



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

**AĞIR METALLERİN PARAZİTOİT *BRACON HEBETOR* SAY,
1836 (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)'UN BAZI
BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE LİPİT, KARBOHİDRAT VE
PROTEİN MİKTARLARINA ETKİLERİ**

Doktora Tezi

Nuran KORKMAZ BOZ

Danışman
Doç. Dr. Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ

SAMSUN
2021

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI



**AĞIR METALLERİN PARAZİTOİT *BRACON HEBETOR* SAY,
1836 (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)'UN BAZI
BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE LİPİT, KARBOHİDRAT VE
PROTEİN MİKTARLARINA ETKİLERİ**

Doktora Tezi

Nuran KORKMAZ BOZ

Danışman

Doç. Dr. Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Nuran KORKMAZ BOZ tarafından, Doç. Dr. Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ danışmanlığında hazırlanan “Ağır Metallerin Parazitoit *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)’un Bazı Biyolojik Özellikleri ile Lipit, Karbohidrat ve Protein Miktarlarına Etkileri” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 17/02/2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Ünal ZEYBEKOĞLU Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye (Danışman)	Doç. Dr. N. Eylem AKMAN GÜNDÜZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. Ali MİROĞLU Ordu Üniversitesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Murat KARAVİN Amasya Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Nurver ALTUN Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza

... / ... / 2021

Nuran KORKMAZ BOZ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: Ağır Metallerin Parazitoit *Bracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae)'un Bazı Biyolojik Özellikleri ile Lipit, Karbohidrat ve Protein Miktarlarına Etkileri

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 19.01.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 10

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

İmza

... / ... / 2021

N. Eylem AKMAN GÜNDÜZ

ÖZET

AĞIR METALLERİN PARAZİTOİT *BRACON HEBETOR* SAY, 1836 (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)'UN BAZI BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE LİPİT, KARBOHİDRAT VE PROTEİN MİKTARLARINA ETKİLERİ

Nuran KORKMAZ BOZ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Doktora, Ocak/2021

Danışman: Doç. Dr. Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ

Bu çalışmada kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve bakırın (Cu) parazitoit *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)'un bazı biyolojik ve biyokimyasal özelliklerine etkileri araştırıldı. Konak olarak *Achroia grisella*'nın (Lepidoptera: Pyralidae) geç evre larvaları kullanıldı. Konak besinine üç farklı konsantrasyonda (50, 100 ve 200 mg/kg) ağır metal ilave edildi ve denemeler için bu konaklarda yetiştirilen parazitoitler kullanıldı. Böceklerin tamamı $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, % 60 ± 5 bağıl nem ve 16A:8K fotoperiyota sahip laboratuvar şartlarında muhafaza edildi. Çalışmanın sonucunda, kurşun ve bakırın yüksek konsantrasyonlarında (200 mg/kg) dişi parazitoitlerin gelişim süresinin uzadığı, kadmiyum uygulamasının ise dişilerin gelişim süresi üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı tespit edildi. Ağır metal uygulanan erkek parazitoitlerin gelişim sürelerinde ise önemli bir değişiklik görülmedi. Kadmiyum ve kurşun uygulaması toplam verim ve eşey oranını önemli ölçüde değiştirirken, bakır uygulamasının değiştirmediği tespit edildi. Dişi parazitoitlerin ömür uzunluğu ağır metal uygulamasından önemli ölçüde etkilenmezken, erkek parazitoitlerin ömür uzunluğunun 100 mg/kg kurşun konsantrasyonunda arttığı belirlendi.

Biyokimyasal analizler için yeni ergin olan, beslenmemiş dişi ve erkek parazitoitlerdeki protein, lipit ve karbohidrat miktarları belirlendi. Dişi parazitoitlerde 50 mg/kg bakır konsantrasyonu dışındaki tüm gruplarda ağır metal kontaminasyonunun protein miktarını artırdığı görüldü. 50 ve 100 mg/kg kadmiyum ile 50 mg/kg bakır konsantrasyonları dışındaki tüm deneme gruplarında erkeklerin ortalama protein miktarlarının önemli ölçüde arttığı belirlendi. Parazitoitlerdeki lipit miktarının 200 mg/kg kadmiyum konsantrasyonu dışındaki tüm gruplarda ağır metal kontaminasyonu nedeniyle değişmediği ya da azaldığı tespit edildi. Elde edilen veriler ayrıca ağır metal uygulamasının 100 mg/kg kadmiyum konsantrasyonunda yetiştirilenler dışındaki tüm parazitoitlerde toplam karbohidrat miktarını azalttığını gösterdi.

Anahtar Sözcükler: *B. hebetor*, biyolojik özellikler, biyokimyasal kompozisyon

ABSTRACT

EFFECTS OF HEAVY METALS ON SOME BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND LIPID, CARBOHYDRATE AND PROTEIN AMOUNTS OF PARASITOID *BRACON HEBETOR* SAY, 1836 (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

Nuran KORKMAZ BOZ

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Biology

Doctorate, January/2021

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. N. Eylem AKMAN GÜNDÜZ

In this study the effects of heavy metals, cadmium (Cd), lead (Pb) and copper (Cu) on some biological and biochemical characteristics of larval ectoparasitoid *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) were investigated. Late instar larvae of *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) were used as host species. Three different concentrations (50, 100 and 200 mg/kg) of heavy metal were added to the synthetic diet of host, and parasitoids reared on these hosts were used for the experiments. All of the insects were kept at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ temperature, $60\pm 5\%$ relative humidity and 16L:8D photoperiod conditions. Results showed that development of female parasitoids took longer time in the presence of high concentration (200 mg/kg) of lead and copper, whereas cadmium exposure had no influence on the development time of females. However, development period of males did not show any noteworthy change with heavy metal treatment. Fecundity and sex ratio were changed considerably after cadmium and lead exposure, while they were not apparently altered after copper exposure. Although longevity of female parasitoids were not significantly influenced by metal contamination, it was prolonged at the 100 mg/kg lead concentration in males.

We quantified the protein, lipid and carbohydrate levels in newly emerged unfed female and male parasitoids for biochemical analysis. Protein level of females increased due to heavy metal contamination except for 50 mg/kg copper concentration. Except for 50 and 100 mg/kg cadmium and 50 mg/kg copper concentrations, the mean protein level of males were also considerably increased at all tested groups. Lipid concentrations in the parasitoids were either reduced or unchanged due to heavy metal contamination except for 200 mg/kg cadmium concentration. Obtained data also showed that heavy metal treatment reduced the carbohydrate levels of parasitoids, except for those reared at 100 mg/kg cadmium concentration.

Keywords: *B. hebetor*, biological characteristics, biochemical composition

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez konumu belirleyen, çalışmalarımı yakın ilgi ile izleyip bana yol gösteren, çalışmalarım süresince özverili yardımlarını esirgemeyen, fikirlerinden yararlandığım değerli hocam Sayın Doç. Dr. N. Eylem AKMAN GÜNDÜZ'e teşekkür ederim.

Tez izleme komitemde bulunan ve çalışmalarım süresince beni yönlendiren hocalarım Sayın Prof. Dr. Ünal ZEYBEKOĞLU ve Sayın Dr. Öğretim Üyesi Murat KARAVİN'e,

Verilerimin istatistiksel analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Dr. Özgür ÖZCAN'a, çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Biyoloji Bölümü öğretim üyelerine ve araştırma görevlilerine teşekkür ederim.

Destek ve teşvikleriyle her zaman yanımda olan sevgili annem ve babama, sabırlarından ve hoşgörülerinden dolayı eşim Ali BOZ ve oğlum Uygur BOZ'a teşekkür ederim.

Nuran KORKMAZ BOZ

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Materyal	20
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Konak Kültürlerinin Kurulması	20
3.2.2. Parazitoit Kültürlerinin Kurulması.....	21
3.2.3. Parazitoitin Gelişim Süresi, Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğunun Belirlenmesi.....	21
3.2.4. Biyokimyasal Analizler.....	22
3.2.4.1. Toplam Protein Miktarının Belirlenmesi	22
3.2.4.2. Toplam Lipit ve Karbohidrat Miktarlarının Belirlenmesi	23
3.2.5. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	25
4. BULGULAR	26
4.1. Ağır Metallerin Parazitot <i>B. hebetor</i> 'un Biyolojik Özelliklerine Etkisi	26
4.1.1. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un Gelişim Süresi, Toplam Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkisi	26
4.1.2. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un Gelişim Süresi, Toplam Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkisi	29
4.1.3. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un Gelişim Süresi, Toplam Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkisi	32
4.2. Ağır Metallerin Parazitoit <i>B. hebetor</i> 'un Biyokimyasal Özelliklerine Etkisi	35
4.2.1. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un Toplam Protein, Karbohidrat ve Lipit Miktarına Etkisi	35
4.2.2. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un Toplam Protein, Karbohidrat ve Lipit Miktarına Etkisi.....	39
4.2.3. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un Toplam Protein, Karbohidrat ve Lipit Miktarına Etkisi	42
5. TARTIŞMA	45
6. SONUÇ	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Pb: Kurşun
Cd: Kadmiyum
Cr: Krom
Fe: Demir
Co: Kobalt
Cu: Bakır
Ni: Nikel
Hg: Civa
Zn: Çinko
PVC: Polivinil klorür
MTs: Metalloiyoninler
GSH: Glutatyon
SPs: Stres proteinleri
HSCs: Isı şok akraba proteinleri
HSPs: Isı şok proteinleri
A: Aydınlık
K: Karanlık

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Toplam protein standart grafiği	22
Şekil 3.2. Toplam lipit standart grafiği	23
Şekil 3.3. Toplam karbohidrat standart grafiği	24
Şekil 4.1. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un gelişim süresine etkisi	27
Şekil 4.2. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un toplam verimine etkisi.....	27
Şekil 4.3. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un eşey oranına etkisi.....	28
Şekil 4.4. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un ömür uzunluğuna etkisi.....	29
Şekil 4.5. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un gelişim süresine etkisi	30
Şekil 4.6. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un toplam verimine etkisi.....	31
Şekil 4.7. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un eşey oranına etkisi	31
Şekil 4.8. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un ömür uzunluğuna etkisi	32
Şekil 4.9. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un gelişim süresine etkisi	33
Şekil 4.10. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un toplam verimine etkisi.....	34
Şekil 4.11. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un eşey oranına etkisi.....	34
Şekil 4.12. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un ömür uzunluğuna etkisi.....	35
Şekil 4.13. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un toplam protein miktarına etkisi	37
Şekil 4.14. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un toplam lipit miktarına etkisi.....	38
Şekil 4.15. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un toplam karbohidrat miktarına etkisi	39
Şekil 4.16. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un toplam protein miktarına etkisi	40
Şekil 4.17. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un toplam lipit miktarına etkisi	41
Şekil 4.18. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un toplam karbohidrat miktarına etkisi	41
Şekil 4.19. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un toplam protein miktarına etkisi	43
Şekil 4.20. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un toplam lipit miktarına etkisi	44
Şekil 4.21. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un toplam karbohidrat miktarına etkisi.....	44

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Bronksill (1961) tarafından önerilen besin içeriği ve içerikte Sak vd (2006) tarafından yapılan değişiklik	21
Tablo 4.1. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi	26
Tablo 4.2. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi	29
Tablo 4.3. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi	33
Tablo 4.4. Kadmiyumun <i>B. hebetor</i> 'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi	36
Tablo 4.5. Kurşunun <i>B. hebetor</i> 'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi	39
Tablo 4.6. Bakırın <i>B. hebetor</i> 'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi	42

1. GİRİŞ

Ağır metaller yerkürenin olağan bileşenleridir. Yer kabuğunun aşındırıcı öğeleri ve volkanik aktiviteler ağır metallerin ortaya çıkmasına katkıda bulunan doğal olaylardır. Ağır metaller toprakta, kayalarda, sedimentlerde, sularda ve mikroorganizmalarda normal ölçülerde bulunur. Ancak hızla artan insan nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak için gerçekleştirilen endüstriyel aktiviteler, daha fazla ağır metalin ortaya çıkmasına ve bu ağır metallerin çevreyi kirletmesine neden olmaktadır (Järup, 2003; Asri vd, 2007; Mohammed vd, 2011). Bu durum insan da dahil pek çok organizma için ciddi problemlere neden olmaktadır.

Ağır metaller özgül ağırlıkları 5 g/cm^3 'ten ve atom numarası 20'den daha yüksek olan metallerdir. Ağır metalin tanımı daha çok çevresel problemlerle birlikte ortaya çıkmakta ve "nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal" olarak tanımlanmaktadır. Bu grubun içine kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), nikel (Ni), civa (Hg) ve çinko (Zn) başta olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir (Duffus, 2002; Jarup, 2003; Kahvecioğlu vd, 2007; Okcu vd, 2009, Ali vd, 2019). Dünya Sağlık Örgütü ağır metallerin insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşturduğu tehlike nedeniyle toplum sağlığını en fazla etkileyen 10 kimyasal madde listesinde 4 tane ağır metale yer vermiştir. Bu ağır metaller arsenik, kurşun, civa ve kadmiyumdur. Bunlara ilave olarak krom da toksik ağır metal olarak değerlendirilmiştir (Çepel, 1997; Mohammed vd, 2011; RoyChowdhury vd, 2018; Vardhan vd, 2019).

Ağır metal kirliliğinin başlıca kaynakları endüstriyel, evsel, tarımsal, medikal ve teknolojik uygulamalardır. Ağır metaller kirletici kaynaklardan çıkarak havaya, toprağa ve suya yayılırlar (Mohammed vd, 2011; Tchounwou vd, 2012). Organik atıkların tersine zararsız ürünlere parçalanamadıkları veya dönüştürülemedikleri için toprakta stabil halde kalırlar (Mohammed vd, 2011; Safaee vd, 2014). Ağır metallerin aşırı kullanımı insan sağlığıyla ilgili endişeleri arttırmaktadır. Bu nedenle ağır metallerin çevreye olan etkileri daha ayrıntılı olarak çalışılmaktadır (Vardhan vd, 2019).

İnsan kaynaklı kirlilik oluşturan ağır metal kaynakları 5 ana gruba ayrılabilir. Bunlar:

1. Madencilik ve maden işleme (arsenik, kadmiyum, kurşun, civa),
2. Sanayi (arsenik, kadmiyum, krom, kobalt, bakır, civa, nikel, çinko),
3. Atmosfer (arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun, civa, uranyum),
4. Tarım (arsenik, kadmiyum, bakır, kurşun, silisyum, uranyum, çinko),
5. Atık işleme (arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun, civa, çinko) alanlarıdır (Mohammed vd, 2011).

Kobalt, krom, bakır, demir, potasyum, magnezyum, manganez, sodyum, nikel ve çinko gibi bazı metaller esansiyeldir ve mikro besleyici olarak görev yaparlar. Bunlar enerji üretiminde, karbohidrat ve lipit metabolizmasında, gen regülasyonunda, indirgenme-yükseltgenme tepkimelerinde, moleküllerin elektriksel etkileşimlerinde stabilizatör olarak, enzimlerin kofaktörü olarak ve ozmotik basıncın düzenlenmesinde rol oynarlar (Mohammed vd, 2011; Merritt ve Bewick, 2017).

Gümüş, kadmiyum, altın, kurşun ve civa gibi diğer esansiyel olmayan ağır metallerin hiçbir biyolojik fonksiyonu bulunmamakla beraber bunlar potansiyel olarak toksiktirler. Bu esansiyel olmayan ağır metallerin toksisitesi esansiyel metallerin yerine geçmesinden veya diğer bileşiklerle olan etkileşimlerinden ileri gelmektedir. Diğer taraftan hem esansiyel hem de esansiyel olmayan ağır metaller yüksek konsantrasyonda olduklarında hücre zarına zarar vererek, enzim spesifikliğini değiştirerek, hücresel işlevleri bozarak ve DNA yapısına zarar vererek toksik etkilerini gösterirler (Mohammed vd, 2011).

Ağır metallerden biri olan kadmiyum, günümüzde çeşitli kullanım alanlarıyla ve çevre kirliliğindeki önemli rolü ile gündeme gelmiş oldukça toksik bir metaldir. Kadmiyum doğada saf olarak bulunmaz ve nispeten nadir bir elementtir. Ancak günümüzde insan faaliyetleri sonucu miktarı önemli ölçüde yükselmiştir. Çok düşük dozlarda bile toksik olması ve biyolojik yarı ömrünün uzun olması nedeniyle yaygın bir kirlilik kaynağıdır (Goyer, 1991; Lyons vd, 1996). Kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, tekstilde, PVC (Polivinil klorür) stabilizatörü olarak, alaşımlarda, lehimlemede, elektronik sanayinde, metalurjide, fotoğraflarda, seramik yapımında, endüstriyel atıkların ayrıştırılmasında kullanılır. Bu nedenle üretim tesislerinin yakınlarında bulunan bölgelerde hava, su ve topraktaki kadmiyum konsantrasyonları artış göstermektedir. Kadmiyum ayrıca fosfatlı gübrelerde, pestisitlerde, deterjanlarda ve

rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar. Kadmiyum çevrede oldukça kalıcıdır ve zamanla yumuşakçalar, kabuklular ve bitkilerde biyolojik olarak birikir. Kadmiyum düşük konsantrasyonda bile insan vücudunda birikerek biyolojik sistemlerde geri dönüşümsüz zararlara yol açtığı için kanserojendir ve insan bedenine alındığında uzaklaştırılması oldukça zordur (Jarup, 2003; Kahvecioğlu vd, 2007; Okcu vd, 2009; RoyChowdhury vd, 2018; Vardhan vd, 2019).

Kurşun, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir (Karademir ve Toker, 1995; Saygıdeğer, 1995). Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstri bölgeleri ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlar da kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddeler de kurşun bulundurur. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilir. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyon ve geri kazanımı esnasında uygulanan “Kal” işlemi illegal olarak önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır (Kahvecioğlu vd, 2007; Okcu vd, 2009). Bunların yanında madencilik ve ergitme, metal kaynaklama, piller, kağıt üretimi ve patlayıcılar da çevresel kurşun kirliliğine neden olan insan faaliyetleridir (RoyChowdhury vd, 2018).

Bakır fotosentetik elektron naklinde anahtar rol oynayan moleküllerin parçası ve birçok enzim aktivitesi için gerekli olması nedeniyle canlılar için oldukça önemli bir element olmasına rağmen, yüksek konsantrasyonda bulunduğu son derece tehlikelidir (Allan, 1997; Raven vd, 1999; Okcu vd, 2009). Enzimlerin yapısında kofaktör olarak görev yapmasının yanı sıra hemoglobin sentezi için de gerekli olması nedeniyle insanlar için çok önemlidir (Vardhan vd, 2019). Ayrıca eklem bacaklılar ve yumuşakçalarda oksijen taşınmasında görev yapan hemosiyanin proteininin yapısında da bulunur. Bakır elektronik çiplerde, pil yapımında, cep telefonlarında, yarı iletkenlerde, su borularında, gübre üretiminde, kağıt sanayinde, fungusitlerde,

insektisitlerde, katalizatörlerde ve metal işleme ürünlerinde kullanılır. Ayrıca bakır madenleri, diğer metal madenleri, bakır ve bakır ürünleri işleyen fabrikalar doğaya bakır salınmasına neden olur. Bu nedenle bakırın neden olduğu kirliliğin farklı nedenleri olabilir (Nuhoğlu vd, 2002; Vardhan vd, 2019).

Ağır metaller hava, su ve besinler ile organizmaya alınmaktadır (Lauwerys vd, 1993). Organizma tarafından alınan bu ağır metaller zamanla canlının vücudunda birikerek onları etkilerler (Nummelin vd, 2007; Azam vd, 2015; Mohammed vd, 2011). Organizmaya alınan metaller, metabolizma üzerindeki toksik etkilerini değişik yollarla yapabilmektedir. Örneğin, enzimlerin katalitik aktif bölgelerini kapatarak veya enzimin protein kısmını denatüre ederek enzim inhibisyonuna neden olabilirler (Tyler vd, 1989), temel elementlerin yerini alarak toksik etki gösterebilirler (Bremner, 1974) ya da proteinlerle birleşerek hücre içinde birikirler (Yoshikawa, 1982; Okcu vd, 2009).

Karasal omurgasızların farklı türleri esansiyel ve esansiyel olmayan metallerin depolanması veya zararsız hale getirilmesi konusunda farklı eğilimler göstermektedir. Ağır metal çeşitleri ve bunların farklı derişimleri bağlamında karasal omurgasızlar makrokonsantre ediciler, mikrokonsantre ediciler ve dekonsantre ediciler olarak gruplandırılabilir (Dallinger, 1993).

Makrokonsantre ediciler farklı yollarla vücutlarından uzaklaştıramadıkları ağır metalleri depolayarak zehirsizleştirme yolunu izlerler. Böylelikle ağır metaller belirli vücut kısımlarında izole edilerek kimyasal olarak inaktif hale getirilir ve bu şekilde uzun süre depolanabilir. Bazı durumlarda ise kadmiyum, bakır ve çinko gibi ağır metaller metal bağlayıcı proteinlere bağlanarak çok daha uzun süre vücutta tutulabilir. Karasal isopodlar, gastropodlar, toprak solucanları ve bazı arachnidler makrokonsantre edicilere örnektir (Dallinger, 1993).

Dekonsantre ediciler olarak adlandırılan bazı böcek türleri ise sindirim sistemleri yoluyla aldıkları ağır metalleri özel kesecik ve hücrelerde tutarak boşaltım yoluyla atma yeteneğine sahiptirler (Dallinger, 1993).

Mikrokonsantre ediciler ise yukarıda bahsedilen iki grubun kullandığı mekanizmalar arasında bir orta yol oluşturmuşlardır. Yani mikrokonsantre ediciler ağır metalleri zehirsizleştirmede, izole ederek depolama ve özel keseciklerle salgılama mekanizmalarının her ikisini birden kullanabilirler (Dallinger, 1993).

Böcekler yaklaşık bir milyon tanımlanmış türüyle hayvanlar alemindeki en büyük sınıftır (Stork, 2018). Bu nedenle, karasal tür çeşitliliğinin ve biyokütlenin büyük bir kısmını oluştururlar ve ekosistemin yapısı üzerinde oldukça etkilidirler (Lindqvist ve Block, 1997; McGeoch, 1998). Tanımlanmış çok sayıdaki türün yanı sıra günümüzde özellikle Coleoptera, Diptera, Hymenoptera ve Lepidoptera takımlarına ait tanımlanmamış çok sayıda tür vardır. Böceklerin geneli karasaldır fakat pek çok tatlı su ve nispeten daha az sayıda tuzlu su türleri de vardır. Böcekler pek çok besin ağının ana bileşenidirler. Böcekler, son yıllarda ekolojik koşullar ve çevre kalitesinin indikatörleri olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu amaçla gübreler, pestisitler, ötrofikasyon, kanalizasyon ve kimyasal atıkların ayrıştırılması, radyoaktivite ve asit birikimi kaynaklı kirliliğin oluşturduğu çevresel etkinin belirlenmesi, ölçülmesi ve yorumlanması için böceklerden yararlanılmaktadır. Böcekler yaygın olarak bulunmaları, tür çeşitliliğinin fazla olması ve biyolojik özelliklerinin kolayca ölçülebilmesi gibi nedenlerden dolayı bu amaçla kullanılmaya oldukça uygundur. Bazı böcek türleri canlılarda kimyasalların etkilerini gözlemlemek için yapılan çalışmalarda model organizma olarak kullanılmaktadır (Heliövaara ve Väisänen, 2018).

Böceklerin biyosferdeki faaliyetleri ekosistemler için vazgeçilmez olduğundan böcekler olmadan bu sistemlerin düzgün işlemesi mümkün değildir. Böceklerin doğada ve toplumdaki ekolojik ve ekonomik rolleri nedeniyle faydalı ve zararlı etkilerinin araştırılması gerekmektedir. Sıcaklık, nem ve kirlenici kimyasal maddeler gibi faktörler, böcek popülasyonlarında doğrudan stres oluşturabilir. Ayrıca bu faktörlerin bitkiler, parazitler ve predatörler üzerinde yapmış oldukları etkiler de böceklerde dolaylı olarak strese neden olabilir. Böcek popülasyonları stres oluşturan faktöre göre, sayılarını artırarak veya azaltarak türe özgü şekilde tepki verirler (Pimentel, 1994).

Ağır metal kirliliği bulunan alanlarda yaşayan böcekler doğadan aldıkları ağır metalleri vücutlarında biriktirirler (Karadjova ve Markova, 2009; Corbi ve Froehlich, 2010). Böcek vücuduna alınan ağır metal tipine ve konsantrasyonuna bağlı olarak böceklerde ağır metal stresi ortaya çıkar (Korsloot vd, 2004; Braeckman, 2011).

Böceklerde ağır metal birikiminin böceğin biyokimyasında (Ortel, 1991; Wu vd, 2006; El-Sheikh vd, 2010; Emre vd, 2013; Baghban vd, 2014), enzim aktivitesinde (Migula vd, 2004; Li vd, 2005; Emre vd, 2013; Suganya vd, 2016),

bağışıklık sisteminde (Ooik vd, 2007; Sun vd, 2011; Gündüz vd, 2020), hayatta kalmasında (Nieminen vd, 2001; Gao vd, 2012), üremesinde (Gao vd, 2012), solunumunda (Ortel ve Vogel, 1989), büyüme ve gelişmesinde (Gintenreiter vd, 1993; Ye vd, 2009; Safaee vd, 2014) değişikliklere yol açtığı laboratuvar koşullarında yapılan birçok çalışmada gösterilmiştir.

Doğada kirlilik oluşturan ağır metallerin canlıya geçişinde ve canlılar arasında besin zinciri yoluyla aktararak biyolojik birikiminin tespitinde model organizma olarak böceklerin kullanılmasının pek çok avantajı bulunmaktadır (Jensen ve Trumble, 2003; Nummelin vd, 2007; Mogren ve Trumble, 2010; Azam vd, 2015). Bu nedenle ergin öncesi gelişiminde diğer bir böceği besin olarak kullanan parazitoitlerin, model organizma olarak seçilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir (Kayış ve Emre, 2012).

Böceklerin 7 ordosuna dahil tanımlanmış 87000 parazitoit türü bulunmaktadır. Parazitoitler tanımlanmış tüm böcek türlerinin yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır (Heraty, 2017).

Parazitoitlerin yumurtalarını bıraktığı ve üzerinde beslenerek gelişimini sürdürdüğü canlıya konak denir. Parazitoitler seçilecek farklı parametrelere göre gruplandırılabilir. Örneğin, yumurtalarını bıraktıkları yere göre iki gruba ayrılırlar: Yumurtalarını konağın dış kısmına bırakan türler ektoparazitoit, yumurtalarını konağın içerisine bırakanlar ise endoparazitoit olarak adlandırılır. Yumurta bırakma sırasında konağı kalıcı olarak felç ederek öldüren parazitoitlere idiobiont, parazitlenme sonrası konağının belirli bir süre yaşamasına ve beslenmesine izin veren parazitoitlere ise koinobiont denir. Parazitoitler yumurta bırakmak için kullandığı konak evresine göre yumurta, larva, pupa ve ergin evre parazitoitleri olarak gruplandırılabilir. Bir konaktan elde edilen parazitoit sayısına göre parazitoitler soliter ve gregar olarak gruplandırılabilir. Konak başına bir birey oluşturan parazitoitler soliter, konak başına birden fazla birey oluşturanlar ise gregar olarak adlandırılırlar (Quicke, 1997; Brodeur ve Boivin, 2004).

Parazitoitler ergin öncesi gelişimleri sırasında konağın hemolenf ve dokularını besin olarak kullanırlar. Bu nedenle parazitoitlerin ergin evreye ulaşmasında konağın sahip olduğu özellikler önemli rol oynar (Godfray, 1994). Braconidae familyasına ait ektoparazitoit türlerinin larvaları konak hemolenfi ile beslenir ve konak dışında pupa

haline gelir (Brodeur ve Boivin, 2004). Parazitoitin ergin ve ergin öncesi evrede konaktan aldığı besinin çeşidi ve miktarı, parazitoitin gelişim süresi, verim ve ömür uzunluğu gibi biyolojik özelliklerinde değişikliğe neden olmaktadır (Harvey vd, 2001; Gündüz ve Gülel, 2004; Gündüz ve Gülel, 2005; Işıtan vd, 2010; Boz vd, 2018).

Ağır metallerin parazitoitlerin gelişim süresi, ömür uzunluğu, verim gibi biyolojik özelliklerine etkisinin araştırılması, parazitoitlerin kullanıldığı biyolojik kontrol programları ve zararlılarla mücadele stratejilerinin ağır metal kirliliğinden ne derece etkilendiğini anlamada da yardımcı olacaktır (Butler ve Trumble, 2010).

Bracon hebetor (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae), larval gelişimini lepidoptera takımının değişik türlerinde tamamlayan gregar, idiobiont, larval, ektoparazitoit bir türdür. Ergin dişi parazitoitler yumurta bırakmak için konaklarının geç evre larvalarını tercih ederler (Benson, 1973; Heimpel vd, 1997; Baker ve Fabrick, 2000; Darwish vd, 2003). Dişi parazitoitler antenlerindeki kemoreseptörler sayesinde konak larvalarını bulurlar. Hem konak hemolenfinden yararlanmak hem de konak üzerine yumurtalarını bırakmak için ovipozitörleri ile konağın derisini delerler. Bu delme sırasında konak larvasına zehir enjekte ederler (Dweck vd, 2008; Işıtan, 2011). Zehirin enjekte edilmesinden birkaç dakika sonra konakta kalp ve bağırsak kaslarının fonksiyonlarına devam ettiği bir felç hali meydana gelir (Vinson ve Iwantsch, 1980; Quistad vd, 1994; Moreau ve Guillot, 2005; Işıtan, 2011). Dişi parazitoit, paralize olmuş konak larvası üzerine yumurtalarını bırakır. Yumurtadan çıkan parazitoit larvaları, ağızlarından salgıladıkları proteazlar yoluyla konak kutikulasında açtıkları deliklerden larval gelişim süresince önce konak hemolenfi ile sonra konak dokuları ile beslenirler (Ueno, 1999; Bezemer vd, 2005). Beslenme sayesinde ihtiyaç duydukları bazı kimyasalları, mineral maddeleri, tuzları ve vitaminleri konaktan elde ederler. Konaktan alınan besinin kalite ve kantitesi parazitoitin yaşam döngüsünü önemli derecede etkiler (Jervis vd, 1992; Gül ve Gülel, 1995; Gündüz ve Gülel, 2004; Gündüz ve Gülel, 2005; Işıtan vd, 2010; Işıtan, 2011). *B. hebetor*; gelişim süresinin kısa olması, her dölde fazla sayıda ergin vermesi ve kolaylıkla yetiştirilebilmesi, oğul döldeki dişi oranının yüksek olması gibi özelliklerinden dolayı iyi bir biyolojik kontrol ajanıdır.

Bracon hebetor (Say, 1836) türünün sistematikteki yeri aşağıda verilmiştir.

Alem: Animalia

Şube: Arthropoda

Altşube: Hexapoda

Sınıf: Insecta

Takım: Hymenoptera

Üstfamilya: Ichneumonoidea

Familya: Braconidae

Altfamilya: Braconinae

Cins: *Bracon*

Tür: *Bracon hebetor* (Say, 1836)

Küçük balmumu güvesi olarak da bilinen *Achroia grisella* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae), kozmopolit ve ekonomik yönden zararlı bir türdür. *A. grisella* larvaları arı kovanlarındaki balmumu, polen ve balla beslenerek arıcılık endüstrisine telafisi güç zararlar verir. Bu nedenle *A. grisella*'nın biyolojisi, davranışı ve biyolojik kontrolde kullanımı ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Greenfield ve Coffelt 1983; Nurulloğlu, 2003; Nurulloğlu ve Öztürk, 2006; Mansour vd, 2010; Mahgoup vd, 2015; Gündüz vd, 2020).

Achroia grisella (Fabricius, 1794) türünün sistematikteki yeri aşağıda verilmiştir.

Alem: Animalia

Şube: Arthropoda

Altşube: Hexapoda

Sınıf: Insecta

Takım: Lepidoptera

Üstfamilya: Pyraloidea

Familya: Pyralidae

Altfamilya: Galleriinae

Cins: *Achroia*

Tür: *Achroia grisella* (Fabricius, 1794)

Bu doktora tez çalışmasında, yapay besin yoluyla *A. grisella* türüne farklı konsantrasyonlarda kadmiyum, kurşun ve bakır verilerek, bu ağır metallerin bu konaklar üzerinde yetiştirilen larva ektoparazitoiti *B. hebetor*'un bazı biyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Ağır metallerin böceklerin biyolojik özelliklerinde ve kimyasal kompozisyonunda yaptığı değişiklikler, ağır metalin çeşidine, konsantrasyonuna, maruz kalma süresine, etkilenen böceğin türüne, yaşına ve eşeyine göre farklılık gösterir (Martoja vd, 1983; Lindqvist ve Block, 1997; Chohan vd 2015; Azam vd 2017; Heliövaara ve Väisänen, 2018; Yılmaz, 2019).

Cohn vd (1992), *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) ile yaptıkları çalışmada farklı kurşun konsantrasyonlarına maruz bırakılan erkek ve dişi böceklerin her ikisinde de konsantrasyona bağlı olarak gelişimin yavaşladığını belirlemişlerdir. Ancak artan kurşun konsantrasyonu ile beraber verimde, eşey oranında ve yeni nesillerin vücut ağırlıklarında kontrol grubuna göre herhangi bir farklılık belirleyememişlerdir.

Braeckman vd (1999), kadmiyum konsantrasyonuna bağlı olarak *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) hücrelerinde farklı moleküler ağırlıkta stres proteinlerinin üretildiğini belirlemişlerdir. Toplam protein miktarının ise kadmiyum konsantrasyonuna bağlı olarak önce artış gösterdiği daha sonra ise azaldığı tespit edilmiştir.

Zhang vd (2001), *Blattella germanica* (Blattaria: Blattellidae) ile yaptıkları çalışmada; besinlerine kurşun, kadmiyum, civa ve krom eklenen yetişkin hamam böceği erkeklerinin dişilerden daha yüksek ölüm oranına sahip olduklarını bulmuşlardır. Bu çalışmada her iki eşeyde de zamanla civa, kurşun ve kromun birikiminin arttığı, buna karşın kadmiyum birikiminin artmadığı belirlenmiştir. Ayrıca yapılan histolojik çalışmalar böceklerin yumurtalık, testis, sindirim kanalı ve yağ dokularında yoğun ve telafi edilemez patolojik anormallikler ortaya çıktığını göstermiştir.

Al-Misned (2003), besinlerine kadmiyum katılmış *Chrysomya albiceps* (Diptera: Calliphoridae) ile yaptığı çalışmada artan kadmiyum konsantrasyonu ile beraber larva gelişim süresinin uzadığını, larva ve pupa ölüm oranının arttığını, larva ve pupa ağırlıklarının azaldığını belirlemiştir. Ayrıca kadmiyum konsantrasyonu arttıkça ömür uzunluğunun azaldığını ve verimin önemli derecede düştüğünü bulmuştur.

Cervera vd (2004), *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae) ile yaptıkları çalışmada, böceğe besin yoluyla verilen kadmiyum miktarı arttıkça, ergin öncesi gelişimin yavaşladığını, ergin öncesi ölümün arttığını ve ergin ağırlığının azaldığını belirlemişlerdir. Kadmiyum konsantrasyonundaki artışın ergin ömür uzunluğu üzerindeki etkisi erkeklere oranla dişilerde daha olumsuz olmuştur. Ayrıca dişilerin yumurta bırakma oranı, verim ve üretkenliği düşük konsantrasyonlarda bile kontrol gruplarına göre oldukça azalmıştır. Kadmiyuma maruz kalan dişilerin yumurtalarından yavru çıkış oranları azalmıştır. Bu sonuçlar kadmiyumun öldürücü olmayan dozunun *O. fasciatus*'un gelişim ve üremesini ciddi şekilde bozduğunu göstermektedir.

Wu vd (2006), *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae) larvalarıyla yaptıkları çalışmada kadmiyumun iki farklı konsantrasyonunu içeren besin kullanmışlardır. Kadmiyumla beslenen larvalarda önemli miktarda kadmiyum biriktiğini ve bu birikimin doza ve zamana bağlı olarak arttığını belirlemişlerdir. Özellikle yüksek kadmiyum içeren besin verilen larvalarda vücut ağırlığının azaldığı, larvaların boyunun kısaldığı ve larval gelişimin oldukça yavaşladığı belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar kadmiyum konsantrasyonunun artışına bağlı olarak 24, 48, 72 ve 96. saatlerde kontrol grubuna göre hemolenfteki çözülebilir protein ve toplam lipid miktarının azaldığını, fakat 120. saatte kadmiyum etkisinin bu değerleri artırdığını belirlemişlerdir. Yüksek miktarda kadmiyumun hemolenf toplam şeker miktarını arttırdığını, ancak düşük miktarda kadmiyumun toplam şeker miktarını etkilemediğini belirlemişlerdir. Bu sonuçlar *B. peregrina* larvalarında kadmiyumun konsantrasyon ve maruz kalma süresine bağlı olarak büyüme, gelişme ve metabolizma üzerinde önemli etkisinin olduğunu göstermiştir.

El-Sheikh vd (2010), kadmiyum, bakır, kurşun ve civanın farklı konsantrasyonlarının *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) üzerine etkisini incelemişlerdir. *C. pipiens* larvalarına uygulanan kadmiyum ve civanın dişi ve erkeklerde vücut toplam karbohidrat miktarını azalttığını, buna karşın bakır ve kurşunun önemli bir farklılığa neden olmadığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada bakır ve civanın dişilerin toplam yağ içeriğini azalttığı, bakır ve kurşunun erkeklerde toplam yağ içeriğini arttırdığı ve ağır metal konsantrasyonu arttıkça larva ölüm yüzdesinin arttığı gösterilmiştir. Ayrıca larva evresinde en toksik metalin kadmiyum olduğu, civa, bakır ve kurşunun onu izlediği ve ağır metal uygulanan larvalardan elde

edilen ergin dişilerin yumurta sayılarının kontrol grubuna göre önemli derecede azaldığı belirlenmiştir.

Mireji vd (2010) *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) ile yaptıkları çalışmada bu sivrisineklerin larvalarını 3 nesil boyunca kadmiyum, bakır ve kurşuna maruz bırakmışlardır. Bu ağır metallerin etkisiyle böceklerin 4. neslinin yumurta, larva ve pupalarının hayatta kalmasında, ergin çıkışında ve veriminde kontrol grubuna göre önemli düşüş gözlemlemişlerdir.

Braeckman (2011), bir sivrisinek türü olan *Aedes albopictus* (Diptera-Culicidae) hücre hatları ile yaptığı çalışmada kadmiyum, civa ve bakırın böcek hücrelerine olan etkilerini araştırmıştır. Bu ağır metallerin hücre bölünmesini şiddetli bir şekilde inhibe ettiğini, mitokondri ve çekirdeğin şeklinde bozulmalar oluşturduğunu ve lizozom byklgn artırdığını belirlemiştir. Diğer ağır metallerden farklı olarak bakırın ayrıca DNA hasarına neden olarak apoptozise yol açtığını belirlemiştir.

Majumdar ve Gupta (2012), sucul böcek *Chironomus ramosus* (Diptera: Chironomidae) ile yaptıkları çalışmada, içinde böcek larvalarının bulunduğu çözeltide bakır konsatrasyonu arttıkça larvaların gelişimlerinin yavaşladığını, pupa haline gelme oranlarının ve pupadan çıkış oranlarının dştgn belirlemişlerdir.

Yılmaz (2019) küçük balmumu güvesi *A. grisella* larvaları ile yaptığı çalışmada, larvalara besin yolu ile ağır metal verildiğinde larvalarda bulunan protein, lipit ve karbohidrat miktarlarının kullanılan ağır metal türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak farklı şekilde etkilendiğini göstermiştir.

Ilahi vd (2020), bir sivrisinek türü olan *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) ile yaptıkları çalışmada sudaki kurşun, kadmiyum ve bakırın yumurtadan çıkış oranını dşrdgn, pupa süresini uzattığını, pupa oranının dştgn, yetişkinliğe erişme süresinin uzadığını, yetişkin çıkış oranının azaldığını ve dişi erkek oranının arttığını belirlemişlerdir.

Böceklerde metal kirliliğine tepki olarak esansiyel olmayan metallerin birikimi önemli derecede artarken, esansiyel metaller düzenleme mekanizmaları sayesinde daha az biriktirilir (Lindqvist ve Block, 1997). Kirlenmiş habitatlardaki böcekler analiz edildiğinde, predatör bceklerdeki ağır metal miktarlarının bitkiyle beslenen bceklerdekinden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Zhang vd, 2009).

Böceklerin dahil olduğu besin zincirlerinde ağır metallerin taşınmasını ve biyolojik birikimini araştıran pek çok çalışma mevcuttur (Lindqvist, 1992; Li vd, 2006; Zhuang vd, 2009; Dar vd, 2017; Butt vd, 2018; Dutta vd, 2019). Ayrıca bu birikim sonucu böceklerin büyüme, gelişme ve üreme gibi faaliyetlerinde aksaklıklar ortaya çıktığını, bazı biyokimyasal özelliklerinin değiştiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Crawford vd, 1995; Jiang ve Yan, 2017).

Kramarz ve Stark (2003), yaptıkları çalışmada farklı konsantrasyonlarda kadmiyum eklenmiş toprakta büyütülen *Vicia faba* (Fabales: Fabaceae) bitkisi ile beslenen *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae) türünde artan kadmiyum konsantrasyonuna bağlı olarak afitlerin ve bu afitleri parazitleyen parazitoit *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiidae)'nin gelişim oranının önemli derecede düştüğünü belirlemişlerdir.

Sang vd (2018) *Dysmicoccus neobrevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) türünü ağır metal ilave edilmiş toprakta yetiştirilen bitki ile besleyip, bu türü predatör uğur böceği *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae)'yi yetiştirmek için kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, *C. montrouzieri* bireylerinin gelişim sürelerinin uzadığını, ömür uzunlukları ve verimlerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Du vd (2019) de aynı multi-trofik besin zinciri ile yaptıkları çalışmada kontrol grubuyla karşılaştırıldığında ağır metalin dahil olduğu besin zincirindeki böceklerle beslenen *C. montrouzieri*'nin toplam protein, kolesterol, glikojen ve trigliserit içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu durumu ağır metallerin zehirsizleştirilmesi sürecinde bağışıklık sisteminin protein üretiminin ve enerji ihtiyacının artması ile ilişkilendirmişlerdir.

Ağır metal stresi bazı konak türlerinin biyolojik ve biyokimyasal özelliklerini de etkilemektedir (Mathova, 1990; Bischof, 1995a; Ortel, 1995a; Ortel, 1995b; Bischof, 1996; Ortel, 1996; Shin vd, 2001; Ilijin vd, 2010; Mircic vd, 2010; Chouhan vd, 2017; Luo vd, 2020).

Ortel (1996), *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) larvalarıyla yaptığı çalışmada kadmiyum, kurşun, bakır ve çinkonun iki farklı konsantrasyonunu kullanmıştır. Çalışma sonucunda kontrol grubuna göre hemolenf trehaloz miktarının kullanılan ağır metal türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak azalma gösterdiğini belirlemiştir. Glikojen içeriği ise kadmiyum, kurşun ve bakırın düşük konsantrasyonlarında artmış, yüksek kadmiyum konsantrasyonunda ve çinkonun her

iki konsantrasyonunda azalma göstermiştir. Genel olarak larvaların yaş ve kuru ağırlığı yüksek bakır konsantrasyonu ile beslenenler dışında tüm gruplarda azalmıştır.

Shin vd (2001), kadmiyum ilave edilmiş yapay besinle beslenen *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Galleridae) larvalarının toplam yağ içerikleri ve yağ asitlerini incelemiştir. Kadmiyumun *G. mellonella*'nın larva ve pupalarında toplam vücut yağ içeriğinde önemli azalmaya neden olduğunu belirlemiştir.

Mathova (1990), *G. mellonella* larvalarını farklı konsantrasyonda (0.1, 1,10, 50 ve 100 ppm) kadmiyum içeren besin ile besleyerek kadmiyumun ölüm oranı, yumurtadan çıkış, verim, protein miktarı ve enzim aktivitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı, kadmiyumun etkisinin konsantrasyona bağlı olduğunu, 10 ppm altındaki konsantrasyonlarda kayda değer bir değişikliğin gerçekleşmediğini, bu miktarın üzerindeki konsantrasyonlarda ise larval gelişim süresinin uzadığını belirlemiştir. 50 ve 100 ppm konsantrasyonlarda yumurtadan larva çıkışının azaldığını ve yalnızca 100 ppm konsantrasyonda dişi veriminin açıkça baskılandığını tespit etmiştir.

Mircic vd (2010), kadmiyuma maruz bırakılmış *L. dispar* larvalarında larval sürenin değişmediğini, pupa evresinin kısaldığını, pupa ağırlığının ve ömür uzunluğunun azaldığını belirlemiştir.

Iljin vd (2010), besininde bulunan kadmiyum miktarı arttıkça *L. dispar* larvalarının larval gelişim süresinin uzadığını ve larva ağırlığının azaldığını belirlemiştir. Ayrıca artan kadmiyum konsantrasyonuna bağlı olarak moleküler ağırlıklarına göre bazı proteinlerin miktarının azaldığını, bazılarının ise arttığını belirlemiştir.

Luo vd (2020), Asya mısır güvesi *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae) ile yaptıkları çalışmada kadmiyumun larvalarda biriktiğini, larva ve pupa evrelerini uzattığını ve hayatta kalma oranını düşürdüğünü belirlemiştir. Ayrıca ergin böceklerin çiftleşme davranışları ve verimlerinin kontrol grubuyla karşılaştırıldığında önemli derecede etkilendiğini belirlemiştir. Bu durum yalnızca hayatın erken evrelerinde maruz kalırsa bile, kadmiyum gibi ağır metallerin birikiminin, *O. furnacalis*'in veriminin de dahil olduğu tüm hayat döngüsü üzerinde uzun süreli ve zararlı etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Chouhan vd (2017), tütün tırtılı *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)'ya yapay besinle verilen kadmiyumun etkilerini art arda üç jenerasyon boyunca incelemişlerdir. İlerleyen nesillerde kadmiyum konsantrasyonundaki artışın yumurtadan çıkan birey sayısı ve verimi azalttığını bulmuşlardır. Ayrıca ilerleyen nesillerde kadmiyum konsantrasyonu arttıkça yumurtadan çıkış süresi ve larval evre uzamış, pupa evresi kısalmış ancak sonuçta böceğin toplam gelişim süresi uzamıştır. Kadmiyumun 6. evre *S. litura* larvalarındaki birikimi de konsantrasyon ve nesil sayısı ile birlikte artış göstermiştir.

Bischof (1995a), besinine ağır metal katılan ve parazitoit *Glyptapanteles liparidis* (Hymenoptera: Braconidae) tarafından parazitlenen *L. dispar* larvalarını kullanarak yaptığı çalışmada, hemolenfte ve tüm vücut dokusunda bulunan karbohidrat ve yağ miktarının ağır metal stresinden etkilendiğini belirlemiştir. Kadmiyum etkisiyle hemolenf trehaloz konsantrasyonunun önemli düzeyde azaldığı, sorbitol ve glikoz miktarının neredeyse değişmediğini tespit etmiştir. Besinine kadmiyum ve çinko eklenen bireylerin vücut dokularında glikojen miktarının oldukça düştüğü görülmüştür. Ayrıca ağır metallerin hemolenf ve tüm vücut dokusunda yağ miktarında azalmaya neden olduğunu belirlemiştir.

Bischof (1996), *L. dispar* ve *G. liparidis* ile yaptığı bir başka çalışmada ise dört farklı ağır metalin ikişer farklı konsantrasyonunu kullanarak konakların hemolenf protein miktarlarının tüm ağır metal türlerinde ve konsantrasyonlarında azaldığını, buna karşın toplam vücut protein miktarının arttığını belirlemiştir.

Ortel (1995a) besinine kadmiyum, kurşun ve çinko katılan *L. dispar* larvalarında kontrol grubuna göre genel olarak hemolenf toplam protein miktarının azaldığını fakat hemolenf toplam serbest amino asit ve toplam vücut protein miktarının arttığını belirlemiştir.

Ortel (1995b) besinine iki farklı konsantrasyonda kadmiyum, kurşun ve bakır katılan *L. dispar* larvalarının toplam lipit miktarının her iki konsantrasyonda da kontrol grubuna göre azaldığını belirlemiştir.

Ağır metal stresinin parazitoitlerin biyolojik özelliklerine ve biyokimyasal içeriğine etkisini gösteren bazı çalışmalar da mevcuttur (Ortel ve Vogel, 1989; Ortel, 1991; Bischof, 1995b; Kazimirova vd, 1997; Kazimirova ve Ortel, 2000; Ye vd, 2009; Kayış ve Emre, 2012).

Ortel ve Vogel (1989), *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) ile yaptıkları çalışmada kadmiyum ve kurşunun parazitoite su veya besin yoluyla verilmesinin parazitoitin ömür uzunluğu ve solunum üzerinde farklı etkiler oluşturduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca eşeyler arasında ve ağır metalin verilmiş şekline bağlı olarak vücutta bulunan kadmiyum ve kurşun konsantrasyonlarının da değiştiğini tespit etmişlerdir.

Ortel (1991), parazitoit *P. turionellae*'de kadmiyumla beslenmenin vücut su miktarını arttırdığını, buna karşın toplam protein ve lipit miktarını düşürdüğünü belirlemiştir.

Kayış ve Emre (2012), dört farklı kadmiyum konsantrasyonu içeren yapay besin ortamında beslenen parazitoit *P. turionellae* erginlerinin protein ve glikojen içeriğini belirlemişlerdir. Sonuçta genel olarak kadmiyum konsantrasyonundaki artışa ve zamana bağlı olarak böceklerin protein miktarının azaldığını, glikojen miktarının ise arttığını göstermişlerdir.

Bischof (1995b), konak *L. dispar*'da gelişen endoparazitoit *G. liparidis* üzerinde yaptığı çalışmada konağın besinine iki farklı konsantrasyonda ilave edilen dört ağır metalin parazitoit üzerindeki etkisini araştırmıştır. Ergin öncesi gelişimlerinin son döneminde konaktan ayrılan parazitoit larvalarının ağır metal içeriğini incelemiştir. Sonuçta parazitoit larvalarında kadmiyum ve kurşun miktarının kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek olduğunu, ancak bakır ve çinko miktarında kontrol grubuna göre önemli bir değişimin olmadığını belirlemiştir.

Kazimirova vd (1997), ağır metal stresine maruz bırakılan konak *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)'yı parazitleyen pupa endoparazitoiti *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Diapriidae)'in verim, ömür uzunluğu ve eşey oranındaki değişimleri incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada ağır metal uygulamasının *C. occidentalis*'in parazitlenme oranı, gelişim ve üremesine olumsuz bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir. Ağır metal uygulanan gruplarla kontrol grupları arasında ortaya çıkan tek farklılık, besinine bakır ve kadmiyum ilave edilen konaklardan çıkan F1 neslindeki parazitoitlerin dişi oranlarının önemli derecede düşük olmasıdır.

Kazimirova ve Ortel (2000), konakların yapay besinle aldığı ağır metallerin çeşidine bağlı olarak çok az bir kısmının parazitoit pupa ve erginlerine geçtiğini ve

metallerin büyük kısmının konak pupasında kaldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada konağın metal içeriğinin parazitoitin hayatta kalmasını ve verimini önemli ölçüde etkilemediği saptanmıştır. Araştırmacılar bu durumu açıklamak için çalışmada kullanılan parazitoit *C. occidentalis*'in muhtemelen puplaşmadan önce toksik metalleri vücuttan uzaklaştıracak düzenleyici mekanizmaları işlettiğini ve bu yolla konaktaki yüksek miktardaki ağır metallerin potansiyel zararından korunduğunu ifade etmişlerdir.

Buna karşın Ye vd (2009), konak *B. peregrina*'yı parazitleyen ektoparazitoit *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae) ile yaptıkları çalışmada konakların besinine ilave edilen bakırın ikincil tüketici olan parazitoitlere besin zinciri yoluyla az miktarda geçtiğini belirlemişlerdir. Bu miktarın parazitoitin büyüme ve gelişmesinde (vücut ağırlığı ve gelişimsel duraklama), veriminde (dişi başına düşen yavru sayısı) olumsuz etki ortaya çıkarmak için yeterli olduğunu belirlemişlerdir. Ortel vd (1993), *L. dispar*'ı konak olarak kullanan parazitoit *G. liparidis* ile yaptıkları çalışmada benzer sonuca ulaşmışlardır.

Ortel (1995c), konak *G. mellonella* larvalarının besinlerine eklenen kurşun ve kadmiyumun pupa evresine ve erginlerine azalarak geçtiğini, bu larvaların oluşturduğu pupaları parazitleyen *P. turionellae* bireyelerine ise bu ağır metallerin yüksek oranda geçtiğini belirlemiştir. Bu nedenle konak *G. mellonella*'yı dekonsantre edici, parazitoit *P. turionellae*'yı ise makrokonsantre edici olarak sınıflandırmıştır.

Sun ve Spitzer (1993)'in yaptıkları arazi çalışması da bu durumu desteklemektedir. Araştırmacılar konak *Operophtera brumata* (Lepidoptera: Geometridae) ve üç farklı parazitoit türü ile yaptıkları arazi çalışmasında, 10 ağır metalin oluşturduğu kirlilik derecelerine göre 6 farklı habitat kullanmışlardır. Yıllara ve parazitoit türlerine göre en yüksek parazitlenme oranının kirliliğin en az olduğu, en düşük parazitlenme oranının ise kirliliğin en fazla olduğu habitatlarda gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Parazitoitlerin ağır metallere olan toleransının konaklarına göre daha az olması nedeniyle, kirliliğin fazla olduğu meyve bahçelerinde bu güve türünün populasyon yoğunluğunun arttığını öne sürmüşlerdir.

Bu sonuçlar bazı parazitoit böcek türlerinin konaklarına göre toksik maddelere daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu türlerin korunması ve bütünleştirilmiş zararlı yönetim programlarının başarısı için toksik maddelerin

biyolojik kontrol ajanlarının üzerindeki etkisinin anlaşılması gereklidir (Kramarz ve Stark, 2003).

Ağır metallerin fazlalığı böcek hücre ve dokularının normal çalışmasını etkiler. Özellikle iki değerlikli metal iyonları hücre zarını geçerek hücrelere girdiğinde zar polaritesini, pH dengesini ve zar geçirgenliğini etkileyerek hücreler arası iyon dengesini bozduğu gibi hücre içi dengeyi de bozar. Ayrıca metallerin indirgenme veya yükseltgenmeleri iyon kanalları ve iyon pompalarını ve böceğin bağışıklık sistemini de etkiler (Xie vd, 2014). Enerji metabolizması böceklerde ağır metal stresiyle başa çıkmada anahtar rol oynar (Wu vd, 2006; Baghban vd, 2014; Du vd, 2019). Canlıların zehirli maddelere maruz kalmaları sonucu oluşan yan etkilerden kendilerini korumak için geliştirdiği boşaltım, zehirsizleştirme ve hasarın giderilmesi gibi mekanizmalar bir enerji maliyeti oluşturur. Zehirli maddelere karşı metabolik maliyetin artması, büyüme ve üreme gibi üretim faaliyetlerinin azalmasına neden olur (Calow, 1991; Cervera vd, 2004). Bu nedenle ağır metal stresi parazitoidlerin nesil verme süresi, vücut büyüklüğü, üreme kapasitesi ve verimini olumsuz yönde etkileyebilir. Ayrıca ölüm oranında artış ve populasyon yoğunluğunda azalma gibi etkilere neden olabilir (Xie vd, 2014; Gardiner ve Harwood, 2017).

Ye vd (2009) konaklardan parazitoidlere geçen bakırın parazitoidlerde vitellus oluşumunu engellediğini ortaya koymuşlardır. Bu araştırmacılar *N. vitripennis*'in vitellus oluşumunun azalması ve veriminin düşmesinin bakır stresinin doğrudan etkisinden ziyade ağır metal nedeniyle konağın besinsel açıdan yetersiz hale gelmesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Vitellogenin, yumurtlayarak üreyen omurgalı ve omurgasız hayvanlarda embriyo gelişimi sırasında başlıca enerji kaynağı olarak kullanıldığı için üremede oldukça önemlidir. Böcekler oogenez sırasında yumurtalarında fazla miktarda vitellin proteini depolayabilir. Bu depo proteinin öncüsü olan vitellogenin yağ cisimciğinde sentezlenerek hemolenfe geçer ve gelişen oositlere aktararak embriyonun besin deposu olarak görev yapar (Shu vd, 2009; Xie vd, 2014). Yapılan çalışmalar kadmiyum ve kurşuna maruz kalan dişi böceklerin hemolenf ve ovaryumlarında oosit gelişimi ve farklılaşmasında önemli rol oynayan vitellogenin miktarının azaldığını göstermektedir (Cervera vd, 2005; Su vd, 2018). Ağır metal stresinin vitellogenin ekspresyonunu sağlayan mRNA miktarını azaltarak, yumurtalardaki vitellogenin

miktarının düşmesine neden olduğu ve buna bağlı olarak verim ve yumurtadan çıkışın olumsuz etkilendiği gösterilmiştir (Xie vd, 2014).

Ağır metal stresine karşı alınan koruyucu önlemler ağır metalin konsantrasyonuna bağlı olarak ortaya çıkar. Örneğin düşük kadmiyum konsantrasyonunda metallothiyonin (MT) ve glutatyon (GSH), öldürücü olmayan yüksek konsantrasyonlarda ise muhtemelen proteotoksik olan stres proteinleri (SPs) üretilir. Bu durum bir acil durum önlemi olarak değerlendirilebilir (Korsloot vd, 2004).

Metallotiyoninler (MTs) metal iyonlarına yüksek afinite ile bağlanan sistince zengin proteinlerdir. Mantarlardan insana kadar pek çok canlıda bulunurlar. Metallotiyoninlerin başlıca görevleri bakır ve çinko gibi esansiyel iz metallerin metabolizmasının düzenlenmesi ve kadmiyum gibi diğer ağır metallerin zehirsizleştirilmesidir. Metal homeostazisini sağlamak amacıyla metallotiyoninler hücrelerde belirli miktarda bulunur. Bu miktar hücrenin veya dokunun tipine, hayvanın hayat evresine, canlının beslenmesi ve buna benzer faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Ağır metal metallotiyonine bağlandığında inaktif hale gelir ve hücrel toksisitesi engellenir. Metalin kendisi parçalanamadığı için bu tip detoksifikasyon izole etme metodu olarak sınıflandırılır (Korsloot vd, 2004).

Glutatyon serbest radikaller ve ağır metaller gibi toksik maddelerin zehirsizleştirilmesinde görev alan bir tripeptittir (Meister ve Anderson, 1983; Korsloot vd, 2004). Glutatyon çok sayıda enzimatik ve enzimatik olmayan zehirsizleştirme reaksiyonunda kullanılan bir maddedir. Bu yönüyle glutatyon kirleticilere maruz kalınmasının etkili bir biyolojik göstergesidir (Wilczek vd, 2004). Fazla miktardaki ağır metalin etkisiz hale getirilmesinde glutatyon kısmen kullanılır ve daha sonra kullanılamaz hale gelir. Glutatyonun yeniden sentezi muhtemelen metallotiyonin üretiminden daha kolaydır (Augustyniak vd, 2005).

Prokaryot ve ökaryot tüm hücreler çevresel stresle başa çıkabilmek için stres proteinleri (SPs) olarak adlandırılan protein moleküllerini üretme kabiliyetine sahiptir. Stres protein ailesinin çeşitli tipleri olmasına rağmen en önemlisi sp70 grubudur. *Drosophila*'da bu stres proteinlerinin iki tipi bulunur. Bunlar HSPs (ısı şok proteinleri) HSCs (ısı şok akraba proteinleri) olarak adlandırılan proteinlerdir. HSC'ler hücrelerde sürekli bulunurken, HSP'ler stress altında üretilir. Bu durum HSP'lerin stres altında olmayan hücrelerde bulunmadığı anlamına gelmemektedir.

HSP'ler stres altında olmayan hücrelerde genellikle çok düşük konsantrasyonda bulunur. Bununla birlikte HSC'ler stres altındaki hücrelerde de bulunarak HSP'lerin hücreleri savunmasında yardımcı olurlar. Diğer protein ailelerine ait stres proteinleri hem sürekli hazır bulunur hem de stres şartlarında üretilebilir (Korsloot vd, 2004).

Normal ve stressiz şartlarda sürekli bulunan stres proteinleri, protein katlanması, birleştirilmesi, metabolik süreçler ve hücre büyüme ve gelişmesinde görev alır. Bu stres proteinleri bu yüzden hücre yaşamı için vazgeçilmezdir. HSP'ler ise stres şartlarında üretilir ve hücreyi harici stres faktörlerine karşı korur. Stres sırasında bu proteinlerin hücredeki esansiyel proteinleri denatürasyona karşı koruduğu, hasarların onarılmasına yardımcı oldukları ve anormal katlanmış proteinlerin yıkımında görev yaptıkları tahmin edilmektedir (Korsloot vd, 2004).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada parazitoit türü olarak *Bracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae), konak olarak Küçük Balmumu Güvesi, *Achroia grisella* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın geç evre larvaları kullanılmıştır. Ağır metal olarak ise kadmiyum (Cd), bakır (Cu) ve kurşun (Pb)'un üçer farklı konsantrasyonu kullanılmıştır. Çalışmalara parazitoit ve konak türünün stok kültürlerinin kurulmasıyla başlanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Konak Kültürlerinin Kurulması

Konak olarak kullanılan *A. grisella* stok kültürleri, Biyoloji Bölümü Hayvan Fizyolojisi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan kültürlerden elde edilen erginler kullanılarak oluşturulmuştur. *A. grisella* besini olarak Bronskill (1961) tarafından geliştirilen ve Sak vd (2006) tarafından modifiye edilen yapay besin içeriği kullanılmıştır (Tablo 3.1). Her bir ağır metal için 2000 ppm stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözeltiler kullanılarak, her ağır metal türü için 50, 100 ve 200 mg/kg olmak üzere üç farklı konsantrasyonda ağır metal içeren konak besinleri hazırlanmıştır. Böylece toplamda 10 farklı besin grubu (Kontrol grubu, Cd50, Cd100, Cd200, Pb50, Pb100, Pb200, Cu50, Cu100 ve Cu200) oluşturulmuştur.

Konak kültürlerini hazırlamak için, içerisinde belirli miktarda ağır metal ilave edilmiş yapay besin bulunan cam kavanozlara 10-15 adet *A. grisella* ergini konularak kavanozların ağız kısımları hava sirkülasyonunu önlemeyecek şekilde bir bez ile kapatılmıştır. Hazırlanan kavanozlar $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de, % 65 ± 5 bağıl nem ve 16:8 (A:K) fotoperiyota sahip laboratuvar şartlarında muhafaza edilmiştir. Bu işlem düzenli aralıklarla her hafta tekrarlanmıştır. Hazırlanan kültürlerden elde edilen *A. grisella* larvaları denemelerde kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Bronksill (1961) tarafından önerilen besin içeriği ve içerikte Sak vd (2006) tarafından yapılan değişiklik

	Bronksill'in Besini	Kullanılan Besin
Ufalanmış petek	200 g	200 g
Kepek	500 g	860 g
Süzme bal	150 ml	150 ml
Gliserin	300 ml	300 ml
Saf su	150 ml	150 ml

3.2.2. Parazitoit Kültürlerinin Kurulması

Parazitoit *B. hebetor* stok kültürlerinin kurulmasında Gündüz ve Gülel (2004)'in kullandığı yöntemden yararlanılmıştır. Boyutları 15 x 100 mm olan cam deney tüplerine bir dişi ve bir erkek parazitoit *A. grisella*'nın geç evre larvası ile birlikte konulmuş ve tüplere besin olarak %50 oranında seyreltilmiş bal çözeltisi emdirilen nohut büyüklüğündeki pamuk ilave edilmiştir. Hazırlanan tüpler yukarıda belirtilen laboratuvar şartlarında tutulmuş ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlanarak yeni parazitoit kültürleri hazırlanmıştır.

3.2.3. Parazitoitin Gelişim Süresi, Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğunun Belirlenmesi

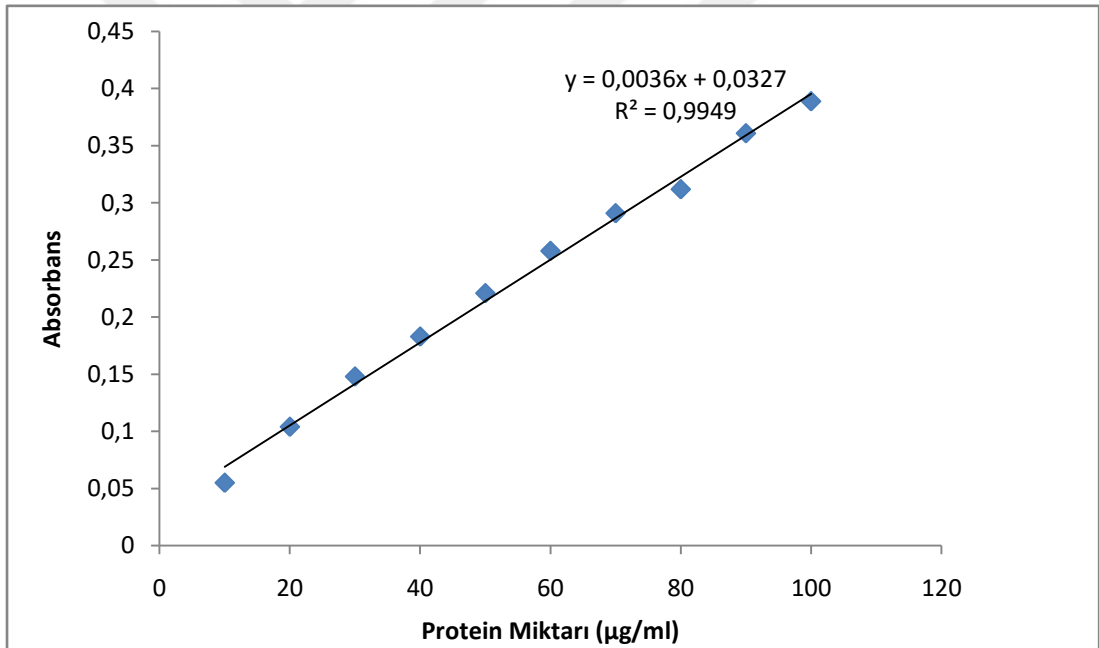
Ağır metallerin parazitoitin yumurtadan ergine kadar olan gelişim süresi, verim ve eşey oranına etkisini belirlemek için, yeni ergin olmuş dişi ve erkek parazitoitler çift oluşturularak ağır metal içeren besinle beslenmiş konak larvası ve bal emdirilmiş pamuk bulunan deney tüplerine konulmuştur. Parazitoitler buldukları tüplerden gün aşırı çıkarılarak içerisinde ballı pamuk ve yeni konak larvası bulunan tüplere aktarılmıştır. Bu aktarma işlemine ergin dişiler ölünceye kadar devam edilmiş ve hazırlanan tüpler yukarıda belirtilen laboratuvar koşullarında tutulmuştur. Tüplerdeki parazitlenmiş konaklar her gün kontrol edilerek parazitoitlerin ergin olması için geçen süre, bir dişiden elde edilen ergin birey sayısı ve oğul döldeki eşey oranı belirlenerek kaydedilmiştir. Buradan çıkan ergin parazitoitler ömür uzunluğu denemelerinde kullanılmıştır. Bunun için erkek ve dişi parazitoitler ayrı ayrı deney tüplerine konulmuş ve bu parazitoitlere besin olarak ballı pamuk verilmiştir.

Hazırlanan tüpler her gün kontrol edilerek ölen parazitoitler kaydedilmiştir. Denemeler her bir konsantrasyon için 3 kez tekrarlanmıştır.

3.2.4. Biyokimyasal Analizler

3.2.4.1. Toplam Protein Miktarının Belirlenmesi

Toplam protein miktarlarının belirlenmesinde Lowry vd (1951)'nin geliştirdiği yöntem izlenmiştir. Protein standardı olarak sığır serum albumin çözeltisi kullanılmıştır. Bu amaçla 1 mg/ml sığır serum albumin içeren stok çözelti kullanılarak seri sulandırma yöntemiyle protein konsantrasyonu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 µg/ml olan standart çözeltiler hazırlanmış ve absorbans değerleri 695 nm dalga boyunda spektrofotometre kullanılarak okunmuştur. Bu işlemler her standart çözelti konsantrasyonu için üç kez tekrarlanarak ortalamaları alınmış ve standart protein grafiği çizilmiştir (Şekil 3.1).



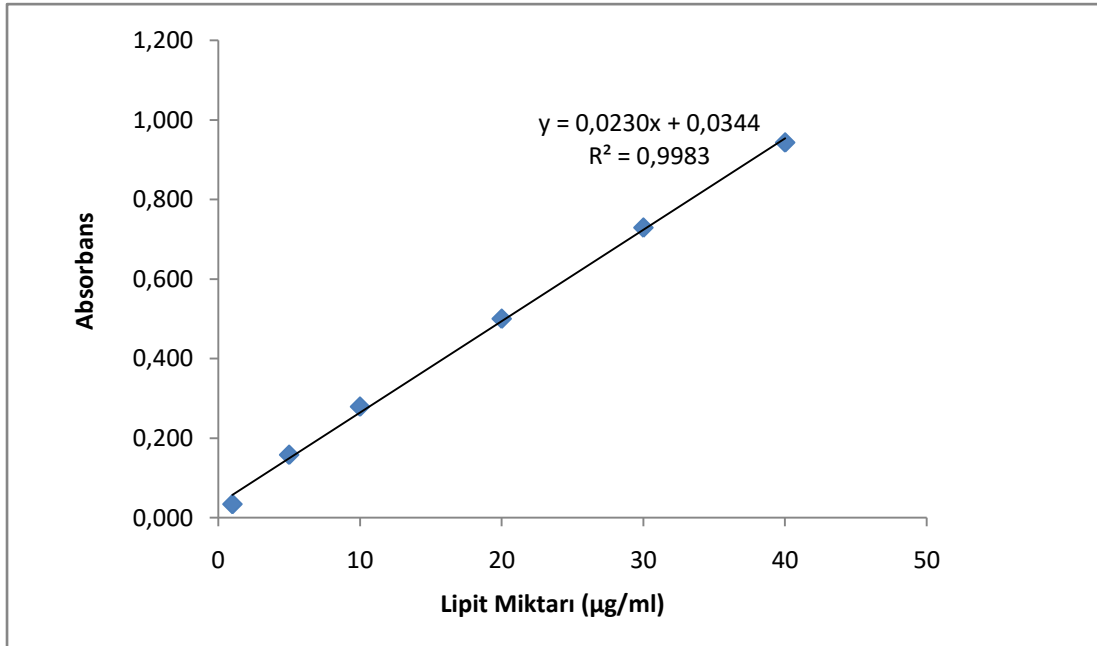
Şekil 3.1. Toplam protein standart grafiği

Parazitoitlerdeki toplam protein miktarının belirlenmesi için sırasıyla şu işlemler yapılmıştır. Belirli bir konaktan elde edilen ve -20°C'de tutulan 3 adet parazitoit ergini 250 µl çalışma tamponu (1xPBS) içerisinde homojenize edildikten sonra elde edilen homojenatlar +4°C'de 3500 devir/dakikada 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme işlemi sonunda tüpte oluşan süpernatantın 100 µl'si alınarak Lowry metodu uygulanmış ve örneklerin absorbansları spektrofotometrede 695 nm

dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri protein standart grafiğinden yararlanılarak değerlendirilmiştir.

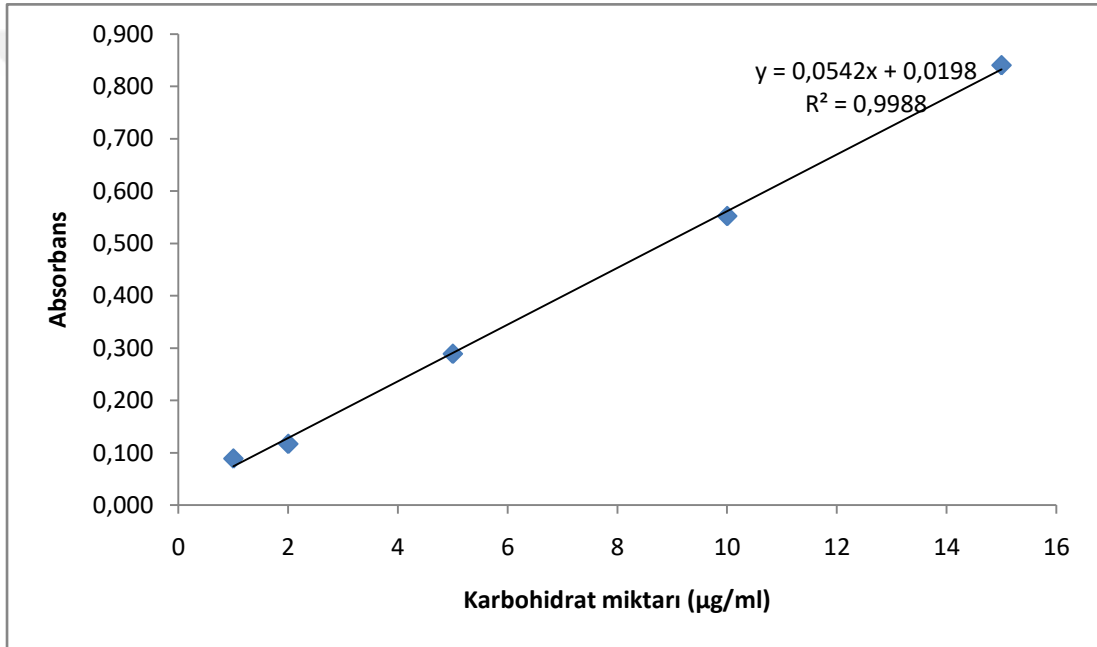
3.2.4.2. Toplam Lipit ve Karbohidrat Miktarlarının Belirlenmesi

Toplam lipit ve karbohidrat miktarlarının belirlenmesinde Olson vd (2000)'nin Van Handel (1985a; 1985b) ve Van Handel ve Day (1988)'den modifiye ettikleri yöntem kullanılmıştır. Lipit standardının hazırlanması için mısır yağı kullanılarak konsantrasyonu 1 mg/ml olan stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözeltilerden lipit konsantrasyonu 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40 µg/ml olan çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltilerin 200 µl'si bir tüpe aktarıldıktan sonra tüpler, içlerindeki çözeltilerin tamamı buharlaşmaya kadar 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır. Tüplerde kalan lipit çökeleğinin üzerine 40 µl konsantre sülfirik asit çözeltisi ilave edilerek tüpler karıştırılmış ve tekrar iki dakika 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır. Daha sonra buzda soğutulan her bir tüp içerisine van Handel (1985b)'in yöntemine göre hazırlanmış 960 µl vanilin-fosforik asit reaktifi ilave edilerek, tüpler 30 dakika oda sıcaklığında bırakılmış ve renk oluşumu sağlanmıştır. Tüplerdeki örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede 525 nm dalga boyunda okunmuştur. Bu işlemler her standart çözelti konsantrasyonu için üç kez tekrarlanmış ve elde edilen absorbans değerleri ile standart lipit grafiği çizilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil.3.2. Toplam lipit standart grafiği

Karbohidrat standardının hazırlanması için glikoz çözeltisi kullanılarak konsantrasyonu 1 mg/ml olan stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözeltiden karbohidrat konsantrasyonu 1, 2, 5, 10, 15 µg/ml olan çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltilerden 200 µl bir tüpe aktarıldıktan sonra tüpler, içlerinde 50 µl çözelti kalana kadar 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır. Su banyosundan çıkarılan tüplere 950 µl antron reaktifi eklendikten sonra tekrar 90°C'deki su banyosuna yerleştirilmiş ve 15 dakika bekletilerek renk oluşumu sağlanmıştır. Daha sonra örneklerin absorbans değerleri 625 nm dalga boyunda okunmuş ve bu işlemler her standart çözelti konsantrasyonu için üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen absorbans değerleri ile standart karbohidrat grafiği çizilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil.3.3. Toplam karbohidrat standart grafiği

Parazitoitlerdeki lipit miktarının belirlenmesi için -20°C'de tutulan örnekler 1.5 ml'lik plastik mikrosantrifüj tüplerine konularak üzerlerine 100 µl %2'lik sodyum sülfat çözeltisi ilave edilmiş ve homojenizasyon yapılmıştır. Her bir homojenat örneğine lipitleri çözmek için 900 µl kloroform-metanol (1:2) karışımı eklendikten sonra karışım 14000 devir/dakikada iki dakika santrifüj edilmiştir. Lipit analizi için santrifüj işlemi sonunda oluşan süpernatanttan 100 µl alınarak bir tüpe aktarılmış ve tüp, içindeki çözeltinin tamamı buharlaşınca kadar 90°C'deki su banyosunda bekletilmiştir. Tüpte kalan lipit kalıntısının üzerine 40 µl konsantre sülfürik asit çözeltisi ilave edildikten sonra 2 dakika 90°C'deki su banyosunda ısıtılmıştır.

Soğutulan tüp içerisine 960 µl vanilin-fosforik asit reaktifi ilave edilmiş ve tüp 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Renk oluşumu sağlandıktan sonra örneğin absorbans değeri spektrofotometrede 525 nm dalga boyunda okunmuş ve veriler standart lipit grafiği ile karşılaştırılmıştır.

Karbohidrat miktarlarının belirlenmesi için santrifüjleme işlemi sonrasında oluşan süpernatanttan 100 µl alınarak bir tüpe aktarılmıştır. Tüp içerisine konulan örnek 90°C'deki su banyosunda içerisinde yaklaşık 50 µl çözelti kalana kadar ısıtılmıştır. Tüpte kalan çözelti üzerine 950 µl anthron reaktifi eklenip 90°C'deki su banyosunda 15 dakika bekletilerek renk oluşumu gözlenmiştir. Daha sonra tüpteki örneğin absorbans değerleri spektrofotometrede 625 nm dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri standart karbohidrat grafiği kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.2.5. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri IBM SPSS Statistics 21 programı kullanılarak yapılmıştır. Grupların karşılaştırılmasında One-Way ANOVA Testi kullanılmıştır. Bu testten elde edilen sonuçların önemli olması durumunda ortalamalar "Student-Newman-Kuel (SNK) Testi" kullanılarak değerlendirilmiştir. İkili karşılaştırmalarda (dişi ve erkek) Independent-Samples T testi (Bağımsız-Örneklem T testi) kullanılmıştır. Değerlendirmelerde 0.05 güven sınırı (P) esas alınmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Ağır Metallerin Parazitot *B. hebetor*'un Biyolojik Özelliklerine Etkisi

4.1.1. Kadmiyumun *B. hebetor*'un Gelişim Süresi, Toplam Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkisi

Kadmiyumun *B. hebetor*'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi ile ilgili deneme sonuçları Tablo 4.1 ve Şekil 4.1-4.4'te verilmiştir.

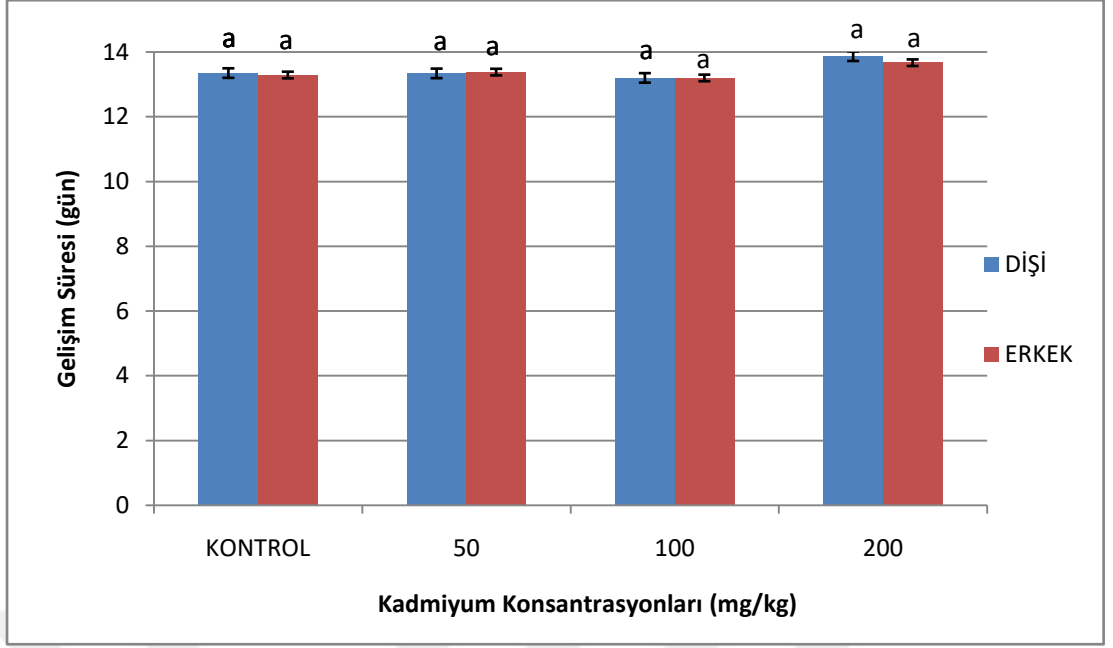
Tablo 4.1. Kadmiyumun *B. hebetor*'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi

BESİN	GELİŞİM SÜRESİ (Gün) (Ort. ± SH)		EŞEY ORANI (Ort. ± SH)		TOPLAM VERİM (Ort. ± SH)	ÖMÜR UZUNLUĞU (Gün) (Ort. ± SH)	
	DIŞI	ERKEK	DIŞI	ERKEK		DIŞI	ERKEK
KONTROL	13.35±0.09a	13.29±0.15a	31.88±3.82a	31.29±4.23a	63.17±6.85a	34.43±1.20a*	23.57±1.19a*
50 mg/kg Cd	13.34±0.32a	13.38±0.27a	19.63±2.11b	29.79±6.98a	49.42±6.83ab	43.03±3.77a*	19.83±1.13a*
100 mg/kg Cd	13.20±0.10a	13.20±0.09a	19.21±2.79b	19.63±2.60ab	38.83±4.73b	42.67±3.66a*	23.47±2.95a*
200 mg/kg Cd	13.87±0.14a	13.67±0.18a	10.63±1.34b	12.38±2.18b	23.00±3.14c	41.13±3.07a*	20.13±2.88a*

Aynı sütunda farklı küçük harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

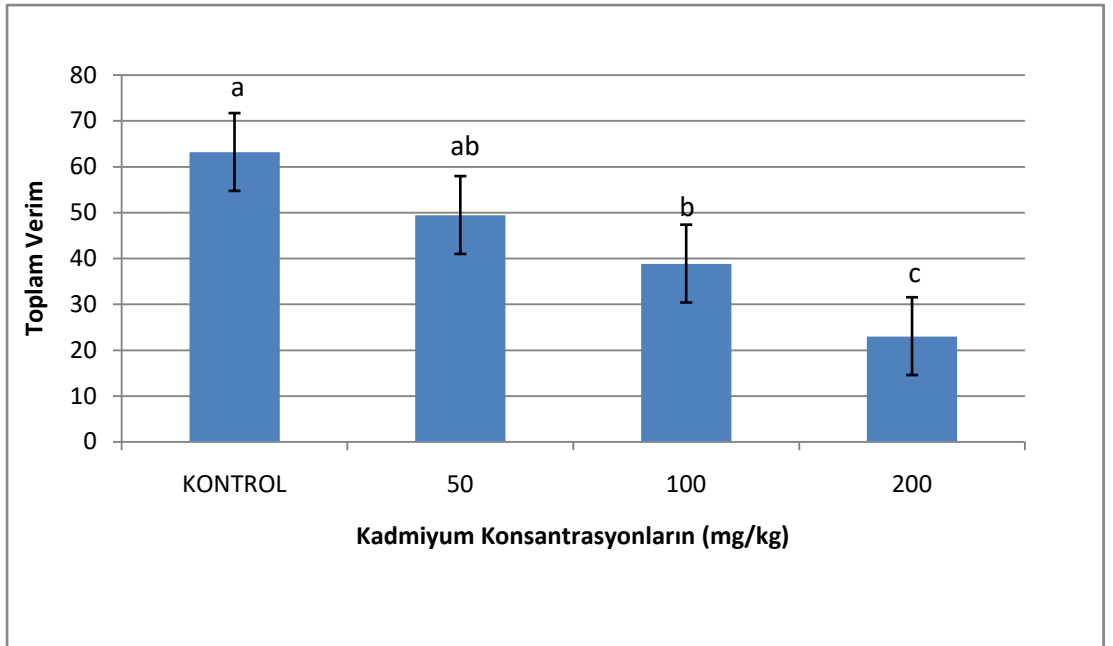
*T testi kullanılarak dişi ve erkekler için yapılan ikili karşılaştırmalarda ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

Kadmiyumun *B. hebetor*'un gelişim süresi üzerine etkisi ile ilgili sonuçlar değerlendirildiğinde, dişi ve erkek parazitotlerin gelişim sürelerinin kontrol grubunda bulunanlardan istatistiksel açıdan farklı olmadığı görülmektedir ($P > 0.05$) (Tablo 4.1, Şekil 4.1). Ayrıca yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda aynı konsantrasyondaki erkek ve dişilerin gelişim sürelerinin de birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir ($P > 0.05$).



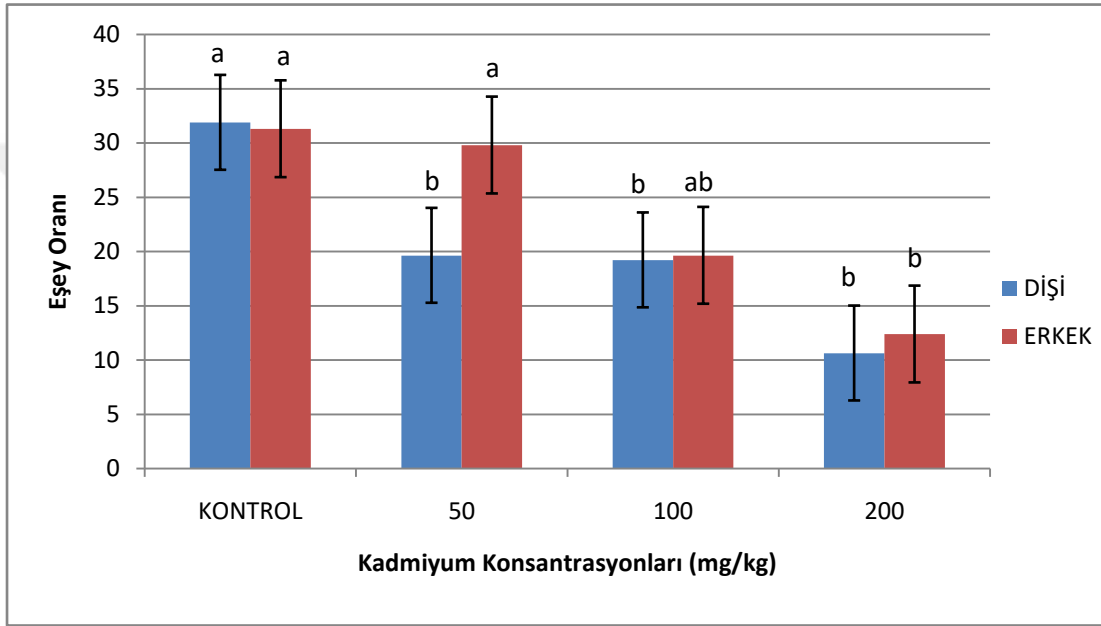
Şekil 4.1. Kadmiyumun *B. hebetor*'un gelişim süresine etkisi

Kadmiyumun *B. hebetor*'un verim ve eşey oranına etkisi ile ilgili deneme sonuçları incelendiğinde, Cd konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak toplam verimin kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir. 100 mg/kg Cd ve 200 mg/kg Cd içeren gruplardaki azalma oranları istatistiksel açıdan önemlidir ($P \leq 0.05$). Buna karşın daha düşük konsantrasyonda Cd içeren grupta (50 mg/kg Cd) toplam verim kontrol grubu ile benzerlik göstermektedir ($P > 0.05$) (Tablo 4.1 ve Şekil 4.2).



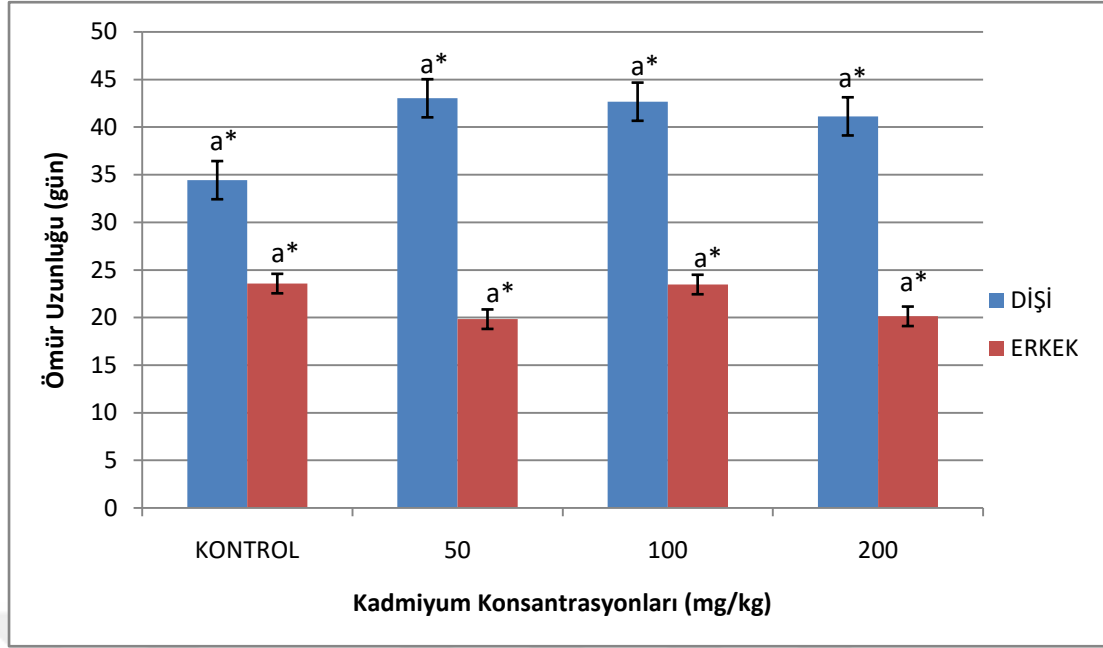
Şekil 4.2. Kadmiyumun *B. hebetor*'un toplam verimine etkisi

Eşey oranlarıyla ilgili olarak Tablo 4.1 ve Şekil 4.3 incelendiğinde, Cd uygulanan gruplarda dişi oranının kontrol grubuna göre azaldığı ($P \leq 0.05$), ancak farklı kadmiyum konsantrasyonları arasında dişi oranı bakımından önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir ($P > 0.05$). Erkek oranlarına bakıldığında ise sadece en yüksek Cd konsantrasyonunda önemli bir azalma gözlenmiştir ($P \leq 0.05$). Ayrıca 100 mg/kg Cd ve 200 mg/kg Cd içeren gruplarda erkek oranlarının birbirine benzer olduğu belirlenmiştir ($P > 0.05$).



Şekil 4.3. Kadmiyumun *B. hebetor*'un eşey oranına etkisi

Kadmiyum uygulaması dişi ve erkek parazitoidlerin ömür uzunluğunu önemli ölçüde etkilememiştir ($P > 0.05$) (Tablo 4.1, Şekil 4.4). Aynı Cd konsantrasyonunda bulunan erkek ve dişilerin ömür uzunluklarına ait sonuçlar kendi aralarında karşılaştırıldığında eşeyler arasındaki farklılığın önemli olduğu görülmüştür ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.1, Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kadmiyumun *B. hebetor*'un ömür uzunluğuna etkisi

4.1.2. Kurşunun *B. hebetor*'un Gelişim Süresi, Toplam Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkisi

Kurşun uygulamasının *B. hebetor*'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi ile ilgili sonuçlar Tablo 4.2, Şekil 4.5-4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Kurşunun *B. hebetor*'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi

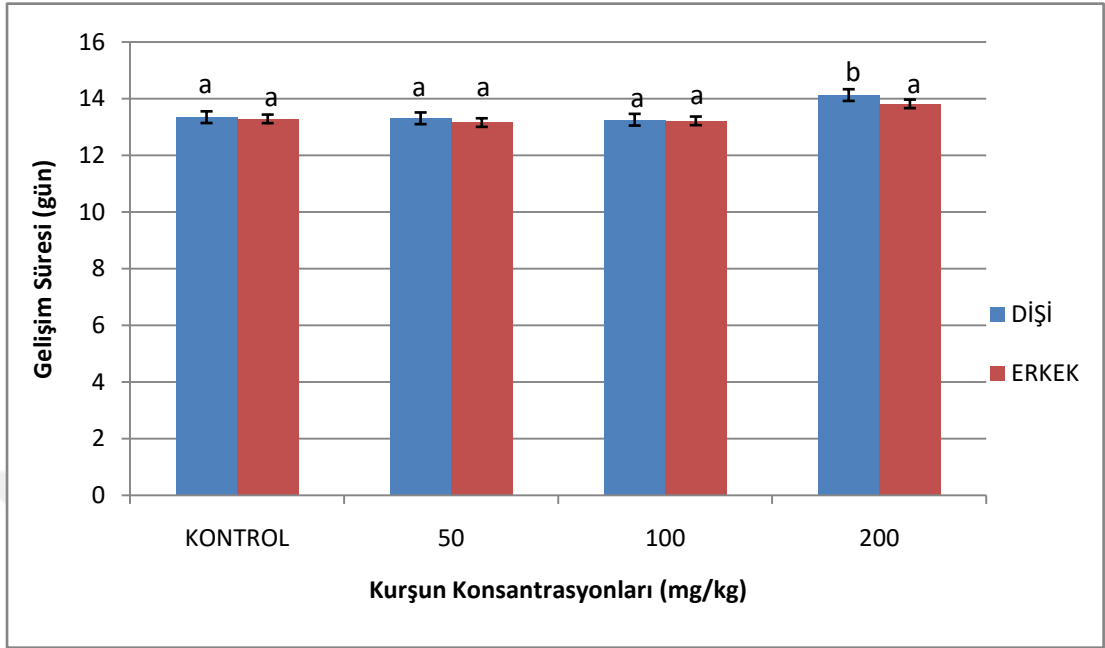
BESİN	GELİŞİM SÜRESİ (Gün) (Ort. ± SH)		EŞEY ORANI (Ort. ± SH)		TOPLAM VERİM (Ort. ± SH)	ÖMÜR UZUNLUĞU (Gün) (Ort. ± SH)	
	Dişi	ERKEK	Dişi	ERKEK		Dişi	ERKEK
KONTROL	13.35±0.09a	13.29±0.15a	31.88±3.82a	31.29±4.23a	63.17±6.85a	34.43±1.20a*	23.57±1.19a*
50 mg/kg Pb	13.31±0.30a	13.16±0.31a	20.92±2.43b	24.04±3.54a	44.96±4.65ab	37.17±3.82a*	30.03±1.96ab*
100 mg/kg Pb	13.26±0.10a	13.22±0.09a	17.71±3.03b	23.50±2.98a	41.21±5.36b	33.80±2.79a	32.20±3.07b
200 mg/kg Pb	14.13±0.15b	13.82±0.18a	23.25±2.77b	28.00±3.52a	51.25±5.03ab	38.87±2.24a*	24.13±2.21a*

Aynı sütunda farklı küçük harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

*T testi kullanılarak dişi ve erkekler için yapılan ikili karşılaştırmalarda ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

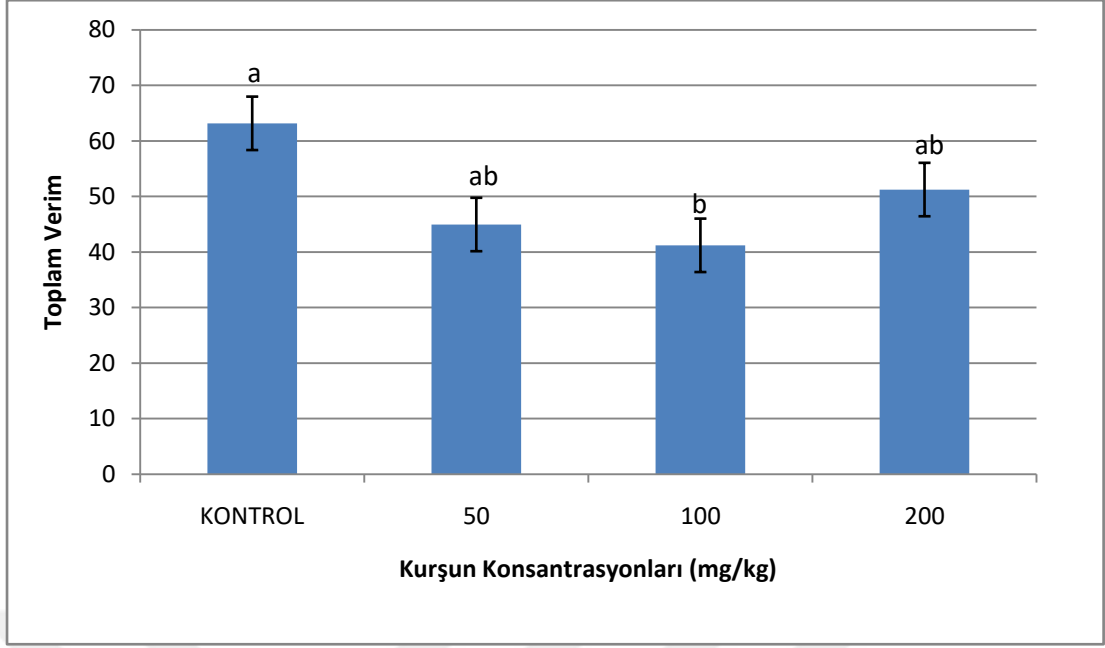
Konak besinine kurşun ilave edilmesi sadece 200 mg/kg Pb içeren gruptaki dişilerin gelişim süresinde uzamaya neden olmuştur ($P \leq 0.05$). Buna karşın diğer tüm

gruplarda bulunan dişi ve erkeklerin gelişim süreleri kontrol grubunda bulunanlarla benzerlik göstermektedir ($P>0.05$).



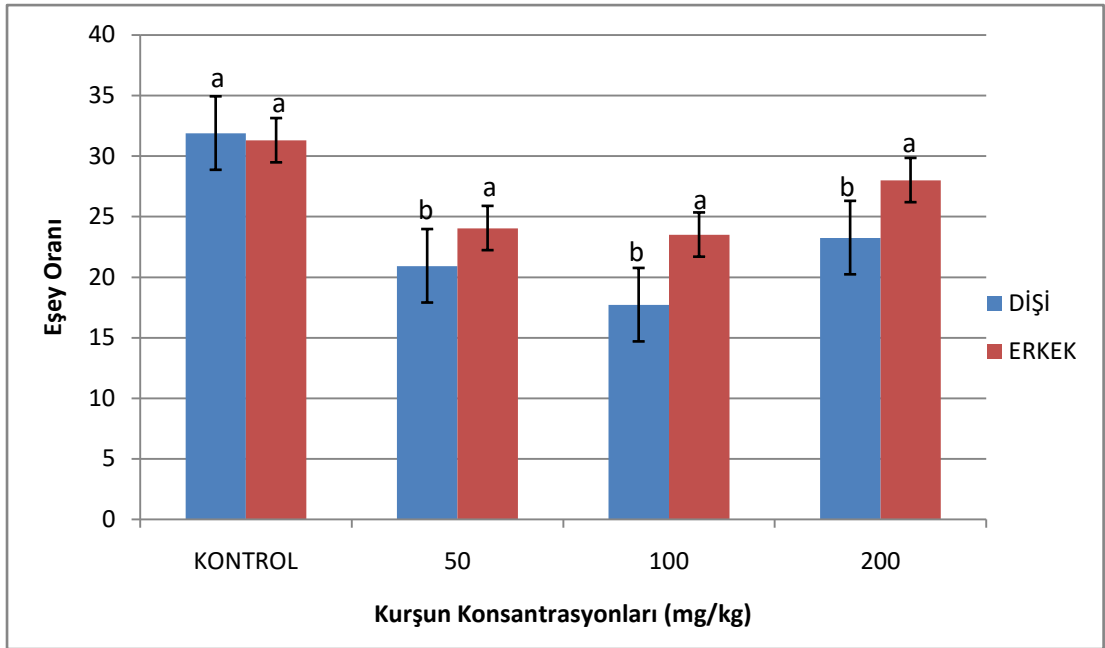
Şekil 4.5. Kurşunun *B. hebetor*'un gelişim süresine etkisi

Parazitoit *B. hebetor*'un toplam verimine kurşunun etkisi ile ilgili olarak Tablo 4.2 ve Şekil 4.6 incelendiğinde, farklı kurşun konsantrasyonları arasında dalgalanmalar olduğu görülmektedir. 50 ve 200 mg/kg Pb içeren gruplarda toplam verim kontrol grubu ile benzerlik gösterirken ($P>0.05$), 100 mg/kg Pb içeren grupta verimin kontrol grubundan daha düşük olduğu belirlenmiştir ($P\leq 0.05$).



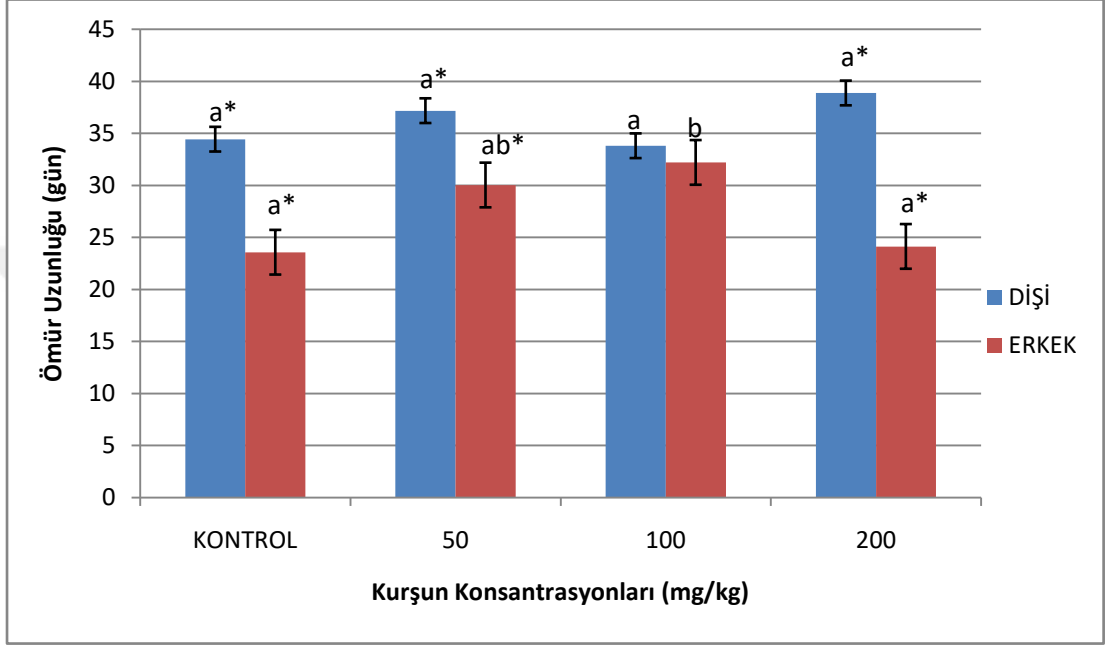
Şekil 4.6. Kurşunun *B. hebetor*'un toplam verimine etkisi

Kurşun uygulaması dişi oranında kontrol grubuna göre azalmaya neden olmuştur ($P \leq 0.05$). Ancak farklı konsantrasyonda kurşun içeren gruplar arasında dişi oranı açısından farklılık belirlenememiştir ($P > 0.05$). Erkek eşey oranlarına bakıldığında ise dişilerden tamamen farklı bir durumun ortaya çıktığı görülmektedir. Çünkü farklı konsantrasyonda kurşun içeren tüm gruplarda erkek eşey oranı kontrol grubu ile benzerlik göstermektedir ($P > 0.05$) (Tablo 4.2 ve Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Kurşunun *B. hebetor*'un eşey oranına etkisi

Ömür uzunluğu ile ilgili veriler incelendiğinde, kurşunun dişi parazitoidlerin ömür uzunluğunu değiştirmediği ($P>0.05$), buna karşın 100 mg/kg Pb içeren grupta bulunan erkeklerin ömür uzunluğunun kontrol grubuna göre artış gösterdiği görölmektedir ($P\leq 0.05$) (Tablo 4.2, Şekil 4.8). Aynı grupta bulunan eşeyler arasında ömür uzunluğu açısından 100 mg/kg Pb içeren grup dışındaki tüm gruplarda istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P\leq 0.05$).



Şekil 4.8. Kurşunun *B. hebetor*'un ömür uzunluğuna etkisi

4.1.3. Bakırın *B. hebetor*'un Gelişim Süresi, Toplam Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkisi

Bakır içeren besin ile beslenmiş *A. grisella* larvaları kullanılarak yetiştirilen *B. hebetor*'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğundaki değişimlere ilişkin deneme sonuçları Tablo 4.3 ve Şekil 4.9-4.12'de verilmiştir.

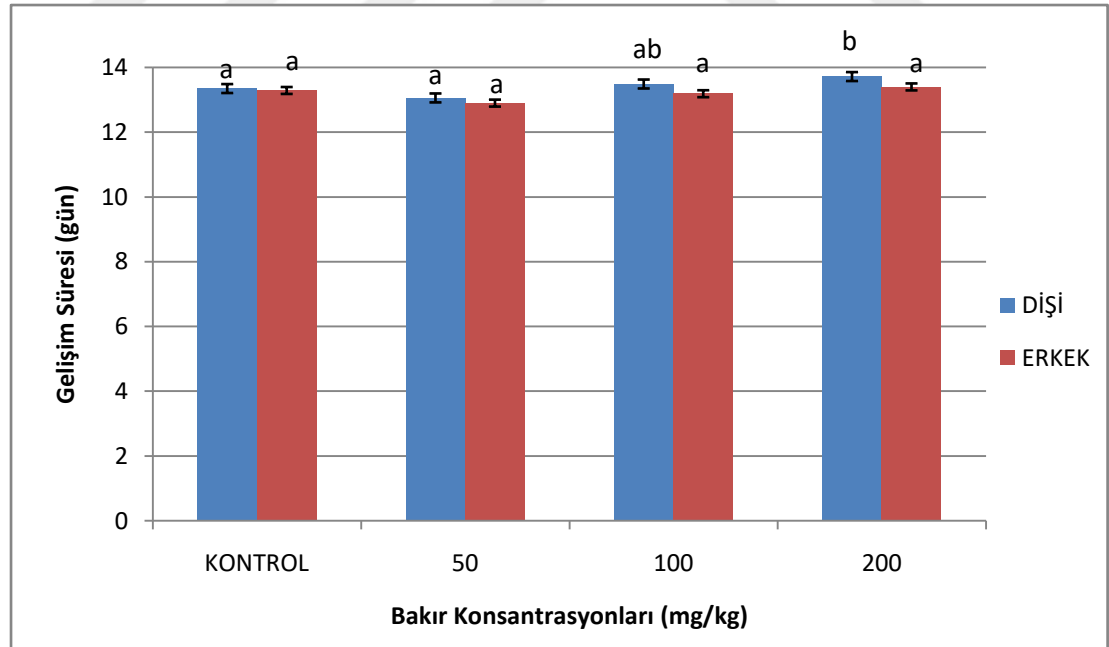
Tablo 4.3. Bakırın *B. hebetor*'un gelişim süresi, toplam verim, eşey oranı ve ömür uzunluğuna etkisi

BESİN	GELİŞİM SÜRESİ (Gün) (Ort. ± SH)		EŞEY ORANI (Ort. ± SH)		TOPLAM VERİM (Ort. ± SH)	ÖMÜR UZUNLUĞU (Gün) (Ort. ± SH)	
	Dişi	ERKEK	Dişi	ERKEK		Dişi	ERKEK
KONTROL	13.35±0.09a	13.29±0.15a	31.88±3.82a	31.29±4.23a	63.17±6.85a	34.43±1.20a*	23.57±1.19a*
50 mg/kg Cu	13.06±0.26a	12.90±0.29a	22.79±3.75a	23.92±3.82a	46.71±6.73a	32.37±2.76a*	24.97±2.32a*
100 mg/kg Cu	13.49±0.16ab	13.19±0.11a	27.04±3.32a	34.25±6.78a	61.29±8.53a	33.97±1.78a	31.03±3.42a
200 mg/kg Cu	13.72±0.12b	13.40±0.16a	22.83±2.37a	30.54±4.34a	53.38±6.09a	33.43±1.70a*	24.20±2.64a*

Aynı sütunda farklı küçük harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

*T testi kullanılarak dişi ve erkekler için yapılan ikili karşılaştırmalarda ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

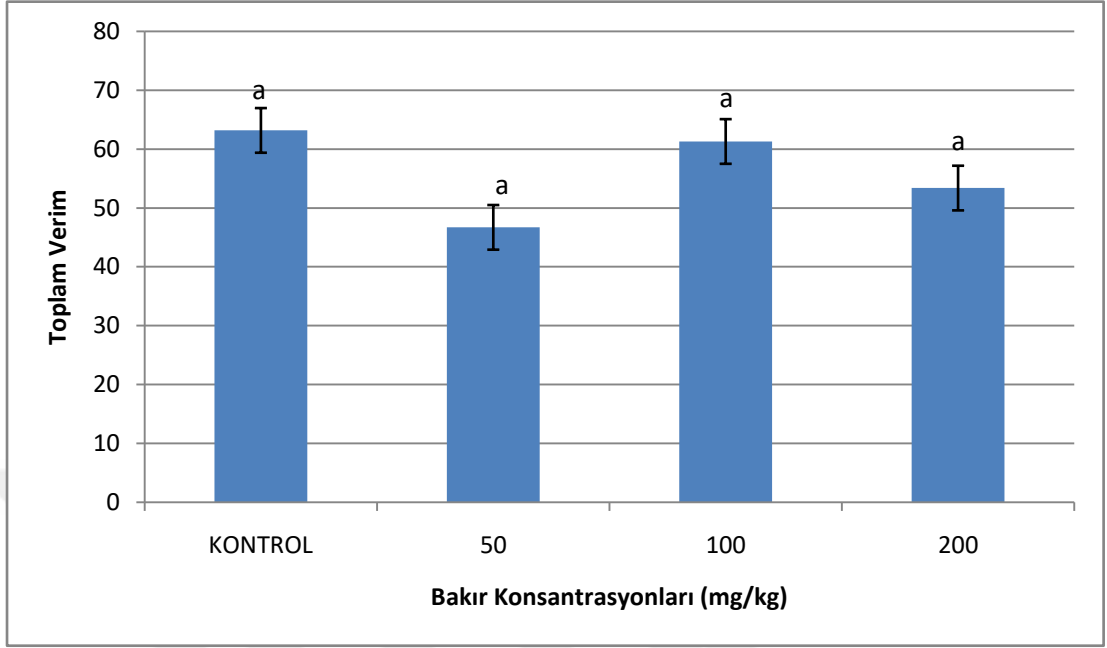
Bakır uygulaması, en yüksek konsantrasyonda Cu içeren grupta dişi parazitoidlerin gelişim sürelerinin uzamasına neden olurken ($P \leq 0.05$), diğer gruplarda bulunan dişilerin gelişim süreleri kontrol grubu ile paralellik göstermektedir ($P > 0.05$). Buna karşın Cu uygulanan tüm deneme gruplarındaki erkeklerin gelişim süreleri kontrol grubuyla benzerdir ($P > 0.05$).



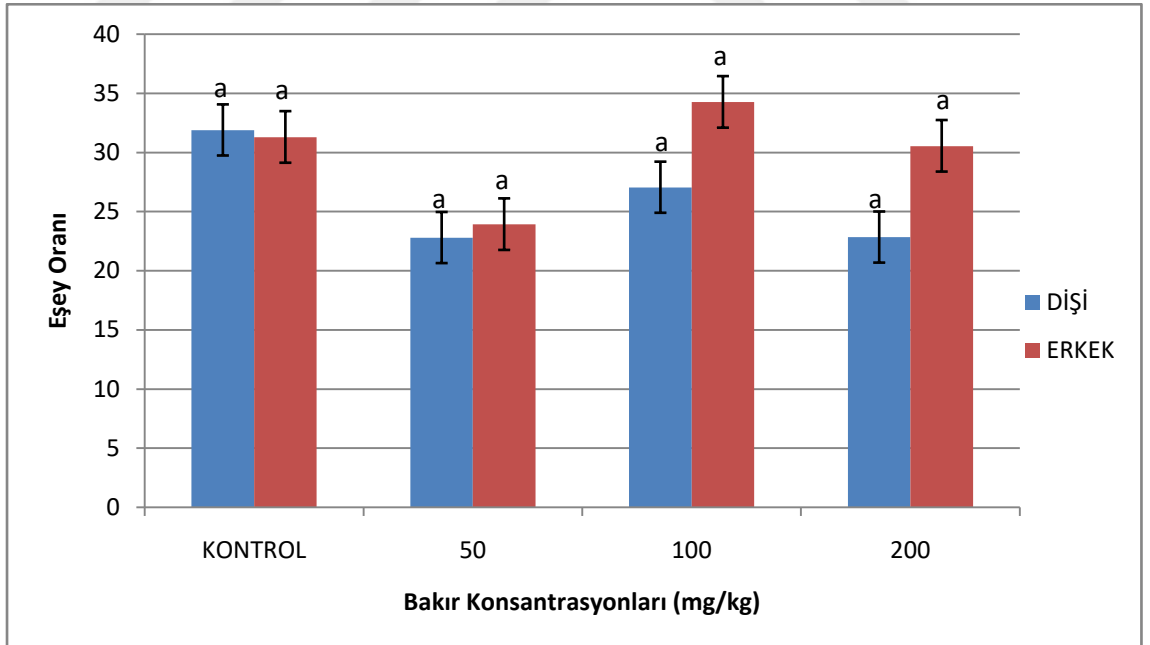
Şekil 4.9. Bakırın *B. hebetor*'un gelişim süresine etkisi

Bakırın *B. hebetor*'un toplam verim ve eşey oranına etkisiyle ilgili olarak Tablo 4.3, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 incelendiğinde, Cu uygulanan gruplar ile kontrol

grubundakiler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmadığı görülmektedir ($P>0.05$).



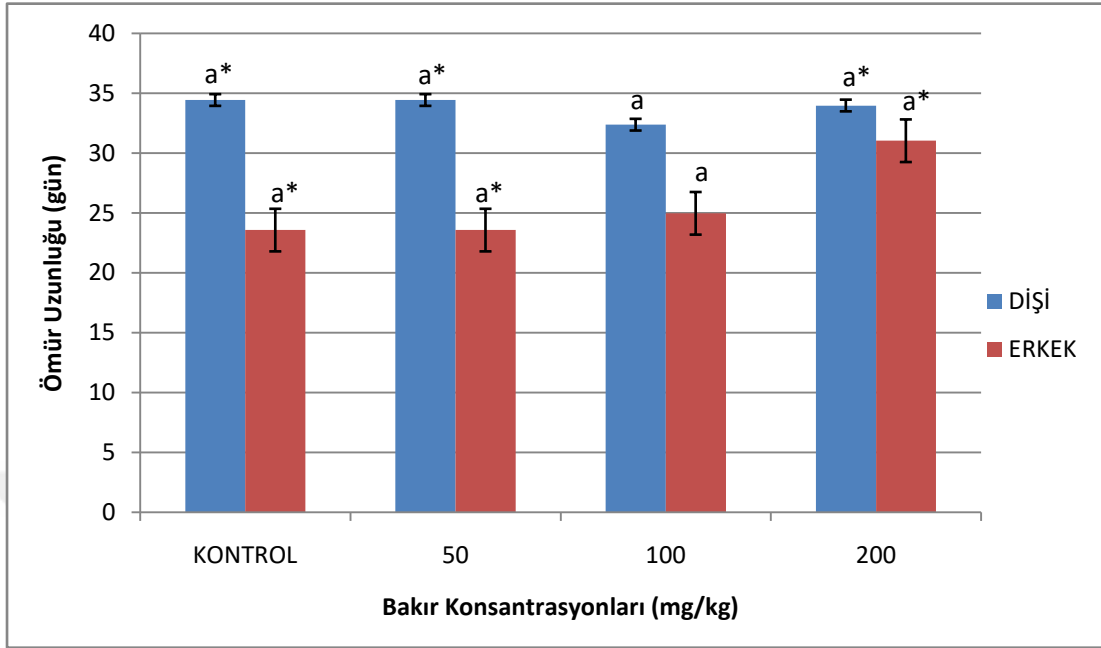
Şekil 4.10. Bakırın *B. hebetor*'un toplam verimine etkisi



Şekil 4.11. Bakırın *B. hebetor*'un eşey oranına etkisi

Dişi ve erkek parazitöitlerin ömür uzunlukları Cu uygulanan gruplarda kontrol grubu ile benzerdir ($P>0.05$). Buna karşın aynı grupta bulunan farklı eşeylerin ömür

uzunlukları karşılaştırıldığında 100 mg/kg Cu içeren grup dışındaki tüm gruplarda eşeyler arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.3 ve Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Bakırın *B. hebetor*'un ömür uzunluğuna etkisi

4.2. Ağır Metallerin Parazitoit *B. hebetor*'un Biyokimyasal Özelliklerine Etkisi

4.2.1. Kadmiyumun *B. hebetor*'un Toplam Protein, Karbohidrat ve Lipit Miktarına Etkisi

Kadmiyumun parazitoit *B. hebetor*'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarı ile ilgili deneme sonuçları Tablo 4.4 ve Şekil 4.13-4.15'te verilmiştir.

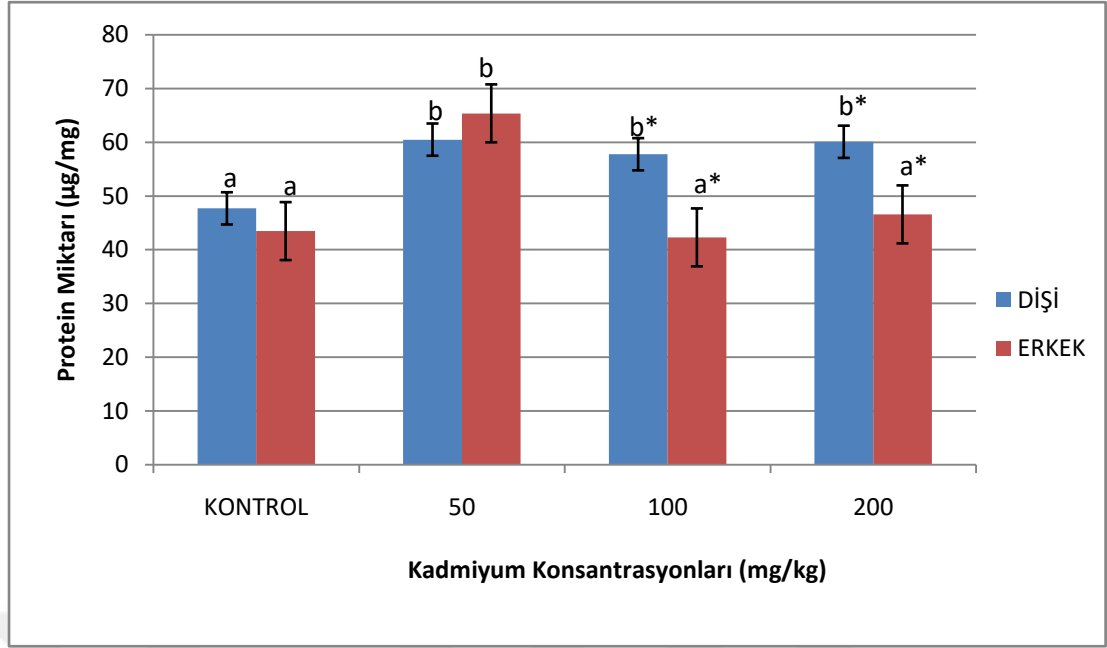
Tablo 4.4. Kadmiyumun *B. hebetor*'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi

BESİN	Protein (µg/mg) (Ort. ± SH)		Lipit (µg/mg) (Ort. ± SH)		Karbohidrat (µg/mg) (Ort. ± SH)	
	DIŞİ	ERKEK	DIŞİ	ERKEK	DIŞİ	ERKEK
KONTROL	47.69±1.54a	43.46±1.95a	95.24±6.96a	87.28±6.31a	40.26±5.41a	55.84±5.58a
50 mg/kg Cd	60.48±1.95b	65.37±1.72b	93.11±4.85a	92.84±6.27a	19.80±2.01b*	49.71±4.35a*
100 mg/kg Cd	57.76±1.76b*	42.29±1.63a*	51.92±2.79b	63.88±5.69b	11.93±0.84b*	21.16±1.36b*
200 mg/kg Cd	60.08±1.56b*	46.57±2.24a*	129.61±6.36c*	100.41±6.83a*	21.83±1.89b*	38.05±2.75c*

Aynı sütunda farklı küçük harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

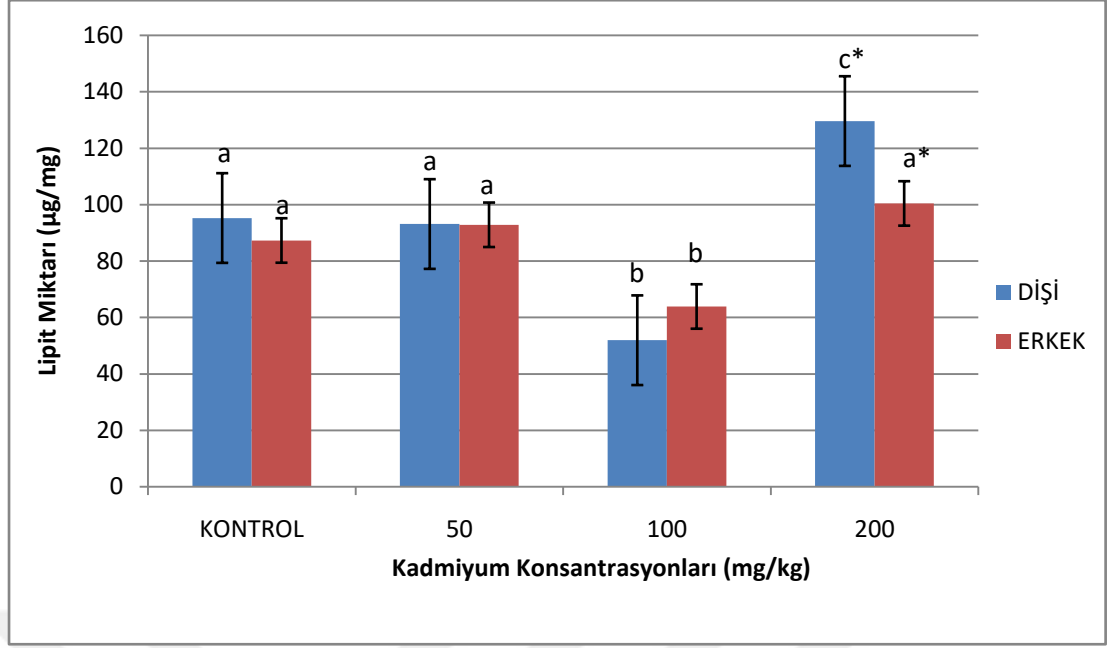
*T testi kullanılarak dişi ve erkekler için yapılan ikili karşılaştırmalarda ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

Kadmiyumun *B. hebetor*'un toplam protein miktarı ile ilgili deneme sonuçları incelendiğinde, her üç kadmiyum konsantrasyonunda dişilerde toplam protein miktarının kontrol grubuna göre artış gösterdiği belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Farklı kadmiyum konsantrasyonlarındaki protein miktarları istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir ($P > 0.05$). Erkeklerde ise yalnızca 50 mg/kg kadmiyum konsantrasyonunda toplam protein miktarının önemli ölçüde arttığı görülmüştür ($P \leq 0.05$). Aynı konsantrasyondaki dişi ve erkeklerin protein miktarları karşılaştırıldığında 100 ve 200 mg/kg kadmiyum konsantrasyonlarında dişilerin erkeklere oranla daha fazla protein içerdikleri belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.4 ve Şekil 4.13).



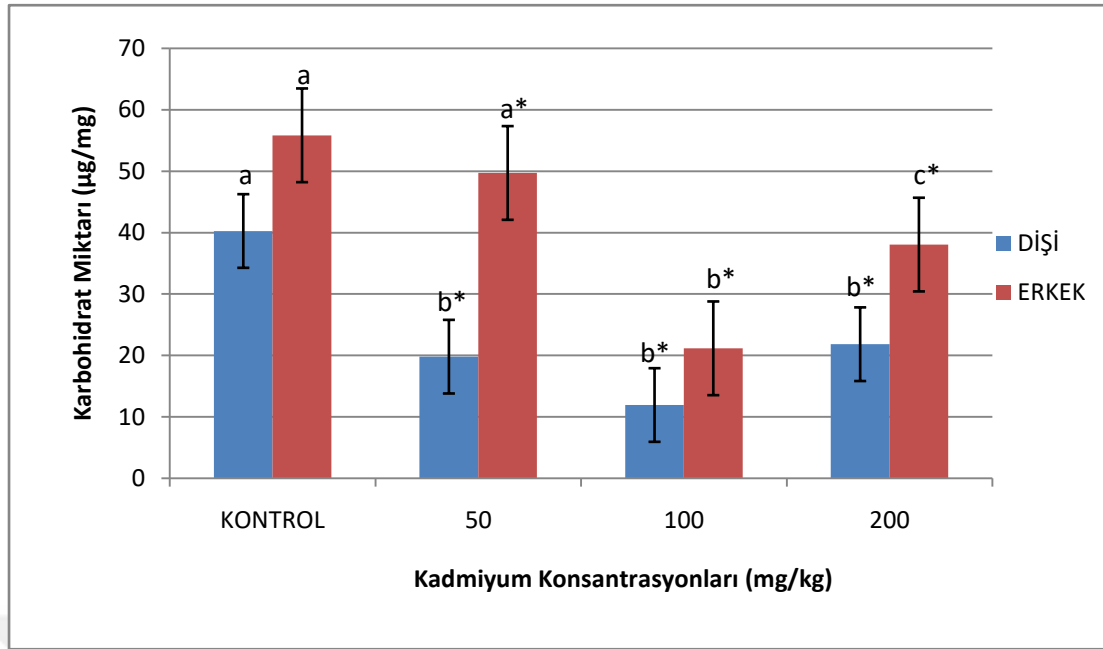
Şekil 4.13. Kadmiyumun *B. hebetor*'un toplam protein miktarına etkisi

Kadmiyumun *B. hebetor*'un toplam lipit miktarına etkisi ile ilgili deneme sonuçları incelendiğinde, dişilerde 100 mg/kg kadmiyum konsantrasyonunda lipit miktarının düştüğü, 200 mg/kg kadmiyum konsantrasyonunda ise arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.4 ve Şekil 4.14). Erkek parazitoidler için 100 mg/kg kadmiyum konsantrasyonunda lipit miktarında görülen azalma önemli olurken ($P \leq 0.05$), diğer grupların lipit miktarları birbirine benzerdir ($P > 0.05$). Ayrıca 200 mg/kg kadmiyum konsantrasyonunda dişilerin erkeklerden daha fazla lipit içerdikleri belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.4 ve Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Kadmiyumun *B. hebetor*'un toplam lipit miktarına etkisi

Kadmiyum ilavesinin erkek ve dişi parazitoidlerin karbohidrat miktarlarına etkisi değerlendirildiğinde, dişilerde tüm kadmiyum konsantrasyonlarında, erkeklerde ise 100 ve 200 mg/kg kadmiyum konsantrasyonlarında önemli ölçüde azalma belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.4 ve Şekil 4.15). Aynı konsantrasyondaki dişi ve erkeklerin karbohidrat miktarları karşılaştırıldığında, tüm gruplar için erkeklerin dişilerden daha fazla karbohidrat içerdiği görülmüştür ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.4 ve Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Kadmiyumun *B. hebetor*'un toplam karbohidrat miktarına etkisi

4.2.2. Kurşunun *B. hebetor*'un Toplam Protein, Karbohidrat ve Lipit Miktarına Etkisi

Kurşun uygulamasının *B. hebetor*'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili deneme sonuçları Tablo 4.5 ve Şekil 4.16-4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Kurşunun *B. hebetor*'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi

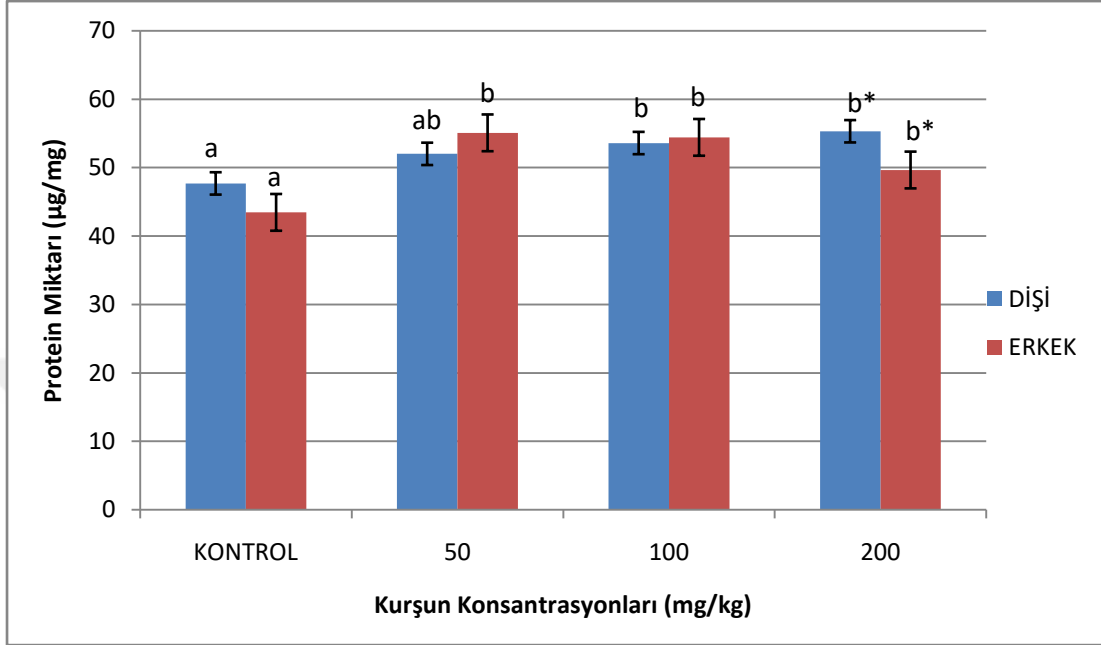
BESİN	Protein (µg/mg) (Ort. ± SH)		Lipit (µg/mg) (Ort. ± SH)		Karbohidrat (µg/mg) (Ort. ± SH)	
	Dişi	ERKEK	Dişi	ERKEK	Dişi	ERKEK
KONTROL	47.69±1.54a	43.46±1.95a	95.24±6.96a	87.28±6.31a	40.26±5.41a	55.84±5.58a
50 mg/kg Pb	52.01±2.33ab	55.08±2.75b	84.41±4.72a*	70.85±4.01ab*	26.73±3.35b*	71.54±6.27b*
100 mg/kg Pb	53.59±1.23b	54.42±1.31b	84.79±4.84a	77.09±7.94ab	29.09±2.71b*	43.74±3.71ac*
200 mg/kg Pb	55.31±1.10b*	49.65±1.57b*	61.66±5.39b	60.09±4.23b	12.79±0.56c*	30.82±3.03c*

Aynı sütunda farklı küçük harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

*T testi kullanılarak dişi ve erkekler için yapılan ikili karşılaştırmalarda ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

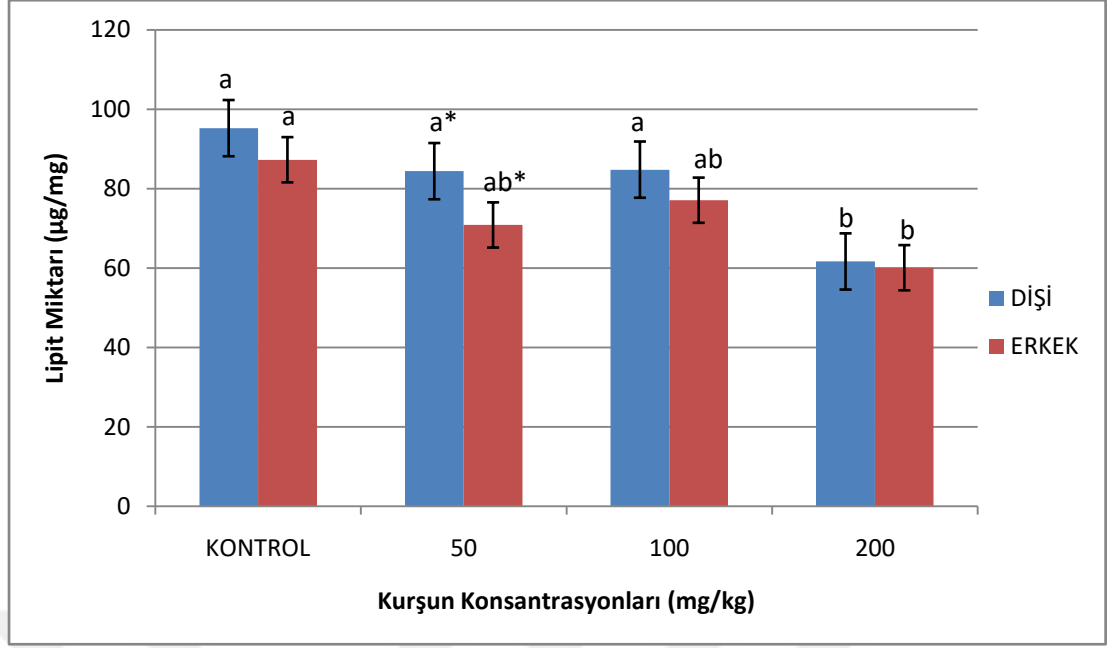
B. hebetor'un toplam protein miktarına kurşunun etkisi ile ilgili olarak Tablo 4.5 ve Şekil 4.16 incelendiğinde, dişilerde ve erkeklerde protein miktarının arttığı

görülmüştür ($P \leq 0.05$). Ancak 50 mg/kg kurşun konsantrasyonunda dişilerin protein miktarında belirlenen artış kontrol grubundan farklıdır ($P > 0.05$). Ayrıca 200 mg/kg kurşun konsantrasyonunda dişilerin erkeklerden daha fazla protein içerdikleri görülmüştür ($P \leq 0.05$).



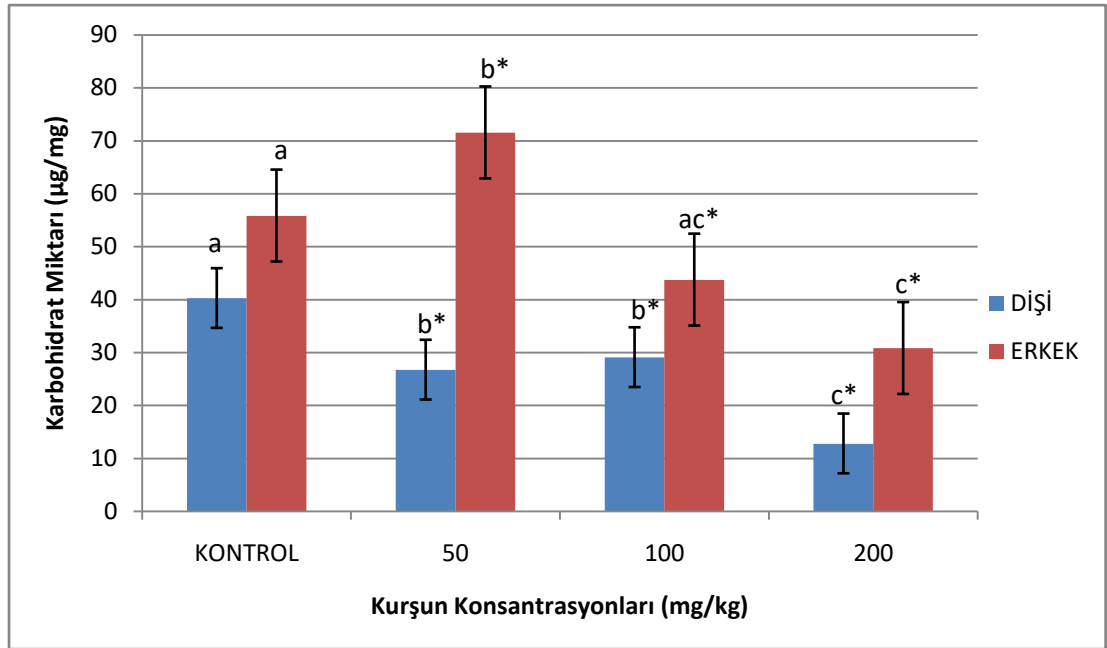
Şekil 4.16. Kurşunun *B. hebetor*'un toplam protein miktarına etkisi

Kurşunun *B. hebetor*'un toplam lipit miktarına etkisi ile ilgili deneme sonuçları incelendiğinde, sadece 200 mg/kg kurşun konsantrasyonunda dişi ve erkek parazitoidlerin lipit miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. En düşük kurşun konsantrasyonu olan 50 mg/kg'da dişilerin erkeklere oranla daha fazla lipit içerdikleri belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.5 ve Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Kurşunun *B. hebetor*'un toplam lipit miktarına etkisi

Kurşun uygulaması dişi parazitoidlerin karbohidrat miktarlarında önemli ölçüde azalmaya neden olmuştur ($P \leq 0.05$). Erkeklerde ise karbohidrat miktarı 50 mg/kg kurşun konsantrasyonunda artmış, 200 mg/kg kurşun konsantrasyonunda ise azalmıştır (Tablo 4.5 ve Şekil 4.18). Ayrıca her üç kurşun konsantrasyonunda da erkeklerdeki karbohidrat miktarı dişilere göre önemli derecede fazla bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.5 ve Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Kurşunun *B. hebetor*'un toplam karbohidrat miktarına etkisi

4.2.3. Bakırın *B. hebetor*'un Toplam Protein, Karbohidrat ve Lipit Miktarına Etkisi

Bakır içeren besin ile beslenmiş *A. grisella* larvaları kullanılarak yetiştirilen *B. hebetor*'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarı ile ilgili deneme sonuçları Tablo 4.6 ve Şekil 4.19-4.21'de verilmiştir.

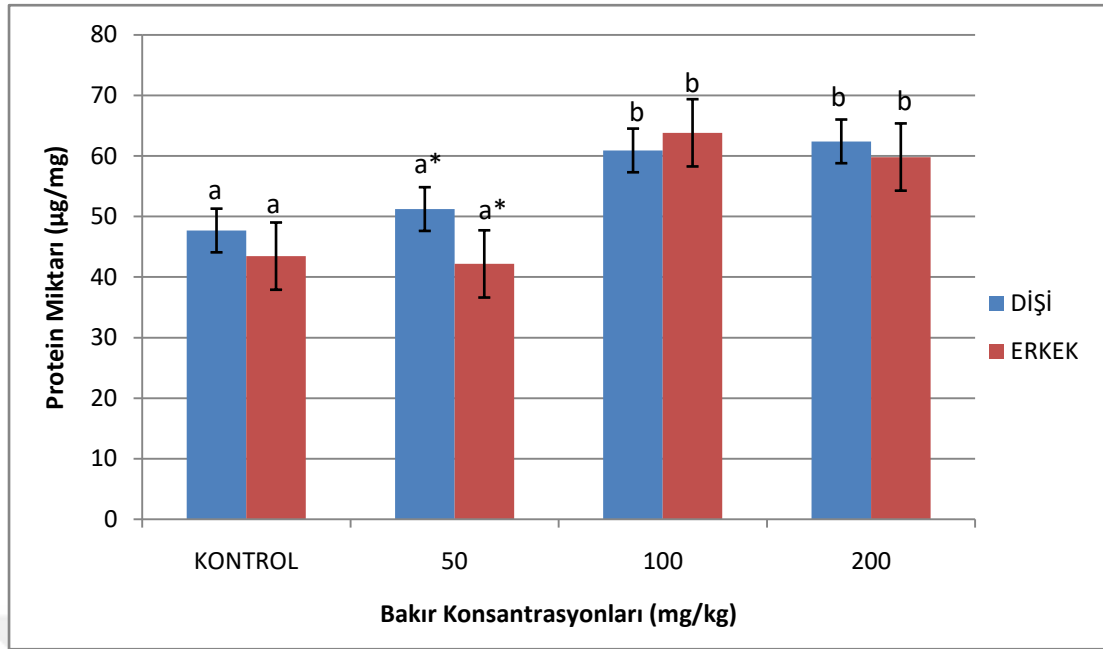
Tablo 4.6. Bakırın *B. hebetor*'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarına etkisi

BESİN	Protein (µg/mg) (Ort. ± SH)		Lipit (µg/mg) (Ort. ± SH)		Karbohidrat (µg/mg) (Ort. ± SH)	
	DIŞI	ERKEK	DIŞI	ERKEK	DIŞI	ERKEK
KONTROL	47.69±1.54a	43.46±1.95a	95.24±6.96a	87.28±6.31a	40.26±5.41a	55.84±5.58a
50 mg/kg Cu	51.23±1.13a*	42.17±1.78a*	45.34±3.22b*	60.04±4.35b*	15.98±1.62b*	31.16±1.98b*
100 mg/kg Cu	60.91±1.22b	63.82±1.36b	49.73±4.98b*	86.61±4.73a*	16.36±1.11b*	23.54±0.91b*
200 mg/kg Cu	62.41±1.53b	59.82±1.55b	82.95±7.53a	92.01±6.70a	20.96±1.67b*	28.71±2.69b*

Aynı sütunda farklı küçük harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

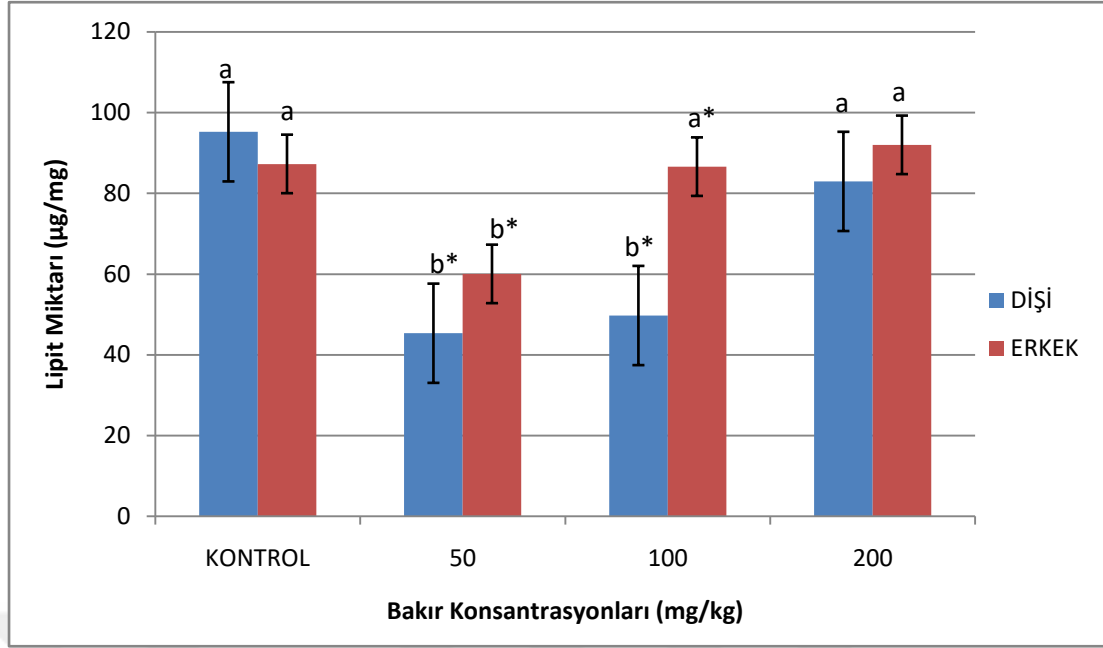
*T testi kullanılarak dişi ve erkekler için yapılan ikili karşılaştırmalarda ortalamalar arası fark önemlidir ($P \leq 0.05$).

Bakırın *B. hebetor*'un toplam protein miktarına etkisi ile ilgili olarak Tablo 4.6 ve Şekil 4.19 incelendiğinde, dişi ve erkeklerde 100 ve 200 mg/kg bakır konsantrasyonlarında protein miktarının kontrol grubuna göre arttığı belirlenmiştir ($P \leq 0.05$). Ayrıca 50 mg/kg bakır konsantrasyonunda dişilerin erkeklerden daha fazla protein içerdikleri görülmüştür ($P \leq 0.05$).



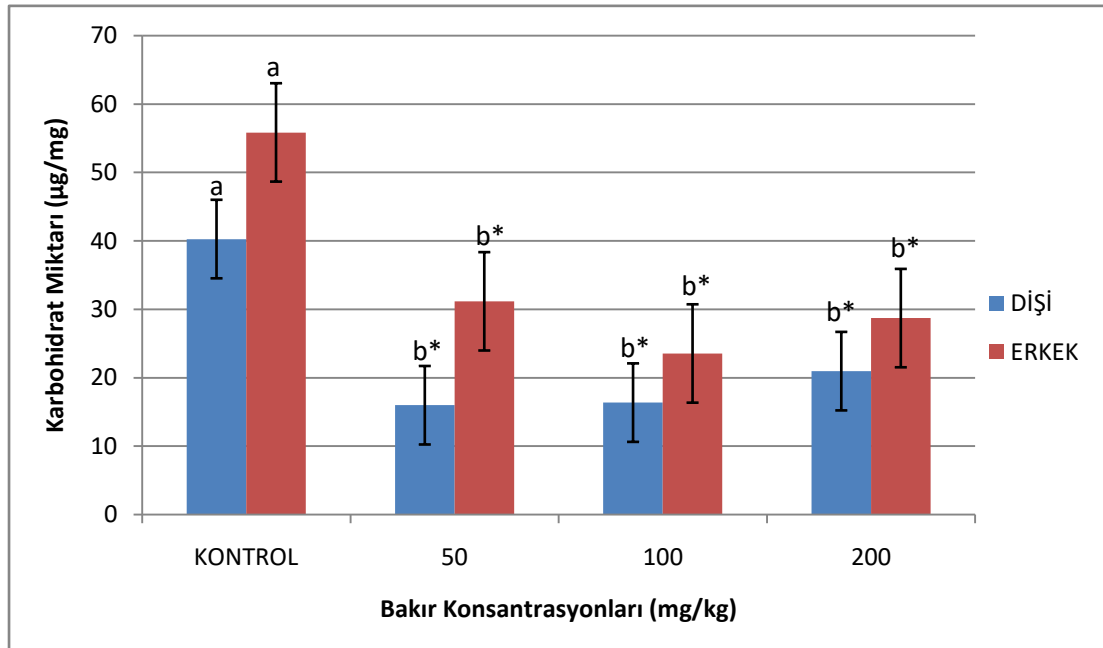
Şekil 4.19. Bakırın *B. hebetor*'un toplam protein miktarına etkisi

Bakır uygulamasının parazitoitin lipit miktarına etkisi ile ilgili sonuçlar değerlendirildiğinde, dişiler için 50 ve 100 mg/kg bakır konsantrasyonlarında, erkekler için ise sadece 50 mg/kg bakır konsantrasyonunda önemli bir azalma olduğu görülmektedir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.6 ve Şekil 4.20). Aynı konsantrasyondaki dişi ve erkeklerin lipit miktarları karşılaştırıldığında ise 50 ve 100 mg/kg bakır konsantrasyonlarında eşeyler arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.6 ve Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Bakırın *B. hebetor*'un toplam lipit miktarına etkisi

Bakırın karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili olarak Tablo 4.6 ve Şekil 4.21 incelendiğinde, dişi ve erkeklerde tüm konsantrasyonlarda karbohidrat miktarının azaldığı görülmektedir ($P \leq 0.05$). Aynı konsantrasyondaki dişi ve erkeklerin karbohidrat miktarları karşılaştırıldığında erkeklerin tüm gruplarda dişilere oranla daha fazla karbohidrat içerdikleri belirlenmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo 4.6 ve Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Bakırın *B. hebetor*'un toplam karbohidrat miktarına etkisi

5. TARTIŞMA

Ağır metallerin konak-parazitoit sistemleri üzerindeki etkilerinin araştırılması ile ilgili olarak daha önce yapılan çalışmalarda ağır metallerin besin zinciri yoluyla konak türlerinden parazitoitlere (ikincil tüketicilere) transfer edildiği gösterilmiştir. Örneğin Ye vd (2009) bakır ile kontamine edilmiş besin ortamında yetiştirilen *B. peregrina* larvalarında biriken bakırın puplarda kaldığını ve parazitoit *N. vitripennis*'e geçtiğini belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Kazimirova ve Ortel (2000) *C. capitata* tarafından biriktirilen metalin soliter pupal parazitoit *C. occidentalis*'e, Ortel (1995c) ise *G. mellonella* tarafından biriktirilen kadmiyum ve kurşunun pupal parazitoit *P. turionella*'ya transfer edildiğini göstermiştir. Konak yoluyla parazitoite metal transferinin gerçekleştiği larval parazitoit *Glyptapanteles liparidis* (Hymenoptera: Braconidae) ve konağı *L. dispar* arasında da belirlenmiştir (Ortel vd, 1993; Bischof, 1995b). Söz edilen çalışmalar esas alınarak bu tez çalışmasında, konak *A. grisella*'ya yapay besin yoluyla verilen üç farklı ağır metalin (kurşun, kadmiyum ve bakır) larva ektoparazitoiti *B. hebetor*'un bazı biyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Konak besinine ilave edilen ağır metallerin parazitoitin gelişim süresine etkisi ile ilgili elde edilen veriler değerlendirildiğinde, çalışmada kullanılan bütün ağır metal türleri için özellikle en yoğun ağır metal konsantrasyonunda (200 mg/kg) gelişim süresinin uzadığı belirlenmiştir. Ancak bu artış oranı istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde sadece 200 mg/kg kurşun ve 200 mg/kg bakır içeren gruplarda bulunan dişi parazitoitlerin gelişim sürelerinin kontrol grubundan farklı olduğu görülmüştür (Tablo 4.1-4.3, Şekil 4.1, 4.5 ve 4.9). Diener vd (2015) siyah asker sineği *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) ile yaptıkları çalışmada larva evresinden pupa öncesi evreye kadar olan gelişim süresinin ağır metal konsantrasyonundaki artışa bağlı şekilde genel olarak arttığını, ancak bu artışın istatistiksel açıdan önemsiz olduğunu ifade etmişlerdir. Bulgularımız parazitoitin gelişim süresinin kadmiyum uygulamasından önemli ölçüde etkilenmemiş olduğunu göstermesine rağmen, *C. albiceps* (Al-Misned, 2001) ve *B. peregrina* (Wu vd, 2006) larvalarında gelişim süresinin kadmiyum konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak uzadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, farklı konsantrasyonda kadmiyum klorür çözeltisine maruz bırakılan rat dokularında yetiştirilen *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) larvalarında gelişimin yüksek kadmiyum

konsantrasyonlarında daha uzun sürdüğü gözlenmiştir (Singh ve Bhupinderjit, 2017). Ayrıca, Mircic vd (2010) kadmiyuma maruz bırakılan *L. dispar* larvalarında larval sürenin değişmediğini buna karşın pupa evresinin kısaldığını belirlemişlerdir. Cohn vd (1992), *D. melanogaster* ile yaptıkları çalışmada farklı kurşun konsantrasyonlarına maruz bırakılan hem erkek hem de dişi böceklerde gelişimin yavaşladığını belirlemişlerdir. *Homona coffearia* (Lepidoptera: Tortricidae) ile gerçekleştirilen çalışmada ise besine bakır (12.5-150 ppm) ilave edildiğinde larval gelişimin uzadığı gözlenmiştir (Sivapalan ve Gnanapragasam, 1980).

Yukarıda söz edilen çalışmalarda ağır metaller doğrudan besin yoluyla böceklere verilmiş ve etkileri değerlendirilmiştir. Ağır metal uygulamasının konak yoluyla ikincil tüketici olan parazitoitlere geçişi ve onların gelişim süreleri üzerindeki etkileri ile ilgili olarak yapılan iki farklı çalışmada ise birbirinden farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Söz edilen çalışmaların ilkinde besin yoluyla *C. capitata* türüne ağır metal verilmiş, bu konaklar üzerinde yetiştirilen parazitoit *C. occidentalis*'in gelişiminin bundan olumsuz etkilenmediği gözlenmiştir (Kazimirova vd, 1997). İkinci çalışmada ise Ye vd (2009) konak besinine ilave edilen bakırın besin zinciri yolu ile az miktarda ektoparazitoit *N. vitripennis*'e geçtiğini ve parazitoitin büyüme ve gelişimini olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir. Ye vd (2009) çalışmaları sonucunda bakırın olumsuz etkisinin bakırın doğrudan oluşturduğu stresden ziyade konağın besinsel açıdan yetersiz hale getirilmesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ağır metallerin böceklerin gelişimine etkileri ile ilgili olarak bildirilen tüm bu çalışma sonuçlarının birbirinden farklı olması çalışmalarda kullanılan böcek türlerinin, hayat evrelerinin, uygulanan ağır metal konsantrasyonlarının, uygulanma şeklinin ve süresinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Kadmiyumun *B. hebetor*'da verime etkisi ile ilgili deneme sonuçları incelendiğinde, özellikle 100 ve 200 mg/kg kadmiyum içeren gruplarda toplam verimin kontrol grubuna göre azaldığı görülmektedir (Tablo 4.1 ve Şekil 4.2). Eşey oranı ile ilgili olarak elde edilen bulgular, kadmiyum uygulanan gruplarda dişi oranının kontrol grubuna göre azaldığını, farklı kadmiyum konsantrasyonları arasında dişi oranı bakımından önemli bir farklılık olmadığını ve erkek oranının sadece en yüksek kadmiyum konsantrasyonunda düştüğünü göstermektedir (Tablo 4.1 ve Şekil 4.3). Parazitoitin toplam veriminde ve dişi oranında azalma görülmesi

kadmiyumun bu türün üreme performansı üzerinde olumsuz etki yaptığını göstermektedir. Bulgularımıza benzer olarak, Al-Misned (2003), *C. albiceps* ile yaptığı çalışmada artan kadmiyum konsantrasyonu ile beraber verimin önemli derecede düştüğünü bulmuştur. Cervera vd (2004) ise *O. fasciatus* ile yaptıkları çalışmada dişilerin yumurta bırakma oranı ve veriminin düşük kadmiyum konsantrasyonunda bile kontrol gruplarına göre oldukça azaldığını tespit etmişlerdir. Benzer sonuçlar Mathova (1990) ve Chouhan vd (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda da belirlenmiştir. Martoja vd (1983) *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) ile yaptıkları çalışmada kadmiyumun dişilerde enerji rezervlerini azaltarak yağ cisimciğinde oluşturduğu tahribatın hücre farklılaşmasını engellediğini ileri sürmüşlerdir. Bu durumun vitellus sentezinin azalmasına neden olduğunu ve üreme sistemine zarar verdiğini belirtmişlerdir. Kazimirova vd (1997), konağa verilen kadmiyumun *C. occidentalis* türünde verimi etkilemediğini ancak oğul döldeki dişi yüzdesinin kontrol grubuna oranla daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Kurşunun *B. hebetor*'un toplam verimine etkisi ile ilgili olarak Tablo 4.2 ve Şekil 4.6 incelendiğinde, 100 mg/kg Pb içeren grupta verimin kontrol grubundan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kurşun uygulandığında dişi oranının azaldığı buna karşın erkek oranının değişmediği bulunmuştur (Tablo 4.2 ve Şekil 4.7). Kurşunun verime etkisi ile ilgili olarak *C. pipiens* ile yapılan çalışmada verimin azaldığı (El-Sheikh vd, 2010), *C. occidentalis* ile yapılan çalışmada ise verim ve dişi yüzdesinin değişmediği gösterilmiştir (Kazimirova vd, 1997). Konak besinine ağır metal olarak bakır eklendiğinde parazitoitin verim ve eşey oranının bu ağır metal uygulamasından etkilenmediği görülmektedir (Tablo 4.3, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11). Bakır çeşitli metabolik aktivitelerin sürdürülmesi için gerekli esansiyel bir iz elementtir. Bu yüzden vücut dokularındaki bakır miktarı kurşun, kadmiyum ve civa gibi esansiyel olmayan metallere göre daha kolay şekilde düzenlenebilir (Hunter ve Johnson, 1982). Bu açıklama verim ve eşey oranlarında farklılık belirlenmemiş olmasının nedenini anlamamıza yardımcı olabilir. Bulgularımızın aksine, Ye vd (2009) yaptıkları çalışmada konak yoluyla parazitoite geçen düşük miktardaki bakırın verimi olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. Bir başka çalışmada ise *Scotia segetum* (Lepidoptera: Noctuidae) türünün larvalarına besin yoluyla bakır (3µg/g) verildiğinde verimin azaldığı gösterilmiştir (Zelenayora, 1986).

Parazitoitler genel olarak konaklarının besinsel ve fizyolojik durumunu değerlendirip üreme durumlarına göre düzenleyebilirler. Konak fizyolojisinde ortaya çıkan değişikliklerden kendi biyolojik yetenekleri ölçüsünde faydalanabilir ya da bu değişikliklere tepki gösterebilirler (Thompson, 1986; Rivers ve Denlinger, 1995). Parazitoitin konağı kabul etmesi ve konak metal stresinin bu organizmalar üzerindeki etkisi farklı üreme stratejilerine sahip parazitoitler arasında farklılık gösterir. Bu nedenle örneğin konak stresinin *L. dispar* larvalarının hemolenfinde beslenen *G. liparidis* üzerindeki etkisi ile, meyve sineği puplarının endoparaziti olan *C. occidentalis* üzerindeki etkisini karşılaştırmak oldukça güç ve belki de yersizdir. Ayrıca böceklerin vücutlarına aldıkları ağır metallerin bir kısmını atabilme yetenekleri ve yöntemleri de türler arasında farklılık göstermektedir. Bu açıklamalar, değişik böcek türlerinde ağır metallerin verim ve eşey oranları üzerinde farklı etkiler yapmış olmasının nedenlerini anlamamıza yardımcı olabilir.

Konak besinine ağır metal eklenmesinin parazitoitin ömür uzunluğu üzerindeki etkileri ile ilgili sonuçlar değerlendirildiğinde, 100 mg/kg kurşun içeren grupta bulunan erkek parazitoitler dışındaki hiçbir grupta ömür uzunluğunun değişmediği görülmektedir (Tablo 4.1-4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.8 ve Şekil 4.12). Erkek parazitoitlerin ömür uzunluklarının 100 mg/kg kurşun içeren grupta kontrol grubuna göre artmış olması oldukça ilginçtir. Aynı grupta bulunan dişi ve erkek parazitoitlerin ömür uzunluğu karşılaştırıldığında ise sadece 100 mg/kg kurşun ve 100 mg/kg bakır konsantrasyonlarında dişi ve erkeklerin hayatta kalma sürelerinin benzer olduğu, bunların dışındaki tüm gruplarda dişilerin erkeklerden daha uzun yaşadıkları belirlenmiştir. Bulgularımızın aksine, böceklere besin yoluyla verilen ağır metallerin ömür uzunluğunu azalttığına yönelik pek çok çalışma mevcuttur (Schmidt vd, 1991; Moe vd, 2001; Al-Misned, 2003; Cervera vd, 2004; Mircic vd, 2010). Kazimirova vd (1997) konak *C. capitata* ve parazitoiti *C. occidentalis* ile yaptıkları çalışmada kadmiyum ve kurşunun dişi parazitoitin ömür uzunluğunu arttırdığını, bakırın ise değiştirmedeğini göstermişlerdir.

Parazitoitler hayatta kalmak ve üremek için önemli miktarda protein, lipit ve karbohidrata ihtiyaç duyarlar (Heimpel vd, 1997; Olson ve Andow, 1998; Olson vd, 2000; Fadamiro ve Heimpel, 2001; Hogervorst vd, 2007). Parazitoitlerin ihtiyaç duyduğu besin maddeleri ya ergin öncesi gelişim süresince alınan besinlerden karşılanır ya da erginler tarafından değişik öncül maddeler kullanılarak sentezlenir

(Jervis vd, 1993). Ergin öncesi evrede konak parazitoitin tek besin kaynağı olup konağa duyulan ihtiyaç parazitoitin yaşam şekli ile doğrudan ilişkilidir. Genellikle ektoparazitoit türlerin larvaları konak hemolenfi ile beslenir ve konak dışında pupa haline gelir. Endoparazitoit türlerin larvaları ise beslenmesine konak hemolenfi ile başlar daha sonra konak dokularına geçerek sonuçta tüm konağı tüketir ve konak içerisinde pupa haline gelirler (Brodeur ve Boivin, 2004). Bu nedenle parazitoitlerin ergin öncesi gelişimlerinde, büyüme ve hayatta kalmalarında, konak ve sahip olduğu özellikler önemli rol oynar (Elzinga vd, 2003; Salvador ve Consoli, 2008).

Ağır metallerin böceklerin protein, lipit ve karbohidrat metabolizmasında değişikliğe neden olduğu bilinmektedir (Bischof, 1995a; Wu vd, 2006; El-Sheikh vd, 2010; Baghban vd, 2014; Heliövaara ve Väisänen, 2018; Du vd, 2019). Bu çalışmada konak *A. grisella*'nın besinine kadmiyum, kurşun ve bakır eklenerek, bu ağır metallerin parazitoit *B. hebetor*'un toplam protein, lipit ve karbohidrat miktarları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Protein miktarındaki değişim ile ilgili olarak elde edilen sonuçlarda parazitoitin protein miktarının genel olarak arttığı ve artış düzeyinin konsantrasyonla doğru orantılı olmadığı görülmektedir (Tablo 4.4-4.6, Şekil 4.13, 4.16 ve 4.19). Benzer şekilde Bischof (1996), besinine iki farklı konsantrasyonda kadmiyum, kurşun, bakır ve çinko ilave edilen ve *G. liparidis* tarafından parazitlenen *L. dispar* larvalarının toplam vücut protein miktarının arttığını bulmuştur. Du vd (2019) *C. montrouzieri* türünde ağır metal uygulamasının toplam protein miktarını artırdığını belirlemişlerdir. Baghban vd (2014) ise *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ile yaptıkları çalışmada kadmiyumun toplam protein miktarını değiştirmedeğini, çinko ve bakırın ise artırdığını tespit etmişlerdir. Ağır metallerin etkisiyle protein miktarında ortaya çıkan artışın nedeni, metal bağlayıcı proteinler (metallotiyoninler), detoksifikasyon enzimleri ve stres proteinlerinin üretiminin artması olabilir (Korsloot vd, 2004; Gardiner ve Harwood, 2017). Nitekim, Wang vd (2012), endoparazitoit *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) ile yaptıkları çalışmada besinle alınan kadmiyum ve bakırın çeşitli molekül ağırlığına sahip stres proteinlerinin üretimine neden olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Hesham vd (2011) *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae)'da besinle alınan kadmiyum ve kurşunun etkisiyle üretilen stres proteini miktarının böceğin evresine ve bu ağır metallere maruz kalma süresine göre değiştiğini belirlemişlerdir. Niu vd (2000) ise *Musca domestica*

(Diptera: Muscidae) ile yaptıkları çalışmada kadmiyumun etkisiyle bu sinek larvalarında iki farklı molekül ağırlığa sahip metallothionein proteini üretildiğini tespit etmişlerdir. Metallothioneinler, metal iyonlarına yüksek afinite ile bağlanan sisteince zengin proteinlerdir. Metallothioneinlerin başlıca görevleri bakır ve çinko gibi esansiyel iz metallerin metabolizmasının düzenlenmesi ve kadmiyum gibi diğer ağır metallerin zehirsizleştirilmesidir. Metal homeostazisini sağlamak amacıyla metallothioneinler hücrelerde belirli miktarda bulunur. Ağır metal metallothioneine bağlandığında inaktif hale gelir ve hücresel toksisitesi engellenir. Metalin kendisi parçalanmadığı için bu tip detoksifikasyon, izole etme metodu olarak sınıflandırılır (Korsloot vd, 2004). Bulgularımızın aksine *P. turionellae* (Ortel, 1991), *L. dispar* (Bischof, 1996), *B. peregrina* (Wu vd, 2006), *Sphaerodema urinator* (Bream, 2003), *Chrysochoris stollii* (Islam ve Roy, 1983) ile yapılan çalışmalarda ağır metal uygulamasının protein miktarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bu azalmanın, protein sentezinin önlenmesinden ya da toksik maddelerin neden olduğu zararın giderilmesi için lipoproteinlerin kullanılmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Kayış ve Emre (2012) kadmiyum uygulamasının *P. turionellae* dişilerinde 10. ve 20. günlerde genel olarak protein miktarında azalmaya neden olduğunu, ancak 30. günde özellikle düşük kadmiyum konsantrasyonlarında protein miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Hassan vd (2011) ağır metallerin *C. pipiens*'in protein miktarı üzerindeki etkisinin eşeyler arasında farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir.

Böceklerde protein, lipit ve karbohidratların başlıca depo yeri yağ cisimciği denilen dokudur. Bu doku böceklerin en önemli enerji rezervi ve metabolizma merkezi olarak işlev görür (Giron ve Casas, 2003; Jervis vd, 2008). Böceklerin yağ cisimciğinde depoladığı lipit miktarı büyüme, üreme ve homeostazinin sağlanması gibi hayatsal faaliyetlerde kullanılan enerjiye bağlı olarak artıp azalabilir. Ağır metal uygulamasının parazitoitin lipit miktarına etkisi ile ilgili sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde 200 mg/kg kadmiyumun dişilerde artışa neden olduğu, bu grubun dışındaki diğer tüm gruplarda lipit miktarının ya değişmediği ya da azaldığı görülmektedir (Tablo 4.4-4.6, Şekil 4.14, 4.17 ve 4.20). Benzer şekilde *G. liparidis* tarafından parazitlenen *L. dispar* larvalarının hemolenfinden ve vücut dokularındaki lipit miktarlarının ağır metal kontaminasyonundan ya etkilenmediği ya da azaldığı gösterilmiştir (Bischof, 1995a). Ortel (1995c) ise *L. dispar* larvalarında parazitoit

etkisi olmaksızın ağır metallerin lipit miktarında azalmaya neden olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca iki farklı çalışmada kadmiyumun *G. mellonella* larva ve puplarında (Shin vd, 2001) ve *P. turionellae*'da (Ortel, 1991) lipit miktarını azalttığı belirlenmiştir. El-Sheikh vd (2010) ise *C. pipiens* larvaları ile yaptıkları çalışmada kurşun ve bakırın erkeklerin toplam yağ içeriğini artırdığını, bakırın dişilerdeki toplam yağ içeriğini azalttığını bulmuşlardır.

Bu tez çalışmasında biyokimyasal analizler için yeni ergin olan dişi ve erkek parazitotler kullanılmıştır. Biyokimyasal analizler ile ilgili sonuçların gösterildiği tablolar incelendiğinde, parazitotlerin ergin hayatlarının başlangıcında protein ve karbohidrata oranla hemen hemen iki kat gibi bir oranda lipite sahip oldukları görülmektedir. Ergin hayatın başlangıcında lipit miktarının fazla olması metabolik ihtiyaçların karşılanması ve üreme açısından önem taşımaktadır. *B. hebetor* sinovigenik bir türdür, yani dişiler sınırlı sayıda yumurtaya sahip olarak ergin olurlar, yumurta üretimi ve olgunlaştırılması dişinin hayatı boyunca devam eder (Jervis ve Kidd, 1986; Godfray, 1994). Bu nedenle dişiler ergin hayatın ilk günlerinde önemli miktarda lipiti kullanırlar. Erkek parazitotler de metabolik gereksinimleri için sahip oldukları lipit kaynaklarını dişilere oranla daha yavaş şekilde kullanırlar. Lipitler ayrıca hemen hemen diğer tüm esansiyel moleküllerin sentezlenmesinde temel olarak görev yapan asetil gruplarının üretimi açısından da önemlidir (Nijhout, 1994). Bu durumda ağır metal uygulaması sonucunda bazı gruplarda lipit miktarında kontrol grubuna oranla bir azalma belirlenmiş olması ağır metallerin parazitotün üreme performansı üzerinde yaptığı olumsuz bir etki olarak değerlendirilebilir.

Birçok parazitot türünün erginleri enerji kaynağı olarak ya tamamen ya da büyük ölçüde karbohidratlara bağımlıdır. Karbohidratla beslenme parazitotün ömür uzunluğu, verim ve/veya parazitleme oranı gibi özelliklerini etkilemek suretiyle parazitotün etkinliğini artırır (Godfray, 1994; Olson ve Andow, 1998; Olson vd, 2000; Fadamiro ve Heimpel, 2001; Gündüz ve Gülel, 2004). Parazitotlerin doğadaki en önemli karbohidrat kaynakları polenler, nektarlar ve homopter böcekler tarafından salgılanan balözüdür ve bazı parazitot erginleri doğada aktif olarak bu kaynakları ararlar (Jervis ve Kidd, 1986; Heimpel vd, 1997; Lee vd, 2006). Parazitotler tarafından alınan karbohidratlar ya hemen enerji ihtiyaçlarının giderilmesinde kullanılır ya da daha sonra kullanılmak üzere trehaloz veya glikojene dönüştürülerek depolanır (Rivero ve Casas, 1999; Fadamiro vd, 2005).

Ağır metal uygulamasının parazitoitin karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde 50 mg/kg kurşun içeren grup dışındaki diğer tüm gruplarda azalma olduğu görülmektedir (Tablo 4.4-4.6 ve Şekil 4.15, 4.18 ve 4.21). Bu sonuçlara benzer şekilde El-Sheikh vd (2010) *C. pipiens* larvalarına ağır metal uygulandığında ergin dişi ve erkeklerde toplam karbohidrat miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Bischof (1995a)'un yaptığı çalışmada parazitlenmiş *L. dispar* larvalarında ağır metallerin karbohidrat miktarı üzerindeki etkisinin kullanılan ağır metalin çeşidine ve konsantrasyonuna ayrıca miktarı belirlenecek karbohidrat türüne göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Azam vd (2017) ise *Oxya hyla hyla* türünde ağır metal enjeksiyonunu takiben 24., 50. ve 75. saatlerde yaptıkları karbohidrat analizlerinde 50 ve 75. saatlerde glikoz ve glikojen miktarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışma ağır metalin etkisinin zamana bağlı olarak da değişebileceğini göstermesi açısından önemlidir. Bulgularımızdan farklı olarak, Kayış ve Emre (2012) kadmiyumun *P. turionellae* dişilerinde glikojen miktarını arttırdığını, Wu vd (2006) yüksek konsantrasyonda kadmiyumun *B. peregrina* türünün hemolenfinde toplam şeker miktarını arttırdığını belirlemişlerdir. Ortel (1996) ise *L. dispar* larvalarıyla yaptığı çalışmada düşük konsantrasyonda kadmiyumun glikoz ve glikojen içeriğini artırdığını, yüksek konsantrasyonda kadmiyumun ise glikoz miktarını değiştirmedeğini ve glikojen miktarını azalttığını belirlemiştir. Başka bir çalışmada ise Baghban vd (2014) kadmiyumun *H. armigera*'nın glikojen miktarını değiştirmedeğini bulmuşlardır. Ağır metal uygulamasının karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili bildirilen bu çalışma sonuçlarının birbirinden farklı olması çalışmalarda kullanılan böcek ve ağır metal türlerinin, ağır metalin uygulanma biçiminin ve konsantrasyonun ya da belirlenen karbohidrat çeşitlerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

6. SONUÇ

Böcekler doğada yaşayan birçok memeli ve kuş türü için önemli bir protein kaynağıdır. Ağır metal yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde yaşayan böcekler bu metalleri farklı yollarla vücutlarına alıp biriktirirler. Böceğin vücudunda biriken bu ağır metaller besin zincirinin daha üst kademesinde bulunan canlılara geçerek onların değişik özelliklerini etkileyebilir. Bu çalışmada konak besinine ilave edilen üç farklı ağır metalin bu konaklar üzerinde gelişimini tamamlayan parazitoit *B. hebetor* erginlerinin bazı biyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. *B. hebetor* larva ektoparazitoiti bir türdür. Konağın dişileri yumurtalarını konak larvası üzerine bırakır ve parazitoit ergin öncesi gelişiminin tamamını bu konak larvası üzerinde tamamlar. Bu nedenle konakta bulunan besin maddelerinin çeşidi ve miktarı parazitoit açısından oldukça önemlidir. Ergin öncesi dönemde alınan besinin parazitoitin gelişme süresi, verim, eşey oranı, ömür uzunluğu ve biyokimyasal kompozisyon gibi değişik özelliklerini etkilediği daha önce yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kadmiyumun parazitoidin özellikle verim, karbohidrat, protein ve lipit miktarları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Kurşun uygulamasının lipit, karbohidrat ve protein miktarları ile dişilerin gelişim süresi ve toplam verimi etkilediği belirlenmiştir. Konak besinine bakır ilave edildiğinde ise parazitoidin lipit, karbohidrat ve protein miktarları ile dişilerin gelişim süresinin değiştiği tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları daha önce farklı araştırmacıların değişik böcek türleri ile yapmış oldukları çalışmalarla karşılaştırıldığında bazıları ile benzerlik gösterdiği, bazılarından farklı olduğu görülmüştür. Bu durum ağır metallerin böcekler üzerindeki etkilerinin böcek türüne, gelişim evresine, eşeyine, çalışmada kullanılan ağır metal türüne, konsantrasyonuna, uygulanış şekline ve süresine göre değişiklik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca böceklerin ağır metallere karşı duyarlılık sınırlarının farklı olması ve ağır metalin toksik etkisini azaltmak ve/veya ortadan kaldırmak için farklı yöntemlerin kullanılmış olması ile açıklanabilir.

İleride yapılması planlanan çalışmalarda besine ilave edilen ağır metallerin konaktaki birikim miktarları ve biriken ağır metallerin beslenme zincirinin ikinci halkasını oluşturan parazitoitlere ne kadar geçtiği belirlenebilir. Ayrıca çalışmada kullanılacak olan konak ve parazitoit türleri ile ağır metal çeşit ve

konsantrasyonlarında değişiklikler yapılarak hem konak hem de parazitoit üzerindeki farklı etkileri araştırılabilir.



KAYNAKLAR

- Al-Misned, F. A. M. (2001). Biological effects of cadmium on life cycle parameters of *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). *Kuwait Journal of Science and Engineering*. 28 (1). 179-188.
- Al-Misned, F. A. M. (2003). Effect of cadmium on the longevity and fecundity of the blowfly *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). *Kuwait Journal of Science and Engineering*. 30 (2). 81-84.
- Ali, H., Khan, E., Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*. 1-14.
- Allan, R. (1997). Introduction: Mining and Metals in the Environment. *Journal of Geochemical Exploration*. 58. 95-100.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*. 24 (1). 32-39.
- Augustyniak, M., Babczynska, A., Migula, P., Wilczek, G., Laszczyca, P., Kafel, A., Augustyniak, M. (2005). Joint effects of dimethoate and heavy metals on metabolic responses in a grasshopper (*Chorthippus brunneus*) from a heavy metals pollution gradient. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part C 141. 412-419.
- 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. *BioMed Research International*. 1. 1-11.
- Azam, I., Afsheen, S., Sarwar, M. K., Zia, A. ve Bhatti, A. R. (2017). Effect of heavy metals on antioxidant enzymes in *Oxya hyla hyla* (Orthoptera: Acrididae). *Pakistan Entomologist*. 39 (2). 37-44.
- Baghban, A., Sendi, J. J., Zibae, A., Khosravi, R. (2014). Effect of heavy metals (Cd, Cu, and Zn) on feeding indices and energy reserves of the cotton boll worm *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Plant Protection Research*. 54 (4). 367-373.
- Baker, J. E. ve Fabrick, J. A. (2000). Host hemolymph proteins and protein digestion in larval *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 30. 937-946.
- Benson, J. F. (1973). Intraspecific competition in the population dynamics of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Animal Ecology*. 42. 105-124.
- Bezemer, T. M., Harvey, J. A., Mills, N. J. (2005). Influence of adult nutrition on the relationship between body size and reproductive parameters in a parasitoid wasp. *Ecological Entomology*. 30. 571-580.
- Bischof, C. (1995a). Effects of heavy metal stress on carbohydrate and lipid concentrations in the haemolymph and total body tissue of parasitized *Lymantria dispar* L. larvae (Lepidoptera). *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part C 112 (1). 87-92.
- Bischof, C. (1995b). Heavy metal concentrations of the endoparasitoid *Glyptapanteles liparidis* Bouche (Hymenoptera) in contaminated *Lymantria dispar* L. larvae (Lepidoptera). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 55. 533-538.
- Bischof, C. (1996). Effects of heavy metal stress on free amino acids in the haemolymph and total body tissue of *Lymantria dispar* larvae parasitized by *Glyptapanteles liparidis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 79 (1). 61-68.

- Boz, A., Gülel, A., Gündüz, N. E. A. (2018). Konukçu türünün soliter endoparazitoitin (*Venturia canescens* Grav.) bazı biyolojik özelliklerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 33 (3). 209-2015.
- Braeckman, B. P. (2011). Heavy metal toxicity in an insect cell line (methyl-HgCl, HgCl₂, CdCl₂ and CuSO₄). G. Bánfalvi (ed.). *Cellular Effects of Heavy Metals*. (ss. 115-144). The Netherlands. Springer.
- Braeckman, B., Smagghe, G., Brutsaert, N., Cornelis, R., Raes, H. (1999). Cadmium uptake and defense mechanism in insect cells. *Environmental Research*. 80. 231-243.
- Bream, A. S. (2003). Laboratory evaluation of heavy metals stress on certain biochemical parameters of the aquatic insect, *Sphaerodema urinator* Duf. (Hemiptera: Belostomatidae). *Communications in Agricultural and Applied Biological Science*. 68 (4A). 291-297.
- Bremner, I. (1974). Heavy metal toxicities. *Quarterly Reviews of Biophysics*. 7. 74-124.
- Brodeur, J. ve Boivin, G. (2004). Functional ecology of immature parasitoids. *Annual Review of Entomology*. 49. 27-49.
- Bronskill, J. K. (1961). A cage to simplify the rearing of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (Pyrilidae). *Journal of the Lepidopterists' Society*. 15. 102-104.
- Butler, C. D. ve Trumble, J. T. (2010). Predicting population dynamics of the parasitoid *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) resulting from novel interactions of temperature and selenium. *Biocontrol Science and Technology*. 20 (4). 391-406.
- Butt, A., Ain, Q., Rehman, K., Khan, M. X., Hesselberg, T. (2018). Bioaccumulation of cadmium, lead, and zinc in agriculture-based insect food chains. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190. 698.
- Calow, P. (1991). Physiological costs of combating chemical toxicants: ecological implications. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 100C (1/2). 3-6.
- Cervera, A., Maymo, A.C., Sendra, M., Martinez-Pardo, R., Garcera, M. D. (2004). Cadmium effects on development and reproduction of *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae). *Journal of Insect Physiology*. 50. 737-749.
- Cervera, A., Maymo, A.C., Martinez-Pardo, R., Garcera, M. D. (2005). Vitellogenesis inhibition in *Oncopeltus fasciatus* females (Heteroptera: Lygaeidae) exposed to cadmium. *Journal of Insect Physiology*. 51. 895-911.
- Chohan, S., Verma, C., Chandel, R. S., Rana, N., Thakur, M. (2015). Impact of nickel mediated artificial diet on biology of *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae). *The Bioscan*. 10 (3). 1109-1112.
- Chouhan, S., Verma, S. C., Thakur, M. (2017). Effect of cadmium on biology of tobacco caterpillar *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Nature Environment and Pollution Technology*. 16 (3). 883-888.
- Cohn, J., Widzowski, D. V., Cory-Slechta, D. A. (1992). Lead retards development of *Drosophila melanogaster*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 102C (1). 45-49.
- Corbi, J. J., Froehlich, C. G. (2010). Bioaccumulation of metals in aquatic insects of streams located in areas with sugar cane cultivation. *Quimica Nova*. 33 (3). 644-648.
- Crawford, L.A., Hodkinson, I. D., Lepp, N. W. (1995). The effects of elevated host-plant cadmium and copper on the performance of the aphid *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Applied Ecology*. 32. 528-535.

- Çepel, N. (1997). *Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar*, TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları, No:14, İstanbul.
- Dallinger, R. (1993). Strategies of Metal Detoxification in Terrestrial Invertebrates. R. Dallinger ve P. Rainbow (ed.) *Ecotoxicology of Metals in Invertebrates*. (ss. 246-289). United States of America. Lewis Publishers.
- Dar, M. I., Green I. D., Naikoo, M. I., Khan, F. A., Ansari A. A., Lone, M. I. (2017). Assessment of biotransfer and bioaccumulation of cadmium, lead and zinc from fly ash amended soil in mustard–aphid–beetle food chain. *Science of the Total Environment*. 584-585. 1221-1229.
- Darwish, E., El-Shazly, M., El-Sherif, H. (2003). The choice of probing sites by *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) foraging for *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*. 39. 265-279.
- 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.
- Du, C., Wu, J., Bashir, M. H., Shaukat, M., Ali, S. (2019). Heavy metals transported through a multi-trophic food chain influence the energy metabolism and immune responses of *Cryptolaemus montrouzieri*. *Ecotoxicology*. 28 (4). 422-428.
- Duffus, J. H. (2002). “Heavy metals”—a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*. 74. 793-807.
- Dutta, M., Kushwaha, A., Kalita, S., Devi, G., Bhuyan, M. (2019). Assessment of bioaccumulation and detoxification of cadmium in soil-plant-insect food chain. *Bioresource Technology Reports*. 7.
- Dweck, H. K. M., Gadallah, N. S., Darwish, E. (2008). Structure and sensory equipment of the ovipositor of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). *Micron*. 39 (8). 1255-1261.
- El-Sheikh, T. M. Y., Fouda, M. A., Hassan, M. I., Abd-Elhamed, A., Abd-Elghaphar, A. A., Hasaballah, A. I. (2010). Toxicological effects of some heavy metal ions on *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*. 2 (1). 63-76.
- Elzinga, J. A. E., Harvey, J. A., Biere, A. (2003). The effects of host weight at parasitism on fitness correlates of the gregarious koinobiont parasitoid *Microplitis tristis* and consequences for food consumption by its host, *Hadena bicruris*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 108. 95-106.
- Emre, I., Kayıs, T., Coskun, M., Dursun, O., Cogun, H. Y. (2013). Changes in antioxidative enzyme activity, glycogen, lipid, protein, and malondialdehyde content in cadmium-treated *Galleria mellonella* larvae. *Annals of the Entomological Society of America*. 106 (3). 371-377.
- Fadamiro, H. Y. ve Heimpel, G. E. (2001). Effects of partial sugar deprivation on lifespan and carbohydrate mobilization in the parasitoid *Macrocentrus grandis* (Hymenoptera: Braconidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 94 (6). 909-916.
- Fadamiro, H. Y., Chen, L. I., Onagbola, E. O., Graham, L. F. (2005). Life span and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in the sugar-fed phorid fly, *Pseudacteon tricuspis*. *Physiological Entomology*. 30. 212-224.
- Gao, H. H., Zhao, H. Y., Du, C., Deng, M. M., Du, E. X., Hu, Z. Q., Hu, X. S. (2012). Life table evaluation of survival and reproduction of the aphid, *Sitobion avenae*, exposed to cadmium. *Journal of Insect Science*. 12 (44). 1-9.

- Gardiner, M. M. ve Harwood, J. D., (2017). Influence of heavy metal contamination on urban natural enemies and biological control. *Current Opinion in Insect Science*. 20. 45-53.
- Gintenreiter, S., Ortel, J., Nopp, H. J. (1993). Bioaccumulation of cadmium, lead, copper, and zinc in successive developmental stages of *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae, Lepid) – a life-cycle study. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 25. 55-61.
- Giron, D. ve Casas, J. (2003). Lipogenesis in an adult parasitic wasp. *Journal of Insect Physiology*. 49. 141-147.
- Godfray, H. J. C. (1994). *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 488 s.
- Goyer, R. A. (1991). Toxic Effects of Metals. *Casarett and Doull's Toxicology, The Basic Science of Poisons*. (Editörler: Amdur M. O., Doull, J., Klaassen, C. D.). Pergamon Press. New York. 1032.
- Greenfield, M. D. ve Coffelt, J. A. (1983). Reproductive behaviour of the lesser waxmoth, *Achroia grisella* (Pyralidae: Galleriinae): Signalling, pair formation, male interactions, and mate guarding. *Behaviour*. 84 (3/4). 287-315.
- Gül, M. ve Gülel, A. (1995). Parasitoid *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae)'un biyolojisi ve konak larva büyüklüğünün verim ve eşey oranı üzerine etkisi. *Turkish Journal of Zoology*. 19. 231-235.
- Gündüz, N. E. A. ve Gülel, A. (2004). *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) erginlerinde konukçu türünün ve besin tipinin ömür uzunluğuna etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 28 (4). 275-282.
- Gündüz, N. E. A. ve Gülel, A. (2005). Ergin yaşı ve konukçu türünün parazitoit *Bracon hebetor* (say) (Hymenoptera: Braconidae)'un gelişme süresine etkisi. *Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 20 (2). 31-36.
- Gündüz, N. E. A., Mercan, S., Özcan, Ö. (2020). Effect of cadmium and lead on total hemocyte count of *Achroia grisella* Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae). *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 10 (1). 190-194.
- Harvey, J. A., Harvey, I. F., Thompson, D. J. (2001). Lifetime reproductive success in the solitary endoparasitoid, *Venturia canescens*. *Journal of Insect Behavior*. 14 (5). 573-593.
- Hassan, M. I., Fouda, M. A., El-Sheikh, T. M. Y., Abd-Elghaphar, A. A., Hasaballah, A. I. (2011). Electrophoretic study of ovarian protein and amino acid in the mosquito *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) as influenced by some heavy metal ions. *Egyptian Journal of Biomedical Sciences*. 36. 1-14.
- Heimpel, G. E., Antolin, M. F., Franqui, R. A., Strand, M. R., 1997. Reproductive isolation and genetic variation between two "strains" of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*. 9. 149-156.
- Heliövaara, K. ve Väisänen, R. (2018). *Insects and Pollution*, CRC Press, Boca Raton, s. 393.
- Heraty, J. (2017). Parasitoid Biodiversity and Insect Pest Management. Robert G. Foottit ve Peter H. Adler (ed.). *Insect Biodiversity: Science and Society*. (ss. 603-626). Wiley Blackwell. United Kingdom.
- Hesham, A. Y., Afify, A., Meguid, A. A., Hassan, H. M. (2011). Heat shock proteins development in different stages of *Schistocerca gregaria* as response to heavy metals intoxication. *Natural Science*. 3 (3). 218-226.

- Hogervorst, P. A. M., Wäckers, F. L., Romeis, J. (2007). Effects of honeydew sugar composition on the longevity of *Aphidius ervi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 122 (3). 223-232.
- Hunter, B. A. ve Johnson, M. S. (1982). Food chain relationships of copper and cadmium in contaminated grassland ecosystems. *Oikos*. 38 (1). 108-117.
- Ilahi, I., Yousafzai, A. M., Ali, H. (2020). Effect of Pb, Cd and Cu on survival and development of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Chemistry and Ecology*. 36 (3). 205-219.
- Ilijin, L., Peric-Mataruga, V., Radojčić, R., Lazarevic, J., Nenadovic, V., Vlahovic, M., Mrdakovic, M. (2010). Effects of cadmium on protocerebral neurosecretory neurons and fitness components in *Lymantria dispar* L. *Folia Biologica*. 58 (1-2). 91-99.
- Islam, A. ve Roy, S. (1983). Effects of CdCl₂ on the quantitative variations of carbohydrate, protein, amino acid and cholesterol in *Chrysochoris stollii* Wolf (Insecta: Hemiptera). *Current Science*. 52. 215-217.
- Işıtan, Ö. V., *Parazitoit Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae)'un Konak *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) Larvalarının Hemolenfindeki Amino Asitler Üzerine Etkisi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Samsun 2011, s. 87.
- Işıtan, Ö. V., Gülel, A., Gündüz, N. E. A. (2010). Farklı sıcaklık ve besin tipinin parazitoit *Bracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae)'un ömür uzunluğuna etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 34 (3). 351-360.
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 68. 167-82.
- Jensen, P. ve Trumble, J. T. (2003). Ecological consequences of bioavailability of metals and metalloids in insects. *Recent Research Developments in Entomology*. 4. 1-17.
- Jervis, M. A. ve Kidd, N. A. C. (1986). Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 61. 395-434.
- Jervis, M. A., Kidd, N. A. C., Walton, M. (1992). A review of methods for determining dietary range in adult parasitoids. *Entomophaga*. 37 (4). 565-574.
- Jervis, M. A., Kidd, N. A. C., Fitton, M. G., Huddleston, T., Dawah, H. A. (1993). Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. *Journal of Natural History*. 27. 67-105.
- Jervis, M. A., Ellers, J., Harvey, J. A. (2008). Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. *Annual Review of Entomology*. 53. 361-385.
- Jiang, D. ve Yan, S. (2017). Effects of Cd, Zn or Pb stress in *Populus alba berolinensis* on the development and reproduction of *Lymantria dispar*. *Ecotoxicology*. 26. 1305-1313.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. (2007). Metallerin Çevresel Etkileri-I, www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, (15.10.2016).
- Karademir, M., Toker, M. C. (1995). Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim ve Bitkilerde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi, *II.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, Ankara, 699-711.
- Karadjova, I. ve Markova, E. (2009). Metal accumulation in insects (Orthoptera, Acrididae) near a copper smelter and copper-flotation factory (Pirdop, Bulgaria). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 23. 204-207.
- Kayış, T. ve Emre, İ. (2012). Ağır metal stresinin *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin protein ve glikojen sentezine etkileri. *Ekoloji*. 21 (83). 61-67.

- Kazimirova, M., Slovak, M., Manova, A. (1997). Host-parasitoid relationship of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Proctotrupoidea: Diapriidae) under host heavy metal stress. *European Journal of Entomology*. 94 (3). 409-420.
- Kazimirova, M. ve Ortel, J. (2000). Metal accumulation by *Ceratitis capitata* (Diptera) and transfer to the parasitic wasp *Coptera occidentalis* (Hymenoptera). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 7. 1822-1830.
- Korsloot, A., Gestel, C. A. M., Straalen, N. M. (2004). *Environmental Stress and Cellular Response in Arthropods*. United States of America. CRC Press.
- Kramarz, P. ve Stark, J. D. (2003). Population level effects of cadmium and the insecticide imidacloprid to the parasitoid, *Aphidius ervi* after exposure through its host, the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris). *Biological Control*. 27. 310-314.
- Lauwerys, R. P., Bernad, A. M., Buchnet, J. R., Raels, H. H. (1993). Assessment of the health impact of environmental exposure to cadmium: Contribution of epidemiologic studies carried out in Belgium. *Environmental Research*. 62. 200-206.
- Lee, J. C., Andow, D. A., Heimpel, G. E. (2006). Influence of floral resources on sugar feeding and nutrient dynamics of a parasitoid in the field. *Ecological Entomology*. 31 (5). 470-480.
- Li, L., Xuemei, L., Yaping, G., Enbo, M. (2005). Activity of the enzymes of the antioxidative system in cadmium-treated *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acridoidae). *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 20. 412-416.
- Li, L. J., Liu, X. M., Duan, Y. H., Guo, Y. P., Cheng, B., Guo, J., Xi, Y. Y., Ma, E. B. (2006). Accumulation of cadmium and copper by female *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acridoidea) in soil-plant-insect system. *Journal of Environmental Sciences*. 18 (2). 341-346.
- Lindqvist, L. (1992). Accumulation of cadmium, copper, and zinc in five species of phytophagous insects. *Environmental Entomology*. 21(1). 160-163.
- Lindqvist, L. ve Block, M. (1997). Influence of life history and sex on metal accumulation in two beetle species (Insecta: Coleoptera). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 58. 518-522.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, V. J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*. 193. 265-275.
- 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 (1). 7.
- Lyons, A. M., Tarazona, J. V., Mothersill, C. (1996). The differential effect of cadmium exposure on the growth and survival of primary and established cells from fish and mammals. *Cell Biology and Toxicology*. 12. 29-38.
- Mahgoub, M. O, Lau, W. H., Bin Omar, D. (2015). Observations on the biology and larval instars discrimination of wax moth *Achroia grisella* F. (Pyralidae: Lepidoptera). *Journal of Entomology*. 12 (1). 1-11.
- Majumdar, T. N. ve Gupta, A. (2012). Acute and chronic toxicity of copper on aquatic insect *Chironomus ramosus* from Assam, India. *Journal of Environmental Biology*. 33. 139-142.
- Mansour, H. M, Sanad, R. E., Saad, I. A. (2010). Biological and chemical control of the lepidopterous wax moths, *Galleria mellonella* L. and *Achroia griseella* Feb. infesting bee wax in storages. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 20 (1). 55-59.

- Martoja, R., Bouquegneau, J. M., Verthe, C. (1983). Toxicological effects and storage of cadmium and mercury in an insect *Locusta migratoria* (Orthoptera). *Journal of Invertebrate Pathology*. 42. 17-32.
- Mathova, A. (1990). Biological effects biochemical alterations after long-term exposure of *Galleria mellonella* (Lepidoptera, Pyralidae) larvae to cadmium containing diet. *Acta Entomologica Bohemoslovaca*. 87. 241-248.
- McGeoch, M. A. (1998). The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*. 73. 181-201.
- Meister, A. ve Anderson, M. E. (1983). Glutathione. *Annual Review of Biochemistry*. 52. 711-760.
- Merritt, T. J. S. ve Bewick, A. J. (2017). Genetic diversity in insect metal tolerance. *Frontiers in Genetics*. 8 (172). 1-6.
- Migula, P., Laszczyca, P., Augustyniak, M., Wilczek, G., Rozpedek, K., Kafel, A., Woloszyn, M. (2004). Antioxidative defence enzymes in beetles from a metal pollution gradient. *Biologia, Bratislava*. 59 (5). 645-654.
- Mircic, D., Tomanic, M. J., Nenadovic, V., Franeta, F., Lazarevic, J. (2010). The effects of cadmium on the life history traits of *Lymantria dispar* L. *Archives of Biological Sciences*. Belgrade. 62 (4). 1013-1020.
- Mireji, P. O., Keating, J., Hassanali, A., Mbogo, C. M., Muturi, M. N., Githure, J. I., Beier, J. C. (2010). Biological cost of tolerance to heavy metals in the mosquito *Anopheles gambiae*. *Medical and Veterinary Entomology*. 24. 101-107.
- Moe, S. J., Stenseth, N. C., Smith, R. H. (2001). Effects of a toxicant on population growth rates: sublethal and delayed responses in blowfly populations. *Functional Ecology*. 15. 712-721.
- Mohammed, A. S., Kapri, A., Goel, R. (2011). Heavy metal pollution: source, impact, and remedies. In Khan M., Zaidi A., Goel R., Musarrat J. (Eds). *Bio-management of metal-contaminated soils*. 1-28.
- Mogren, C. L., Trumble, J. T. (2010). The impacts of metals and metalloids on insect behavior. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 135 (1). 1-17.
- Moreau, S. J. ve Guillot, S. (2005). Advances and prospects on biosynthesis, structures and functions of venom proteins from parasitic wasps. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 35 (11). 1209-1223.
- Nieminen, M., Nuorteva, P., Tulasi, E. (2001). The effect of metals on the mortality of *Parnassium apollo* larvae, (Lepidoptera: Papilionidae). *Journal of Insect Conservation*. 5. 1-7.
- Nijhout, H. F. (1994). *Insect Hormones*, Princeton University Press, Princeton.
- Niu, C. Y, Lei, C. L., Hu, C. (2000). Studies on a cadmium-induced metallothionein in housefly larvae, *Musca domestica*. *Entomologia Sinica*. 7 (4). 351-358.
- Nuhoğlu, Y., Malkoç, E., Gürses, A., Canpolat, N. (2002). Removal of Cu(II) from aqueous solution by *Ulothrix zonata*. *Bioresource Technology*. 85 (3). 331-333.
- Nummelin, M., Lodenius, M., Tulisalo, E., Hirvonen, H., Alanko, T. (2007). Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution. *Environmental Pollution*. 145. 339-347.
- Nurullahoğlu, Z. Ü. (2003). *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larva ve pupunun yağı asidi bileşimi. *Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*. 21. 75-78.

- Nurulloğlu, Z. Ü. ve Öztürk, R. (2006). Besinin *Achroia grisella*'nin larval ağırlığına ve üzerinde üretilen parazitoid *Pimpla turionellae*'nin erginleşmesine etkileri. *Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*. 27. 49-54.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M., Pehlivan, M.. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alınleri*. 17. 14-26.
- Olson, D. M. ve Andow, D. A. (1998). Larval crowding and adult nutrition effects on longevity and fecundity of female *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environmental Entomology*. 27 (2). 508-514.
- Olson, D. M., Fadamiro, H., Lundgren, J. G., Heimpel, G. E. (2000). Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp. *Physiological Entomology*. 25 (1). 17-26.
- Ooik, T., Rantala, M. J., Saloniemi, I. (2007). Diet-mediated effects of heavy metal pollution on growth and immune response in the geometrid moth *Epirrita autumnata*. *Environmental Pollution*. 145. 348-354.
- Ortel, J. (1991). Effects of lead and cadmium on chemical composition and total water content of the pupal parasitoid, *Pimpla turionellae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 59. 93-100.
- Ortel, J. (1995a). Changes in protein content and free amino acid composition in metal contaminated gypsy moth larvae (*Lymantria dispar* L., Lymantriidae, Lepidoptera). *Comparative Biochemistry and Physiology*. 112C. 291-298.
- Ortel, J. (1995b). Effects of metals on the total lipid content in the gypsy moth (*Lymantria dispar*, Lymantriidae, Lepid.) and its hemolymph. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 55. 216-221.
- Ortel, J. (1995c). Accumulation of Cd and Pb in successive stages of *Galleria mellonella* and metal transfer to the pupal parasitoid *Pimpla turionellae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 77. 89-97.
- Ortel, J. (1996). Metal-supplemented diets alter carbohydrate levels in tissue and hemolymph of gypsy moth larvae (*Lymantria dispar*, Lymantriidae, Lepidoptera). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 15 (7). 1171-1176.
- Ortel, J. ve Vogel W. R. (1989). Effects of lead and cadmium on oxygen consumption and life expectancy of the pupal parasitoid, *Pimpla turionellae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 52 (1). 83-88.
- Ortel, J., Gintenreiter, S., Nopp, S. (1993). The effects of host metal stress on a parasitoid in an insect/insect relationship (*Lymantria dispar* L., Lymantriidae Lepid. *Glyptapanteles liparidis* Bouche, Braconidae Hym.). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 24. 421-426.
- Pimentel, D. (1994). Insect population responses to environmental stress and pollutants. *Environmental Reviews*. 2. 1-15.
- Quicke, D. L. J. (1997). *Parasitic Wasps*, Chapman & Hall, Cambridge University Press.
- Quistad, G. B., Nguyen, Q., Bernasconi, P., Leisy, D. J. (1994). Purification and characterization of insecticidal toxins from venom glands of the parasitic wasp, *Bracon hebetor*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 24 (10). 955-961.
- Raven, J. A., Evans, M. C. W., Korb, R. E. (1999). The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O₂-evolving organisms. *Photosynthesis Research*. 60. 111-49.
- Rivero, A. ve Casas, J. (1999). Incorporating physiology into parasitoid behavioral ecology: the allocation of nutritional resources. *Researches on Population Ecology*. 41. 39-45.

- Rivers, D. B. ve Denlinger, D. L. (1995). Fecundity and development of the ectoparasitic wasp *Nasonia vitripennis* are dependent on host quality. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 76. 15-24.
- RoyChowdhury, A., Datta, R., Sarkar, D. (2018). Heavy metal pollution and remediation. *Green Chemistry*. (ss. 359-373). Amsterdam, Netherlands. Elsevier.
- Safaei, S., Fereidoni, M., Shahri, N. M., Haddad, F., Mirshamsi, O. (2014). Effects of lead on the development of *Drosophila melanogaster*. *Periodicum Biologorum*. 116 (3). 259-265.
- Sak, O., Uçkan, F., Ergin, E. (2006). Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein, and lipid contents of *Pimpla turionellae* (L.) (Hymenoptera :Ichneumonidae). *Belgian Journal of Zoology*. 136 (1). 53-58.
- Salvador, G. ve Consoli, F. L. (2008). Changes in the hemolymph and fat body metabolites of *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) parasitized by *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*. 45. 103-110.
- Sang, W., Xu, J., Bashir, M. H., Ali, S. (2018). Developmental responses of *Cryptolaemus montrouzieri* to heavy metals transferred across multi-trophic food chain. *Chemosphere*. 205. 690-697.
- Saygıdeğer, S., (1995). *Lycopersicon esculentum* L. Bitkisinin Çimlenmesi ve Gelişimi Üzerine Kurşunun Etkileri, 2. *Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, Ankara, 588-597.
- Schmidt, G. H., Ibrahim, N. M. M., Abdallah, M. D. (1991). Toxicological studies on the long-term effects of heavy metal (Hg, Cd, Pb) in soil on the development of *Aiolopus thalassinus* (Fabr.) (Saltatoria: Acrididae). *The Science of the Total Environment*. 107. 109-133.
- Shin, B. S., Choi, R. N., Lee, C. U. (2001). Effects of cadmium on total lipid content and fatty acids of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Korean Journal of Ecology*. 24 (6). 349-352.
- Shu, Y., Zhou, J., Tang, W., Lu, K., Zhou, Q., Zhang, G. (2009). Molecular characterization and expression pattern of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) vitellogenin, and its response to lead stress. *Journal of Insect Physiology*. 55. 608-616.
- Singh, D. ve Bhupinderjit, K. H. (2017) Effect of cadmium chloride on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and its importance to postmortem interval estimate. *Journal of Forensic Sciences and Criminal Investigation*. 3 (5). 1-6.
- Sivapalan, P. ve Gnanaprasadam, N. C. (1980). Influence of copper on the development and adult emergence of *Homona coffearia* (Lepidoptera: Tortricidae) reared in vitro. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 28 (1). 59-63.
- Stork, N. E. (2018). How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on earth?. *Annual Review of Entomology*. 63. 31-45.
- Su, H. H., Yang, Y., Qian, Y. Y., Ye, Z. B., Chen, Y. Q., Yang, Y. Z. (2018). Effects of lead stress on Vg expression in the beet armyworm over five successive generations. *Journal of Integrative Agriculture*. 18 (1). 134-142.
- Suganya, M., Karthi, S., Shivakumar, M. S. (2016). Effect of cadmium and lead exposure on tissue specific antioxidant response in *Spodoptera litura*. *Free Radicals and Antioxidants*. 6 (1). 90-100.
- Sun, N. V. ve Spitzer, K. (1993). Isolated populations of the winter moth *Operophtera brumata* (Lepidoptera: Geometridae), their heavy metal content and parasitism. *European Journal of Entomology*. 90. 311-321.

- Sun, H. X., Dang, Z., Xia, Q., Tang, W. C., Zhang, G. R. (2011). The effect of dietary nickel on the immune responses of *Spodoptera litura* Fabricius larvae. *Journal of Insect Physiology*. 57. 954-961.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*. 101. 133-164.
- Thompson, S. N. (1986). Effect of the insect parasite *Hyposuter exiguae* (Viereck) on the carbohydrate metabolism of its host, *Trichoplusia ni* (Hubner). *Journal of Insect Physiology*. 32 (4). 287-293.
- Tyler, G., Balsberg, A. M., Bengtsson, G., Bååth, E., Tranvik, L. (1989). Heavy-metal ecology of terrestrial plants, microorganisms and invertebrates. *Water, Air, and Soil Pollution*. 47 (3). 189-215.
- Ueno, T. (1999). Reproduction and host-feeding in the solitary parasitoid wasp *Pimpla nipponica* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Invertebrate Reproduction and Development*. 35 (3). 231-237.
- Van Handel, E. (1985a). Rapid determination of glycogen and sugars in mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 1. 299-301.
- Van Handel, E. (1985b). Rapid determination of total lipids in mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 1. 302-304.
- Van Handel, E. ve Day, J. F. (1988). Assay of lipids, glycogen and sugars in individual mosquitoes: Correlations with wing length in field-collected *Aedes vexans*. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 4. 549-550.
- Vardhan, K. H., Kumar, P. S., Panda, R. C. (2019). A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*. 290. 1-22.
- Vinson, S. B. ve Iwantsch, G. F. (1980). Host regulation by insect parasitoids. *The Quarterly Review of Biology*. 55 (2). 143-165.
- Wang, H., Li, K., Zhu, J. Y., Fang, Q., Ye, G. Y. (2012). Cloning and expression pattern of heat shock protein genes from the endoparasitoid wasp, *Pteromalus puparum* in response to environmental stresses. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 79 (4-5). 247-263.
- Wilczek, G. Z., Babczynska, A., Augustyniak, M., Migula, P. (2004). Relations between metals (Zn, Pb, Cd and Cu) and glutathione-dependent detoxifying enzymes in spiders from a heavy metal pollution gradient. *Environmental Pollution*. 132. 453-461.
- Wu, G. X., Ye, G. Y., Hu, C., Cheng, J. A. (2006). Accumulation of cadmium and its effects on growth, development and hemolymph biochemical compositions in *Boettcherisca peregrina* larvae (Diptera: Sarcophagidae). *Insect Science*. 13. 31-39.
- Xie, G., Zou, J., Zhao, L., Wu, M., Wang, S., Zhang, F., Tang, B. (2014). Inhibitional effects of metal Zn²⁺ on the reproduction of *Aphis medicaginis* and its predation by *Harmonia axyridis*. *Plos One*. 9 (2). e87639.
- Ye, G. Y., Dong, S. Z., Dong, H., Hu, C., Shen, Z. C., Cheng, J. A. (2009). Effects of host (*Boettcherisca peregrina*) copper exposure on development, reproduction and vitellogenesis of the ectoparasitic wasp, *Nasonia vitripennis*. *Insect Science*. 16. 43-50.
- Yılmaz, Y., *Ağır Metallerin Achroia grisella (Fabricius, 1794) (Pyralidae: Lepidoptera) Larvalarının Bazı Biyokimyasal Özelliklerine Etkileri*, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Samsun 2019, s. 29.

- Yoshikawa, H. S. (1982). *Interaction of Metals and Metallothionein*, Elsevier/North-Holland, New York Amsterdam Oxford, 11-23.
- Zelenayora, E. (1986). *Scotia segetum* (Lepidoptera, Noctuidae) oogenesis affected by copper ions added to semisynthetic diet of larvae. *Biologia*. 41. 563-577.
- Zhang, Y., Lambiase, S., Fasola, M., Gandini, C., Grigolo, A., Laudani, U. (2001). Mortality and tissue damage by heavy metal contamination in the German cockroach, *Blattella germanica* (Blattaria, Blattellidae). *Italian Journal of Zoology*. 68. 137-145
- Zhang, Z. W., Lu, X. G., Wang, Q. C., Zheng, D. M. (2009). Mercury, cadmium and lead biogeochemistry in the soil-plant-insect system in Huludao City. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 83. 255-259.
- Zhuang, P., Zou, H., Shu, W. (2009). Biotransfer of heavy metals along a soil-plant-insect-chicken food chain: Field study. *Journal of Environmental Sciences*. 21. 849-853.



ÖZ GEÇMİŞ

Fotoğraf

Nuran KORKMAZ BOZ. Ondokuzmayıs Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuzmayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nden 2008 yılında mezun oldu. 2011 yılında OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Genel Biyoloji Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programını bitirdi. Mezuniyetinden bu yana Biyoloji Öğretmeni olarak görev yapan Nuran KORKMAZ BOZ, orta derecede İngilizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

Email :

Telefon :

ORCID ID: 0000-0001-8216-3097

Yayınlanmış Çalışmalar:

1. Boz, N. K. ve Gündüz, N. E. A. (2016). Sıcaklık ve konukçu tipinin entomopatojenik nematod *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1975) (Nematoda: Heterorhabditidae)'nın gelişimine etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 31: 25-32.