomez (2014), ses yoluyla sinek, hamam böceği, örümcek, karınca ve bazı memeli hayvanlar gibi zararlıların uzaklaştırılması konusunda yapılan çalışmaları incelemişlerdir. Ultrasonik zararlı kovucular için ABD’de 1960 yılında ilk olarak 7 adet cihaz patent almış iken, bu sayı 2010 yılına kadar 19 olmuştur. Piyasada satılan bu cihazların birden çok zararlıya karşı etkili olduklarının iddia edildiğini ancak yeteri kadar etkili olmadıklarını belirtmişlerdir. Daha fazla bilimsel çalışma yapılarak, zararlıların sesleri nasıl duyduklarının ve nasıl algıladıklarının araştırılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Demir (2015), Tettigoniinae faunasındaki bazı böceklerin profesyonel ses kayıt cihazları ile kaydedilen seslerini ilgili programlar ile analiz etmiştir. Araştırma sonucunda *Decticus*, *Pholidoptera*, *Eupholidoptera*, *Bucephaloptera*, *Roeseliana* ve *Sepiana* cinslerine ait türlerin basit ses tipine, *Platycleis* cinsinde yer alan türlerin ise karmaşık ses tipine sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Nuroğlu (2016), gıdalarda kurutma yöntemi olarak; etüvde manyetik alan altında kurutma, güneşte manyetik alan altında kurutma, güneşte elektrik alan altında kurutma ve güneşte ses ortamında kurutma gibi dört ayrı yöntemi denemiştir. Güneş altında ses ortamında kurutma tekniği için sabit ortalama 95 dB ses şiddeti kullanmış ve incir hariç diğer tüm gıdalar için mikotoksin değerlerinin cihazın gözlenebilme sınırının altında olduğunu bildirmiştir.

Salehi ve ark., (2016), farklı ultrasonik frekans ve dalga şekillerinin *E. kuehniella* üzerinde kaçırıcı ve bazı biyolojik etkilerini araştırmışlardır. Laboratuvar koşullarında yapılan bu çalışmada; *E. kuehniella* tercihli ve zorunlu teste maruz bırakılmıştır. Çalışmanın sonunda, tercih denemelerinde *E. kuehniella*’nın 43-45 kHz frekansta ve Sin (x)-Cos (x) dalga şekillerinde en çok kaçış yaptığını, erkelerin ise daha çok etkilendiğini tespit etmişlerdir. Tercihsiz denemede ise, zararlıların larva ve pupa ağırlığı ile hayyatta kalma oranı 40-45 kHz frekansta Sin(x) dalga şeklinde önemli derecede düşmüştür. Sonuç olarak ultrasonik frekansların depolarda bu zararlıya karşı bir kontrol yöntemi olarak kullanılabileceği kanısına varmışlardır.

Türkmen (2016), topraksız hasıl üretimi ve kullanım olanaklarının geliştirilmesi isimli doktora çalışmasının bir kısmında farklı ses titreşimlerinin arpa tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Sonuçta çimlenme esnasında verilen 320 Hz ve 5120 Hz arasında ses titreşimlerinin arpalarda fide boyları üzerinde azalmaya neden olurken, 1280 Hz ile 2560 Hz frekanslarda uygulanan ses titreşimlerinin arpa boyları üzerinde uzamaya neden olduğunu bildirmiştir.

Uluca (2016), kapalı ortam zararlıları arasında öne çıkan *Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae) (Türkistan hamam böceği) 'i denek olarak seçmiştir. Denemeye alınan ultrasonik ses cihazları ile karşılaştırma olanağına erişmek için piyasadan 3 adet cihaz da denemede test kapsamına almıştır. Araştırma kapalı ortam şartlarının oluşturulduğu ses izolasyonlu deneme kafeslerinde sürdürülmüş, deneme boyunca hamam böceklerinin yaşam alanı olarak tercih ettiği unsurlardan ışıksız ve nemli ortamın sağlanmasının yanı sıra besin de bulundurmıştır. Cihazlar 24 saat boyunca test edilmiş, ultrasonik ses dalgaları altında bulunan hamam böceklerinin, ışıklı ve besinsiz, nem kaynağının bulunmadığı, diğer kafese geçiş yapıp yapmadıklarını incelemiştir. Toplamda 30 adet ultrasonik cihazın test edildiği bu araştırmada cihazların kaçırıcı etkisi ile birlikte, hamam böceklerinin davranışlarına ait gözlemler de almıştır. Araştırma sonucunda, incelenen ultrasonik ses cihazlarının, *B. lateralis* üzerinde uzaklaştırıcı bir etkisinin olmadığı görüşüne varmıştır. Ayrıca piyasada ticari olarak satılan bu ultrasonik cihazların üzerlerinde belirtilen teknik özelliklerin ancak bir kısmına sahip olduklarını, içlerinden bir cihazın ise ultrasonik ses üretebilecek hiçbir donanıma sahip olmadığını görmüştür. Söz konusu cihazların hamam böcekleri dışında kalorifer böceği, güve, danaburnu, kene, akrep, karınca, yarasa, fare, sincap ve yılan üzerinde de etkili olduğu iddiasının da şüpheli olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca sonuçları başarılı akademik çalışmalarda, bir cihazın ürettiği frekans aralıklarının aynı anda birçok zararlı üzerinde etki göstermesinin oldukça düşük bir olasılık olduğunu belirtmiştir.

Yazgaç (2016), süne ve kımıl zararlılarının erken tespiti ve sınıflandırılması konulu yüksek lisans tezinde, çeşitli seslerin analiz edilmesi sonucunda elde edilen verilerin kullanıldığı bir sistem modeli önermiş ve bu modelin uygulandığı sabit bir

devre uygulamasını örnek olarak göstermiştir. Çalışmanın sonunda, süne ve kıml zararlıları, ses analizi ile birbirinden başarılı bir şekilde ayırt edildiğini bildirmiştir.

Njroge ve ark., (2017), yalıtımlı depolamanın ergin *S. oryzae* üzerindeki etkilerini, akustik aktivite modellerini ve ölüm oranlarını araştırmışlardır. Böcek zararlılarını kontrol etmek için bir yöntem olarak hermetik depolama, çiftçiler ve küçük depolama tesislerinde depo yöneticilerinin ilgisini çekmektedir. Hermetik depolamanın zararlı böcek aktivitesi ve ölüm oranı üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması için; 25, 50 ve 100 ergin *S. oryzae*, 500 ve 1.000 ml'lik hava geçirmez şekilde kapatılmış cam kavanozlarda kültüre almışlardır. Oksijen seviyeleri, akustik sinyaller ve hareket gözlemleri ilk 6 gün boyunca günde iki kez ve daha sonra haftada iki kez olmak üzere 28 günlük kayıtlar yapılmıştır. Oksijen tüketimi en yüksek 100 böcek/500 ml kavanoz ve en düşük 25/1000 ml'lik kavanozlarda ölçülmüştür. Böcek sesleri, önceden doğrulanmış böcek sesi dürtülerinin ortalama spektrumlarıyla eşleşen spektrumlara sahip kısa dürtü patlamaları (dizileri) olarak analiz edildi. Böcek başına dizi oranları, dizi başına darbe sayısı ve böcek başına dizi dürtü oranları, her muamelede artık oksijen seviyeleri düştükçe azaldı. Aktivite oranları <0.02 dizi/s, akustik algılama eşiği, tipik olarak oksijen % 5'in altına düştüğünde meydana geldi. Mortalite % 2 seviyelerinde gözlemlendi. Böcek aktivitesinin ve oksijen tükenmesinin bu seviyelerini elde etme süresi, ilk bulaşma seviyelerine bağlı olarak 3-14 gün arasında değişiyordu. Sonuç olarak, akustik algılama yönteminin, böcek aktivitesinin hermetik koşullar altında depolanan üründe ihmal edilebilir hasarla sonuçlanan seviyelere düşürülmesi için gereken süreyi tahmin etmeyi mümkün kıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca bu tür bilgilerin, depolanan ürünlerdeki böcek zararını azaltmaya çalışan çiftçiler ve depo yöneticileri için önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Njoroge ve ark., (2018), ergin *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae) aktivitesini ve börülce üzerindeki ekonomik zararını engellemek için bir akustik izleme uygulamışlar, gereken hermetik maruz kalma sürelerini ve oksijen seviyelerini ölçmüşlerdir. Kavanozları kapatan tıplar aracılığıyla yerleştirilen akustik sondalar kullanılarak 500 ve 1000 mL'lik kavanozlarda 25, 50 ve 100 *C. maculatus* erginlerinin altı muamelesiyle 15 günlük bir çalışma yapmışlardır.

Böcekler tarafından hareket, çiftleşme ve yumurtlamanın bir sonucu olarak ortaya çıkan akustik aktivite, bilinen böcek seslerini temsil eden frekans spektrumları ile ses darbeleri tanımlanarak ve tipik olarak yalnızca üretilen <200 ms aralıklarla ayrılan uyarı dizilerini (patlamaları) sayarak ölçümler yapmışlardır. Tüm uygulamalarda depolamanın ilk haftasının sonunda, oksijen seviyeleri % 4'ün altındaki seviyelere gerilemiş, bunun da önceki çalışmalarda ölüme neden olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, böcek sesi patlama oranları, 0.02 patlama/saniyelik bir akustik algılama eşiğinin altına düşmüştür. Bu sonuç böceklerin beslenmeyi bıraktığını göstermektedir. Akustik aktivitenin iki farklı ölçümü ve geri kalan oksijen seviyesi arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler elde edilmiştir. Araştırmacılar bu deneme sonuçlarına dayanarak, oksijenin böcek besleme zararını ve dolayısıyla farklı böcek popülasyonu seviyelerinde ve çeşitli hacimlerde hava geçirmez saklama kaplarında tahıl kayıplarını sınırlayan seviyelere düşmesi için gereken süreyi tahmin etmek açısından basit bir denklemin kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Njoroge ve ark., (2019), Kenya'da depolanan ürün zararlılarından kaynaklanan ekonomik kayıpları azaltmaya yönelik yöntemlerin geliştirilmesi için, beş tahıl deposunda; akustik, görsel ve çukur tuzak yöntemlerini denemeye almışlardır. Ticari olarak satılan iki akustik sistemin, en büyük ekonomik öneme sahip iki zararlı olan, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Dryophthoridae) ve *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae)'u başarıyla tespit ettiğini bildirmişlerdir. Görsel taramalarda, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) ve *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae) dahil olmak üzere daha az ekonomik öneme sahip diğer böcekler de gözlenmiştir. Yapılan bu araştırmanın, görsel tarama ve çukur tuzak ile birlikte akustik teknoloji kullanımının, depo sahiplerinin depolarındaki istilaları belirlemelerine yardımcı olarak hasat sonrası kayıpları azaltmalarını sağladığını göstermiştir. Depoların çoğu, nispeten gürültülü kentsel veya kentsel çevredeki alanlarda yer aldığından, arka plan gürültüsü, depolanmış hasere istilası için gelecekteki akustik detektörlerin tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır. Araştırmacılar Kenya'da bulunan depolardaki mevcut yıllık % 20-30 oranındaki hasat sonrası kayıplar azaltılabilirse, ithalat maliyetlerinin önemli ölçüde düşürebileceğini vurgulamışlardır.

Zha ve ark., (2021) ultrasona maruz kalan böcekler üzerindeki stres etkilerinin önemli olduğu bildirmişler, ultrasonun, çam ağacı nematodunun ana vektörü olan önemli küresel zararlı *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. *M. alternatus* yetişkinlerini (1 gün, 3 gün ve 5 gün yaşlı) farklı frekanslarda (iki ultrasonik cihaz kullanarak, yani 35 kHz, 70 kHz ve 105 kHz frekans karışımına sahip LHC20 ve GFG-8016G 30 kHz ve 60 kHz'lik iki ayrı frekansta) farklı sürelerde (1 saat, 12 saat ve 24 saat) ultrasona maruz bırakarak Juvenil hormon III (JHIII) titrelerini ölçmüşlerdir. *M. alternatus* yetişkinlerinde tüm ultrason uygulamaları JHIII titrelerini önemli ölçüde düşürmüştür. Ultrasona maruz kalmaya bağlı olarak JHIII titrelerindeki düşüşler cinsiyete göre değişmemiş, ancak farklı yaştaki böcekler üzerindeki etkiler maruz kalma süresine bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermiştir. JHIII titrelerindeki düşüşler, 12 saat süreyle ultrasona maruz bırakıldıktan sonra erkek ve dişi böceklerde en yüksek düzeyde olmuştur. Her üç süre boyunca ultrasona maruz kalmanın ardından, JHIII titrelerindeki düşüşler 3 günlük yetişkinlerde 1 gün ve 5 günlük yaştakilere göre daha düşük olmuştur. Farklı ultrasonik frekanslar, *M. alternatus* yetişkinlerinde JHIII titrelerinde değişken düşüşlere yol açmışken, en çok düşüşler 60 kHz'de ultrasona maruz kalan böceklerde meydana gelmiştir. Sonuç olarak, ultrasonun normal JHIII düzeylerini olumsuz etkileyebileceğini ve *M. alternatus* yetişkinlerinin cinsel olgunlaşmasını daha da bozabileceğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada kullanılan böcek türleri

Araştırmada böcek materyali olarak; Değirmen Güvesi *Ephestia kuehniella* (Şekil 3.1.), GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü laboratuvarlarında yetiştirilen stok kültürden, *Sitophilus granarius* ise Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü/ANKARA'dan temin edilmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.1. *Ephestia kuehniella* ergini



Şekil 3.2. *Sitophilus granarius ergini*

3.1.2. Araştırmada kullanılan cihazlar ve özellikleri

Araştırmada kullanılan cihazlar; sinyal üretici (Şekil 3.3.), sinyal algılayıcı (Şekil 3.4.), ultrasonik hoparlör (Şekil 3.5.), amplifikatör (Şekil 3.6.), ultrasonik mikrofön (Şekil 3.6.), preamplifikatör (Şekil 3.8), doğru akım güç kaynağı (Şekil 3.9.), ups güç kaynağı, zaman rölesi, soğutma fanı, ses izolasyonlu sandık (Şekil 3.10.), yumuşak beyaz buğday, tam buğday unu, laboratuvar tipi un değirmeni (Şekil 3.11.), etüv (Şekil 3.12.), böcek yetiştirme kapları, binoküler, cam tüp, hassas terazi, termometre ve nem ölçer, iklim kabini, buzdolabı, laboratuvarda kullanılan çeşitli boyutlarda plastik kaplar ve bilgisayarda ses analiz programları (Şekil 3.13. ve 3.14.) kullanılmıştır.

Bu çalışma, GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Ultrasonik frekansların üretiminde, GWINSTEK marka, AFG2225 model sinyal üretici kullanılmıştır. Bu cihaz 1µHz-25MHz aralıkta sinüs ve kare şekillerinde sinyal dalgaları üretebilmektedir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Sinyal Üretici

Sinyal üreticiden çıkan elektriksel dalgaların frekansını ve şeklini doğrulamak için Tektronix TBS 1052B-EDU model dijital osiloskop kullanılmıştır. Bu cihaz 10 Hz ile 20 MHz aralığındaki sinyalleri ölçebilmektedir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Dijital Osiloskop

Üretilen dijital sinyalleri ultrasonik seslere çevirmek için ise Ultrasonik Elektrostatik ESS16 model hoparlör kullanılmıştır (Şekil 3.5.). Bu hoparlör 36 mm çapında ve 25-200kHz aralığındaki frekanslara duyarlıdır.



Şekil 3.5. Ultrasonik hoparlör

Hoparlörün bağlı olduğu sinyal yükseltici olan amplifikatör UltraSoundGate Player 116 markadır. Bu amplifikatör 36 V DC güç ile çalışmaktadır. Çalışma frekans aralığı 1-180 kHz arasında değişebilmektedir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Ses yükseltici amplifikatör

Frekans doğrulamada kullanılan ultrasonik mikrofon ise 36 mm çapında Avisoft-Bioacoustics CM16 modeldir (Şekil 3.7.). Bu mikrofon 2-200 kHz frekans aralığındaki seslere duyarlıdır.



Şekil 3.7. Ultrasonik mikrofon

Ultrasonik hoparlörden çıkan sesleri doğrulamak için mikrofon ile bilgisayar arasında ara bağlantıyı sağlayan Avisoft marka UltraSoundGate 116H model cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz ultrasonik mikrofondan gelen analog sinyalleri dijital sinyallere çevirmektedir. Cihazın çalışma frekans aralığı 20-460 kHz arasında değişebilmektedir (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Preamplifikatör Ultrasoundgate 116H

Ultrasonik sesleri yükselten amplifikatör doğru akım ile çalışmaktadır. Prizden gelen alternatif akımı doğru akıma çevirmek için GWINSTEK-GPS-3303 marka güç kaynağı kullanılmış olup, bu cihaz 0-3 Amper güç, 0-30 Volt gerilim aralığında çalışabilmektedir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. GWINSTEK-GPS-3303 doğru akım güç kaynağı

Ephestia kuehniella ve *S. granarius*'un ultrasonik ses dalgasına maruz kaldıkları ses yalıtımlı uygulama sandığı ve sesin verilmediği kontrol sandığı GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü marangozhanesinde yaptırılmıştır. Sandıklar 1.5 cm kalınlığında 75x65x65 cm ölçülerinde ahşap malzemeden yapılmıştır. İç yüzeyleri 3cm kalınlığında viyol tipi ses yalıtım süngerine ile dış kısımları ise bondeks tipi ses yalıtım süngerine ile kaplanmıştır (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Ses yalıtımlı sandık

E. kuehniella'yı kültüre almak amacı ile kullanılan un, laboratuvar tipi bir değirmen ile un haline getirilmiştir (Şekil 3.11.).



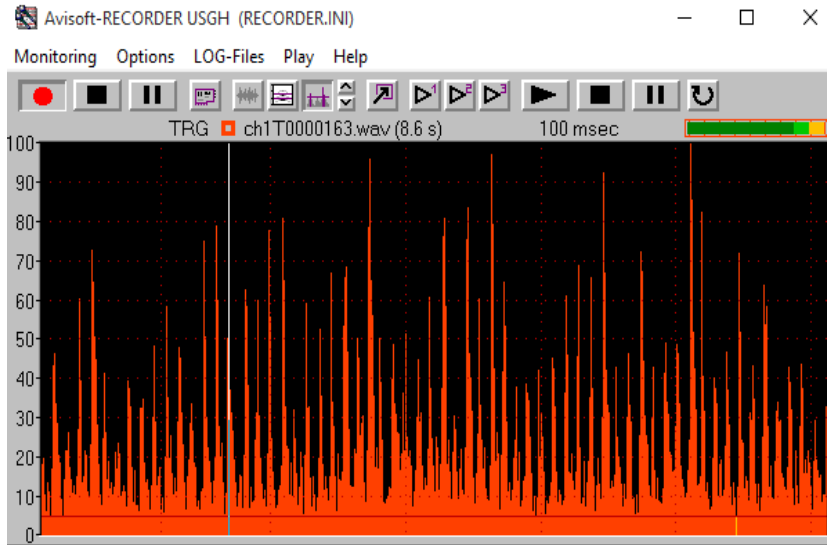
Şekil 3.11. Laboratuvar tipi un değirmeni

Sitophilus granarius ve *E. kuehniella*'ya verilen buğday ve unu steril etmek için kullanılan Nüve marka En 500 model etüv kullanılmıştır (3.12.).

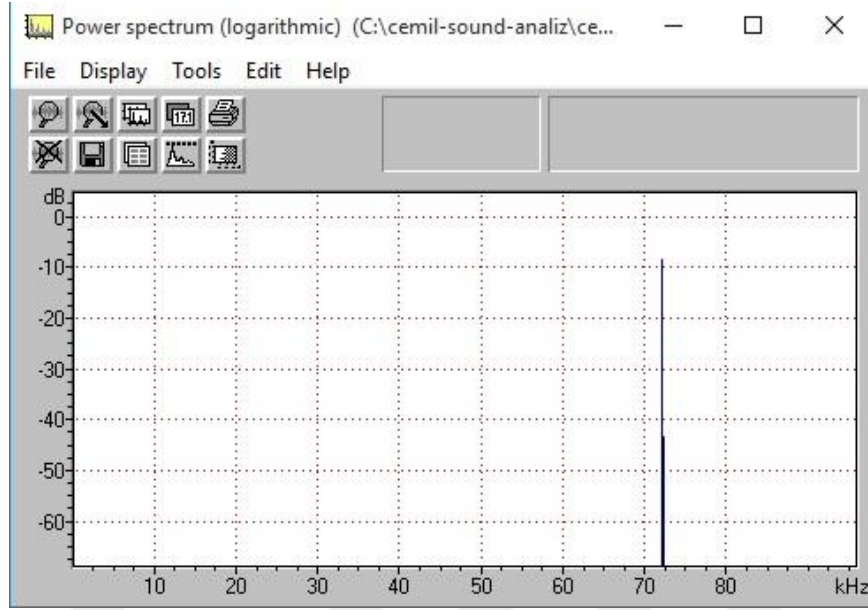


Şekil 3.12. Nüve En 500 model etüv

Çalışmada *E. kuehnilla*'nın maruz kaldığı ultrasonik frekansları kayıt etmek ve ses şiddetini ölçmek için Avisoft Bioacoustics Recorder Usgh (sürüm 4.2.29) (Şekil 3.13.), kaydedilen ultrasonik frekansları analiz ederek doğrulamak için ise bilgisayarda Avisoft SASLab Lite (sürüm 5.2.13) (Şekil 3.14.) yazılımları kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Avisoft Bioacoustics Recorder Usgh (sürüm 4.2.29)



Şekil 3.14. Avisoft SASLab Lite (sürüm 5.2.13)

3.2. Yöntem

Denemeye ses düzeneğinin kurulumu ve stok kültürlerden alınan böcekler ile başlanmıştır. Ses düzeneği iklim odasında kurulmuştur. Oda şartları, % 65 ± 10 orantılı nem, 27 ± 1 °C sıcaklık ve 16:8 saat fotoperiyot olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.2.1. Ultrasonik ses düzeneğinin kurulumu

Uygulama sandığının üst kapağının ortasına 1,5 cm çapında bir delik açılmış ve ultrasonik hoparlör buradan içeriye doğru yerleştirilmiştir. Ultrasonik hoparlörün kablosu ses yükseltici bir amplifikatöre bağlanmış, amplifikatör ise sinyal üreticine bağlanmıştır. Sinyal üretici 72 kHz kare dalga şeklinde sinyal üretmek için ayarlanmıştır. Nakano ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, *E. kuehniella*'nın dahil olduğu pyralidae familyası üzerinde USD çalışılmış bazı türlerin 72 kHz ile haberleştiklerini bildirmişlerdir. Sinyal üreticinde periyot ayarlaması yapılamadığı için amplifikatör ile sinyal üretici arasına bir zaman rölesi yerleştirilmiştir. Bu zaman rölesi sürekli olarak 45 dakika çalışmaya 15 dakika ise durmaya ayarlanmıştır. Böylece böceklere 45 dakika ultrasonik ses dalgası verilirken (USD) 15 dakika ses

verilmemiştir. Bu süreç, *E. kuehniella* ve *S. granarius* ile ilgili bütün çalışmalarda aynı şekilde devam ettirilmiştir. Kontrol sandığına ise USD verilmemiştir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Uygulama ve kontrol sandıkları ile ultrasonik ses dalgası düzeneği

3.2.2. *Ephestia kuehniella* denemesi

Denemede kullanılan *E. kuehniella*, GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü/Şanlıurfa, Bitki Sağlığı Laboratuvarında yetiştirilen stok kültürden alınmıştır.

Besin olarak beyaz ekmeklik buğday, laboratuvar değirmeninde un haline getirilmiş ve etüvde 65 °C de 3 gün süre ile steril edilmiştir. Ölçüleri 28x18x6 cm olan saklama kabının kapağı, orta kısmından kesilerek bir tül kumaş ile kaplanmış, böylece *E. kuehniella*'nın kaçması engellenirken içeriye hava girişi de olmuştur (Şekil 3.16.).



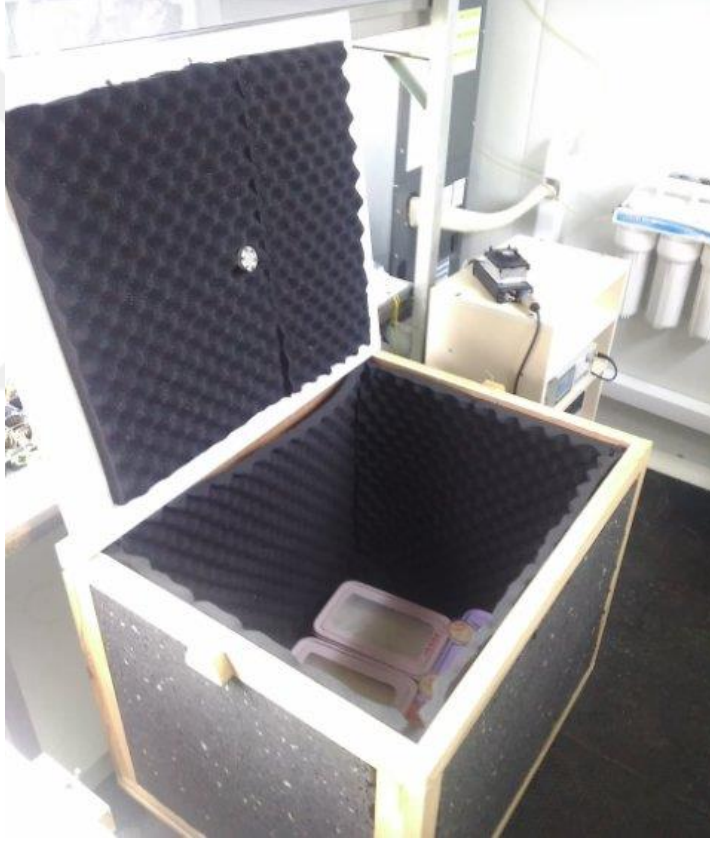
Şekil 3.16. *Ephestia kuehniella*'nın bulunduğu üstü tül ile kaplı saklama kabı

Deneme kurulumuna stok kültürden alınan *E. kuehniella* yumurtaları ile başlanmıştır. Bu amaçla stok kültür kaplarından cam tüp kullanılarak el ile toplanan güveler geniş tarafı tül ile kaplanmış şeffaf huniye aktarılmıştır. Huninin dar tarafı ise güvelerin kaçmasını engellemek için polietilen malzemeden yapılmış köpük tıpa ile kapatılmıştır. Daha sonra içinde güvelerin bulunduğu yumurtalama hunisi, plastik bir küvetin içine yerleştirilmiş (Şekil 3.17.) ve iklim odasına bırakılmıştır. Plastik küvette biriken yumurtalar 24 saat sonra toplanmıştır.



Şekil 3.17. *Ephestia kuehniella* yumurtlama hunisi

Toplanan yumurtalar binokülerde görüntülenerek, 6x100 adet güve yumurtası sayılmıştır. İçinde beyaz ekmeklik buğdaydan elde edilmiş 300 gr tam buğday ununun olduğu 6 adet kültür kabının herbirinde 100 adet yumurta olacak şekilde, bu yumurtalar dağıtılmıştır. Kültür kaplarından 3 tanesi uygulama olarak (U1, U2, U3) 3 tanesi ise kontrol grubu (K1, K2, K3) olarak tesadüfen ayrılmış ve kapların üstüne tarih ve kap numarası yazılmıştır. Böylece 3 tekerrürlü uygulama ve kontrol grubu olan güve kültürleri hazırlanmıştır. Uygulama kültür kapları ultrasonik ses dalgalarının olduğu sandığa, kontrol kültür kapları ise ses verilmeyen sandığa yerleştirilmiştir (Şekil 3.18.)



Şekil 3.18. Ses yalıtımlı sandıktaki *Ephestia kuehniella* kültürleri

3.2.2.1. *Ephestia kuehniella* erginlerinin toplanması ve sayımı

Ultrasonik ses dalgalarının (USD) verildiği uygulama ve ses verilmeyen kontrol sandıkları günlük olarak her gün aynı saatlerde kontrol edilmiştir. Yaklaşık 40 gün sonra sandıklara bırakılan kültür kaplarından ergin çıkışları başlamıştır. Çıkış yapan

erginler cam tüp yardımı ile toplanmıştır. Her bir tekerrürden çıkan güveler ayrı yumurtalama hunisine aktarılmıştır. Güvelerin çıkış tarihi ve sayısı bir çizelgeye not olarak yazılmıştır. Güvelerin toplandığı huniler de günlük olarak kontrol edilmiş ve ölü güveler ayrılmıştır.

3.2.2.2. Yumurtaların toplanması ve tartımı

Güvelerin bulunduğu huniler günlük olarak kontrol edilmiş ve yumurtalar toplanmıştır. Hunilerin geniş yüzeyi tül ile kaplı olduğu için yumurtalar huninin içinde bulunduğu plastik küvete düşmüştür. Ayrıca yumuşak bir fırça kullanılarak tüle yapışan az miktardaki yumurtalar da toplanmıştır. Toplanan yumurtalar önceden kalibrasyonu yapılmış 0.00001 gram hassasiyetindeki terazide tartılmış, uygulama ve kontrol grubu tekerrürleri hazırlanan çizelgeye yazılmıştır.

3.2.2.3. Yumurta boyu ölçümü

Uygulama ve kontrol grubundan toplanan yumurtalardan tesadüfen seçilen 100'er adet yumurta, önceden kalibrasyonu yapılmış stereoskopik binoküler mikroskopta görüntülenmiş ve yumurtaların boyu 0.001 mm hassasiyetinde ölçülmüştür.

3.2.2.4. Bin yumurta ağırlığı

Uygulama ve kontrol grubundan toplanan bir günlük yumurtalardan tesadüfen seçilen 3 tekerrürlü 1000'er adet yumurta, hassas terazide tartılmış, çizelgeye not edilmiştir.

3.2.2.5. Pupa sayımı

Uygulama ve kontrol grubu kültür kaplarından güve çıkışları günlük olarak takip edilmiştir. Pupaların açılması ve ilk güve çıkışından yaklaşık 15 gün sonra güve çıkışları azalmıştır. Son güve çıkışından sonra, beş gün süre ile hiç güvenin çıkmadığı

kültür kaplarından pupa açılımlarının tamamlandığı kabul edilmiştir. Kültür kaplarındaki un, 0.3 mm gözenekli bir eleğe aktarılmış ve kaplardaki un elenerek pupalar ayıklanmıştır. Kontrol ve uygulama kaplarından çıkan pupalar her bir tekerrür için ayrı ayrı not edilmiştir.

3.2.2.6. Gelişme süresinin belirlenmesi

Uygulama ve kontrol gruplarında 0-24 saatlik 100'er yumurta ile 3 tekerrürlü kurulan *E. kuehniella* kültür kapları günlük olarak kontrol edilmiş, çıkan ergin bireyler günlük olarak toplanmış ve kayıt altına alınmıştır. Yumurtaların kültür kaplarına bırakıldıkları gün ile ergin çıkışı arasında geçen süre gelişme süresi olarak kabul edilmiştir.

3.2.2.7. Ömür süresi belirlenmesi

Uygulama ve kontrol sandıklarındaki stok kültürlerden çıkan 0-18 saat yaşlı 10 adet dişi ve erkek *E. kuehniella* ergini cam tüp kullanılarak el ile toplanmış ve 3 tekerrürlü olarak hunilere aktarılmıştır. Günlük olarak gözlem yapılmış, ölü bireyler ayrılarak not edilmiştir.

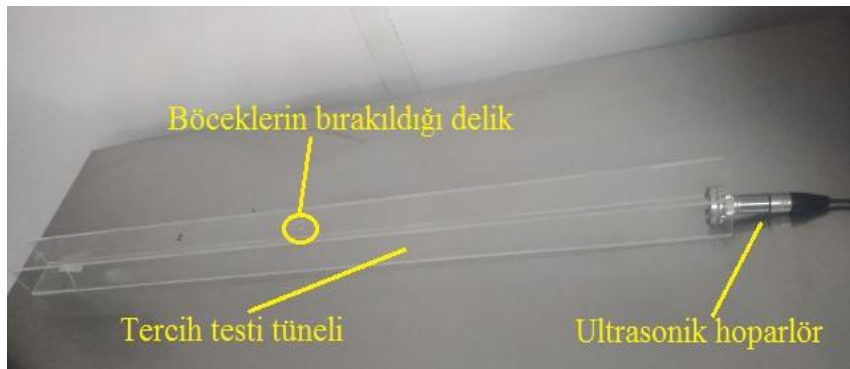
3.2.2.8. Cinsiyet oranı belirlenmesi

Popülasyon takibi yapılan uygulama ve kontrol sandığındaki 3 tekerrürlü kültür kaplarından elde edilen güveler binokülerde incelenmiştir. Eşey organlarına bakılarak dişi ve erkek bireyler sayılarak ayrılmıştır (Şekil 3.19. ve Şekil 3.20.).

Şekil 3.19. *Ephestia kuehniella* erkek eşey organıŞekil 3.20. *Ephestia kuehniella* dişi eşey organı

3.2.2.9. Tercih testi

Çalışmada *E. kuehniella* tercih testi larva ve ergin için ayrı yapılmıştır. Pleksiglas şeffaf malzemeden yapılmış 100 x 5 x 5 cm ölçülerinde iki ucu açık olan bir tercih tüneli (Şekil 3.21) kullanılmıştır. Tünelin bir tarafına ultrasonik hoparlör yerleştirilmiş ve 72 kHz kare dalga ses verilmiştir. Tünelin her iki ucuna 5 gram un koyulmuştur. Tünelin ortasında bulunan açıklıktan 1 gün yaşlı erginler ve ergin denemesi bittikten sonra 20 gün yaşlı larvalar bırakılmıştır. Larva ve erginlerin bırakılmasından 30 dakika sonra ultrasonik ses kaynağı hoparlöre 25 cm yaklaşanların sese doğru yöneldiği, ses kaynağının olmadığı tarafa 25 cm yaklaşanların ise sestən uzağa doğru hareket ettikleri kabul edilmiştir. Tercih testi 10 larva ve 20 ergin birey ile 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Şekil 3.21. *Ephestia kuehniella* tercih testi için kullanılan ses düzeneği

3.2.3. *Sitophilus granarius* denemesi

Denemede kullanılan *S. granarius*, Ziraî Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü/Ankara, entomoloji laboratuvarında yetiştirilen stok kültürden getirilmiştir. Ankara'dan gelen Buğday bitleri, GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bitki Sağlığı laboratuvarında bulunan iklim odasında, denemelerde kullanılmak üzere kültüre alınmıştır. İklim odası % 65±10 orantılı nem, 27±1 °C sıcaklık ve 16:8 saat fotoperiyot olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.2.3.1. *Sitophilus granarius*'un popülasyon takibi

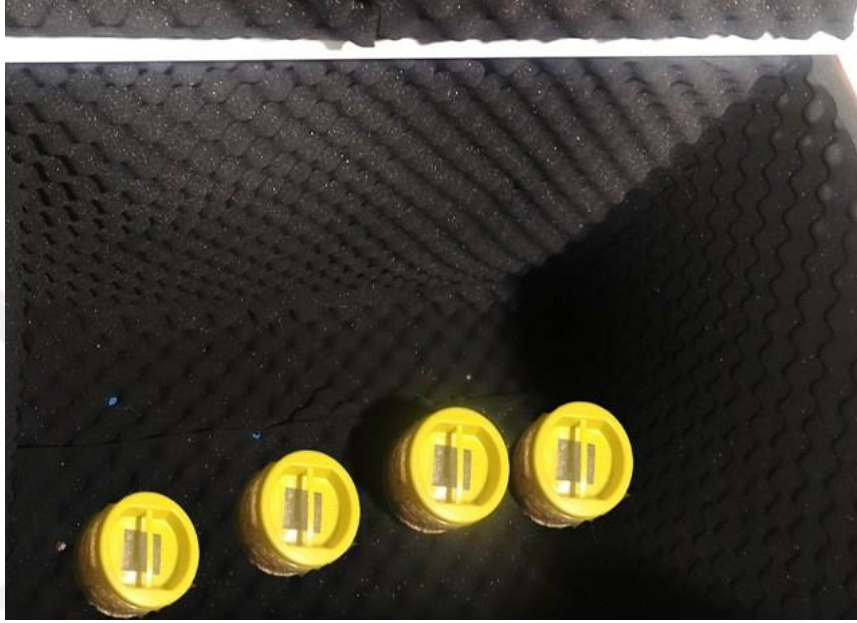
Denemeye stok kültürden alınan 1-2 gün yaşlı 150 dişi ve 150 erkek buğday biti erginleri ile başlanmıştır. Kültür kabı olarak çapı 11 cm, yüksekliği 12 cm olan şeffaf plastik saklama kabının kapağı, orta kısmından kesilerek bir tül kumaş ile kaplanmış, böylece *S. granarius*'un kaçması engellenirken içeriye hava girişine de imkan sağlanmıştır (Şekil 3.22.).



Şekil 3.22. *Sitophilus granarius* kültür kapları

Uygulama ve kontrol olmak üzere 3 tekerrürlü kurulan denemede toplam 6 kültür kabı kullanılmıştır. Her bir kaba önceden 65 °C'de 3 gün süre ile steril edilmiş 150 gr beyaz ekmeklik buğday ile tesadüfen seçilen 25 dişi ve 25 erkek buğday biti bırakılmıştır. Kapların üzerine erginlerin bırakılma tarihi ve kap numaraları yazılmıştır. Kontrol kaplarına K1, K2, K3 ve uygulama kaplarına ise U1, U2, U3

yazılmış, iklim odasında bulunan ve ses verilmeyen kontrol sandığına kontrol kapları, uygulama kapları ise ultrasonik ses dalgalarının verildiği uygulama sandığına bırakılmıştır (Şekil 3.23.). Ergin buğday bitleri kaplara bırakıldıktan 6 gün sonra sayılarak bütün kaplardan geri toplanmıştır. Bu süre içinde buğday bitleri çiftleşerek buğday taneleri içine yumurtalarını bırakmışlardır.



Şekil 3.23. Ses yalıtımlı sandıktaki *Sitophilus granarius* kültürleri

Günlük gözlem yapılarak, ilk buğday bitinin çıkış yaptığı tarihten itibaren günlük kayıt tutulmuş, her bir tekerrürden çıkan buğday bitleri sayılarak kültür kaplarından alınmıştır. Kültür kaplarında bulunan buğdaylar 25 gün aralıklarla yeni stereril buğdaylar ile değiştirilmiştir. Böylece deneme kaplarında 2. nesil buğday bitlerinin çıkışı engellenmiştir.

3.2.3.2. *Sitophilus granarius*'un gelişime süresinin belirlenmesi

Uygulama ve kontrol olmak üzere 3 tekerrürlü kurulan popülasyon takibi kültürlerinde günlük olarak gözlem yapılmıştır. Kültür kaplarından çıkış yapan erginler günlük olarak toplanmıştır. Toplanan erginler dişi-erkek teşhisi yapılmak üzere eppendorf tüplere alınmış ve tüplerin üzerine toplandıkları günün tarihi

yazılmıştır. Denemenin kurulduğu tarih ile erginlerin çıktıkları tarih arasında geçen süre gelişim süresi olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.3. *Sitophilus granarius*'un ömür süresinin belirlenmesi

Ömür süresini belirlemek için iki farklı grup oluşturulmuştur. Birinci gruba besin olarak yumuşak ekmeklik buğday verilmiş, ikinci gruba ise besin verilmemiştir. Stok kültürden tesadüfen seçilen 0-24 saat yaşlı 400 birey 16 farklı kültür kabına aktarılmıştır. İçine besin koyulan 8 kültür kabından 4 tanesi ultrasonik ses dalgalarının verildiği uygulama sandığına, 4 tanesi ise ses verilmeyen kontrol sandığına yerleştirilmiştir. Besin verilmeyen 8 kutudan ise 4 tanesi uygulama sandığına geri kalan 4 tanesi de kontrol sandığına yerleştirilmiştir. Böylece 4 tekerrürlü, her tekerrürde 25 bireyin bulunduğu besinli ve besinsiz deneme kurulmuştur. Ömür süresini belirlemek için kullanılan şeffaf plastik kutuların çapı 55 mm yüksekliği ise 70 mm ölçüsündedir. Kapakların ortası oyularak böceklerin kaçamayacağı bir tül ile kaplanmıştır (Şekil 3.24.). Besin olarak kullanılan buğday her 25 günde bir yenilenmiş, böylece ikinci nesil buğday bitlerinin çıkışları engellenmiştir.



Şekil 3.24. *Sitophilus granarius* 'un ömür süresi belirlenmesinde kullanılan kutu

3.2.3.1. *Sitophilus granarius*'un cinsiyet oranının belirlenmesi

Popülasyon takibi yapılan uygulama ve kontrol sandığındaki 3 tekerrürlü kültür kaplarından toplanan buğday bitleri binokülerde incelenmiş, dişi ve erkek bireyler ayrılarak sayılmıştır. *S. granarius* erginlerinde dişi ve erkek ayırımı rostruma bakılarak yapılabilir (Şekil 3.25.). Rostrumu ince ve uzun olanlar dişi, kısa ve kalın olanlar ise erkek bireylerdir (Dinuta ve ark., 2009).



Şekil 3.25. *Sitophilus granarius* erkek (üst), *S. granarius* dişi (alt)

3.2.3.2. Tercih testi

Sitophilus granarius ergin öncesi dönemini buğday tanesi içinde geçirdiğinden, tercih testi için ergin bireyler kullanılmıştır. Pleksiglas malzemeden yapılmış 100 x 5 x 5 cm ölçülerinde ve her iki ucunda 5 gram buğdayın konulduğu bir tercih tüneli (Şekil 3.26) kullanılmıştır. Tünelin bir tarafına ultrasonik hoparlör yerleştirilmiş ve 72 kHz kare dalga ultrasonik ses verilmiştir. Tünelin ortasında bulunan açıklıktan stok kültürden alınan 1 gün yaşlı erginler bırakılmış ve *S. granarius*'un ultrasonik sese doğru veya sestten uzağa doğru olan hareketleri gözlenip, kayıt edilmiştir. Tercih testi 10 dişi ve 10 erkek birey ile 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Şekil 3.26. *Sitophilus granarius* tercih testinde kullanılan ses düzeneği

3.2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Veriler tesadüf parselleri deneme desenine göre JUMP-13 Pro paket programında; yumurta ağırlığı, yumurta sayısı, yumurta boyu, gelişme süresi ve ömür süresi için T-Testi, popülasyon sayısı ve tercih testleri için Kİ Kare istatistiki analiz yapılarak, sonuçlar %1 ve %5 önem seviyesinde değerlendirilmiştir.

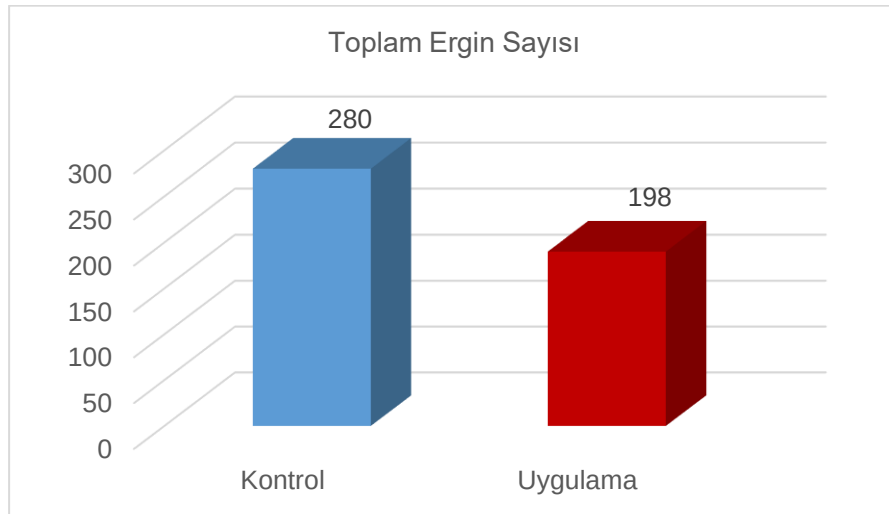
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Ultrasonik Ses Dalgalarının *Ephestia kuehniella*'nın Üreme Gücüne ve Davranışına Etkisinin Belirlenmesi

Ultrasonik ses dalgalarının *E. kuehniella*'nın üreme gücüne ve davranışına etkisini belirlemek için 72 kHz frekansta kare dalga şekli (materyal ve yöntem kısmında detaylı olarak açıklandığı gibi) kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, kontrol ve uygulama grupları; ergin sayısı, cinsiyet oranı, gelişme süresi, yumurta sayısı, yumurta boyu, bin yumurta ağırlığı, pupa sayısı ve ömür uzunluğu bakımından karşılaştırılmıştır. Ultrasonik seslerin *E. kuehniella*'nın davranışına etkisini belirlemek için ise tercih testi uygulanmıştır.

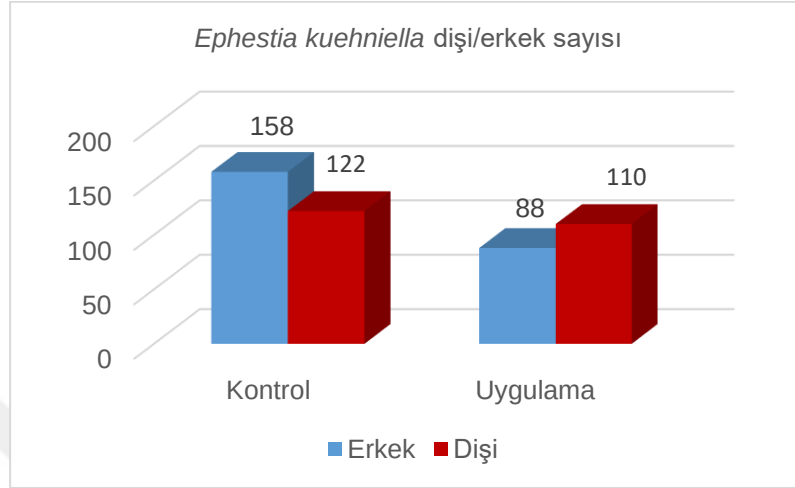
4.1.1. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın toplam ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 100 yumurta olacak şekilde kurulmuştur. Yumurtaların bırakıldığı un kaplarından toplanan *E. kuehniella* erginleri dişi ve erkek olarak sayılmış, sayımlar kontrol ve uygulama grubu olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.1. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın toplam ergin sayısına etkisi

USD'nin toplam ergin sayısına etkisinin görüldüğü Şekil 4.1. incelendiğinde kontrol grubuna göre USD'nin verildiği uygulama grubunda, toplam ergin sayısında %29.3 oranında bir azalma görülmüştür.



Şekil 4.2. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın dişi/erkek sayısına etkisi

Kontrol ve uygulama gruplarından elde edilen toplam erginler, dişi ve erkek olarak sayıldığında; kontrol grubundan 158 erkek birey çıkarken uygulama grubundan 88 erkek birey elde edilmiştir. Uygulama grubundaki erkek birey sayısı kontrol grubuna göre %44.3 oranında azalmıştır. Kontrol grubundan 122 dişi birey çıkarken, uygulama grubundan 110 dişi birey elde edilmiştir. Kontrol grubuna göre uygulama grubundaki dişi birey sayısı %11 oranında azalmıştır. Popülasyon dişi/erkek oranı açısından incelendiğinde ise, elde edilen erginlerde dişi/erkek oranı kontrol grubunda 0.77 iken bu oran uygulama grubunda 1.25 olarak belirlenmiştir. Dişi/erkek oranının, USD'nin verildiği kontrol grubuna göre %62.3 arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.2.).

Çizelge 4.1. USD'nin toplam ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi

Muamele	Dişi (adet)	Erkek (adet)	Toplam Ergin (adet)	Dişi/Erkek Oranı
USD	110	88	198	1.25
Kontrol	122	158	280	0.77
Chi-square	621	19.91	69.18	
p-Value	0.431	0,0001*	0,0001*	

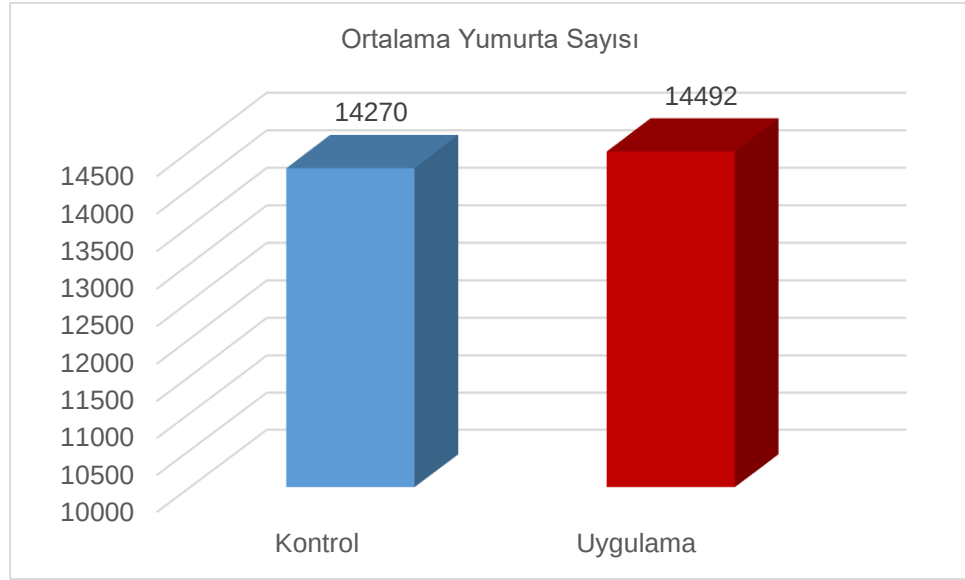
Erkek birey sayısı ve toplam ergin sayısı açısından önemli bir fark vardır (* $p < 0.01$)

Çizelge 4.1. incelendiğinde USD verilen uygulama grubunda 300 adet *E. kuehniella* yumurtasından 198 adet ergin elde edilirken USD'nin verilmediği kontrol grubundan toplam 280 adet ergin elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ile toplam birey sayısı istatistiki olarak değerlendirildiğinde, kontrol grubu ile uygulama grubu arasındaki fark önemli bulunmuştur ($\chi^2=69.18$; $p<0.01$).

Popülasyondan elde edilen erginlerden dişi-erkek ayrımı yapıldığında ise erkek birey sayısı açısından uygulama ve kontrol grupları arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunurken ($p<0.05$), dişi birey sayıları açısından önemli bir fark ($p>0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.1.). Benzer sonuçların alındığı Salehi ve ark., (2016)'nın yürüttükleri çalışmada, *E. kuehniella*'nın larva ve pupa ağırlığı ile hayyatta kalma oranı 40-45 kHz frekansta Sin(x) dalga şeklinde önemli derecede düştüğünü bildirmişlerdir.

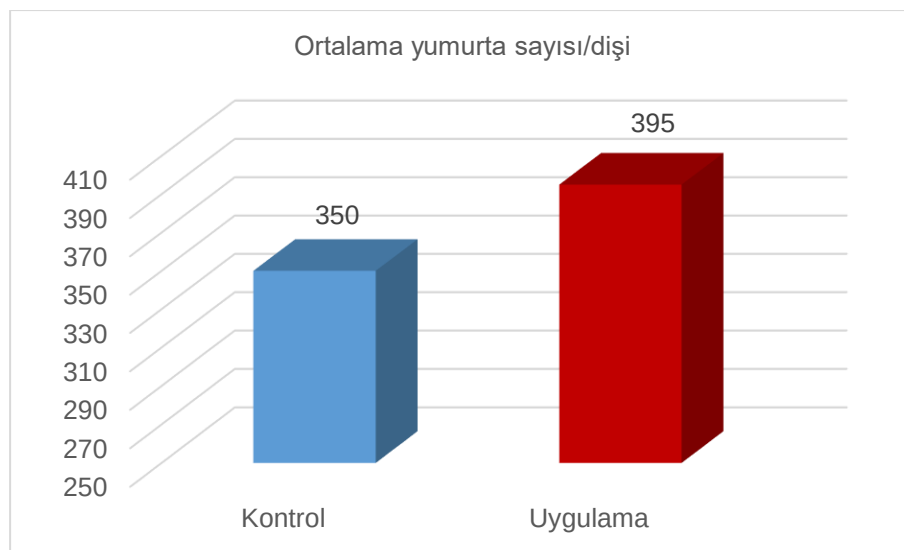
4.1.2. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın yumurta sayısı etkisi

Uygulama ve kontrol gruplarından toplanan yumurtalar hassas terazi ile tartılmış ve kendi gruplarındaki bin yumurta ağırlığına bölünerek toplam yumurta sayısı her grup için ayrı hesaplanmış ve tekerrürler ortalaması alınmıştır. Şekil 4.3 incelendiğinde, uygulama grubundaki yumurta sayısının kontrol grubuna göre %1.55 daha fazla olduğu görülmektedir. Yumurta sayısındaki bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.2.).



Şekil 4.3. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin ortalama yumurta sayısına etkisi

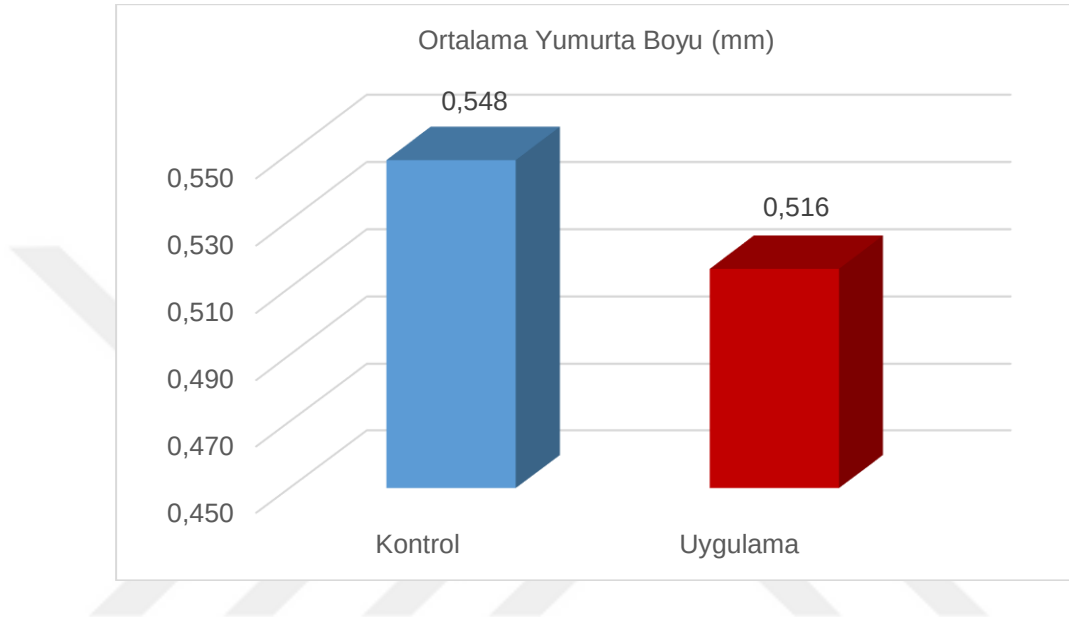
Dişi başına düşen yumurta sayısına bakıldığında; kontrol grubunda ortalama dişi başına düşen yumurta sayısı 350 adet olurken uygulama grubunda 395 adet olmuştur. Ortalama dişi başına düşen yumurta sayısı %12.9 artmıştır. Kontrol grubundan 14270 yumurta toplanırken uygulama grubundan 14492 yumurta toplanmıştır. Uygulama grubundaki toplam yumurta sayısı kontrol grubuna göre %1.55 oranında arttığı görülmüştür (Şekil 4.4.). Toplam yumurta ve dişi başına düşen yumurta sayısındaki artış istatistiki olarak önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.2.).



Şekil 4.4. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin yumurta/dişi sayısına etkisi

4.1.3. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin yumurta boyuna etkisi

Uygulama ve kontrol gruplarından toplanan yumurtalar içerisinde tesadüfen seçilen 100'er adet yumurtanın boyu ölçülmüştür. Kontrol grubuna göre uygulama grubundaki yumurtaların ortalama boyu %5.9 daha az olmuştur (Şekil 4.5.).



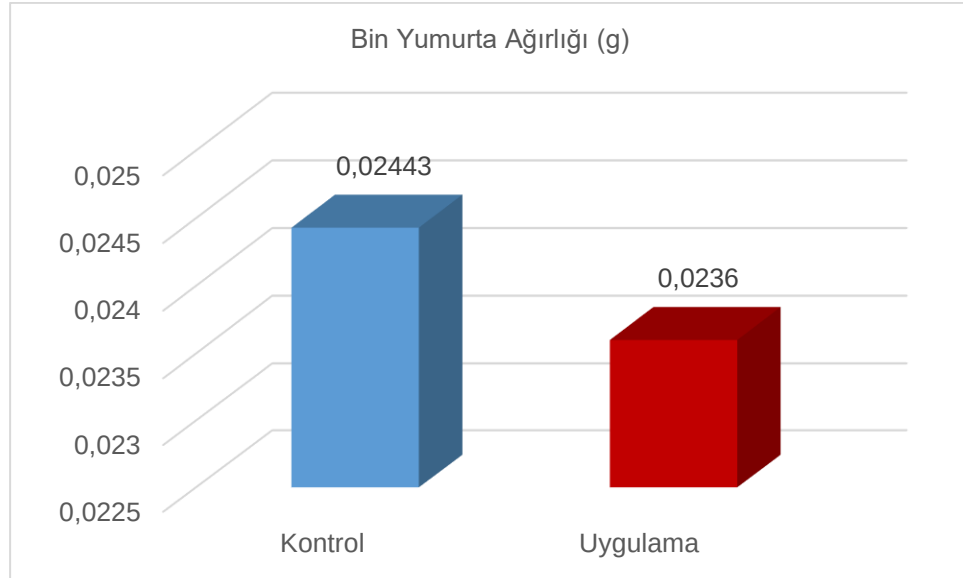
Şekil 4.5. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin ortalama yumurta boyuna etkisi (mm)

Kontrol grubuna göre uygulama grubundaki yumurta boyunda belirlenen düşüş istatistiki olarak değerlendirildiğinde, USD'nin yumurta boyunu önemli ölçüde etkilediği ($p<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.2.).

4.1.4. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin bin yumurta ağırlığına etkisi

Uygulama ve kontrol gruplarından toplanan yumurtalar içerisinde tesadüfen seçilen bin adet yumurta hassas terazi ile tartılmış, kontrol grubuna göre uygulama grubundaki bin yumurta ağırlığının %3.4 daha az olduğu görülmüştür (Şekil 4.6.).

Uygulama grubunda ölçülen bin yumurta ağırlığındaki azalış istatistiki olarak değerlendirildiğinde, USD'nin bin yumurta ağırlığını önemli ölçüde etkilediği ($p<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 4.2.).



Şekil 4.6. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin bin yumurta ağırlığına etkisi (g)

Kontrol ve uygulama gruplarında yumurta sayısı, dişi başına düşen yumurta sayısı, yumurta boyu ve bin yumurta ağırlığı için yapılan istatistiki analiz Çizelge 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.2. USD'nin yumurta sayısı, yumurta sayısı/dişi, yumurta boyu ve bin yumurta ağırlığına etkisi

Muamele	Yumurta sayısı (adet)±SE	Dişi başına yumurta sayısı (adet)±SE	Yumurta boyu (mm) ±SE	Yumurta ağırlığı (g/1000 adet)
Kontrol	14269±1078.2	352.000±31.512	0.5479±0.0028	0.0244±0.00002
USD	14491.7±818.4	394.667±7.055	0.5156±0.0038	0.0236±0.00003
t-test	0.164	1.3212	-6.8066	-20.7614
p-Value	0.8782	0.307	0.0001*	0.0002*

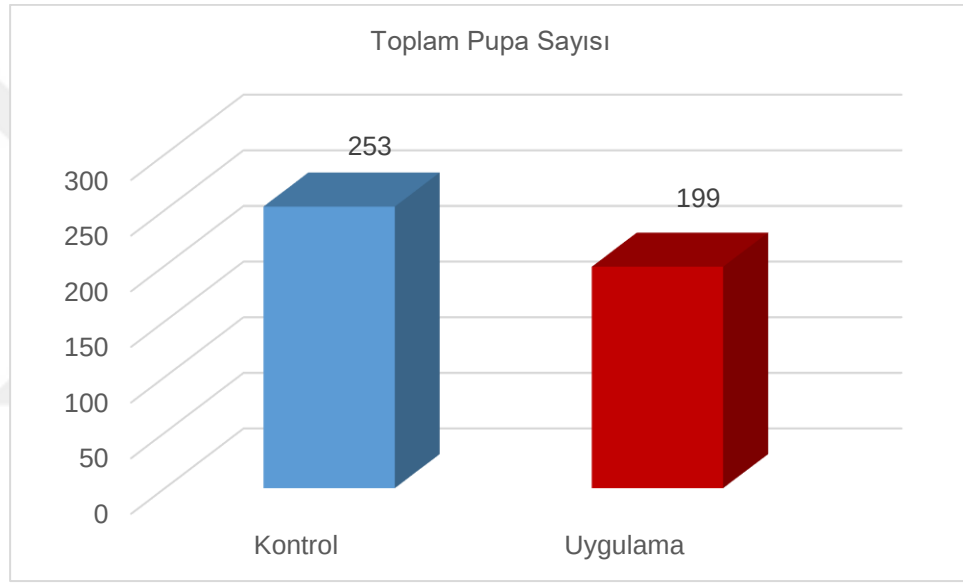
Yumurta boyu ve yumurta ağırlığı açısından uygulama ve kontrol arasında önemli bir fark vardır
 *($p < 0.01$)

Çizelge 4.1. ve 4.2. beraber incelendiğinde, USD, *E. kuehniella*'nin bıraktığı yumurta sayısını etkilememiş fakat popülasyondaki; birey sayısı, yumurta ağırlığı ve yumurta boyundaki azalma dikkate alındığında USD'nin yumurta açılım oranını azaltmıştır denilebilir. Benzer çalışmada Hansen (2001), Elma İçkurdu (*Cydia pomonella*; Lepidoptera: Tortricidae)'na karşı 45 dakikalık USD uygulamasında, yumurta ölüm oranını yaklaşık % 60 olarak bildirmiştir. Yumurta açılım oranlarındaki

azalmanın, USD'nin hüce membranlarında incelmeye ve genomik yapıda değişikliğe yol açabilecek potansiyele sahip olmasından (Dikilitaş ve ark., 2018) kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.5. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın pupa sayısına etkisi

Uygulama ve kontrol gruplarından elde edilen pupalar sayıldığında, uygulama grubundaki toplam pupa sayısı kontrol grubuna göre %21.3 daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın toplam pupa sayısına etkisi

Yapılan Ki-kare testine göre uygulama ve kontrol grupları arasında pupa sayısı açısından fark ($\chi^2=6.451$; $p=0.011$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3.). Salehi ve ark., (2016) 40-45 kHz frekansta USD uygulaması ile *E. kuehniella*'nın larva ve pupa ağırlığının önemli derecede düştüğünü bildirmişlerdir. Zha ve Lei (2012), ultrason stresinin *Helicoverpa armigera*'nın (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) farklı gelişim aşamalarında antioksidan enzim sistemine zarar verdiğini belirtmiş, enzim sistemi hasarı, böceğin yaşam evrelerini, hayatta kalmasını ve ağırlığını etkileyebileceğini bildirmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen verilerde, *E. keuhniella* pupa sayısında

belirlenen azalışın, USD uygulaması ile larva döneminde oluşan enzim aktivitesindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

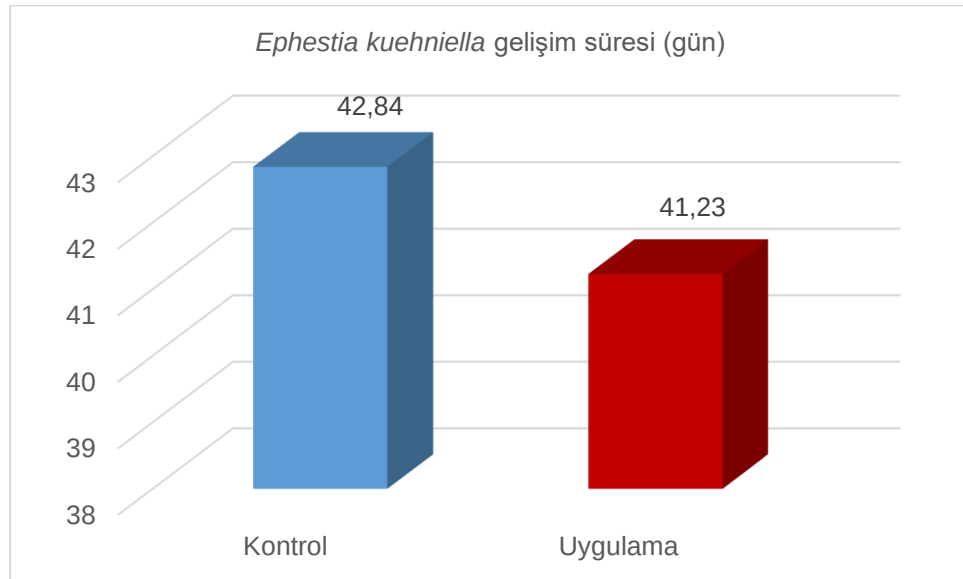
Çizelge 4.3. USD'nin pupa sayısına etkisi

Metot	Pupa (adet)
Uygulama	199
Kontrol	253
Chi-square	6.451
p-Value	0.011*

Pupa sayısında uygulama ve kontrol arasında önemli bir fark vardır. * $p < 0.05$

4.1.6. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın gelişim süresine etkisi

Kontrol ve uygulama gruplarında 0-24 saatlik 100'er yumurta ile başlanan denemede ilk ergin çıkıncaya kadar geçen süre gelişim süresi olarak kabul edilmiş ve günlük ergin çıkışları kayıt edilmiştir. Kontrol grubunda ilk ergin çıkışı 39. gün, son ergin çıkışı 61. gün olurken, uygulama grubunda ilk ergin çıkışı 39. gün, son ergin çıkışı ise 49. gün olmuştur. Ortalama gelişim süresi kontrol grubunda 42.84 gün, uygulama grubunda ise 41.23 gün olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubuna göre uygulama grubunda gelişim süresi %3.76 oranında azalmıştır (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın gelişim süresine etkisi (gün)

Kontrol ve uygulama grubunda *E. kuehniella* gelişim süresi istatistiki olarak incelenmiş, USD'nin gelişim süresine etkisi ($p<0.001$) önemli ölçüde etkili bulunmuştur (Çizelge 4.4.). Zha ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada, USD uygulamaları ile Yeşilkurt'un (*H. armigera*) pupa gelişiminin %14.5 düştüğünü bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada *E. kuehniella*'nın gelişim süresi sadece pupa gelişim süresi olmayıp, yumurta, larva ve pupa gelişim sürelerinin tamamı birlikte değerlendirilmiş ve kontrol grubuna göre %3.76 oranında bir azalma hesaplanmıştır. Bu sonuçlar dikkate alındığında, araştırmacıların çalışmaları ile araştırmamızdan elde edilen bulgular uygunluk göstermektedir.

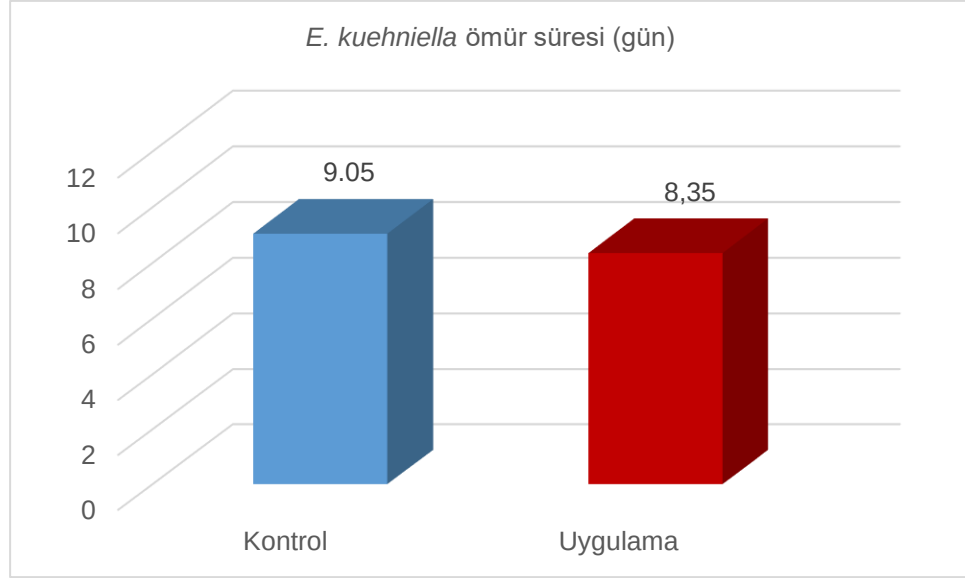
Çizelge 4.4. USD'nin *Ephestia kuehniella* gelişim süresine etkisi (gün)

Muamele	Birey sayısı	Gelişme süresi (gün)±SE
Kontrol	280	42.84±0.19
USD	198	41.23±0.13
t-test		-6.81
p-Value		0.0001*

Gelişme süresinde uygulama ve kontrol arasında önemli bir fark vardır. * $p<0.01$

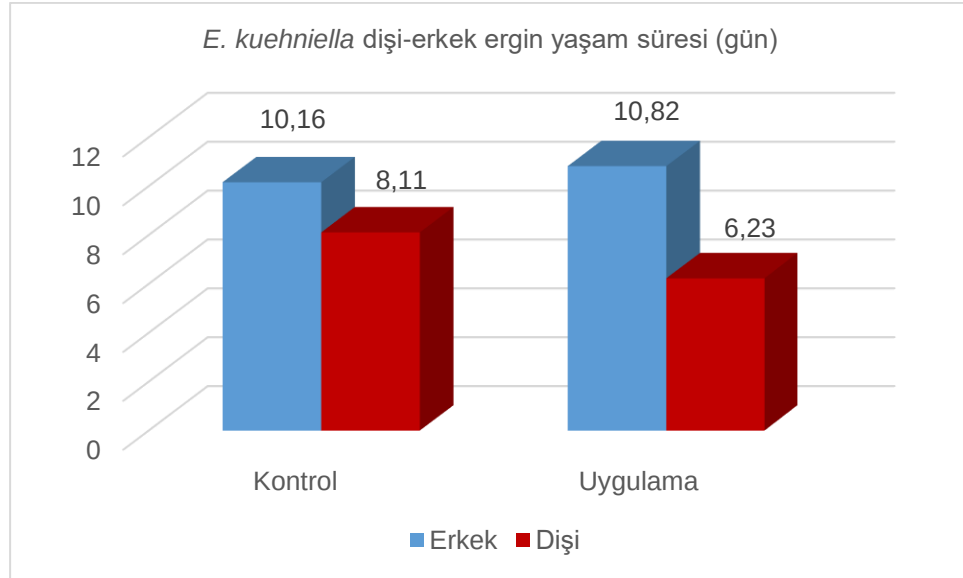
4.1.7. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nın ömür süresine etkisi

Kontrol ve uygulama ve grubundaki *E. kuehniella* ömürleri incelendiğinde, kontrol grubundaki ortalama genel popülasyon ömrü 9.05 gün iken uygulama grubunda ortalama ömür 8.35 gün olmuştur. Kontrol grubunda en kısa ömür 6 gün, en uzun ömür 12 gün olmuştur. Uygulama grubunda en kısa ömür 2 gün, en uzun ömür ise 13 gün olmuştur. Kontrol grubuna göre uygulama grubunda ortalama ömür süresi %7.68 oranında azalmıştır (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin ömrüne etkisi

Ephestia kuehniella ömür süresi cinsiyet bakımından incelendiğinde; kontrol grubunda en kısa erkek ömrü 7 gün, en uzun erkek ömrü 12 gün, ortalama erkek ömrü ise 10.16 gün olmuştur. Kontrol grubunda dişi bireylere bakıldığında, en kısa dişi ömrü 6 gün, en uzun dişi ömrü 11 gün, ortalama dişi ömrü ise 8.1 gün olarak hesaplanmıştır. Uygulama grubunda; en kısa erkek ömrü 6 gün, en uzun erkek ömrü 13 gün, ortalama erkek ömrü 10.8 gün, en kısa dişi ömrü 2 gün, en uzun dişi ömrü 8 gün, ortalama dişi ömrü ise 6.2 gün hesaplanmıştır. Kontrol grubuna göre erkek bireylerin ortalama ömrü %6.49 oranında artmış, dişi bireylerin ortalama ömrü ise %23.18 oranında azalmıştır (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. USD'nin *Ephestia kuehniella*'nin dişi-erkek ömrüne etkisi

Kontrol ve uygulama gruplarında *E. kuehniella* genel popülasyon ömrü ve ayrıca, dişi ve erkek ömrü açısından elde edilen veriler istatistiki olarak değerlendirilmiş, Çizelge 4.5'de bu değerler verilmiştir.

Çizelge 4.5. USD'nin genel popülasyon, dişi ve erkek ömrü (gün) üzerine etkisi

Muamele	Genel popülasyon ömrü (gün) $\pm$ SE	Dişi ömrü (gün) $\pm$ SE	Erkek ömrü (gün) $\pm$ SE
Kontrol	8.93 $\pm$ 0.32	8.11 $\pm$ 0.36	10.16 $\pm$ 0.423
USD	8.83 $\pm$ 0.50	6.23 $\pm$ 0.39	10.82 $\pm$ 0.413
t-test	-0,164	-3,517	1,110
p-Value	0.869	0.0016*	0,277

Dişi ömründe uygulama ve kontrol arasında önemli bir fark vardır. * $p < 0.01$

Çizelge 4.5. incelendiğinde uygulama grubunda USD'nin ortalama genel popülasyon ömrü üzerindeki düşüş etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğu ($p > 0.05$), dişi ömründeki azalışın istatistiki olarak oldukça önemli olduğu ($p < 0.05$), erkek ömründeki artışın ise istatistiki olarak önemsiz ($p > 0.05$) olduğu görülmektedir. Bu çalışmaya benzer bir çalışma yürüten Huang ve Subramanyam (2004), *P. interpunctella*'ya USD uygulamışlar ve genel popülasyon ömrünün USD uygulamaları ile etkilenmediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki genel popülasyon ömrüne USD'nin etkisi araştırmacıların elde ettikleri bulgular ile benzerlik göstermekle birlikte

yaptığımız çalışmada dişi ve erkek bireylerin ömrü ayrı ayrı incelenmiş olup, USD'nin dişi birey ömrünü önemli ölçüde (%23.18) azalttığı saptanmıştır.

4.1.8. *Ephestia kuehniella* tercih testi

Kontrol ve uygulama gruplarında larva ve ergin *E. kuehniella* için ayrı olmak üzere (yöntem bölümünde detaylı açıklanan) tercih testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiki olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. USD'nin *E. kuehniella* ergin ve larva yön tercihine etkisi

Muamele	Ergin (adet)	Larva (adet)
Kontrol	31	32
USD	29	28
Chi-square	0.133	0.533
p-Value	0.715	0.465

Tercih testi sonuçlarının değerlendirildiği Çizelge 4.6. incelendiğinde USD'nin ergin ($\chi^2=0.133$; $p>0.05$) ve larva ($\chi^2=0.533$; $p>0.05$) *E. kuehniella* bireylerinin yön tercihi üzerinde istatistiki olarak bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Benzer çalışmayı yürüten Trematerra ve Pavan (1995), *E. kuehniella*, *E. cautella* ve *P. interpunctella* erkek güvelerine, yarasaların ürettiği frekanslara benzer USD uyguladıklarında, güvelerin kanat açmayı durdurduklarını veya uçuşlarını sonlandırdıklarını bildirmişlerdir. Benzer diğer bir çalışmada hem uçan hem de koşan güveler, simüle edilmiş yarasa ultrasonik sinyallerine karşı yanıt olarak yere düşerek ve sonrasında hareketi durdurarak savunma davranışları sergilerler (Greenfiel ve Weber 2000). Çalışmamızda *E. kuehniellea*'nın tabi tutulduğu tercih testinde USD'in önemli bir etkisinin görülmemesinin sebebi, uygulanan frekansın pyralid güve avcısı yarasaların çıkardıkları sese benzediğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Ultrasonik Ses Dalgalarının *Sitophilus granarius*'un Üreme Gücüne ve Davranışına Etkisinin Belirlenmesi

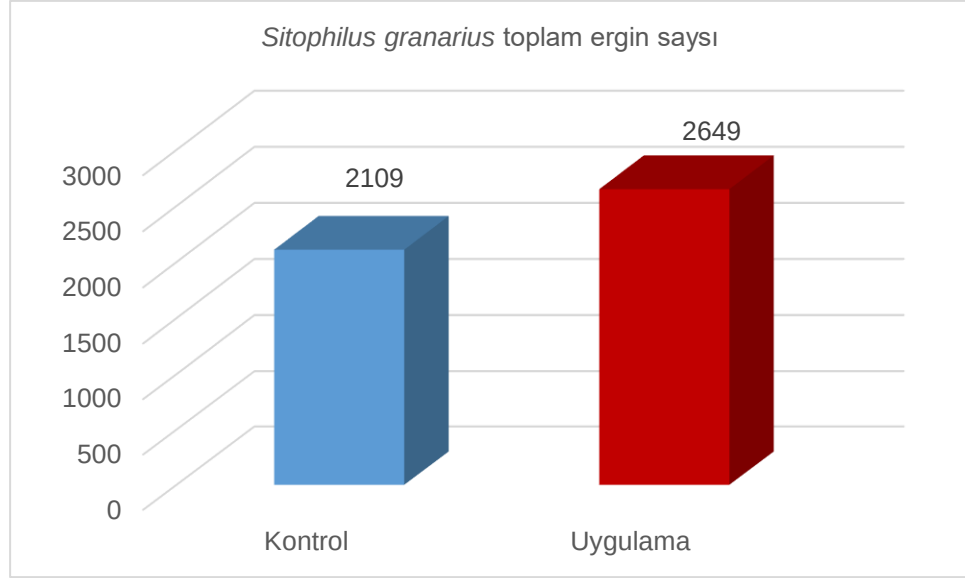
Ultrasonik ses dalgalarının *S. granarius*'un üreme gücüne ve davranışına etkisini belirlemek için 72 kHz frekansta kare dalga şekli (materyal ve yöntem kısmında

detaylı olarak açıklandığı gibi) kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, kontrol ve uygulama grupları; ergin sayısı, cinsiyet oranı, gelişme süresi, besinli ömür uzunluğu ve besinsiz ömür uzunluğu bakımından karşılaştırılmıştır. Ultrasonik seslerin *S. granarius*'un davranışına etkisini belirlemek için ise tercih testi uygulanmıştır.

4.2.1. USD'nin *Sitophilus granarius*'un toplam ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi

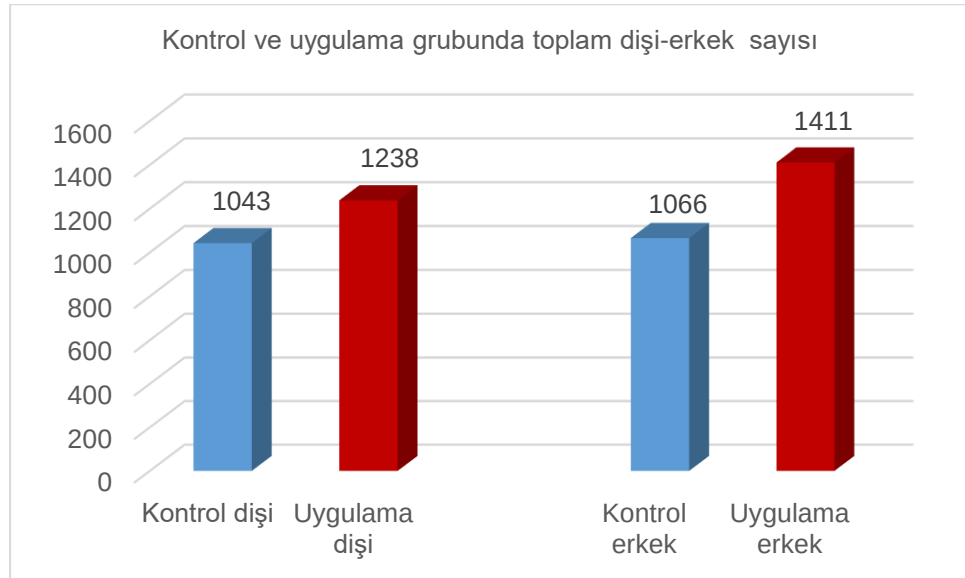
Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde başlangıçta 50 ergin olacak şekilde kurulmuştur. Erginler bırakıldıktan 6 gün sonra sayılarak geri toplanmış ve günlük gözlemler sonucunda ilk ergin 36 gün sonra çıkmıştır. Çıkış yapan erginler günlük olarak toplanmış ve cinsiyet tayini yapılmıştır.

Sitophilus granarius genel popülasyon değerlendirmesi için çıkış yapan ergin sayısına bakıldığında, kontrol grubunda toplam 2109 ergin çıkış yaparken USD'nin uygulandığı uygulama grubunda çıkış yapan ergin sayısı 2649 olmuştur. Kontrole göre uygulama grubunda %25.6 oranında bir popülasyon artışı olmuştur (Şekil 4.11.). Çalışmamız sonuçları ile paralellik gösteren, USD uygulanması ile böcek popülasyonunda artışın kaydediliği Huang ve ark. (2003)'nin yaptığı çalışmada, *P. interpunctella* sayısında kontrole göre %17 artış olduğunu bildirilmişlerdir. Ayrıca Zha ve ark. (2013), Yeşilkurt'un (*H. armigera*) üremesi ve gelişimine ultraseslerin etkisini inceledikleri çalışmada, ultrases olan kafeslerdeki dişi kelebeklerin kontrol grubuna göre, %11.7 daha fazla spermatofora sahip olduklarını ve %54.5 daha fazla yumurta bıraktıklarını bildirmişlerdir. Çalışmamızda ele alınan *S. granarius*, yumurtalarını buğday tanesi içine bıraktığı ve ergin oluncaya kadar gelişimini buğday tanesi içinde tamamladığı için *S. granarius*'un yumurtaları sayılmamakla birlikte, popülasyonda görülen artışın yumurta sayısındaki artıştan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.11. Kontrol ve uygulama gruplarında *Sitophilus granarius* 'un toplam ergin sayısı

Şekil 4.12 incelendiğinde kontrol grubundan toplam 1043 dişi birey çıkarken USD'nin verildiği uygulama grubundan ortalama 1238 dişi birey çıkmıştır. Kontrol grubuna göre USD'nin verildiği uygulama grubundaki dişi sayısı %18.7 oranında artmıştır. Kontrol grubundan toplam 1066 erkek birey çıkarken yine USD'nin verildiği uygulama grubundan 1411 erkek birey çıkmıştır. Kontrol grubuna göre erkek birey sayısı %32.4 oranında artmıştır.



Şekil 4.12. Kontrol ve uygulama gruplarında çıkış yapan *Sitophilus granarius* 'un toplam dişi-erkek sayısı

Uygulama grubuna verilen USD'nin etkisi istatistiki olarak incelendiğinde USD'nin *S. granarius* popülasyonunu önemli düzeyde arttırdığı ($p<0.05$) görülmüştür. Kontrole göre dişi sayısındaki artış ($p>0.05$) önemli bulunmazken, erkek sayısındaki artış ($p<0.01$) önemli bulunmuştur. Dişi/erkek eşey oranına bakıldığında, kontrol grubunda 0.98 iken uygulama grubunda bu oran 0.87 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7.).

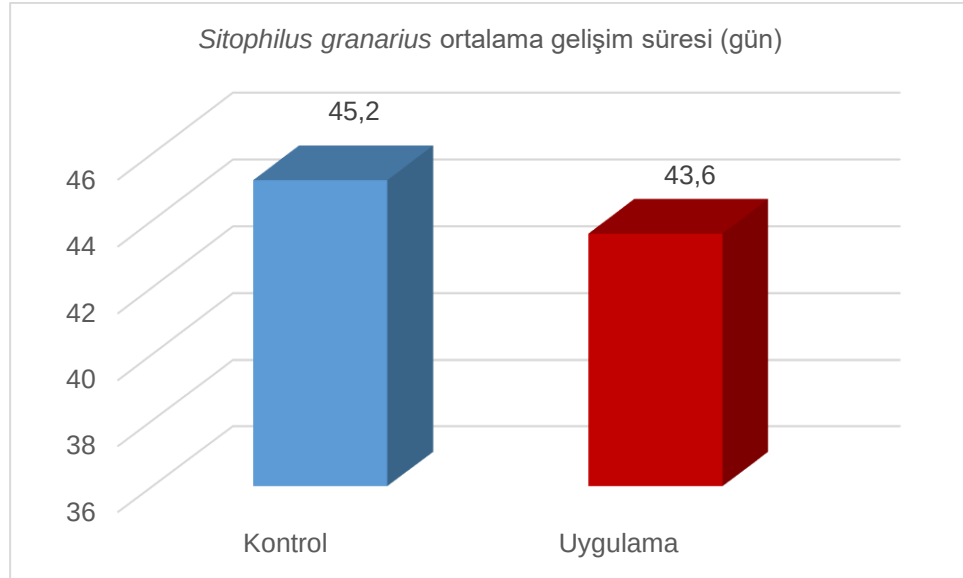
Çizelge 4.7. USD'nin ortalama ergin sayısı ve cinsiyet oranına etkisi

Muamele	Dişi (adet) ±SE	Erkek (adet) ±SE	Toplam Ergin (adet) ±SE	Dişi/Erkek Oranı
Kontrol	347±10.03	355±3.75	703±10.15	0.98
USD	413±25.35	470±13.45	883±33	0.87
t-test	2.39	8.2	5.21	
p-Value	0.11	0.009**	0.023*	

Toplam ergin ve erkek sayısında kontrol ve uygulama arasında önemli bir fark vardır * $p<0.05$, ** $p<0.01$

4.2.2. USD'nin *Sitophilus granarius*'un gelişim süresine etkisi

Kontrol ve uygulama sandıklarında bulunan *S. granarius* kültür kapları günlük olarak kontrol edilmiş, ilk ergin çıkışından itibaren günlük olarak çıkan erginler toplanmıştır. Denemenin kurulduğu tarih ile erginlerin günlük olarak toplandığı tarih arasındaki süre, gelişim süresi olarak hesaplanmıştır. Kontrol grubunda ilk ergin çıkışı 36. gün, son ergin çıkışı 95. gün olurken, uygulama grubunda ilk ergin çıkışı yine 36. gün, son ergin çıkışı ise 76. gün olmuştur. Ortalama gelişim süresi kontrol grubunda 45.2 gün, uygulama grubunda ise 43.6 gün olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.13.).



Şekil 4.13. *Sitophilus granarius* kontrol ve uygulama gruplarında ortalama gelişim süresi (gün)

Kontrol ve uygulama grubunda *S. granarius* 'un gelişim süresi istatistiki olarak incelenmiş, USD'nin gelişim süresini önemli ölçüde ($p < 0.001$) azalttığı belirlenmiştir. (Çizelge 4.8.). USD uygulamaları ile Yeşilkurt'un (*H. armigera*) pupa gelişiminin %14.5 düştüğünü bildiren Zha ve ark. (2013)'nin çalışmaları ile sonuçlarımız benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.8. USD'nin *Sitophilus granarius* gelişim süresine etkisi

Muamele	Birey sayısı (adet)	Gelişme süresi (gün)±SE
Kontrol	2413	45.15±0.11
USD	2343	43.57±0.08
t-test		-11.62
p-Value		0.0001*

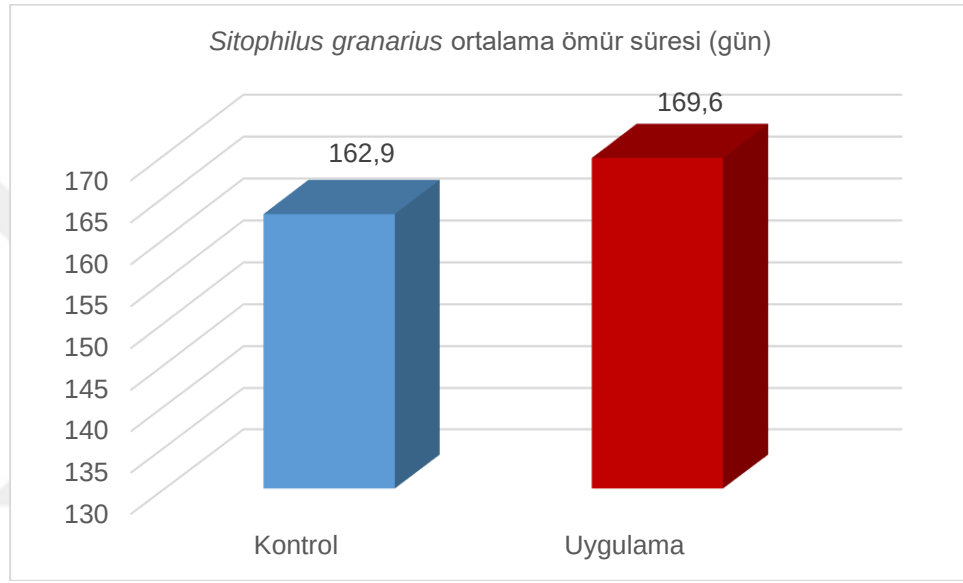
Gelişme süresinde kontrol ve uygulama arasında önemli bir fark vardır. * $p < 0.01$

4.2.3. USD'nin *Sitophilus granarius*'un ömür süresine etkisi

Stok kültür kaplarından alınan 0-24 saat yaşlı ergin bireyler ile kurulan ömür uzunluğunu belirleme denemesinde kontrol ve USD'nin verildiği uygulama sandıklarında ayrı ayrı besin verilen ve besin verilmeyen gruplar oluşturulmuştur.

4.2.3.1. USD'nin Besin verilen *Sitophilus granarius*'un ömür süresine etkisi

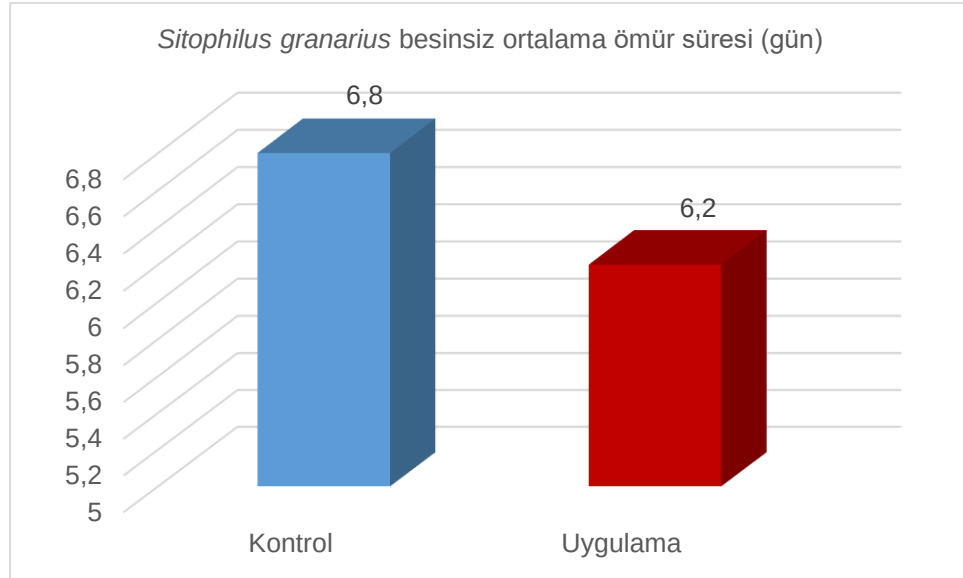
Besin verilen kontrol grubunda en kısa *S. granarius* ömrü 57 gün olurken uygulama grubunda en kısa ömür 86 gün olmuştur. Kontrol grubunda en uzun ömür 270 gün olurken uygulama grubunda en uzun ömür 220 gün olmuştur. Kontrol grubunda ortalama ömür süresi 162.9 gün hesaplanırken uygulama grubunda ortalama ömür süresi 169.6 gün olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.14.).



Şekil 4.14. Besin verilen kontrol ve uygulama gruplarında *Sitophilus granarius*'un ortalama ömür süresi

4.2.3.2. USD'nin Besin verilmeyen *Sitophilus granarius*'un ömür süresine etkisi

Besin verilmeyen kontrol grubunda en kısa *S. granarius* ömrü 5 gün olurken uygulama grubunda en kısa ömür 3 gün olmuştur. Kontrol grubunda en uzun ömür 10 gün olurken uygulama grubunda en uzun ömür 9 gün olmuştur. Kontrol grubunda ortalama ömür süresi 6.8 gün hesaplanırken uygulama grubunda ortalama ömür süresi 6.2 gün olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.15.).



Şekil 4.15. Besin verilmeyen kontrol ve uygulama gruplarında *Sitophilus granarius* 'un ortalama ömür süresi

Çizelge 4.9. incelendiğinde USD'nin *S. granarius* besinli ömür süresine ($p>0.05$) ve besinsiz ömür süresine ($p>0.05$) etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığı görülmektedir. Benzer çalışmada Huang ve Subramanyam (2004), USD'nin *P. interpunctella*'nın ergin ömrüne bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yapılan çalışma ile literatür kaynağı uygunluk göstermektedir.

Çizelge 4.9. USD'nin besinli ve besinsiz gruplarda *Sitophilus granarius* ömür süresine etkisi

Muamele	Besinli ömür (gün) $\pm$ SE	Besinsiz ömür (gün) $\pm$ SE
Kontrol	162.910 $\pm$ 4.78	6.57 $\pm$ 0.13
USD	169,570 $\pm$ 3.35	6.24 $\pm$ 0.13
t-test	1.140	-1.789
p-Value	0.255	0,075

4.2.4. *Sitophilus granarius* tercih testi

Kontrol ve uygulama gruplarında, ergin *S. granarius* dişi ve erkek bireyler için ayrı olmak üzere (yöntem bölümünde detaylı açıklanan) tercih testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiki olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.10. USD'nin *Sitophilus granarius* dişi ve erkek bireylerde yön tercihinin etkisi

Muamele	Dişi (adet)	Erkek (adet)
Kontrol	33	32
USD	27	28
Chi-square	1.2	0.533
p-Value	0.273	0.465

Tercih testi sonuçlarının değerlendirildiği Çizelge 4.10. incelendiğinde, USD'nin dişi ($\chi^2=1.2$; $p>0.05$) ve erkek ($\chi^2=0.533$; $p>0.05$) *S. granarius* bireylerinin yön tercihleri üzerinde istatistiki olarak bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Ultrasonik sesin kaçırıcı etkisinin görülmediği benzer çalışmalar mevcuttur. Koehler ve ark. (1986), ticari olarak satılan dokuz farklı firmanın ultrasonik cihazlarını, Alman Hamam Böceğine (*B. germanica*) karşı denemişler, *B. germanica*'nın ses uygulanan odaya, ses uygulanmayan odaya girdiği gibi kolayca girdiğini bildirmişlerdir. Tutkun (1981), 18500 Hz ultrasonik ses yayan Rat Patrol isimli cihazı, tarım depolarında zararlı olan *R. rattus* ve *R. norvegicus* karşı denemiştir. Söz konusu ultrasonik cihazın bu iki türe karşı kalıcı bir kaçırıcı etkisi olmadığını, 2-3 günlük bir alışma süresinden sonra bu türlerin tekrar depolardaki yiyecekler ile beslendiklerini hatta eskisine nazaran daha çok besin tükettiklerini rapor etmiştir. Yine farklı araştırmacıların farklı frekanslarda yaptıkları çalışmalarda USD'nin *T. bissellia*'ya (Takacs ve ark., 2003), *A. quadrimaculatus* ve *A. gambiae* ile Alman Hamam Böceğine (*B. germanica*), (Ahmad ve ark 2006; Huang ve Subramanyam 2006), *Blatta lateralis*'e (Uluca, 2016) karşı kaçırıcı etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Laboratuvar ortamında yürütülen bu çalışma ile *Ephestia kuehniella* ve *Sitophilus granarius*'a 72 kHz kare dalga şeklinde ultrasonik ses dalgaları (USD) verildiği zaman bu böceklerin popülasyon değişimleri ve USD'ye maruz bırakıldıkları tercih testi düzeneğinde, USD'ye doğru veya USD'den uzağa doğru olan yönelimleri tespit edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre;

Ephestia kuehniella çalışmaları sonucunda; popülasyondaki toplam birey sayısı %29.3 oranında azalmıştır. Popülasyondaki azalma, erkek birey sayısının %44.3, dişi birey sayısının %11 oranındaki azalmasından kaynaklanmış olup dişi birey sayısındaki azalma istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Ephestia kuehniella popülasyonundaki dişi/erkek eşey oranını kontrol grubunda 0.77 iken USD uygulanan grupta ise 1.25 olarak hesaplanmıştır. Eşey oranındaki değişim %62.3 oranında olmuştur.

USD, yumurta boyunu %5.9 ve yumurta ağırlığını %3.4 azaltmıştır.

USD, *E. kuehniella*'nın bıraktığı yumurta sayısını etkilememiş fakat popülasyondaki; birey sayısı, yumurta ağırlığı ve yumurta boyundaki azalma dikkate alındığında USD'nin yumurta açılım oranını azaltmıştır, denilebilir.

USD, *E. kuehniella* pupa olma oranı %21.3 azaltmıştır.

USD, *E. kuehniella*'nın gelişim süresini 1.61 gün azaltmıştır.

USD, *E. kuehniella* dişi bireylerinin ömrünü %23 oranında kısaltmış, erkek bireylerin ömrüne ise etki etmemiştir.

USD'ye maruz bırakılan *E. kuehniella* larva ve erginlerinin sese doğru yönelme veya sestten uzaklaşma davranışları yönünden istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Sitophilus granarius çalışmaları sonucunda;

USD, *S. granarius* popülasyonundaki toplam birey sayısını %25.6 oranında arttırmıştır.

USD, popülasyondaki erkek birey sayısını %32.4 oranında arttırmış, dişi birey sayısına etki etmemiştir.

S. granarius popülasyonundaki dişi/erkek eşey oranı kontrol grubunda 0.98 iken USD uygulanan grupta ise 0.87 olarak hesaplanmıştır. Eşey oranındaki değişim %12.6 oranında olmuştur.

USD, *S. granarius*'un gelişim süresini 1.6 gün uzatmıştır.

USD'ye maruz kalan ve besin verilen *S. granarius* bireylerinin ömrü ortalama 169.2 gün olarak hesaplanmış, kontrol grubunda ise 169.6 gün olarak hesaplanmıştır. USD, besin verilen *S. granarius* erginlerinin ömrü üzerinde istatistiki olarak bir fark oluşturmamıştır. USD'ye maruz kalan ve besin verilmeyen *S. granarius* bireylerinin ömrü ortalama 6.2 gün olarak hesaplanmış, kontrol grubunda ise ortalama 6.8 gün olarak hesaplanmıştır. USD besin verilmeyen *S. granarius* erginlerinin ömrüne etki etmemiştir.

USD'ye maruz bırakılan *S. granarius* dişi ve erkekleri sese doğru yönelme veya sestten uzaklaşma davranışları yönünden istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Sonuç olarak, 72 kHz kare dalga şeklindeki USD *E. kuehniella*'nın üreme gücünü azaltırken, *S. granarius*'un üreme gücünü arttırdığı tespit edilmiştir. Her iki böcek türü de tercih testinde USD'ye karşı önemli bir tepki vermemiştir.

Un fabrikaları ve depolarda *E. kuehniella* mücadelesi için bulunan bu sonuç tek başına yeterli olmamakla birlikte entegre mücadele yöntemleri içinde yer alan biyoteknik mücadele yöntemi olarak 72 kHz kare dalga şeklindeki USD tavsiye edilebilir. Ayrıca, *E. kuehniella* yumurtaları birçok predatör ve parazitoid üretiminde kullanılmaktadır. USD uygulaması ile *E. kuehniella* yumurta verimi arttığından faydalı böcek üretiminde *E. kuehniella* kültürlerine USD uygulanabilir. Ancak USD'ye maruz kalmış yumurtaların predatör ve parazitoid verimini nasıl etkilediği ayrıca çalışılmalıdır.

USD'nin etkisinin böcek türlerine ve uygulanan frekansa göre değiştiği bilinmektedir. Buğday depolarında zararlı olan *S. granarius* mücadelesi için bundan sonra yapılacak USD çalışmalarında bu çalışma ile etkisiz olduğu belirlenen 72 kHz frekansın dışında bir frekansın çalışılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- AHMAD, A., SUBRAMANYAM, B., ZUREK, L., 2006. Responses Of Mosquitoes and German Cockroaches to Ultrasound Emitted From a Random Ultrasonic Generating Device. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 123(1), 25–33.
- AFLITTO N., and DEGOMEZ T., 2014. Sonic Pest Repellents. College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, AZ).
- ALEXANDER, R., 1957. Sound Production and Associated Behavior in Insects. *The Ohio Journal of Science*. 57:2, 101-113.
- ANDERSON, J. and MANKIN, R. W., 2002. Comparison Of Particle Velocity And Sound Pressure Measurements In Anechoic And Medfly Bioassay Chambers. *Proceedings Of The Fourth Symposium On Agroacoustics*, January 2002, 8-16.
- ANDERSON, J. and MANKIN, R. W., 2003. Trapping Female Medflies (*Ceratitis capitata*) by Broadcast of Male Calling Song. First International Conference On Acoustic Communication By Animals, 27-30 July 2003 Maryland, p 3-4.
- ANONİM, 2021a. *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758). https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/d2ef5b76-32a1-4594-8332-c142fb8907f8 Erişim tarihi:24.03.2021.
- ANONİM, 2021b. *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879. https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/7d4f718f-8f60-4926-8176-fe0df9397a6e Erişim tarihi: 24.03.2021.
- ANONİM, 2021c. *Pyraloidea*. <http://download.ceris.purdue.edu/file/2225>. Erişim tarihi: 23.03.2021.
- ANONİM, 2021d. Ses Fiziği. <https://cdn2.beun.edu.tr/sbf/2017/03/17/ikt-ders-1.pdf>. Erişim tarihi: 23.03.2021.
- ANONYMOUS, 1981. Noise Effects Handbooks: A Desk Reference to Health and Welfare Effects of Noise. Environmental Protection Agency, (p.125), Washington D.C. (US).
- BENNET-CLARK, H.C., 1999. Resonators in insect sound production: how insects produce loud pure-tone songs. *Journal of Experimental Biology*, 202:(23) pp 3347-3357.
- BELWOOD J. J., 1988. The Influence Of Bat Predation On Calling Behavior In Neotropical Forst Katydid (Insecta: Orthoptera: Tettigonidae). University of Florida. Doktora Tezi.306 p.
- CONNER, W.E.,1999. Un chant d'appel amoureux: acoustic communication in moths. *The Journal of experimental Biology*, 202:1711–1723.
- ÇETİNKAYA, A., 2010. Bazı Böcek Türlerinin Ses Analizleri ve Zirai Mücadelede Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 80s.
- DEMİR, E., 2015. Tekirdağ'ın Tettigoniinae (Orthoptera: Tettigonidae) Faunasının Morfolojik ve Davranışsal Yönden Değerlendirilmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 88s
- DİKİLİTAŞ, M., BALAK, V., ve KARAKAŞ, S., 2016. Ses Dalgalarının Tarımsal Ürünlerin Muhafazası ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 20(4): 338-355.

- DİKİLİTAŞ, M, BALAK, V, ŞİMŞEK, E, KARAKAŞ, S . 2018. Ses Dalgaları ile Mikroorganizmaların Kontrolü. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22 (3) , 431-444. DOI: 10.29050/harranziraat.345131
- DÎNUTA, A., BUNESCU, H., ve BODÎŞ, I., 2009. Contributions to the Knowledge of Morphology of the Granary Weevil (*Sitophilus granarius* L.), Major Pest of the Stored Cereals. Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, 66.
- DORRSCHIEDT, G.J., ve RHEINLAENDER J., 1980. Computer generation of sound models for behavioural and neurophysiological experiments in insects. Journal of Insect Physiology, 26(11): 717–723.
- FAY, R. R. and POPPER, A., N., 2005. Introduction to Sound Source Localization. Springer Handbook of Auditory Research. 340 pp. Springer Science + Business Media, Inc., 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA.
- GREENFIELD, M.D., WEBER, T., 2000. Evolution Of Ultrasonic Signalling In Wax Moths: Discrimination Of Ultrasonic Mating Calls From Bat Echolocation Signals And The Exploitation Of An Antipredator Receiver Bias By Sexual Advertisement. Ethology Ecology & Evolution, 12 (3): 259-279.
- GÜMÜŞSUYU, İ., 1989. Böceklerde Sesli İletişim. Türk. Entomol. Derg.,13(2):109 121.
- HANSEN, J. D., 2001. Ultrasound Treatments to Control Surface Pests of Fruit, HortTechnology horttech, 11(2), 186-188.
- HUANG, F., SUBRAMANYAM, B., TAYLOR, R., 2003. Ultrasound Affects Spermatophore Transfer, Larval Numbers, And Larval Weight of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 39(4), 413-422.
- HUANG, F. ve SUBRAMANYAM, B., 2004. Behavioral and Reproductive Effects of Ultrasound on The Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 113(3), 157-164.
- HUANG, F. VE SUBRAMANYAM, B., 2006. Lack of repellency of three commercial ultrasonic devices to the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). Insect Science, 13, 61-66.
- İŞÇİ, C., 2006. Ultrasonik Ve Diğer Sivrisinek Kovucular. DergiPark Akademik, 1(4), 293-301.
- JOHNSON, W.G., 1896. The Mediterranean Flour Moth (*Ephestia kuehniella* Zell.) In Europe and America. Appendix To The Nineteenth Report Of The State Entomologist of Illinois. Springfield, Ill.,Ed, F. Hartman, State Printer 1896.
- KIDAK, R., 2005. Optimization Of Ultrasonic Reactors For Bacterial and Organic Matter Decay. Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 143s.
- KOEHLER , P.G, PATTERSON, R.S., WEBB, J.J., 1986. Efficacy of Ultrasound for *German Cockroach* (Orthoptera: Blattellidae) and *Oriental Rat Flea* (Siphonoptera: Pulicidae) Control. Journal of Economic Entomology, 79(4), 1027-1031.
- MANKIN R. W., 1994. Acoustical detection of *Aedes taeniorhynchus* swarms and emergence exoduses in remote salt marshes. Journal of the American Mosquito Control Association, 10 (2): 302–308.

- MANKIN R. W., MALAVASI A. and ACUINO C., 1996a. Acoustical Comparisons of Calling Songs from *Anastrepha* Species in Brazil. Fruit Fly Pests. eBook ISBN 9780367812430. Pp37-42
- MANKIN R. W., SHUMAN, D., COFFELT, J., A., 1996b. Noise Shielding of Acoustic Devices for Insect Detection, *Journal of Economic Entomology*, Volume 89, Issue 5, Pages 1301–1308.
- MANKIN R. W., SHUMAN, D., COFFELT, J., A., 1997. Acoustic Counting of Adult Insects with Differing Rates and Intensities of Sound Production in Stored Wheat. *Journal of Economic Entomology*, Volume 90, Issue 4, Pages 1032–1038.
- MANKIN R. W., CROCKER R. L., FLANDERS K. L. and SHAPIRO J. P., 1998. Acoustic detection and identification of insects in soil. *The Journal of the Acoustical Society of America* 103:5, p. 685-686.
- MANKIN, R. W., SHUMAN D. and WEAVER D. K., 1999. Thermal Treatments to Increase Acoustic Detectability of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in Stored Grain. *Journal of economic entomology*, 92(2), 453–462.
- MANKIN R. W., BRANDHORST-HUBBARD J, FLANDERS KL, ZHANG M, CROCKER RL, LAPOINTE SL, MCCOY CW, FISHER JR and WEAVER DK, 2000a. Eavesdropping On Insects Hidden In Soil And Interior Structures Of Plants. *J Econ Entomol*, 93(4):1173-1182.
- MANKIN, R. W., PETERSSON, E., EPSKY, N., HEATH, R., & SIVINSKI, J., 2000b. Exposure to Male Pheromones Enhances *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) Female Response to Male Calling Song. *The Florida Entomologist*, 83(4), 411-421.
- MANKIN R. W., LAPOINTE S.L., FRANQUI R. A., 2001. Acoustic Surveying Of Subterranean Insect Populations In Citrus Groves. *Journal Of Economic Entomology*, 94(4):853-9.
- MANKIN, R. W., 2002. Increase In Acoustic Detectability Of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) Larvae In Stored Products After Electrical Stimulation. *Florida Entomologist*, 85(3): 524-526.
- MANKIN, R. W. and FISHER, J.R., 2002a. Acoustic Detection of Black Vine Weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) Larval Infestations in Nursery Containers. *Journal of Environmental Horticulture*, 20 (3): 166–170.
- MANKIN, R. W. and FISHER, J.R., 2002b. Current and potential uses of acoustic systems for detection of soil insect infestations. <http://handle.nal.usda.gov/10113/29999>
- MANKIN, R. W., OSBRINK, W., OI, F. AND ANDERSON, J., 2002. Acoustic Detection of Termite Infestations in Urban Trees. *J. Econ. Entomol.* 95(5): 981-988
- MANKIN, R.W., ANDERSON, J.B., MIZRACH, EPSKY, A., N.D., SHUMAN, D., HEATH, R.R., MAZOR, M., HETZRONI, A., GRINSHUPUN, J., TAYLOR, P. W., ve GARRETT, S. L., 2004. Broadcasts of Wing-Fanning Vibrations Recorded from Calling Male *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) Increase Captures of Females in Traps. *J. Econ. Entomol.*, 97(4) : 1299–1309.

- MANKIN, R. W., 2006. Increase In Acoustic Detectability Of *Plodia interpunctella* Larvae After Low-Energy Microwave Radar Exposure. *Florida Entomologist*, 89(3): 416-418
- NAGUIB, M., WILEY, H., 2001. Estimating the distance to a source of sound: Mechanisms And Adaptations For Long-Range Communication. *Animal Behaviour*, 62:825–837.
- NAKANO, R., TAKANASHI, T., FUJII, T., SKALS, N., SURLYKKE, A., and ISHIKAWA, Y., 2009. Moths Are Not Silent, But Whisper Ultrasonic Courtship Songs. *The Journal of Experimental Biology*, 212 (Pt 24), 4072–4078. <https://doi.org/10.1242/jeb.032466>
- NJOROGE, A. W., MANKIN, R. W., SMITH, B. W., and BARIBUTSA, D., 2017. Effects of Hermetic Storage on Adult *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) Acoustic Activity Patterns and Mortality. *Journal of economic entomology*, 110(6), 2707–2715.
- NJOROGE, A. W., MANKIN, R. W., SMITH, B. W. and BARIBUTSA, D., 2018. Oxygen Consumption and Acoustic Activity of Adult *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) during Hermetic Storage. *Insects*, 9(2), 45.
- NJOROGE A, AFFOGNON H, RICHTER U, HENSEL O, ROHDE B, CHEN D, MANKIN R., 2019. Acoustic, Pitfall Trap, and Visual Surveys of Stored Product Insect Pests in Kenyan Warehouses. *Insects*, 10(4):105.
- NUROĞLU, E., 2016. Ses Dalgaları, Manyetik Alan ve Elektrik Alan Etkisinde Kurutulan Gıdalarda Mikotoksinlerin Tayini ve Fiziksel/Kimyasal Parametrelerin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 215s.
- OERKE E. C., DEHWE H. W., SCHÖNBECK E., WEBER A., 1994. Crop Production and Crop Protection. Elsevier, Amsterdam, NL., 808 p.
- ÖZAR, A., YÜCEL, A., 1982. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Ambarlanan Hububat Ürün Zararlıları Üzerinde Sürvey Çalışmaları. *Bitki Koruma Bülteni*, 22 (2) 89-98.
- PÉREZ, M. and ZHANTIEV R.D., 1976. Functional organization of the tympanal organ of the flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Journal of Insect Physiology* 22 (9), 1267-1273.
- POLLACK, G. S. and IMAIZUMI K., 1999. Neural analysis of sound frequency in insects. *BioEssays* 21(4), p 295-303.
- POTAMITIS I., GANCHEV T., KONTODIMAS D., 2009. On Automatic Bioacoustic Detection of Pests: The Cases of *Rhynchophorus ferrugineus* and *Sitophilus oryzae*. *J. Econ. Entomol.* 102(4): p. 1681-1690.
- REINHOLD, K., GREENFIELD, M. D., JANG, Y., BROCE, A., 1998. Energetic cost of sexual attractiveness: ultrasonic advertisement in wax moths. *Animal Behaviour*, 55(4): 905-913.
- ROBERT, D., 2005. Directional Hearing in Insects. *Springer Handbook of Auditory Research*. 340 pp. Springer Science + Business Media, Inc., 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA.
- SALEHI, S., S., RAJABPOUR A., RASEKH A., FARKHARİ M., 2016. Repellency And Some Biological Effects Of Different Ultrasonic Waves On Mediterranean Flour Moth, *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research* 69: 14-21.

- SHUMAN, D., COFFELT J., A, VICK K., W., MANKIN R., W. 1993. Quantitative Acoustical Detection of Larvae Feeding Inside Kernels of Grain, *Journal of Economic Entomology*, Volume 86, Issue 3, 1, pp 933–938.
- SHUMAN D., WEAVER D.K., MANKIN R.W., 1997. Quantifying Larval Infestation With An Acoustical Sensor Array And Cluster Analysis Of Cross Correlation Outputs, *Applied Acoustics*, Volume 50, Issue 4, Pages 279-296,
- SIMMONS, J., A., FENTON, M., B., FERGUSON, W., R., JUTTING, M., and PALIN J., 1979. Apparatus for Research on Animal Ultrasonic Signals. The Royal Ontario Museum, 100 Queen's Park, Toronto, Canada, M5S 2C6, 40p.
- SIMEON M. I, MOHAMMED A.S, ADEBAYO S. E., 2013. Development And Preliminary Testing of an Electronic Pest Repeller With Automatic Frequency Variation. *International Journal of Engineering Science Invention*. 2(1): 14-21.
- STEPHEN, R., HARTLEY J., 1995. Sound Production In Crickets. *Journal of Experimental Biology* 198: 2139-2152.
- SUBRAMANYAM, B. and HAGSTRUM D., W., 1996. Integrated Management of Insects In Stored Products. CRC Press, USA, 868 s.
- TAKACS, S., MISTAL, C., GRIES, G., 2003. Communication ecology of webbing clothes moth: attractiveness and characterization of male-produced sonic aggregation signals. *J. Appl. Ent.*, 127:127-133.
- TALBOT-SMITH, M., 2000. Sound Engineer's Pocket Book. Second Edition, Focal Press Oxford Auckland Boston Johannesburg Melbourne New Delhi, India, 227p.
- TREGENZA, T., SIMMONS, L.W., WEDELL, N., ZUK, M., 2006. Female preference for male courtship song and its role as a signal of immune function and condition. *Animal Behaviour*, 72: 809–818.
- TREMATERRA P. and PAVAN G., 1994. Role of ultrasound production and chemical signals in the courtship behavior of *Ephestia cautella* (Walker), *Ephestia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection* Volume 1. 591-594.
- TREMATERRA P. and PAVAN G., 1995. Ultrasound Production in the Courtship-behavior of *Ephestia cautella* (Walk.), *E. kuehniella* Z. and *Plodia interpunctella* (Hb.) (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Stored Prod. Res.* Vol. 31, No.1, pp 43-48.
- TREMATERRA P., 1998. Chemical, visual and acoustic stimuli in the courtship of Pyralid moths infesting stored products. *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection* Volume 2, p. 1446-1449.
- TÜRKMEN, O., S., 2016. Topraksız Hasıl Üretimi Ve Kullanım Olanaklarının Geliştirilmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Çanakkale, 82s.
- TUTKUN, E., 1981. Ambar, Depo Ve Silolarda Tarım Ürünlerine Zarar Veren Ev Sıçanı (*Rattus Rattus* L.) Ve Göçmen Sıçan (*Rattus Norvegicus* Berkenhout)'A Karşı Ultrasonik Dalga Yayınlayan Rat Patrol Aletinin Kaçırıcı Etkisi Üzerinde İncelemeler. *Bitki Koruma Bülteni*, 21(1), 40-46.

- ULUCA, M., 2016. *Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae) Üzerine Ultrasonik Zararlı Kovucuların Performansının Ölçülmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 45s.
- YACK, J., E., 2004. The Structure and Function of Auditory Chordotonal Organs in Insects. DOI 10.1002/jemt.20051. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com)
- YAZGAÇ, B., G., 2016. Süne ve Kımıl Zararlılarının Ses İşleme Yöntemleri İle Sınıflandırılması Ve Bir Gömülü Sistem Gerçeklemesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 95s
- VASUDEVAN, S.K., LOKESH, S., NAİR, V., AJEETH, K., ROHİT, S., 2013. Insects Intrusion Avoidance in Two Wheelers Using Ultrasonic Frequency. International Journal of Applied Engineering Research, 8(9), 1047-1051.
- WEAVER, D.K, SHUMAN, D., MANKIN, R.W., 1997. Optimizing and assessing the performance of an algorithm that cross-correlates acquired acoustic emissions from internally feeding larvae to count infested wheat kernels in grain samples, Applied Acoustics, Volume 50, Issue 4, Pages 297-308.
- YÜCEL, A., 1982. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Ambarlanmış Buğdaylarda Ambar Böceklerinin Neden Olduğu Ürün Kayıpları Hasat Öncesi, Hasat Sonrası Ürün Kayıpları Seminer Bildirileri. T.C. T.O.B., Zir. İşl. Gnl. Md.' lüğü, Merkez İkmal Müdürlüğü Basımevi, Ankara, 473-480.
- ZHA Y. and LEI C., 2012. Effects of Ultrasound-Stress on Antioxidant Enzyme Activities of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), Journal of Agricultural and Urban Entomology 28(1), 34-41.
- ZHA Y., CHEN J. , JIN Z., WANG C., LEI C., 2013. Effects of Ultrasound on the Fecundity and Development of the Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Agricultural and Urban Entomology, 29(1), 93-98.
- ZHA, YP., WU, XL., ZHANG, ZY.,CHEN J.Y.,CHEN, Q.C., 2021. Influence of ultrasound on juvenile hormone titers in *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). Sci Rep 11, 1450. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81227-2>.
- ZMTT, 2008. Zirai Mücadele Teknik Talimatları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Cilt 1, 295s.

YAYINLAR

- E. Erbil, A. B. Ucak, T. Tas, M. Karakus & C. Yetkin, 2020. Effect Of Foliar Application Of Iron (Fe) And Molibdenium (Mo) On Yield, Protein and Nodulation in Soybean Under Agro Climatic Conditions Of Sanliurfa Fresenius Environmental Bulletin (2020) Cilt : 29 Sayı : 4A Sayfa : 3033-3039
- Bilgili, A., Ayhan, H., Yetkin, C., İlkhan, A., Polat, M.S., 2018. The Status of Disease Sensivities of Some Advanced Lines of Barley in Sanliurfa Province. International Agricultural Science Congress, 9-12 Mayıs 2018, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, VAN. s: 280.

- Aksu Altun A., Yetkin C., Işık, Y., Özgen, İ., 2018. The Usability Of The Yellow Sticky Traps in Pistachio Psylla [*Agonosca pistaciae* Burck. And Laut. (Hemiptera: Aphalaridae)] Control. First International Gap Agriculture And Livestock Congress, April 25-27 2018, P: 367. Harran University, Şanlıurfa.
- Aksu Altun, A. ve C. Yetkin, 2018. Antepfıstığı Psillidi Mücadelesinde Çevre Dostu Yeni Bir Yöntem. Saban GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2018(1): 22-23.
- Yetkin C. ve Yanık E. 2016. Tarla sarmaşığı ile Beslenen *Titanio normalis*. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi. s.129.
- Özdikmen H., Şahin D.C. and Yetkin C. 2016. Chrysolina (paradiachalcoidea) daccordi in palaearctic region and remarks about the actual subgenera situation of Chrysolina in Turkey (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae). Mun. Ent. Zool. Vol. 11, No. 2, p.383-389.
- Özdikmen H., Şahin D.C. and Yetkin C. 2015. New records of subgenus paradiachalcoidea daccordi, 1978 and chrysolina dohrnii (Fairmaire, 1865) for Turkey (Chrysomelidae: Chrysomelinae: Chrysolina). International Conference on Sustainable Agriculture and Environment. p.122.
- Yetkin, C. 2015. A New Potential Biological Control Agent for Field Bindweed in Turkey: Titanio sp. XVIII. International Plant Protection Congress (IPPC) 2015, Abstract Book, 24-27 August 2015. Berlin-GERMANY. 505p.
- Bilgili, A., Yetkin, C., Mert, Z. 2015. A Survey of Wheat Rust Diseases in The GAP Region of Turkey. XVIII. International Plant Protection Congress (IPPC) 2015, Abstract Book, 24-27 August 2015. Berlin-GERMANY. 758p.
- Aksu Altun A., Yetkin C., Erbil E., Adıyaman C., 2015. The Entomological Problems Encountering The Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Cultivation in Sanliurfa Province. XVIII. International Plant Protection Congress, 24-27 August 2015, BerlinGermany. 720p.
- YETKİN C., YÜCEL, A., 2014. Şanlıurfa İlindeki Syrphidae (Diptera) Türleri ve Yayılışları. Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi. 3-5 Şubat 2014, Antalya, s:76
- ARSLAN, Z. F., YETKİN C., BİLGİLİ, A., 2014. GAP'ın Merkezi Şanlıurfa'da Herbisitlerin Kullanım Durumu ve Mevcut Sorunları. V. Bitki Koruma Kongresi, 3-5 Şubat 2014, Antalya, s:375.

- KÜP, F., SAĞLAM, R., YETKİN C., TOBİ, İ., ULUDAĞ, A., 2013 Organik Tarım Uygulamalarının Aşamaları ve Pratikte Karşılaşılan Sorunlar. 28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi 4-6 Eylül KONYA s.103
- YETKİN C., ARSLAN, Z. F., BİLGİLİ, A., 2013. Şanlıurfa İli'nde Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanım Durumunun ve Sorunlarının Belirlenmesi. I. Bitki Koruma Ürünleri ve Makineleri Kongresi, 2-5 Nisan 2013, Antalya s.295

