

Cemil YETKİN<sup>1a\*</sup>

Emine ÇIKMAN<sup>2a</sup>

<sup>1</sup>GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü  
Müdürlüğü

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Bitki Koruma Bölümü

<sup>1a</sup>ORCID: 0000-0001-6762-5302

<sup>2a</sup>ORCID: 0000-0003-4375-5043

\*Sorumlu yazar:

cemil.yetkin@tarimorman.gov.tr

DOI

<https://doi.org/10.46291/ISPECJASv05iss2pp267-274>

Alınış (Received): 10/02/2021

Kabul Tarihi (Accepted): 15/03/2021

#### Anahtar Kelimeler

Ultrasonik, ses, *Ephestia kuehniella*, pyralidae, değirmen güvesi, böcek

#### Keywords

Ultrasonic, sound, *Ephestia kuehniella*, pyralidae, flour moth, insect

## Farklı Frekans ve Dalga Şekillerindeki Ultrasonik Seslerin *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) Üzerindeki Davranışsal Etkisinin Belirlenmesi

### Özet

Zararlı böcekler ile mücadele için yapılan biyoteknik mücadele, böcek popülasyonunu olumsuz yönde etkileyen tüm ses, koku ve görsel etmenler yardımıyla, böceklerin zararını, ekonomik zarar eşliğinin altına düşürmeyi hedeflemektedir. Biyoteknik mücadele yöntemlerinden biri de böceklere karşı ses dalgalarının kullanılmasıdır. *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nın da dâhil olduğu güveler timpanal organları ile avcı yarasaların çıkardıkları 20-200 kHz frekanstaki sesleri algırlarlar. Uçuş sırasında ultrasonik ses algılayan bir pyralid güvesi hemen ani bir manevrayla ses kaynağından uzaklaşır veya kendini yere atarak hareketsiz kalmaktadır. Pyralid güvelerinin bu davranışından yola çıkarak, laboratuvar ortamında kurulan bir tercih testi düzeneğinde, 40-50 kHz (21 farklı frekans) arasındaki ultrasonik sesler sinüs ve kare dalga şekilleri ile *E. kuehniella* üzerinde 50 cm mesafeden uygulandı. Güvenin ultrasonik seslere maruz kaldığı zaman hareketsiz kalma veya kaçış davranışı incelendi. Araştırmanın sonucunda tercih tüneline bırakılan *E. kuehniella*'nın, hem ses verilmeyen kontrol uygulamasında hem de uygulanan bütün frekans ve dalga şekillerine karşı hareketsiz kaldığı tespit edildi.

### Determination of the Behavioral Effect of Ultrasonic Sounds at Different Frequencies and Waveforms on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

### Abstract

The biotechnical struggle against pests aims to reduce the damage of insects below the economic damage threshold with the help of all sound, odor and visual factors that negatively affect the insect population. One of the biotechnical control methods is the use of sound waves against insects. Moths including *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), detect the sounds emitted by predator bats at 20-200 kHz with their tympanal organs. During flight, a pyralid moth which detects ultrasonic sound, immediately moves away from the source of sound with a sudden maneuver or remains motionless by throwing itself to the ground. Based on this behavior of pyralid moths, sine and square waveforms between 40-50 kHz (21 different frequencies) were applied on *E. kuehniella*, in a choice test system in laboratory conditions. Ultrasonic waves were applied to *E. kuehniella* adults from a distance of 50 cm, who were in the choice tunnel. Motionless or escape behavior of the moth when exposed to ultrasonic sounds, was investigated. As a result of the research, it was determined that *E. kuehniella*, which were released in the choice tunnel, remained motionless both in the non-sound control application and against all applied frequency and waveforms.

## GİRİŞ

Tarımsal ürünler içerisinde depolanmış ürünler tüketime hazır durumda ve ekonomik olarak da en üst değerde oldukları için bunlarda meydana gelen kayıplar dikkat çekmektedir (Yücel, 1982). Bu kayıpları önlemek için yapılan kimyasal mücadelelerin oluşturdukları olumsuzluklar çevre ve insan sağlığı için önemli bir durumdur. Depolanmış ürünlerde zararlılara karşı uygulanacak kimyasal mücadele dışında çevre ve insan sağlığına zararı olmayan mücadele yöntemlerinin uygulanması doğal olarak en akılcı yoldur. Pestisit kullanımının neden olduğu sorunları en aza indirecek, çevreye zararsız ve agroekosisteme katkılar sağlayacak biyoteknik mücadele, 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 etkenler yardımıyla, böceklerin zararını, ekonomik zarar eşliğinin altına düşürmek için alınan önlemlerin tamamına denir.

Biyoteknik mücadele yöntemlerinden biri de böceklere karşı ses dalgalarının kullanımınıdır. Böceklerde ses üretiminin incelenmesi iki bin yıl öncesine kadar dayanmaktadır. Aristotle, Homoptera takımını ses çıkaran ve çıkarmayan böcekler olmak üzere iki ana sınıfa ayırmıştır (Alexander, 1957). Elektronik cihazlar kullanmak suretiyle ses dalgaları ile yapılan çalışmalar ise 1950'li yıllarda başlamıştır. Ses dalgalarının duyulabilen veya duyulamayan (ultrasonik) dalgalar olarak kullanıldıklarında canlılar üzerinde doz, frekans ve süreye bağlı olarak olumlu ve olumsuz etkileri mevcuttur. Bazı frekanstaki sesler organizmalar üzerinde büyüme ve gelişimi teşvik ederken bazı frekanstaki sesler ise içinden geçtiği ortamda fiziksel ve kimyasal değişiklik yapabilecek etkiye sahiptirler (Dikilitaş ve ark., 2016).

Ses dalgalarının böceklerin yaşam döngülerinde veya davranışlarında değişiklik yaptığına dair birçok bilimsel çalışma mevcuttur (Koehler ve ark., 1986; Reinhold ve ark., 1998; Hansen, 2001; Andersan ve Mankin, 2003; Ahmad ve ark., 2006; Potatamis ve ark., 2009; Zha ve ark., 2013; Aflitto ve DeGomez, 2014; Njoroge ve ark., 2018; Njoroge ve ark., 2019). İnsanlar 16 ile 20.000 Hz aralığındaki sesleri duyabilirken (Anonim, 1981), böceklerin bu aralıkta veya bu aralığın dışında olan ultrasonik dalgalara da tepki verdikleri bilinmektedir (Pollack ve Imaizumi, 1999). Ses dalgalarının sadece böceklerde değil, bakteri ve funguslar üzerinde de etkili olduğu bilinmektedir (Dikilitaş ve ark. 2018).

Pyralidae familyasına bağlı birçok güve timpanal organ vasıtası ile avcı yarasaların çıkardıkları 20-200 kHz frekanstaki sesleri algırlarlar (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).

Değirmen güvesi *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), özellikle un fabrikalarında buğday, irmik, un ve kepekte beslenerek ürün kaybına neden olur (Rees, 2007). Beslenme sonucu oluşan doğrudan zararın yanında, zararlı tarafından salgılanan ağların fabrikalardaki üretim zincirinde bulunan valslerde, boru ve ekipmanlarda ürün akışına önemli ölçüde engel olması, fabrikanın çalışma randımanını etkileyen en önemli faktörler arasındadır. Ayrıca *E. kuehniella*'nın pratik ve ekonomik olarak laboratuvarda kültüre alınabildiği, predatör ve parazitoit üretiminde araştırmacılara kolaylık sağladığı bilinmektedir (Mamay ve Mutlu, 2019).

Bu çalışmada, entegre mücadele yönetimi düşünülerek kimyasal mücadeleyi azaltmak için laboratuvarda üretilen *E. kuehniella* erginlerine karşı bazı ultrasonik ses dalgaları verildi ve güvelerin bu ses dalgalarına karşı yönelme, ses dalgalarından uzaklaşma veya hareketsiz

kalma gibi davranışsal tepkileri gözlemlendi.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü/Şanlıurfa laboratuvarında ve iklim odalarında, 2021 yılında

yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan *E. kuehniella* (Değirmen Güvesi) bireyleri (Şekil 1) % 65±10 orantılı nem, 27±1 °C sıcaklık koşullarına sahip iklim odasında kültüre alınmış, larva döneminde besin olarak ekmeklik tam buğday unu verilmiştir.



Şekil 1. *Ephestia kuehniella* ergini



Şekil 2. Sinyal üretici

GWINSTEK marka, AFG2225 model sinyal üretici ile (Şekil 2) ultrasonik frekanslar üretildi. Ultrasonik Elektrostatik

ESS16 model hoparlör (Şekil 3) kullanılarak, dijital sinyaller ultrasonik seslere dönüştürüldü.



Şekil 3. Ultrasonik hoparlör



Şekil 4. Amplifikatör

Hoparlör, UltraSoundGate Player 116 marka olan sinyal yükselteci bir amplifikatöre (Şekil 4) bağlandı. Böylece 100 dB şiddetinde ses üretildi. Ultrasonik hoparlörden çıkan sesleri doğrulamak için mikrofona ile bilgisayar arasında ara

bağlantıyı sağlayan Avisoft marka UltraSoundGate 116H model cihaz kullanıldı. Bu cihaz ultrasonik mikrofondan gelen analog sinyalleri dijital sinyallere dönüştürmek amacıyla kullanıldı (Şekil 5).



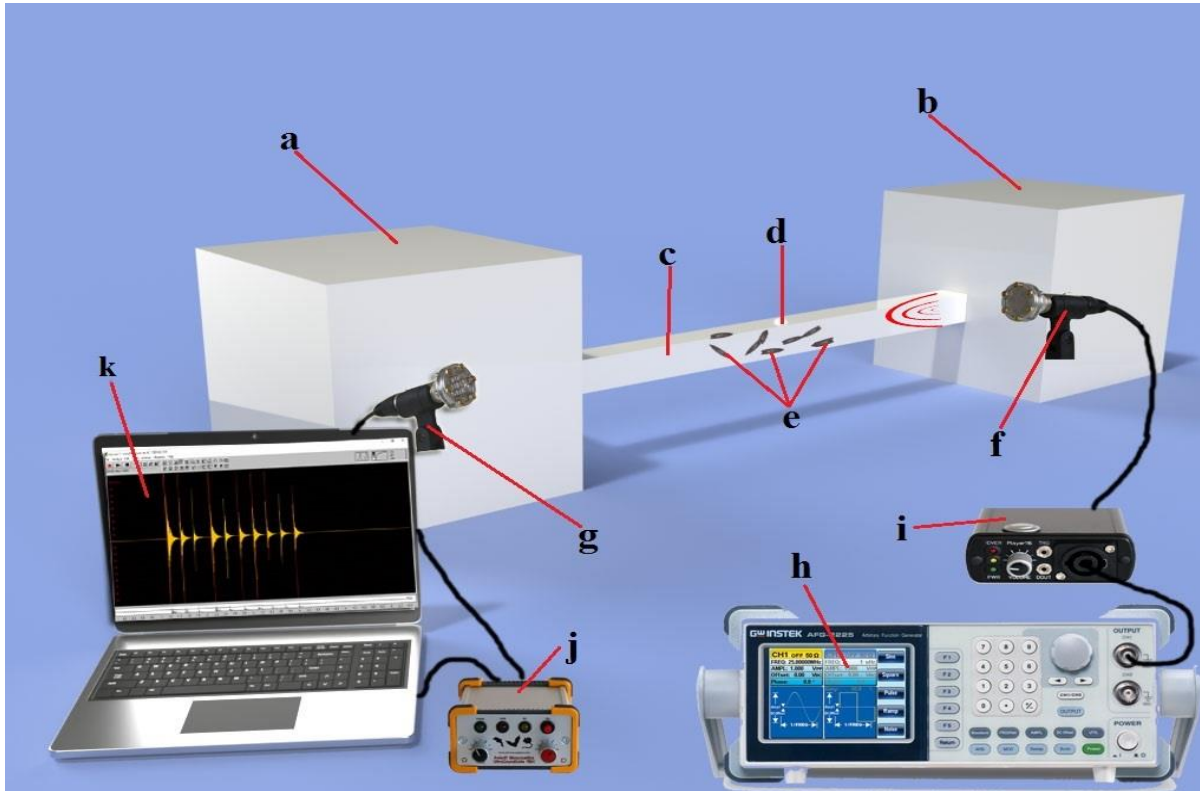
Şekil 5. Ultrasoundgate 116H



Şekil 6. Ultrasonik mikrofon

Çalışmada kullanılan frekansları ve ses şiddetlerini doğrulamak için donanım olarak 36 mm çapında Avisoft-Bioacoustics CM16 model bir ultrasonik mikrofon kullanıldı (Şekil 6). *Ephestia kuehnilla*'nın maruz kaldığı ultrasonik frekansları doğrulamak ve ses şiddetini ölçmek için bilgisayarda Avisoft SASLab Lite (sürüm 5.2.13) ve Avisoft Bioacoustics Recorder Usgh (sürüm 4.2.29) yazılımları kullanıldı.

Tercih düzeneğini kurmak için iki adet 40x40x40 cm ölçülerinde pleksigals malzemeden yapılmış kutu ve bu iki kutu arasında 5x5x100 cm ölçülerinde şeffaf pleksigals malzemeden yapılmış iki ucu açık, ortasında güvelerin bırakıldığı 1 cm çapında bir delik olan yürüyüş tüneli kullanıldı. Tercih düzeneği Şekil 7'de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 7. Tercih testinin uygulandığı sistem şeması: a. Kontrol kutusu, b. Şeffaf kutu, c. Şeffaf yürüyüş tüneli, d. Güvelerin bırakıldığı delik, e. *Ephestia. kuehnielle* erginleri, f. Ultrasonik hoparlör, g. Ultrasonik mikrofon, h. Sinyal üretici, i. Amplifikatör, j. Analog sinyalleri dijital sinyallere dönüştüren cihaz, k. Ultrasonik seslerin bilgisayarda analizi.

Kutulardan birisine ultrasonik ses veren hoparlör diğerine ise ultrasonik kayıt yapabilen mikrofon konuldu. Her iki kutu arasına güvelerin bırakıldığı şeffaf tünel yerleştirildi. Deneme süresince değiştirilen her bir frekans için bilgisayara kurulan

yazılım ve mikrofon vasıtası ile verilen frekanslar doğrulanarak, mikrofona ulaşan sesin şiddeti kayıt edildi. Verilen frekanslar ve analizi yapılan ses şiddetleri Çizelge 1’de görülmektedir.

**Çizelge 1.** Tercih testinde kullanılan ultrasonik frekanslar ve ses şiddetleri

Sinüs dalga şekli ile uygulanan frekans (kHz) Frequency applied with sine waveform (kHz)	Kontrol kutusunda ölçülen ses şiddeti (dB) Sound intensity measured at control Box (dB)	Güvenin bırakıldığı noktada ölçülen ses şiddeti (dB) Sound intensity measured at the point where the moth is released (dB)	Kare dalga şekli ile uygulanan frekans (kHz) Frequency applied with square waveform (kHz)	Kontrol kutusunda ölçülen ses şiddeti (dB) Sound intensity measured at control box (dB)	Güvenin bırakıldığı noktada ölçülen ses şiddeti (dB) Sound intensity measured at the point where the moth is released (dB)
40	64	100	40	76	100
40.5	50	100	40.5	72	100
41	52	100	41	62	100
41.5	63	100	41.5	84	100
42	96	100	42	100	100
42.5	76	100	42.5	83	100
43	88	100	43	100	100
43.5	48	100	43.5	52	100
44	96	100	44	80	100
44.5	48	100	44.5	64	100
45	59	100	45	45	100
45.5	28	100	45.5	24	100
46	60	100	46	72	100
46.5	76	100	46.5	72	100
47	100	100	47	100	100
47.5	100	100	47.5	96	100
48	87	100	48	96	100
48.5	100	100	48.5	100	100
49	80	100	49	92	100
49.5	74	100	49.5	88	100
50	40	100	50	4	100

Tercih testine öncelikle 45 kHz frekansta sinüs ve kare dalga şekilleri ile başlandı. Her dalga şekli için 0-24 saat yaşlı 4 dişi ve 4 erkek *E. kuehniella* teker teker bırakıldıktan sonra 10 dakika süre ile güvelerin hareketleri gözlemlendi. Daha sonra 15 dişi ve 15 erkek toplu halde tercih tüneline bırakılarak, 40 kHz den başlayan frekanslar 500 Hz artırılarak 50 kHz’e kadar hem sinüs hem de kare dalga şeklinde, 3 er dakika süre ile uygulandı ve uygulama süresince gözlem yapıldı. Kontrol çalışması olarak bütün uygulamalar aynı düzenekte fakat ultrasonik hoparlör çalıştırılmadan

yapıldı. Bütün denemeler 4 tekerrürlü olarak yürütüldü.

#### BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan çalışmada ultrasonik ses dalgalarının *E. kuehniella* erginleri üzerindeki davranışsal etkileri, sese doğrudan doğruya yönelme hareketi veya hareketsiz kalma olarak incelendi. Uygulanan tüm frekanslar (40-50 kHz) ve dalga şekillerinde (sinüs ve kare), *E. kuehniella* erginleri hareketsiz kaldılar. Benzer çalışmada, Salehi ve ark., (2016) *E. kuehniella* erginlerini 20-50 kHz aralığında ve dört farklı dalga şeklindeki ultrasonik ses

ile tercih testine tabi tutmuşlardır. Çalışmanın sonunda *E. kuehniella* erginlerinin 43, 44, 45 ve 46 kHz frekanslarda sinüs, kosinüs ve kare dalga şekillerinde istatistik olarak önemli ölçüde ses kaynağından uzaklaştıklarını belirtmişlerdir. Araştırmacıların verdiği grafik incelendiğinde 45 kHz frekansta sinüs, kosinüs ve kare dalga boylarında en fazla kaçış olduğu anlaşılmaktadır. Grafik dikkatle incelendiğinde sinüs ve kosinüs dalga şekilleri neredeyse aynı sonuçları vermiştir ve bu sonuç olması gereken bir sonuçtur çünkü sinüs ve kosinüs dalga şekillerinde böceklere ulaşan ses açısından herhangi bir fark yoktur.

Benzer metotla yapılan bu çalışmada ise kosinüs dalga şekli denenmeye gerek görülmemekle, Salehi ve ark. (2016)'nın etkili bulunduğu 45kHz frekansın 5kHz alt ve 5kHz üst frekansı ve ilgili araştırmada çalışılmayan 500 Hz'lik ara frekanslar ile birlikte toplamda 21 farklı frekans kare ve sinüs dalga şekilleri olarak uygulandı (Çizelge 1). Ayrıca yine ilgili çalışmadan farklı olarak verilen bütün frekanslar ultrasonik mikrofon ile kayıt edildi. Kayıt altına alınan ultrasonik sesler, bilgisayarda analiz edilerek verilen frekanslar doğrulandı. Ses şiddetleri (dB) de analiz edilerek, güvelerin bırakıldıkları nokta ile kaçmaları beklenen kontrol kutusu arasında ses şiddeti bakımından farklılıklar olmuş, güvelerin bırakıldığı noktada bütün frekanslarda ses şiddeti 100 dB olarak ölçülürken, kontrol sandığında ses şiddetinin uygulanan frekanslara göre değişen oranlarda düştüğü ölçüldü. Ses kaynağının olduğu sandık ile kontrol sandığı arasındaki ses şiddeti farkından dolayı güvelerin kontrol sandığına doğru hareket etmeleri beklendi. Ancak yapılan bütün denemelerde *E. kuehniella* erginleri kontrol kutusuna veya ultrasonik frekansın verildiği kutuya girmedi. Sadece bir güve ultrasonik ses kaynağının olduğu kutuya yöneldi, bir başka güve ise kontrol kutusuna doğru ilerledi fakat her iki güve de kutuya girmedi. Tüm uygulamalarda güveler tercih tüneline bırakıldıkları deliğin yakınlarında

hareketsiz kaldılar. Alınan gözlemler sonucunda herhangi bir istatistiki değerlendirmeye gerek görülmedi.

Benzer sonuçların alındığı, ultrasonik seslerin böcek davranışları üzerindeki etkilerinin incelendiği araştırmalarda; Trameterra ve Pavan (1995), *E. kuehniella*, *E. cautella* ve *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)'nın erkek güvelerine, yarasaların ürettiği frekanslara benzer frekanslarda kısa ultrasonik sinyaller verildiğinde kanat açmayı durdurduklarını veya uçuşlarını sonlandırdıklarını tespit etmişlerdir. Greenfield ve Weber (2000), hem uçan hem de koşan güveler, simüle edilmiş yarasalar ultrasonik sinyallerine karşı yanıt olarak yere düştüklerini ve sonrasında hareketlerini durdurarak savunma davranışları sergilediklerini bildirmişlerdir.

Pyralidae familyası dışındaki bazı böceklerin de ultrasonik ses dalgalarına maruz kaldıklarında, kaçış hareketi sergilemediklerine dair farklı çalışmalar da mevcuttur. Takacs ve ark. (2003), ses yalıtımlı bir ortamda *Tineola bisselliella* (Hum.) (Lep., Tineidae) erkekleri yakındaki bireyleri çağırırken ses şiddeti 55 dB, frekans ise 65-75 Hz olduğunu, Y-tüpü denemelerinde ise, çiftleşmemiş erkek ve dişi bireyler seslere tepki verirken, çiftleşmiş dişilerin tepkisiz kaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca Alman hamam böceği (*Blattella germanica* Orthoptera: Blattellidae), Doğu sıçan piresi (*Xenopsylla cheopis* Siphonoptera: Pulicidae), iki sivrisinek türü olan *Anopheles quadrimaculatus* ve *A. gambiae* (Diptera: Culicidae), Türkistan hamam böceği (*Blatta lateralis* Orthoptera: Blattidea) gibi böcekler üzerinde farklı cihazlar ile üretilen ultrasonik seslerin kaçırıcı etkilerinin olmadığı da bildirilmiştir. (Koehler ve ark., 1986; Ahmad ve ark., 2006; Huang ve Subramanyam, 2006; Uluca, 2016).

Böcek davranışları üzerinde beslenme diyetindeki farklılığın da etkili olduğu bilinmektedir. Salehi ve ark. (2016) çalışmalarında diyet olarak buğday unu, mısır unu, maya ve gliserin, Trematerra ve Pavan (1995) mısır unu, tam buğday unu,



yulaf ezmesi, bira mayası, bal ve gliserol karışımlarını besin olarak kullanmışlardır. Çalışmamızda *E. kuehniella*'nın besin diyeti olarak, böceğin un değirmeni ve buğday depolarında doğal olarak beslendiği besine en yakın olan tam buğday unu kullanıldı. Araştırma sonucunda elde edilen davranışsal farklılığın kullanılan besin diyetinden de kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

## SONUÇ

Farklı frekans ve dalga şekillerindeki ultrasonik seslerin *E. kuehniella* üzerindeki davranışsal etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmada kare ve sinüs dalga şekilleri ile birlikte 21 farklı ultrasonik frekans denendi. Tercih testi düzeneğinde yapılan bütün uygulamalarda değişen dalga şekilleri ve frekanslara maruz kalan *E. kuehniella* herhangi bir kaçış davranışı sergilenmedi ve hareketsiz kaldı. Daha önce yapılan çalışmalarda yarasaların ultrasonik sesler ile avlarının yerlerini belirledikleri ve uçuş sırasında ultrasonik ses algılayan bir pyralid güvesinin ani bir manevrayla ses kaynağından uzaklaştığı veya kendini yere atarak hareketsiz kaldığı bildirilmiştir. Bu bilgi dikkate alındığında, *E. kuehniella*'nın tercih testi denememizde hareketsiz kalması, avcı yarasalara karşı sergilediği bir savunma davranışı olarak düşünülmektedir. Bu çalışmanın sonucunda, *E. kuehniella*'nın bulunduğu ortamdan uzaklaştırılmasını hedefleyen gelecekteki çalışmalar için farklı frekansların denenmesi önerilmektedir.

## AÇIKLAMA

Bu çalışma, Cemil YETKİN'İN Doktora Tezinin bir kısmından yararlanarak hazırlanmıştır. Çalışmamızı destekleyen Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (HÜBAK, Proje No: 19097) birimine ve GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

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., Degomez T. 2014. Sonic pest repellents. College of Agriculture, University of Arizona (Tucson, AZ), 4pp.

Anderson, J., Mankin, R.W. 2003. Trapping female medflies (*Ceratitis capitata*) by broadcast of male calling song. First International Conference On Acoustic Communication By Animals, (pp 3-4): 27-30 July 2003 Maryland.

Alexander, R. 1957. Sound production and associated behavior in insects. *The Ohio Journal of Science*. 57(2): 101-113.

Anonim, 1981. Noise effects handbooks: a desk reference to health and welfare effects of noise. Environmental Protection Agency, (p.125), Washington D.C. (US).

Conner, W.E. 1999. Un chant d'appel amoureux: acoustic communication in moths. *The Journal of experimental Biology*, 202 (Pt 13): 1711-1723.

Dikilitaş, M., Balak, V., Karakaş, S. 2016. Ses dalgalarının tarımsal ürünlerin muhafazası ve bitki gelişimi üzerine etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(4): 338-355.

Dikilitaş, M., Balak, V., Şimşek, E., Karakaş, S. 2018. Ses dalgaları ile mikroorganizmaların kontrolü. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(3): 431-444.

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., Subramanyam, B. 2006. Lack of repellency of three commercial ultrasonic devices to the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *Insect Science*, 13: 61-66.

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.

Koehler, P.G, Patterson, R.S., Webb, J.J. 1986. Efficacy of ultrasound for German Cockroach (Orthoptera: Blattellidae) and Oriental Rat Flea (Siphonaptera: Pulicidae) control. *Journal of Economic Entomology*, 79(4): 1027-1031.

Mamay, M., Mutlu, Ç. 2019. Optimizing container size and rearing density for rapid and economic mass rearing of *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae). *Turkish Journal of Entomology*, 43 (4): 395-408.

Njoroge, A.W., Mankin, R.W., Smith, B. W., 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.

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.

Pollack, G.S., Imaizumi K. 1999. Neural analysis of sound frequency in insects. *Bioessays* 21(4): 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): 1681-1690.

Rees, D. 2007. *Insects of stored grain*. Australia, Collingwood VIC 3066: Csiro

publishing 150 Oxford Street (PO Box 1139).

Salahi, S.S., Rajabpour, A., Rasekh, A., Farkhari, 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.

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.

Trematerra, P., Pavan, G. 1995. Ultrasound production in the courtship-behaviour of *Ephestia cautella* (Walk.), *E. kuehniella* Z. and *Plodia interpunctella* (Hb.) (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Stored Prod. Res.*, 31 (1): 43-48.

Uluca, M. 2016. *Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae) üzerine ultrasonik zararlı kovucuların performansının ölçülmesi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

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., Ziraat İşleri Genel Müdürlüğü, Merkez İkmal Müdürlüğü Basımevi, Ankara, 473-480.

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.