

**FARKLI DALGA BOYUNA SAHİP İŞINLARIN
TÜRKİSTAN HAMAM BÖCEĞİ (*BLATTA LATERALIS*)
ERGİNLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Abdullah BURHAN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI DALGA BOYUNA SAHİP IŞINLARIN TÜRKİSTAN HAMAM
BÖCEĞİ (*BLATTA LATERALIS*) ERGİNLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Abdullah BURHAN
0000-0001-9991-2867

Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER
0000-0001-8053-5002
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

BURSA-2020
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Abdullah BURHAN tarafından hazırlanan "Farklı Dalga Boyuna Sahip Işınlardan Türkistan Hamam Böceği (*Blatta lateralis*) Erginleri Üzerine Etkisinin Araştırılması" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER

Başkan: Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER

0000-0001-8053-5002

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Bitki Koruma Anabilim Dalı

İmza:

Üye: Prof. Dr. Orkun Barış KOVANCI

0000-0002-6459-216X

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Bitki Koruma Anabilim Dalı

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Tufan Can ULU

0000-0003-3640-1474

Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Ziraat ve
Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma
Anabilim Dalı

İmza:

Yukarıdaki Sonucu Onaylıyorum

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

.... / / 2020

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı
- Bu tezin herhangi bir bölümünü, bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../ .../ 2020

İmza
Abdullah BURHAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI DALGA BOYUNA SAHİP IŞINLARIN TÜRKİSTAN HAMAM BÖCEĞİ (*BLATTA LATERALIS*) ERGİNLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Abdullah BURHAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER

Hamam böcekleri insanlar üzerinde alerjik etki gösterebilmekte ve çeşitli patojenik organizmaları taşıyabilmektedirler. Hamam böceği mücadelesinde genelde sulfluramid, fipronil ve imidacloprid gibi çevreye zararlı olan kimyasal maddeler (insektisitler) kullanılmaktadır. Fakat kullanılan kimyasal ilaçlara karşı böcekler direnç kazanabilmektedir. Ayrıca bu kimyasal maddeler insan sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bundan dolayı hamam böceği mücadelesinde kullanılan kimyasal insektisitlere alternatif olabilecek yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Son zamanlarda, özellikle LED ampüllerin üretilmesiyle, zararlı böceklerin mücadelesinde ışıkların kullanımına yönelim artmıştır. Farklı dalga boyuna sahip ışınların böceklere karşı öldürücü, kaçırıcı veya cezbedici etki gösterebileceği tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki amaç, hamam böceklerine karşı kullanılan kimyasalların yerini alabilecek, insan sağlığına ve çevreye zararsız olan bir metod geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda farklı dalga boylarına (kırmızı, yeşil, sarı, mavi, beyaz ve karanlık) sahip ışınların Türkistan hamam böceği (*Blatta lateralis*) üzerindeki etkisi araştırılacaktır. Bu araştırmada, ergin hamam böcekleri üç farklı ışık şiddetine (25, 250 ve 2500 lux) maruz bırakılmıştır. Elde edilen veriler, ışık şiddetine bağlı olarak farklı dalga boyuna sahip ışınlarla yönelim hassasiyetinin artabileceğini göstermektedir. Özellikle 2500 lux şiddetinde mavi ışığın uygulandığı odacıklara ergin hamam böceği yönelimi en düşük seviyede olup % 0.89 oranındadır. Işık şiddeti 25 lux seviyesine düşürüldüğünde, mavi ışığa yönelim artarak %9.52 olmuştur. Genel olarak en yüksek yönelim, tüm denemelerde karanlık odacığa olmuştur. Ayrıca tüm lux değerleri altında kırmızı ışığa yönelim, yeşil, sarı, mavi ve beyaz ışığa göre daha fazla olmuştur. Bu çalışma sonucunda, mavi ışığın hamam böcekleri üzerinde kaçırıcı bir etki gösterebileceği, kırmızı ışığın ise diğer dalga boylarına göre daha çekici olabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türkistan hamam böceği, *Blatta lateralis*, LED ışık, dalga boyu

2020, vii + 36 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION ON THE EFFECTS OF DIFFERENT WAVELENGTHS OF THE LIGHT ON THE TURKESTAN COCKROACH (*BLATTA LATERALIS*) ADULTS

Abdullah BURHAN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Plant Protection

Supervisor: Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER

Cockroaches may have an allergic effect on humans and carry various pathogenic organisms. In general, chemical substances (insecticides) such as sulfluramide, fipronil and imidacloprid are used to control cockroaches. However, insects can gain resistance against the chemicals used. In addition, these chemicals negatively affect human health and the environment. Therefore, new methods that can be used as an alternative to chemical insecticides used in cockroach control should be developed. Recently, especially with the production of LED bulbs, the use of lights in the control of harmful insects has increased. It has been found that rays of different wavelengths can have lethal, abducting or attracting effects against insects. The aim of this study is to develop a method which can replace the chemicals used against cockroaches, which is harmless to human health and environment. For this purpose, the effect of rays having different wavelengths (red, green, yellow, blue, white and dark) on Turkestan cockroach (*Blatta lateralis*) was investigated. In this study, adult cockroaches were exposed to three different light intensities (25, 250 and 2500 lux). The data obtained show that the sensitivity to the rays with different wavelengths may increase depending on light intensity. Especially, the orientation of adult cockroaches to the chamber where blue light with an intensity of 2500 lux was applied was at the lowest level of 0.89%. When the light intensity was reduced to 25 lux, the orientation to blue light increased to 9.52%. In general, the highest orientation was against the dark chamber in all trials. In addition, under all lux values, the orientation to red light was higher than green, yellow, blue and white light. As a result of this study, it has been determined that blue light may have an abusive effect on cockroaches and red light may be more attractive than other wavelengths.

Key words: Turkestan cockroach, *Blatta lateralis*, LED light, wavelength

2020, vii + 36 pages

TEŐEKKÖR

Bu tez alıŐmasının her aŐamasında bilgi ve tecrűbesinden yararlandığım, her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen danıŐman hocam Sayın Do. Dr. Nimet Sema GENÇER'e sonsuz teŐekkűrlerimi sunarım.

Abdullah BURHAN
..../.../2020

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. <i>Blatta lateralis</i> (Türkistan Hamamböceği).....	13
3.1.2. LED Işık Kaynakları	13
3.1.3. Deney Düzenegi	14
3.1.4. Yapışkan Tuzaklar	18
3.2.Yöntem	18
3.2.1. Denemenin Yapılışı.....	18
3.2.2. İstatistiksel Analizler	19
4. BULGULAR	20
4.1. Türkistan Hamam böceğinin Işık Kaynaklarına Olan Yönelimi	20
4.2. Türkistan Hamam Böceğinin En Yüksek Işık Şiddetinde (2500 Lux) İkili Kombinasyonlara Olan Yönelimi	23
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	29
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	38

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

lux

led

nm

UV

M²

°C

W

Açıklamalar

Işık şiddeti

Işık yayan diyot

Nanometre

Ultraviole Işıklar

Metre kare

Santigrat derece

Watt

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. LED ışık kaynakları	13
Şekil 3.2. Deney Şeması.....	15
Şekil 3.3. İkili kombinasyon şeması	16
Şekil 3.4. Deney düzeneği.....	17
Şekil 4.1. Üç farklı ışık şiddetine (25, 250 ve 2500 lux) sahip haznelere hamam böcekleri erginlerinin yönelimi ($F = 273.3549$; $df = 17,36$; $P > 0.0001$)	21
Şekil 4.2. Karanlık-kırmızı ışık kombinasyonu ($F = 187.4144$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)...	24
Şekil 4.3. Karanlık-mavi ışık kombinasyonu ($F = 8989.571$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)	25
Şekil 4.4. Karanlık-yeşil ışık kombinasyonu ($F = 2699.905$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)	26
Şekil 4.5. Karanlık-beyaz ışık kombinasyonu ($F = 1579.531$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$).....	27
Şekil 4.6. Karanlık-sarı ışık kombinasyonu ($F = 10095.09$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)	28

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Farklı şiddete sahip (25, 250 ve 2500 lux), farklı dalga boyundaki ışık kaynaklarına yönelen ortalama ergin sayısı (%) (F = 273.3549; df = 17,36; P > 0.0001)	20
Çizelge 4.2. Farklı lux değerlerinin (25, 250 ve 2500 lux), yönelim üzerine etkisi (F = 273.3549; df = 17,36; P > 0.0001).....	22
Çizelge 4.3. Farklı dalga boyundaki (Kırmızı, mavi, yeşil, beyaz ve sarı) ışık kaynaklarının yönelim üzerine etkisi (%) (F = 273.3549; df = 17,36; P > 0.0001)	22
Çizelge 4.4. Türkistan hamam böceğinin 2500 lux şiddetinde, farklı dalga boyundaki ikili ışık kombinasyonlarına yönelim oranları (%).....	23

GİRİŞ

Işık böcek davranışını ve gelişimini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Işığa en tipik yanıtlardan biri fototaksidir (Jander, 1963). Böcekler aşağıdaki fototaktik davranışları sergiler: (A) çekim (yani bir ışık kaynağına doğru hareket eden pozitif fototaksidir); bu tepki zararlıları yakalamak için kullanılabilir, ancak etkili dalga boyları ve yoğunlukları türler arasında farklılık göstermektedir (Hardie, 1989; Kinoshita ve Arikawa, 2000; Yang ve ark. 2003) ve (B) itme (yani, ışıktan uzaklaşan negatif fototaksi); bu, zararlıların, onları iten dalga boylarında ve yoğunluklarında ışık sunarak bir alana girmesini önlemek için kullanılabilir (Jander, 1963; Kim ve ark. 2013).

Işık dalga boyu (nm), yoğunluğu (lux), maruz kalma süresi ve frekansı (yanıp sönme sıklığı) böceklerin davranışlarını, üreme ve gelişme gibi yaşamsal faaliyetlerini etkileyebilmektedir (Johansen ve ark. 2011; Wang ve ark. 2013; Park ve ark. 2017). Özellikle de böceklerin ve akarların davranışsal hareketleri üzerinde, farklı dalga boyuna sahip ışık kaynakları etkili olmaktadır. Böceklerde başlıca bileşik gözlerde, başkalaşımı holometabola olan türlerin larvalarındaki stemmata'da, ocelli'de ve vücut dışı sensörlerde ışığı algılayan foto reseptör hücreler bulunmaktadır (Johansen ve ark. 2011). Yapay ışıklar, Entegre Mücadele kapsamında veya seralarda zararlıların ve hastalıkların kontrolünde faydalı olabilmektedir (Johansen ve ark. 2011). Genel olarak gece aktif olan bazı böcek türlerinin erginleri UV ışık kaynağına yöneldiği bilinmektedir. Bundan dolayı, popülasyon takibi veya kitlesel yakalama amaçlı çeşitli UV ışık tuzakları geliştirilmiştir (Shimoda ve Honda, 2013).

Farklı renkte ışık kaynakları çeşitli böcek türlerinde değişik etkiler göstermektedir. Mavi ışığın *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) erginine, yumurtasına, larvasına ve pupasına karşı öldürücü etki gösterdiği belirtilmiştir (Hori ve ark. 2014). Ayrıca, mavi veya yeşil LED ışıklar *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera:Aphididae), *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera:Agromyzidae), *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) ve *Spodoptera litura* Fab. (Lepidoptera, Noctuidae) zararlılarına karşı oldukça çekici bulunmuştur (Oh ve ark. 2011; Kim ve ark. 2012; Jeon ve ark. 2014; Yang ve ark. 2012; Yang ve ark. 2015a). Yeşil LED'ler *Plutella xylostella* (L.) (Lep: Plutellidae) ve

Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) erginleri için de cezbedicidir (Yang ve ark. 2015b; Park ve ark. 2014). Mavi LED'ler ise, diğer renklere kıyasla *Liriomyza sativae* Blanchard. (Diptera: Agromyzidae), *Sogatella furcifera* (Horvath) (Hemiptera: Delphacidae) ve *Nilaparvata lugens* Stal. (Hemiptera: Delphacidae) erginlerine karşı daha çekici bulunmuştur (Affeldt ve ark. 1983; Yang ve ark. 2013). Bundan başka Ashfaq ve ark. (2005), farklı dalga boyuna sahip ışık kaynaklarını (mavi, yeşil, sarı, kırmızı, siyah ve beyaz) kullanarak denemeler yapmış ve en az yönelimin (% 2,3) kırmızı ışık kaynağına, en çok yönelimin ise (% 46,5) UV (siyah) kaynağına olduğunu saptanmış ve tüm ışık kaynakları için, tuzaklara en çok yönelim gösteren böcek takımları sırasıyla Diptera, Coleoptera ve Lepidoptera olmuştur. Depo ürünlerinde zarar yapan bazı böcekler [(*Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) ve *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Acaridae) vd.)] üzerinde mavi ve kırmızı LED ışığın olumlu ve olumsuz etkisi konusunda çalışmalar yapılmıştır (Kim ve ark. 2013; Lee ve ark. 2015; Kim ve Lee, 2014; Jeon ve ark. 2012; Jeon ve Lee, 2016). Bundan başka ışıklandırmanın predatör gibi, tarımsal açıdan faydalı organizmaların faaliyetlerini de etkileyebildiği görülmüştür. Bu konuda tarımsal açıdan faydalı olan doğal düşman *Orius sauteri* (Poppius) (Het: Anthocoridae) üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Wang ve ark. 2013). Ayrıca böcekler ile mücadelede gece uygulanan ışıklandırma bitkilere de zarar verebilir. Işıklıdırımda pulsed LED kullanımı bu riski ortadan kaldırabilir. Örneğin Ishikura ve ark. (2010), bazı noctuid güve türlerinin [*S. litura* ve *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)] popülasyonunu baskı altına alırken krizantem gibi kısa gün bitkilerinde çiçeklenmeyi geciktiren ve kaliteyi düşüren kesintisiz sarı ışık kaynağı yerine pulsed LED kullanmışlardır. Böylece, pulsed LED sarı ışık yaymasına rağmen, çiçeklenmede herhangi bir gecikme olmadan güveler ile başarılı bir şekilde mücadele edilmiştir.

Birçok istilacı hamamböceği türü, dünya çapında önemli kentsel ev zararlıları haline gelmiştir. Bunların yayılması insan ticaretine ve hareketlerine bağlanmıştır ve Alman hamamböceği, *Blattella germanica* (Linnaeus) (Dictyoptera: Blattellidae) ve Amerikan hamamböceği, *Periplaneta americana* (L.) (Dictyoptera: Blattidae) gibi bazı türler kozmopolittir. Türkistan hamamböceği, *Blatta lateralis* (Walker) (Dictyoptera:

Blattidae), güneybatı Amerika Birleşik Devletleri'nde istilacı bir tür haline gelmiştir. Türkistan hamamböceği, Orta Doğu'nun Afganistan, Pakistan, Özbekistan ve Güney Rusya'nın da bulunduğu Libya'dan doğuya doğru Orta Asya'ya kadar uzanan geniş bir bölgede yaşamaktadır. Hamamböcekleri Hindistan'ın Punjab Eyaleti'nin Ludhiana bölgesinin kentsel bölgelerinde toplanmıştır ve kil zeminli evlerde Orta Asya'da hane halkı zararlıları olarak kabul edilmektedir (Kim ve Rust, 2013).

Hamam böcekleri insanlar üzerinde alerjik etki gösterebilir ve çeşitli patojenik organizmaları taşıyabilirler (Ahmed ve ark. 2011; Rosenstrich ve ark. 1997). Hamam böceği mücadelesinde genelde sulfluramid, fipronil ve imidacloprid gibi çevreye zararlı olan kimyasal maddeler (insektisitler) kullanılmaktadır (Rust ve ark. 1995). Bununla birlikte, kullanılan kimyasal ilaçlara karşı böcekler direnç kazanabilmektedir (Ko ve ark. 2015). Ayrıca bu kimyasal maddeler insan sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bundan dolayı hamam böceği mücadelesinde yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Koehler ve ark. (1987), 350 ile 700 nm arasındaki dalga boyuna sahip ışık kaynaklarını kullanarak yaptıkları deneyde Alman hamamböceği'nin bileşik gözlerini incelemiş ve ışığa olan hassasiyetini araştırmıştır. Çalışma sonucunda, yeşil veya UV ışık Alman hamamböceği'nin davranışsal hareketlerini % 30 oranında değiştirdiğini, sarı ve kırmızı ışığın ise bir etki göstermediğini ileri sürmüştür. Aksine, Zhukovskaya ve ark. (2017), yeşil ışığın *P. americana* erginlerinde hareketliliği teşvik ettiğini, loş UV ışık kaynağının ise erginlerin hareketsiz kalmasına sebep olduğunu belirtmektedir. Bu araştırmalardaki farklılıklar, ışığa verilen tepkinin böcek türleri arasında değişim göstermesinden kaynaklandığını göstermektedir (Hori ve ark. 2014).

Son zamanlarda, özellikle LED ampüllerin üretilmesiyle, zararlı böceklerin mücadelesinde ışıkların kullanımına yönelim artmıştır (Shimoda ve Honda 2013). Farklı dalga boyuna sahip ışıkların böceklere karşı öldürücü, kaçırıcı veya cezbedici etki gösterebileceği tespit edilmiştir (Pate ve Curtis, 2001; Ashfaq ve ark. 2005; Van Langevelde ve ark. 2011; Shimoda ve Honda, 2013; Hori ve ark. 2014). Ülkemizde, hamam böceklerinin ışığa yönelimi konusunda herhangi bir literatüre rastlanmamıştır. Ancak, Uluca ve Karaca (2016), ultrasonik zararlı kovucuların Türkistan hamam

böceği üzerine etkisi konusunda çalışmalar yapmıştır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, hamam böceklerine karşı kullanılan kimyasalların yerini alabilecek, insan sağlığına ve çevreye zararsız olan, bir mücadele metodu geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada farklı dalga boylarına sahip ışınların Türkistan hamam böceği üzerindeki etkisi araştırılacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ashfaq ve ark. (2005), farklı dalga boyuna sahip ışık kaynaklarını (mavi, yeşil, sarı, kırmızı, siyah ve beyaz) kullanarak böcek tuzaklarını iki farklı araziye yerleştirmiştir. Bu araştırmada tuzaklara gelen böcekler sayıldığında en az yönelim (% 2,3) kırmızı ışık kaynağına olurken, en çok yönelim (% 46,5) UV (siyah) kaynağına olduğu saptanmıştır. Tüm ışık kaynakları için, tuzaklara en çok yönelim gösteren böcek takımları sırasıyla Diptera, Coleoptera ve Lepidoptera olmuştur.

Koehler ve ark. (1987), yaptıkları çalışmada Alman hamamböcekleri'nin renkleri algılayabildiğini belirtmektedirler. Bileşik gözün dorsal kısmının elektoretinogramları, spektrumun mavi-yeşil kısmında (490 nm) büyük ve ultraviyole'de (365 nm) küçük olan iki hassasiyet noktasından oluşmaktadır. Bununla birlikte, aktigrafik analiz, UV ışığının, karanlıkta adapte olan erkeklerde ışığın başlangıcına bir tepki olarak, lokomotor aktivitesinin en yüksek seviyelerini uyardığını göstermiştir. Yeşil ışık, UV kadar, yaklaşık % 30 oranında aktiviteyi etkilemektedir; sarı ve kırmızı ışık, hareket kabiliyetini etkilememiştir. Sarı ışık kırmızıdan daha fazla aydınlatma sağladığından ve görünüşe göre hamamböceği hareketini etkilemediğinden, gece aktivitelerini gözlemlenmek ve video kaydetmek için önerilmektedir.

Okada ve Toh (1998), tarafından yapılan çalışmada Amerikan hamamböceği, *Periplaneta americana*'nin kaçış davranışları incelenmiştir. Hamamböceklerinin karanlık bir sığınağı seçmelerine ve altına saklanmalarına izin verildiğinde kaçış davranışı etkili bir şekilde son bulmuştur. Kaçış koşusunda gölgeye bağlı bu duraklama (gölge tepkisi) çok düşük ışık seviyelerinde de (0.01 lux'den az) gözlenmiştir. Ocelli ve bileşik gözlerin gölgeye verdiği tepkiler incelenmiştir. Her iki bileşik gözün iptal edilmesi, gölge tepkisinin tamamen ortadan kalkmasına neden olmuştur. Sadece ocelli'si iptal edilen böceklerin gölgeli alanlarda, özellikle de düşük ışık koşullarında barınma olasılığı daha düşük bulunmuştur. Bileşik gözlerden gelen girdiler, gölge yanıtı için çok önemli görünmektedir. Ocellus, bileşik gözün fonksiyonunu artırabilir ve ocellus'un modülatör fonksiyonu düşük ışık koşullarında etkilidir.

Heimonen ve ark. (2006), hamamböceği fotoreseptörlerinde ışık seviyelerinin optimizasyonunu incelemiştir. Böceklerin bileşik gözlerinde bulunan ommatidia'da fotoreseptörler bulunmaktadır. Fotoreseptörler genellikle ommatidiumdan ommatidiuma çok az değişiklik gösterir. Bununla birlikte, hamamböceğinin (*P. americana*) büyük bileşik gözlerinde, önceki çalışmalar ommatidia arasındaki optik yapıda büyük farklılıklar göstermiştir. Anatomik olarak, ilk sinapsta 6-20 fotoreseptör sinyalinin ikinci dereceli hücreye toplandığını belirtmektedir. Burada, hamamböceği fotoreseptörlerinde, hassasiyet, adaptasyon hızı, açısal hassasiyet ve sinyal-gürültü oranı açısından beklenmedik şekilde büyük ve görünüşte rastgele işlevsel bir değişkenlik göstermiş ve karakterize edilmiştir. Ayrıca fotoreseptör aksonlarında ışığa bağlı membran depolarizasyonu ile tetiklenen aksiyon potansiyellerinin etkileri araştırılmıştır. Burada bildirilen işlevsel özelliklerin kombinasyonu, bileşik gözler arasında benzersizdir. İnce ve uzun fotoreseptör aksonlarının proksimal kısımlarından veya küçük ve uzak ikinci dereceden nöronların kayıtları mevcut yöntemlerle pratik değildir. Bu veri eksikliğini azaltmak için, fotoreseptör somata ve distal aksonlarından yapılan kayıtlara dayanarak, 12 fotoreseptör sinyalinin işlevsel değişkenliğini, başak kodlamasını ve bir araya getirilmesini taklit eden bilgisayar simülasyonları kullanılmıştır. Simüle edilmiş ikinci dereceden bir hücrenin öngörülen tepkileri, fonksiyonel olarak özdeş fotoreseptörlerin bir simülasyonu ile karşılaştırıldığında simüle edilmiş ışık uyarıcılarını şaşırtıcı bir şekilde güvenilir olarak takip etmektedir. Hamamböceği fotoreseptörlerinin düşük parlaklıkta doğal olarak güvenilir ışık sinyallerini anlamayı sağlamak ve çoğunlukla loş yaşam koşullarında görüşü optimize etmek için aksiyon potansiyeli kodlamasını ve bir tür popülasyon kodlama şemasını kullandıkları varsayılmıştır.

Zilahi-Balogh ve ark. (2006), ışık yoğunluğunun, fotoperiyodun ve sıcaklığın beyaz sinek parazitoidleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Kısa süreli laboratuvar deneylerinde, Sera beyaz sineği (*Trialeurodes vaporariorum*) üzerinde etkili olan iki parazitoitin (*Encarsia formosa* Gahan ve *Eretmocerus eremicus* Rose ve Zolnerowich) beslenme ve yumurtlama aktivitesi üzerine ışık yoğunluğu, fotoperiyod ve sıcaklığın etkisini incelemiştir. *E. eremicus*, 24°C ve 20°C'deki ışık yoğunluğu ve fotoperiyodun tüm kombinasyonlarında, *E. formosa*'dan beyaz sinekleri önemli ölçüde daha fazla parazitleyebilmiştir. *E. formosa* ve *E. eremicus* 24 °C'de, düşük ışık şiddeti

(12-14 W/m²), kısa gün (L 8:D 16 h) uygulamasına göre yüksek ışık şiddeti (112-114 W/m²)-uzun gün (L 16:D 8 h) uygulamasında yaklaşık iki kat daha fazla beyazsinek parazitleyebilmişlerdir. Çoğunlukla 20 ve 24°C'deki parazitoidlerle birlikte yerleştirilmiş yaprak kafeslerinde, parazitoit içermeyen yaprak kafeslerinden önemli ölçüde daha fazla ölü beyazsinek kaydedilmiştir, bu da konukçu beslemesinin meydana geldiğini göstermektedir. Hem *E. formosa* hem de *E. eremicus*'un simüle edilmiş yaz uygulaması (yani, yüksek ışık yoğunluğu [82.0 - 83.6 W / m²]; uzun gün koşullarında [L 16: D 8 s], 24 °C), kış uygulamasına (yani, düşük ışık yoğunluğu [10.8 - 11.1 W / m²]; kısa gün uzunluğu [L: D6 saat], 20 °C) göre çok daha fazla beyazsinek parazitlediği tespit edilmiştir. Ek olarak, kış uygulaması altında *E. eremicus* ile bulaştırılmış yaprak kafeslerinde, *E. formosa* ile bulaştırılan kafeslere göre daha fazla ölü beyazsinek görülmüştür. *E. eremicus*'un konukçu beslenmesinde *E. formosa*'dan daha fazla beyazsinek tükettiğini göstermektedir. Diğer uygulama kombinasyonları için durum farklıdır. *E. eremicus*, *E. formosa*'ya göre daha fazla parazitizm ve konukçu beslenmesi göstermektedir ve serada beyazsinek ölümüne neden olmaktadır. Bundan dolayı, kış aylarında 20°C'den yüksek sıcaklıklarda kullanılması tavsiye edilmektedir.

Wang ve ark. (2013), ışık şiddeti ve dalga boyunun, predatör *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae)'nin gelişimi, üremesi ve lokomotor aktivitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Işık dalga boyu ve yoğunluğu, eklembacaklıların gelişimini ve üremesini etkileyebilecek olan fiziksel faktörlerdir. Bu çalışma, *O. sauteri*'nin, beş ışık yoğunluğu (1000, 2000, 3000, 4000 ve 5000 lüks) altında ve sabit sıcaklıkta (25 °C) ve RH'de (% 70) beş dalga boyu altında [kırmızı (678.5 nm), yeşil (620.0 nm), sarı (581.7 nm), mavi (478.1 nm) ve beyaz (tüm dalga boyları)], gelişmekte olan üreme ve lokomotor aktivitesini incelemiştir. Özellikle ilk üç nimf dönemindeki etkilerden dolayı, nymphal gelişme süresi düşük ışık yoğunluklarında uzamıştır. Beyaz, sarı ve yeşil ışığın altında, *O. sauteri* 18 gün içinde gelişmesini tamamlamış, ancak mavi ışık gelişmeyi 3.2 gün, kırmızı ışık 7.4 gün uzatmıştır. Düşük ışık yoğunluğu, preovipozisyon süresini uzatmış ancak yumurta sayısını arttırmıştır. Hem kırmızı hem de mavi ışık, yumurtlama öncesi dönemi, doğurganlığı ve yumurta verimliliğini olumsuz yönde etkilemiştir. Dişilerin ortalama beş dakikalık bir sürede yürüme hızları, düşük ışık yoğunluklarında düşmüştür. Fakat daha uzun dalga boyları (sarı ve kırmızı) yürüme hızını arttırmıştır, görünüşte bu bir kaçma tepkisini yansıtmaktadır. *O.*

sauteri'nin dişilerindeki solunumuda kırmızı ışık koşulları altında yükselmiştir. Bu bulgular, *O. sauteri*'nin kitle yetiştirme olanaklarını iyileştirmek ve seralarda biyolojik mücadele etmeni olarak etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için önemlidir.

Hori ve ark. (2014), kısa dalga boyu olan görünür ışığın böcekler üzerindeki ölümcül etkilerini araştırmışlardır. Görülebilen ışığın böcekler üzerindeki öldürücü etkileri ışık yayan diyotlar (LED'ler) kullanılarak araştırılmıştır. Ultraviyole (UV) ışığın, özellikle kısa dalga (yani UVB ve UVC) ışığının organizmalar üzerindeki toksik etkileri iyi bilinmektedir. Bununla birlikte, daha kısa dalga boylarının daha ölümcül olduğu bilinmesine rağmen, görünür ışık ile aydınlatmanın etkileri belirsizliğini korumaktadır. Gözle görülebilir ışıkla aydınlatmanın böcekler de dahil olmak üzere karmaşık hayvanlarda ölüme neden olduğu düşünülmemektedir. Bununla birlikte, bu çalışmada, kısa dalga boylu görünür (mavi) ışıkla aydınlatmanın yumurtaları, larvaları, pupaları ve Sirke sineği (*Drosophila melanogaster*) erginlerini öldürdüğü tespit edilmiştir. Mavi ışık, sivrisinekler ve un böcekleri için de ölümcüldür, ancak ölümün meydana geldiği etkili dalga boyu böcek türleri arasında farklılık göstermektedir. Bu araştırmadaki bulgular, görünür ışığın yüksek toksik dalga boylarının böceklerde türe özgü olduğunu ve daha kısa dalga boylarının her zaman daha fazla toksik olmadığını göstermektedir. Böcek gibi bazı canlılar için mavi ışık UV ışığından daha zararlıdır.

Park ve Lee (2017), tarımsal zararlıların ve depolanmış ürün zararlılarının ışık yayan diyotlara (LED'ler) karşı fototaktik davranışsal tepkisi hakkında kapsamlı bir derleme yapmıştır. Tarımsal zararlılar ve depolanmış ürün zararlılarının parlaklık yoğunluklarından, maruz kalma sürelerinden ve ışık yayan diyotların (LED'ler) dalga boylarından etkilenmeleri konusunda bilgiler vermiştir. Sera ve tahıl ambarları için LED teknolojisinin geleneksel tuzaklarla birlikte kullanılmasının ürün kaybını azalttığı belirtilmektedir. LED'lerin entegre zararlı kontrolünde potansiyel değeri olduğunu vurgulamaktadır.

Borroso ve ark. (2017), dört farklı noktada FLC (compact fluorescent lamp) ve LED ışık kaynaklarını kullanarak, böcekler için, içi sıvı dolu plastik tuzaklar hazırlamıştır. Belirlenen bazı tuzaklarda dört farklı ışık frekansı (120 Hz/10% DC (duty cycle), 120 Hz/90% DC, 240 Hz/10% DC and 240 Hz/90% DC) uygulamış ve 15 haftalık süre

boyunca 7 günde bir tuzaklara yakalanan böcekler kontrol edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, belirli aralıklar ile yanıp sönen ışık kaynaklarının (Pulsed LED'ler) olduğu tuzaklara daha az sayıda böcek yakalandığı tespit edilmiştir. Bu çalışma, kesintisiz yanan ışık kaynaklarının gece aktif olan zararlılar için daha cezbedici olduğunu göstermektedir. Ayrıca tuzaklara en çok yakalanan böcek takımları sırasıyla Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera ve Isoptera olmuştur. Işık kaynağının belirli aralıklar ile yanıp sönmeye, tuzaklara yakalanan böcek sayısı açısından Diptera, Hemiptera ve Lepidoptera takımlarında önemli ölçüde azalmaya sebep olmuştur.

Zhukovskaya ve ark. (2017), Amerikan hamamböceği, *P. americana*'daki görsel aşırı uyarıma karşı davranışsal tepkileri araştırmışlardır. Böceklerin görsel sistemlerinde, farklı fotoreseptör tipleri, farklı fonksiyon ve davranışlara aracılık eden özel görsel kanallara katkıda bulunduğu belirtilmektedir. *P. americana*'nın büyük bileşik gözleri, geniş bant yeşiline duyarlı fotoreseptörler ve dar bant UV'ye duyarlı fotoreseptörler olan iki spektral sınıfın fotoreseptörlerini içermektedir. Bu araştırmada, UV ve yeşil ışığın görsel uyarılmasının, ışıktan kaçınmanın mümkün olmadığı koşullar altında *P. americana*'daki lokomotor, dinlenme ve tımar (grooming) davranışlarını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Yeşil ışığın UV ışığının lokomotor aktivitesini uyardığı ve paradoksal pozitif maskeleye neden olduğu gösterilmiştir. Dinlenme ve tımarlanma süresi, artan ışık yoğunluğuyla azalırken, görsel aşırı uyarılmaya yanıt olarak davranışsal stresin gelişimi ile tutarlı olarak azalmaktadır. Tam hareketsizlik reaksiyonu, UV ışığı altında ve yüksek yeşil ışık yoğunluklarında, göreceli olarak hareketsizlik ve tımar ile güçlü bir şekilde negatif bir şekilde ilişkilendirilmiştir. Düşük yoğunluklu UV, tımarı ve hareketsizliği indüklemeye düşük yoğunluklu yeşil ışıktan daha etkilidir. Bu çalışmanın sonuçları, *P. americana*'daki lokomotor aktivitesinin temel olarak yeşile duyarlı fotoreseptörler tarafından düzenlendiğini ve loş UV ışığının davranışsal hareketsizliği tetikleyebildiğini, oysa her iki dalga boyunun yüksek yoğunluklarda stres benzeri reaksiyonlara neden olduğunu göstermektedir. Yeşile duyarlı fotoreseptörlerin iç UV duyarlılığı göz önüne alındığında, zıt davranışsal tepkiler UV ve yeşil görsel kanallar arasındaki antagonistik etkileşimleri göstermektedir.

Tetsuo ve ark. (2014), gece aktif olan *Helicoverpa armigera* ve *Mamestra brassicae* güvelerine karşı yeşil LED (535 nm) (2.5×10^{17} photons \cdot m⁻² \cdot s⁻¹ at a distance of 10 cm) kullanarak bir deneme kurmuştur. Bu deneme sonucunda, gece kesintisiz ışık yayan yeşil LED'lerin her iki türün de yaşamsal faaliyetlerini kısıtladığı, kesintili bir şekilde (0.2 Hz, 0.5 sec ON and 4.5 sec OFF) ışık yanan LED'lerin ise sadece *H. armigera* güvesinin aktivitesini önemli ölçüde engellediği tespit edilmiştir.

Chu ve ark. (2013), sabit akıma kıyasla değişken elektrik akımı ile oluşturulan floresan ışık kaynağının beyazsineklere (*T. vaporariorum*, *T. abutilonea*, *Bemisia tabaci*) karşı daha cezbedici olduğunu tespit etmişlerdir.

Leppla ve ark. (1989), Ultraviyole altında, yüksek seviyeli yanıtın nöral olarak nispeten doğrudan olabileceğini ve mavi-yeşile karşı daha fazla hassasiyetin, sirkomik hareket ritimleri gibi karmaşık davranışları kontrol etmek için daha genel bir şekilde işlev görebileceğini öne sürmüştür. Bu amaçla erkek Alman hamamböceği, *Blattella germanica* (L.), 12 saat aydınlık-12 saat karanlık, sürekli karanlık ve ultraviyole (uv, 365 nm pik), mavi-yeşil (495 nm tepe) veya beyaz (yaklaşık 400-100 nm) ışık kullanmışlardır. Hamamböcekleri farklı ritimler ve hareket büyüklükleri sergilemiştir. Tüm dalga boyları, 12 saat aydınlık-12 saat karanlıkta gece aktivitesinin bimodal bir paternini indüklemiştir; aktivite sabit ışıkta bastırılmıştır. Ultraviyole, fotoperiyotlar arasındaki geçişler sırasında hareketlerde en büyük değişikliğe neden olmuş, ancak mavi-yeşil, daha uzun süre devam eden serbest çalışan bir ritim oluşturmuştur. Ultraviyole ve mavi-yeşil ışığın işlenmesinde farklı duyu hücreleri ve belki de yollar bulunduğundan, ultraviyole ışık uyaranlarına doğrudan yanıt verebilir ve mavi-yeşil daha karmaşık davranışları düzenleyebilmektedir.

Shibuya ve ark. (2018), mavi ışığın etkili dalga boyunun böcek gelişimi ile nasıl değiştiğini bildirmiştir. Kısa dalga boylu görünür ışığın (mavi ışık: 400-500 nm) meyve sinekleri, sivrisinekler ve un böcekleri gibi çeşitli böcekler üzerinde öldürücü etkileri vardır. Bununla birlikte, mavi ışığın en toksik dalga boyları gelişim aşamalarında farklılık gösterebilir. Burada, mavi ışığın toksisitesinin, farklı mavi ışık dalga boyları ile *Drosophila melanogaster* ışınlayarak bir böceğin gelişim aşamaları ile nasıl değiştiğini araştırmışlardır. Özellikle, yumurtalar üzerindeki ölümcül etki daha kısa ışık dalga

boylarında (yani 405 nm'ye doğru) artmıştır. Buna karşılık, 405 ila 466 nm arasındaki dalga boylarının larvalar üzerinde benzer ölümcül etkileri olmuştur. 466 nm dalga boyu pupa üzerinde en güçlü ölümcül etkiye göstermiştir. 417 nm dalga boyu düşük yoğunluğunda yetişkinler için en zararlı iken, 466 nm yüksek foton akı yoğunluğunda yetişkinler için en zararlıdır. Bu bulgular, *D. melanogaster* morfolojisi büyüme ile değiştikçe, en zararlı dalga boyunun da değiştiğini göstermektedir. Ek olarak, sonuçlarımız reaktif oksijen türlerinin mavi ışığın ölümcül etkisini etkilediğini göstermiştir. Çalışmanın sonucuna göre araştırmacılar, mavi ışık ışınlamasının, dalga boyunu belirli gelişimsel aşamaları hedef alacak şekilde ayarlayarak etkili bir zararlı kontrol yöntemi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Perkin ve ark. (2014), yapay ışığın sudaki böcekler üzerinde ve tarlada uçan böcekler üzerindeki etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Işıkların, restore edilmiş habitatları kolonileştirmede çok önemli bir süreç olan böceklerin manzara boyunca dağılma yeteneğini önleyip önlemediğini incelemişlerdir. Doğu Almanya'nın Spree Nehri'ndeki sürekli bağlı bir oxbow boyunca 3,5 m yükseklikte aşağı bakan yüksek basınçlı sodyum sokak lambaları kullanılmıştır. Böcekleri, her biri ışıklardan 0, 3,40 ve 75 m ve sudan 5, 8 ve 80 m mesafelere yerleştirilmiş üç farklı yükseklikte (0,5, 1,5 ve 2,5 m) tepsilere sahip 12 uçuş kesişme tuzağı kullanarak toplamışlardır. Çalışma alanında ortaya çıkan su böceklerinin sayısı tuzaklar ile ölçülmüştür. Haziran ve Eylül 2010 arasında tuzakları 22 kez boşalttılar; bu gecelerin 11'i için ışıklar açıkken, diğer 11.3 için ışıkları yanıyordu. Toplamda, ışıklar açıkken ışıkların kapalı olduğu zamanlara göre 0 m'lik tuzaklarda neredeyse 27 kat daha fazla böcek yakalanmıştır. Işıklar yanarken yakalanan böceklerin çoğu sudaydı, Diptera en yaygın takımdır. Ayrıca, açıkken ışıklardan 0, 3 ve 40 m tuzaklarda yakalanan sudaki böceklerin oranı, kapalı olduklarından önemli ölçüde daha yüksekti. Yanan gecelerde, ışıklardan 0 m tuzaklarda saatte daha fazla su böcekleri ve m² (uçan böceklerin önlendiği alan), Spree Nehri'nden saatte metrekare başına ortaya çıkandan daha fazla yakalanmıştır. Çalışmanın sonuçları, yetişkin su böceklerinin yapay ışıktan olumsuz etkilenebileceğini ve nehirler boyunca aydınlatma sistemleri tasarlarırken şehir planlamacısının bunu dikkate alması gerektiğini göstermektedir.

Okamoto (1989), hamamböceklerini ultraviyole ışınlarıyla kontrol etme olasılığını araştırmak için, antiseptik lambaların ışınlanma alanını istila eden hamamböceği sıklığı ve kapalı salım deneylerinin ölümcül etkisi incelemiştir. Bir barınak ile donatılmış bir hamamböceği davranış otomatik kayıt cihazı hazırlanmış, antiseptik lambadan yaklaşık 10 cm uzaklıkta bir kızılötesi sensör yerleştirilmiş ve güçlü ultraviyole ışınlama alanına giren hamamböceği sıklığı gözlenmiş ve kaydedilmiştir. Alman hamamböceği antiseptik lambanın yakınında oldukça sık görülmüş, nimflerin çoğu üzerinde bir hafta içinde, erginlerde ise iki hafta içinde ölümcül etki göstermiştir. Kümülatif ölüm oranı sonuç olarak, hem nimflerin, hem de ergin Alman hamamböceklerinin antiseptik lamba altında serbestçe dolaştığı ve ultraviyole ışınlarının dozu ne kadar yüksek olursa mortalitenin o kadar yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, ergin hamamböceklerinin, ışık çok yoğun olduğunda öldürücü ışığı önleme eğiliminde olduğu ve ölüm oranının da azaldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, yiyecek bir antiseptik lamba altına yerleştirildiğinde, yüksek bir öldürücü lamba altında bile hareket ettiği ve ölüm oranının arttığı gözlenmiştir. Bu gözlemler hamamböceğinin öldürücü lambalardan yayılan ultraviyole ışık kullanılarak kontrol edilebileceğini düşündürmektedir. Gelecekte bir evde antiseptik bir lamba takma yöntemini araştırmak ve güvenli ve verimli bir standart oluşturmak gerekir.

Okamoto (1992), ultraviyole ışığın yetişkin Alman hamamböceği üzerindeki beş UV ışınlama yöntemiyle ölümcül etkisi (sürekli maruz kalma, 30 dakikalık aralıklarla alternatif morötesi ışığa ve görünür ışık veya karanlık koşullara, günde 30 dakika boyunca sürekli ultraviyole ışık ve 1 dakikalık aralıklarla aralıklı pozlama) Araştırıldı. Sürekli UV'ye maruz kalma ile aralıklı iki 30 dakikalık maruziyet yöntemi arasındaki ölümcül etki arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ve UV'nin ölümcül etkisinin açık veya koyu renkli tedavi ile azalmadan kümülatif olduğu düşünülmüştür. Günde 30 dakika boyunca sürekli ve aralıklı olarak maruz kalınması durumunda, UV'nin öldürücü etkisi kümülatif dozdan daha fazla artmıştır. Ultraviyole ışığa 30 dakika maruz kaldıktan sonra, yoğun görünür ışıkla ışınlama gerçekleştirildi ve mortalitede değişiklik gözlemlendi ve sonuç olarak, görünür ışığın ışınlama süresi arttıkça mortalite arttı, bu da ışık geri kazanım mekanizmasının çalışmadığını gösterdi. Bu sonuçlar, ultraviyole ışınlarının etki mekanizmasının daha önce bildirilen etki mekanizmasından farklı

olduğunu ve Alman hamamböceklerinin ultraviyole ışınları tarafından kontrol edilme olasılığını doğruladı.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

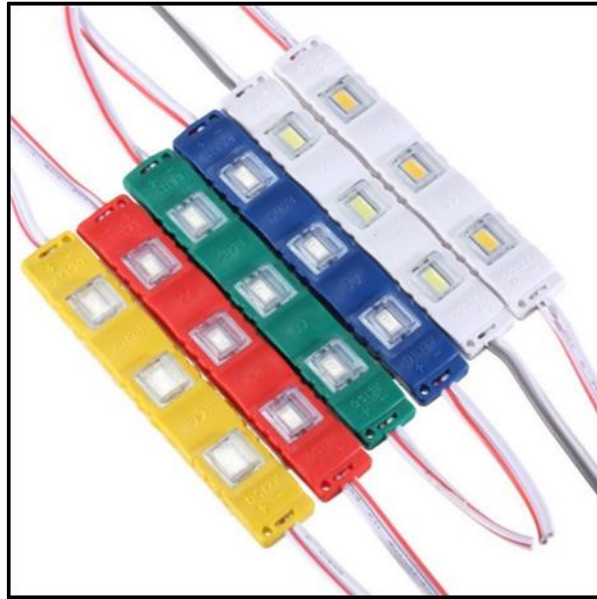
3.1. Materyal

3.1.1. *Blatta lateralis* (Türkistan Hamamböceği)

Türkistan hamamböceği, *Blatta lateralis* (Walker) (Dictyoptera: Blattidae)'e ait bireyler Antalya-Türkiye'de bulunan yerel Őirketten (Mira Canlı Hayvan Böcek Tur. İnŐ. Tarım Tic. Ltd. Őti.) satın alınmıŐtır.

3.1.2. LED IŞık Kaynakları

Bu araştırmada farklı dalga boyuna sahip LED ışık kaynakları kullanılmıştır (Şekil 3.1). Kullanılan LED'lerin gücü 1,5W'dır. Kullanılan farklı dalga boyları: kırmızı (678 nm), yeşil (620 nm), sarı (580 nm), mavi (478 nm) ve beyaz (tüm renklerin birleŐimi)'dir.

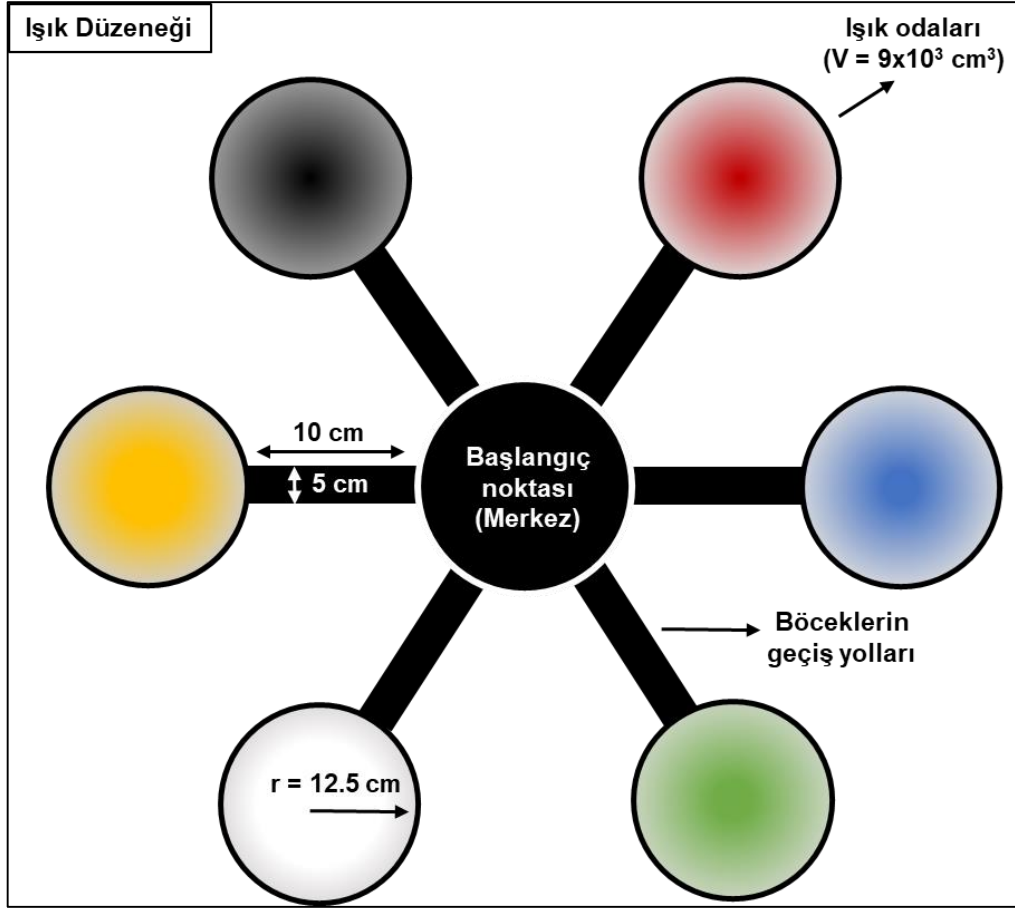


Şekil 3.1. LED ışık kaynakları

3.1.3. Deney Düzenegi

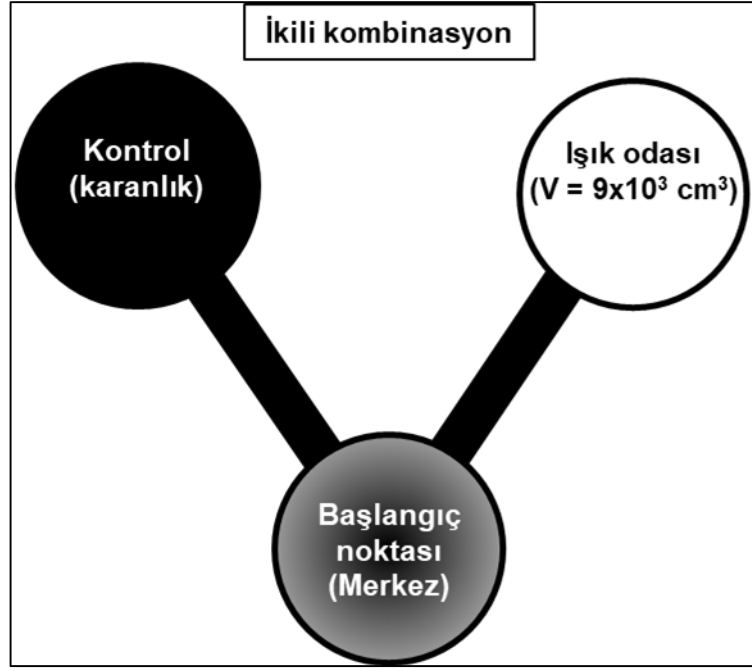
Farklı dalga boyuna sahip LED ışık kaynakları ile aydınlatılan odalar tek bir kombinasyon olacak şekilde, bir merkeze bağlanarak birleştirilmiştir (Şekil 3.2).

Bu çalışmada kullanılan 6 eşit oda, ortadaki başlangıç noktasına böceklerin geçebileceği yollar ile bağlanmıştır (Şekil 3.4). Ergin böcekler ortadaki başlangıç noktasından bırakılmıştır (Şekil 3.5). Odaların beş adedi farklı dalga boyuna ait LED'ler ile aydınlatılmıştır. Bunlardan biri ise ışıksız (karanlık/kontrol) bırakılmıştır. Her bir odacığın taban alanı yapışkan tuzak ile, içeriye giriş yapan böceklerin buraya yapışması sağlanarak sayısını belirleyebilmek amacıyla kaplanmıştır. Odalardaki tüm ışık kaynakları, potansiyometre vasıtasıyla 25, 250 veya 2500 lux değerinde ayrı ayrı tutularak farklı ışık şiddetlerinin etkileri araştırılmıştır. Işık şiddetleri luxmetre ile ölçülmüştür.

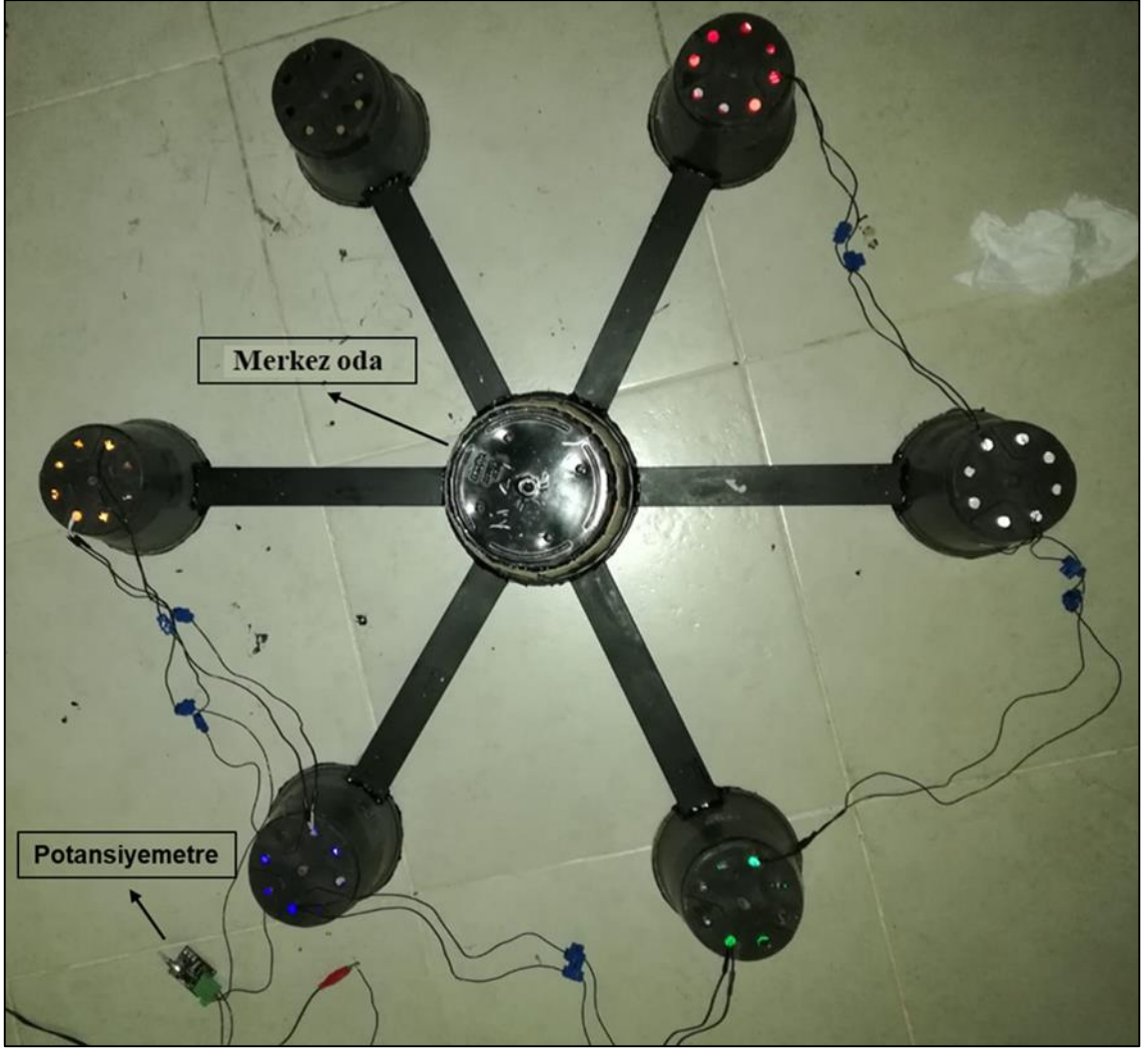


Şekil 3.2. Deney Şeması

Ayrıca, 2500 lux şiddetinde LED ışık kaynakları ile aydınlatılan odalara olan yönelimi belirlemek amacıyla ikili kombinasyonlar [(kontrol (karanlık) - aydınlık)] oluşturulmuştur (Şekil 3.3.). Bu ikili kombinasyonlar; kontrol/kırmızı, kontrol/mavi, kontrol/yeşil, kontrol/beyaz ve kontrol/sarı şeklindedir.



Şekil 3.3. İkili kombinasyon şeması



Şekil 3.4. Deney düzeneği



Şekil 3.5. Hamamböceklerinin salım noktası

3.1.4. Yapışkan Tuzaklar

Denemede, ergin böcek sayısını doğru tespit edebilmek amacıyla her bir odanın (salım noktası hariç) taban alanına yapışkan tuzaklar konulmuştur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Yapışkan tuzak

3.2.Yöntem

3.2.1. Denemenin Yapılışı

İlk olarak, farklı dalga boyuna sahip LED ışık kaynakları ile aydınlatılan odalar tek bir kombinasyon olacak şekilde, bir merkeze (böcek salım noktası) bağlanarak Şekil 3.4'deki gibi birleştirilmiştir. Salım noktasına 100 adet Türkistan hamamböceği erginleri bırakılarak üç farklı ışık şiddetine (25, 250 ve 2500 lux) sahip odalara yönelim oranları, 15 dakika sonra tespit edilmiştir. Her bir uygulama üç tekrardan oluşmaktadır.

Bir sonraki aşamada ise sadece 2500 lux şiddetinde LED ışık kaynakları ile aydınlatılan odalara olan yönelim, ikili kombinasyonlar (kontrol (karanlık) - aydınlık) halinde gözlemlenmiştir (Şekil 3.3.). Toplamda 5 ayrı kombinasyon oluşturulmuştur. Bu ikili kombinasyonlar; kontrol/kırmızı, kontrol/mavi, kontrol/yeşil, kontrol/beyaz ve kontrol/sarı şeklindedir. Ayrıca kombinasyonlarda böceklerin bırakıldığı merkez (loş) noktası bulunmaktadır. Salım noktasına 100 adet Türkistan hamamböceği erginleri bırakılarak ışık odasına yönelimler 15 dakika sonra tespit edilmiştir. Herbir uygulama üç tekrardan oluşmaktadır.

3.2.2. İstatistiksel Analizler

Hamam böceklerinin, farklı dalga boyuna ve farklı ışık şiddetine sahip haznelere yönelim oranlarındaki istatistiksel farklılıklar tek yönlü ANOVA (varyans analizi) yöntemiyle analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesi için Tukey testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Türkistan Hamam böceğinin Işık Kaynaklarına Olan Yönelimi

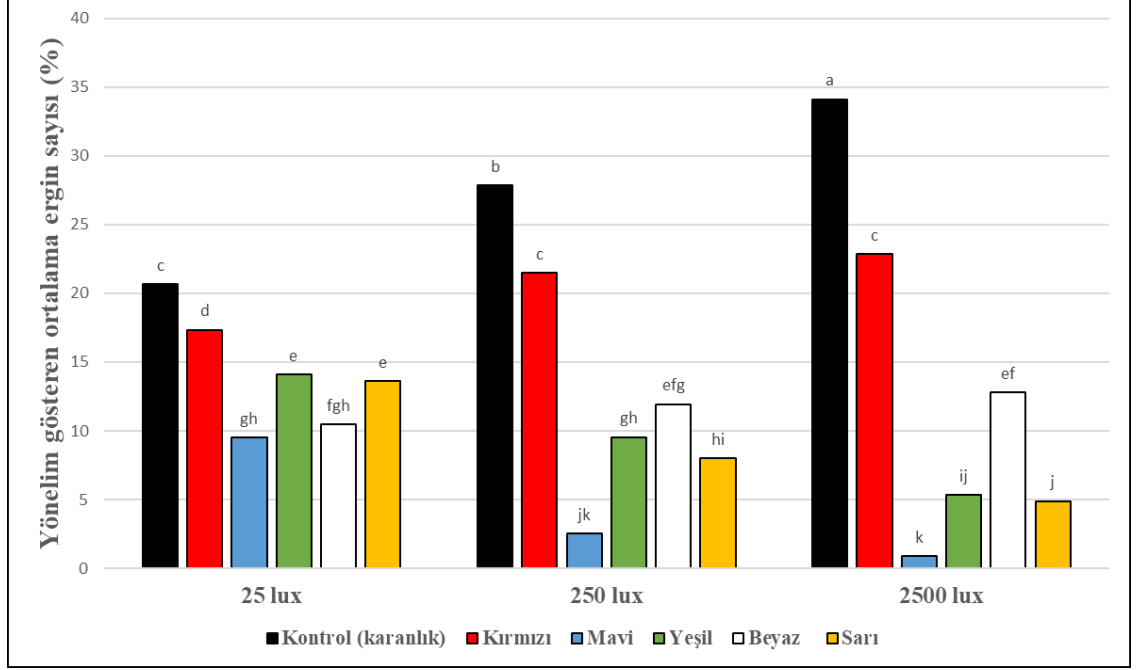
Merkeze bırakılan hamam böceği erginlerinin farklı dalga boyuna sahip odalara yönelimleri, üç farklı ışık şiddetinde gözlemlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı şiddete sahip (25, 250 ve 2500 lux), farklı dalga boyundaki ışık kaynaklarına yönelen ortalama ergin sayısı (%) ($F = 273.3549$; $df = 17,36$; $P < 0.0001$)

	Işık kaynaklarına yönelen ortalama ergin sayısı (%)		
	25 lux	250 lux	2500 lux
Kontrol (karanlık)	20.67 c	27.83 b	34.11 a
Kırmızı	17.35 d	21.47 c	22.86 c
Mavi	9.52 gh	2.52 jk	0.89 k
Yeşil	14.08 e	9.54 gh	5.33 ij
Beyaz	10.47 fgh	11.95 efg	12.81 ef
Sarı	13.63 e	8.00 hi	4.89 j

Yapılan bu çalışmada 25 lux, 250 lux ve 2500 lux ışık şiddetine Türkistan hamamböceği'nin yönelimi, tüm farklı lux şiddetleri altında istatistiksel olarak en yüksek kontrole (karanlık) karşı olmuştur. 25, 250 ve 2500 lux ışık şiddeti altındaki yönelimler sırasıyla %20.67, %27.83 ve %34.11 oranındadır. Benzer şekilde kontrolden sonra en yüksek yönelim tüm farklı lux şiddetleri altında istatistiksel olarak kırmızı ışığı barındıran odaya karşı olmuştur. 25, 250 ve 2500 lux ışık şiddeti altındaki yönelimler sırasıyla %17.35, %21.47 ve %22.86 oranındadır. İstatistiksel olarak en düşük yönelim ise 25 lux şiddeti altında mavi ve beyaz renkli ışıkları barındıran odalara karşı olmuştur. Kullanılan böceklerinin yönelimi sırasıyla %9.52 ve %10.47'dir. 250 ve 2500 lux şiddeti altında en düşük yönelim istatistiksel olarak mavi renkli ışıkları barındıran odaya karşı olmuştur ve sırasıyla %2.52 ile %0.89 oranındadır. 2500 lux ışık şiddeti altında beyaz ışığı barındıran odaya yönelim, mavi, yeşil ve sarı renkli ışıkları barındıran odalara kıyasla %12.81 değerinde olup istatistiksel olarak daha yüksek orandadır (Şekil 4.1).

Özet olarak tüm ışık şiddetleri ve renkleri dikkate alındığında, Türkistan hamamböcekleri, en yüksek yönelimi istatistiksel olarak kontrole ve kırmızı ışığı barındıran odaya karşı göstermiştir. En düşük yönelim ise 250 veya 2500 lux ışık şiddeti altında mavi ışığı barındıran odaya karşı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Üç farklı ışık şiddetine (25, 250 ve 2500 lux) sahip haznelere hamam böcekleri erginlerinin yönelimi ($F = 273.3549$; $df = 17,36$; $P > 0.0001$)

Sadece farklı lux değerleri dikkate alındığında, istatistiksel olarak en yüksek Türkistan hamamböceği yönelimi 25 lux ışık şiddetindeki ışıkları barındıran odalara karşı olmuştur. Ortalama yönelim %14.29 oranındadır. 250 ve 2500 lux şiddetindeki ışıkları barındıran odalara karşı yönelimler istatistiksel olarak aynı olup, sırasıyla %13.55 ve %13.48 oranındadır (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Farklı lux değerlerinin (25, 250 ve 2500 lux), yönelim üzerine etkisi (F = 273.3549; df = 17,36; P < 0.0001)

	Lux değerlerine yönelim gösteren ortalama ergin sayısı (%)
25 lx	14.29 a
250 lx	13.55 b
2500 lx	13.48 b

Sadece farklı dalga boyuna sahip ışık renkleri dikkate alındığında, istatistiksel olarak en yüksek Türkistan hamamböceği yönelimi kontrole karşı %27.54 oranında olmuştur. Kontrolden sonra, istatistiksel olarak en yüksek yönelim sırasıyla kırmızı ve beyaz ışığı barındıran odalara karşı, %20.56 ile %11.74 oranında olmuştur. Yeşil ve sarı ışığı barındıran odalara yönelim ise istatistiksel olarak aynı olup, %9.65 ile %8.84 oranındadır. İstatistiksel olarak en düşük yönelim, mavi ışığı barındıran odalara karşı olmuştur ve %4.31 oranındadır (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Farklı dalga boyundaki (Kırmızı, mavi, yeşil, beyaz ve sarı) ışık kaynaklarının yönelim üzerine etkisi (%) (F = 273.3549; df = 17,36; P < 0.0001)

	Farklı dalga boylarında yönelim gösteren ortalama ergin sayısı (%)
Kontrol (karanlık)	27.54 a
Kırmızı	20.56 b
Mavi	4.31 e
Yeşil	9.65 d
Beyaz	11.74 c
Sarı	8.84 d

4.2. Türkistan Hamam Böceğinin En Yüksek Işık Şiddetinde (2500 Lux) İkili Kombinasyonlara Olan Yönelimi

Türkistan hamamböceklerinin, 2500 lux ışık şiddeti altında ikili ışık kombinasyonlarına karşı olan yönelimleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Kombinasyonlar kontrol (karanlık), merkez (loş) ve birtane aydınlatılmış odadan oluşmaktadır.

Çizelge 4.4. Türkistan hamam böceğinin 2500 lux şiddetinde, farklı dalga boyundaki ikili ışık kombinasyonlarına yönelim oranları (%)

Kontrol (karanlık)	44.25 a
Kırmızı	30.71 b
Merkez (loş)	25.04 c

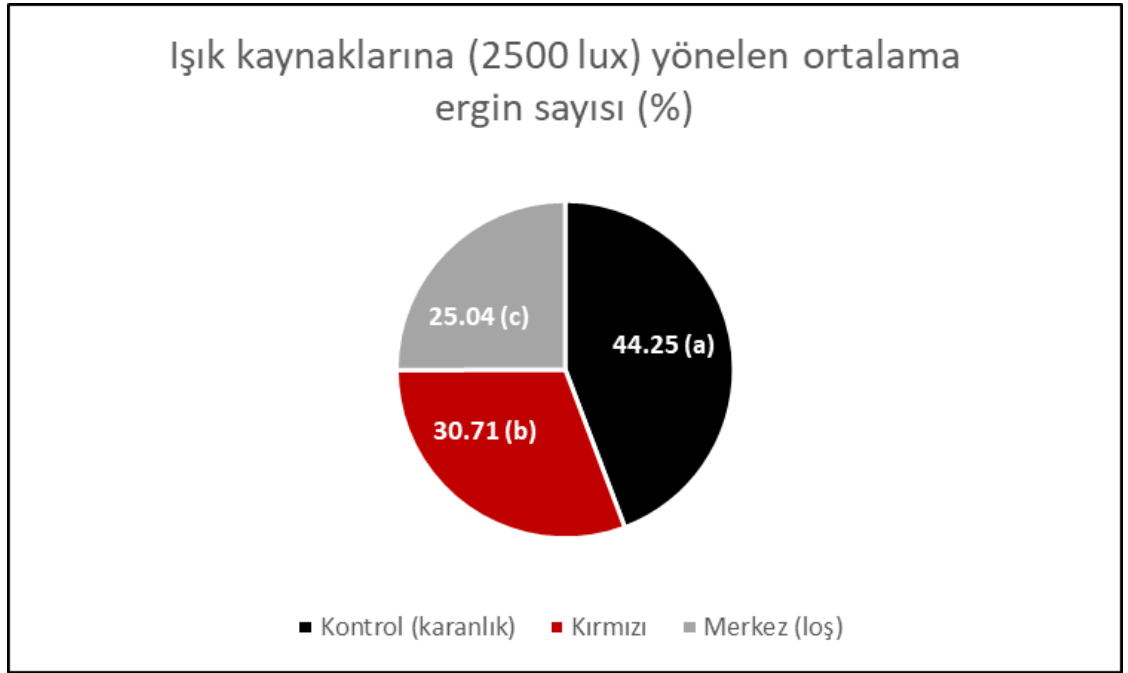
Kontrol (karanlık)	62.28 a
Merkez (loş)	35.93 b
Mavi	1.78 c

Kontrol (karanlık)	58.92 a
Merkez (loş)	31.94 b
Yeşil	9.14 c

Kontrol (karanlık)	51.70 a
Merkez (loş)	28.23 b
Beyaz	20.07 c

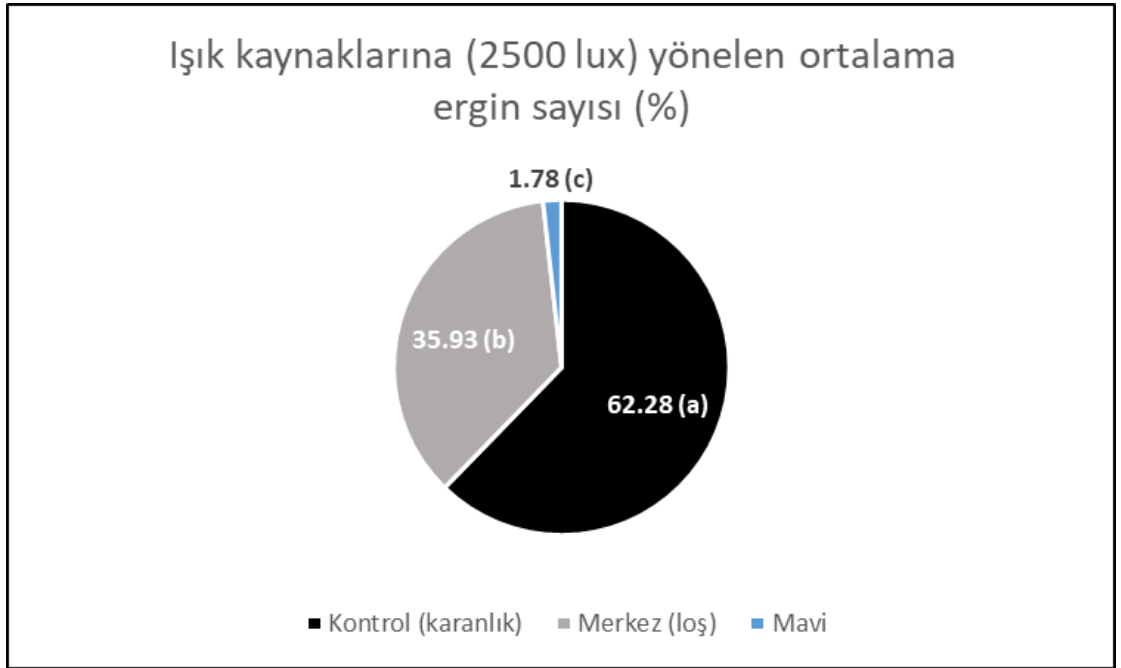
Kontrol (karanlık)	58.56 a
Merkez (loş)	32.79 b
Sarı	8.65 c

Bu çalışmada yapılan ikili karanlık-kırmızı ışık kombinasyonunda en yüksek yönelim istatistiksel olarak kontrole karşı %44.25 oranında olmuştur. Kırmızı ışık içeren odaya yönelim %30,71 oranındadır. Erginlerin %25.04'ü ise merkezde (loş ışık) kalmıştır ve istatistiksel olarak en düşük seviyededir. Kırmızı ışık içeren odaya yönelen ortalama ergin sayısı istatistiksel olarak merkezde kalanların sayısından daha fazla olup, kontrole yönelenlerden daha azdır (Şekil 4.2).



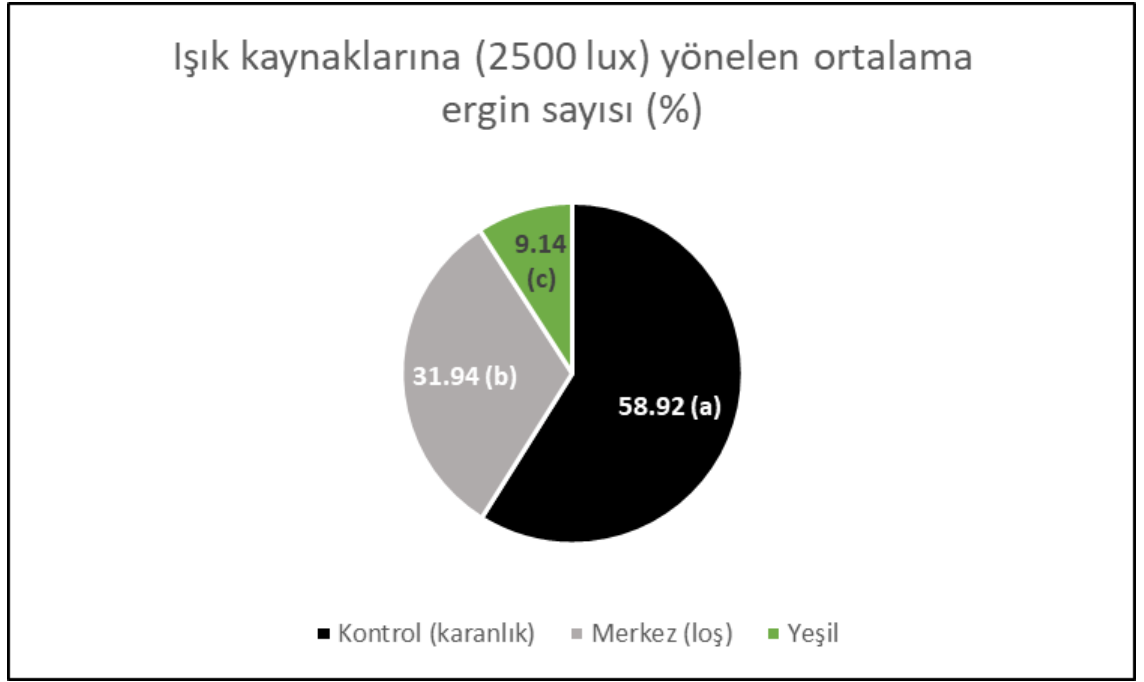
Şekil 4.2. Karanlık-kırmızı ışık kombinasyonu ($F = 187.4144$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)

Bu çalışmada yapılan ikili karanlık-mavi ışık kombinasyonunda istatistiksel olarak en yüksek yönelim kontrole karşı %62,28 oranında olmuştur. Mavi ışığı içeren odaya karşı yönelim ise %1,78 oranında olup istatistiksel olarak en düşük seviyededir. Ergin böceklerin %35,93'ü merkezde (loş ışık) kalmıştır. Merkezde kalan ortalama ergin sayısı istatistiksel olarak mavi ışık içeren odaya yönelenlerin sayısından daha fazla olup, kontrole yönelenlerden daha azdır (Şekil 4.3).



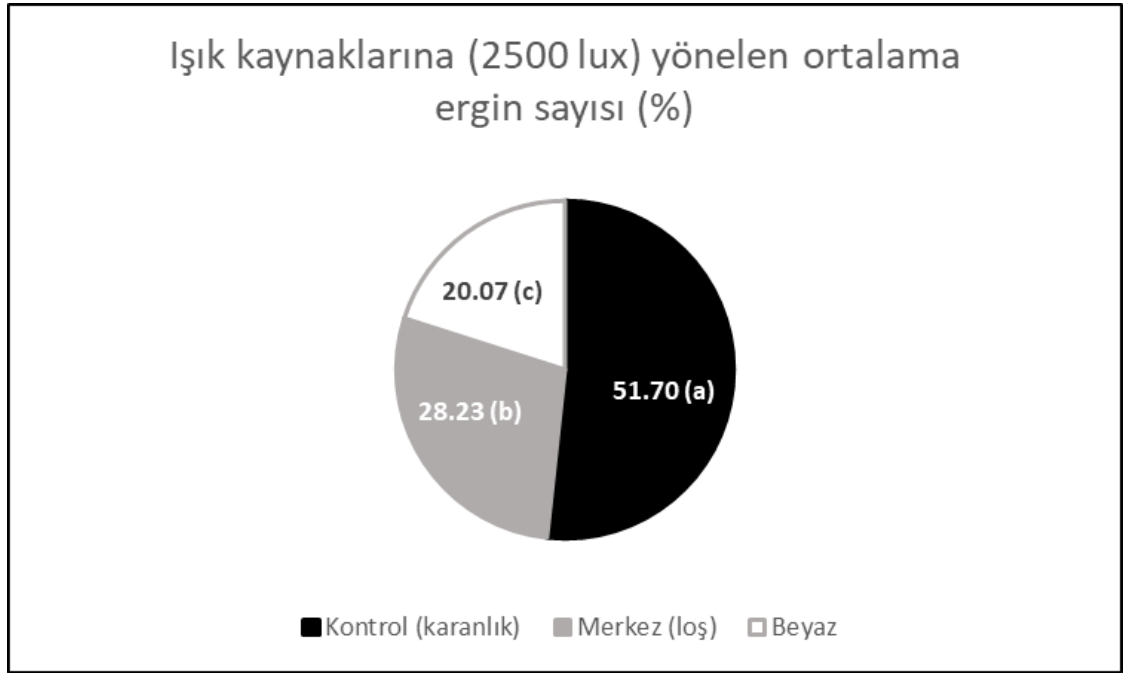
Şekil 4.3. Karanlık-mavi ışık kombinasyonu ($F = 8989.571$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)

Bu çalışmada yapılan ikili karanlık-yeşil ışık kombinasyonunda yine istatistiksel olarak en yüksek yönelim kontrole karşı %58,92 oranında olmuştur. Yeşil ışık içeren odaya karşı yönelim ise %9,14 oranında olup istatistiksel olarak en düşük seviyededir. Ergin böceklerin %31,94'ü merkezde kalmıştır. Merkezde kalan ortalama ergin sayısı istatistiksel olarak yeşil ışık içeren odaya yönelenlerin sayısından daha fazla olup, kontrole yönelenlerden daha azdır (Şekil 4.4).



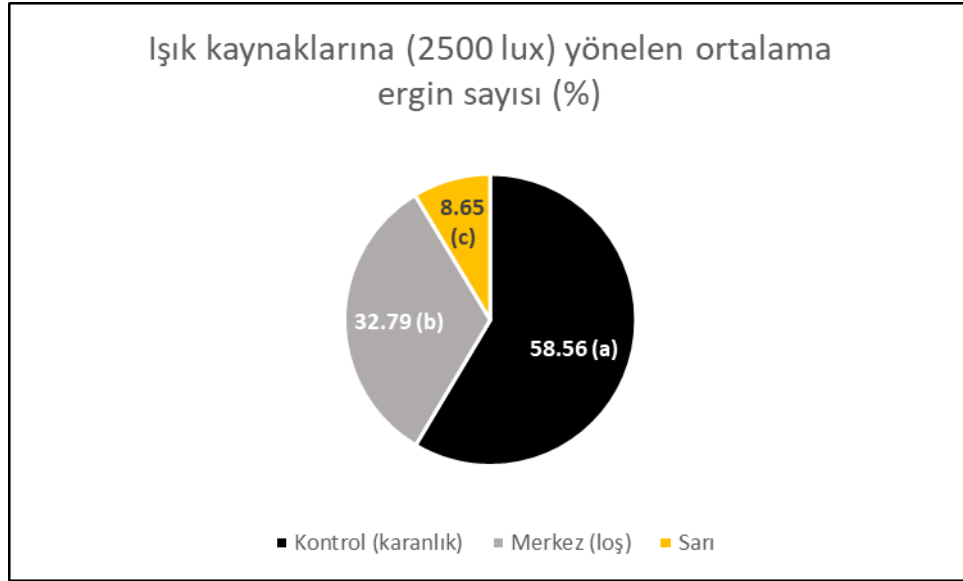
Şekil 4.4. Karanlık-yeşil ışık kombinasyonu ($F = 2699.905$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)

Bu çalışmada yapılan ikili karanlık-beyaz ışık kombinasyonunda istatistiksel olarak en yüksek yönelim kontrole karşı %51.70 oranında olmuştur. Beyaz ışık içeren ortama olan yönelim %20,07 oranında olup istatistiksel olarak en düşük seviyededir. Ergin böceklerin %28,23'ü merkez ortamda kalmıştır. Merkezde kalan ortalama ergin sayısı istatistiksel olarak beyaz ışık içeren odaya yönelenlerin sayısından daha fazla olup, kontrole yönelenlerden daha azdır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Karanlık-beyaz ışık kombinasyonu ($F = 1579.531$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)

Bu çalışmada yapılan ikili karanlık-sarı ışık kombinasyonunda istatistiksel olarak en yüksek yönelim %58.56 oranında kontrole karşı olmuştur. Sarı ışık bulunan ortama olan yönelim %8.65 oranında olup istatistiksel olarak en düşük seviyededir. Erginlerin %32.79'u merkezde kalmıştır. Merkezde kalan ortalama ergin sayısı istatistiksel olarak sarı ışık içeren odaya yönelenlerin sayısından daha fazla olup, kontrole yönelenlerden daha azdır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Karanlık-sarı ışık kombinasyonu ($F = 10095.09$; $df = 2,6$; $P > 0.0001$)

Yapılan çalışmada özet olarak, çoklu ve ikili kombinasyonları karşılaştırdığımızda renklere olan yönelim benzer bulunmuştur. Yani istatistiksel olarak en fazla yönelim kontrole ve kırmızı rengi içeren odaya olurken, en az yönelimin mavi, sarı, yeşil ve beyaza olduğu anlaşılmaktadır. Hamamböcekleri mavi rengi çok düşük oranlarda tercih etmiş, daha çok karanlığa yönelmiş, ya da merkezde loş ortamda kalmayı tercih etmişlerdir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünya genelinde 4500'den fazla hamamböceği türü tanımlanmıştır (Hashemi-Aghdam ve Oshaghi, 2015). Özellikle nemli ve sıcak kentsel alanlarda, restoranlarda, yiyecek mağazalarında, banyolarda ve mutfaklarda bulunurlar (Nedelchev ve ark., 2013; Mahmoud, 2013). İnsan gıdalarını patojenik organizmalarla kirletebilir ve özellikle çocuklarda astıma neden olabilirler (Sohn ve Kim, 2012; Hashemi-Aghdam ve Oshaghi, 2015). Ayrıca, dışkı, tükürük ve deri kalıntıları gibi hamamböceği atıkları ciddi alerjik semptomlara neden olabilir (Sookrung ve Chaicumpa, 2010). Fipronil, sülfonamid ve imidakloprid gibi aktif maddeler içeren insan sağlığı için toksik olan kimyasal insektisitler hamamböceği kontrolünde kullanılmaktadır (Cutler ve ark., 2017). Bununla birlikte, yaygın olarak uygulanan insektisitlere karşı böceklerin dirençli hale gelmesi kimyasal mücadelenin yasaklanmasına sebep olmaktadır (Ko ve ark., 2016; Cutler ve ark., 2017). Bu tez çalışmasında farklı dalga boyuna sahip LED ışıklar kullanılmış ve kimsayal insektisitlere karşı iyi bir alternatif yöntemi sunulmuştur.

Koehler ve ark. (1987), yaptıkları çalışmada Alman hamamböcekleri'nin renkleri algılayabildiğini belirtmektedirler. Zhukovskaya ve ark. (2017), Amerikan hamamböceği, *P. americana*'daki görsel aşırı uyarıma karşı davranışsal tepkileri araştırmışlardır. Böceklerin görsel sistemlerinde, farklı fotoreseptör tipleri, farklı fonksiyon ve davranışlara aracılık eden özel görsel kanallara katkıda bulunduğu belirtilmektedir. Bu tez çalışmasında, tüm ışık şiddetleri altında Türkistan hamam böceği *B. lateralis*'nin en yüksek yönelimi ışıklandırma yapılmayan odalara karşı (kontrol, karanlık) olmuştur. 250 lux ve 2500 lux ışık şiddeti altında en düşük yönelimi ise mavi ışığı içeren odalara karşı olmuştur. Hamamböcekleri doğal olarak nemli ve karanlık ortamlarda yaşamaktadır (Nedelchev ve ark., 2013; Mahmoud, 2013). Bundan dolayı karanlık olan kontrol odasına daha çok yönelim göstermişlerdir. Ancak, kırmızı ışığa karşı olan yönelim, tüm deneme şartlarında kontrol hariç diğer tüm renklere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Bizim çalışmalarımızdan farklı olarak, Koehler ve arkadaşları (1987), 350 ila 700 nm arasındaki dalga boyuna sahip ışık kaynakları ile yapılan deneyde yeşil veya UV ışığın Alman hamamböceğinin davranışsal hareketlerini %30 oranında değiştirdiğini, sarı ve kırmızı ışığın ise bir etki göstermediğini ileri sürmüştür. Bundan haricinde çalışmamızda salım noktasında bulunan loş ışıkta da hamam böceklerinin bir kısmının bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada, salım noktası olan orta odada kalan hamamböceği erginleri dikkate alınarak istatistiksel analiz yapıldığında, farklı ışık şiddetlerine yönelim anlamsız çıkmıştır. Oysa ışık şiddetinin hamam böceği yönelimini etkilediğini, elde edilen veriler açıkça göstermektedir. Bundan dolayı istatistiksel analiz yapılırken salım noktasında kalan erginlerin (seçimsiz olanlar) sayısı hesaba katılmamıştır. Ayrıca hamamböceği mücadelesinde bazı araştırmacılar ultraviyole ışık kullanımı üzerine odaklanmıştır. Örneğin, Okamoto (1992) ultraviyole ışığın yetişkin Alman hamamböceği üzerindeki beş UV ışınlama yöntemiyle ölümcül etkisini araştırmıştır. Sürekli UV'ye maruz kalma ile aralıklı iki 30 dakikalık maruziyet yöntemi arasındaki ölümcül etki arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ve UV'nin ölümcül etkisinin açık veya koyu renkli tedavi ile azalmadan kümülatif olduğu düşünülmüştür. Günde 30 dakika boyunca sürekli ve aralıklı olarak maruz kalınması durumunda, UV'nin öldürücü etkisi kümülatif dozdan daha fazla artmıştır. Leppla ve ark. (1989), ultraviyole anında, yüksek seviyeli yanıtın nöral olarak nispeten doğrudan olabileceğini ve mavi-yeşile karşı daha fazla hassasiyetin, sirkomik hareket ritimleri gibi karmaşık davranışları kontrol etmek için daha genel bir şekilde işlev görebileceğini öne sürmüştür.

Bizim sonuçlarımıza benzer olarak, Zhukovskaya ve arkadaşları (2017) yeşil ışığın *P. americana* erginlerinde hareketliliği teşvik ettiğini, loş UV ışık kaynağının ise erginlerin hareketsiz kalmasına sebep olduğunu belirtmektedir. Yine Okada ve Toh (1998), tarafından yapılan çalışmada *P. americana* hamamböceğinin kaçış koşusunda gölgeye bağlı bu duraklama (gölge tepkisi) çok düşük ışık seviyelerinde bile (0.01 lux'den az) gözlenmiştir. Benzer şekilde, bu tez çalışmasında yapılan gözlemler sonucunda da *B. lateralis* hamam böceği erginlerinin ışıklandırılmayan karanlık odacığa (kontrol) istatistiksel olarak daha çok yöneldiği görülmüştür. Kontrolde sonra ise tüm ışık şiddetleri altında en yüksek yönelim kırmızı ışığı içeren odaya karşı olmuştur.

Bizim çalışmamız ile uyuşmayan bir şekilde Dean (2017), kırmızı ışığın, sarı, mavi, beyaz, yeşil, siyah ve ışıksız kontrol (karanlık) grubundan daha fazla sayıda Dublin hamamböceğini uzaklaştırdığını belirtmektedir. Böcek ırkları arasına ışığa yönelim bakımından davranışsal farklılıklar olabilmesi bu tarz farklı verilerin elde edilmesine sebep olabilir. Çalışmamızda mavi ışık en itici bulunmuştur. Bizim çalışmamızın aksi olarak, yine Dean (2017) yaptığı çalışmada mavi ışığın en az itici olduğunu belirtmektedir. 2500 lux değerinde sarı ve yeşil ışık, maviden sonra en çok kaçırıcı etki göstermiştir. Çalışmamıza benzer olarak aynı araştırmacı yeşil ışığın en çok iten ikinci ışık rengi olduğunu vurgulamaktadır. Araştırmada, sarı ışık maviden sonra ikinci sırada itici olarak bulunmuştur ancak Dean (2017), sarı ışığın hamam böceğini çektiğini vurgulamaktadır. Bu konuda diğer böcek türleri ile yapılan çalışmalarda çeşitli sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca Shibuya ve ark. (2018), mavi ışığın Sirke sineği (*D. melanogaster*)'nin değişik dönemleri üzerinde ölümcül etkiler gösterdiğini, yine Hori ve ark. (2014), kısa dalga boyu olan görünür ışığın böcekler üzerindeki ölümcül etkilerini araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada, kısa dalga boylu görünür (mavi) ışıkla aydınlatmanın Sirke sineğinin yumurtalarını, larvalarını, pupalarını ve erginleri üzerinde öldürücü etkisi olduğunu öldürdüğü tespit etmişlerdir. Aynı araştırmada, mavi ışığın, sivrisinekler ve un böcekleri için de ölümcül etki yaptığını, ancak ölümün meydana geldiği etkili dalga boyunun böcek türleri arasında farklı olduğunu belirtmektedirler. Aynı araştırmadaki bulgular, görünür ışığın yüksek toksik dalga boylarının böceklerde türe özgü olduğunu ve daha kısa dalga boylarının her zaman daha fazla toksik olmadığını göstermektedir.

Böcek gibi bazı canlılar için mavi ışığın UV ışığından daha zararlı olduğu anlaşılmaktadır. Bizim çalışmamız da Hori ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada elde edilen verileri doğrular niteliktedir. Çalışmamızda da görüldüğü gibi ergin hamamböceklerinin farklı dalga boyuna sahip ışıklara karşı yönelimleri değişiklik göstermektedir. Bu tez çalışmasında özellikle mavi ışık kaçırıcı bir etki göstermiştir. Işık kaynakları ile depo böceklerinde çalışmalar yapılmış, bizim çalışmamıza benzer olarak Kim ve ark. (2013), kırmızı led'in *Tribolium castaneum*, Lee ve ark. (2015),

Sitophilus zeamais üzerinde çekici etki göstermiştir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak Kim ve Lee (2014) mavi led'lerin *Sitophilus oryzae*'yi, Jeon ve ark. (2012) ise *Sitotroga cerealella*'yı çektiğini belirtmektedirler. Bizim çalışmamıza benzer olarak, Jeon ve Lee (2016), *S. cerealella* ve *Plodia interpunctella* için en iyi cezbedicinin kırmızı LED olduğunu vurgulamaktadırlar. Bizim çalışmamızın tersi olarak Wang ve ark. (2013), kırmızı ışığın, predatör böcek, *Orius sauteri* üzerinde kaçırıcı etki gösterdiğini ayrıca aynı araştırmacı, mavi ve kırmızı ışığın ise predatör türün gelişmesi üzerinde olumsuz etki yaptığını belirtmektedir.

Ayrıca, Zilahi-Balogh ve ark. (2006), ışık yoğunluğunun, fotoperiyodun ve sıcaklığın beyazsinek parazitoidleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Kısa süreli laboratuvar deneylerinde, Sera beyazsineği (*Trialeurodes vaporariorum* üzerinde etkili olan iki parazitoitin (*Encarsia formosa* Gahan ve *Eretmocerus eremicus* Rose ve Zolnerowich) beslenme ve yumurtlama aktivitesi üzerine ışık yoğunluğu, fotoperiyod ve sıcaklığın etkisini incelemişlerdir. *E. eremicus*, 24°C ve 20°C'deki ışık yoğunluğu ve fotoperiyodun tüm kombinasyonlarında, *E. formosa*'dan beyazsinekleri önemli ölçüde daha fazla parazitleyebilmiştir. Wang ve ark. (2013), ışık şiddeti ve dalga boyunun, predatör *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae)'nin gelişimi, üremesi ve lokomotor aktivitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Beyaz, sarı ve yeşil ışığın altında, *O. sauteri* 18 gün içinde gelişmesini tamamlamış, ancak mavi ışık gelişmeyi 3.2 gün, kırmızı ışık 7.4 gün uzatmıştır. Düşük ışık yoğunluğu, preovipozisyon süresini uzatmış ancak yumurta sayısını arttırmıştır. Hem kırmızı hem de mavi ışık, yumurtlama öncesi dönemi, doğurganlığı ve yumurta verimliliğini olumsuz yönde etkilemiştir. Dişilerin ortalama beş dakikalık bir sürede yürüme hızları, düşük ışık yoğunluklarında düşmüştür. Fakat daha uzun dalga boyları (sarı ve kırmızı) yürüme hızını arttırmıştır, görünüşte bu bir kaçma tepkisini yansıtmaktadır. *O. sauteri*'nin dişilerindeki solunumuda kırmızı ışık koşulları altında yükselmiştir. Bu bulgular, *O. sauteri*'nin kitle yetiştirme olanaklarını iyileştirmek ve seralarda biyolojik mücadele etmeni olarak etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için önemlidir.

Sonuç olarak, 250 ve 2500 lux ışık şiddeti altında hamam böceklerinin yönelimi istatistiksel olarak en az düzeyde mavi ışığa karşı gerçekleşmiştir. Bu durumda mavi ışığın kaçırıcı etki gösterdiği anlaşılmaktadır. Ancak ışık şiddeti azaldıkça, mavi ışığa yönelim artmaktadır ve 25 lux şiddetinde istatistiksel olarak beyaz ışık ile aynı etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Bu tez çalışmasında elde edilen bilgiler doğrultusunda, hamam böceklerinin mücadelesinde kimyasal yöntemlere alternatif olarak ışık kaynakları etkili bir şekilde kullanılabilir. Hamam böcekleri ile mücadelede kırmızı ışığın cezbedici olarak, mavi ışığın ise kaçırıcı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca farklı seviyelerde ışık şiddetine sahip LED kaynakların hamam böcekleri üzerinde önemli derecede değişken etkinlik göstereceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Affeldt, H.A., Thimijan, R.W., Smith, F.F. ve Webb, R.E. 1983.** Response of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and the vegetable leafminer (Diptera: Agromyzidae) to photospectra. *J Econ Entomol* 76:1405–1409.
- Ahmed, A., Ghosh, A., Schal, C. ve Zurek, L. 2011.** Insects in confined swine operations carry a large antibiotic resistant and potentially virulence enterococcal community. *BMC Microbiology*, 11:1471–2180.
- Ashfaq, M., Khan, R. A., Khan, M. A., Rasheed, F. ve Hafeez, S. 2005.** Insect orientation to various color lights in the agricultural biomes of Faisalabad. *Pak. Entomol*, 27(1): 49-52.
- Barroso, A., Haifig, I., Janei, V., Da Silva, I., Dietrich, C. ve Costa-Leonardo, A. M. 2017.** Effects of flickering light on the attraction of nocturnal insects. *Lighting Research & Technology*, 49(1):100-110.
- Chu, C.C., Chen, T.Y., ve Henneberry, T. J. 2013.** Adult whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), and whitefly parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae) response to cool white fluorescent light powered by alternating or direct current. *Southwestern entomologist*. 29(2):111-116.
- Cutler, J., Hughes, K., Rae, R. 2017.** Susceptibility of cockroaches (*Gromphadorhina portentosa*, *Nauphoeta cinerea* and *Blattella germanica*) exposed to entomopathogenic nematodes. *Biocontrol Science and Technology*, 27(4): 556-564.
- Dean K.A. 2017.** Step into the Light: How Choosy Are Cockroaches about Light? California State Science Fair 2017. Project Summary.
- Hardie, J. 1989.** Spectral specificity for targeted flight in the black bean aphid, *Aphis fabae*. *J Insect Physiol* 35:619–626.
- Hashemi-Aghdam, S.S., Oshaghi, M.A. 2015.** A checklist of Iranian cockroaches (Blattodea) with description of *Polyphaga* sp. as a new species in Iran. *Journal of arthropod-borne diseases*, 9(2): 161.
- Heimonen, K., Salmela, I., Kontiokari, P. ve Weckström, M. 2006.** Large functional variability in cockroach photoreceptors: optimization to low light levels. *Journal of Neuroscience*, 26(52):13454-13462.
- Hori, M., Shibuya, K., Sato, M., ve Saito, Y. 2014.** Lethal effects of short-wavelength visible light on insects. *Scientific reports*, 4: 7383,1-6.
- Ishikura, S., Hirama, J., Nomura, M., Yamashita, S., Higashiura, M., Iwai, T., ... ve Yamanaka, M. 2010.** Development of a physical control device using a yellow pulsed LED for controlling insect pests in the production of autumn-flowering chrysanthemums-a lighting technique to avoid delay in flowering. *Journal of Science and High Technology in Agriculture*, 22(4):167-174.
- Jander, R. 1963.** Insect orientation. *Annu Rev Entomol* 8:95–114.
- Jeon, J.H., Kim, M.G. ve Lee, H.S. 2014.** Phototactic behavior 4: attractive effects of *Trialeurodes vaporariorum* adults to lightemitting diodes under laboratory conditions. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 57:197–200.
- Jeon, J.H., Oh, M.S., Cho, K.S. ve Lee, H.S. 2012.** Phototactic responses of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae), to light-emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 55:35–39.
- Jeon, Y.J. ve Lee, H.S. 2016.** Control effects of LED trap to *Sitotroga cerealella* and *Plodia interpunctella* in the granary. *J Appl Biol Chem* 59:203–206.

- Johansen, N. S., Vänninen, I., Pinto, D. M., Nissinen, A. I., ve Shipp, L. 2011.** In the light of new greenhouse technologies: 2. Direct effects of artificial lighting on arthropods and integrated pest management in greenhouse crops. *Annals of Applied Biology*, 159(1): 1-27.
- Kim, M.G. ve Lee, H.S. 2014.** Attractive effects of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), to light-emitting diodes. *J Insect Behav* 27:127–132.
- Kim, M.G., Yang, J.Y. ve Lee, H.S. 2013.** Phototactic behavior: repellent effects of cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae), to light-emitting diodes. *J Appl Biol Chem* 56:331–333.
- Kim, M.G., Yang, J.Y., Chung, N.H. ve Lee, H.S. 2012.** Photo-response of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), to light-emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 55:567–569.
- Kim, T. ve Rust, M. K. 2013.** Life history and biology of the invasive Turkestan cockroach (Dictyoptera: Blattidae). *Journal of economic entomology*, 106(6): 2428-2432.
- Kinoshita, M. ve Arikawa, K. 2000.** Colour constancy in the swallowtail butterfly *Papilio xuthus*. *J Exp Biol* 203:3521–3530.
- Ko, A. E., Bierman, D. N., Schal, C. ve Silverman, J. 2015.** Insecticide resistance and diminished secondary kill performance of bait formulations against German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Pest Management Science*, 72: 1778–1784.
- Ko, A.E., Bieman, D.N., Schal, C., Silverman, J. 2016.** Insecticide resistance and diminished secondary kill performance of bait formulations against German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Pest management science*, 72(9): 1778-1784.
- Koehler, P. G., Agee, H. R., Leppla, N. C. ve Patterson, R. S. 1987.** Spectral sensitivity and behavioral response to light quality in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 80(6): 820-822.
- Lee, S.M., Lee, J.B. ve Lee, H.S. 2015.** Controlling *Tyrophagus putrescentiae* Adults in LED-equipped Y-maze chamber. *J Appl Biol Chem* 58:101–104.
- Leppla, N.C., Koehler, P.G. ve Agee, H.R. 1989.** Circadian rhythms of the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae): locomotion in response to different photoperiods and wavelengths of light. *Journal of insect physiology*, 35(1): 63-66.
- Mahmoud, M.F. 2013.** Ecological investigation, density, infestation rate and control strategy of German cockroach, *Blattella germanica* (L.) in two hospitals in Ismailia, Egypt. *Arthropods*, 2(4): 216.
- Nedelchev, S., Pilarska, D., Takov, D., Golemansky, V. 2013.** Protozoan and Nematode Parasites of the American Coackroach *Periplaneta americana* (L.) from Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 65: 403-408.
- Oh, M.S., Lee, C.H., Lee, S.G. ve Lee, H.S. 2011.** Evaluation of high power light emitting diodes (HPLEDs) as potential attractants for adults *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *J Korean Soc Appl Biol Chem* 54:416–422.
- Okada, J. ve Y. Toh. 1998.** Shade response in the escape behaviour of the cockroach, *Periplaneta americana*. *Zool. Sci.* 15: 831–835.
- Okamoto, K. 1989.** Tests for cockroach control with UV radiation: 1. Entrance of cockroaches into the UV radiation field of germicidal lamps. *Medical Entomology and Zoology*, 40(4): 259-267.

- Okamoto, K. 1992.** The lethal effect of UV radiation on the adult German cockroach: 1. Difference in the lethal effect by irradiation regimes. *Medical Entomology and Zoology*, 43(3): 235-241.
- Park, J.H. ve Lee, H.S. 2017.** Phototactic behavioral response of agricultural insects and stored-product insects to light-emitting diodes (LEDs). *Applied Biological Chemistry*, 60(2): 137-144.
- Park, J.H., Lee, S.M., Lee, S.G. ve Lee, H.S. 2014.** Attractive effects efficiency of LED trap on controlling *Plutella xylostella* adults in greenhouse. *J Appl Biol Chem* 57:255–257.
- Pate, J. ve Curtis, A. 2001.** Insects response to different wavelengths of light in New River State Park, Ash County, North Carolina. *Field Biol. Ecol.*, 12(2): 4-8.
- Perkin, E.K., Hölker, F. ve Tockner, K. 2014.** The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects. *Freshwater Biology*, 59(2), 368-377.
- Rosenstrich, D.L., Eggleston, P., Kattan, M., Baker, D., Slavin, R.G., Gergen, P. ve Malveaux, F. 1997.** The role of cockroach allergy and exposure to cockroach allergen in causing morbidity among inner-city children with asthma. *The New England Journal of Medicine*, 336: 1356–1363.
- Rust, M.K., Owens, J.M. ve Reiersen, D.A. 1995.** Understanding and controlling the German cockroach. New York, NY: Oxford University Press.
- Shibuya, K., Onodera, S. ve Hori, M. 2018.** Toxic wavelength of blue light changes as insects grow. *PloS one*, 13(6): 199-266.
- Shimoda, M. ve Honda, K.I. 2013.** Insect reactions to light and its applications to pest management. *Applied Entomology and Zoology*, 48(4): 413-421.
- Sohn, M.H., Kim, K.E. 2012.** The cockroach and allergic diseases. *Allergy, asthma & immunology research*, 4(5): 264-269.
- Sookrung, N., Chaicumpa, W. 2010.** A revisit to cockroach allergens. *Asian Pacific journal of allergy and immunology*, 28(2-3): 95.
- Tetsuo, Y.A., B.U., Miyashita, N., Uematsu, S., Wakakuwa, M. ve Arikawa, K. 2014.** Suppression of Activity and Compound Eye Spectral Sensitivity of Two Noctuid Moths, *Helicoverpa armigera* and *Mamestra brassicae* under Flickering Green Light. *Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology*: 58(3): 211-216.
- Uluca, M. ve Karaca, İ. 2016.** *Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae) Üzerine Ultrasonik Zararlı Kovucuların Performansının Ölçülmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(3): 558-565.
- Van Langevelde, F., Ettema, J.A., Donners, M., WallisDeVries, M.F. ve Groenendijk, D. 2011** Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biol. Conserv.* 144: 2274–2281.
- Wang, S., Tan, X.L., Michaud, J.P., Zhang, F. ve Guo, X. 2013.** Light intensity and wavelength influence development, reproduction and locomotor activity in the predatory flower bug *Orius sauteri* (Poppius)(Hemiptera: Anthocoridae). *BioControl*, 58(5): 667-674.
- Yang, E.C., Lee, D.W. ve Wu, W.Y. 2003.** Action spectra of phototactic responses of the flea beetle, *Phyllotreta striolata*. *Physiol Entomol* 28:362–368.
- Yang, H.B., Hu, G., Zhang, G., Chen, X., Zhu, Z.R., Liu, S., Liang, Z.L., Zhang, X.X., Cheng, X.N. ve Zhai, B.P. 2013.** Effect of light colours and weather conditions on captures of *Sogatella furcifera* (Horva'th) and *Nilaparvata lugens* (Sta'l). *J Appl Entomol* 138:743–753.

- Yang, J.Y., Kim, M.G. ve Lee, H.S. 2012.** Phototactic behavior: attractive effects of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), tobacco cutworm, to high-power light-emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 55:809–811.
- Yang, J.Y., Lee, S.M. ve Lee, H.S. 2015 a.** Phototactic behavior 6: behavioral responses of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) to light-emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 58: 9–12.
- Yang, J.Y., Sung, B.K. ve Lee, H.S. 2015b.** Phototactic behavior 8: phototactic behavioral responses of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), to light-emitting diodes. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 58:359–363.
- Zhukovskaya, M., Novikova, E., Saari, P. ve Frolov, R. V. 2017.** Behavioral responses to visual overstimulation in the cockroach *Periplaneta americana* L. *Journal of Comparative Physiology A*, 203(12): 1007-1015.
- Zilahi-Balogh, G.M.G., Shipp, J.L., Cloutier, C. ve Brodeur, J. 2006.** Influence of light intensity, photoperiod, and temperature on the efficacy of two aphelinid parasitoids of the greenhouse whitefly. *Environmental Entomology*, 35(3): 581-589.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Abdullah BURHAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa İnegöl - 08.10.1990
Yabancı Dili : -

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Bursa Erkek Lisesi
Lisans : Ordu Üniversitesi
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı
(2017-2020)

İletişim (e-posta) : abduhburhan1234@gmail.com