

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Mészáros János László**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Növényvédelmi Intézet**

**Növényorvos mesterképzési szak**

**A kutikuláris szénhidrogének szerepe a hangya-levéltetű  
mutualista kapcsolatban**

**Belső konzulensek:** Dr. Markó Viktor, egyetemi  
tanár

Dr. Markó Gábor, egyetemi  
docens

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Növényvédelmi Intézet,  
Rovartani Tanszék

**Készítette:** **Mészáros János László**

**Budapest**

**2024**

## Tartalomjegyzék

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Bevezetés .....   | 2  |
| 2     | Célkitűzés.....   | 3  |
| 3     | Irodalmi áttekintés .....   | 4  |
| 3.1   | A levéltetvek.....  | 4  |
| 3.2   | Testfelépítésük.....  | 4  |
| 3.3   | A levéltetvek életsiklusa.....  | 6  |
| 3.4   | A zöld gyöngyvessző levéltetű .....                                       | 8  |
| 3.5   | A levéltetvek kártétele .....   | 8  |
| 3.6   | A hangyák.....  | 10 |
| 3.7   | Hangyakolóniák szerveződése .....   | 11 |
| 3.8   | <i>Lasius niger</i> jellemzése .....                                      | 12 |
| 3.9   | Hangya és levéltetű kapcsolatok .....                                     | 13 |
| 3.10  | A kutikuláris szénhidrogének szerepe a hangya-levéltetű kapcsolatban..... | 15 |
| 4     | Anyag és módszer .....  | 18 |
| 4.1   | Az állatok gyűjtése és nevelése .....                                     | 18 |
| 4.2   | A vizsgálat menete .....  | 18 |
| 4.3   | A viselkedések leírása .....  | 20 |
| 4.4   | Statisztikai analízis .....   | 21 |
| 5     | Eredmények .....  | 22 |
| 5.1   | Aktivitás tesztelése .....  | 22 |
| 5.2   | Viselkedési változók vizsgálata.....                                      | 23 |
| 5.2.1 | Antennálás vizsgálata .....   | 24 |
| 5.2.2 | Gyöngymászás vizsgálata.....  | 26 |
| 5.2.3 | Harapás vizsgálata.....   | 28 |
| 5.2.4 | Savazás vizsgálata .....  | 30 |
| 6     | Következtetések és javaslatok.....  | 32 |
| 7     | Összefoglalás .....   | 34 |
| 8     | Köszönetnyilvánítás .....   | 36 |
| 9     | Irodalomjegyzék .....   | 37 |
| 10    | Táblázatok és ábrák jegyzéke.....   | 41 |
| 11    | Melléletek.....   | 42 |

# 1 Bevezetés

A levéltetvek és hangyák kapcsolata régóta ismert és kutatott kérdésköre mind a biológia, mind a növényvédelem szakterületének. A levéltetvek kártétele a mezőgazdaságban jelentős, a tápanyagok elvonása a növényektől és a levéltetvek által terjesztett vírusok csökkentik a betakarítható termés mennyiségét és rontják annak minőségét. A napjainkban lejátszódó klímaváltozás és felmelegedés, valamint globalizáció tovább fokozhatja a csoport jelentőségét, hiszen újabb fajok jelennek meg, és az utóbbi évek enyhe telei jó példázzák, hogy ezek az új, sokszor mediterrán vidékről származó fajok hazánkban is áttelelhetnek. Az új fajok megjelenésével a termesztőknek olyan kártételekkel is számolniuk kell, amelyek hazánkban nem fordultak eddig elő.

A levéltetvek felszaporodását és kártételét gyakran segíti speciális kapcsolatuk a hangyákkal. Ez a mutualista kapcsolat mindkét fél számára előnyöket biztosít. A levéltetvek cukrokban gazdag mézharmattal látják el a hangyákat, akik e táplálékért cserébe védelmet biztosítanak a ragadozó rovarokkal szemben. Sok esetben a hangyák jelenléte nélkül a levéltetűpopulációk egyedszáma és kártétele is kicsi marad, hiszen a ragadozók nagymértékben gyérítik a populációjukat, és nem engedik egyedszámukat a kártételi szint fölé növekedni.

Sok kutatás foglalkozott már ezen kapcsolattal és az azt befolyásoló tényezőkkel. A hangyák számára fontos, hogy megtalálják és felismerjék a levéltetveket, illetve azt, hogy ezek velük kooperáló (mirmekofil) fajok, melyek számukra kedvező mézharmatot tudnak termelni, vagy nem mirmekofil fajok, melyek potenciális zsákmányt jelenthetnek. Ebben a felismerési folyamatban segítenek a levéltetvek kültakaróján található kutikuláris szénhidrogének. A kutikuláris szénhidrogéneket képesek a hangyák érzékelni és segítségével sikeresen beazonosítani a levéltetveket, de akár fajtársaikat vagy más hangyafajokat is. Az is bizonyított, hogy a kutikuláris szénhidrogének összetétele fajonként változik, sőt fajon belül is eltérhet. Ezen vegyületek ismerete előrébb viheti a kutatókat abban, hogy jobban megértsék a hangyák és levéltetvek kapcsolatát.

Az integrált növényvédelem részét képezi a körültekintő, a hasznos szervezetek kímélő növényvédelem. A rovarok közötti kommunikáció vizsgálatával új ismeretekre tehetünk szert, melyeket a későbbiekben a károsítók elleni, környezetkímélő védekezésben is felhasználhatunk.

## 2 Célkitűzés

Kutatásom során levéltetvek és hangyák kapcsolatával, illetve az ezt befolyásoló kutikuláris szénhidrogénekkal foglalkoztam. A hangyák a mutualista partnereiket a kutikula felületén található vegyületek segítségével ismerik fel. Ezen vegyületek hatása a rovarok viselkedésére jelenleg is kutatott kérdésköre a tudománynak.

Munkám célja annak megállapítása volt, hogy a levéltetvek kutikuláris szénhidrogénjei hogyan hatnak a hangyák viselkedésére. Ennek érdekében az alábbi három kérdésekre kerestem a választ:

1. Befolyásolják-e az *Aphis spiraecola* levéltetvek kutikuláris szénhidrogénjei a *Lasius niger* hangyafaj dolgozóinak viselkedését?
2. Milyen viselkedési válaszokat adnak a hangyák a levéltetvek kutikuláris szénhidrogénjeire?
3. Van-e különbség a különböző hangyakolóniákból származó egyedek viselkedési válaszaiban?
4. Dózisfüggő-e a kutikuláris szénhidrogének hatása a hangya dolgozók viselkedésére?

## 3 Irodalmi áttekintés

### 3.1 A levéltetvek

A levéltetvek a rovarok osztályába és a félfedelesszárnyúak (*Hemiptera*) rendjébe, a növényi tetvek (*Sternorrhyncha*) alrendjébe és a valódi levéltetvek (*Aphididae*) családjába tartoznak. A levéltetvek családja sikeresnek mondható a rovarok között. Fő elterjedési területük az északi félteke régióiban van (Heie, 1994). Általánosan elmondható róluk, hogy kis méretük és gyors szaporodásuk miatt rövid időn belül nagy egyedszámú populációkat képesek kialakítani. Évente sok nemzedék és nagy fekunditás jellemzi őket. A levéltetvek csoportjába tartozó fajok száma, a többi rovarcsaládokhoz képest, viszonylag kicsi, máig körülbelül 4700 fajt írtak le (Remaudière és Remaudière, 1997). Hazánkban mintegy 800 faj fordul elő, a jelentősebb kártételt okozó fajok száma globálisan 300 körülire becsülhető (Blackman és Eastop, 2000).

A levéltetvek teste gyengén kitinizált, színük sokféle lehet, többnyire zöld, sárga vagy barna. A többi rovartól mind testfelépítésben, mind szaporodásukban jelentősen eltérnek. A levéltetvek növényi nedvekkel táplálkoznak. A legtöbb faj zárvatermőkön él, de egyes fajok fenyőkön, algákon, illetve moszatokon is táplálkoznak (Patch, 1938).

Speciális életmódjuk miatt jól alkalmazkodtak a tápnövényükhöz. Az lárvák és imágók életük során általában kis távolságokat tesznek meg, de a szárnyas egyedek aktívan repülnek és különösen a szél segítségével több száz kilométer távolságot is képesek megtenni. Fontos jellemzőjük, amiben eltérnek a többi rovar családtól, hogy a nőstényeknek többnyire nem szükséges megtermékenyítés az újabb nemzedék létrehozásához. Ez a szűznemzés. Mindegyik fajnak több megjelenési formája lehet, melyek morfológiában és biológiai sajátosságaikban is eltérnek egymástól. A nőstények ennek megfelelően lehetnek szárnyasok vagy szárnyaltanok is. Ezt nevezi a tudomány polimorfizmusnak (Dixon, 1973).

### 3.2 Testfelépítésük

A levéltetvek szűrő-szívó szájszervű rovarok, fejükön összetett szem, a szárnyas alakokon három pontszem is található, A szárnyas alakok szemei fejlettebbek, mint a szárnyaltanaké. A csápjuk legtöbbször 3-6-izből áll. Közülük az első kettő az alapíz, a többi az ostort alkotja. A csápoknak a tapintásban és szaglásban is jelentős szerepük van. A csápok vagy közvetlenül a homlokról, vagy az úgynevezett csápdudorról erednek (Szelegiewicz, 1977).

Szájszervük a szipóka, melyet két-két mandibuláris és maxilláris stylet alkot. Ezek két csatornát alakítanak ki, az egyik csatornán a levéltetű a nyálát juttatja a növénybe, a másik

csatornán a táplálékot szívja fel. Ha nem használják a szájszervüket, akkor az a test hasi oldalán helyezkedik el. Az állat ritkán szűrja át a szöveteket, szájszerve inkább a növényi sejtek között halad előre, amíg el nem éri a floém nyalábokat és onnan veszi fel a táplálékot. A sejtek közötti átjutást a nyál is segíti, ami a maxilláris styleten keresztül jut a növényi szövetek közé (Dixon, 1973). A nyál pektinázt tartalmaz, mely feloldja a növényi szövetek közötti kötést. A maxiláris stylet végén izmok is találhatóak, melyek segítségével a stylet képes irányt váltani a szövetek között. Ez lehetővé teszi, hogy az állat jobban feltérképezze az adott növényi részt anélkül, hogy a szájszervét kihúzná (Dixon, 1973).

A szárnyas egyedek testtájai úgy, mint a fej, a tor és a potroh jól elválaszthatók, míg a szárnyatlanoknál ugyanezen testtájak nem különülnek el egymástól éles határokkal. A szárnyas és szárnyatlan alakok tora eltérő, a szárnyatlanoké kevésbé differenciálódott és szklerotizált, mint a szárnyas egyedeké. A szárnyak átlátszóak, heteromorfok, ritkán foltok is találhatóak rajtuk. A szárnypárokat horgocskák kapcsolják össze, melyek száma fajtól függően 2-5 lehet. A szárnyak laposan vagy háztetőszerűen helyezkedhetnek el a potroh felett (Szelegiewicz, 1977).

Lábaik legtöbbször egyneműek, hosszuk igen eltérő lehet. A legtöbb faj lábai egyszerű járólábak. A láb részei a csípő, a tompor, a comb a lábszár és a lábfej, melynek két ízű végén rendszerint két karom található. Egyes fajok csípője jelentősen megnagyobbodhat vagy megnyúlhat. A tompor visszafejlődött, sokszor teljesen összenőtt a combbal. A lábszár végén tapadóhólyagocskák vagy vastag tüskék találhatóak. Az ivaros nőstények lábán gyakran több illatmirigy is megfigyelhető. A lábfejen található két íz közül, az elsőt tőíznek nevezik, mely rendszerint rövid. A második íz mindig meglehetősen hosszú, itt két karom található, illetve egyes fajoknál sörték, melyek biztosítják a levélfelülethez történő tapadást. A potroh a lárvánál 9 míg az imágóknál 10 szelvényből áll, de ezek nem határolódnak el egymástól jelentősen. Az egyes testszelvények haslemezekből és hátlemezekből állnak. Az utolsó hátlemez neve *cauda* vagy farkocskák, melynek alakja fajonként eltérő lehet. A potrohon található még 6-7, ritkábban 5 pár légzőnyílás. Az ötödik potrohszelvényen fekszik a szimmetrikusan elhelyezkedő potrohcső vagy *sipho*. Alakja családonként sőt nemzetségenként is eltérő lehet, egyes fajoknál hiányozhat is. A potrohcsőnek a védekezésben van fontos szerepe. A levéltetvek másik kiválasztó szervei a viaszmirigyek, melyek leginkább az ősi fajokon fordulnak elő. Ezen kívül úgynevezett marginális szemölcsök találhatóak még a potrohon, melyek a potroh hátlemezén a légzőnyílások közelében helyezkednek el (Szelegiewicz, 1977).

### 3.3 A levéltetvek életrajza

A mérsékelt égövi régiókban a levéltetvek leggyakrabban tojás formában vészlik át a telet. A tojásokból kora tavasszal ősanák (*fundatrix*) kelnek ki. A legtöbb levéltetűfaj holociklikus egyedfejlődéssel szaporodik. Ez azt jelenti, hogy a tavasszal megjelenő ősanák és utódnemzedékeik szűznemzéssel képesek szaporodni, majd az őszre megjelenik az utolsó előtti nemzedék, melyet ivaros alakokat szülő nőstények alkotják. Ezen nőstények lehetnek ivaros nőstényeket szülő egyedek (gynoparok), ivaros hímeiket szülő egyedek (androparok), illetve mindkét ivaros formát létrehozó egyedek (sexuparok). Az ivaros nemzedék rakja le az áttelelő tojásokat, ez biztosítja a levéltetvek számára a genetikai változatosságot (Wöhrmann és Tomiuk, 1988) . Az ivaros alakok kialakulását előidézheti a nappalok hosszúsága, az alacsonyabb hőmérséklet és a táplálék (tápnövény) romló minősége is (Dixon, 1973). Hazánkban a levéltetveknek 9-12 nemzedéke szokott kialakulni az időjárás függvényében.

Kedvező körülmények között, például üvegházakban, egyes fajok képesek anholociklikusan is fennmaradni. Ilyenkor az ivaros nemzedék nem jelenik meg, mivel a téli időszakot is melegben tölthetik az állatok. A globális felmelegedés is elősegítheti a levéltetvek életét, oly módon, hogy a nem őshonos, sokszor trópusi fajok az üvegházakból kijutva képesek az enyhe teleket átvészelni (Hullé et al. 2010). Ilyen trópusi fajok például a *Greenidea ficicola* (Takahashi, 1921) és a *Reticulaphis distylli* (van der Goot, 1917), melyek Ázsiából származnak, és már képesek áttelelni Dél-Európa egyes részein (Barbagallo et al. 2005) .

Az ivartalan egyedek polimorfok, lehetnek szárnyasok vagy szárnyatlanok. A szárnyas egyedek kialakulását több minden befolyásolhatja, úgymint a gazdanövény állapota, a levéltetvek egyedsűrűsége és nem utolsósorban a hangyák jelenléte. Szárnyas alakok legtöbbször akkor bukkannak fel, amikor túl sok egyed alkotja a levéltetű-telepeket, és ennek következtében a növény már jelentősen károsodik (Müller et al. 2001).

Sok levéltetűfaj mutualista kapcsolatban áll a hangyákkal. Ez a kapcsolat gátolja a szárnyas alakok megjelenését a levéltetű kolóniákban. Ezzel szemben az alacsony hőmérséklet és a hosszúnappalos megvilágítás serkenti a szárnyak megjelenését (Müller et al. 2001; Braendle et al. 2006).

A levéltetveknél gyakori a tápnövényváltás jelensége. Egyes fajok teljes életrajza egy növényen zajlik, ezeket egygazdás (monoecikus) fajoknak nevezzük. Vannak azonban olyan fajok, melyek vándorolnak és több tápnövényük is van (heteroecikus fajok). Ilyen esetben megkülönböztetjük a fő gazdanövényt, amin a tojások áttelelnek és a tavasszal kikelő ősanák táplálkoznak, illetve nyári tápnövényt, ami általában lágyszárú, egyéves növényfaj, melyen a



levéltetvek nyári nemzedékei táplálkoznak. A gazdanövényváltás leginkább annak tudható be, hogy tavasszal a fásszárú növények floémjában található nedvek sok nitrogént tartalmaznak. Nyáron viszont csökken a nitrogén mennyisége a növényi nedvekben, mivel a növény növekedése is lelassul. A nem gazdacserés levéltetvek ebben az időszakban kevesebb és kisebb méretű utódot hoznak létre. A lágyszárú növények növekedése viszont nyáron sem áll le, így ezek több fehérjét biztosíthatnak a levéltetvek számára. Ezenkívül a tavaszi időszakban gyakran ragadozók jelennek meg a téli, fásszárú gazdanövényeken, és azzal, hogy szárnyas alakokat hoznak létre, melyek más növényekre vándorolnak, a levéltetvek jelentősen csökkenthetik a rájuk nehezedő predációs nyomást. A szárnyas alakok megjelenése általában akkor történik, amikor a számukra kedvező nyári tápnövények elérhetővé válnak. Elsősorban a szárnyaik és a szél segítségével jutnak el az egyik növényről a másikra (Braendle et al. 2006).

A szárnyas alakok leszállás után próbaszívást végeznek, szondázzák a táplálékot. Ez kevesebb mint egy percig tart, ezalatt az egyed eldönti, hogy továbbmegy vagy marad. Azok a fajok, amik 1-2 tápnövénnyel rendelkeznek, speciális szín vagy illat alapján találják meg a gazdanövényt. A migráló egyedek kevesebb és kisebb utódokat hoznak létre, de gyorsabban szaporodnak, mint a szárnyatlan alakok. A szárnyas egyedek szaporodási rátája így kisebb, bár néha nem különbözik a szárnyaltanokétól (Campbell és Mackauer, 1977).

### 3.4 A zöld gyöngyvessző levéltetű

A zöld gyöngyvessző levéltetű (*Aphis spiraeicola*) egy hazánkban is előforduló, gazdanövényváltós levéltetűfaj. Téli tápnövényei a *Spiraea* nemzetségbe tartozó fajok, nyári tápnövényei változatosak lehetnek, főleg a *Caprifoliaceae*, *Rubiace*, és *Rosaceae* családokból kerülnek ki (Kaygin et al. 2009). Ez a faj, az északi mérsékelt övben holociklikusan szaporodik (Rakauskas et al. 2015). Megjelenését tekintve kis méretű, sárgászöld színű, kaudája és potrohcsövei feketék (Blackman és Eastop, 2000).



1. ábra *Aphis spiraeicola* levéltetvek gyöngyvesszőn (Fényképezte: Mészáros János)

### 3.5 A levéltetvek kártétele

A levéltetvek kártétele egyrészt a nagy egyedsűrűségükkel, másrészt, vírusvektor szerepükkel van összefüggésben. Táplálkozásuk során nagy mennyiségű vizet és tápanyagot vonnak el a növénytől, melynek hatása a növény növekedésnek csökkenésében mutatkozik meg. Egy kísérlet során szántóföldi búzában 72%-os termésveszteséget okozott a levéltetvek táplálkozása (Rabbinge et al. 1981). Az állatok közvetlenül a floémnyalábokból táplálkoznak, az ott lévő nyomást kihasználva könnyedén hozzájutnak a tápanyagokhoz. Egyes fajok nyála gubacsokat, levélsodródást, torzulásokat és elhalást okozhat a tápnövényen. A növényekben

biotikus stresszt vált ki a levéltetvek táplálkozása, ami a floémában található aminosavak összetételének változásában mutatkozik meg (Dinant et al. 2010). Például a zöld gabona levéltetű (*Schizaphis graminum*) és orosz búzalevéltetű (*Diuraphis noxia*) kártétele következtében klorotikus foltok jelennek meg a növényen, amely növeli az aminosav koncentrációt a foltoknál (Sandström et al. 2000).

A másik jelentős kártétel a levéltetvek már korábban említett vírusvektor szerepéből következik. A rovarok közül a levéltetvek szállítják a legtöbb vírust. Több mint 200 levéltetűfajról mutatták ki, hogy növényi vírusok vektora. Például a *Myzus persicae* közel 100 vírusfajt képes átvinni egyik növényről a másikra. Elsősorban a szárnyas alakok terjesztik a vírusokat, melyek képesek nagy távolságot, akár több mint 1000 kilométert is repülni a szél segítségével. Egy egyed akár több vírus vektora is lehet egyszerre (Jayasinghe et al. 2022).

A vírusvektorok szempontjából kétféle vírust különböztetünk meg, a nem perzisztens vagy „styler borne” vírust, mely a táplálkozás során kerül az állat szipókájára és onnan képes újbóli táplálkozás során azonnal fertőzni. Ez azonban ez csak rövid ideig marad meg az állaton. A másik típus a perzisztens vírus, mely bekerül a gazdaállat testébe és testnedveibe. A fertőzőképesség előtt egy lappangási fázis figyelhető meg. Ekkor a vírus az állat testén belül szaporodik és bekerül a nyálába. Ha egyszer megfertőződik a levéltetű, onnantól kezdve fertőzött is marad és számos növénynek képes átadni a vírust. A perzisztens vírusoknak a levéltetvek között általában 1–2 vektora van. A vedlést követően a nem perzisztens vírusok eltűnnek a vektorszervezetekből, viszont a perzisztens vírusok megmaradnak benne. A levéltetvek vándorlásuk során különböző növényeken próbaszívásokat végeznek. Elsősorban azt keresik, hogy megfelelő-e számukra az adott növény a táplálkozásra. Ilyen esetekben a rokon növényfajokról a próbaszívásokkal átkerülhetnek vírusok, még ha a levéltetű nem is telepszik meg az adott növényen. A vírusok módosítják a növényben lévő nitrogén koncentrációját, ami kedvez a levéltetveknek (Gadhane et al. 2020).

Ezen kívül a levéltetvek mézharmatot is ürítenek, melyben főképp olyan cukrok vannak, melyeket az állat nem tud hasznosítani. A mézharmaton korompenészgombák telepedhetnek meg, melyek csökkentik a növény asszimilációs felületét. Számos levéltetűfaj telepeit különböző nyaló-szívó szájszervű rovarok és hangyák látogatják, melyek a mézharmattal táplálkoznak (Nielsen et al. 2010).

### 3.6 A hangyák

A hangyák (*Formicidae*) a hártványászárnyúak (*Hymenoptera*) rendjének egy családja, amin belül 11 alcsaládot különítenek el. Hazánkban mintegy 126 hangyafajt mutattak ki (Csósz et al. 2011). A hangyák a szárazföldi területek legtöbb élőhelyén jelentős szerepet töltenek be, leginkább gyűjtögető életmód jellemzi őket, táplálékuk igen jelentős részét rovarok adják. Életük során akár biomasszájuk kétszázszorosát is képesek elfogyasztani (Way és Khoo, 1992). Ezért a legtöbb életközösségben kulcsfontosságú szerepük van a lebontási folyamatokban.

A hangyák felépítésben hasonlítanak a darazsakhoz. Megjelenésük ugyanakkor kevésbé feltűnő, színük általában fekete, barna vagy vörös, néhány trópusi faj rendelkezik fémes fényű kitinpáncéllal. Alakjuk meglehetősen változatos, méretük a 1 mm-től a 3cm-ig változhat fajoként.

Fejük első részén vannak a szájszervek, kétoldalt az összetett szemek találhatóak és a homloki részen a három pont szem helyezkedik el. A homlokon a homlokléc oldalához ízesülve található az egyik legfontosabb érzékszervük, a térdes csáp, mely nyélből és ostorból áll. A nyél egyízű és rövid, az ostor 9–13 ízűből áll, a csáp általában vége felé egyenletesen vastagodik, gyakran bunkós végű. Rágószájszervvel rendelkeznek, mely két felső állkapocsból, alsó állkapocsból és alsóajakból áll. A felső állkapoccsal képesek megfogni a zsákmányt, építeni, társaikat hurcolni és támadó, illetve védekező feladatokat ellátni (Brehm, 1947).

A torhoz kapcsolódnak a lábak, illetve az ivaros alakoknál a szárnyak, melyek tora fejlettebb és erősebb is. Az első két pár lábon található a „kefe” és a „fésű” mellyel a hangya a csápját tisztogatja. A potroh egyedi része a hangyáknál a potrohnyél, mely egy vagy kétízű lehet. Ez kapcsolja a potrohot a torhoz, alakja genuszonként igen eltérő lehet. A potroh végén található egy mérgező készülék, melyben fullánk és méregmirigyek találhatóak. Ezzel a hangyák az ellenségük testébe képesek mérget juttatni. Sok hangyánál nem található fullánk, ilyenkor a rágójukkal sértik fel ellenségük kültakaróját és a sebzésen keresztül, messzebről juttatja a mérget annak testébe (Friedman és Gordon, 2016).

### 3.7 Hangyakolóniák szerveződése

A hangyák mindegyike csoportosan, (euszociális) kolóniákban él. Általánosan a kolónia egy ivaros nőtényből, a királynóból áll és ivartalan nőtényekből, amiket dolgozóknak hívunk. A kolóniákban található továbbá ivaros hímek is. A hímek általában szárnyasok, érzékszerveik fejlettek, fő feladatuk a nőtényeket megtalálása. A hímek rágóik csökevényesek, életük során nem, vagy alig táplálkoznak, a párosodást követően rövidesen elpusztulnak.

Az ivaros nőtények (királynők) rendszerint nagyobbak, mint a dolgozók. Kifejlődve kirepülnek a fészekből, párosodnak a hímekkel, majd új kolóniát alapítanak. A nászrepülést követően a nőtény elveszíti szárnyát, a szárnymozgató izmokat többé nem használja, így fokozatosan lebontja azokat és az ebből származó energiával marad életben az első dolgozók kikeléséig. A legtöbb hangyatársadalomban egy királynő van (monogün fajok), ez rak le tojásokat, ugyanakkor szexferomonjával gátolja a dolgozók tojásrakását. Előfordul azonban, hogy egyes fajoknál több királynő is él egy kolóniában (poligün fajok). Olyan esetben, ha a királynő valamilyen oknál fogva elpusztul a kolóniában, az ivartalan nőtények kezdenek el tojásokat rakni. Ezek az utódok általában kisebbek és mindig hímek lesznek. A királynők egyes kolóniákban 15-20 évig is életben maradhatnak (Fjerdingstad, 2005).

A dolgozók ivartalan nőtények. Mindig szárny nélküliek, és toruk kevésbé fejlett, mint az ivaros alakoknak. A fajok nagy részénél az ilyen egyedek alakjában nincs különbség. Előfordulhat azonban, hogy megjelennek méretben és alakban elkülönülő ivartalan nőtények, ilyenkor dolgozókat és katonákat különböztetünk meg. A dolgozók feladata a fészek tisztítása, az utódok gondozása és a táplálékkeresés. A katonák feje és rágója jellemzően nagyobb, a feladatuk jóformán a fészek védelmében, illetve egyes esetekben más kolóniák megtámadásában merül ki. Néha a katonák is segítenek a táplálékszerzésben. A dolgozók és katonák közötti különbség a lárvakorban történő eltérő táplálásból adódik. A dolgozók átlagos élettartalma 2-4 év, de egyes hangyafajok dolgozói akár 6 évig is élnek (Parker, 2010).

Hangyakolóniák sokféle helyen kialakulhatnak. Egyes fajok a talajban építik meg fészüküket, ez általában földalatti kamrákból és folyosórendszerből áll. Ilyen faj például a közönséges fekete hangya, a *L. niger*. Más fajok növényi törmelékből építenek fészekdombot, ilyenek például a vöröshangyák, például a *Formica rufa*. Vannak olyan fajok is melyek elhalt fákból fészkelnek, ide tartozik a fekete lóhangya (*Camponotus vagus*). A trópusokon vannak olyan hangyák melyek növényi részekből építik meg fészkeiket, ilyenek a szövőhangyák. Egyes esetekben, ha a hangyakolónia kinövi a fészket, a főfészkek mellett mellékfészkeket építenek,

ahonnan járatok vezetnek a főfészkekhez. Ilyenkor több királynő is élhet a fészkekben. Ezen királynők fészkeinek összességét szuperkolóniának nevezzük. Például az erdei vöröshangyára jellemzőek ezek a szuperkolóniák (Fűrjes-Mikó et al. 2019).

A hangyák többsége mindenevő (Hunter, 2009). Táplálékforrásukat legfőképpen rovarok, magvak és gyümölcsök adják, de nagyon kedvelik a magas cukortartalmú édes anyagokat is. Vannak maggyűjtő hangyafajok is, melyek a kedvezőtlen időszakot a hangyabolyban eltárazott étellel élik túl. Az állati eredetű táplálék fontos fehérjeforrás, ami az utódok felneveléséhez nélkülözhetetlen. Emiatt a hangyák fontos szerepet töltenek be a kártevő rovarok szabályozásában. Testméretükhöz képest nagyméretű fajokat, például hernyókat is képesek közös erővel levadászni és elfogyasztani (Way és Khoo, 1992). A zsákmányt nem mindig szállítják haza, sokszor a helyszínen elfogyasztják a lágy részeit, és így csak a tápanyag jut el a kolóniába. A hangyák a szerzett táplálék kis részét emésztik meg, a többit elraktározzák a „begyükben”, hazaviszik és a lárváknak, illetve a bolyban maradt hangyákat táplálják vele. Az éhes hangya csápjaival dobolni kezd a táplálékkal rendelkezőn, aminek hatására az szájszervéből táplálékot ad át neki. Ezt többször megismételhetik, és így kijelenthető, hogy a megszerzett tápanyagok egy közösségi „gyomorba” kerülnek amiből a királynőt és a lárvákat is táplálják (Lachaud et al. 1991).

### **3.8 *Lasius niger* jellemzése**

A közönséges feketehangya (*Lasius niger*), hazánkban mindenhol előforduló gyakori faj. Korhadó fába, föld alá vagy kövek alá is beköltözhetnek. A dolgozók kis méretűek, általában 3–4 mm-esek, a királynő testhossza 6–8 mm. Színük fekete, a kolóniában csak dolgozók élnek, katonáik nincsenek. A dolgozók a talajszinten keresgélnek, nem rendelkeznek fullánkkal, rágóik mellett savazással is védekeznek. A hőoptimum számukra 20–28 °C. A kolóniában egy királynő él mely sok utódot hoz létre. A királynő 20 évig is élhet, a dolgozók általában 1–2 évig élnek, de ez a kolóniák korától és a dolgozó kolónián belül betöltött szerepétől függően változhat (Kramer et al. 2016).

Legtöbbször a talajban fészkelnek, egy boly akár tízezer egyedet is számlálhat. Táplálkozásukat tekintve főként ragadozók, de a levéltetveket is intenzíven látogatják, mézharmatot és egyéb cukorforrásokat is fogyasztanak (Detrain és Prieur, 2014). A hangyákat a levéltetvek vonzzák fel a fákra, ahol aztán védelmezik és tisztítják őket, illetve a többi lombkárosítót is távol tartják a kolóniától, ezzel biztosítva a partnerük számára a területet és a táplálkozás zavartalanságát. Összességében nem csak a levéltetvek kártételének növelése, de a lombkárosítók egyedszámának csökkentése miatt is jelentős a növényvédelmi szerepük (Fűrjes-Mikó et al. 2019).



2. ábra *Lasius niger* kolónia a kémcsőben (Fényképezte: Lőczi Benjámín)

### 3.9 Hangya és levéltetű kapcsolatok

A hangyák számára fontos táplálékforrás a levéltetvek által kibocsájtott mézharmat. Sok hangyafaj levéltetű telepeket látogat. A mézharmat legnagyobb részben rövid szénláncú cukrokat tartalmaz, amiket a hangyák kifejezetten jól hasznosítanak (Detrain és Prieur, 2014).

A hangyák és levéltetvek mutualista kapcsolatát befolyásolja a levéltetvek által kibocsájtott mézharmat mennyisége és minősége (Auclair, 1963). Az egyes fajok által termelt mézharmat nagy eltéréseket mutathat. Az eltérés oka lehet a gazdanövény, amin az állat táplálkozik, az állat kora, illetve ezen kívül a hangyákkal való interakció is megváltoztatja a mézharmat összetételét (Fischer és Shingleton, 2001). Ugyanazon faj eltérő mennyiségű mézharmatot termelhet különböző növényeken, ezt mutatta ki egy vizsgálat, amelyet Fischer és kutatócsoportja végzett (Fischer et al. 2005). A fásszárú növényeken táplálkozó fajok mézharmatának minősége az évszakokkal együtt is változik. A hangyák a velük kooperáló, mirmekofil levéltetveket gondosan őrzik, megvédik a ragadozóktól és a parazitáktól, illetve tisztítják környezetüket, eltávolítják a mézharmatot. Ez a kapcsolat kölcsönösen előnyös mindkét faj számára. A hangyák jelenléte sokszor serkenti is a mézharmattermelést, még hozzá oly módon, hogy a hangyák levéltetvekhez érnek, ami fokozza a mézharmat kibocsátást. Ezenkívül a hangyák sokszor szabályozzák is a levéltetű populációkat, ha túl sok egyed van, vadásszák és elfogyasztják őket. Azt is megfigyelték, hogy a hangyák védelmező viselkedése a levéltetvek egyedszámával arányosan csökken, vagyis, ha kisebb egyedszámban találhatók meg a levéltetvek, a hangyák gondosabban őrzik őket, míg túl nagy egyedszámnál ez a magatartás megszűnhet (Breton és Addicott, 1992).



**3. ábra** Hangyák és levéltetvek mutualista kapcsolata (Fényképezte: Fráter Szabolcs)



### 3.10 A kutikuláris szénhidrogének szerepe a hangya-levéltetű kapcsolatban

A rovarok testének felszíne kutikulával borított rétegekből áll. A legkülső réteg az epikutikula, amit lipidek keveréke alkot. A lipidek összetétele normál és elágazó, telített és telítetlen szénhidrogénekből, szabad zsírsavakból, alkoholokból, viaszból, glicerinekből foszfolipidekből és glikolipidekből áll (Gibbs és Crockett, 1998).

A szénhidrogének olyan szerves molekulák, melyek csak szénből és hidrogénből állnak. Ezek a molekulák biológiailag nagyon stabilak. Például kimutatták, hogy darazsaknak (*Vespa spp.*) fajspecifikus kutikuláris szénhidrogénprofilja 20 év után is változatlan maradt a múzeumban tárolt egyedeken (Martin et al. 2009).

A kutikuláris szénhidrogének (cuticular hydrocarbons, CHC) alapszerkezete általában hasonló, egy hosszú szénláncból állnak. A rovarokra 19 és 35 közötti szénatomot tartalmazó láncok jellemzőek. Ezekhez szénláncok, hidrogénatomok vagy más szénatomok kapcsolódnak (Lockey, 1988). A szénhidrogének telített vagy telítetlen formában is elfordulhatnak. A telített szénhidrogének (n-alkánok) esetében az összes szénatom egyes kötéssel kapcsolódik, míg a telítetlen vegyületekben az atomok egy, két vagy három kettős kötéssel kapcsolódhatnak össze a lánc különböző helyein. A telített vegyületek speciális csoportját alkotják a metil elágazású szénhidrogének, melyek egy vagy több metilcsoportot tartalmaznak, amik egy vagy több szénatomhoz kapcsolódhatnak a lánc közepén vagy arát a lánc végén. A lánc hossza, a metilcsoportok és kettőskötések jelenléte vagy hiánya mind-mind hatással lehet a vegyület fizikai tulajdonságaira, például illékonyására, ami egyben meghatározhatja alkalmasságát különböző biológiai funkciókra (Drijfhou et al. 2009). Az n-alkánok fő szerepe a víz kutikulán keresztül történő mozgásának szabályozásában van, míg a telítetlen kötésekkel és a metil csoportokkal rendelkező szénhidrogének nagyobb valószínűséggel vesznek részt a kémiai kommunikációban (Singer, 1998).

A közösségekben élő állatoknál kulcsfontosságú szerepet játszik a kommunikáció. A rovarok világában a legfontosabb kommunikációs eszköznek a kémiai vegyületeket (infokemikáliákat) tekinthetjük. A sok különböző vegyület közül a kutikuláris szénhidrogének számos rovarcsoportnál játszanak szerepet a kommunikációban, kiváltképp a hangyáknál. Ezek a vegyületek jó információ-hordozók a rovarvilágban, hiszen tartósan megmaradnak, bőségesen jelen vannak a kültakarón és még az elpusztult egyedeken is megtalálhatóak. A CHC-k felismerést segítő információkkal szolgálhatnak, amikor a rovarok találkoznak egymással. A

rovarok számára fontos, hogy megkülönböztessék egymástól a barátot és az ellenséget, a táplálékot, illetve a lehetséges társaikat párzáskor (Lahav et al. 1999).

A magányosan élő rovarok számára a fajtársak felismerése általában nem létfontosságú, de nekik is fontos az ellenségek felismerése és párzáskor a fajtársak megtalálása. A CHC-k sok esetben ivarspecifikusak is, így az ezeket érzékelő a rovarok könnyebben felismerhetik egymást a másik kutikulájával való érintkezéskor (Singer, 1998).

A hangyákra jellemző, hogy több mint 50 féle különálló feromontermelő mirigyük van (Billen, 2004). Az egyik mirigyek által termelt vegyület a királynő által kibocsátott feromon. Ez a feromon meggátolja a dolgozókat abban, hogy ők is elkezdjenek tojásokat rakni, csökkenti az agressziót a feromont hordozókkal szemben, és így befolyásolja a dolgozók viselkedését is (D'Ettorre és Heinze, 2005).

Az első kutikuláris szénhidrogént 1970-ben írták le (Martin és MacConnell, 1970). Azóta több mint 80 hangyafajról mutattak ki ilyen vegyületeket, de a publikációk száma évről évre növekszik. Egy 2009-es tanulmányban 78 hangyafajt vizsgáltak meg, és közel ezer CHC profilt írtak le (Martin és Drijfhout, 2009).

A kutikuláris szénhidrogének feladata elsősorban a kiszáradástól való védelem és a vízállóság biztosítása (Edney, 1977). A másik fontos szerep, hogy a CHC-k alapján a hangyák megkülönböztessék azt, hogy ki tartozik az ő fészükbe és ki nem (Lahav et al. 1999). Ezeken kívül a rovarok úgynevezett lábnyomokat is hagynak a felületeken, melyeken mozognak, amik CHC maradványok. Ezeket fajtársaik egyes esetekben követni tudják, ami segíti őket a tájékozódásban, illetve abban, hogy a korábban már felfedezett táplálékhoz eljussanak. A hangyafajok CHC profilja nagymértékben eltérhet, illetve a fajon belül az egyedek CHC profilja is különbözhet aszerint, hogy milyen szerepet töltenek be a kolónia életében, illetve a koruk vagy egészségi állapotuk alapján. Egy fajon belül többnyire mennyiségi eltérések vannak, vagyis az egyedek azonos szénhidrogénkészlettel rendelkeznek, de a vegyületek eltérő relatív mennyiségben lehetnek jelen. Sok faj rendelkezik hasonló sorozattal, azaz azonos metilcsoporttal vagy kettős kötési hellyel, de eltérő lánchosszúságú szénhidrogénekkal (Martin és Drijfhout, 2009).

A kutikuláris szénhidrogének segítenek a paraziták, parazitoidoknak a gazdaszervezet felismerésében, illetve a mutualista fajokat egymás megtalálásában (Menzel et al. 2014). Különösen a talajon élő rovarok vannak kitéve az entomopatogén gombák és baktériumok hatásának. A CHC-k általában mechanikai védelmet nyújtanak ellenük, főleg a

baktériumok és vírusok ellen. Egyes gombák képesek átjutni ezen a védelmi vonalon és megfertőzni az állatot. Ilyen gomba a *Beauveria bassiana*, mely oxidálja a rovarok CHC profilját és átjut rajta. Ezzel a gomba megváltoztatja a CHC összetételét a fertőzött állaton. A hangyák képesek ezt érzékelni. Például a *L. neglectus* hangyák bábjaikat fertőzheti a *Metarhizium brunneum* entomopatogén gombafaj, aminek hatására megváltozik a bábok CHC profilja és a dolgozókat tisztogató viselkedésre készíti ez a változás (Murray et al. 2016). A parazitáltság is megváltoztathatja a hangyák CHC-ját. Egy kutatásban azt figyelték meg, hogy a *Temnothorax nylanderii* hangyafaj *Anomotaenia brevis* által parazitált egyedeinek CHC profilja eltér az egészségesekétől. A parazitált egyedek a hangyabolyban maradnak és társaik nagyobb intenzitással gondozzák őket (Trabalon et al. 2000).

A CHC-k másik fontos szerepe a mutualista kapcsolatokban van. A kapcsolat létrejöttéhez a fajoknak fel kell ismerni egymást. A hangyák a levéltetveket CHC-ik alapján azonosítják. Például a *L. niger* dolgozói a levéltetvek CHC-ja alapján döntenek el melyik fajjal érdemes mutualista kapcsolatot kialakítani (Lang és Menzel, 2011).

A hangyák gyakran levéltetűfajok között is különbséget tesznek, és kiválasztják a legmegfelelőbb fajt számukra, a kedvezőtlenebb fajjal szemben viszont általában agresszíven lépnek fel. Az arra érdemes fajok egyedeit védik és begyűjtik tőlük a mézharmatot. Valószínűsíthető, hogy a hangyák képesek megtanulni felismerni az egyes levéltetű fajok CHC profilját. Az egyes fajokra jellemző CHC-k csak kismértékben térnek el fajon belül, a hangyák emiatt profitálhatnak abból, ha megtanulják a fajspecifikus levéltetű-profilokat. Ilyen esetekben gyorsabban képesek megtalálni és azonosítani a levéltetveket, ami növeli a hangya kolónia életképességét azáltal, hogy hamarabb rendelkezésükre áll a levéltetvektől származó táplálék. A levéltetveknél a mirmekofil és nem mirmekofil fajok jelentősen eltérő CHC profillal rendelkeznek. A levéltetvek speciális szaporodása miatt CHC profiljuk még inkább stabil lehet, hiszen gyakorlatilag az utódok klónok. A gyakorlatban a CHC-eket a fajok azonosítására is használhatják olyankor, amikor csak nimfák vannak jelen az adott időszakban (Raboudi et al. 2005).

## 4 Anyag és módszer

### 4.1 Az állatok gyűjtése és nevelése

Vizsgálataimat az Magyar Agrár és Élettudományi Egyetemen, a Növényvédelmi Intézet, Rovartani Tanszék viselkedésbiológiai laboratóriumában végeztem. A megfigyelésekhez közönséges fekete hangyákat (*L. niger*) használtunk.

A királynőket a vizsgálatokat megelőző évek során nászrepüléskor gyűjtöttük be Budapest külvárosi részein (Zugló, Újbuda), így a dolgozók kinevelése már laboratóriumi körülmények között történt. Ezek a kolóniák a későbbiekben nem találtak levéltetvekkel, a vizsgálatig naivak maradtak. A királynőket kémcsövekben tartottuk, amikben korlátlanul (*ad libitum*) hozzáfértek vízhez, illetve 30%-os szacharóz oldathoz. Fehérjeforrásként heti rendszerességgel feldarabolt banántücsköket adtunk a kolóniáknak (királynőnek és dolgozóknak). Amint több dolgozó is elérte az imágó fejlettséget, a kolóniákat egymástól izolált módon, külön műanyag dobozba (15 × 13 × 8 cm) tettük. A dobozok falát előzetesen zsírkőporból és etil-alkoholból álló keverékkel kezeltük szökések megakadályozása céljából. A kísérlethez összesen 40 kolóniát tartottunk fenn. A kolóniákat speciális klímakamrában standard hőmérsékleten (24 °C) és páratartalom mellett (50–60%) tartottuk.

A kísérlethez szükséges CHC extraktum kivonásához zöld gyöngyvessző levéltetveket (*Aphis spiraecola*) használtunk. A vizsgálathoz szükséges a levéltetveket a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Villányi úti campusa közelében gyűjtöttünk közönséges gyöngyvessző hajtásairól (*Spiraea x vanhouttei*). A begyűjtött egyedek taxonómiai hovatartozását ellenőriztük, majd felhasználásig szárazon fagyaszttva tároltunk őket.

### 4.2 A vizsgálat menete

A CHC extraktum elkészítéséhez hígítási soronként 1000 darab levéltetű egyedet tíz percig 200 µl analitikai tisztaságú n-hexánban áztattunk, majd az így kapott oldatot 0,322 g szilika gélen (Kiesegel 40, 70–230 mesh) extraháltuk (Lang és Menzel, 2011, Endo és Itino 2012, Hayashi 2015). Ezután a megtisztított extraktumot 500 µl-re töményítettük nitrogéngáz segítségével, majd az így kapott törzsoldatot úgy hígítottuk, hogy 200 µl n-hexánban a következő számú levéltetű CHC extraktuma legyen feloldva: 0, 1, 2, 4, 6, 12, 25, 50, 100. A vizsgálat során üveggyöngyökre vittük fel a CHC extraktumot, ezek „jelenítették meg” a levéltetveket. Előzetesen a kísérletben használt üveggyöngyöket hexánban 10 percig áztattuk, majd 15 percig hagytuk őket száradni. A hígított CHC oldatot ezután Hamilton fecskendővel, lassan egy

üveggyöngy felszínére juttattuk, majd ezután a gyöngyöt 15 percig pihentettük, hogy a hexán teljesen elpárologjon a felszínéről (Lang és Menzel, 2011, Endo és Itino 2012, Hayashi 2015).

Ezzel a hígítási sorral a kísérletünk során 7 ismétlést végeztünk, mindegyiket különböző (összesen hét) hangyakolóniával. Kolóniánként a hígítási sor minden elemét egyszer vizsgáltuk. Az egyes viselkedési tesztek véletlenszerű sorrendben végeztük (Lang és Menzel, 2011, Endo és Itino 2012, Hayashi 2015).

A kísérlet kivitelezése szintén a Rovartani tanszék klímakamrájában zajlott, hasonló, standard körülmények között. A kísérlet kezdetéig a hangyák hozzáfértek a cukoroldathoz a fehérjéhez és a vízhez.

Minden egyes teszthez 3–3 dolgozót választottunk ki véletlenszerűen a 7 kolóniából. Megpróbáltuk az aktívabb, a kémcsövekből kijáró, felderítő egyedeket kiválasztani. A kísérlet során az azonos kolóniából származó hangyadolgozókat egy 7 cm átmérőjű üveg arénába (Petri-csészébe) helyeztük, aminek a falait előzetesen zsírkőporból és etil-alkoholból álló keverékkel kezeltük a szökések megakadályozása céljából. A zsírkőporos kezelés után az arénát 15 percig száradni hagytuk (Ning et al, 2019). Az állatokat az arénába helyezést követően 5 percig hagytuk akklimatizálódni, majd az aréna közepére helyeztük a CHC extraktummal kezelt üveggyöngyöt. Ezután a hangyadolgozók viselkedését az üveggyöngy behelyezését követően 10 percig figyeltük meg. A hangyadolgozók viselkedéséről az arénában videokamera (Panasonic, HC-V770 HD) segítségével felvételt készítettünk. A vizsgálatok folyamán csak üveg és fém eszközöket használtunk, amelyeket két használat között vízzel, etil-alkohollal és n-hexánnal is elmostuk. Ezzel távolítottuk el az eszközökre került idegen CHC-kat, hogy a minták egymással ne szennyeződjenek. A tesztek végeztével a kísérletben résztvevő hangyákat szárazon lefagyasztottuk, további vizsgálatok céljából.

A vizsgálat kiértékelését a BORIS (v8.22.6) videóelemző szoftverrel végeztük (Friard és Gamba, 2016). A hangyadolgozók viselkedését négy fő komponensre bontottuk fel: antennálás, gyöngymászás, harapás és savazás. Ezek részletes leírása a következő fejezetben olvasható. Ezenkívül a hangyák aktivitását az AnimalTA (v2.3.4) videóelemző szoftverrel is vizsgáltuk (Chiara és Kim, 2023). Az aktivitás tesztelése során a hangya triók akklimatizációs idő (első 5 perc) alatt megtett összes útját mértük a szoftver segítségével.

### 4.3 A viselkedések leírása

Antennálás: A hangyadolgozó odamegy a gyöngyhöz, csápjával (többször) megérinti, „antennálja” (4. ábra). A viselkedés kezdete, amikor a csáp hozzáér a gyöngyhöz, a vége amikor az állat abbahagyja az antennálást. Ez a viselkedés átfedhet a harapással vagy a savazással.



4. ábra A hangya antennálja a gyöngyöt



Gyöngymászás: A dolgozó felmászik a gyöngyre (5. ábra). A viselkedés kezdete, amikor az állat első két pár lábával felmászik a gyöngyre, a viselkedés vége, amikor az első két pár lábával leér arról. Történhet egyszerre a harapással vagy a savazással.

5. ábra A hangya gyöngymászása a vizsgálat során

Harapás: A hangyadolgozó a rágóit szélesre tárva megpróbálja megfogni, megharapni a gyöngyöt (6. ábra). A viselkedés kezdete, amikor a gyöngyöt érintve széttárja a rágóit, a vége pedig amikor összecsukja azokat. Történhet egyszerre az antennálással vagy a gyöngymászással.



6. ábra A hangya harapja a gyöngyöt

Savazás: Az állat a potrohát behajlítva reagál a gyöngyre, megpróbálja lefújni hangyasavval (7. ábra). Történhet egyszerre az antennálással vagy a gyöngymászással is.

A viselkedési bélyegeken kívül még rögzítettünk két másik zavaró tényezőt is, amik befolyásolhatták a hangyák viselkedését. Az egyik a „zavarás” volt, ami általában akkor történt amikor a vizsgálatot végző személy zavarta az állatokat például a gyöngy a teszt arénába történő behelyezésével. A másik ilyen tényező a „gurulás” volt, ami akkor következett be, amikor a teszt gyöngy elgurult a behelyezését követően vagy az állatok tevékenysége miatt és új helyre került.



7. ábra A hangya savazza a gyöngyöt

#### 4.4 Statisztikai analízis

Az egyes triók alapaktivitásának statisztikai tesztelését általános kevert hatású modellel elemeztük (Linear Mixed-Effect Model, LMER). A függő változóként a trióban mért egyedek aktivitása (átlagosan megtett úthossz percenként), míg magyarázó változóként a CHC koncentráció és a kolónia azonosítója szerepelt. A modellbe random faktorként a triók egyedi azonosítóját tettük.

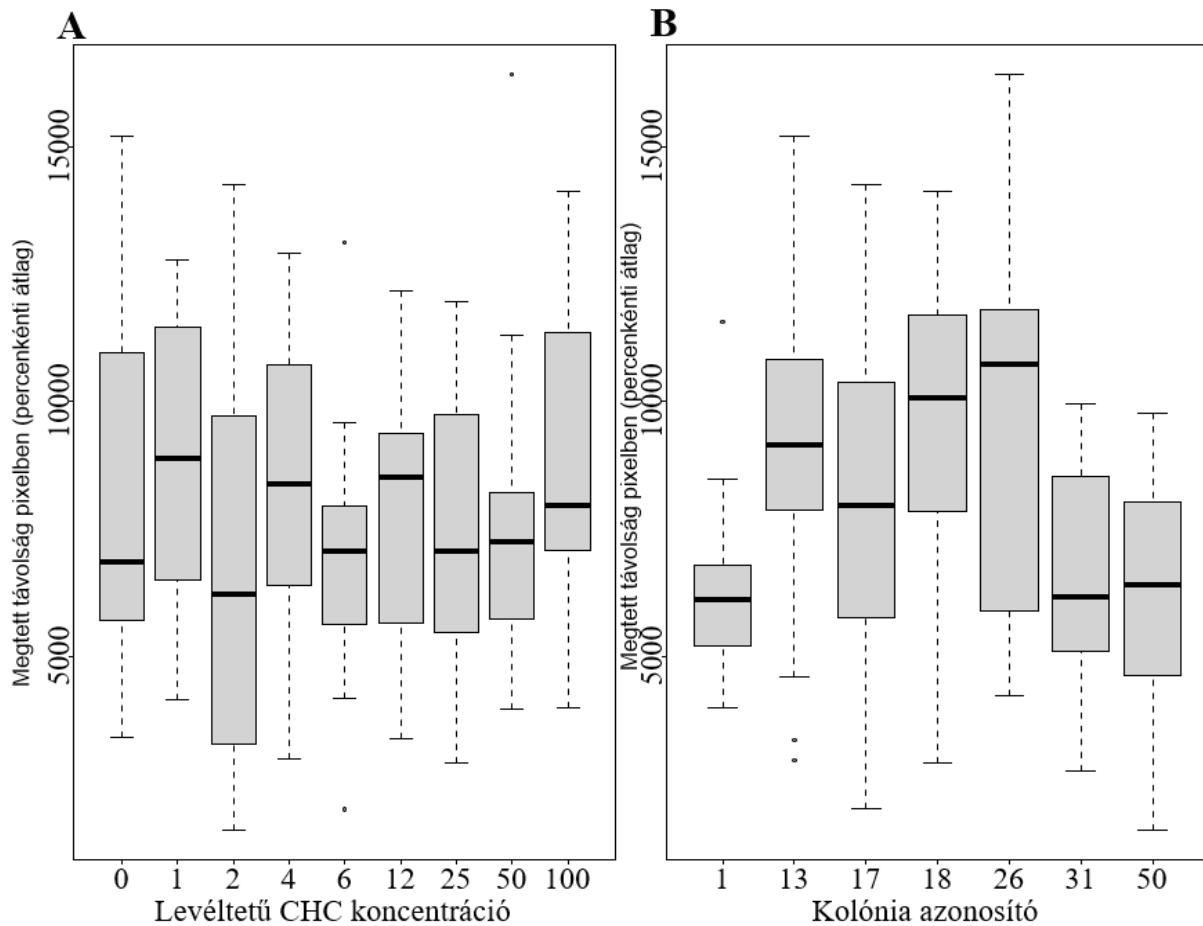
Az általunk mért viselkedési válaszok tesztelését általánosított kevert hatású modellel, negatív binomiális hiba korrekcióval elemeztük (Generalized Mixed-Effect Model with binomial error structure, GLMER-nb). A függő változó minden esetben a mutatott viselkedési változó volt, a magyarázó változók a CHC koncentráció, a Triók alapaktivitásának átlaga, a Tesztnap, a Tesztnap<sup>2</sup>, a Napon belüli idő, a Kolónia azonosítója és a Megfigyelő azonosítója volt. Random faktor a Kolónia és a Trió egyedi azonosítójuk volt.

A magyarázó változók egymáshoz viszonyított fontosságát az összes modell esetén valószínűségi-arány tesztel (Likelihood Ratio Test, LRT) vizsgáltuk. A folytonos változókat a statisztikai elemzések előtt minden esetben központosítottunk és skáláztunk. Minden viselkedési bélyeget külön modellben futtattunk R program környezetben (Ver. 4.1.0).

## 5 Eredmények

### 5.1 Aktivitás tesztelése

A kísérlet során teszteltük az alap aktivitást, azaz azt, hogy a vizsgált három hangyából álló csoportok (hangyatriók) mozgási aktivitása az akklimatizációs időszakban (első öt perc a gyöngy behelyezése előtt) különbözött-e a későbbi kezelések, illetve a hangyakolóniák (ahonnan a triókat kivettük) függvényében. Megállapítottuk, hogy a kiválasztott triók előzetesen nem mutattak aktivitásbeli eltérést a kezelések között, azaz homogénnek tekinthetők (8. ábra A). A kolóniák között viszont szignifikáns aktivitásbeli különbséget találtunk, azaz megállapítottuk, hogy az alap aktivitás kolónia-specifikus jelleg volt (1. táblázat, 8. ábra B).



**8. ábra** A hangyák aktivitása (megtett távolság, pixel/perc), (A) a levéltetű CHC koncentráció és (B) a vizsgált kolóniák függvényében a gyöngy behelyezése előtti 5 percben.



**1. táblázat** Alap aktivitás-vizsgálat a CHC koncentrációra és a kolóniákra nézve. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

| <b>Tesztelt változó</b>  | <b>Sum Sq</b>     | <b>Mean Sq</b>   | <b>NumDF</b> | <b>DenDF</b> | <b>F value</b> | <b>Pr(&gt;F)</b> |
|--------------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|----------------|------------------|
| CHC koncentráció         | 110420004         | 110420004        | 1            | 55           | 0,7989         | 0,375            |
| <b>Kolónia-azonosító</b> | <b>3533386469</b> | <b>588897745</b> | <b>6</b>     | <b>55</b>    | <b>4,2607</b>  | <b>0,0013**</b>  |

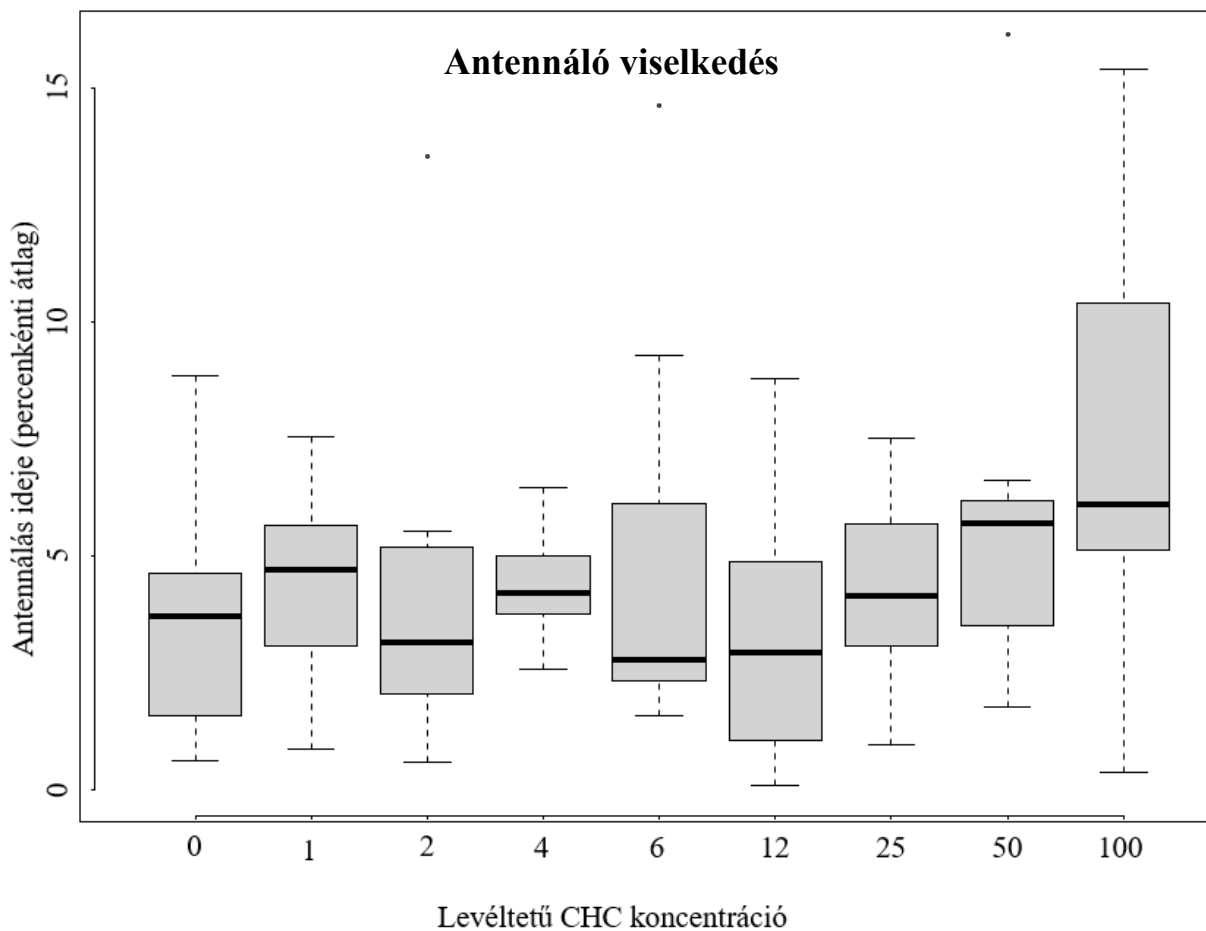
## 5.2 Viselkedési változók vizsgálata

Az általunk vizsgált viselkedési válaszokat általánosított kevert hatású modellel teszteltük (negatív binomiális hiba korrekcióval). A függő változó minden esetben a vizsgált viselkedési változó volt, míg a magyarázó változók a CHC-koncentráció, az idő, a dátum és a megfigyelő voltak. Random faktor a kolónia és a trió azonosítója volt

Az általunk megfigyelt viselkedések esetén az adott viselkedési változók összegét elemeztük az adott időintervallumban. Mind a négy viselkedési változónál látható, hogy a CHC-koncentráció függvényében az aktivitás növekedett. A magasabb dózissal kezelt gyöngyök esetében általánosan nagyobb aktivitás mutattak az hangyák. Az általam vizsgált négy viselkedési változó alakulását a következő fejezetekben mutatom be részletesen.

## 5.2.1 Antennálás vizsgálata

A teszt során a gyöngyök csápokkal való érintkezését vizsgáltuk, majd az egyes triók esetében ezt egy percre vetítve ábrázoltuk (8. ábra). A vizsgálat során a *L. niger* hangyadolgozók antennálási ideje eltért a dózis változásával. Az eredmények alapján kimutathatóan nőtt az antennálással töltött idő a gyöngyökön lévő CHC koncentráció növekedésével (2. táblázat, 9. ábra). Az antennálással töltött időre szignifikánsan hatott a hangyatriók vizsgálat előtt mért mozgási aktivitása (alap aktivitás), a vizsgálat napon belüli ideje (napszak) és a videókat elemző személy is (2. táblázat).



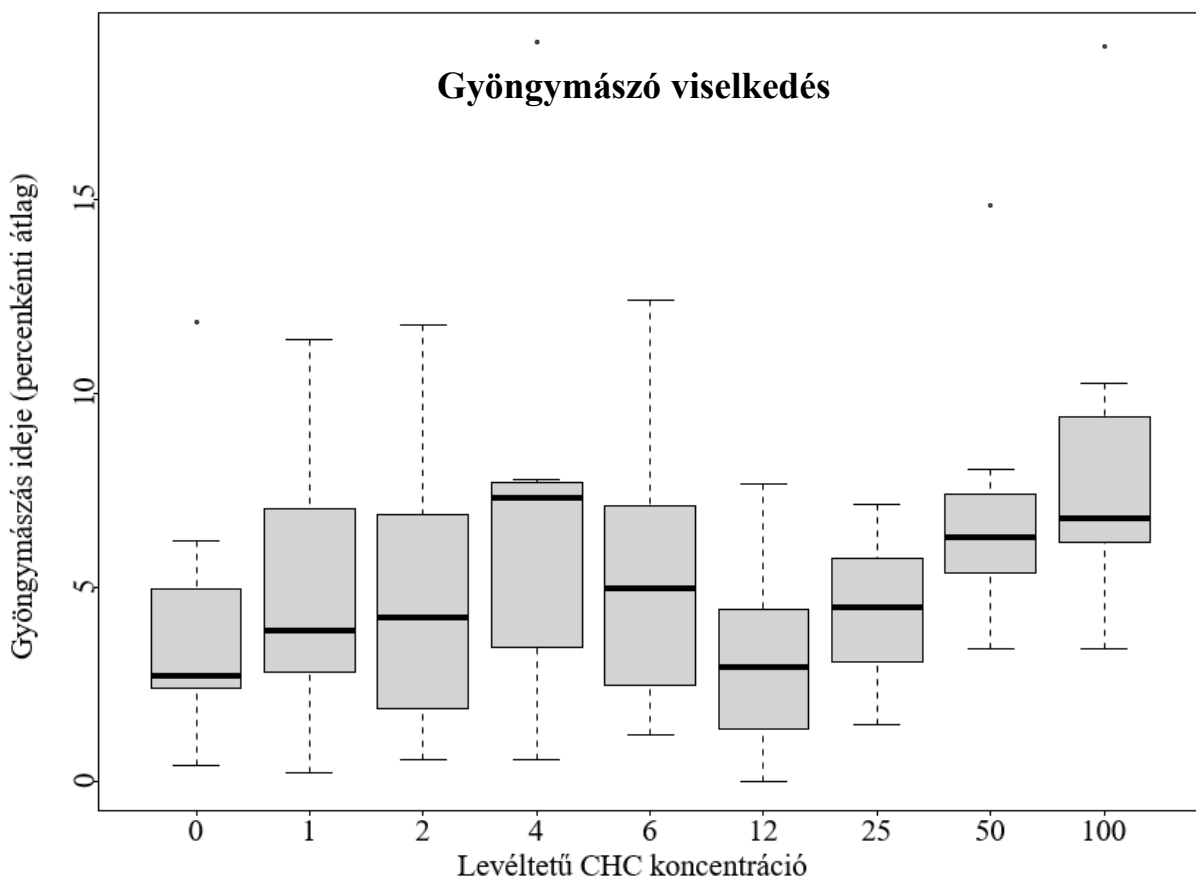
9. ábra A hangyák antennálásának ideje a levéltetű CHC-koncentráció függvényében

**2. táblázat** A hangyák antennáló viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

| <b>Tesztelt változó</b>                       | <b>npar</b> | <b>AIC</b>    | <b>LRT</b>    | <b>Pr(Chi)</b>  |
|---|-------------|---------------|---------------|-----------------|
| Teljes modell                                 |             | 304,50        |               |                 |
| <b>CHC koncentráció</b>                       | <b>1</b>    | <b>308,06</b> | <b>5,5561</b> | <b>0,018 *</b>  |
| <b>Triók<br/>alapaktivitásának<br/>átlaga</b> | <b>1</b>    | <b>307,40</b> | <b>4,8967</b> | <b>0,026 *</b>  |
| Teszt nap                                     | 1           | 304,38        | 1,8788        | 0,170           |
| Teszt nap <sup>2</sup>                        | 1           | 304,24        | 1,7347        | 0,187           |
| <b>Napon belüli idő</b>                       | <b>1</b>    | <b>309,19</b> | <b>6,6901</b> | <b>0,009 **</b> |
| Kolónia-azonosító                             | 6           | 299,39        | 6,8845        | 0,331           |
| <b>Megfigyelő</b>                             | <b>1</b>    | <b>309,49</b> | <b>6,9811</b> | <b>0,008 **</b> |

## 5.2.2 Gyöngymászás vizsgálata

A gyöngymászás tesztelése során azt néztük, hogy a dolgozók mennyit tartózkodnak a CHC-t tartalmazó gyöngyön, majd ezt egy percre vetítve ábrázoltuk (10. ábra). A gyöngymászással párhuzamosan a hangyadolgozók antennálhattak is és előfordult, hogy a gyöngyre mászva harapták az üveggyöngyöt. A nagyobb dózis esetében kimutathatóan emelkedő tendenciát mutatott a gyöngymászás. Azt tapasztaltuk, hogy a hangyák szignifikánsan hosszabb ideig tartózkodtak a magasabb levéltetű CHC koncentrációval kezelt gyöngyön (10. ábra, 3. táblázat). A hangyák vizsgálat előtti mozgási (alap) aktivitása szignifikánsan pozitívan hatott a gyöngymászással töltött időre (10. ábra, 3. táblázat). Metodikai szempontból fontos eredményünk, hogy a vizsgálat kivitelezésének ideje (napszak), valamint a videókat értékelő személy is szignifikánsan befolyásolta az eredményeket (3. táblázat).



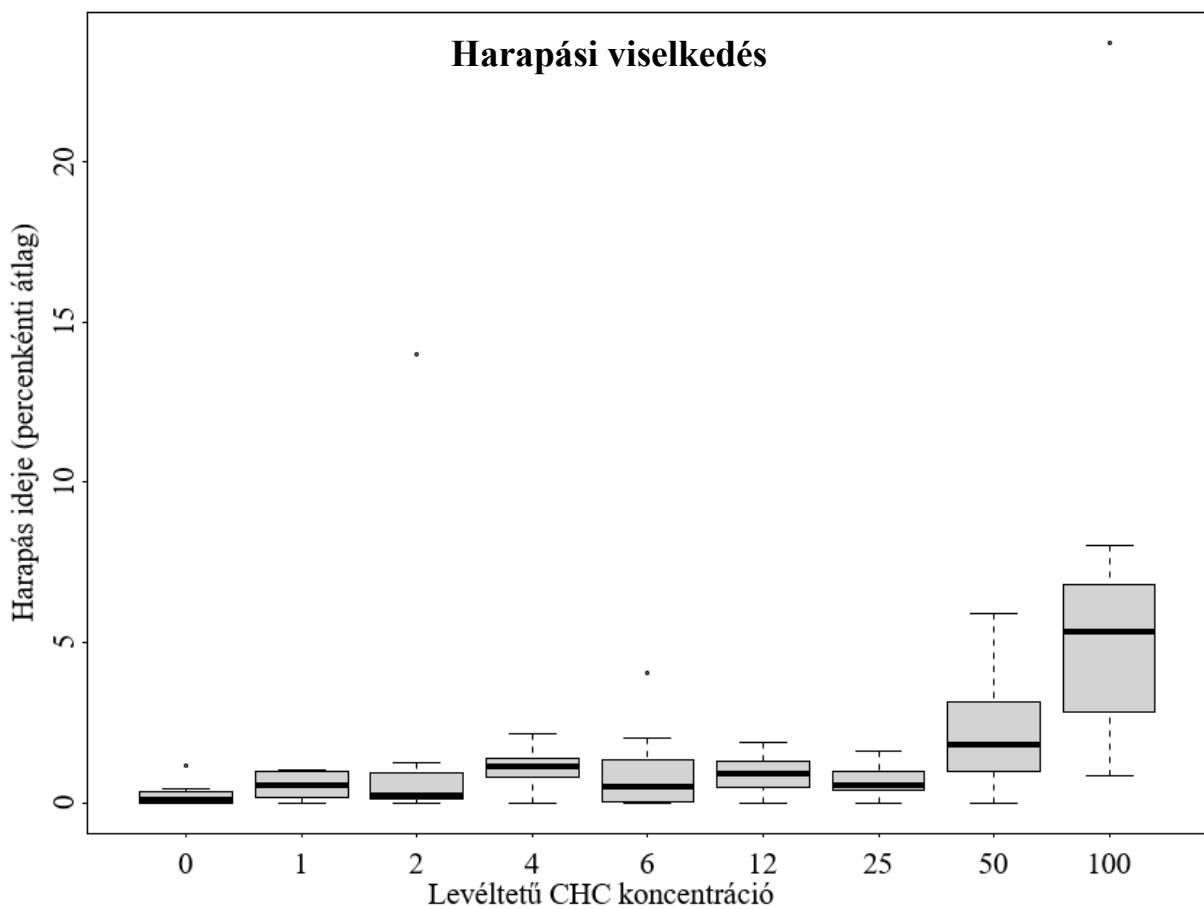
10. ábra A hangyák gyöngymászási ideje a levéltetű CHC koncentráció függvényében

**3. táblázat** A hangyák gyöngymászását befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a különböző csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

| <b>Tesztelt változó</b>               | <b>npar</b> | <b>AIC</b>    | <b>LRT</b>    | <b>Pr(Chi)</b>   |
|---------------------------------------|-------------|---------------|---------------|------------------|
| Teljes modell                         |             | 304,50        |               |                  |
| <b>CHC koncentráció</b>               | <b>1</b>    | <b>308,06</b> | <b>5,5561</b> | <b>0,0184 *</b>  |
| <b>Triók alapaktivitásának átlaga</b> | <b>1</b>    | <b>307,40</b> | <b>4,8967</b> | <b>0,0269 *</b>  |
| Teszt nap                             | 1           | 304,38        | 1,8788        | 0,1704           |
| Teszt nap <sup>2</sup>                | 1           | 304,24        | 1,7347        | 0,1878           |
| <b>Napon belüli idő</b>               | <b>1</b>    | <b>309,19</b> | <b>6,6901</b> | <b>0,0096 **</b> |
| Kolónia-azonosító                     | 6           | 299,39        | 6,8845        | 0,3316           |
| <b>Megfigyelő</b>                     | <b>1</b>    | <b>309,49</b> | <b>6,9811</b> | <b>0,0082 **</b> |

### 5.2.3 Harapás vizsgálata

A dolgozók harapási aktivitását hasonló módon vizsgáltuk. Itt azt néztük meg, hogy a hangya jellegzetes harapási viselkedése hányszor történik meg egy percre vetítve. A kapott eredmények a 11. ábrán láthatók. A hangyák harapás reakciója, a gyöngyökön lévő levéltetű CHC dózisos növekedésével kimutathatóan emelkedő tendenciát mutatott (11. ábra, 4. táblázat). Az eredmények alapján a CHC-k koncentrációja szignifikánsan pozitívan hatott a harapási aktivitásra. Különösen az 50 és 100 levéltetűegyedből készült extraktumra reagáltak harapással a hangyadolgozók. A triók alap aktivitása (vizsgálat előtti mozgási aktivitása) szignifikánsan hatott a harapással töltött időre, illetve a vizsgálat napon belüli ideje és a videók elemzését végző személy is szignifikánsan befolyásolta az eredményeket (4. táblázat).



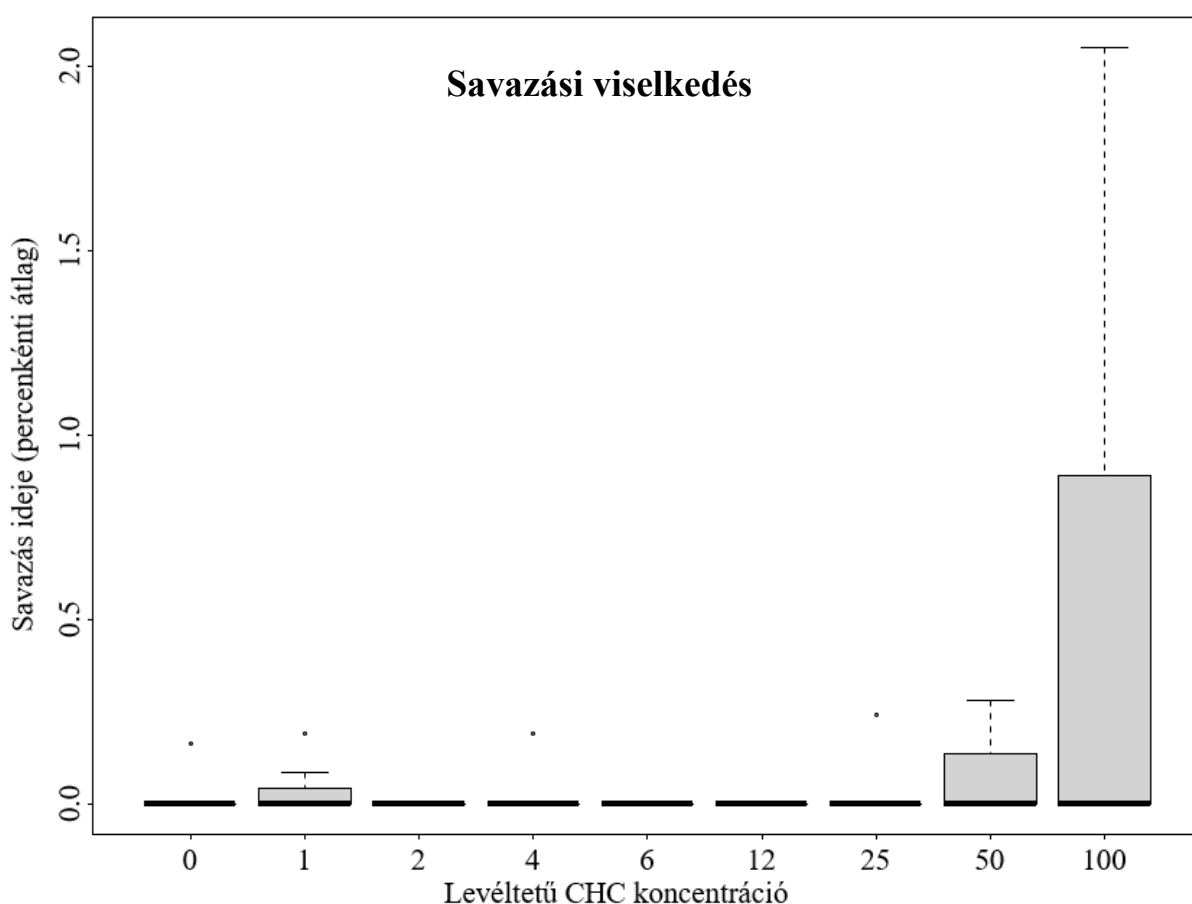
11. ábra A hangyák harapási aktivitása a levéltetű CHC koncentráció függvényében

**4. táblázat** A hangyák harapási viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

| <b>Tesztelt változó</b>               | <b>npar</b> | <b>AIC</b>    | <b>LRT</b>    | <b>Pr(Chi)</b>   |
|---------------------------------------|-------------|---------------|---------------|------------------|
| Teljes modell                         |             | 304,50        |               |                  |
| <b>CHC koncentráció</b>               | <b>1</b>    | <b>308,06</b> | <b>5,5561</b> | <b>0,0184 *</b>  |
| <b>Triók alapaktivitásának átlaga</b> | <b>1</b>    | <b>307,40</b> | <b>4,8967</b> | <b>0,0269 *</b>  |
| Teszt nap                             | 1           | 304,38        | 1,8788        | 0,1704           |
| Teszt nap <sup>2</sup>                | 1           | 304,24        | 1,7347        | 0,1878           |
| <b>Napon belüli idő</b>               | <b>1</b>    | <b>309,19</b> | <b>6,6901</b> | <b>0,0096 **</b> |
| Kolónia-azonosító                     | 6           | 299,39        | 6,8845        | 0,3316           |
| <b>Megfigyelő</b>                     | <b>1</b>    | <b>309,49</b> | <b>6,9811</b> | <b>0,0082 **</b> |

### 5.2.4 Savazás vizsgálata

A vizsgálat során a hangyák savazási aktivitásának összegét néztük majd ezt percre vetítve elemeztük és ábráztuk. Az alacsony koncentrációval rendelkező gyöngyöknél szinte alig tapasztaltunk savazást. Az 50 és 100-as dózissal rendelkező gyöngyök esetében fordult elő leginkább ez a reakció. A magasabb dózisonál hirtelen emelkedő tendencia jellemezte a koncentráció függvényében a dolgozók reakcióját (5. táblázat 12. ábra). Érdekes módon a többi vizsgált faktor nem hatott erre a viselkedési válaszra (5. táblázat).



12. ábra A hangyák savazási aktivitása az eltérő levélzetű CHC koncentráció függvényében



**5. táblázat** A hangyák savazó viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

| <b>Tesztelt változó</b>        | <b>npar</b> | <b>AIC</b>    | <b>LRT</b>     | <b>Pr (Chi)</b>   |
|--------------------------------|-------------|---------------|----------------|-------------------|
| Teljes modell                  |             | 48,142        |                |                   |
| <b>CHC koncentráció</b>        | <b>1</b>    | <b>58,389</b> | <b>12,2472</b> | <b>0,0004 ***</b> |
| Triók alapaktivitásának átlaga | 1           | 46,377        | 0,2354         | 0,6275            |
| Teszt nap                      | 1           | 46,306        | 0,1637         | 0,6857            |
| Teszt nap <sup>2</sup>         | 1           | 46,300        | 0,1582         | 0,6908            |
| Napon belüli idő               | 1           | 46,505        | 0,3632         | 0,5467            |
| Kolónia-azonosító              | 6           | 40,289        | 4,1468         | 0,6568            |
| Megfigyelő                     | 1           | 46,446        | 0,3042         | 0,5812            |

## 6 Következtetések és javaslatok

Ismert jelenség, hogy a hangyák a velük kooperáló levéltetveket többek között CHC mintázatuk alapján ismerik fel (Endo és Itino, 2013). A kutikuláris szénhidrogének pontos szerepe ebben a felismerési folyamatban nem teljesen ismert. Az általam elvégzett vizsgálat is igazolta, hogy a hangyák egyértelműen felismerik a levéltetvek kutikuláris szénhidrogénjeit. Eredményeim ugyanakkor azt is jelzik, hogy a hangyák a levéltetű CHC-okra dóziszfüggő viselkedési válaszokat adnak, reakcióik mennyisége kimutathatóan növekedett a levéltetű kutikuláris szénhidrogén dózisének növekedésével.

A kapott eredmények alapján a hangyadolgozók aktivitása kolónia-specifikus volt, az egyes kolóniák aktivitása kimutathatóan különbözött. Ez az eltérés visszavezethető a kolóniák egyediségére, a vizsgált kolóniák eltérő méretére, a dolgozók eltérő számára. Hasonló következtetésre jutottak Beckers és munkatársai, akik szignifikáns aktivitásbeli különbséget figyeltek meg a kolóniaméret függvényében (Beckers et al. 1989).

További fontos eredmény, hogy a kolóniák akklimatizációs idő alatt mért mozgási aktivitása (alapaktivitás) pozitív kapcsolatot mutat az antennálással, gyöngymászással és harapással töltött idővel. Azaz a nagyobb mozgási aktivitású csoportok, a savazás kivételével, a viselkedési válaszaik tekintetében is aktívabbak voltak. Előzetes elemzéseink során azt is kimutattuk, hogy a hangya triók aktivitása nem változott a megfigyelt 10 perc során (nem közölt eredmény).

Az antennálás, gyöngymászás és harapás minden CHC koncentráció esetén előfordult. Ennél a három viselkedésnél a CHC koncentráció növekedése az aktivitás növekedésével járt. A hangyák nagyobb figyelmet fordítottak a nagyobb koncentrációjú CHC oldattal kezelt gyöngyökre. A természetben a mutualista kapcsolat egyik meghatározója a levéltetvek egyedsűrűsége, a nagyobb egyedsűrűségű levéltetű-telepeken a hangyák jelenléti ideje is megnő (Itioka and Inoue, 1996). Vizsgálataink nem várt eredménye szerint a hangyák a nagyobb mennyiségű levéltetű CHC kezelésekre az üveggyöngyök harapásával reagálnak, ami agresszív viselkedésként is értelmezhető. Ugyanakkor korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy a harapás nem feltétlenül agresszív viselkedés, sokszor a hangyák rágójukkal tapogatóznak a levéltetveket, illetve előfordul a természetben is, hogy a hangyák áthelyezik a levéltetveket a jobb tápanyag ellátottságú növényi részekre (Sakata, 1999).

Szemben a harapással, a gyöngyök savazása egyértelműen agresszív viselkedés, mely főként a két legnagyobb koncentrációjú CHC kezelésnél fordult elő. Valószínűsíthető, hogy a nagyon

magas CHC dózist a hangyák ellenségre, míg az alacsonyabb dózisokat mutualista partnerre utaló jelként ismerik fel, így az utóbbiakat nem támadják meg. Korábbi kutatások igazolják, hogy a levéltetűkolóniák méretének növekedésével, a telepekben a CHC-koncentráció emelkedésével, a hangyák őrző magatartása megszűnhet, miközben a dolgozók agresszív viselkedése is gyakoribbá válhat (Addicott, 1978; Breton és Addicott, 1992).

Munkám fontos célja volt, hogy a hangya-levéltetű viselkedési vizsgálatainkat módszertani szempontból is fejlesszem. Fontos eredmény, hogy a hangyák aktivitására a vizsgálat megvalósításának ideje, az adott napszak is hatással volt. Ezzel kapcsolatban már korábban is végeztek megfigyeléseket (Noda et al. 2006). Ezenkívül az eredmények egyik fontos befolyásoló tényezője volt a viselkedéseket megfigyelő személy. Sok esetben szignifikáns összefüggést mutattunk ki a vizsgálatot végző személy és az aktivitások átlagos ideje között. A megfigyelések idejét és a vizsgálatot végző személyt, mint változókat beépítettük a statisztikai modellekbe, így hatásukat az elemzések során kezelni tudtuk. Ugyanakkor a későbbi vizsgálatokban ezen hatások kiküszöbölése javíthatja a statisztikai modellek megbízhatóságát.

Eredményeimre támaszkodva a későbbiekben érdemes volna további vizsgálatokat folytatni azzal kapcsolatban, hogy a hangyakolóniák mérete közvetve miért befolyásolja a dolgozók levéltetű CHC-ra adott viselkedési válaszát. Végül eredményeink arra is utalnak, hogy érdemes lehet nagyobb levéltetű CHC koncentrációkat is vizsgálni, további eltéréseket keresni a magas dózisok között.

Az általunk végzett vizsgálatok során a hangya dolgozók korábban nem találkoztak levéltetűvel, ebben a vonatkozásban naivak voltak. Eredményeink jó alapot adnak a nem naiv, levéltetűvel korábban már látogató hangyák vizsgálatához. A nem naiv hangyák vizsgálatával képet kaphatunk arról, hogy a korábbi interakciók a levéltetűvel, illetve az ezzel kapcsolatos tanulási folyamatok, mennyire változtatják meg a *L. niger* dolgozók levéltetű CHC-okra adott viselkedési válaszait. További lehetőség, hogy más fajokat, például a levéltetűvek ragadózóit is bevonjuk a vizsgálatokba. Érdemes lehet ezen fajok CHC-jával is hasonló vizsgálatokat végezni, akár a levéltetűvek kutikuláris hidrokarbonjaival kombinálva.

## 7 Összefoglalás

A hangyák és levéltetvek kapcsolata régóta ismert és kutatott területe az entomológiának. Ezt a kapcsolatot több tényező is befolyásolja, többek között a levéltetveken lévő kutikuláris szénhidrogének, melyek jelentős szerepet játszanak az állatok közötti kémiai kommunikációban. Vizsgálataim célja ezen kutikuláris szénhidrogének szerepének pontosabb megismerése volt. Elsődleges céloom az volt, hogy kiderítsem dóziszfüggő-e ez a hatás. A másik céloom, hogy kimutassam, hogy van-e különbség a hangyakolóniák, illetve ezen belül a hangya egyedek között a viselkedési válaszokban.

Munkám során *Aphis spiraecola* levéltetveket és *L. niger* hangyákat vizsgáltunk. A hangyákat laboratóriumi körülmények között tartottuk a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetemen, a Növényvédelmi Intézet, Rovartani Tanszék viselkedésbiológiai laboratóriumában. A levéltetveket az egyetem közelében lévő közönséges gyöngyvessző hajtásairól (*Spiraea x vanhouttei*) gyűjtöttük, a későbbiekben a CHC-jukat n-hexánban oldottuk, majd az extraktumokat üvegyöngyökre csepegtettük. Az általunk vizsgált dózisok a következők voltak: 0, 1, 2, 4, 6, 12, 25, 50, 100 levéltetűegyed CHC extraktuma. A vizsgálatokhoz 3-3 hangyadolgozót használtunk, ezeket egy üveg arénába helyeztük, majd 5 perc akklimatizációs idő után a CHC-t tartalmazó üvegyöngyöket az arénába helyeztük további 10 percre. A hangyadolgozók viselkedését videókamerával rögzítettük majd a BORIS és AnimalTA nevű szoftverekkel elemeztük. A statisztikai elemzésekhez R statisztikai programcsomagokat használtunk.

Megállapítottam, hogy a hangyák viselkedését szignifikánsan befolyásolja a levéltetvek CHC mennyisége. Jelen vizsgálat során négy viselkedési választ mértünk: antennálás, gyöngymászás, gyöngyharapás és gyöngysavazás. A gyöngyökre kijuttatott CHC dózisok függvényében szignifikánsan emelkedett a hangyák viselkedési aktivitása minden vizsgált viselkedés tekintetében. Az antennálás, gyöngymászás, harapás minden vizsgált CHC koncentrációnál előfordult és a dózis növekedésével együtt növekedett a viselkedési válaszok mennyisége. A savazás jellemzően csak a magasabb dózisu gyöngyöknél fordult elő.

Külön vizsgáltam a hangyák aktivitását is, azaz azt, hogy a vizsgált három hangyából álló csoportok (hangyatriók) mennyire tekinthetők homogénnek. A vizsgálat során alapaktivitását mértem a tesztarénákban. Megállapítottam, hogy a hangyák alapaktivitása a kolóniákhoz köthető bélyeg. A vizsgálatot egyéb tényezők is befolyásolták, úgy, mint a vizsgálatot megfigyelő személy és a vizsgálat időpontja (a napszak).

Munkám fontos célja volt, hogy a hangya-levéltetű viselkedési vizsgálatainkat módszertani szempontból is fejlesszem. A kapott eredmények alapján érdemes lehet nagyobb levéltetű CHC koncentrációkat is vizsgálni. További lehetőség, hogy más fajokat, például a levéltetvek ragadózóit is bevonjuk a vizsgálatokba. Érdemes lehet ezen fajok CHC-jával is hasonló vizsgálatokat végezni, akár a levéltetvek kutikuláris hidrokarbonjaival kombinálva.

## **8 Köszönetnyilvánítás**

Szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, dr. Markó Vikornak az iránymutatásért és segítségéért a vizsgálatok és a dolgozat elkészítésében, dr. Markó Gábornak a statisztikai vizsgálatokban nyújtott munkájáért és útmutatásáért. Külön köszönet illeti Lőczi Benjámint, aki a hangyákkal kapcsolatos vizsgálatok kivitelezését megtervezte és irányította. Köszönettel tartozom Fehérvári Zsuzsának, aki a vizsgálatokban és a hangyakolóniák fenttartásában nyújtott segítségéért. Köszönet illeti a Rovartani Tanszék összes munkatársát a folyamatos támogatásukért. Végezetül szeretnék köszönetet mondani családomnak és Sztabina Viviennek, akik folyamatosan támogattak a legnehezebb pillanatokban is, és lehetővé tették a diplomamunkám elkészülését.

## 9 Irodalomjegyzék

1. Addicott, J.F. (1978): Competition for mutualists: aphids and ants. *Canadian Journal of Zoology* 56 (10) 2093–2096
2. Auclair, J. L. (1963). Aphid feeding and nutrition. *Annual review of entomology*, 8(1), 439-490.
3. Barbagallo, S., Bella, S., & Cocuzza, G. (2005). Rinvenimento dell'afide orientale *Greenidea ficicola* su *Ficus* ornamentali in Italia meridionale. *Informatore fitopatologico*, 2, 25-29.
4. Beckers, R., Goss, S., Deneubourg, J. L., & Pasteels, J. M. (1989). Colony size, communication and ant foraging strategy. *Psyche: A Journal of Entomology*, 96, 239-256.
5. Billen, J. (2004). Morphology of exocrine glands in social insects with special emphasis on the contributions by Italian researchers. *Insect Soc. Life*, 5, 69-75.
6. Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (1984). *Aphids on the world's crops. An identification and information guide*
7. Braendle, C., Davis, G. K., Brisson, J. A., & Stern, D. L. (2006). Wing dimorphism in aphids. *Heredity*, 97(3), 192-199.
8. Brahm A., Az állatok világa. VII. kötet, Gutenberg Könyvkiadóvállalat, 1947.
9. Breton, L. M., & Addicott, J. F. (1992). Density-dependent mutualism in an aphid-ant interaction. *Ecology*, 73(6), 2175-2180.
10. Campbell, A., & Mackauer, M. (1977). Reproduction and population growth of the pea aphid (Homoptera: Aphididae) under laboratory and field conditions. *The Canadian Entomologist*, 109(2), 277-284.
11. Chiara, V., & Kim, S. (2023). AnimalTA: a highly flexible and easy-to-use program for tracking and analysing animal movement in different environments. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(7), 1699–1707.
12. Csősz, S., Markó, B., & Gallé, L. (2011). The myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) of Hungary: an updated checklist. *North-Western Journal of Zoology*, 7(1).
13. Detrain, C., & Prieur, J. (2014). Sensitivity and feeding efficiency of the black garden ant *Lasius niger* to sugar resources. *Journal of Insect Physiology*, 64, 74-80.
14. D'Ettorre, P., & Heinze, J. (2005). Individual recognition in ant queens. *Current Biology*, 15(23), 2170-2174.
15. Dinant, S., Bonnemain, J. L., Girousse, C., & Kehr, J. (2010). Phloem sap intricacy and interplay with aphid feeding. *Comptes rendus biologiques*, 333(6-7), 504-515.
16. Dixon, A. F. G. (1973). *Biology of aphids*.
17. Drijfhout, F. P., Kather, R., & Martin, S. J. (2009). The role of cuticular hydrocarbons in insects. *Behavioral and chemical ecology*, 91-114.
18. Edney, E. B. (2012). Water balance in land arthropods (Vol. 9). *Springer Science & Business Media*.
19. Endo, S., & Itino, T. (2012). The aphid-tending ant *Lasius fuji* exhibits reduced aggression toward aphids marked with ant cuticular hydrocarbons. *Population Ecology*, 54, 405-410.

20. Fischer, M. K., & Shingleton, A. W. (2001). Host plant and ants influence the honeydew sugar composition of aphids. *Functional Ecology*, *15*(4), 544-550.
21. Fischer, M. K., Völkl, W., & Hoffmann, K. H. (2005). Honeydew production and honeydew sugar composition of polyphagous black bean aphid, *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae) on various host plants and implications for ant-attendance. *European Journal of Entomology*, *102*(2), 155-160.
22. Fjerdingstad, E. J. (2005). Control of body size of *Lasius niger* ant sexuals—worker interests, genes and environment. *Molecular Ecology*, *14*(10), 3123-3132.
23. Friard, O., & Gamba, M. (2016). BORIS : a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution*, *7*(11).
24. Friedman, D. A., & Gordon, D. M. (2016). Ant genetics: reproductive physiology, worker morphology, and behavior. *Annual Review of Neuroscience*, *39*, 41-56.
25. Fürjes-Mikó, Á., Csősz, S., & Csóka, G. (2019). Az erdei vöröshangyák (*Formica rufa* csoport) erdővédelmi szerepe Európában—szakirodalmi áttekintés. *Erdészettudományi Közlemények*, *9*(1), 35-50.
26. Gadhav, K. R., Gautam, S., Rasmussen, D. A., & Srinivasan, R. (2020). Aphid transmission of Potyvirus: the largest plant-infecting RNA virus genus. *Viruses*, *12*(7), 773.
27. Gibbs, A. G., & Crockett, E. L. (1998). The biology of lipids: integrative and comparative perspectives. *American Zoologist*, 265-267.
28. Hayashi, M., Nakamuta, K., & Nomura, M. (2015). Ants learn aphid species as mutualistic partners: is the learning behavior species-specific?. *Journal of chemical ecology*, *41*, 1148-1154.
29. Heie, O. E. (2013). Why are there so few aphid species in the temperate areas of the southern hemisphere?. *EJE*, *91*(1), 127-133.
30. Hullé, M., d'Acier, A. C., Bankhead-Dronnet, S., & Harrington, R. (2010). Aphids in the face of global changes. *Comptes Rendus. Biologies*, *333*(6-7), 497-503.
31. Hunter, M. D. (2009). Trophic promiscuity, intraguild predation and the problem of omnivores, *Agricultural and Forest Entomology* *11*, 125-131.
32. Itioka, T., & Inoue, T. (1996). Density-dependent ant attendance and its effects on the parasitism of a honeydew-producing scale insect, *Ceroplastes rubens*. *Oecologia*, *106*, 448-454.
33. Jayasinghe, W. H., Akhter, M. S., Nakahara, K., & Maruthi, M. N. (2022). Effect of aphid biology and morphology on plant virus transmission. *Pest Management Science*, *78*(2), 416-427.
34. Katayama, N., & Suzuki, N. (2003). Bodyguard effects for aphids of *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) as related to the activity of two ant species, *Tetramorium caespitum* Linnaeus (Hymenoptera: Formicidae) and *Lasius niger* L. (Hymenoptera: Formicidae). *Applied Entomology and Zoology*, *38*(3), 427-433.
35. Kaygin, Azize Toper; Gorur, Gazi; Sade, Figen C. (2009). Aphid (Hemiptera: Aphididae) species determined on herbaceous and shrub plants in Bartın Province in Western Blacksea Region of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, *8*.12.
36. Kramer, B. H., Schaible, R., & Scheuerlein, A. (2016). Worker lifespan is an adaptive trait during colony establishment in the long-lived ant *Lasius niger*. *Experimental Gerontology*, *85*, 18-23.



37. Lachaud, J. P., & Dejean, A. (1991). Food sharing in *Odontomachus troglodytes* (Santschi): a behavioral intermediate stage in the evolution of social food exchange in ants. *Anales de biología*, vol. 17, 1991.
38. Lahav, S., Soroker, V., Hefetz, A., & Vander Meer, R. K. (1999). Direct behavioral evidence for hydrocarbons as ant recognition discriminators. *Naturwissenschaften*, 86, 246-249.
39. Lang, C., & Menzel, F. (2011). *Lasius niger* ants discriminate aphids based on their cuticular hydrocarbons. *Animal behaviour*, 82(6), 1245-1254.
40. Lockey, K. H. (1988). Lipids of the insect cuticle: origin, composition and function. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 89(4), 595-645.
41. Martin, M. M., & MacConnell, J. G. (1970). The alkanes of the ant, *Atta colombica*. *Tetrahedron*, 26(2), 307-319.
42. Martin, S. J., & Drijfhout, F. P. (2009). How reliable is the analysis of complex cuticular hydrocarbon profiles by multivariate statistical methods?. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 375-382.
43. Martin, S. J., Zhong, W., & Drijfhout, F. P. (2009). Long-term stability of hornet cuticular hydrocarbons facilitates chemotaxonomy using museum specimens. *Biological Journal of the Linnean Society*, 96(4), 732-737.
44. Martin, S., & Drijfhout, F. (2009). A review of ant cuticular hydrocarbons. *Journal of chemical ecology*, 35, 1151-1161.
45. Menzel, F., Orivel, J., Kaltenpoth, M., & Schmitt, T. (2014). What makes you a potential partner? Insights from convergently evolved ant-ant symbioses. *Chemoecology*, 24, 105-119.
46. Murray, Z. L., Keyzers, R. A., Barbieri, R. F., Digby, A. P., & Lester, P. J. (2016). Two pathogens change cuticular hydrocarbon profiles but neither elicit a social behavioural change in infected honey bees, *Apis mellifera* (Apidae: Hymenoptera). *Austral Entomology*, 55(2), 147-153.
47. Müller, C. B., Williams, I. S., & Hardie, J. (2001). The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology*, 26(3), 330-340.
48. Nielsen, C., Agrawal, A. A., & Hajek, A. E. (2010). Ants defend aphids against lethal disease. *Biology letters*, 6(2), 205-208.
49. Ning, D., Yang, F., Xiao, Q., Ran, H., & Xu, Y. (2019). A simple and efficient method for preventing ant escape (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 29.
50. Noda, C., Fernández, J., Pérez-Penichet, C., & Altshuler, E. (2006). Measuring activity in ant colonies. *Review of scientific instruments*, 77(12).
51. Parker, J. D. (2010). What are social insects telling us about aging?. *Myrmecological News*, 13, 103-110.
52. Patch, E. M. (1938). Food plant catalogue of the aphids of the world including the Phylloxeridae.
53. Rabbinge, R., Drees, E. M., Van der Graaf, M., Verberne, F. C. M., & Wesselo, A. (1981). Damage effects of cereal aphids in wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 87, 217-232.
54. Raboudi, F., Mezghani, M., Makni, H., Marrakchi, M., Rouault, J. D., & Makni, M. (2005). Aphid species identification using cuticular hydrocarbons and cytochrome b gene sequences. *Journal of applied entomology*, 129(2), 75-80.

55. Rakauskas, R., Bašilova, J., & Bernotienė, R. (2015). *Aphis pomi* and *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) in Europe—new information on their distribution, molecular and morphological peculiarities. *European Journal of Entomology*, 112(2).
56. Remaudière, G., & Remaudière, M. (1997). *Catalogue Des Aphididae Du Monde (Homoptera Aphidoidea): Catalogue of the World's Aphididae*. Editions Quae.
57. Sakata, H. (1999): Indirect interactions between two aphid species in relation to ant attendance. *Ecological Research* 14 (4) 329–340.
58. Sandström, J., Telang, A., & Moran, N. A. (2000). Nutritional enhancement of host plants by aphids—a comparison of three aphid species on grasses. *Journal of Insect Physiology*, 46(1), 33-40.
59. Singer, T. L. (1998). Roles of hydrocarbons in the recognition systems of insects. *American Zoologist*, 38(2), 394-405.
60. Szelegiewicz, Henryk. (1977). *Heteroptera, Homoptera 18. Füzet, Levétetvek I = Aphidinea I*. Akadémiai Kiadó.
61. Trabalon, M., Plateaux, L., Péru, L., Bagnères, A. G., & Hartmann, N. (2000). Modification of morphological characters and cuticular compounds in worker ants *Leptothorax nylanderii* induced by endoparasites *Anomotaenia brevis*. *Journal of Insect Physiology*, 46(2), 169-178.
62. Way, M. J., & Khoo, K. C. (1992). Role of ants in pest management. *Annual review of Entomology*, 37(1), 479-503.
63. Wöhrmann, K., & Tomiuk, J. (1988). Life cycle strategies and genotypic variability in populations of aphids. *Journal of Genetics*, 67, 43-52.

## 10 Táblázatok és ábrák jegyzéke

|  |    |
|--|----|
| 1. <b>ábra</b> Aphis spiraecola levéltetvek gyöngyvesszőn (Fényképezte: Mészáros János).....   | 8  |
| 2. <b>ábra</b> Lasius niger kolónia a kémcsőben (Fényképezte: Lóczy Benjámín).....   | 13 |
| 3. <b>ábra</b> Hangyák és levéltetvek mutualista kapcsolata (Fényképezte: Fráter Szabolcs) .....   | 14 |
| 4. <b>ábra</b> A hangya antennálja a gyöngyöt.....   | 20 |
| 5. <b>ábra</b> A hangya gyöngymászása a vizsgálat során.....   | 20 |
| 6. <b>ábra</b> A hangya harapja a gyöngyöt .....   | 20 |
| 7. <b>ábra</b> A hangya savazza a gyöngyöt.....  | 21 |
| 8. <b>ábra</b> A hangyák aktivitása (megtett távolság, pixel/perc), (A) a levéltetű CHC koncentráció és (B) a vizsgált kolóniák függvényében a gyöngy behelyezése előtti 5 percben. .... | 22 |
| 9. <b>ábra</b> A hangyák antennálásának ideje a levéltetű CHC-koncentráció függvényében .....  | 24 |
| 10. <b>ábra</b> A hangyák gyöngymászási ideje a levéltetű CHC koncentráció függvényében .....  | 26 |
| 11. <b>ábra</b> A hangyák harapási aktivitása a levéltetű CHC koncentráció függvényében .....  | 28 |
| 12. <b>ábra</b> A hangyák savazási aktivitása az eltérő levéltetű CHC koncentráció függvényében 30   |    |

|  |    |
|--|----|
| 1. <b>táblázat</b> Alap aktivitás-vizsgálat a CHC koncentrációra és a kolóniákra nézve. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik * $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ; *** $p < 0,001$ ..... | 23 |
| 2. <b>táblázat</b> A hangyák antennáló viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik * $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ; *** $p < 0,001$ .....    | 25 |
| 3. <b>táblázat</b> A hangyák gyöngymászását befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a különböző csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik * $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ; *** $p < 0,001$ .....  | 27 |
| 4. <b>táblázat</b> A hangyák harapási viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik * $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ; *** $p < 0,001$ .....     | 29 |
| 5. <b>táblázat</b> A hangyák savazó viselkedését befolyásoló tényezők vizsgálata. A szignifikáns hatást félkövér kiemeléssel jelöltük, a csillagok az eltérő szignifikancia-szinteket jelölik * $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ; *** $p < 0,001$ .....       | 31 |
| 6. <b>táblázat</b> Aktivitás a gyöngy behelyezése előtt. Az 1.táblázat eredmény táblázata.....   | 42 |
| 7. <b>táblázat</b> Antennálás. A 2.táblázat eredmény táblázata.....  | 42 |
| 8. <b>táblázat</b> Gyöngymászás. A 3.táblázat eredmény táblázata.....  | 43 |
| 9. <b>táblázat</b> Harapás. Az 4. táblázat eredmény táblázata. ....  | 43 |
| 10. <b>táblázat</b> Savazás. A 5.táblázat eredmény táblázata. ....   | 44 |

## 11 Mellékletek

6. táblázat Aktivitás a gyöngy behelyezése előtt. Az 1.táblázat eredmény táblázata.

| Tesztelt változók | $\beta$ érték   | SE             | z-érték       | t-érték      | p-érték            |
|-------------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|--------------------|
| <b>Intercept</b>  | <b>6150,458</b> | <b>713,353</b> | <b>55,000</b> | <b>8,622</b> | <b>8,55e-12***</b> |
| CHC koncentráció  | 7,605           | 8,292          | 55,000        | 0,917        | 0,36303            |
| <b>13.kolónia</b> | <b>2845,418</b> | <b>974,598</b> | <b>55,000</b> | <b>2,920</b> | <b>0,00507 **</b>  |
| 17.kolónia        | 1784,856        | 974,598        | 55,000        | 1,831        | 0,07246            |
| <b>18.kolónia</b> | <b>3314,386</b> | <b>974,598</b> | <b>55,000</b> | <b>3,401</b> | <b>0,00126 **</b>  |
| <b>26.kolónia</b> | <b>3060,010</b> | <b>974,598</b> | <b>55,000</b> | <b>3,140</b> | <b>0,00272**</b>   |
| 31.kolónia        | 254,174         | 974,598        | 55,000        | 0,261        | 0,79522            |
| 50.kolónia        | -35,411         | 974,598        | 55,000        | -0,036       | 0,97115            |

7. táblázat Antennálás. A 2.táblázat eredmény táblázata.

| Tesztelt változók                     | $\beta$          | SE              | z-érték       | p-érték             |
|---------------------------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------------|
| <b>Intercept</b>                      | <b>1,074113</b>  | <b>0,298380</b> | <b>3,600</b>  | <b>0,000318 ***</b> |
| <b>CHC koncentráció</b>               | <b>0,145620</b>  | <b>0,060985</b> | <b>2,388</b>  | <b>0,016950 *</b>   |
| <b>Triók alapaktivitásának átlaga</b> | <b>0,210710</b>  | <b>0,095732</b> | <b>2,201</b>  | <b>0,027733 *</b>   |
| Teszt nap                             | 11,552977        | 8,604485        | 1,343         | 0,179379            |
| Teszt nap <sup>2</sup>                | -11,215967       | 8,683925        | -1,292        | 0,196503            |
| <b>Napon belüli idő</b>               | <b>-0,194100</b> | <b>0,075143</b> | <b>-2,583</b> | <b>0,009793 **</b>  |
| 13.kolónia                            | -0,47783         | 0,45110         | -1,059        | 0,28948             |
| 17.kolónia                            | -0,25369         | 0,45148         | -0,562        | 0,57418             |
| 18.kolónia                            | -0,44593         | 0,41043         | -1,08         | 0,27725             |
| 26.kolónia                            | -0,84713         | 0,44845         | -1,889        | 0,05889             |
| <b>31.kolónia</b>                     | <b>-1,02135</b>  | <b>0,45294</b>  | <b>-2,255</b> | <b>0,02414*</b>     |
| <b>50.kolónia</b>                     | <b>0,58166</b>   | <b>0,23447</b>  | <b>2,481</b>  | <b>0,01311 *</b>    |
| Megfigyelő MJ                         | -0,19089         | 0,15498         | -1,232        | 0,21806             |

8. táblázat Gyöngymászás. A 3.táblázat eredmény táblázata.

| Tesztelt változók                     | $\beta$         | SE             | z-érték       | p-érték           |
|---------------------------------------|-----------------|----------------|---------------|-------------------|
| <b>Intercept</b>                      | <b>2,01768</b>  | <b>0,30833</b> | <b>6,544</b>  | <b>6e-11 ***</b>  |
| <b>CHC koncentráció</b>               | <b>0,16801</b>  | <b>0,06326</b> | <b>2,656</b>  | <b>0,00791 **</b> |
| <b>Triók alapaktivitásának átlaga</b> | <b>0,28418</b>  | <b>0,09289</b> | <b>3,059</b>  | <b>0,00222 **</b> |
| Teszt nap                             | 1,80872         | 7,88974        | 0,229         | 0,81867           |
| Teszt nap <sup>2</sup>                | -1,91809        | 7,98293        | -0,240        | 0,81012           |
| Napon belüli idő                      | -0,14356        | 0,08089        | -1,775        | 0,07593           |
| 13.kolónia                            | -0,47783        | 0,45110        | -1,059        | 0,28948           |
| 17.kolónia                            | -0,25369        | 0,45148        | -0,562        | 0,57418           |
| 18.kolónia                            | -0,44593        | 0,41043        | -1,087        | 0,27725           |
| 26.kolónia                            | -0,84713        | 0,44845        | -1,889        | <b>0,05889</b>    |
| <b>31.kolónia</b>                     | <b>-1,02135</b> | <b>0,45294</b> | <b>-2,255</b> | <b>0,02414 *</b>  |
| <b>50.kolónia</b>                     | <b>0,58166</b>  | <b>0,23447</b> | <b>2,481</b>  | <b>0,01311 *</b>  |
| Megfigyelő MJ                         | -0,19089        | 0,15498        | -1,232        | 0,21806           |

9. táblázat Harapás. Az 4. táblázat eredmény táblázata.

| Tesztelt változók              | $\beta$          | SE              | z-érték       | p-érték             |
|--------------------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------------|
| Intercept                      | 0,61383          | 0,62749         | 0,978         | 0,3280              |
| <b>CHC koncentráció</b>        | <b>0,59062</b>   | <b>0,09626</b>  | <b>6,136</b>  | <b>8,48e-10 ***</b> |
| Triók alapaktivitásának átlaga | 0,30324          | 0,20801         | 1,458         | 0,1449              |
| <b>Teszt nap</b>               | <b>67,96249</b>  | <b>32,24324</b> | <b>2,108</b>  | <b>0,0350 *</b>     |
| <b>Teszt nap<sup>2</sup></b>   | <b>-67,71994</b> | <b>32,26151</b> | <b>-2,099</b> | <b>0,0358 *</b>     |
| Napon belüli idő               | -0,25711         | 0,15507         | -1,658        | 0,0973              |
| 13.kolónia                     | -1,21619         | 0,98067         | -1,240        | 0,2149              |
| 17.kolónia                     | 0,25339          | 0,94753         | -0,267        | 0,7891              |
| <b>18.kolónia</b>              | <b>-2,24792</b>  | <b>0,99730</b>  | <b>-2,254</b> | <b>0,0242 *</b>     |
| 26.kolónia                     | -1,68174         | 0,95507         | -1,761        | 0,0783              |
| 31.kolónia                     | -0,92141         | 0,91592         | -1,006        | 0,3144              |
| 50.kolónia                     | 0,29652          | 0,46791         | 0,634         | 0,5263              |
| Megfigyelő MJ                  | 0,10560          | 0,29174         | 0,362         | 0,7174              |

**10. táblázat** Savazás. A 5.táblázat eredmény táblázata.

| <b>Tesztelt változók</b>             | <b><math>\beta</math></b> | <b>SE</b> | <b>z-érték</b> | <b>p-érték</b> |
|--------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------|----------------|
| Intercept                            | -9,834e+00                | 8,730e+00 | -1,126         | 0,2600         |
| CHC koncentráció                     | 1,819e+00                 | 9,719e-01 | 1,871          | 0,0613         |
| Triók<br>alapaktivitásának<br>átlaga | -5,743e-01                | 1,234e+00 | -0,465         | 0,6416         |
| Teszt nap                            | 1,852e+02                 | 4,900e+02 | 0,378          | 0,7054         |
| Teszt nap <sup>2</sup>               | -1,818e+02                | 4,879e+02 | -0,373         | 0,7095         |
| Napon belüli idő                     | -5,910e-01                | 1,003e+00 | -0,589         | 0,5557         |
| 13.kolónia                           | 3,712e+00                 | 1,381e+01 | 0,269          | 0,7881         |
| 17.kolónia                           | 4,908e+00                 | 1,170e+01 | 0,420          | 0,6748         |
| 18.kolónia                           | 4,486e+00                 | 1,264e+01 | 0,355          | 0,7228         |
| 26.kolónia                           | -2,368e+01                | 5,319e+05 | 0,000          | 1,0000         |
| 31.kolónia                           | 3,256e+00                 | 1,085e+01 | 0,300          | 0,7641         |
| 50.kolónia                           | 2,673e+00                 | 4,372e+00 | 0,611          | 0,5409         |
| Megfigyelő MJ                        | 8,643e-01                 | 1,651e+00 | 0,523          | 0,6007         |

## NYILATKOZAT

Mészáros János László (M1IGPK) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Budapest, 2024. 04. 21.



---

belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

## NYILATKOZAT

Mészáros János László (M1IGPK) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem**<sup>\*2</sup>

Kelt: Budapest 2024. április 21.



---

belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.



## NYILATKOZAT

### a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Mészáros János László  
A Hallgató Neptun kódja: M11GPK  
A dolgozat címe: A kutikuláris szénhidrogének szerepe a hangya-levéltetű mutualista kapcsolatban  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Rovartani tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

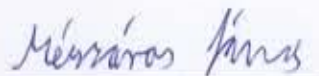
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024. 04. 20.

  
Hallgató aláírása