

TATÁR LÁSZLÓ<sup>1</sup>, HOROTÁN KATALIN<sup>2</sup>, VARGA JANOS<sup>3</sup>,

**NECROPHAG ROVAROK IGAZSÁGÜGYBEN.  
LUCILIA SERICATA (DIPTERA, CALLIPHORIDAE)  
JELENTŐSÉGE A TETEMEK LEBONTÁSÁNAK  
FOLYAMATÁBAN**

<sup>1</sup>Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológia BSc szak, 3300 Eger, Leányka u. 4. <sup>2-3</sup>Eszterházy Károly Egyetem, TTK, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék, 3300 Eger, Leányka u. 4.

E-mail: Tatár László tatlasz@freemail.hu

### **Összefoglaló**

Jelen tanulmány a *Lucilia sericata* (Meigen) *forenzikus entomológiai* szempontból jelentős rovar kísérleti körülmények közti fejlődési menetét (*metamorfózis*) elemzi. Egy tetemrészlet (sertés mellső végtag) szabad környezetben megvalósuló lebomlásának folyamatát vizsgálva a *L. sericata* teljes fejlődési menetének fázisait végigkíséri. Vizsgálja a hőmérsékletnek és a páratartalomnak a *L. sericata* egyedfejlődésére gyakorolt hatását. A tanulmány kiterjed a kísérleti időszakban a vizsgált faj mellett megjelenő más *forenzikus rovarok* megfigyelésére is.

**Kulcsszavak:** *forenzikus entomologia, metamorfózis*

**Elfogadva:** 2021. 01. 12.

**Elektronikusan megjelent:** 2021.

LÁSZLÓ TATÁR<sup>1</sup>, KATALIN HOROTÁN<sup>2</sup>, JÁNOS VARGA<sup>3</sup>

**NECROPHAGOUS INSECTS IN FORENSICS.**  
*SIGNIFICANCE OF LUCILIA SERICATA* (DIPTERA,  
CALLIPHORIDAE)  
**IN DECOMPOSITION OF ANIMAL CARCASSES.**

<sup>2</sup>Eszterházy Károly University, Faculty of Natural Sciences, Biology  
BSc; 3300 Eger, Leányka u. 4., <sup>1</sup>Eszterházy Károly University, Faculty of  
Natural Sciences, Institute of Biology, Department of Zoology; H 3300  
Eger, Leányka u. 4.

E-mail: Tatár László [tatlasz@freemail.hu](mailto:tatlasz@freemail.hu)

**Abstract**

In the present study, the larval development (*metamorphosis*) of a forensically significant insect, *Lucilia sericata* (Meigen) is analysed under experimental conditions. A pig's forelimb was exposed in field condition and the larval development of the common green bottle fly was monitored throughout its all stages. Moreover, the effect of temperature and humidity on the ontogeny of the studied species was examined. In this work, we also report on other forensic insects appeared in addition to *L. sericata* during the experimental period.

**Keywords:** *forensic entomology, metamorphosis*

**Accepted:** 12. 01. 2021.

**Published online:** 2021.

## Bevezetés

A *Lucilia sericata* (Meigen, 1826), korábban *Phaenicia sericata* gyakori látogatója a hullának, az ürüléknek és a szemétnek (WHITWORTH 2006). *Forenzikus entomológiai* szempontból jelentős rovarnak tekinthető. A 2020. aug. 10-től szept. 01-ig tartó vizsgálatok egy tetemrészlet (sertés mellső végtag) szabad környezetben megvalósuló lebomlásának folyamatára, illetve a folyamattal párhuzamosan megjelenő *forenzikus rovarok* megfigyelésére irányultak. A *forenzikus rovarok* közül a *L. sericata* fejlődési menetét (*metamorfózis*) a pete stádiumtól a kifejlett rovarok megjelenéséig kísértük végig.

## Irodalmi és történeti áttekintés

A rovarok, illetve a halált követő bomlás közötti folyamat megfigyelése az ókori időkhöz nyúlik vissza. A nemzetközi irodalmakat áttekintve az igazságügyi rovartan kibontakozásának történeti áttekintése vonatkozóan az egyik legrészletesebb bemutatás BENECKE (2001) tanulmányában lelhető fel.

Tudományos érdeklődés (és igény) a rovarok és a holttestek bomlása közötti összefüggések részletesebb tanulmányozására kiterjedően a 18. század végén és 19. század elején fogalmazódott meg. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeként vált fokozatosan ismertté, és egyre határozottabb formában körvonalazódott, hogy a holttestek bomlását elősegítő rovarokról szerzett ismeretek a gyilkosságok időpontjának felderítésében is felhasználhatóak. Ezt követően már szisztematikusan kezdett beépülni a kriminalisztika tudományába az *igazságügyi entomológia*.

Törvényszéki orvosok kerestek összefüggést a különböző *Diptera* és *Lepidoptera* fajok holttesteken való megjelenése, fejlődése és a halál időpontja között. REINHARD (1882) Szászországban végzett exhumálások során *Phoridae* fajokat gyűjtött össze. A gyűjtemény *taxonómiai* azonosításában, rendszerezésében segítségére volt BRAUER bécsi *entomológus*. Számos rovar sikerült még összegyűjteniük 15 évesnél idősebb sírokból is, egyes esetekben az *adipoceréből*, vagyis a hullaviaszból is sikeresen azonosították a bomlás késői szakaszára jellemző fajokat.

HOFMANN (1886) Franconiában végzett exhumálásokat, a vizsgálatai során feltárt *Phoridae* fajok közül a *forenzikus* szempontból nagy jelentőséggel bír a *Conicera tibialis* Schmitz kimutatása a tetemokről. A mai szakirodalomban ezt a fajt koporsólégyként ismerjük, és számos eltemetett holttesten megfigyelhető jelenléte, nagyon jó *indikátorfaj* a halál idejének meghatározásában.

MEGNIN (1894) katonai állatorvos megfigyelései is mérföldkönek számítottak a kriminalisztikai rovartanban. Elsőként ismerte fel, hogy a csatatereken meghalt emberek és elpusztult lovak tetemein a rovarok kolonizációja kiszámítható hullámokban jelenik meg, így segítségükkel, megfigyelésükkel a halál ideje megjósolható. Megjegyzendő, hogy a bomló szerves anyagon megjelenő *Endoconidium megnini* penészgombafaj is Megninről kapta a nevét.

MASCHKA és KLINGELHÖFFER (1898, 1881) és HOROSKIEWICZ (1902) törvényszéki tudósok egy gyermekgyilkosság ügyével foglalkozva figyeltek fel arra, hogy a holttesten furcsa felmaródásszerű nyomok azonosíthatók, kezdetben azt feltételezték, hogy a gyilkosa valamilyen savval öntötte le a gyermeket. A részletesebb vizsgálatok azonban kiderítették, hogy ezeket az *arteficiális* jeleket a gyermek tetemén megjelenő hangyák okozták.

A 18. és 19. században Franciaországban és Németországban számos tömegsír exhumálására került sor. A vizsgálatokban részt vevő törvényszéki orvosok a sírok feltárása során azt tapasztalták, hogy az eltemetett holttesteket nagyszámú ízeltlábú kolonizálta. ORFILA és LESJUEUR francia orvosok 1831–1835-ig tartó vizsgálataik során arra a következtetésre jutottak, hogy egy holttest lebomlásának, illetve a lebomlási folyamatnak az egyik legfontosabb tényezői a rovarok.

Az első dokumentált eset, melyben a rovarok segítségével próbálták meghatározni a halál idejét, BERGERET (1855) nevéhez köthető. Részlet a boncolási jegyzőkönyvéből: „*A vizsgált holttesten lévő lárvák petéinek, melyet 1850-ben vizsgáltunk, 1849 közepén kellett odakerülnie. Ebből következik az, hogy a holttestnek ezen idő előtt kellett odakerülnie. A sok eleven lárva mellett bábokat is találtunk, melyeknek korábban, 1848-ban kellett odakerülnie. Azok a lárvák, melyeket a testüregekben találtunk, a Musca carnaria lárvái, melyek köztudottan a tetem kiszáradása előtt kerülhettek oda. Találtunk még lepkebábokat, melyek a már mumifikálódott részeket részesítik előnyben. Ha a test 1846-ban vagy 1847-ben került volna oda, akkor nem találtuk volna meg ezeket a lárvákat. Összefoglalva tehát a rovarok két generációját találhattuk a holttesten, mely két év postmortalis időszakot tükröz. A húslégy a friss holttestre rakta a petéit 1848-ban, a lepkebábok 1849-ben kerülhettek oda.*”

Annak ellenére (mint az idézett jegyzőkönyvrészből kiderül), hogy tévesen határozta meg a rovarok fejlődési ütemét (azt feltételezve, hogy a legyek teljes *metamorfózisa* normál környezeti feltételek mellett egy évig tart), megfigyelései új irányt adtak az *igazságügyi entomológiai* kutatások számára. Hasonló jelentőséggel bírnak BEGERET és BROUARDEL (1879) megfigyelései, miszerint egy gyermek mumifikálódott tetemének boncolásakor számos ízeltlábút, illetve lepkelárvákat, atkákat találtak, ami alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a test már régebb óta a feltalálás helyén lehetett. A lepkelárvákat PERIER vizsgálta meg, vizsgálatai szerint a lárvák a *Pyralidae*-családba tartozó lepkék lárvái voltak. A tanulmányozott lepkelárvák alapján Perier azt a következtetést vont le, hogy a gyermek az előző év nyarán halhatott meg, a boncolás előtt 6-7 hónappal. Az atkákat MEGNIN vizsgálta meg. Megszámolta, hogy összesen a tetemen 2,4 millió elpusztult és élő atka volt. Azt is kiszámolta, hogy 15 nap után az első generációban 10 nőstény és 5 hím atka fejlődött ki. 30 nap elteltével 100 nőstény és 50 hím, 90 nap elteltével 1000 nőstény és 500 hím, 90 nap után 1 millió nőstény, félmillió hím atka fejlődött ki. Ehhez viszonyította azt az atkaszámot, melyet a holttesten azonosított, és egy konzervatív számítást végzett. Ebből arra következtetett, hogy a halál ideje megközelítőleg öt hónappal korábban állhatott be (3 hónap atkafejlődés és 2 hónap kiszáradási idő).

M. G. MOTTER (1897) 150 exhumált holttestet vizsgált meg, a rovarfajokon kívül megfigyelte a talaj típusát, illetve a sírmélységet is lejegyezte, melyet felhasználta az eredményei publikálásához. Az első világháborút megelőző időszakig számos faj igazságügyi jelentőségét sikerült leírni, ezek közül a legfontosabbak: *Lucilia caesar* (Linnaeus, 1758), *Sarcophaga (Musca) carnaria* (Linnaeus, 1758), *Piophilina casei* Linnaeus, 1758, *Sylpha* sp., *Necrophorus* sp., *Dermestes* sp.

Az első világháború idején a fontos *forenzikus* fajok listáján és monográfiáján túl a tudományos érdeklődés elindult ezen fajok ökológiai és anatómiai megismerése iránt. A rovarölők kifejlesztése is erre az időszakra datálható, illetve a „*lárwaterápia*” is, melynek során a csatatérről hazatérő katonák üszkösödött végtagjait lárvákkal gyógyították és gyógyítják (ezt a gyakorlatban *maggot-terápiának* hívják, és alkalmazása napjainkban is folyamatosan növekszik). Már ekkor tudták, hogy a légylárvák csak az elhalt szöveteket eszik meg, az élő szöveteket nem pusztítják el, ezáltal demarkációs vonalat tudnak képezni, mely a gyógyulást jobban elősegíti (RUEDA et al., 2010). Továbbá megfigyelték azt is, hogy a lárvák nyála antiszeptikus hatással is bír.

A magyar törvényszéki-igazságügyi orvostanról SÓTONYI PÉTER (2011) tollából jelent meg egy részletes összefoglaló munka. Néhány hazai kutató munkásságára vonatkozóan külön is említésre érdemes SWARTZ DÉNES 1934-ben jegyzett tanulmánya, amely „*Haláljelenségek, különös tekintettel a holttesten található sérülések keletkezésének meghatározására*” címmel jelent meg, amelyben a szerző már megfigyeléseket tett a legyek fejlődése, illetve a halál óta eltelt idő között.

KENYERES BALÁZS *Törvényszéki orvostan I-II.* című ((1925–1926), számos kiadást megért művében is foglalkozik a rovarok és a halál ideje közötti összefüggéssel. Az összefüggés vizsgálata onnan eredeztethető, amikor a tudósokat elkezdte foglalkoztatni a bomlás jelensége. Egyes kutatók, mint pl. *Genersich Antal* (1842–1918) *a saját meghalt fiának a bomlását vizsgálta, a lelki gyászát felülmúlta a tudományos kíváncsisága.*

Megemlíthető ORSÓS FERENC patológus neve is, aki részt vett a kátyú tömegsírok exhumálásában (1943. április 20–30.). *A halál idejét a rovarok, illetve az odaültetett fák segítségével határozták meg.* Napjainkban hazánkban is elfogadott *forenzikus* tudomány, az igazságügyi rovartan megállapításait a bíróságok teljes mértékben elismerik. A média által is hallható olykor egy-egy eset, amikor rovarszakértő segítségével oldottak meg egy gyilkosságot, pl. a szikszósi baltás gyilkosság (2019) ügyében. Ahogy fejlődik a világban a *molekuláris technológia*, úgy fejlődnek a *forenzikus* tudományok, ennek ellenére még sok esetben továbbra is a *taxonómiai* alapú *postmortem intervallum* meghatározás figyelhető meg.

## Anyag és módszer

A kísérlet során egy sertés (*Sus scrofa domestica*) 20 cm hosszú, ízület mentén *disarticulart*, porcot, bőrt, csontot tartalmazó mellső végtagjának kihelyezésére kerül sor szabad környezetbe. A minta a kihelyezést megelőzően

a dögevők elleni védekezés miatt körkörösén le lett védve. A kihelyezés után a bomlás folyamatát követve naponta ellenőriztük, illetve gyűjtöttük be a mintán megjelenő rovarlárvákat és rovarokat. A begyűjtött lárvák és rovarok feldolgozását digitális sztereomikroszkóp segítségével végeztük (DNT Mikroszkopkamera ID: 1242623). A kísérlet helyén a környezeti adatokat (hőmérséklet, páratartalom) mobiltelefon segítségével mértük meg, és naponta rögzítettük. A környezeti tényezők közül a hőmérsékletet azért is fontosnak tartottuk elemezni, mivel a hőmérsékletnek az általunk vizsgált *L. sericata* méretére és egyedfejlődése gyakorolt hatásáról a közelmúltban is jelentek meg összegző tanulmányok (GRASSBERGER ÉS REITER, 2001, TARONE, ÉS mtsai., 2011), ami felkeltette az érdeklődésünket e igazságügyi rovartanban gyakran szereplő faj iránt.

2020. 08. 10-én helyeztük ki a mellső végtagot a szabadba. A környezeti hőmérséklet ekkor 24 Celsius-fok, a páratartalom 70%-os volt. Napi átlaghőmérséklet: 20,1 Celsius-fok. A kihelyezés utáni 25. percben jelent meg az első légyfaj, a *L. sericata*. Az irodalmi adatok is alátámasztják a faj gyors „tetemfoglalását”, mint pl. BYRD ÉS CASTNER (2009) megfigyelései, miszerint a halál után néhány percen belül már jelen van a faj a tetemen. Kezdetben az első egyed óvatos felderítést végzett. Peterakás ekkor nem történt.

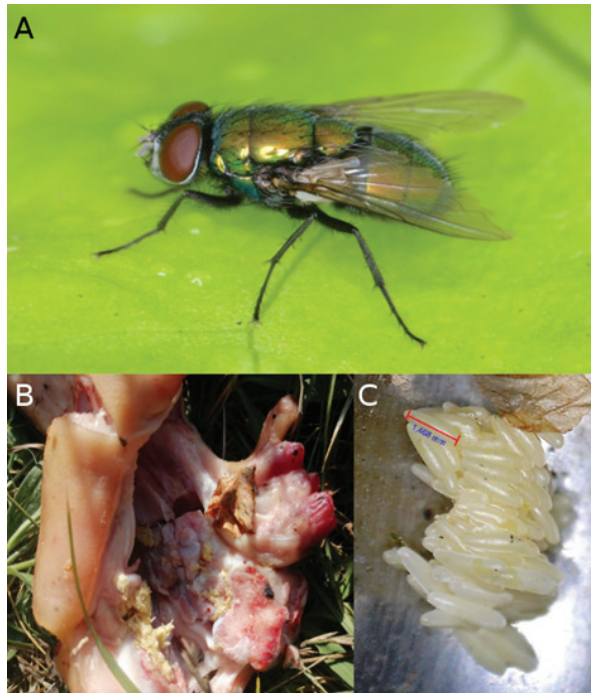
2020. 08. 11. A hőmérséklet 30 Celsius-fok, a páratartalom 66% volt. Napi átlaghőmérséklet: 20 Celsius-fok. A kihelyezést követő első napon (24 óra múlva) a mintán már peték voltak azonosíthatók. A peték zömmel az izomszövetek mentén, illetve az ízületi felszínen fordultak elő nagyobb tömegben. A tetemrészleten a *L. sericata* és a *Sarcophaga carnaria* (Linnaeus, 1758) fajok voltak azonosíthatók (1. ábra). A *L. sericata* esetében a peték begyűjtésekor a nőtény egyedeknél agresszívabb viselkedés volt megfigyelhető, és ennél a fajnál minimális utódgondozási viselkedést is láttunk. A két faj versengése dominál a kihelyezést követő közel 24 órában.



1. ábra. *Lucilia sericata* és *Sarcophaga carnaria* a tetemen.



A tetemrészleten a bomlás korai jelei láthatók, a bőr kezd beivódni, az izmok halványodnak, a csontvelő barnás-vörhenyesen elszíneződött, bűz még nem érezhető. Maga a tetemrészlet változatos életközösség színterének mondható, már a bomlás korai szakaszában is. Az első nap után, az esti órákban néhány *Formica rufa* (Linnaeus, 1761) volt megfigyelhető a petecsomók halmazán, melyek táplálékkul szolgálnak a hangya számára, és inkább a peték vonzották ide őket, nem a bomló szerves anyag. A petecsomók szorosan tapadnak egymáshoz, sárgás ragacsos anyaggal vannak rögzítve a lágyszövetekhez. A peték a *L. sericata* fajhoz tartoztak (2A. ábra). Alakjukat tekintve *elongált* szerkezetűek, fehér, halványsárga színűek, sztereomikroszkóppal mérve a peték hossza 1,468 mm (2BC. ábra). Méretük az irodalmi adatokkal jó megegyezést mutatott (APPERSON és mtsai., 2011). A tetemrészleten 24 órával a kihelyezés után még nem azonosíthatóak első stádiumos lárvák.



**2. ábra.** *L. sericata*. A) Az *L. sericata* habitusképe (*L. sericata* habituskép forrás: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Lucilia\\_sericata\\_8677.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/Lucilia_sericata_8677.jpg)), (B) petéi a tetemrészleten és (C) a peték morfológiai felépítése. A méretet jelző vonal 1,468 mm hosszú.

A minta körüli környezet megfigyelése során a növényzetet zömmel az *Erigeron annuus* alkotta, de elvétve megfigyelhető volt néhány *Helicanthemum* faj is. Szakirodalmi adatok szerint a *L. sericata* kifejlett egyedei vonzódnak ezekhez növényfajokhoz, hiszen *pollinátorok*, *nektárral* táplálkoznak. A párzáshoz, peterakáshoz szükséges szénhidrátot, mely biztosítja az ehhez szükséges ener-

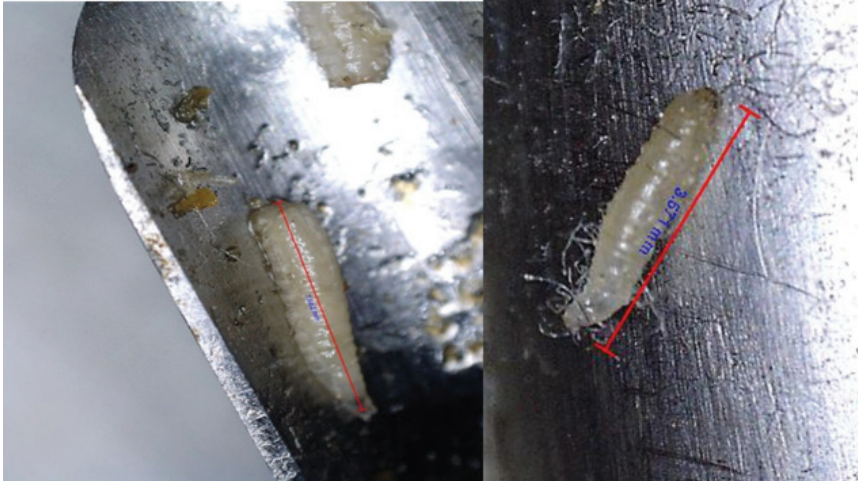
giát, ezen növényfajok pollenjeiből biztosítják. ROULSTON és CANE (2000) vizsgálatai szerint a fentebb említett növényfajok pollenjei akár 60%-ban tartalmazhatnak *proteineket*. Párzási szokásaikat tekintve a *Lucilia* fajok nem termelnek ivari *feromonokat*. Fejlett vizuális rendszerrel rendelkeznek, mely domináns a *szenzoros modalitásban*. Szemükkel képesek az UV-sugárzást, illetve a polarizált fény *reflexióját* detektálni. A hímek a nőstények szárnymintázatának *interferenciáját* ismerik fel, mely megfelelő környezeti körülmények mellett kiváltja a párzást (FISCHER és mtsai., 1998).

A növényzethez hasonlóan kedvező környezeti körülményt biztosíthat egy tetem is, mely azonban felépítését és idejét tekintve limitált táplálékforrás a párzást megelőző időszakban. A *L. sericata* viselkedését tekintve szereti elkerülni az *interspecifikus kompetíciót* a többi dögevő fajjal, így igyekszik hamar, vagyis gyorsan *kolonizálni* a tetemet. NOUTCHA és mtsai. (2019) biokémiai és molekuláris vizsgálatai szerint a gerinces tetemen az első *szemiokémiai* jel – melyet az adott faj érzékel – a *dimetil-triszulfid*.<sup>1</sup> A kísérlet során a mintán a peték aggregátumok formájában voltak jelen a tetem fehérjében, tápanyagban gazdag részein. Nagy számban az izomszövetek, illetve a csontvelő mentén fordultak elő, mely elsődleges fehérjeforrást és tápanyagot jelent majd a petéből kikelő lárvák számára is.

2020. 08. 12. A hőmérséklet 33 Celsius-fok, a páratartalom 55%. Átlaghőmérséklet 21,2 Celsius-fok. A következő vizsgálatra a kihelyezést követő másodig napon került sor. A tetem azon része, mely a napsugárzással közvetlen kapcsolatban volt, a kezdeti *deszikkáció* jeleit mutatta. A talajjal érintkező részen az *autolízis* miatt, a kültakarón lévő nyálkás, *postmortem bullák* kifakadtak. Felemelve a preparátumot erős dögbűz észlelhető, *a nyálkatömegben már azonosíthatók az első stádiumos lárvák* (L<sub>1</sub>), melyek szabad szemmel még alig észrevehetőek. Ebben a stádiumban a lárvák a hűvösebb, védettebb helyet keresik. A tetemrészleten kizárólag a *L. sericata*-petékből kikelt lárvák azonosíthatók, a *Sarcophaga carnaria* (3. ábra) ugyan látogatta a tetemet, de a rá jellemző *vivipara*-lárvák nem voltak megfigyelhetőek. Ez a faj nem szaporodott a mintán. Feltételezhető, hogy a minta mérete csak egy fajnak biztosít elegendő táplálékforrást, de az is valószínűsíthető, hogy a *L. sericata* kolonizációs rátája nagyobb.

1 Az aminosav anyagcsere-melléktermékeként képződő illékony vegyületek egy része, invertebrata attraktorként működik. A *dimetil-diszulfid* közismerten légyvonzó vegyület, mely emberi és állati tetemek esetében is szintetizálódik metioninból.



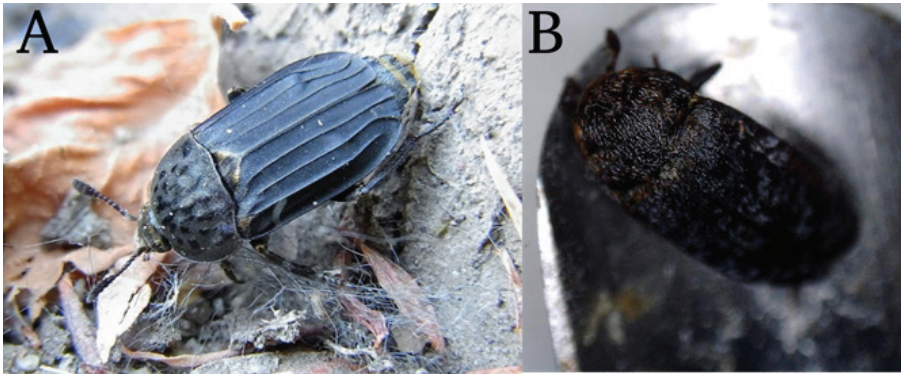


**3. ábra.** *L. sericata* második stádiumos (L<sub>2</sub>) lárvája. A teste megnyúlt, szelvényezett. Az első hossza a kikelést követően 3,571 mm. A lárvá hossztenyelyéből látható, hogy még nem táplálkozott, a bélrendszere még üres.

2020. 08. 13. A hőmérséklet 33 Celsius-fok, a páratartalom 44%-os. Napi átlaghőmérséklet: 19,9 Celsius-fok. A tetem makroszkópos felépítését tekintve az aktív bomlás szakaszában volt, messziről erős dögbűzt árasztott. A napsugárzásnak közvetlenül kitett felszíni részek továbbra is a kiszáradás, *deszikkáció* jeleit mutatták. *A mintán jelentős lárvaktivitás volt észlelhető, a lárvák főként a talajjal érintkező részeken, illetve a csontvelőüregben helyezkedtek el.* Elvéve még néhány kifejlett *L. sericata*, illetve *Sarcophaga carnaria* is látogatta a tetemmintát. *A lárvák mohón táplálkoztak, táplálkozásuk közben a minta mozgatása során észlelhető a lárvák által termelt hő, még gumikesztyűn keresztül is. Táplálkozásuk közben a lárvatömeg körül habos közeg alakult ki, melynek sercegő hangja is hallható volt.*

A preparátumon peték már nem láthatók, csak lárvák vannak jelen, melyek között már előfordulnak második fejlődési fázisban (L<sub>2</sub>) lévő is. A második stádiumban lévő lárvák az intenzív táplálkozás miatt gyorsan növekedtek, rövid időn belül elérték a 4 mm-es nagyságot. Az ilyen gyors növekedést a magas hőmérséklet, illetve a kellő páratartalom is kedvezően befolyásolhatta. A lárvák mellett már a dögevő bogarak is megjelentek a harmadik napon, de csak a kifejlett példányok voltak jelen, petéket nem raktak. A kifejlett példányok a Silpidae családba tartozó *Ablattaria laevigata* (Fabricius, 1775), illetve a *Thanatophilus sinuatus* (Fabricius, 1775). Ezek főként a tetem körüli bomlásos ázalékban, illetve a kiszáradt izomszövetek mentén voltak jelen. Az igazságügyi rovarügyi szakirodalom szerint a dögbogárfélék főként a bomlás késői stádiumában keresik fel a tetemet. A bogarak jelenlétét ilyen korán azzal lehet magyarázni, hogy a napsugárzásnak kitett, kiszáradt, kezdődő mumifikáció jeleit mutató izomszövetek ezeknek bogaraknak a számára azt jelzik, hogy a bomlás már az előrehaladott stádiumban van. A *Thanatophilus sinuatus* (4. ábra) egyes kutatók szerint

(DEKEIRSSCHIETER és mtsai., 2011) *forenzikus indikátorfajnak* számít, kolonizálhatja a tetemet a légylárvákkal együtt.



**4. ábra.** *Thanatophilus sinuatus* A) *Thanatophilus sinuatus* habitus képe ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/96/Thanatophilus\\_sinuatus\\_natur.jpg/1200px-Thanatophilus\\_sinuatus\\_natur.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/96/Thanatophilus_sinuatus_natur.jpg/1200px-Thanatophilus_sinuatus_natur.jpg)) B) mintán való előfordulása.

2020. 08. 14. A hőmérséklet 29 Celsius-fok volt, a páratartalom 52%. Napi átlaghőmérséklet: 20,5 Celsius-fok. A tetemrészlet a kihelyezését követő 4 napon még mindig a kezdődő, késői bomlás stádiumában volt. A kültakaró merev, rugalmatlan, szalonnabőryszerűen kiszáradt, barnás-vörhenyesen beivódott, a tetemrészleten a *mumifikáció makroszkópos* jelei figyelhetők meg. A *subcutan* zsírszövet a magas hőmérséklet miatt elfolyósodott, a minta dohos szagot árasztott, mely a tetemrészlet egészére is jellemző. Az intenzív, erős dögbűz a kihelyezés utáni negyedik napon már nem volt tapasztalható. A mintán különböző korú, főként második ( $L_2$ ) és harmadik lárvastádiumban ( $L_3$ ) lévő *L. sericata*-lárvák azonosíthatók. A nagyobb méretű harmadik stádiumos lárvák már nem táplálkoznak intenzíven, szemben a második stádiumban lévő példányokkal, melyek intenzíven mozognak, és többnyire a csontvelőüregben helyezkednek el.

A második stádiumban lévő lárvák ( $L_2$ ) 7 mm hosszúak, a harmadik stádiumban lévő lárvák ( $L_3$ ) a 10 mm-es hosszúságot érték el a vizsgálat negyedik napján. A harmadik stádiumban lévő lárvapéldányok ( $L_3$ ) cuticulája barnás színű, kellő táplálékbevitelüket jelte, hogy gyomortartalmuk átütött a kültakarón. A lárvák cuticulájának barnás elszíneződése a kezdeti pupariális stádium állapotát is jelzi. Az ebben a stádiumban lévő lárvák inkább már a tetem körül helyezkednek el. Kifejlett légyfajok már egyáltalán nem látogatják a tetemrészletet, más lárvákkal táplálkozó, ragadozó vagy dögevő rovarok sem voltak azonosíthatóak. A korábban megfigyelt dögevő bogarak ugyan még jelen voltak a minta körül, de bogárpeték, illetve lárvák jelenléte nem volt azonosítható.

2020. 08. 15. A vizsgálati napon a hőmérséklet 28 Celsius-fok, a páratartalom 76%. Napi átlaghőmérséklet: 20 Celsius-fok. A kihelyezést követő 5. napon

(120 óra) a tetemrészlet már a késői bomlás szakaszában van, erősen dohos szagot áraszt. A lárvák által elpusztított légyszövetek alatti csontok szárazak, a *periosteum* sem egyeneműen borította a felszínt. A lárvák már nem táplálkoztak annyira intenzíven, mozgásuk lassú, keresték a hűvösebb helyet a tetem körül. Bábstádiumban lévő egyed a kihelyezést követő 5. napon nem azonosítottunk. A tetemrészletben lévő összes csontvelő eltűnt a lárvák táplálkozási tevékenysége következtében, de a velőüregben még lassan mozgó, harmadik stádiumban lévő (L<sub>3</sub>) példányok előfordulnak.

2020. 08. 16. A hőmérséklet 28 Celsius-fok, a páratartalom 49%. Napi átlaghőmérséklet: 20,2 Celsius-fok. A kihelyezést követően 144 óra (6 nap) telt el. Az előző éjjel jelentős esőzés volt. A lárvák sokkal mozgékonyabbak, ismételten intenzív táplálkozást mutatnak. *Puparialis* stádiumban lévő egyedek még nem találhatók. Az intenzív táplálkozás azzal magyarázható (az előző napokhoz viszonyítva), hogy a *mumifikáció* jeleit mutató tetemrészlet az esőzés miatt *rehidrálódott*, a bőrszövet felpuhult. A puha szövetek pedig újra fogyasztható táplálékot biztosítottak a harmadik stádiumban lévő lárváknak. A tetem a *rehidrációt* követően ismételten erősebb dögbűzt árasztott, a megmaradt légyszövetek szinte levonhatók a csontokról. Feltételezés szerint a lárvák bábozódási folyamatát késleltetheti az, ha ismételten tudnak táplálkozni. A tetemrészlet körüli felpuhult talajt felásva azonban az is megállapítható volt, hogy néhány lárvát már a talajban is előfordult. Dögező bogarak nem voltak azonosíthatók a tetemen, de az esőzés után néhány *Formica rufa* ismételt aktivitást mutatott.

A következőkben választ kerestünk arra, hogy a *L. sericata*-lárvák milyen intenzitással táplálkoznak az éjszakai órákban, amikor a nappali hőmérséklethez viszonyítva sokkal hűvösebb van. A *forenzikus entomológia* szerint a lárvák nem táplálkoznak az éjszakai, hűvösebb órákban, hanem melegebb helyet keresnek. Ennek ellentmond, hogy hajnali 2 órakor a lárvák intenzív táplálkozási *habitust* és *mozgást* mutattak a tetemrészleten. Ekkor a hőmérséklet 18 Celsius-fok volt, mely 10 Celsius-fokkal kevesebb volt a nappal mért hőmérséklethez viszonyítva.

2020. 08. 17. A hőmérséklet 26 Celsius-fok, a páratartalom 58%. Napi átlaghőmérséklet: 19,7 Celsius-fok. A kihelyezést követő 168 óra múlva (7. nap) a tetem előrehaladott késői bomlás szakaszában volt, az ízületi szalagokat érintő lárvahatások, illetve a bomlás miatt *postmortem disarticulatio* jeleit mutatta ott, ahol a friss stádiumban a *ligamentumok* még összetartották az ízületeket. A lárvák még mindig az intenzív táplálkozás jeleit mutatták, az ízületi résekben is jelen vannak. A tetem körüli bomlásos ázalékban, illetve az általuk alkotott habos közegben is nagy tömegben voltak jelen. Bebábozódott egyed nem találtunk, a környező talajt átkutatva a megelőző naphoz hasonlóan lassú mozgású lárvák már azonosíthatók a talajban. Méretüket tekintve tovább növekedtek, a legnagyobb méretű egyed a kihelyezést követően egy héttel 14 mm hosszúságú volt.

2020. 08. 18. A vizsgálat idején a hőmérséklet 20 Celsius-fok, a páratartalom 75%, az időjárás szeles, esős. Napi átlaghőmérséklet: 18,9 Celsius-fok. A

kihelyezést követő 192 óra elteltével (8. nap) a tetemrészleten lévő lágyszövetek a nagyfokú fizikai megsemmisülés jeleit mutatták. A *L. sericata*-lárvák még mindig táplálkoztak, az 1 mm széles, ovális alakú lárvák táplálkozásuk során a felpuhult bőrt is átfúrják. A tetemrészlet körüli talajt megvizsgálva a talajban előforduló lárvák száma lassan, de fokozatosan növekszik. *Puparialis* stádiumban lévő egyedek továbbra sem azonosíthatóak. Néhány kifejlett *L. sericata* ismételten felbukkant a tetemrészleten.

2020. 08. 19. A hőmérséklet 27 Celsius-fok volt, a páratartalom 47%. Napi átlaghőmérséklet: 19,9 Celsius-fok. A kihelyezés után 216 órával (9. nap) a tetemrészlet nem áraszt kifejezetten erős dögbűzt, inkább erjedtebb, átható szag érezhető körülötte. A szabaddá váló csontszövetek a napsütés okozta *expozíciónak* kitéve kezdtek kiszáradni, a rothadásos ázalékkal érintkező részen a *perioosteum* barnásan beivódott. A *L. sericata*-lárvák közül mindegyik a harmadik lárvastádiumban ( $L_3$ ) volt, de közülük néhány kisebb méretű egyed még mindig táplálkozott. A táplálkozó egyedek a tetem alatti részeket keresték fel, illetve befúrták magukat a még meglévő lágyszövetek közé. A megelőző vizsgálati naphoz képest néhány lárvát szemmel láthatóan nagyobb lett, mely inkább szélességükre vonatkoztatva szembetűnő. A kültakarójuk barna színű, gyomortartalmuk erősen átüt a kültakarójukon.

2020. 08. 20. A hőmérséklet a vizsgálat idején 29 Celsius-fok, a páratartalom 42%. Napi átlaghőmérséklet: 23,5 Celsius-fok. A tetemrészlet a *skeletonisatio* stádiumában volt, a lárvák nagyfokú táplálkozása miatt a lágyszövetek 70%-a már eltűnt. Bábozódott egyed nem azonosítható ezen a napon sem, a még megmaradt bőrt, illetve ízületi szalagokat még mindig fogyasztják a lárvák. Érdekességként megemlíthető, hogy a kihelyezést követő 10. napon (240 óra elteltével) ismételten azonosíthatóak voltak első stádiumos fejlődési fázisban ( $L_1$ ) lévő lárvák, melyek szintén az *L. sericata* fajhoz tartoztak. Ez a második generációja lehetett a fajnak ugyanazon a mintán, de már kétséges volt, hogy számukra elegendő-e a megmaradt *nekromassza*, valószínűsíthető volt, hogy csak egy részük bábozódik majd be.

2020. 08. 21. A hőmérséklet 31 Celsius-fok, páratartalom 36%, erős napsütés volt ezen a napon. Napi átlaghőmérséklet: 20 Celsius-fok. A tetemrészlet már masszaserű, az anatómiai struktúrák szinte felismerhetetlenek, a bomlás az erőteljes erjedés szakaszában van. A minta erős záptojásszagot árasztott. A tetemrészleten már csak a fiatal, első lárvastádiumban lévő egyedek ( $L_1$ ) mutatnak táplálkozási magatartást. A kihelyezést követő 11. napon (264 óra elteltével) a harmadik stádiumban lévő lárvák ( $L_3$ ) már valamennyien a tetemrészlet körüli talajba ásták magukat, és kb. 4-5 cm mélyen a talajban helyezkedtek el. Mozogásuk lelassult, a testszegmentumaik összehúzódtak, cuticulájuk erősen barnás színű. Ezen magatartási, illetve morfológiai jellegek egyértelműen a hamarosan bekövetkező bábozódást *jelzik*. Közvetlenül a *puparialis* szakasz előtt a mérések alapján a lárvák hossza 16-18 mm, szélességük 4-5 mm.

2020. 08. 22. A hőmérséklet 31 Celsius-fok, a páratartalom 46%. Napi átlaghőmérséklet 24,5 Celsius-fok. A tetem erősen erjedő szagot áraszt, *parciálisan ske-*



*letonisált*. A lárvák közül már csak nagyon kevés figyelhető meg a tetemrészleten. Átvizsgálva a talajt már pupariális stádiumban lévő egyedek is megfigyelhetők voltak a kihelyezést követő 12. napon (288 óra elteltével). A pupák méretükben eltérnek egymástól, egyaránt voltak kisebb és nagyobb méretűek is közöttük (4. kép). A kisebb méretű bábok feltehetően a második generációjuk közül alakulhattak ki, amelyek számára a nagyobb részben már lebomlott tetemrészlet nem nyújtott elegendő táplálékforrást. Ezek a táplálékforrás hiányának következtében kisebb méretű lárvaként bábozódtak be. Ezekből a második generációs lárvákból kifejlődő példányoknak nincs forenzikus jelentősége.

2020. 08. 23. A hőmérséklet 27 Celsius-fok, a páratartalom 29%. Az időjárás napos, az átlaghőmérséklet 20,5 Celsius-fok. A tetemrészlet a vizsgálatot követő 13. napon (312 óra elteltével) már csaknem 90%-ban elbomlott, csupán néhány kiszáradt bőrmaradvány, illetve ízületiszalag-részlet borította a csontokat. A nitrogénvegyületek bomlásának következtében dohos szagot áraszt. A maradványon már egyáltalán nem található táplálkozó lárvák, mivel mindegyikük a környező talajrészletbe migrált, s a legtöbbjük már be is bábozódtott. Dögbogarak közül a *Thanatophilus sinuatus* egy példánya volt jelen, de szaporodására utaló jelet nem mutatott. A kiszáradt maradványokon, illetve a környező talajszemcsék között néhány *Formica rufa*-példány fordult elő. A bebábozódtott egyedek esetében a PMI (*post mortem intervallum*) minimális része nem adható meg olyan pontossággal, mint a lárvák esetében. A *forenzikus entomológia* szerint minél sötétebb egy *pupa*, annál idősebb.

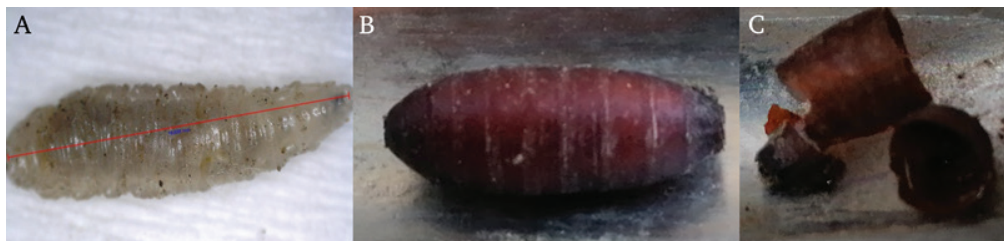
2020. 08. 24. Az átlaghőmérséklet 22 Celsius-fok, a páratartalom 33%, erős napsütés jellemezte az időjárást. A tetemrészlet a 14. napon (336 órával a kihelyezést követően) *entomofaunisztikai* szempontból már csak a dögbogarak táplálékforrása. Nagy számban fordult elő a tetemrészleten a Cleridae családba tartozó *Necrobia rufipes*. A faj szakirodalmi adatok szerint *necrophag*, illetve *carnivora* életmódot egyaránt folytat, élelmiszeripari termékekben (füstölt húskok stb.) is előszeretettel szaporodik. A kihelyezett mintán óvatos magatartási mintázatot mutatott, a tetemrészlet minimális mozgására érzékenyen reagált, elrepült, vagy a mumifikálódott bőrmaradványok közé rejtőzött. Annak ellenére, hogy ragadozó táplálkozást is folytat – ismert róla, hogy légylárvákat is fogyaszt –, megfigyeléseink szerint a mintán nem a *L. sericata*-lárvákat és -bábokat kereste fel, hanem a kiszáradt bőrmaradványokat fogyasztotta. A faj szaporodására utaló jeleket nem lehetett azonosítani.

A *Necrobia rufipes* (Fabricius, 1781) irodalmi adatok szerint is nagy számban lehet jelen a kiszáradt maradványokon, és ilyenkor számos *arteficialis* jelenséget okozhat (vagy éppen tehet tönkre). Mivel a táplálkozása során képes tömeges járatokat rágni a *mumifikálódott* bőrön („ami lövéses sérülésekre megtevesztően emlékeztethet”), ezért a *forenzikus entomológiában* nem egyértelműen (eltérően) ítéltető meg a jelentősége. A fajról leírták, hogy több ezer éves egyiptomi múmiákat is kolonizáltak *archeológiai* feltárását követően (korábban *Necrobium mumiarum* Hope, 1834 néven volt ismeretes), így a régészet „kártékony fajként” tartja számon.

2020. 08. 25. A hőmérséklet a vizsgálatkor 28 Celsius-fok, az átlaghőmérséklet 22,5 Celsius-fok, a páratartalom 34%. A tetemrészleten néhány *Necrobia rufipes*, illetve a Silphidae családba tartozó *Thanatophilus sinuatus* volt kimutatható, de a szaporodásukra utaló jelek nem voltak kimutathatóak. A *L. sericata*-bábok *cuticulája* sötétebb az elmúlt napokhoz képest, a színváltozás a kronológiai öregeddéssel fokozódik. A vizsgálatok során is tapasztalható volt az, hogy az idősebb példányok *cuticulája* nemcsak sokkal sötétebb, de az idősebb példányok bábjai nagyobbak is. A 15. napon, 360 órával a kihelyezést követően már aktív rovartevékenység nem észlelhető, a dögbogarak is elég óvatos viselkedést mutatnak a mintán. A tetem dohos szagot áraszt, a napsütésnek kitett csonthártyarészletek kezdenek kiszáradni, így megindult a *skeletalis degradáció*, melyet *diagenezisnek* neveznek a *forenzikus és tafonómiai* szakirodalomban.

A vizsgálatok minden lárvaegyed bebázódása után továbbra is napi szinten folytatódtak, de már csak a *forenzikus* szempontból fontos változások rögzítésére került sor, melyekből két vizsgálati nap eredménye volt figyelemre méltó.

2020. 08. 30. A kihelyezést követő 480 óra elteltével (20. nap) már azonosíthatóak voltak az *L. sericata* üres bábjai. A kihelyezést követő 20 nap elteltével az első generáció kifejlődött. *Forenzikus* szempontból ezek az egyedek a legfontosabbak, hiszen az *L. sericata* első generációjához tartoznak, lárvaállapotukat tekintve a tetemen a friss stádiumban is jelen voltak, vagyis elsőként ők voltak (illetve lehettek) a „*halál szemtanúi*” (5. ábra).



**5. ábra.** *L. sericata* lárvája és bábja. A) Az *L. sericata* harmadik fejlődési fázisban lévő lárvája ( $L_3$ ), B) bábja, C) az üres báb a kifejlődést követően.

2020. 09. 01. A kihelyezést követően 528 óra múlva, a 22. napon sikerült azonosítani néhány *Necrobia rufipes*-petét is, melyek a talajhoz közel helyezkedtek el egy bőrrészleten. A további vizsgálatok során, mely még több hétig tartott, figyelemre érdemes esemény nem történt, de megállapítható volt, hogy a kevés *Necrobia rufipes*-pete nem fejlődött tovább, lárvák nem alakultak ki belőlük.



## Vizsgálati eredmények, következtetések

Az elpusztult állati szervezetek, a tetemek ökológiai szempontból múlandó tápanyagforrást képviselnek, és számos más élőlényre (gerinces és gerinctelen) gátló „elfogyasztási hatással” bírnak. Ez alól a *necrophag* szervezetek képeznek kivételt, amelyek ez által táplálékuk megszerzése során *kompetíciós* előnyre tesznek szert. A tetem ökológiája egy központi koncepcióegység, amely energetikailag összeköt minden élőlényt, mely kapcsolatba kerül vele. A *necrophag* szervezetek közül kiemelt jelentőségűek a rovarok.

A vizsgálatok időtartama alatt egy faj, a *L. sericata forenzikus* tevékenysége volt részletesebb is elemezhető. Más fajok is kimutathatóak voltak, de csak a *L. sericata* mutatott akkora kolonizációs készséget, hogy a mintaként kihelyezett tetemrészleten aktívan szaporodni is tudott.

A vizsgálatok alapján a *L. sericata* a minta kihelyezést követően 25 perc múlva jelent meg a mintaként szolgáló tetemrészleten.

Elsőként a minta kihelyezését követően 24 óra elteltével helyezte el petéit a kísérleti tetemrészlet felületén. A petékből első fázisú lárvák ( $L_1$ ) a 2. napon (24 óra múlva), a második fázisú lárvák ( $L_2$ ) 3 nap (72 óra) múlva, majd a harmadik fázisú lárvák ( $L_3$ ) a 4. nap (96 óra) elteltével fejlődtek ki. A mindhárom fejlődési fázisban lévő lárvák intenzív táplálkozásának következtében az első bebábozódásukig szinte teljes egészében elfogyasztották a kihelyezett minta lágy részeit.

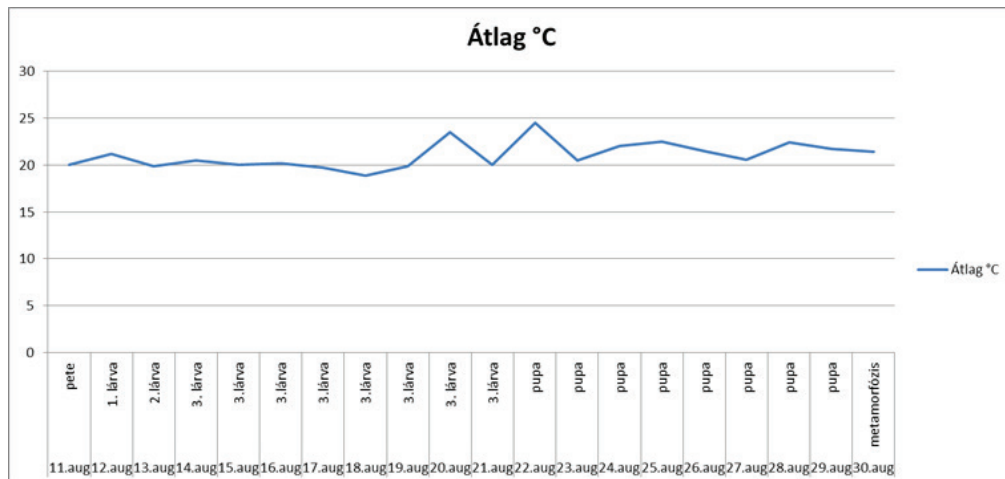
A bebábozódás 12 napot (288 óra) követően kezdődött el, a talajban bábozódás fokozatosan ment végbe, a 19. napon (356 óra) fejeződött be, az adult egyedek 20 nap (480 óra) elteltével fejlődtek ki (6. ábra).

A *L. sericata*-lárvák táplálkozásuk alatt elfogyasztották a kihelyezett mintatekem nagy részét, ennek következtében táplálékforrás már nem vagy csak korlátozott mennyiségben volt elérhető a későbbiekben a 15. napon (460) megjelenő *necrophag* rovarok számára, amelyek közül *Ablattaria laevigata*, *Sarcophaga carnaria*, *Thanatophilus sinuatus*, *Necrobium rufipes* fajokat sikerült azonosítani. Közülük a *Necrobium rufipes* néhány petét elhelyezett ugyan a tetemrészleten, de szaporodási kísérletük sikertelennek bizonyult.

A *L. serricata* faj teljes metamorfózisa vizsgálatok során 20 napot vett igénybe 20 Celsius-fok feletti átlaghőmérsékleteken.

### Vizsgálati eredmények összevetése a nemzetközi kutatások adataival

A kísérletnél használt tetemrészleten a vizsgált faj két generációs fejlődést mutatott. A *L. sericata* faj teljes metamorfózisa a vizsgálatok során 20 napot vett igénybe 20 Celsius-fok feletti átlaghőmérsékleteken.



**6. ábra.** A *L. sericata* egyedfejlődése és az átlaghőmérséklet alakulása a metamorfózis időszaka alatt.

Vizsgálati eredményeink jó megegyezést mutatnak az irodalmi adatokkal. „Ha egy holttest esetében üres bábokat találunk, akkor légyfajok esetében a halál megközelítőleg 20 nappal ezelőtt állhatott be, 20 Celsius-fok feletti átlaghőmérsékleten” (TARONE, A. M. et al. 2001). Megjegyzendő azonban, hogy ettől kisebb-nagyobb mértékben eltérő eredményeket is találhatunk a nemzetközi irodalmakban. Az esetleges kisebb-nagyobb eltéréseket a környezeti tényezők befolyásolhatják.

A *Lucilia sericata* egy kozmopolita faj, melynek fejlődését, a többi rovarhoz hasonlóan, *biotikus* és *abiotikus* tényezők is nagymértékben befolyásolják. A *L. sericata* hűvös éjszakai körülmények között is petézhet, amely nem jellemző a Calliphoridae családba tartozó, hozzá közel álló rokon fajokra. Ez a viselkedése nem gyakori, mivel a napnyugta után rövid idő áll rendelkezésre a peték lerakására. A kutatók feltételezik, hogy a területet megvilágító mesterséges fények is szerepet játszhatnak a faj napnyugtát követő petezésében (CATTS és GOFF 1992, BALDRIDGE et al. 2006).

A lárvák fejlődését is számos más tényező befolyásolja, beleértve az élelmi-szer-forrást (tetem) és a páratartalmat, hőmérsékletet stb. (TARONE et al. 2006).

*L. Sericata*-lárvák fejlődésének minimális hőmérsékleti határa 8 °C és 10 °C, és maximális hőmérsékleti határa 35 °C és 37 °C. Ez alatti és feletti hőmérsékleten *metamorfózisa* nem teljes, fejlődésében zavarok léphetnek fel. (PRUNA et al. 2019)

A *L. sericata* eltérő hőhatású viselkedést mutat az elterjedési területén, és teljes *metamorfózisának* idejében a különböző *zoogeográfiai régiókban* is eltérések lehetnek (GRASSBERGER, M. and C. REITER 2001).

A *L. serricatának* évente 3-4 generációja is kifejlődhet, a generációk átfedhetnek (ANDERSON és KAUFMAN, 2011). Kétgenerációs (vagy alkalmanként többgenerációs), eltérő fejlődési fázisban lévő lárvák egyszerre, együtt is előfordulhatnak egy tetemen. A lárvák 3-4 napig érlelődnek, az élelmiszerforrás (tetem jelenléte) mellett a környezet páratartalma is befolyásolja a lárvaállapotban töltött idő tartamát. Amint eléri a harmadik fázisú stádiumot ( $L_3$ ), a lárvák elhagyják a táplálékforrást, és a talajba fúródva 7-10 nap alatt bábozódnak be. A báb fejlődése 21 °C-on kb. 10 nap, 27 °C-on 7 nap (ANDERSON 2000).

A *L. sericata*-báb talajban elfoglalt helyzetének átlagos mélységét a talaj szerkezete is befolyásolja. Tömörítetlen talajban 4,4 cm, nagy tömörítésű talajban 0,5 cm mélyre fúrja be magát. A magas tömörítésű talajban a bábfejlődése 10,5-18,8 órával eltolódhat (CAMMACK, J. 2009). Cammack szerint fontos a talaj egyéb tulajdonságainak a *forenzikus* rovarok fejlődésére gyakorolt hatásával az igazságügyi rovaroknak is foglalkoznia.

WARREN J. et al. (2018) vizsgálati eredményei szerint a *L. sericata metamorfózisidejének* alakulásában a tetem (és a tetem egyes szerveinek) hústípusa is szerepet játszhat. A vizsgálataik során a marha máján és szívéen, a sertés máján és szívéen 20,6 °C-os átlaghőmérsékleten nevelt *L. sericata metamorfózisa* 20 napig tartott.

A környezeti változók összességében nem figyelmen kívül hagyható szerepet játszanak a *L. sericata metamorfózisában*, ezáltal a tetem lebomlásának folyamatában, ami hatással van a tápanyagok *necrophag* lebontókon keresztüli körforgásának sebességére.

## Következtetések

A bűnügyi helyszínek vizsgálata során fontos szempont a környezeti tényezők vizsgálata is. A *necrophag* rovarok *taxonómiáján* és *morfológiáján* túl ezeknek a rovarfajoknak a *forenzikus* ökológiájára és *etológiájára* is figyelmet kell fordítani.

A *necrophag* rovarok kolonizációs képességét a rendelkezésre álló táplálékforrás (tetem) és az ökológiai tényezők együttesen határozzák meg. A tetem is környezeti tényezőnek tekinthető a *necrophag* rovarok számára. A tetem bomlása számos *interakciót* tartalmaz az azt fogyasztó *organizmusok* és a környezet között. A tetemen lévő lágyszövetek elbomlása nemcsak kémiai folyamat, hanem biológiai is, biológiai aktivitás nélkül a kémiai bomlás nagy része nem következne be. Egy tetem jelentős hatással lehet a környezetre, mely összefügg a testmérettel, de már egy egér méretű tetem is nagyszámú rovart csalogathat maga köré, a tetem másodlagos szukcessziót eredményezhet közvetlen környezetének rovarfaunájára, aminek *forenzikus* szempontból is nagy jelentősége van.

A vizsgálatokból levonható legfontosabb következtetés az, hogy az igazságügyi rovarügyi vizsgálatoknak is komplexnek és átfogónak kell lennie. A vizsgálatoknak nemcsak a rovarok *morfológiai* és *taxonómiai* jegyeire kell kitérnie, hanem azok ökológiai, magatartási jegyeit is tanulmányozni kell. Egy helyszín vizsgálata során továbbá talajtani, botanikai, *tafonómiai* vizsgálatokat is kell végezni, hiszen a legpontosabb eredményeket a halál időpontjára vonatkozóan ezek együttes vizsgálatának eredményei alapján nyerhetjük.

### Irodalomjegyzék:

- APPERSON, C. S., ARENDS, J. J., BAKER, J. R., CARTER, C. C., PAYNE, C. S. (2011). Blow flies. *Insect and Related Pests of Man and Animals*. [http://ipm.ncsu.edu/ag369/notes/blow\\_flies.html](http://ipm.ncsu.edu/ag369/notes/blow_flies.html) (30 August 2011).
- ANDERSON, G. S. (2000). Minimum and maximum development rates of some forensically important Callophoridae (Diptera). *Journal of Forensic Science* 45, 824–832.
- ANDERSON, M., KAUFMAN, P. (2011). „Common Name: Common Green Bottle Fly Sheep Blow Fly” (On-Line) Featured & Creatures Entomology and Nematology [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/flies/lucilia\\_sericata.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/flies/lucilia_sericata.htm). Megtekintve: 2020. 12. 29.
- BALDRIDGE, R. S., WALLACE, S. G., KIRKPATRICK, R. (2006). Investigation of nocturnal oviposition by necrophilous flies in central Texas. *Journal of Forensic Science*, 51, 125–126. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2005.00022.x>
- BENECKE, M. (2001). A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*, 120(1-2), 2–14. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00409-1](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00409-1)
- BROUARDEL, P. (1897). De la détermination de l'époque de l'naissance et de la mort d'un nouveau-né, faite à l'aide de la présence des acares et des chenilles d'aglosses dans un cadavre momifié (Détermination of the postmortem interval/time of birth of a new-born child by use of larvae from the genus *Aglossa* on a mummified corpse), *Ann. Hyg. Pub. Med. Leg.* 2, 153-158
- CAMMACK, J. (2009). „Effects of Parasitism and Soil Compaction on Pupation Behavior of the Green Bottle Fly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae).” *All Theses*. 644. [https://tigerprints.clemson.edu/all\\_theses/644](https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/644)
- CATTS, E. P., GOFF, M. L. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*, 37, 253–272.
- DEKEIRSSCHIETER, J., VERHEGGEN F., LOGNAY, G., HAUBRUGE, E. (2011). HAUBRUGE: Large carrion beetles (*Coleoptera, Silphidae*) in Western Europe: A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(3), 435–447.

- FISHER, P., WALL, R., ASHWORTH, J. (1998). Attraction of the sheep blowfly, *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) to carrion bait in the field. *Bulletin of Entomological Research*, 88(6), 611–616. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485300054274>
- GRASSBERGER, M., REITER, C. (2001). Effect of temperature on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) development with special reference to the isomegalen- and isomorphen-diagram. *Forensic Science International*, 120(1-2), 32–36. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(01\)00413-3](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(01)00413-3)
- HOFMANN, O. (1886). Observations de larves de Dipteres sur des cadavres exhumes (Observations on Diptera larvae on exhumated corpses), C. R. Seances Soc. Ent. Belg. 74, 131–132. (in French)
- HOROSZKIEWICZ, S., (1902) Casusistischer Beitrag zur Lehre von der Benagung der Leichen durch Insecten (A case report concerning the feeding of insects on human corpses), Vjschr. Ger. Med. (3 Folge) 23, 235–239.
- KENYERES BALÁZS (1925–1926): A törvénytudományi orvostan tankönyve I–II. Budapest, Magyar Orvosi Könyvkiadó Társulat.
- KLINGELHOFFER, Zweifelhafte Leichenbefunde durch Bena-gung von Insekten (Misinterpretation on the cause of death as a result of insects feeding on corpses), Vjschr. Gerichtl. Med. 25 (1898) 58–63 (in German)
- LECLERCQ, M. (1968). Entomologie en Gerechtelijke Geneeskunde (Entomology and legal medicine). *Tijdschr. Geneeskunde*. 22, 1193–1198 (in Flamish).
- LECLERCQ, M., QUINET, L. (1949). Quelques cas d'application de l'entomologie a la determinaton de l'epoque de mort (Several cases concerning the application of entomology on determination of postmortem interval). *Ann. Med. Leg.* 29, 324–326 (IN FRENCH)
- MASCHKA, J. (1881). Angeblicher Tod eines Kindes infolge von Verletzungen. Naturliche Todesart. Entstehung der Verletzung nach dem Tod durch Ameisenbisse (Alleged death of a child due to injuries. Natural cause of death. Injury patterns caused by ant bites), *Vjschr. Ger. Med. N.F.* 34, 193–197 (in German)
- MOTTER, M. G. (1898). A contribution to the study of the fauna of the grave. A study of on hundred and fty disinterments, with some additional experimental observations, *J. N. Y. Entomol. Soc.* 6, 20–233.
- MEGNIN, P. (1896). Note sur une collection d' insectes des cadavres interessants a connatre au point de vue medico-legal, offerte au Museum, *Bull. Mus. Hist. Nat.* 10, 187–190. (in French)
- MEGNIN, P. (1894). La faune de cadavres. Application de l'entomologie a la medicine legale, *Encyclopedie scienti®que des Aides-Memoire*, Masson, Paris Gauthier-Villars, Paris (in French)

- NUORTEVA, P., ISOKOSKI, M., LAIHO, K. (1967). Studies on the possibilities of using blowflies (Dipt.) as medicolegal indicators in Finland. 1. Report of four indoor cases from the city of Helsinki, *Ann. Entomol. Fenn.* 33, 217–225.
- NUORTEVA, P., SCHUMANN, H., ISOKOSKI, M., LAIHO, K. (1974). Studies on the possibilities of using blowflies (Dipt., Calliphoridae) as medicolegal indicators in Finland. 2. Four cases where species identification was performed from larvae, *Ann. Entomol. Fenn.* 40, 70–74.
- Noutcha J. I., M. Aline E. (2019). Succession Patterns and Diversity of Arthropods Associated with Decomposing Domestic Rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L, 1758) in Different Habitats. *Environment and Ecology Research*, 7(6), 303–312. DOI: <https://doi.org/10.13189/eer.2019.070601>.
- PRUNA, W., GUARDERAS, P., DONOSO, D. A., BARRAGÁN, Á. (2019). Life cycle of *Lucilia sericata* (Meigen 1826) collected from Andean mountains. *Neotrop. Biodivers.* 5, 3–9. DOI: <https://doi.org/10.1080/23766808.2019.1578056>.
- REINHARD, H. (1882). BEITRÄGE ZUR GRABERFAUNA (CONTRIBUTIONS ON THE FAUNA OF GRAVES), VERH. K. VERH. K. & K. ZOOL.-BOT. GES. WIEN 31 207–210 (IN GERMAN)
- RUEDA, L. C., ORTEGA, L. G., SEGURA, N. A., ACERO, V. M., BELLO, F. (2010). *Lucilia sericata* strain from Colombia: Experimental colonization, life tables and evaluation of two artificial diets of the blowfly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae), Bogota, Colombia strain. *Biological Research*, 43, 197–203. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0716-97602010000200008>
- ROULSTON, T. H., CANE, J. H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Pl Syst Evol* 222, 187–209. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00984102>
- TARONE A. M., FORAN D. R. (2006). Components of developmental plasticity in a Michigan population of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology* 43, 1023–1033.
- TARONE, A. M., PICARD, C. J., SPIEGELMAN, C., FORAN, D. R. (2011). Population and temperature effects on *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) body size and minimum development time. *Journal of Medical Entomology*, 48(5), 1062–1068. DOI: <https://doi.org/10.1603/me11004>
- SÓTONYI P. (2011). Igazságügyi orvostan (negyedik bővített kiadás, ISBN 978 963 331 174 5) Semmelweis Kiadó, Budapest [www.semmelweiskiado.hu](http://www.semmelweiskiado.hu)
- Swartz D. (1934). *Haláljelenségek, különös tekintettel a holttesten található sérülések keletkezésének meghatározása*. Budapest, M. Orvosi KvK. Társ.
- WARREN, J.-A., RATNASEKERA, T. D. P., CAMPBELL, D. A. and ANDERSON, G. S. (2018). Hyperspectral measurements of immature *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) raised on different food substrates. *PLoS ONE* 13(2): e0192786. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192786>