



## Kurşunun *Musca domestica*'nın (Diptera: Muscidae) Büyüme ve Gelişimi Üzerindeki Etkileri

Meltem KÖKDENER

Ondokuzmayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmetler Bölümü, Samsun, Türkiye

Geliş Tarihi: 20.04.2022

Kabul Tarihi: 06.06.2022

Basım Tarihi: 30.09.2022

Atıf yapmak için: Kökdener, M. (2022). Kurşunun *Musca domestica*'nın (Diptera: Muscidae) Büyüme ve Gelişimi Üzerindeki Etkileri. *Anadolu Çev. ve Hayv. Dergisi*, 7(3), 263-268.

How to cite: Kökdener, M. (2022). Effects of Lead on the Growth and Development of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 7(3), 263-268.

<https://orcid.org/0000-0002-0107-3274>

\*Sorumlu yazarın:  
Meltem KÖKDENER  
Ondokuzmayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri  
Fakültesi, Sosyal Hizmetler Bölümü, Samsun,  
Türkiye.  
✉: [kokdener@omu.edu.tr](mailto:kokdener@omu.edu.tr)

**Öz:** Kurşun (Pb), ağır metaller arasında oldukça toksik bileşiklerden biridir, organizmalar ve ekosistemler üzerinde ciddi problemlere yol açarlar. Bu çalışmanın amacı kurşunun adli açıdan önemli bir sinek olan *Musca domestica*'nın Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae) bazı gelişimsel parametreleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Mevcut çalışmada 30 adet *Musca domestica* larvası dört farklı kurşun konsantrasyonuna maruz bırakılmış besi yeri üzerinde yetiştirilmiştir. Bu çalışma 2021 yılında Ondokuz Mayıs üniversitesi zooloji bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Gelişme hızı, pupa ve larva ölüm oranı, yetişkin ve pupa ağırlığı kaydedilen parametrelerdir. Yaşam öyküsü parametrelerini karşılaştırmak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Sonuçlarımız kurşun varlığında pupa ve erişkin sayısı, pupa, ve yetişkin ağırlığının azaldığını göstermiştir. Larval gelişim süresi kontrole kıyasla kurşunlu diyetle azalmış, fakat pupa gelişim süresi uzamıştır. *Musca domestica*'nın yaşam öyküsü parametrelerinin kurşuna duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metal, gelişim, kurşun, *Musca domestica*.

## Effects of Lead on the Growth and Development of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae)

\*Corresponding author:  
Meltem KÖKDENER  
Ondokuz Mayıs University- Faculty of Health  
Sciences, Department of Social Services,  
Samsun, Türkiye  
✉: [kokdener@omu.edu.tr](mailto:kokdener@omu.edu.tr)

**Abstract:** Lead is one of the highly toxic compounds among the heavy metals and lead causes serious problems on the organisms and ecosystems. The aim of present study was to investigate the lead impacts on some developmental parameters of forensically important fly, *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae). About 30 larvae of *Musca domestica* reared on diet that were exposed to four different concentrations of lead in present study, This study was carried out at the Zoology Department, University of Ondokuz Mayıs in 2021. Larvae of development rate, pupal and larval mortality, adult, and pupal weight were the recorded parameters. A one way analysis of variance (ANOVA) was used to compare life history parameters. Our results demonstrated that the presence of lead decreased number of pupae and adult, pupal, and adult weight. Larval development time was decreased but pupal development time was increased in diet with lead compared to control. We concluded that life-history parameters of *Musca domestica* are sensitive to lead.

**Keywords:** Development, heavy metal, lead, *Musca domestica*.

## GİRİŞ

Biyosferdeki ağır metal kirliliği, bugün dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli çevre sorunlarından biridir (Luo vd., 2020). Ağır metallerin çoğu yer kabuğunda bulunmasına rağmen birçok ağır metal, insan faaliyetleri ve

doğal olaylarla çevreye yayılmaktadır. Ağır metal artışına neden olan insan faaliyetleri arasında; kömür yakma, madencilik, fosil yakıtlar, endüstriyel atıklar, tarımda kimyasallarının kullanımı (Chauhan vd., 2017; Luo vd.,

2020) askeri operasyonlar, nakliye ve endüstriyel üretim (Gall vd., 2015; Azam vd., 2015) sayılabilirken doğal olaylar arasında; erozyon, kayaların ayrışması, volkanik patlamalar, yer kabuğu hareketleri (Luo vd., 2020; Butt vd., 2018) sayılabilir (Hong-hua vd., 2019). Çevreye yayılan bu ağır metaller canlı organizmaları (insan, bitki, böcekler gibi) ve onların yaşam alanlarını tehdit ederler (Rai vd., 2019; Gall vd., 2015; Xie vd., 2014). Ağır metallerin endüstride artan kullanımı insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Ahamed & Siddiqui, 2007). Ağır metaller çevrede; toprakta, su kaynaklarında, havada uzun süre kalmakta (Luo vd., 2020), bitki ve hayvanlar aracılığıyla gıda zincirlerine transfer olmaktadır (Gall vd., 2015; Rai vd., 2019). Besin zincirinde ağır metalin birikmesi, canlı organizma üzerinde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Xie vd., 2014; Rai vd., 2018; Gall vd., 2015).

Bazı ağır metaller demir (Fe), çinko (Zn) ve bakır (Cu), metabolik süreçlerin önemli unsurlarıdır, enzimlerin fonksiyonlarını yapmalarında ve kimyasal reaksiyonlarda görev yaparlar. Bu metallerin organizmadaki toksisite doza bağlıdır (Tchounwou vd., 2012; İlahi vd., 2020). Kurşun (Pb), arsenik (As) ve cıva (Hg) gibi ağır metaller organizmanın metabolik işlevleri için gerekli (Rai vd., 2019) değildir ve tüm canlı organizmalar için toksik etkilere sahiptir (Bhat vd., 2019). Ağır metaller, hücre düzeyinde iyon dengesini, pH stabilitesini, membran geçirgenliğini, hücre membran polaritesini etkileyebilir. Ayrıca ağır metaller organizma düzeyinde; metabolik bozukluklara, büyümenin engellenmesine veya yaşam öyküsü özelliklerinde değişikliklere neden olurken (Xie vd., 2014), popülasyon düzeyinde ise tür bolluğunu ve biyolojik çeşitliliği etkilerler (İlahi vd., 2020; Xie vd., 2014).

Ağır metaller arasında canlı organizmalar için en tehlikelilerinden biri olan kurşundur. Kurşun, insanda böbrek yetmezliği, hipertansiyon, anemi, genital organ bozuklukları, sinir sistemi bozukluklarına neden olabilir (Ahamed & Siddiqui, 2007). Kurşun diğer canlılar üzerinde de olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle, ağır metallerin toksisitesinin belirlenmesine yönelik araştırmalar oldukça önemlidir.

Tanımlanmış 1.000.000'dan fazla olan tür sayısına sahip olan böcekler doğadaki en büyük metazoa sınıfıdır (Amendt vd., 2004) ve ağır metal varlığından en çok etkilenen canlı grubundandır (Azam vd., 2015). Kurşun iyonları, böceklerin metamorfozundan sorumlu hücreleri etkiler, mitokondriyal kristallere zarar verir, ve ATP sentezini azaltır. Ayrıca, büyüme hormonlarının üretimi üzerinde kurşunun olumsuz etkileri kaydedilmiştir (Safae vd., 2014). Böcekler doğrudan yutma, difüzyon (suda yaşayan organizmalar) veya temasla (suda ve toprakta) çeşitli metal kirlenmelerine maruz kalırlar (Diener vd., 2015; Baghban vd., 2014). Ağır metaller böceklerin

organlarında veya tüm vücutlarında biriktiğinden (Butt vd., 2018), çevre kirliliğinin biyolojik göstergeleri olarak kullanılabilirler (Ghannem vd., 2017). Ağır metaller bir yandan böceklerin yaşam alanlarını, hava sıcaklığını (küresel ısınma ve kuraklık) olumsuz etkilerken, diğer yandan da biyokimyasal, fizyolojik faktörleri etkileyerek, böcek popülasyon dinamiklerini değiştirir (Hong-hua vd., 2019).

Bazı organizmalar dikkat çekici derecede ağır metallerle toleranslıdır. Örneğin, bazı Hemiptera, türleri aşırı nikel biriktiren bitkilere yoğun ilgi gösterirken (Boyd, 2009). bazı isopodlar ve collembolalar yüksek olan kadmiyum içeren topraklara adapte olurlar (Posthuma & Van Straalen, 1993). Ağır metal toleransındaki varyasyonu, bunun altında yatan mekanizmayı anlamak, özellikle hangi ağır metali hangi böcek türünün ne dereceye kadar tolere edeceğini bilmek ekosistem açısından son derece önemlidir.

*Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae), tüm dünyada yaygın olarak bulunan bir türdür. İnsanların yaşadığı konutlarda, hayvan çiftliklerinde (tavuk, at ve sığır çiftlikleri) kentsel ve kırsal alanlarda yaygın olarak bulunurlar. *M. domestica* 100'den fazla hastalığa (dizanteri, tifo, kolera gibi) (Wang vd., 2018), neden olan patojenlerin vektörüdür (Farooq & Freed, 2014; Ahmed, 2018). Dışkı, leş, çöpler, bakımsız süt veya hayvancılık tesisleri gibi hijyenik olmayan yerler, bu sinekler için uygun beslenme ve üreme ortamları sağlar (Khan vd., 2012). Tüm bu zararlarına rağmen *M. domestica* ekosistemdeki organik maddenin ayrışma döngüsüne katkıda bulunarak endüstriyel, tarımsal ve evsel atıkların neden olduğu çevresel baskıyı azaltır. Bu türün larvalarının besin değeri çok yüksek olduğundan kümes hayvanları ve balıkları beslemek için yem olarak kullanılabilirler.

Ayrıca birçok ölüm vakasında ve böcek süksesyon çalışmalarında, *M. domestica* 'nın erginleri karkaslarda görülmüştür. *M. domestica* insan ve hayvanlarda miyaza neden olur. Bu sineğin larvalarının yaşlı ve çocuklarda ihmalinin kanıtı olarak kullanılmaları yanı sıra, ölüm sonrası aralığın, Posmortem İnterval (PMI) tahmini için kullanılabilmesi düşünülmektedir (Wang vd., 2018).

Kozmopolit bir tür olan *M. domestica* açık, sıcaklık ve tehlikeli metal tehdidi olan çeşitli ortamlara adapte olabilir (Tiana vd., 2018) bu nedenle ağır metal kirliliğinin ve etkisinin tespit (Haq vd., 2012a) edilmesinde, entomotoksikolojik (Silva vd., 2017) çalışmalarda kullanılabilir iyi bir model organizmadır. Ancak, kurşunun *M. domestica* 'nın, farklı biyolojik parametreleri üzerindeki etkileri hakkında çok az çalışma vardır (Haq vd., 2011; Haq vd., 2012a; Haq vd., 2012b; Haq, 2013; Tiana vd., 2018). Farklı coğrafik bölgelerdeki *M. domestica* popülasyonları arasında genetik faktörlerle

bağlı farklılıklar olabilir (Haq vd., 2012b). Aynı türün farklı biyocoğrafik ve biyoiklimsel bölgelere adaptasyonu nedeniyle, suşlar arasında genetik farklılıklar oluşabilir bu da gelişimlerinin farklı olmasına yol açabilir (Tharindu vd., 2019; Thomas vd., 2016). Bu yüzden aynı türün farklı coğrafik bölgelere adapte olmuş varyasyonlarıyla çalışma yapmak önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, kurşunun *M. domestica* gelişimi ve bazı yaşamsal parametreleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. *M. domestica*'nın, ekonomik, tıbbi, tarımsal ve adli önemi, biyolojik ve ekolojik araştırmalarda kullanılabilme potansiyeli göz önüne alındığında, bu çalışmadan elde edilen veriler adli, biyolojik ve ekolojik çalışmalara referans veri oluşturacaktır.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışma 2021 yılında Samsun, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakültesinde Zooloji bölümündeki Hayvan Fizyolojisi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. *M. domestica* larvalarının farklı kurşun konsantrasyonu içeren besi yerlerindeki gelişimsel verileri incelenmiştir.

**Sinek Kolonileri:** Çalışmamızda kullanılan *M. domestica*, erişkinleri Haziran 2019 yılında kampüs arazisi içerisinde bulunan büyükbaş hayvan ahırlarından atrapla toplanmıştır. Laboratuvara getirilen ergin sineklerden koloniler oluşturularak deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Erişkinler 40x30x40 cm kafeslerde 27°C, %67 nem (RH), ve 12:12 (A:K) h fotoperiyodunda muhafaza edilmiştir. Ergin sineklerin bulunduğu kafeslere şeker ve su ilave edilmiştir. Erişkin çıktıktan bir hafta sonra, süt ve kepek karışımından oluşan besi yerleri erişkinlerin yumurtlaması için kafeslere konmuştur. Yaklaşık 6-10 saat sonra, (besi yerinde yeterince yumurta görüldüğünde), besi yerleri kafeslerden alınmış ve toplanan yumurtalar inkübatöre konulmuştur. Elde edilen yumurtaların bir kısmı deneysel analizler için kullanılırken, diğer kısımları ise sinek kolonisinin devamı için kullanılmıştır. Çalışmamızda birinci evre larvalar kullanılmıştır.

**Deney Aşaması:** Kurşun çözeltilisinin (Pb) dört farklı konsantrasyonu hazırlanmış, (0,25 µg/g, 0,50 µg/g, 1 µg/g ve 2 µg/g) ve içinde larva olan besi yerlerine uygulanmıştır. Toplamda 750 *M. domestica* larvası kullanılmıştır. Hazırlanan stok solüsyon 4 saat bekletildikten sonra besi yerlerine ilave edilmiştir. *M. domestica* 30 tane birinci dönem larvası, (yumurtadan çıktıktan sonra 0-4 saat içinde) dört farklı konsantrasyonda Pb içeren içinde besi yeri (30 g) bulunan kaplara yetiştirilmiştir.

Larvalar pupa aşamasına geçtiğinde pupalar içinde 50 g'lik talaş bulunan 500 ml'lik cam kavanozlara aktarılmıştır. Çalışmada incelenen parametreler şunlardır;

Erişkin ve pupa, ağırlıkları, pupa ve erişkin sayıları, gelişim evrelerinin süreleri. Her konsantrasyon için 5 tekrarlı deneyler yapılmıştır, kontrol deneylerinde sadece süt ve kepek içeren besi yeri kullanılmıştır. Larvalar pupa aşamasına geçtikten 2 gün sonra ağırlıkları ölçülmüştür. Pupadan çıkan erişkinler yaklaşık 2 gün sonra - 20°C'de 4 saat bekletildikten sonra cinsiyetleri belirlenmiş ve ağırlıkları ölçülmüştür. Pupa ve erişkin ağırlıkları hassas terazide (AUW 220D, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) ölçülmüştür.

Veriler SPSS 21 istatistik programıyla analiz edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonları arasındaki farklar tek yönlü varyans analizi kullanılarak incelenmiş ve Tukey HSD testi ile de gruplar arasındaki farklılıklar tespit edilmiştir.

## BULGULAR

**Larval ve Pupal Gelişim Süresi:** Ortalama larva ve pupa gelişim süreleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Farklı kurşun konsantrasyonundaki toplam larval gelişim süreleri (F=62,242; p<0,000) ve pupal gelişim süreleri (F=6331,52; p<0,000) kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 1). Farklı kurşun konsantrasyonları ile beslenen larvaların larval gelişim süreleri kontrol grubuna kıyasla azalırken, pupal gelişim süreleri ise kontrol grubuna kıyasla uzamıştır. En kısa larval ve pupal gelişim süreleri konsantrasyon 1 (0,25 µg/g) iken en uzun larval ve pupal gelişim süreleri konsantrasyon 4 te (2 µg/g) görülmüştür.

**Pupa ve Erişkin Ağırlığı:** Ortalama pupa ve erişkin ağırlıkları Tablo 2 de gösterilmiştir. Ortalama pupa ağırlığı, kurşun konsantrasyonu arttıkça azalmıştır. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki pupa ağırlıkları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (F=1,941; p<0,404). Kontrol grubundaki ve farklı kurşun konsantrasyonlarındaki dişi ağırlıkları (F=19,077; p<0,000) ve erkek ağırlıklarını (F=12,562; p<0,000) karşılaştırdığımızda aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Ortalama dişi ağırlığı, ve erkek ağırlığı kurşun konsantrasyonu arttıkça önemli ölçüde azalmıştır.

**Tablo 1.** Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki larval ve pupal gelişim süreleri.

**Table 1.** Larval and pupal development durations at different lead concentrations.

Konsantrasyon	Larval Süre (gün) (Ortalama±SS)	Pupal Süre (gün) (Ortalama±SS)
1	5,01±0,57a*	8,01±0,64b
2	5,17±0,72b	8,18±0,10b
3	5,28±0,73bc	8,28±0,48bc
4	5,45±0,13c	8,45±0,13d
Kontrol	6,00±0,0d F=62,242, df=4,405 P<0,000	5,00±0,0a F=6331,52 df=4,405 P<0,000

\*Konsantrasyon 1 (0,25 µg/g) konsantrasyon 2 (0,50 µg/g), konsantrasyon 3 (1 µg/g) ve konsantrasyon 4 (2 µg/g) Aynı sütünde yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir (P<0,05).

**Tablo 2.** Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki pupa ve erişkin ağırlığı (mg)

Konsantrasyon	Pupa Ağırlığı (Ortalama±SS)	Dişi Ağırlığı (Ortalama±SS)	Erkek Ağırlığı (Ortalama±SS)
1	20,10±0,46b*	3,73±0,01b	3,36±0,03b
2	19,94±0,15b	3,50±0,04ab	2,92±0,06b
3	19,19±0,19a	2,78±0,03a	2,89±0,11a
4	17,88±0,02a	2,29±0,07a	2,53±0,07a
Kontrol	22,10±0,07c F=1,941, df=4;404, P<0,404	3,90±0,05c F=19,077 df=4;225 P<0,000	3,47±1,05c F=12,562 df=4;173 P<0,000

\* Konsantrasyon 1 (0,25 µg/g) konsantrasyon 2 (0,50 µg/g), konsantrasyon 3 (1 µg/g) ve konsantrasyon 4 (2 µg/g). Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir (P<0,05).

**Pupa ve Erişkin Sayıları:** Ortalama pupa ve erişkin sayıları Tablo 3 de gösterilmiştir. Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki pupa sayıları kontrolle karşılaştırdığımızda aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (F=627,40; p<0,000). Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki dişi ve erkek sayıları kontrol grubu ile karşılaştırdığımızda aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (Erkek sayı; F=260,055; p<0,000; Dişi sayı: F=68,977, p<0,000) (Tablo 3). Çalışmamızda kurşun konsantrasyonunun artmasıyla pupa ve erişkin ölüm oranı artmıştır.

**Tablo 3.** Farklı kurşun konsantrasyonlarındaki pupa ve erişkin sayıları.

Konsantrasyon	Pupa Sayısı (Ortalama±SS)	Dişi Sayısı (Ortalama±SS)	Erkek Sayısı (Ortalama±SS)
1	23,23±0,18c*	11,48±0,58c	9,61±0,03d
2	19,30±0,03b	10,01±0,53c	8,25±0,24c
3	17,31±0,02a	8,82±0,71b	6,28±0,17b
4	16,91±0,08a	7,82±0,51a	4,51±0,45a
Kontrol	28,72±0,04d F=627,40 df=4;404 P<0,000	12,42±0,06dc F=68,977 df=4;225 P<0,000	13,92±1,49e F=260,055 df=4;173 P<0,000

\*Konsantrasyon 1 (0,25 µg/g) konsantrasyon 2 (0,50 µg/g), konsantrasyon 3 (1 µg/g) ve konsantrasyon 4 (2 µg/g). Aynı sütunda yer alan ve aynı harfle başlayan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir (P<0,05).

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Ağır metaller, tüm canlı organizmalar üzerinde yaygın toksik etkisi olan kirleticilerdir. Böceklerin hayatta kalmaları, olumsuz yaşam koşullarıyla başa çıkma yetenekleriyle ilgilidir. Olumsuz çevresel koşulları böceklerin gelişimlerini, hayatta kalma oranlarını, büyümelerini, ömür uzunluklarını, doğurganlıklarını negatif yönde etkiler (Zhan vd., 2017). Böcek gelişim süreleride çevresel streslere duyarlıdır ve farklı böcek gruplarının ağır metale yönelik tepkileri farklı olabilir. Yaptığımız çalışmada kurşun varlığının larva büyümesi üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve tüm konsantrasyonlarda larval gelişim süresinin kontrol grubuna kıyasla azaldığı görülürken pupa süresi kontrol grubuna kıyasla uzamıştır. Çalışmamızda tüm kurşun konsantrasyonlarında toplam gelişim süresi kontrol grubuna kıyasla yaklaşık 2-2,9 gün farklıdır. Yüksek kurşun konsantrasyonu, mitokondri krista yapısını değiştirip, ATP sentezini ve oksidatif fosforilasyonu

azaltır, buda metamorfozu olumsuz etkiler (Malecka vd., 2001) dolayısıyla larvalar, pupa aşamasına ulaştığında, mevcut problemler nedeniyle, metamorfoz için daha fazla zamana ihtiyaç duyabilirler (Safae vd., 2014). Çalışmamızla uyumlu olarak Safae vd., (2014), *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera: Drosophilidae), Heer & Singh, (2019) *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794) (Diptera: Calliphoridae) ile yaptıkları çalışmalarda kurşun varlığının gelişim süresini uzattığını göstermişlerdir. Çalışmamızdan farklı olarak Kökdener & Yılmaz (2021) *Lucilia sericata* (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae) yaptığı çalışmada besi yerindeki kurşun konsantrasyonunun artışına bağlı olarak larval ve pupal gelişim süresinin kısalttığını göstermişlerdir. Shulman vd., (2017) yaptıkları çalışmada farklı kurşun yoğunluğunun *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830) (Diptera: Calliphoridae) larvalarının gelişimi üzerindeki etkilerini incelemişler ve konsantrasyona bağlı olarak gelişimin hızlandığını göstermiştir.

Yaptığımız çalışmada pupa ve erişkin ağırlıkları kurşun konsantrasyonu arttıkça azalmıştır, en düşük pupa ve erişkin ağırlıkları konsantrasyon 4 (2 µg/g) kullanıldığı besi yerindeki pupa ve erişkinlerde görülmüştür. Heer & Singh, (2019) yaptıkları çalışmada *C. megacephala*'nın pupa ve erişkin ağırlıklarının farklı kurşun konsantrasyonundan etkilendiğini göstermişlerdir. Kökdener & Yılmaz, (2021) *L. sericata* ile yaptığı çalışmada besi yerinde kurşun varlığının pupa ve erişkin ağırlığını azalttığı gözlemlenmiştir ve çalışmamızla uyumludur. Bunun muhtemel nedeni ağır metalin böcek bağırsak epitel dokusunu ve gıda metabolizmasını tahrip etmesidir (Zhan, 2017). Ayrıca larvaların tükettiği gıda maddelerindeki ağır metaller, besinin sindirilmesini, emilimini azaltır, dolayısıyla yeterince beslenmeyen larva, pupa ve erişkin ağırlıkları azalır (Baghban vd., 2014). Yetişkin ağırlığı, pupa ağırlığı ile pozitif korelasyon gösterir. Yapılan çeşitli çalışmalar diyet, larva yoğunluğu ve kimyasalların varlığının pupa ağırlığını ve dolayısıyla ortaya çıkan yetişkin kuru kütlelerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Pupalar ve ortaya çıkan yetişkinlerin kuru ağırlığı cesedin içinde buldukları durumun bir göstergesi olabilir (Bauer vd., 2020) Gelecekteki farklı ağır metallerin varlığında bu örüntünün devam edip etmediği araştırılmalıdır.

Yaptığımız çalışmada pupa ve larval ölüm oranı kurşun konsantrasyonu arttıkça artmıştır. En az erişkin sayısı konsantrasyon 4 (2 µg/g) olduğu besi yerinde görülmüştür. Çalışmamızla uyumlu olarak, Haq vd., (2012a) *M. domestica*, Heer & Singh, (2019) *C. megacephala*, Kökdener & Yılmaz, (2021) *L. sericata* ile yaptıkları çalışmalarda artan kurşun konsantrasyonunun larval ölüm oranını arttırdığını göstermişlerdir. Ayrıca Safae vd., (2014), *D. melanogaster* ile yaptıkları

çalışmada kurşun varlığının larvaların hayatta kalma potansiyelini azalttığını göstermişlerdir ve çalışmamızla uyumludur. Bunun olası nedeni besi yerindeki kurşun varlığının larvanın büyüme ve gelişimini olumsuz etkilemesidir (Al-momani & Massadeh, 2005; Roeterdink vd., 2004). Ağır metal varlığı böcekte protein ve lipid metabolizması için gerekli çok sayıda enzim yapısının bozulmasına neden olur. Yeterince beslenemeyen larva ve pupalar gelişim süreçlerini tamamlayamazlar, dolayısıyla erişkin ve pupa sayısı azalır (Baghban vd., 2014).

Sonuç olarak bu çalışmada, kurşunun, *M. domestica* 'nın yaşam döngüsünün olumsuz etkilediği görülmüştür. Larva gelişimi süresi, kurşun konsantrasyonlarının varlığında kontrol grubuna kıyasla kısalmış, ama pupal gelişim süreleri uzamıştır. Total gelişim süreleri kontrolle kıyaslandığında önemli bir artışa neden olmuştur (2-2,9 gün). Kurşuna maruz kalma, pupa, ve erişkin sayılarını, erişkin ağırlıklarında, olumsuz etkilemiştir. Bu parametrelerin, çevresel stresi izlemek için biyolojik belirteçler olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

*M. domestica* 'nın potansiyel adli değere sahip önemli bir sağlık zararlısı olduğu göz önüne alındığında, bu türe ait gelişimsel verilerin biyolojik ve ekolojik araştırmalar kadar adli araştırmalar içinde önemli olacağı kanaatindeyiz. İleride farklı kimyasal maddelerin, ve ağır metallerin *M. domestica* 'nın yaşamsal parametreleri üzerindeki etkisinin adli, biyolojik ve fizyolojik perspektiflerden araştırılması planlanmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- Ahamed, M. & Siddiqui, M.K.J. (2007). Low level lead exposure and oxidative stress: Current opinions. *Clinica Chimica Acta*, **383**, 57-64.
- Ahmed, K.M. (2018). The effect of aqueous plant extracts of tobacco on Third larvae of house fly (*Musca domestica* L., (Diptera: Muscidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, **6**(3), 403-408.
- Al-Momani, F.A. & Massadeh, A. M. (2005). Effect of different heavy-metal concentrations on *Drosophila melanogaster* larval growth and development. *Biological Trace Element Research*. **108**, 271-277.
- Amendt, J., Krettek, R. & Zehner R. (2004). Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, **91**, 51-65. DOI: [10.1007/s00114-003-0493-5](https://doi.org/10.1007/s00114-003-0493-5)
- Azam, I., Afsheen, S., Zia, A., Javed, M., Saeed, R., Sarwar, M.K. & Munir, B. (2015). Evaluating Insects as bioindicators of heavy metal contamination and accumulation near industrial area of Gujrat, Pakistan. *Biological Medical Research International*, **11**, 942751.
- Baghban, E., Mehrabani-Zeinabad, A. & Moheb, A. (2014). The effects of operational parameters on the electrochemical removal of cadmium ion from dilute aqueous solutions. *Hydrometallurgy*, **149**, 97-105.
- Bauer, A., Bauer A.M. & Tomberlin, J.K. (2020). Impact of diet moisture on the development of the forensically important blow fly *Cochliomyia macellaria* (Fabricius) (Diptera: Calliphoridae). *Forensic Science International*, **312**, 110333. DOI: [10.1016/j.forsciint.2020.110333](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110333)
- Bhat, S.A., Cui, G., Li, W., Wei, Y. & Li, F. (2020). Effect of heavy metals on the performance and bacterial profiles of activated sludge in a semi-continuous reactor. *Chemosphere*, **241**, 125035.
- Boyd, R.S. (2009). High-nickel insects and nickel hyperaccumulator plants: a review. *Insect Science*, **16**, 19-31.
- Butt, A., Qurat-ul, A., Kanwal, R., Xaaceph, K.M. & Hesselberg, T. (2018). Bioaccumulation of cadmium, lead, and zinc in agriculture-based insect food chains. *Environmental Monitoring and Assessment*, **190**, 698. DOI: [10.1007/s10661-018-7051](https://doi.org/10.1007/s10661-018-7051)
- Chauhan, M., Solanki, M. & Nehra, K. (2017). Putative mechanism of cadmium bioremediation employed by resistant bacteria. *Jordan Journal of Biological Sciences*, **10**(2), 101-107.
- Diener, S., Zurbrügg, C. & Tockner, K. (2015). Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *Journal of Insects as Food and Feed*, **1**(4), 261-270.
- Farooq, M. & Freed, S. (2014). Infectivity of housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) to different entomopathogenic fungi. *Brazilian Journal of Microbiology*, **110**, 1-10.
- Gall, J.E., Boyd, R.S. & Rajakaruna, N. (2015). Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*. **187**, 201. DOI: [10.1007/s10661-015-4436-3](https://doi.org/10.1007/s10661-015-4436-3)
- Ghannem, S., Touaylia, S. & Boumaiza, M. (2017). Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution, Human and ecological risk assessment. *An International Journal*, **24**(2), 456-464. DOI: [10.1080/10807039.2017.1385387](https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1385387)
- Haq, R. (2013). Determination of lead acetate effects on heavy weight protein of *Musca domestica*. *Journal of Basic & Applied Sciences*, **9**, 286-290.
- Haq, R., Khan, M.F., Faheem, M., Rana, H. & Naqvi S.N.H. (2011). Effects of lead acetate on *Musca domestica*. *Pakistan Journal of Entomology Karachi*, **26**(1), 73-76.
- Haq, R., Khan, M.F., Haq, E. & Haq, R. (2012 a). Effects of lead acetate on morphology of *Musca domestica* L. (Muscidae: Diptera). *Pakistan Entomology*, **34** (1), 31-35.
- Haq, R., Khan, M.F., Haq, E. & Haq, R. (2012 b). Effects of lead acetate on morphology of *Musca domestica*

- L. (Muscidae: Diptera). *Journal of Basic and Applied Sciences*, **8**, 291-296.
- Heer, B.K. & Singh, D. (2019).** Effect of lead acetate on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and implications for estimating postmortem interval. *International Journal of Current Advanced Research*, **8**(5), 18588-18592.
- Hong-hua, S., Yong, Y., Yuan-yuan, Q., Zi-bo, Y., Yu-qing, C. & Yi-Zhong, Y. (2019).** Effects of lead stress on Vg expression in the beet armyworm over five successive generations. *Journal of Integrative Agriculture*, **18**(1), 134-142.
- Ilahi, I., Yousafzai, A.M., Haq, T.U., Rahim, A., Attaullah, M. & Naz, D. (2020).** Toxicity to lead, cadmium and copper in nymphs of three odonate species *Bioscience Research*, **17**(4), 2448-2464.
- Khan, H.A.Al., Shad, S.A. & Akram, W. (2012).** Effect of livestock manures on the fitness of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Parasitol Research III*, 1165-1171. DOI: [10.1007/s00436-012-2947-1](https://doi.org/10.1007/s00436-012-2947-1)
- Kökdener, M. & Yilmaz, A.F. (2021).** The effects of gunshot residue components (Pb, Ba, and Sb) on the life history traits of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*, **58**(6), 2130-2137. DOI: [10.1093/jme/tjab123](https://doi.org/10.1093/jme/tjab123).
- Luo, M., Cao, H.M., Fan, Y.Y., Zhou, X.C., Chen, J.X., Chung, H. & Wei, H.Y. (2020).** Bioaccumulation of cadmium affects development, mating behavior, and fecundity in the asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Insects*, **11**, 7. DOI: [10.3390/insects11010007](https://doi.org/10.3390/insects11010007)
- Malecka, A., Jarmuszkiewicz, W. & Tomaszewska, B. (2001).** Antioxidative defense to lead stress in subcellular compartments of pea root cells. *Acta Biochimica Polonica*, **48**, 687-698.
- Posthuma, L. & Van Straalen, N.M. (1993).** Heavy-metal adaptation in terrestrial invertebrates: a review of occurrence, genetics, physiology and ecological consequences. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative*, **106**, 11-38.
- Rai, P.K., Lee, S.S., Zhang, M., Tsang, Y.F. & Kim, K.H. (2019).** Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, **125**, 365-385. DOI: [10.1016/j.envint.2019.01.067](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067)
- Roeterdink, E.M., Dadour, I.R. & Watling, R.J. (2004).** Extraction of gunshot residues from the larvae of the forensically important blowfly *Calliphora dubia* (Macquart) (Diptera: Calliphoridae). *International Journal of Legal Medicine*, **118**, 63-70.
- Safaei, S., Fereidoni, M., Mahdavi, N.S., Haddad, F. & Mirshamsi, O. (2014).** Effects of lead on the development of *Drosophila melanogaster*. *Periodicum Biologorum*, **116**(3), 259-265,
- Shulman, M.V., Pakhomov, O.Y. & Brygadyrenko, V.V. (2017).** Effect of lead and cadmium ions upon the pupariation and morphological changes in *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae). *Folia Oecologica*, **44**(1), 28-37.
- Silva, E.I.T., Wilhelmi, B. & Villet, M.H. (2017).** Forensic entomotoxicology revisited - towards professional standardisation of study designs. *International Journal of Legal Medicine*, **131**, 1399-1412. DOI: [10.1007/s00414-017-1603-9](https://doi.org/10.1007/s00414-017-1603-9)
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K. & Sutton, D.J. (2012).** Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia supplementum*, **101**, 133-164. DOI: [10.1007/978-3-7643-8340-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6)
- Tharindu, Y.B., Bambaradeniya, W.A., Karunaratne, I.P., Tomberlin, J.K., Goonerathne, I., Kotakadeniya, R.B. & Magni, P.A. (2019).** Effect of temperature and tissue type on the development of the forensic fly *Chrysomya megacephala* (Diptera:Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*, **20**(10), 1-11. DOI: [10.1093/jme/tjz097](https://doi.org/10.1093/jme/tjz097)
- Thomas, J K., Sanford, M R., Longnecker, M. & Tomberlin, J K. (2016).** Effects of temperature and tissue type on the development of *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae). *Journal of Medical Entomology*, **53**(3), 519-525. DOI: [10.1093/jme/tjw019](https://doi.org/10.1093/jme/tjw019)
- Tiana, L., Wang, X., Wang, X., Leib, C. & Zhu, F. (2018).** Starvation-, thermal- and heavy metal- associated expression of four small heat shock protein genes in *Musca domestica*. *Gene*, **642**(5), 268-276.
- Wang, Y., Yang, L., Zhang, Y., Tao, L. & Wang, J. (2018).** Development of *Musca domestica* at constant temperatures and the first case report of its application for estimating the minimum postmortem Interval *Forensic Science International* **285**, 172-180. DOI: [10.1016/j.forsciint.2018.02.004](https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.02.004)
- Xie, G., Zou, J., Zhao, L., Wu, M., Wang, S., Zhang, F. & Tang, B. (2014).** Inhibitional effects of metal Zn<sup>2+</sup> on the reproduction of *Aphis medicaginis* and Its Predation by *Harmonia axyridis*. *Plos One*, **9**(2), e87639. DOI: [10.1371/journal.pone.0087639](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087639)
- Zhan, H., Zhang, J., Chen, Z., Huang, Y., Ruuhola, T. & Yang, S. (2017).** Effects of Cd<sup>2+</sup> exposure on key life history traits and activities of four metabolic enzymes in *Helicoverpa armigera* (Lepidopteran: Noctuidae). *Chemistry and Ecology*, **33**(4), 325-338.