

**TALYUMUN *LUCILIA SERICATA* MEIGEN 1826’NİN LARVAL GELİŞİMİ VE PMI
TAHMİNİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ferhat ALTUNSOY¹, Arif Gökhan BAŞARAN¹

ÖZ

Calliphoridae larvalarının adli analizlerle yaşlarının ve larval büyüme oranlarının belirlenmesi adli incelemelerde minimum ölüm zamanının ve ölüm sonrasında geçen sürenin ölüm sonrası zamanın belirlenmesinde kullanışlı delillerdir. Ancak sıcaklık, larvaların beslendiği doku tipi ve dokuların ilaç veya toksinlerle kontamine olması gibi birçok faktör yapışkan sinek larvalarının gelişimini dolayısıyla ölüm sonrası zamanın tahminini etkilemektedir. Bu çalışmada adli açıdan son derece önemli olan yapışkan sinek türü olan *Lucilia sericata* Meigen 1826’nın toksik ağır metal olan Talyumun farklı konsantrasyonlarındaki (0,12; 0,25; 0,50; 1 and 2 µg/g) gelişimi kontrol altındaki laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Larvaların boy, ağırlık değişimi ile larval ve pupal ölüm oranları kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda, kontrol grubu ile deney gruplarının gelişimleri arasında önemli ölçüde farkların olduğu belirlenmiştir. Kısaca, kontrol grubuna oranla, daha geç deri değiştirdikleri, maksimum uzunluğa daha geç ulaştıkları ve dozaja bağlı olarak oldukça küçük pupa oluşturdıkları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, adli çalışmalarda, standart besi ortamında yetiştirilen larval örneklerin gelişim süreleri kullanıldığında, adli araştırmacının dokulardaki kontaminasyonu belirlemesinin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ölüm sonrası zamanın tahmini, Adli entomoloji, Entomotoxicology, Larval gelişim oranı, *Lucilia sericata*, Yapışkan sinek.

**EFFECTS OF THALLIUM ON THE LARVAL DEVELOPMENT OF *LUCILIA
SERICATA* MEIGEN 1826 AND PMI ESTIMATION**

ABSTRACT

Determination of larval growth rate of and forensic analysis of the age of Calliphoridae larvae on a corpse are useful evidence in legal investigations for the estimation of exact death time and time duration after death; post mortem interval. However many factors, such as temperature, tissue type and contamination of drugs and toxins, effect larval development of blow fly larvae and consequently the estimation of post mortem interval. The present study examined the larval growth rate of a forensically important blow fly species, *Lucilia sericata* Meigen 1826 in different concentrations (0,12; 0,25; 0,50; 1 and 2 µg/g) of toxic heavy metal Thallium under controlled laboratory conditions. Body length and weight, death ratio of larvae and pupa between experimental and control groups were compared. Results demonstrated that the development rate of larvae between uncontaminated and contaminated diets varies significantly. In short, they molted later, reached maximum length more slowly and sometimes produced significantly smaller pupae in contaminated food source. These results emphasized that the importance of determining the contamination rate of toxins in tissue for the forensic entomologist, while using development rates from standard curves based on larvae fed non-contaminated mediums.

Keywords: Estimation of post mortem interval, Forensic Entomology, Entomotoxicology, Larval Growth Rate, *Lucilia sericata*, Blow fly.

¹Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü 26470 ESKİŞEHİR.

1. GİRİŞ

Adli entomoloji, insan cesetleriyle ilişkili olan böceklerin ve diğer arthropodların gelişim süreçleri gibi bilgilerinin kullanılarak, kriminal araştırmalarda, ölüm süreci ve ölümlerin sebepleriyle ilgili çalışmalarda yararlı bilgiler elde edilmesinde kullanılan adli bilim dalıdır. (Von Zuben, 1996; 2001; Keh, 1985; Smith, 1986). Ülkemizde son yıllarda adli entomoloji alanındaki çalışmalar hızla ilerlemektedir (Açıkgöz, 2002; Hancı ve ark. 2002; Özdemir ve Sert, 2009; Sabanoğlu ve Sert, 2010).

Adli bir çalışma sırasında cevaplanması istenilen ilk ve en önemli soru ölüm zamanının belirlenmesidir. Böcek türlerinin gelişim sürelerinin tespiti ölüm sonrasında geçen zamanın belirlenmesinde rol oynar. Ancak ölümden sonra geçen zamanın tahmini için delil olabilecek türlerin habitat tercihleri ve biyolojileri hakkında yeterli bilgiye sahip olmak gerekir (Oliveria-Costa, 2003; Von Zuben, 2001).

Böcekler genelde ölüm sonrasında cesede ulaşan ilk organizmalardır ve tahmin edilebilir sırayla kolonize olurlar. Calliphoridae türleri genellikle ölümden birkaç dakika sonra cesede ulaşan ilk böcek türleri arasındadırlar. Bu aileye bağlı türlerden biri olan *Lucilia sericata* Meigen 1826 ise kozmopolit bir yayılış gösterir ve adli açıdan büyük öneme sahip olan türlerden birisidir. Birçok çalışmada ölüm zamanı tahmini veya olay yerinin belirlenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılabilen türdür (Byrd ve Castner, 2010).

Çürümüş dokularda beslenen böceklerin gelişimleri ve dolayısıyla PMI tahmini birçok faktörden etkilenmektedir, bunların arasında sıcaklık (Donovan ve ark. 2006; Kamal, 1958), cesetin konumu ve durumu (Archer ve ark. 2005; VanLaerhoven ve Anderson, 1999), larvaların beslendiği dokular (Clark, 2006) ve larval yoğunluk (İreland ve Turner, 2006) sayılabilir. Daha da önemlisi böceklerin beslendiği dokularda toksik maddelerin bulunması gelişimlerini doğrudan etkileyerek, ölümden sonra geçen zaman normalden daha uzun veya daha kısa hesaplanmasına neden olabilecektir. Geçmişte yapılan bazı çalışmalarda morfin (Bourel ve ark. 1996; 1999), kodein (Kharbouche ve ark. 2008), diazepam (Carvalho ve ark. 2001) eroin (Goff ve ark. 1991), metamfetamin (Goff ve ark. 1997), kokain (Goff ve ark. 1989), parasetamol (O'Brien ve Turner, 2004) gibi uyuşturucu madde ve ilaçların larval gelişim üzerine etkileri ile bakır, civa, demir, kadmiyum v.b. ağır metallerin (Altunsoy ve ark.

2010) larval gelişim üzerinde inhibe edici etkileri araştırılmıştır.

Birçok araştırmacı ağır metallerin larval gelişim üzerindeki etkilerini farklı böcek gruplarında araştırmışlardır (Nuorteva, 1977; Nuorteva ve Nuorteva, 1982; Rayms-Keller ve ark. 1998; Oehmichen ve ark. 2001 ve Ramsland, 2008). Ancak ağır metallerin adli açıdan önemli böcek türlerinin gelişimi ve ölüm zamanı tahmini üzerine etkilerini konu alan çok az çalışma bulunmaktadır (Nuorteva, 1977; Nuorteva ve Nuorteva, 1982; Altunsoy ve ark. 2010). Diğer taraftan talyumun böceklerin gelişimi üzerine etkilerini konu alan bir araştırma bulunmamaktadır.

Ceset dokularındaki ağır metallerin varlığı ve larval beslenme sürecinde akümüasyonu, ölümden sonra geçen zaman tahmininin temelini oluşturan gelişim oranını etkilemektedir. Çevrede doğal olarak bulunan Cd, Hg, Pb (çalışılan ağır metaller) gibi ağır metaller doğada yoğun bir şekilde bulunurken ekotoksikolojik açıdan ağır metaller kıyaslandığında canlı yaşamı üzerinde yüksek toksik etkisi bulunan talyum, ekonomik açıdan daha az öneme sahip olmasından dolayı Cd, Hg, Pb gibi diğer toksik elementlere oranla daha az çalışma konusu olmuştur. Ancak talyum optik lens üretiminde, düşük sıcaklık termometrelerin üretiminde, imitasyon mücevher pigmentlerinin üretiminde, yasak olmasına karşılık birçok ülkede hala rodensitik ve insektisit olarak v.b. gibi birçok alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Peter ve Viraraghavan, 2005; Galvan-Arzate ve Santamaria, 1998) ve talyum kaynaklı birçok ölüm vakası literatürde bildirilmiştir (Sadlik, 1997 ve Emsley, 2005).

Canlı hücreler için esansiyel olan Potasyum iyonu ile hemen hemen aynı büyüklükte olan pozitif yüklü talyum iyonu, vücut tarafından diğer ağır metallere göre daha kolay kabul edilir. Talyum, potasyumu çok etkili biçimde taklit edebilir, bu sayede vücudun bütün bölümlerinde yerini alabilir, fakat en çok merkezi sinir sistemine zarar verir ve işlev bozukluğunun başlamasına sebep olur. Bir yetişkin için ölümcül doz bir çay kaşığının dörtte birinden daha az olan 800 mg civarındadır, öte yandan 500 mg'lık dozda talyum tuzları medikal açıdan mantar hastalığının ön tedavisinde reçete olarak sunulmaktadır. Yalnız bütün saçların yok olmasıyla mantarın tamamıyla ortadan kaldırıldığı düşünülebilir. Saç kaybının on gün ve sonrasında gerçekleşmesi beklenir, fakat böyle bir saç dökülmesi bugün şahsın ölümcül doza yakın talyum zehir-

lenmesinden etkilenmesinin göstergesi olarak kabul edilir.

Bu çalışma diğer ağır metallere oranla daha yüksek toksik etkiye sahip talyumun, cesetlerle doğrudan ilişkili olan *Lucilia sericata*'nın larval gelişimi ve bu tür kullanılarak yapılacak minimum ölüm süresinin tahmini üzerine etkilerini konu almaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yumurtlamak üzere olan ergin bireyler Eskişehir çevresi, Yarımcı Köyü'nde (39° 53' N, 30° 37' E) (1171 m) bulunan *Sus scrofa* (Yaban Domuzu) üzerinden ergin bireyler atrap, larval örnekler ise pens ile toplanarak laboratuara getirilmiştir.

Ergin bireyler özel sinek kafesleri içerisinde (50 cm X 50 cm X 50 cm) 18–25 °C ve % 60–70 nemde 14 saat aydınlık 10 saat karanlık periyodu uygulanarak yetiştirilmiştir. Her yetiştirme kabında % 5'lik şeker-su karışımı ve dönemlik olarak değiştirilen rat leşleri bulunmaktadır.

Clark ve ark. (2006) akciğerde beslenen Calliphorid larvalarının gelişimlerinin daha hızlı olduğunu, larval ve pupal ölüm oranının ise diğer dokulara oranla daha düşük olduğunu rapor etmiştir. Bu nedenle bu çalışmada kontrol ve çalışma gruplarında sığır akciğeri kullanılmıştır. Deney grupları için 90 gr akciğer, 10 ml distile su ve çeşitli konsantrasyonlarda (0 mg/gr, 0,12 mg/gr, 0,25 mg/gr, 0,50 mg/gr, 1 mg/g ve 2 mg/gr) talyum asetat homojenize edilerek petri kaplarına alınmıştır. Talyumun asetat ve klorlu bileşiklerinin suda çözünürlükleri çok daha yüksektir, ayrıca toksisitesi de diğer bileşiklerine oranla daha fazladır. Diğer taraftan tıbbi amaçlı ve diğer kullanım alanlarında da talyumun asetat veya klorlu bileşikleri kullanılmaktadır. Tüm bu nedenler göz önüne alınarak bu çalışmada da talyum asetat kullanılmıştır.

Yeni açılmış yumurtalardan birinci dönem evresindeki 30 adet larva bu besi yerlerine alınmıştır. Daha sonra bu petri tabanında yaklaşık 5 cm derinliğinde toprak tabakası bulunan büyük cam akvaryumlar içine alınarak, 20–25 °C ve % 70-80 nemde 14 saat aydınlık 10 saat karanlık periyodu uygulanarak, ergin bireyler pupadan çıkıncaya kadar iklimlendirme kabinlerinde yetiştirilmiştir. Toplamda 30 petri kabı ile her deney konsantrasyonu için 5 kez olmak üzere tekrar uygulanarak sonuçların ortalaması alınmıştır. Nem ve sıcaklık ölçümleri Oregon marka hava tahmin cihazıyla yapılarak Max. Min. ve Ortalama değerlerin kayıtları tu-

lumuştur. Nem dengesinin sağlanması amacıyla yetiştirme kaplarının tabanındaki toprak günlük olarak 5 ml distile su ile ıslatılmıştır.

Her 12 saatte bir larvaların ağırlıkları ve boyları ölçülmüş, gelişim evreleri (birinci, ikinci ve üçüncü dönem, beslenme sonrası, pupa ergin) ve bu evrelere ulaşmak için geçirdikleri süreler tespit edilmiştir. Her gün düzenli olarak kaynar suya atılarak öldürülen bir larvanın fotoğrafı Leica araştırma mikroskopunda çekilmiş ve %75: 25 etil alkol- asetik asit karışımı içine alınarak saklanmıştır.

Larvaların boyu, ağırlıkları, solunum sifonu ve ağız parçalarının uzunlukları ölçülerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu ölçümler, kontrolde yetiştirilen ve araziden toplanan örneklerle kıyaslanarak farklar göz önüne alınarak gelişim üzerine talyum etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Gelişim evreleri denetiminde kontrol noktaları olarak göz önünde bulundurulmuş morfolojik karakterleri esas alınarak direk etkiler göz önünde bulundurulmuştur. 12 saatte bir yapılan ölçümler ile hayat devrelerinin denk geldiği biriktirilmiş derece saat (BDS) ölçümleri ile toplamda 16 ölçüm değeri şekil ve tablolar ile yansıtılmıştır.

Yetiştirilen örneklerin larval, pupal ve ergin ölüm oranları belirlenmiş ve kayıtları tutulmuştur. Pupadan çıkan ergin bireyler – 20 ° C'de dondurularak öldürülmüş, dişi-erkek cinsiyet oranları belirlenmiş, kanatlarındaki cm-du çapraz damar uzunlukları binoküler mikroskopta ölçülmüştür (Smith ve Wall, 1997). Bu ölçümler arazide yakalanmış doğal bireyler ile karşılaştırılmıştır.

Elde edilen tüm veriler SPSS istatistik programına yerleştirilmiş ve Anderson-Darling testi uygulanarak normalleştirilmiştir (Clark ve ark. 2006). Bu işlem verilerin analiz edilebilir ve karşılaştırılabilir olması için yapılmaktadır. Gruplar arasındaki boy ve zaman farkları değerlendirilerek değişkenler arasında çoklu analizler yapılmıştır. Tek yönlü Anova testi kullanılarak toksik maddelerin larval gelişim üzerine etkileri belirlenmiştir. Duncan testi ile de gruplar arası farklılıklar tespit edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yetişkin bir birey için ölümcül doz olan 800 mg talyum alındığı zaman karaciğer, dalak ve beyin gibi dokularda yaklaşık olarak 1-1,5 mg/g'lık birikimlerin gözlemlendiği tespit edilmiştir (Lenore ve ark. 2008). Dolayısıyla bu çalışmada

bu konsantrasyonların üstü ve altındaki değerler kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda 1 ve 2 mg/g'lık konsantrasyonların *Lucilia sericata* larvaları için ölümcül olduğu görülmüştür. Bu besiyerlerinde yetiştirilen larvaların tamamı 1. deri değiştirme döneminde ölmüştür (Şekil 1).

Bu değerler daha önce Altunsoy ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada kullanılan kadmiyum ile benzer sonuçları göstermiştir. Ancak talyumun bu çalışmada kullanılan kadmiyum, demir ve civadan daha yüksek toksik etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Diğer taraftan talyumun gelişimi inhibe edici etkisi de açık bir şekilde görülmektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında artan talyum konsantrasyonuna bağlı olarak gelişim süresinde uzamaların gerçekleştiği görülmektedir. Kontrol ile 0,012 0,025 ve 0,05'lik konsantrasyonlar arasında gelişim süresi açısından sırasıyla, 160, 480 ve 800 BDS'lik fark tespit edilmiştir (Şekil 1. ve Tablo 1). Larval ve pupal ölüm oranları ise daha yüksek elde edilmiştir. (Kontrol grubu oranı %2 iken, sırasıyla %9, %18 ve %27). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda talyum konsantrasyonuna bağlı gelişim süresindeki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir ($F= 61.3$, $df = 2$, $p<0.05$). Dolayısıyla toksik ağır metal olan talyumun dokulardaki konsantrasyonundaki artışla doğru orantılı olarak larval gelişim süresinin uzadığı görülmektedir. Bu değerler düşük sıcaklıklarda daha yüksek rakamlara ulaşacağından adli bir vakanın değerlendirilmesinde büyük öneme sahip olacağı rahatlıkla söylenebilir. Bunların aksine erginlerin ebatlarında çok fazla bir değişiklik gözlenmemiştir. Dolayısıyla larvaların beslediği dokularda talyum konsantrasyonunun ergin boyutlarına istatistiki açıdan önemli bir etki göstermemiştir ($F= 168.7$, $df =2$, $p<0.05$).

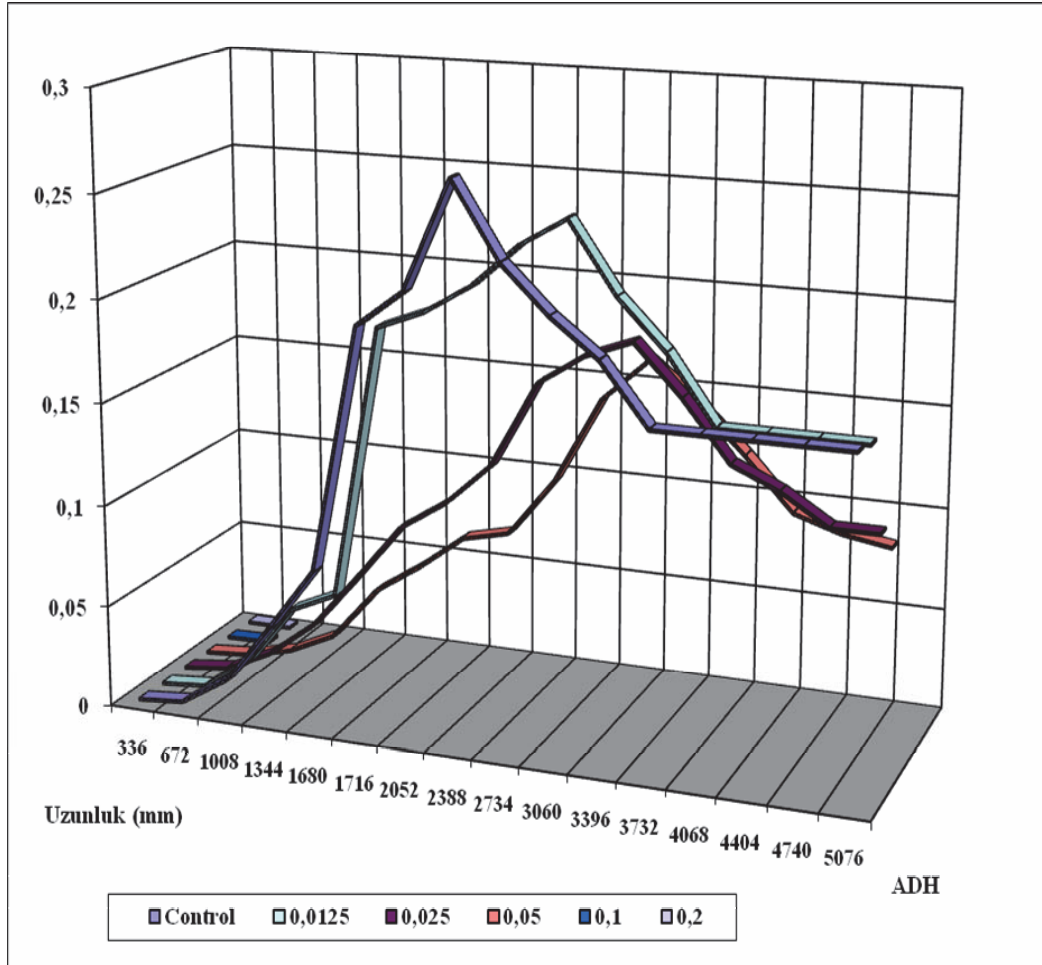
Altunsoy ve ark. (2010) ve Nourteva and Nourteva (1982) tarafından da rapor edildiği gibi ağır metallere bağlı ölümlerde veya ağır metal birikimi olan dokularda larval gelişimin kullanılarak ölüm zamanı tahmini yapılması sırasında, dokularda hangi ağır metallerin biriktiğinin ve konsantrasyonun belirlenmesi çalışmanın sağlıklı yürütülmesi açısından son derece önemlidir.

Böceklerde metal ve ilaçların biriktiğini gösteren öncü çalışmaların ardından, gerçek anlamda entomotoksikolojinin adli bilimlerde bir bilim dalı olarak gelişmeye başlaması, ölüm zamanı ve ölüm nedeninin belirlenmesinde Dip-

tera takımına ait türlerden yararlanılması ve ilaçların bu türlerin üzerine olan etkileri ile ilgili araştırmaların son on yılda yoğunlaştığı görülmektedir. İlaç ve bağımlılık yapan maddelerin böcek türlerindeki metabolizmalarıyla ilgili bilgilerin artmasıyla, ölüm olgularının aydınlatılmasında entomotoksikolojik verilerin önemi de yadsınamaz şekilde artacaktır. Ölüm sonrası geçen zaman, cinayetlerin ve diğer zamansız ölümlerin aydınlatılmasında, suçlu ve kurbanın belirlenmesine yardım edebildiği gibi belirli zaman diliminde kaybolduğu rapor edilen bireyler ile şüphelilerin bağlantısı olup olmadığını belirlemede yardımcı olur. Ölüm doğal sebeplerle gerçekleştiği zaman bile ölüm zamanının belirlenmesi miras ve sigorta gibi yasal konular için önemlidir.

Araştırmacı delil olabilecek bir böceğin biyolojisi, gelişim zamanı ve bunların sıcaklık veya diğer faktörlerden nasıl etkilendiği hakkında yeterli bilgiye sahipse, toplanan örneğin yumurta evresinden toplandığı zamana kadar geçen süreyi geri hesaplama yöntemi ile belirleyebilir. Tekniğin kullanımı örneğin doğru olarak teşhisine, böceğin gelişimi sırasında maruz kaldığı çevresel koşulların doğru olarak belirlenmesine ve hesaplama sırasında kullanılacak önceden yapılmış çalışmalardan veya örneklerin yetiştirilmesinden elde edilecek deneysel verilere bağlıdır. Hesaplanan değer minimum ölüm zamanı olarak isimlendirilir. Çünkü toplanan örneğin gelişimin belirli aşamalarına gelmesi için minimum bu süreyi tamamlaması gerekir.

Bir cesetteki ölüm sonrası değişimler birçok etkene bağlıdır (Micozzi, 1991) ve ölüm zamanının belirlenmesi son derece zor olabilmektedir (Bass, 1984). Açık bir şekilde ölümden sonra meydana gelebilecek herhangi bir fiziksel veya biyolojik değişim potansiyel olarak bu konuda yararlı bir ipucu sağlar. İlk olarak, ölümden sonra tahmin edilebilen fiziksel ve kimyasal değişimler genellikle ölüm zamanının belirlenmesinde en güvenilir indikatörleridir (Henssge ve ark. 1995). Fakat, ölümden sonra geçen süre arttıkça, bu yöntemlerden yeterli veriler elde edilemez ve daha doğru sonuçlar sıklıkla ekolojik bilgilerin kullanılmasıyla elde edilir. Çürüyen bir ceset, bulunduğu bir bölgedeki türlerin hem davranışını hem de kompozisyonunu değiştirebilir. Bir kadavra çok çeşitli leş yiyen omurgalı ve omurgasız hayvanları kendisine çeker (Putman, 1983), aynı zamanda çürüme sonucu toprağın altındaki flora ve faunayı düzenler (Bornemissza, 1957).



Şekil 1. *L. sericata*'nın talyum içeren besi yerinde gelişimi (Ağırlık-BDS)

Tablo 1. *L. sericata*'nın talyum içeren besi yerinde gelişimi (Ağırlık-BDS)

BDS	Kontrol	0,0012	0,0025	0,0050	0,0100	0,0200
336	0.0021	0.0021	0.0018	0.0017	0.0019	0.0017
672	0.0041	0.0045	0.0045	0.0037	0.0048	0.0037
1008	0.0181	0.0192	0.0152	0.0195	-	-
1344	0.0477	0.0527	0.0595	0.0486	-	-
1680	0.0785	0.0815	0.0875	0.0589	-	-
1716	0.1974	0.1874	0.1629	0.1912	-	-
2052	0.2152	0.2098	0.1235	0.1995	-	-
2388	0.2685	0.2285	0.1487	0.2165	-	-
2734	0.2321	0.2399	0.1655	0.2395	-	-
3060	0.2099	0.2556	0.1854	0.1922	-	-
3396	0.1923	0.2435	0.1976	0.1893	-	-
3732	0.1731	0.1873	0.1922	0.1808	-	-
4068	0.1631	0.1742	0.1835	0.1759	-	-
4404	0.1631	0.1663	0.1712	0.1621	-	-
4740	0.1631	0.1663	0.1645	0.1575	-	-
5076	0.1631	0.1663	0.1605	0.1537	-	-

Bir ceset üzerinde gözlenmiş gelişmekte olan bir böceğin tahmin edilen yaşı ölümden sonra geçen minimum zaman değerini vermektedir. Çünkü çok nadir istisnalar dışında ergin dişiler yavrularını canlı bir konak üzerine bırakmazlar. En uygun şartlarda bile bu gibi bir yaklaşımla ölümden sonra geçen maksimum süreyi tahmin edemeyiz, çünkü ölümden sonra erginlerin yumurtlama veya larva bırakması için ortam koşullarına bağlı olarak belirli bir zaman periyodu geçmesi gerekir. Bu süre ortam koşullarına ve böcek türüne bağlı olarak bir günden az veya bir aydan fazla olabilmektedir (Byrd ve Castner, 2010).

Ölüm zamanı tahmininde kullanılabilir diğer bir yöntem ceset üzerinde veya içinde bulunan arthropodların birbirini izlemesidir (Schoenly ve Reid, 1987). Larval gelişimin modelinin aksine, birbirini izleme modeli ölüm ile özel bir arthropod türünün ve evresinin görünmesi arasındaki geçen zaman hakkında da bilgi verir. Böylelikle, hem minimum hem de maksimum ölüm zamanının tahmin edilmesinde kullanılabilir (Schoenly ve ark. 1992). En basit birbirini izleme modelinde, araştırmacı hem larvanın yaşını hem de ölüm ile böceğin cesette ortaya çıkışı arasındaki süreci tahmin ettiğinde kullanılabilir. Birbirini izleme verileri 52 güne kadar olan bir ölüm zamanının tam olarak hesaplanmasında kullanılmıştır (Schoenly ve ark. 1996) ve daha uzun süreçlerde de uygulanabilir olduğu görülmektedir.

Toksik etkiye sahip ağır metallerin entomolojik kanıtlar üzerindeki birikimi ile ilgili çok sayıda araştırmaya literatürde rastlamak mümkündür (Nuorteva ve Nuorteva, 1982; Sadler ve ark. 1995; 1997; Tracqui, 2004; Ooik ve ark. 2007; Altunsoy ve ark. 2010). Diğer taraftan adli açıdan önemli böcek türlerinin larval gelişimini etkileyebileceği düşünülen sıcaklık dalgalanmaları ya da düşük sıcaklıklar, larval göçü etkileyebilecek faktörler, nem değişimleri ve bazı ilaçlar veya uyuşturucular gibi faktörler üzerine yapılmış çok sayıda çalışmaya literatürde rastlamak mümkündür (Goff ve ark. 1989; 1991; 1997; Grassberger ve Reiter, 2001; Donovan ve ark., 2001; Ames ve Tuner, 2003; Clark ve ark. 2006; Donnah ve ark. 2006; Richairds, 2007; Arnott ve Tuner, 2008). Ancak daha öncede belirtildiği gibi bu tip toksik maddelerin ve ilaçların biriktiği dokularda, böceklerin gelişiminin minimum ölüm zamanının tahmininin nasıl etkilendiğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Talyumun larval gelişime ve ölümden sonra geçen sürenin tahminine etkilerinin araştırılmasını hedefleyerek yürütülen bu çalışmanın

sonuçlarına göre toksik ağır metallerin biriktiği dokularda gelişen larvaların doğal gelişimlerinden önemli ölçüde sapmalar gösterdiği görülmektedir. Eğer bu larvaların doğal gelişimleri temel alınarak larval yaşa bağlı ölüm zamanı tahmini yapılırsa önemli derecede hatalar meydana gelebilecektir.

Toksik maddeler larvaların gelişimleri üzerinde hızlandırıcı veya yavaşlatıcı etkiler gösterebilmektedir (Altunsoy ve ark. 2010). Bu nedenle ölüm zamanı tahmininin şüphelenilen vakalarda toksikolojik analiz yapılmadan hesaplanması yanlış sonuçlara neden olabilir. Ölüm sonrası vücutta gelişen çürüme sonucunda adli araştırma amacıyla kullanılan, kan, idrar, iç organlar gibi geleneksel toksikolojik kaynakları değerlendirmenin olanaksız olduğu durumlarda, böcekler üzerinden toksikolojik analizlerin yapılmaması eroin ve kokain kullanımı ile intihar, cinayet, kasıtlı veya kazayla ilaç alınmasına bağlı ölümlerde, ölüm nedeni olan toksik maddenin tanımlanması ve doğrulanmasını olumsuz yönde etkileyerek hata yapılmasına neden olabilir (Aktay ve ark. 2003; Fedakar, 2003; Battal ve ark. 2004; Bağrıaçık, 2007).

Clark ve arkadaşları (2006) tarafından larvaların beslendiği doku tipinin gelişim ve ölümden sonra geçen sürenin tahmininde önemli derecede etkili olduğu rapor edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda akciğer üzerinde beslenen larvaların gelişimlerinin daha hızlı olduğu ölüm oranlarının % 0,05-% 1 gibi çok düşük değerlerde olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada da sığır akciğeri kullanılmıştır. Kontrol grupları larval ve pupal ölüm oranının % 1,5'in altında kaldığı gözlemlenmiştir. Ancak kullanılacak, akciğerin taze olmasının sonuçların sağlıklı olması açısından önemli olduğu görülmüştür.

Kontrol grupları ile ilaçlarla kontamine olmuş dokularla beslenen larvalar arasında gelişim süresi, boy, ağırlık ve ölüm oranlarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bu sonuçlara ve Altunsoy ve ark. (2010) tarafından verilen rapora bakılarak, genel olarak ağır metallerin gelişim üzerine olumsuz etkisi olduğu söylenebilir. Diğer taraftan beslenme sonrası larvaların, pupaların ve ergin bireylerin ağırlıkları değerlendirildiğinde kontrol ve deney grupları arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar toksik maddelerin larvalar üzerinde önemli ölçüde birikim gösterdiğini ve eliminasyonunun çok az olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar Nuorteva ve Nuorteva (1982) tarafından civa ve demir için rapor edilmiştir.

Günümüzde hızla artan sanayileşme, tarımsal ilaçların kullanımı ve insan faaliyetleri sonucunda doğal çevre hızla kirlenmektedir. Bunun sonucu olarak burada incelenen talyum gibi toksik maddeler doğadan ve vücuttan atılamadığı için hayvan ve insan dokularında artan bir şekilde birikmektedir.

Sonuç olarak adli vakalarda kurbanın dokularında da ağır metal kirliliği olma olasılığı çok yüksektir. Eğer ceset üzerinden toplanan örneklerle bu durum göze alınmadan ölüm zamanı tespit edilirse adli vakanın ciddi bir yanlışla sonuçlanmasına neden olabilecektir. Bu nedenle yaş tayini yapılmadan önce gelişimi etkileyecek toksik madde ve ilaçların birikiminin belirlenmesi ciddi bir önem arz etmektedir.

Açık bir şekilde görülmektedir ki dokularda toksik maddelerin birikimi larvaların büyüklüğü ve gelişimi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Ayrıca bu etkinin toksik maddelerin konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Adli çalışmalarda yapılacak en küçük hata geri dönüşü olmayan sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle lavaların ağırlığı ya da uzunluğundan yararlanılarak 'biriktirilmiş derece saat' tekniği ile ölüm zamanı tahmini yapılırken gelişimi etkileyecek faktörlerin ve etkilerinin ne olabileceği mutlaka tespit edilmelidir. Bu çalışmada doğada yaygın olarak bulunan talyum ağır metalinin beş farklı konsantrasyonunda *Lucilia sericata*'nın gelişimi tespit edilmiştir. Benzer çalışmaların diğer türlerde ve farklı konsantrasyonlarda da gerçekleştirilmesi adli uygulamalarda büyük yarar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, H.N., Hancı, İ.H. ve Çetin, G. (2002). 'How Can We Make Use of Insects in Forensic Cases?' Ankara University Faculty of Law Journal. 51(3), 117-125.
- Aktay, G., Açıkgöz, H.N. ve Hancı, İ.H. (2003). 'Adli Bilimlerde Yeni Bir Araştırma Alanı: Entomotoksikoloji' Adli Bilimler Dergisi, 3.
- Altunsoy, F., Kılıç, A.Y. and Kose, F. (2010). 'Effects of Some Toxic Heavy Metals on Larval Growth Rates of *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) and Estimation of PMI.' Fresenius Environmental Bulletin 19, 6 22-30.
- Ames, C. ve Tuner, B.D. (2003). 'Low temperature episodes in the development of blowflies: implications for postmortem interval

estimation.' Medical and Veterinary Entomology 17, 178-186.

- Archer, M., Bassed, R., Briggs, C. ve Lynch, M. (2005). 'Social isolation and delayed discovery of bodies in houses: the value of forensic pathology, anthropology, odontology and entomology in the medico-legal investigation.' Forensic Science International 151, 259-265.
- Arnott, S. ve Turner, B. (2008). 'Post-feeding larval behaviour in blowfly, *Calliphora vicina*: effects on post-mortem interval estimates' Forensic Science International 177, 162-167.
- Bağrıaçık, N. (2007). 'Entomotoksikoloji' Toksikoloji Dergisi 5(3-4), 5-8.
- Bass, W.M. (1984). 'Time interval since death. A difficult decision. In Human identification: Case studies in forensic anthropology.' ed. Rathbun, T.A., and J.E. Buikstra. Springfield, IL: Charles C. Thomas, 136-147.
- Battal, D., Gülmen, M.K. ve Hilal, A. (2004). 'Entomotoksikoloji ve Adli Tıpta Kullanımı' Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Dergisi 20, 7-12.
- Bornemissza, G.F. (1957). 'An analysis of arthropod succession in carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna.' Australian Journal of Zoology 5, 1-12.
- Bourel, B., Hedouin, V., Martin-Boyer, L., Revuelta, E., Deveaux, M. ve Gosset, D. (1996). 'Effects of morphine on the development of *Calliphora vicina* larvae in putrefying tissues an experimental study.' Proceedings of American Academy of Forensic Sciences.
- Bourel, B., Hedouin, V., Martin-Bouyer, L., Becart, A., Tournel, G., Deveaux, M. ve Gosset, D. (1999). 'Effects of morphine in decomposing bodies on the development of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae).' Journal of Forensic Sciences 44, 354-358
- Byrd, J. ve Castner, J. (2010). 'Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations, Second Edition.' CRC Press, Boca Raton.

- Carvalho, L., Linhares, A. and Trigo, J. (2001). 'Determination of drug levels and the effect of diazepam on the growth of necrophagous flies of forensic importance in southeastern Brazil.' *Forensic Science International* 120, 140-144.
- Clark, K., Evans, L. ve Wall, R. (2006). 'Growth rates of the blowfly, *Lucilla sericata*, on different body tissues.' *Forensic Science International* 156, 145-149.
- Donovan, S.E., Hall, M.J. ve Moncrieff, C.B. (2001). 'Larval growth rates of the blow fly, *Calliphora vicina*, over a range of temperatures.' *Medical and Veterinary Entomology* 20, 106-114.
- Donnah, Day, M., Hons, B.Sc., ve James, F.W. (2006). 'Influence of substrate tissue type on larval growth in *Calliphora vicina* and *Lucilla cuprina* (Diptera: Calliphoridae).' *Journal Forensic Science* 51, 657-663.
- Donovan, S., Hall, M., Turner, B. ve Moncrieff, C.B. (2006). 'Larval growth rates of the blowfly, *Calliphora vicina*, over a range of temperatures.' *Medical and Veterinary Entomology* 20, 106-114.
- Emsley, J. (2005). 'Elements of Murderer: A History of A Poison.' Oxford University Press, New York.
- Fedakar, R. (2003). 'Entomotoksikoloji' *Adli Tıp Dergisi* 17(1), 69-73.
- Galvan-Arzate Sonoa, Santamaria Abel. (1998). 'Thallium toxicity.' *Toxicology Letters* 99, 1-13.
- Goff, M.L., Brown, W.A., Hewaidikaram, K.A., ve Omori, A.I. (1991). 'Effects of heroin in decomposing tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effects on estimations of post mortem intervals using arthropod development patterns' *Journal Forensic Science* 36, 537-42.
- Goff, M.L. ve Flynn, M.M. (1991). 'Determination of postem interval by arthropod succession: a case study from the Hawaii islands' *Journal Forensic Science* 36, 607-614.
- Goff, M.L., Miller, M.L., Paulson, J.D., Lord, W.D., Richards, E. ve Omori, A.I. (1997). 'Effects of 3,4 methylenedioxyamphetamine in decomposing tissues on the development rate of *Parasargophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and detection of the drug in post mortem blood, liver tissue, larvae and puparia' *Journal Forensic Science* 42, 276-80.
- Goff, M.L., Godbrod, J.R. ve Omori, A.I. (1989). 'Effects of cocaine in tissues on the rate development of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae).' *J. Med. Entomol* 26, 91-93.
- Grassberger, M. ve Reiter, C. (2001). 'Effects of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen-and isomorphen-diagram.' *Forensic Science International* 120, 32-36.
- Greenberg, B. (1990). "Blow fly nocturnal oviposition behavior." *J. Med. Entomol* 27, 807-810
- Hancı, I.H., Açıkgöz, H.N., Tüzün, A., Candar, S. ve Balseven, A. (2002). *Forensic Entomology*, Asayis Daire Başkanlığı Yayın 9.
- Henssge, C., Madea, B., Knight, B., Nokes, L., and Krompecher, T. (1995). 'An estimation of the time since death in the early postmortem interval.' London, England: Arnold.
- Ireland, S. and Turner, B. (2006). 'The effects of larval crowding and food type on the size and development of the blowfly, *Calliphora vomitoria*.' *Forensic Science International* 159, 175-181.
- Kamal, A. (1958). 'Comparative study of thirteen species of sarcosaprophagus *Calliphoridae* and *Sarcophagidae* (Diptera).' *I. Bionomics*, Annals of the Entomological Society of America 51, 261-271.
- Keh, B. (1985). "Scope and applications of forensic entomology." *Annu Rev Entomol* 30, 137-154.
- Kharbouche, H., Augsburger, M., Cherix, D., Sporkert, F., Giroud, C., Wyss, C., Champod, C. ve Mangin, P. (2008). 'Codeine accumulation and elimination in larvae, pupae, and imago of the blowfly *Lucilia sericata* and effects on its development.'

- International Journal of Legal Medicine* 122, 205–211.
- Micozzi, M. (1991). 'Postmortem Change in Human and Animal Remains: a Systematic Approach.' C.C. Thomas, Springfield.
- Mullen, G. ve Durden, L. (2002). 'Medical and Veterinary Entomology' Academic Press (ISBN: 0-12-510451-0).
- Nuorteva, P. (1977). 'Sarcosaprophagous insects as forensic indicators, in forensic Medicine: A study in Tramua and Environmental Hazards! Vol.2, Tedeshi, G.C.; W.G. Eckert; and L.G. Tedeshi, Eds., Philadelphia.
- Nuorteva, P. ve Nuorteva, S.L. (1982). 'The fate of mercury in sarcosaprophagus flies and in insects eating them' *AMBIO* 11, 34-37.
- O'Brien, C. ve Turner, B. (2004). 'Impact of paraetamol on Calliphora vicina larval development.' *Int J Legal Med* 118, 188-189.
- Oehmichen, M. Schulz-Schaeffer, W. Kretzschmar, H. Theuerkauf, I. Gerling, I. Windl, O. and Meissner, C. (2001). 'Creutzfeldt-Jakob disease (CJD) in a case of suspected chronic heavy metal poisoning.' *Journal of Forensic Sciences* 46(3), 702-711.
- Oliveira-Costa, J. (2003). "Entomologia forense: quando os insetos so vest_gios." Campinas: Millenium.
- Ooik, T. Van, Rantala, M.J. ve Saloniemi, Irma (2007). 'Diet-mediated effects of heavy metal pollution on growth and immune response in the geometrid moth Epirrita autumnata.' *Environmental Pollution* 145, 348-354.
- Peter John, A.L. and Viraraghavan, T. (2005). 'Thallium: a review of public health and environmental concerns' *Environment International* 31, 493– 501.
- Putman, R.J. (1983). 'Carrion and dung: The decomposition of animal wastes. In Studies in biology.' London: Institute of Biology.
- Ramsland, K. (2008). 'Forensic Toxicology.' http://www.trutv.com/library/crime/criminal_mind/forensics/toxicology/8.html.
- Rayms-Keller, A., Olson, K.E., McGaw, M., Oray, C., Carlson, J.O. and Beaty, B.J. (1998). 'Effect of heavy metals on Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) larvae.' *Ecotoxicol. Environ* 39, 41-47.
- Richairds, C., Paterson, I.D. ve Villet, M.H. (2007). 'Estimating the age of immature Chryoma albiceps (Diptera: Calliphoridae), correcting for temperature and geographical latitude.' *Int J Legal Med* 10.1007/s 00414-007-0201-7.
- Şabanoğlu, B. ve Sert, O., (2010). Determination Of Calliphoridae (Diptera) Fauna And Seasonal Distribution On Carrion In Ankara Province, *J Forensic Sci*, July 2010, 55(4) doi: 10.1111/j.1556-4029.
- Sadler, D.W., Richardson, J., Haigh, S., Bruce, G. ve Pounder, D.J. (1997). 'Amitripyline accululation and eliminaiton in Calliphora vicina larvae.' *The American Journal of Forensic Medical and Pathology* 18(4), 397-403.
- Sadler, D.W., Fuke, C., Court, F. ve Pounder, D.J. (1995). 'Drug accumulation and elimination in Calliphora vicina larvae.' *Forensic Science International* 71, 191-197.
- Sadlik, J.K. (1997). 'Thallium Poisoning.' XXXV TIAFT Annual Meeting-Poster Presentations Abstract 122.
- Özdemir, S. and Sert, O. (2009). "Determination of Coleoptera fauna on Carcasses in Ankara provience, Turkey", *Forensic Science International* 183, 24-32.
- Schoenly, K. ve Reid, W. (1987). 'Dynamics of heterotrophic succession in carrion arthropod assemblages: Discrete seres or a continuum of change?.' *Oecologia* 73, 192–202.
- Schoenly, K., Goff, M.L. ve Early, M. (1992). 'A BASIC algorithm for calculating the postmortem interval from arthropod successional data.' *J. Foren. Sci.* 37, 808–823.
- Schoenly, K., Goff, M.L., Wells, J.D. ve Lord, W.D. (1996). 'Quantifying statistical un-

- certainty in succession-based entomological estimates of the postmortem interval in death scene investigations: A simulation study.' *American Entomologist* 42(2), 106–112.
- Singh, D. and Bharti, M. (2001). 'Further observations on the nocturnal oviposition behaviour of blowflies (Diptera: Calliphoridae).' *Forensic Sci Int* 120, 124–126.
- Smith, K.E. ve Wall, R. (1997). 'The use of carrion as breeding sites by the blow fly *Lucilla sericata* and *Calliphora*' *Medikal and Veterinary Entomology*.
- Smith, K.G.V. (1986). 'A manual of forensic entomology.' London British Museum and Cornell University Press.
- Tracqui, A., Keyser-Tracqui, C., Kintz, P. ve Ludes, B. (2004). 'Entomotoxicology for the forensic toxicology: much ado about nothing?' *Int J Med* 118, 194-196.
- Vanlaerhoven, S. ve Anderson, G. (1999). 'Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia.' *Journal of Forensic Sciences* 44, 32–43.
- Von Zuben, C.J., Bassanezi, R.C., Dos Reis, S.F., Godoy WAC, VON ZUBENFJ. (1996). 'Theoretical approaches to forensic entomology: I. Mathematical model of postfeeding larval dispersal.' *J Appl Ent* 120, 379–382.
- VON ZUBEN, C.J. (2001). 'Zoologia aplicada: recentes avanços em estudos de entomologia forense.' *Entomologia y Vectores* 8(2), 173–183.
- Wardle, J. (1930). 'Significant Variables in the Blowfly Environment' 17 Ann. Appl. Biol. 554–574.