

SZAKDOLGOZAT

Zakk Zsombor

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvár Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak

Varroatózis hőtérképezéssel történő méhegészségügyi felmérése

Belső konzulens: Prof. Dr. Keszthelyi Sándor

egyetemi tanár

**intézete/tanszéke: Növénytermesztési-tudományok
Intézet, Agronómia Tanszék**

Társ konzulens: Sipos Tamás

tanszéki munkatárs/ Phd hallgató

**intézete/tanszéke: Növénytermesztési-tudományok
Intézet, Agronómia Tanszék**

Készítette: Zakk Zsombor

Kaposvár

2024

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	2
2. CÉLKITŰZÉS.....	3
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
3.1. A nyugati mézelő méh (<i>Apis mellifera</i> L., 1758)	4
3.1.1. Általános biológiai és ökológiai jellemzése	4
3.1.2. Méhcsalád hőmérséklet szabályozása	6
3.1.3. Szociális láz.....	8
3.2. Ázsiai méhatka (<i>Varroa destructor</i> , Anderson és Trueman, 2000)	9
3.2.1. Leírásának és terjedésének történeti áttekintése	9
3.2.2. Morfológiája.....	10
3.2.3. Az ázsiai méhatka biológiája.....	11
3.2.4. Életciklusa	12
3.2.5. Populációdinamika	13
3.2.6. Az ázsiai méhatka kártétele	14
3.2.7. Az ázsiai méhatka által terjesztett vírusok	15
3.2.8. A méhek ázsiai méh atkával szembeni toleranciája	16
3.2.9. Varroatózis felmérése infravörös hőterképezéssel	18
4. SAJÁT VIZSGÁLATOK.....	19
4.1. Anyag és módszer	19
4.1.1. Méhcsaládok vizsgálata, a kísérleti alapanyag gyűjtése.....	19
4.1.2. Higiénikus vizsgálatok	20
4.1.3. Hőkamerával végzett vizsgálatok.....	20
4.1.4. A parazita jelenlétének megállapítása	21
4.1.5. Alkalmazott statisztikai elemzések.....	22
4.2. Eredmények és értékelésük	23
4.3. Következtetések és javaslatok	28
5. ÖSSZEFOGLALÁS.....	31
6. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	33
7. IRODALOMJEGYZÉK	34
8. ÁBRÁK JEGYZÉKE	42

1. BEVEZETÉS

Korunk egyik legnagyobb kihívásának tekinthető az inváziós kártevőkhöz való alkalmazkodás, mely számos kihívást jelent a mezőgazdaság minden ágazatának, beleértve a méhészeti ágazatot is mely a növénytermesztés egyik alappillére.

Az globális éghajlatváltozás által generált éghajlati anomáliák, a helytelen kemikáliák használata, valamint az új károsítók megjelenése potenciális veszélyt jelentenek a megporzó rovarokra is. Az emberrel legszorosabb kapcsolatot kialakított, így a nagyipari mezőgazdaság legértékesebbnek tekinthető beporzójának a mézelő méh (*Apis mellifera* L. 1758) pusztulásának, ismeretlen eltűnésének kiváltó oka lehet többek között a méhlegelők diverzitás csökkenése, az okszerűtlen kemikália felhasználása során bekövetkező mérgezések és nem utolsósorban az új, idegenhonos természetes ellenségek megjelenése. Ismert, hogy az éghajlatváltozás következtében fontos vadon termő, nektárt és virágot adó növényfajok területei szorulnak vissza, az e fajta élettér csökkenés következtében jelentősen gyengül a méhcsaládok ellenálló képessége a kártevőkkel, illetve a peszticidekkel szemben. Az említett tényezők együttes hatása véget a termelői méhcsaládok egyre nagyobb mértékű magas szakértelmű segítségére vannak utalva, melynek központjában az ázsiai méhatka (*Varroa destructor*) elleni védekezések állnak.

A probléma aktualitása mellett, valamint méhészként szerzett személyes tapasztalataim késztettek arra, hogy a világon a legnagyobb veszélyt jelentő ázsiai méhatka legyen a vizsgálatom tárgya. Fontosnak tartom, hogy minél pontosabb, gyakorlatban is hasznos tudományos ismeret álljon rendelkezésre a méhcsaládok egészségügyi állapotát befolyásoló kártevőkről.

A vizsgálat során célul tűztem ki méhcsaládok fiasítás hőmérsékletének alakulásának feltérképezését, emellett újszerű megközelítéssel, infravörös hőterképezés segítségével kívántam rávilágítani a megtámadott család parazitizmusra adott reakciójaként bekövetkező hőmérsékletváltozásra. Vizsgálataimmal a szociális immunitás kevésbé ismert védelmi mechanizmusának a szociális láznak jelenségét kívántam az ázsiai méhatka vonatkozásában megismerni, újszerű megközelítéssel vizsgálni.

2. CÉLKITŰZÉS

A vizsgálat során célul tűztem ki méhcsaládok fiasítás hőmérséklet alakulásának feltérképezését, valamint a szociális láz kártevőkre adott válasz reakciójának mélyebb megértését. A kísérlet során újszerű megközelítéssel, infravörös hőterképezés segítségével kívántam rávilágítani a megtámadott család parazitizmusra adott reakciójaként bekövetkező hőmérséklet változására. Emellett az ázsiai méhatka autoökológiai ismereteinek bővítése, valamint a méhcsalád szociális lázának megismerése is a kísérlet célja volt.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A nyugati mézelő méh (*Apis mellifera* L., 1758)

3.1.1. Általános biológiai és ökológiai jellemzése

A mézelő méh az államalkotó rovarok körében a legszélesebben tanulmányozott élőlénye. A tudomány jelenlegi állása szerint az első méhfélék 100 millió évvel ezelőtt jelentek meg. A legrégebbi mézelő méhhez köthető lelet, amelyben az ősméh hossza mindössze 2,95 milliméter, egy borostyánkőben található. A kő Mianmarban került elő egy borostyánkő bányában (George Poinar, 2006). Az emberrel való közelebbi kapcsolat legősibb ábrázolása körülbelül 1500 éves, amely Spanyolországban található. Ezen a barlang rajzon férfiak találhatók, miközben mézet gyűjtenek be méhektől. Ezt követő korokban már céltudatos haszonállatként jelenítik meg a méheket (Foster, 2020). Feladatuk a bioszféra egyensúlyának fenntartásában jelentős, számos rovarbeporzású növényfaj fennmaradásának segítői, valamint a nagyipari mezőgazdaság alappillérei. A világ növényeinek nagy része, emellett a termesztett kultúrák több, mint 30%-a rovarbeporzástól függ, melyben több száz faj játszik szerepet. A méhek a beporzás közben egyedülálló termékeket állítanak elő, mint például a méz, méhviasz, propolisz, melyek az élelmiszer és a gyógyszeripar alapanyagául szolgálnak (Burlando és Cornara, 2013). Rendszertani besorolása az 1. táblázatban található.

Ország (Regnum)	Állatok (Animalia)
Törzs (Phylum)	Ízeltlábúak (Arthropoda)
Osztály (Classis)	Rovarok (Insecta)
Rend (Ordo)	Hártyásszárnyúak (Hymenoptera)
Család (Familia)	Színméhek (Apidae)
Nem (Genus)	<i>Apis</i>
Faj (Species)	Mézelő méh (<i>Apis mellifera</i>)

1. táblázat: A mézelő méh rendszertani besorolása (Forrás: saját munka)

A mézelő méh államalkotó euszociális, azon belül is valódi társas rovar. A család népessége évszakonként változik, nyáron akár 70 ezer, télen körülbelül 8-10 ezer egyedből áll, mely szuperorganizmusnak tekinthető (Seeley, 2019). A méhcsalád sikerességét nagyban befolyásolja a kölcsönös munkamegosztás és az összehangoltság (Shik és mtsai., 2012). A méhanya és a dolgozók csak közös munkával képesek felépíteni egy egységes, jól működő családot, melynek fenntartásában szezonálisan a herék (hímek) is nagy szerepet játszanak (Winston, 1991, Seeley, 2019).

Egy egészséges méhcsaládban egyedülállóan csak az anya él az utódnemzés jogával. Párzása a levegőben történik, ahol több herével párzik. Előfordul, hogy többször is felkeres egy-egy here gyülekező helyet, ahol többször párosodik, amíg úgy érzi, hogy elég spermasejtet tudott elraktározni, amely élete végéig elég lesz (Waldbauer, 1998). Petézési teljesítménye általánosságban 1000-1500 darab pete naponta, viszont a kiváló genetikával rendelkező egyedek 2000-3000 darab pete lerakására is képesek. A méhanya e párzáson és a petézésen kívül más feladattal nem foglalkozik, ezért a dolgozók próbálják kiszolgálni és a többi munkát elvégezni a kaptárban. Ők a család mozgatórugói, közöttük egy egységes munkamegosztás uralkodik, ahogy idősödnek, egyre „veszélyesebb” feladatokat vállalnak. Emellett az ivaros szaporodásban betöltött szerepük miatt elengedhetetlenek a hímek, azaz a herék, hiszen a méhanyák termékenységeért ők felelnek (Örösi, 1962; Seeley, 2019).

A méhanya kétféle pete lerakásában játszik szerepet. Egyrészt a megtermékenyített diploid peték lerakásában, amelyekből a 32 kromoszómával rendelkező nőtény dolgozó egyedek jönnek a világra, másrészt a nem megtermékenyített haploid peték lerakásában, amelyekből a 16 kromoszómával rendelkező hímek fejlődnek ki. Ezt a szaporodási módot a méheknél spanandriának nevezzük, amely egy speciális módja a haplo-diploid öröklésmenetnek (Tucker, 1958).

Fejlődési idejük, táplálóanyaguk, valamint helyigényük eltérő, a három kasztot tekintve a leghosszabb ideig a herék fejlődnek, melynek időtartama 24 nap, ezt követően a dolgozók 21 nap alatt kelnek ki, míg a méhanya 16 nap után rágja ki magát a bölcsőből. Mindegyik kaszt 3 napig van pete állapotban, ezt követően a here és a dolgozó 6 napig, míg az anya 5 napig van lárva állapotban. Ezen időszakban a fiatal dajkaméhek gondozzák őket. A dolgozók és a méhanya petéi genetikailag nem térnek el egymástól, a két eltérő kaszt fiziológiás különbségei a különböző étrend, valamint az eltérő méretű fejlődési tér (lépsejt és bölcső) miatt alakulnak ki. A méhanya, valamint a dolgozók tápanyag igénye a fejlődés során folyamatosan eltér, melyet a család erőforrásaihoz mérten próbál kielégíteni. A méhanyát, az egész nyitott fiasítás állapotában méhpempővel etetik, ezzel szemben a dolgozók jóval kisebb beltartalmi értékekkel rendelkező, magasabb víztartalmú pempőt kapnak (Wang és mtsai., 2016). Mindhárom kaszt 5 lárva stádiumon megy keresztül fejlődésük során, ezt követően az előbáb és a báb stádiumok következnek. Az előbáb és a báb stádium során lefedésre kerülnek a lépsejtek a dolgozók által szintetizált méhviasszal, ezt az időszakot fedett fiasításnak hívjuk. Ekkor már nem kerül a sejtbe sem élelem, sem károsító, a fejlődéshez csak megfelelő hőmérsékletre és páratartalomra van szükség (Haydak, 1943; Winston, 1991).

	Az átalakulás szakaszai (napok)			
	Nyitott fiasítás		Fedett fiasítás	Fejlődési idő
	pete	álca	báb	
Anya	3	5	8	16
Munkás	3	6	12	21
Here	3	6	15	24

1. ábra: A különböző kasztok eltérő fejlődési időtartama
(Martin és mtsai., 1980 alapján módosította Zakk Zsombor)

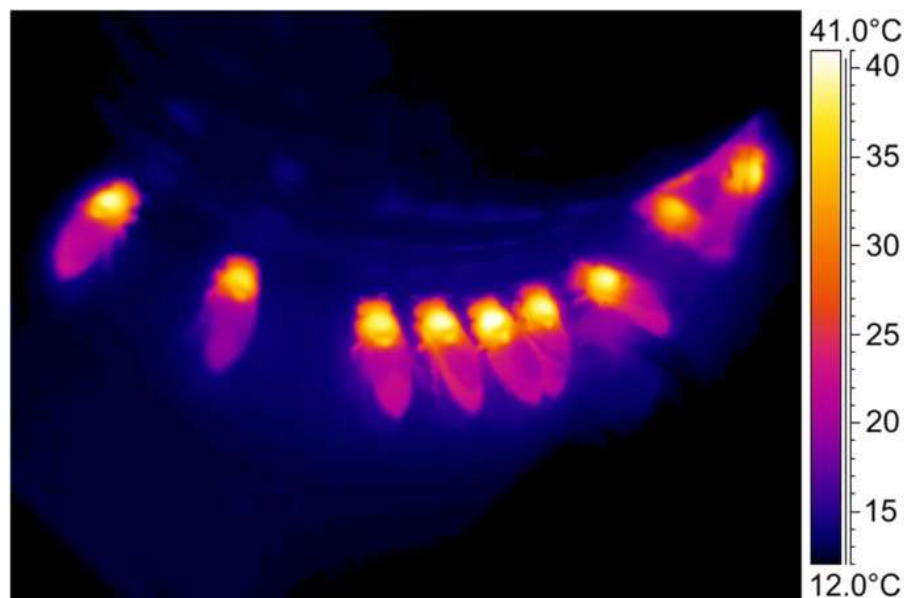
3.1.2. Méhcsalád hőmérséklet szabályozása

Az euszociális rovarok között kiemelkedő szereplőként a mézelő méh nyáron és télen is rendkívül fejlett klíma szabályozással rendelkezik (Cook és mtsai., 2016). A homeosztázis fenntartása érdekében fontos a megfelelő hőháztartás, hiszen a fiasításokban lévő peték, lárvák és bábok rendkívül érzékenyek a hőmérséklet ingadozásokra. Az optimális környezeti hőmérséklet 32°C és 36°C számukra, amely garantálja az egészséges fejlődést a különböző fejlődési alakoknak. Ennek megfelelően a hőszabályozás pontossága az aktív fiasítás időszakában magas, míg a fiasítás mentes időszakokban változékonyabb, tágabb határok között mozog (Seeley, 2019). A peték és a lárvák a nyitott fiasítási stádiumban jobban elviselik az alacsonyabb hőmérsékletet, mint a bábok a zárt sejtekben. Abban az esetben, ha a bábok túl sokáig vannak kitéve 32°C-nál alacsonyabb hőmérsékletnek, akkor nagyobb valószínűséggel fordul elő fejlődési rendellenesség esetükben, mely csökkent memóriát és orientációs képességet okoz a dolgozók esetében (Groh és mtsai., 2004). Viszont a lárvák esetében a 32°C-nál alacsonyabb hőmérsékletnek való kitétel több, mint fél órán át a kórokozókkal való fertőzés esélyét többszörös értékre növeli. A kifejlett méheken is megfigyelhetők viselkedési és idegrendszeri problémák a jelentős hőmérséklet-ingadozás miatt (Southwick és Heldmaier, 1987). A lárva, valamint a preimaginális stádiumok változó testhőmérsékletűnek (polikiloterm) tekinthetők, nem rendelkeznek saját hőszabályozással és önmagukban nem termelnek elegendő hőt a megfelelő fejlődéshez, ezért a hőállandóságot a dolgozó méheknek kell megoldaniuk számukra (Southwick és Heldmaier, 1987).

A méhcsalád számára a hőstressz nem csak hideg környezetben, hanem magas külső hőmérséklet esetében is jelentkezik. A jövőben a globális éghajlatváltozás nagy kihívást jelent majd a méhcsaládok számára az extrém hőmérséklet ingadozások és a tartósan hosszan elnyúló nyáron több heteken át uralkodó extrém magas nappali hőmérsékletek miatt (Southwick és

Heldmaier, 1987; Glass és mtsai., 2024). A megfelelő lép és kaptár hőmérséklet optimum szinten tartása végett különböző szabályozó mechanizmusokat fejlesztettek ki a méhcsaládok. Elsődleges szempont a fiasítások hőmérsékletének szabályozása, ezt követően a kaptárban lévő hőmérséklet stabilizálására törekszenek (Southwick, 1983; Stabentheiner és mtsai., 2010).

Amikor a kaptáron kívüli hőmérséklet 15 °C alá csökken, a méhek elkezdnek fűtőt alkotni (Southwick és Heldmaier, 1987). A fűtben a méhek rétegesen, szorosan egymáshoz tömörülve helyezkednek el, ezzel az egész méhcsalád, mint organizmus felületét és a hőveszteséget csökkentve. Az egyedek a kontakt hőátadás elvén keresztül fűtik egymást, azaz hőt adnak át egymásnak és a lépeknek, fiasításnak. Minél nagyobb felületen történik a hőátadás, annál kisebb lesz a fűtetlen terület (Southwick, 1983). A téli fűt főként három rétegből áll, mely a hideg időszakhoz való alkalmazkodáshoz specializált. A fűt belsejében találhatóak az endotermikus, azaz a fűtőméhek. A torban zajló önműködő izomösszehúzódások hőt termelnek, amelyet a fűt következő rétegében található méhek egy csoportja a megfelelő hőelosztás és CO² mennyiségének szabályozása érdekében szellőztet, szabályoz. A tor hőtermelő képességéről készített infravörös hőkép a 2. ábrán látható. A fűt külső felületén található méhek lábaikat összekapcsolják, ezáltal megfelelően szigetelnek, hogy minél kevesebb legyen a hőveszteség (Jarimi és mtsai, 2020).



2. ábra: Dolgozó méhek tor izomzatának hőtermelő képessége 12 °C-os környezeti hőmérséklet mellett (Stabentheiner és Kovac, 2016)

Ha a hőmérséklet túllépi az optimális 32-36°C-ot, akkor a méhek különböző hűtési mechanizmusokat alkalmaznak. A kaptár hűtése érdekében aktívan szellőztetnek. Egy kutatás során, melyet 1987-ben végeztek, a kaptárban lévő hőmérséklet túllépte az optimális mértéket,

ekkor a méhek különböző pontokon láncolatba állva (“légcsonát alkotva”) helyezkedtek el és a szárnyaik segítségével a kijárat felé terelték a meleg levegőt. Ezen kívül a szárnyuk segítségével a kaptárba hordott vizet párologtatják, mely endoterm folyamatként hőt von el a környezetből (Southwick és Moritz, 1987; Seeley, 2019). Jól mutatja a család életében a fiasítás és a téli fűtés fontossága, miképpen egy normál méretű méhcsalád éves szinten körülbelül 200.000 dolgozót nevel, a család energiamérlegét tekintve 40%-át a dolgozók fűtésére körülbelül 2.000.000 kJ energiát használ el (Tautz és mtsai., 2003).

3.1.3 Szociális láz

Az euszociális rovarok körében az emelkedett testhőmérsékletet vagy szociális lázát gyakran a szociális immunitás egyik formájaként említik, mely szorosan kapcsolódik a család homeosztázisához, hőszabályozásához (Starks és Seeley; 2000). A szociális immunitás különböző viselkedési és szervezeti mechanizmusokon alapul melyet az euszociális rovarok a paraziták és kórokozók elleni védekezésben az organizmus egészségének megőrzése érdekében alkalmaznak. A szociális immunitás magába foglalja, hogy az egyedek együttes erőfeszítéssel korlátozzák a kórokozók és a paraziták terjedését (Goblirsch és mtsai., 2020).

Egyes kutatások kimutatták, hogy a mézelő méhek *Ascosphaera apisra* reagálva megemelik a család egészének hőmérsékletét (Seeley, 2019). A fészek hőmérsékletének emelése (0,6°C) feltehetően korlátozza a költészeszesedés terjedését a nem fertőzött egyedekre (Goblirsch és mtsai., 2020). Goblirsch és mtsai. (2020) kísérleti családokat állítottak fel és 40 napon keresztül követték a család hőmérsékletét, melyeket költészeszesedés spórájával fertőzött cukorsziruppal etettek. Az etetés hatására a család belső hőmérsékletének szerény emelkedését figyelték meg, azonban minden kaptárban mutatkoztak a költészeszesedés jelei, ami arra utal, hogy a család hőmérsékletének emelése nem volt elegendő védekezés ahhoz, hogy megállítsa a gomba terjedését (Goblirsch és mtsai., 2020).

3.2. Ázsiai méhatka (*Varroa destructor*, Anderson és Trueman, 2000)

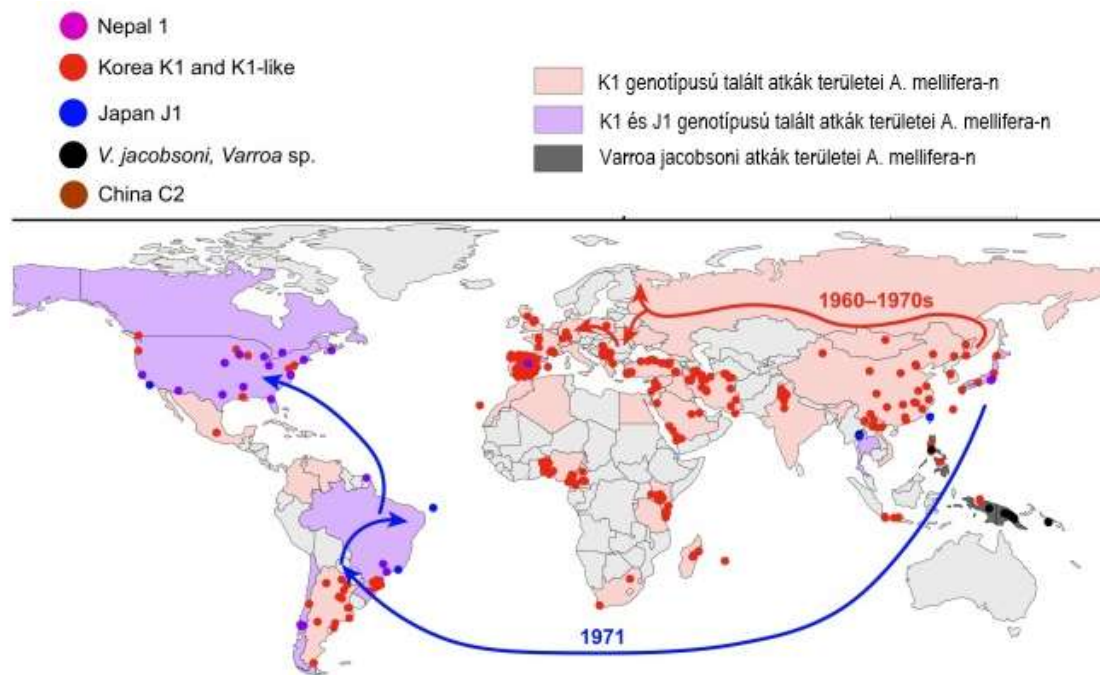
3.2.1. Leírásának és terjedésének történeti áttekintése

A világ méh állományainak a legismertebb károsítóiként ismertek a *Varroa* nembe tartozó fajok, melyek közül a legelterjedtebb, szinte kozmopolitának mondható *V. destructor* rendszertana a 2. táblázatban olvasható.

Ország (Regnum)	Állatok (Animalia)
Törzs (Phylum)	Ízeltlábúak (Arthropoda)
Osztály (Classis)	Pókszabásúak (Arachnoidea)
Alosztály (Subclassis)	Atkák (Acari)
Rend (Ordo)	Mesostigmata
Család (Familia)	Varroidae
Nem (Genus)	Varroa
Faj (Species)	Ázsiai méhatka (<i>Varroa destructor</i>)

2. táblázat: Az ázsiai méhatka rendszertani besorolása
(Forrás: saját munka)

A *V. jacobsoni* Oudemans atkafajt a keleti méheken fedezték fel 1904-ben Jáva szigetén. Később megfigyelték *Apis nigrocincta* egyedein is (Fülöp-szigeteki méh) Indonéziában (Hadisoesilo és Otis, 1998). További fajait, mint például a *V. underwoodi* Delfinado-Baker, 1987 melynek egyedeit keleti méheken fedezték fel Nepálban 1987-ben (Delfinado Baker, 1987), emellett a *V. rindereri* De Guzman és Delfinado-Baker, 1996, melyet vörös méhek családjából mutattak ki Borneón 1996-ban (De Guzman, 1996). Ez a lista 2000-ben kiegészült Anderson és Truemann kutatásának eredményeképpen egy negyedik fajjal, a *V. destructorral*, amely jelenleg a legnagyobb kihívások elé állítja a világ méhészeit (Anderson, 1994; Anderson és Trueman, 2000). Az *A. mellifera* fajon való előfordulását először a Fülöp-szigetéről jelezték, majd megfigyelték, hogy a *V. jacobsoni* populációi elkülönülnek egymástól (Anderson, 1994). A magyarországi első jelentésekben még *Varroa jacobsoni* fajt dokumentálták. Jelen ismereteink szerint viszont nem a *V. jacobsoni*, hanem a *V. destructor* fajjal való küzdelem kezdődött meg ekkor. Az első káreseményekről először hazánk szomszédos országaiból érkeztek jelentések, ahol 1976-ban mutatták ki a méhatka jelenlétét. Majd az országban először egy szlovák határ menti méhészetben, Pocsaj település mellett találták meg először a parazitát (Csaba, 1983).



3. ábra: Különböző genotípusú atkák elterjedése a világban (Traynor és mtsai., 2020 alapján módosította Zakk Zsombor)

3.2.2. Morfológiája

Az ázsiai méhatkára ivari dimorfizmus jellemző. Mindkét nem teste két fő testtájra osztható. Első testtáj közé tartoznak a zsigeri szervek és a lábak (idiosoma), a másik testtáj a szájszervet (gnathosoma) foglalja magába. A dorsalis és a ventrális pajzs a nőivar esetében szklerotizálódott, mely a kifejlett egyedeken piros és barna színeződéssel bír. A pajzsok közötti kapcsolódást egy flexibilis membrán segíti, amely a táplálkozás és a tojásrakás közben biztosít tágulékonytságot (Ifantidis, 1983). A hímek kisebbek a nőstény egyedeknél, testük körte alakot formáz. A szklerotizálódás meglehetősen gyengébb, nem mutat pirosas elszíneződést, emellett lábaik a testükhöz képest sokkal hosszabbak, a speciális párzásban betöltött szerepe okán. A nőivar esetében a háti pajzs lapított, elipszoid alakú mely a 4. ábrán látható (Anderson, 1998). Morfológiai különbségek megfigyelhetők nyári és téli időszakban jelen lévő atka populációk között, egyes kutatások szerint a nyári populáció esetében nagyobb méretbeli különbségeket lehet megfigyelni a nőstények között (Akimov és mtsai., 2004).

A női nemi készülék két egységre bontható. Első rész a petefészekből, méhből, vaginából és a kivezető nyílásból áll, a kivezető nyílás a második pár láb között helyezkedik el. A másik egység a sperma fogadására és tárolására, érlelésére szolgál (Alberti és Zeck, 1986). A nőstények egész felületét szőr borítja, amelyek nagy része mechano- és kemreceptorként működnek (Milani, 1988). Az első pár lábak (pedipalpus) érzékelőként funkcionálnak a

testükön, helyváltoztatásban szerepük kevésbé ismert (Ramm, 1989). A gazdatest megtalálásában fontos szerepet játszanak különböző aromás vegyületek, mint például a benzoésav, benzaldehid, metil-vanillin melyek a méhpempő illó anyagai, amelyek elektrofiziológiai választ váltanak ki a parazita szagló szenzilláiban (Rickli, 1992, Endris 1993). A hímek nemi felépítésüket tekintve csak egy herével rendelkeznek, ami a testük hátulsó részén helyezkedik el.

A faj csáprágója (chelichera) három fő egységből, egy alapi, egy középső és egy előre nyúló „ujjszerű” mozgatható struktúrából áll. A hím egyedek szájszervének utolsó harmada a párzásban szerepet játszó csővé formálódott, amelynek feladata a spermium átvitele. A nőivar esetén két fog található az utolsó mozgatható részen, mely seb kialakításában játszik szerepet a méhek exokutikuláján (Alberti és Zack, 1986; Rosenkranz, 2010).



4. ábra: Nőtény kifejlett ázsiai méhatka
(forrás: saját fotó)

3.2.3. Az ázsiai méhatka biológiája

A nőstény atkák a méhek 5. lárvá stádiumban, az utolsó 20 órában lefedés előtt parazitálják a dolgozó lárvákat. A méhsejtbe hatolás után az atka átbújik a lárvát és a lépfal közötti résen a méhsejt fenekére, ahol a lárvát táplálására szolgáló élelem, pempő található. Ezt követően a fiasítás lezárását a táplálékban rejtőzve várja ki. Ez a viselkedési forma biztonságot nyújt az atkának a kaptárban dolgozó tisztogató méhek elől. A méhsejt fedése után nagyjából 5 órával a lárvát elfogyasztja az összes táplálékot, így az atka kiszabadul és táplálkozni kezd a lárván (Ifantidis és mtsai., 1988). Ezután megkezdődik a pete fejlődési időszak (Garrido és mtsai., 2000). A lefedést követő 70. órában megtörténik az első tojás lerakása, amely a haplo-

diploid fejlődési elvet követve hímivarú utód lesz (Ifantidis, 1983), majd 30 óránként folyamatosan történik a tojások lerakása, amelyekből már nőivarú egyedek is fejlődnek (Ifantidis, 1983; Rosenkranz, 2010). Munkás fiasítások tekintetében 5 utód, míg herefiasítás esetében a hosszabb egyedfejlődés okán eggyel több utód nemzésére ad lehetőséget a nőstény atkáknak (Garrido és mtsai., 2003). A kikelt utódok az anyjuk által ejtett seben keresztül veszik fel a fejlődéshez szükséges tápanyagokat. Egyes vizsgálatok alapján a seb a méh 5. potrohi lemezén található leggyakrabban, amely a lépsejten belüli elhelyezkedését tekintve a lépsejt alján található meg a bélsár akkumulálódási zónájához közel (Kanbar és Engels, 2003). A tojásból pár órán belül lárva fejlődik, azonban a kifejlett alakot 3 fejlődési stádium előzi meg, a proto- és deutonimfa, deutocrysalis. A fejlődési időt tekintve a hím egyedek 6,6 nap alatt, míg a nőstény egyedek rövidebb, 5,8 nap alatt érik el a kifejlett kort (Ifantidis, 1983; Rosenkranz, 2010). Mindkét nem esetében megtalálható a mobilis és immobilis átmeneti fejlődési szakasz a vedlések előtt (Ifantidis, 1983; Donzé és mtsai., 1994). Az immobilis fejlődési időszak stádiumát proto- és deutocrysalis állapot. A *V. destructor* egész fejlődésük ideje alatt jól látható ivari dimorfizmust mutatnak. A hím egyedek kisebb testmérettel rendelkeznek az egyedfejlődésük alatt, viszont lábaik hosszabbak, valamint pigmentáltságuk is elmarad a nőstényekétől. A nőivar egyedei folyamatosan változnak a különböző egyedfejlődési szakaszokban, a deutocrysalis állapot után lesznek ovális testalakulásúak, ezt követően indul meg testük pigmentációja, majd végleg kialakul a barnás-pirosas testszínük és az utolsó vedlésük után elérik az ivarérettséget. A hím egyedek a lép bélsár akkumulálódási zónájában tartózkodva várják az ivarérett nőstény atkákat (Donzé és mtsai., 2006). Mindig a legfiatalabb nőstény vonzza legjobban a hímeket (Fahle és Rosenkranz, 2005). A nőivar egyedei laboratóriumi környezetben egész életük során 7 reprodukciós ciklust is képesek teljesíteni, míg természetes körülmények között ez 3 ciklusnak felel meg (De Ruijter, 1987; Rosenkranz, 2010).

3.2.4. Életciklusa

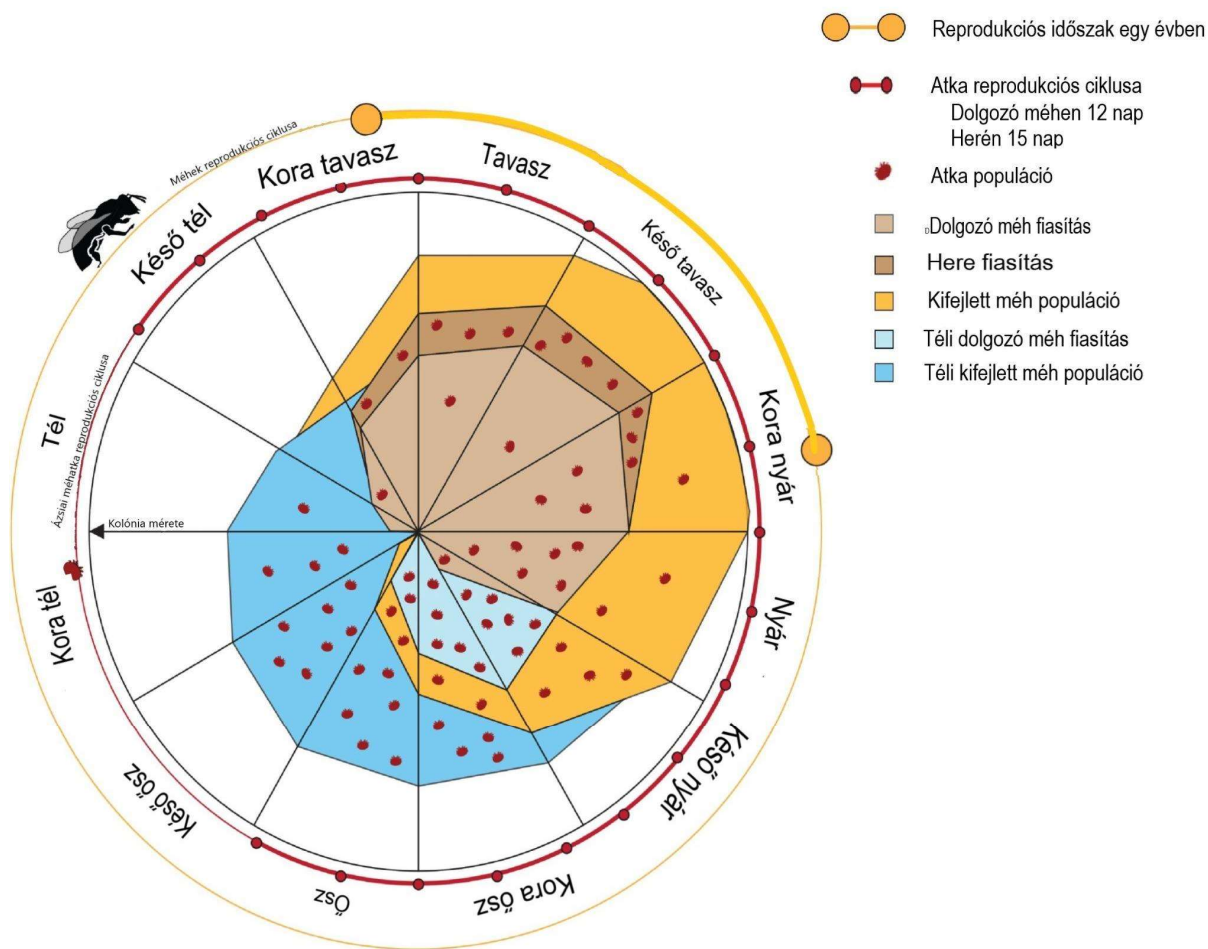
A *V. destructor* életfeltételeit csak a méhcsaládon belül találja meg. A nőstényeknek két elkülöníthető életfázisuk van, megkülönböztetünk egy ún. foretikus fázist, valamint a fiasításban eltöltött, ún. reprodukciós fázist. A hím egyedek a lépsejtben élik az életüket, szerepük csak a megtermékenyítésben van. Mindkét fázis ismerete fontos a méhész számára a méhcsalád egészségének megőrzése céljából (Fries és mtsai., 1994).

A foretikus fázisban a női ivarú atkák méhekre tapadva terjednek a családok között, valamint eljutnak méhcsaládon belül a szaporodásukhoz szükséges megfelelő helyre. A paraziták a kifejlett imágókon a foretikus fázisban a potroh hasi tájékán találhatóak meg. A

potrohi részen megfigyelt kifejlett nőtény atkák viselkedése eltérő a tori részen találhatóaktól. Egy kísérlet alapján a megfigyelt egyedek első pár érzékelő lábukat a levegőbe emelve, a méh testén mozogva voltak jelen, jelezve a másik méhre való átjutás szándékát (Ramsey és mtsai., 2019). Az atkák különbséget tesznek a kifejlett méhek között, a fiatal dolgozókon, dajka méheken szívesebben tartózkodnak (Csaba, 1983). Miután a nőtény egyed elérte a számára megfelelő élettérnek számító dolgozó vagy here fiasítást, elkezdődik a reprodukciós ciklusa (Rosenkranz, 2010; Nazzi és Le Conte, 2016).

3.2.5. Populációdinamika

A parazita rövid időn belül képes felépíteni egy erős állományt, amely befolyásolja a méhek egészségügyi állapotát és meghatározza a család életképességét (Fries és mtsai., 2003). Az atka populáció növekedése családonként nagymértékben eltérő lehet, függ a család tisztogatási, rablási hajlamától, a méhanya teljesítményétől, rajzások számától és a kifejlett atkák mortalitási százalékától, az atka elleni kezelések sikerességétől az atka populáció méretének változása az év során a 5. ábrán látható (Fries és mtsai., 1994; Jack és mtsai., 2023). Jelentős befolyásoló tényezők közé sorolható még a méhlegelő minősége és az éghajlat (Currie és Tahmasbi, 2008; Traynor és mtsai., 2020). Napjainkban komoly problémát okoznak a vadon élő, kirajzott méhcsaládok, amelyeknek magas a parazita terheltsége. Ez veszélyt jelenthet a méhészetekben található családokra az akaricid kezelés hatását tompítva ugyanis a vadon élő családok a felülfertőződés lehetőségét biztosítják a kezelt méhek számára (Goodwin és mtsai., 2006). Az atkák terjedésében szerepet játszanak még a herék vándorlása, emellett a család rabló hajlama, valamint a dolgozók eltájolása mely abnormális viselkedés mögött számos tényező állhat (Kulhanek és mtsai., 2021). Egy-egy méhcsalád akár 1 kilométeres távolságba is képes rabló hadjáratot indítani, amely alkalmával a gyengébb varroatózis hatására legyengült családok lesznek a paraziták átadói a fosztogató méhcsalád dolgozói számára (Peck és Seeley, 2019; Traynor és mtsai., 2020; Kulhanek és mtsai., 2021). Ez a jelenség leginkább a nektármentes időszakban jellemző, mert tápnövény hiányában a méhcsaládok egymás mézészleteit kezdik felhasználni. Hazánkban leginkább július közepe, szeptember és október eleji hónapok azok, amelyek a legnagyobb fenyegetést jelentik a méhcsaládok számára (Peck és Seeley, 2019).



5. ábra: A méhcsalád biológiája és az ázsiai méhatka populáció méretének változása természetes körülmények között
(Traynor és mtsai., 2020 alapján módosította Zakk Zsombor)

3.2.6. Az ázsiai méhatka kártétele

Az ázsiai méhatkával parazitált családok 1-3 éven belül kipusztulhatnak, valamint jelentős termelési kiesést okozhat már az első évben (Traynor és mtsai., 2020). A kártétel elsődlegesen a parazitált méh egyedeken mutatkozik meg, viszont felszaporodásuk esetén az egész család szervezettségét és életképességén érezhető a paraziták nyomása (Rosenkranz, 2010; Ramsey és mtsai., 2019). Méhekkel foglalkozó kutatók több évtizeden keresztül az atkák fő táplálékaként a méhek hemolimfáját tekintették. 2019-ben Ramsey és munkatársainak sikerült pontosítaniuk ezt a tudományos tényt, miszerint a hemolimfa szívogatás mellett az atkák potenciális tápláléka a méhek zsírszövege is, melyet Han és mtsai. 2024-es proteomikai kutatása tovább finomított (Ramsey és mtsai., 2019; Han és mtsai., 2024). A fejlődő méh zsírszövetének szívogatása végett csökken a méhek lipid szintézise. Az elszívott energia hatására romlik a fehérjeszintézis minősége. Az alacsony lipid- és fehérjeszintézis hatására

romlik az anyagsere-forgalom, ezáltal az immunrendszer működése is. E folyamat hatására csökken a peszticidekkel szembeni tolerancia is, hiszen a méhek detoxikációs folyamataiban a zsírsavaknak meghatározó szerepük van (Dooremalen és mtsai., 2013; Ramsey és mtsai., 2019). A testtömeg csökkenés és a potroh torzulás már mérhető a fejlődés közben, kifejlett imágók esetében pedig jól szembetűnő jelenség. A varroatózis súlyosságát az atka populáció mérete, valamint az általa terjesztett vírusok kombinációja befolyásolja leginkább. Dolgozók esetében a testtömeg csökkenése átlagosan 7%, az intakt imágók súlyához viszonyítva (De Jong és mtsai., 1982, Keszthelyi és mtsai., 2021). A herék esetében ez a változás súlyosabb csökkenéssel járhat, a parazitáltság függvényében (Duay és mtsai., 2003). A testtömeg csökkenés a repülési képesség romlását is eredményezheti, ezáltal a dolgozó méhek esetében korai munkába állást eredményez, ami csökkenti az életük hosszát, ezzel negatív irányba befolyásolva a kaptár korösszetételét (De Jong és mtsai., 1982; Amdam és mtsai., 2004). Ezen felül a fejlődés alatt parazitált egyedeken fejletlen tájékozódó képességet figyeltek meg, melynek eredményeképpen a méhek eltávoznak, nem találják vissza a kaptárukba, ezzel csökkentve a méhcsalád népességét, mely a méhek egyedszámának kismértékű, csökkenő tendenciáját okozza (Duay és mtsai., 2003; Villa és mtsai., 2008). Nem megfelelő odafigyelés mellett az atka populáció méretének növekedésével, még közepes atkaszám esetén sem lesznek drasztikus család egészen szembetűnő klinikai tünetek. A méhcsalád életében az ősz folyamán a legveszélyesebb a kártétel, amikor a méhek a téli időszakra felkészülve csökkentik a család méretét. Így a családban feldúsul, megnő a károsított egyedek száma az egészségesekhez viszonyítva (Fries és mtsai., 2003). Az atka kártételének utolsó fázisa a család megroppanásának időszaka, mikor már klinikai tünetek jelentkeznek. Ekkor megjelennek a nyomorék, csökevényes szárnyú méhek elszórt fiasítással. Különböző vizsgálatok alapján azt lehet mondani, ha a telelő méhek fertőzöttsége a 7%-ot meghaladja, akkor a család összeomlását fogja eredményezni rövid időn belül (Liebig, 2001). Ha a nyári időszakban a fertőzöttségi szint eléri a 30%-ot, akkor a család kevés eséllyel vészeli át a téli időszakot. Kutatások alapján azt lehet mondani, hogy 3000-4000 atka szükséges a család összeomlásához (Currie és Gatién, 2006).

3.2.7. Az ázsiai méhatka által terjesztett vírusok

A méhek vírusos megbetegedésének első számú vektora az ázsiai méhatka. A tömeges méhcsaládelhullások, valamint a súlyos parazita létszám között párhuzam vonható. Jelenlegi kutatások több, mint 18 különböző vírust mutattak ki, melyek többségéért ez a faj felelős. Bizonyítottan 8 vírus vektorizációját mutatták ki, ezek a következők: Israeli heveny méhbénulás

vírus (IAPV), méhlassulás vírus (SBPV), lárvatömlősödés (SBV), Kashmir bee vírus (KBV), szárnytorzulás vírus (DWV), idült méhbénulás (CBPV), fekete anyabölcső vírusa (BQCV), heveny méhbénulás vírus (ABPV) (Giuffre és mtsai., 2019; Levin és mtsai., 2019). A leginkább elterjedt és legjobban felismerhető vírus a szárnytorzulás vírusa, amelyet a fejletlen szárnyakról és abnormális potrohról lehet felismerni (Boecking és Generch, 2008; Sipos és mtsai., 2021). A heveny méhbénulás az előzőtől eltérő vírus. A család „összeroppanását okozza, amely legtöbbször a nyári időszakban, valamint télen következik be a bőséges táplálék készlet ellenére. Ezen kívül megfigyelhetők még a kaptár bejárójánál röpképtelen, remegő, feladatukat nem találó méhek. Az elmúlt években végzett vizsgálatok eredményei kimutatták, hogy az eddig csak a szomszédos országokban felismert vírusfertőzések egy része a hazai méhállományokban is jelen van. Az ABPV és a DWV-t mutatták ki, viszont klinikai tünetek alapján még két fertőzés is jelen van, az SBV és a CBPV (Forgách és mtsai., 2008; McMenamin és mtsai., 2015).

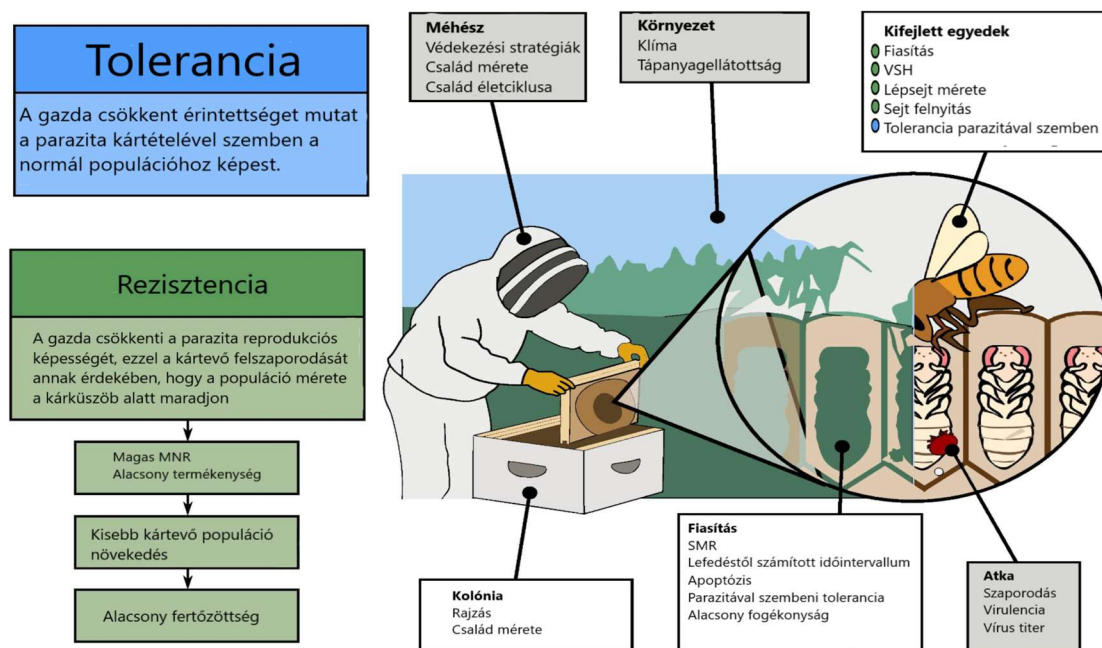
3.2.8.A méhek ázsiai méh atkával szembeni toleranciája

Ha visszatekintünk a *Varroa destructor* és az *A. cerena* kapcsolatára, akkor több olyan viselkedési formát és tulajdonságot találunk, amelyek segítségével a méhcsalád a kártétel mértékét és a parazita reprodukciós sikerességét csökkenti. Szaporodásuk egyedüli módon az eredeti gazda fajban csak a here fiasításra korlátozódik (Rosenkranz és mtsai., 1993; Boot és mtsai., 1993.; Garrido és mtsai., 2003). A vakarózás “grooming” mozgásformája jelentős sikerrel távolítja el a testükről a parazitát, emellett megtaláljuk a tisztogató viselkedést “*Varroa* hygienic behaviour (VSH)”, amely során a fertőzött fiasításokat kirágnak és eltávolítják. Ezekkel a védekezési mechanizmusokkal az atkák 98%-át is képesek eltávolítani a kaptárból a keleti méhek (Boecking, 1992; Rosenkranz és mtsai., 1993). A herefiasítás esetében megtalálható egy jelenség, amelyet az angol irodalom „entombing”-nak nevez. A fiasítások esetén a kemény bábsapka miatt a parazitált egyedek nem képesek kirágni magukat, ezért a parazitával együtt a sejtben ragadnak. Ezzel a tulajdonsággal a kifejlődő atkák egy jelentős részét a sejtbe zárhatják a keleti méhek (Boecking és mtsai., 1999; Mondet és mtsai., 2020).

Az *A. mellifera* esetében is több természetes szelekció által kialakult viselkedés mintázat ismert melyek növelik az atka elleni toleranciát. A legjobban ellenálló méhcsaládok a trópusi országokban alakultak ki, ezekben a családokban megtalálható a magas higiénikus hajlam és az aktív vakarózás (Boecking, 1993; De Jong, 1996). A magas tolerancia magyarázatául szolgálhat még, hogy a méhcsaládok jóval népesebbek a trópusi körülmények között, mint a mérsékelt éghajlaton (Moritz és mtsai., 2007). Ez esetben a méhek reprodukciós rátája felülkerekedik a

V. destructor okozta kártételen és kialakul egyfajta tolerancia. Magas szintű toleranciáról az első jelentés Észak-Brazíliából, Fernando de Noronha szigetéről érkezett egy elszigetelt méh populációból. A családok 25 éven keresztül nem részesültek atka elleni kezelésben (De Jong, 1997). Mérsékelt égövi időjárási viszonyok között is próbálták megvalósítani a természet által kínált megoldásokat, azonban Németország területén nem váltották be a hozzá fűzött reményeket (Correa-Marques és mtsai., 2003). Ugyanakkor a mérsékelt időjárási viszonyok között is van már jó pár pozitív eredmény, amelyek Franciaország és az Egyesült Államok területéről érkezett jelentésekben szerepel (Le Conte és mtsai., 2007).

Számos nemesítési törekvés indult az ázsiai méhatka kártételével szemben a toleránsabb vonalak érdekében, például a „Primorszki” néven emlegetett orosz és amerikai tenyésztési program. A programban 18 toleráns vonalat sikerült kialakítani (De Guzman és mtsai., 2007; 2008). A programban német méhészek is részt vettek, akik nemesített vonalakkal kezdtek el dolgozni viszont a családok a németországi időjárási körülmények között nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket (Tarpay és mtsai., 2014). Egy 2019-ben megjelent francia kutatás 50%-ban rezisztens méhcsaládról számolt be, amelyek egyedei alacsony ekdizon hormontermelést mutattak. Azokban a lépsejteken, amelyekben kisebb hormonszintű méh egyedeket találtak, megfigyelték, hogy a nőstény atkák nem képesek szaporodni (mite non-reproduction, MNR). A hormon az atkák vitellogenesisét, azaz a tojásrakását indukálja, amelyet csak a méhbábokból tud egyedülállóan felvenni, mivel bioszintézisre képtelen (Conlon és mtsai., 2019; Büchler és mtsai., 2020). Ezen megfigyelés talán összefüggésben lehet egy 2021-ben leírt legújabb irányvonalat képviselő tenyésztési útvonallal a sejt felnyitás “recapping” jelenségével, mely során a nőstény atkák reprodukciós rátájának csökkenését figyelték meg (suppressed mite reproduction, SMR) (Oddie és mtsai., 2021). Az ázsiai méhatkával szembeni védelmi mechanizmusokról és a populáció méretét csökkentő hatásokról készített összefoglaló a 6. ábrán látható.



6. ábra: Az ázsiai méhatka populáció méretét befolyásoló tényezők (Traynor és mtsai., 2020. alapján módosította Zakk Zsombor)

3.2.9. Varroatózis felmérése infravörös hőterképezéssel

A mézelő méhek ázsiai méhatka elleni egyik fő elemének tekinthető a beteg vagy sérült fiasítások eltávolítása a dolgozó méhek által. A tisztogató viselkedést kiváltó ingerek pontos azonosítása során végzett vizsgálatok azonosítottak számos fehérjéhez kötött illatanyagokat, amelyek kiváltják az ingert a dolgozó méhekből. A hőmérséklet szabályozás és annak szerepe esetlegesen egy fontos szempont lehet az atka elleni védekezési mechanizmusok feltárásában, mint azt Bauer és mtsai., (2018) vizsgálatukban állították. Ugyan statisztikailag igazolható összefüggéseket nem találtak az emelkedett hőmérséklet és az emelkedett tisztogató hajlam között viszont ezen tulajdonság vizsgálata esetében. A méhcsalád által adott válaszreakció a fertőzött lépsejtek esetében az emelkedett fiasítás hőmérséklete. Bauer és mtsai. (2018) munkája során igazolták, hogy az atka fertőzött lépsejtek hőmérséklet értékei eltérnek az egészséges egyedekétől, melynek ponos élettani, valamint szociális immunitásban betöltött szerepe ismeretlen. Számos kísérlet során bizonyított, hogy negatív hatást gyakorol az ázsiai méhatka reprodukciójára, fiziológiájára az emelkedett hőmérséklet, melyet egyes országok védekezési módszerként is alkalmaznak (Roth és mtsai., 2020; Porporato, 2022). Az emelkedett hőmérséklet, a méhcsalád szociális immunitásának válaszreakciójaképp is értelmezhető (Bauer és mtsai., 2018, Smolinski és mtsai., 2020).

4. SAJÁT VIZSGÁLATOK

4.1. Anyag és módszer

4.1.1. Méhcsaládok vizsgálata, a kísérleti alapanyag gyűjtése



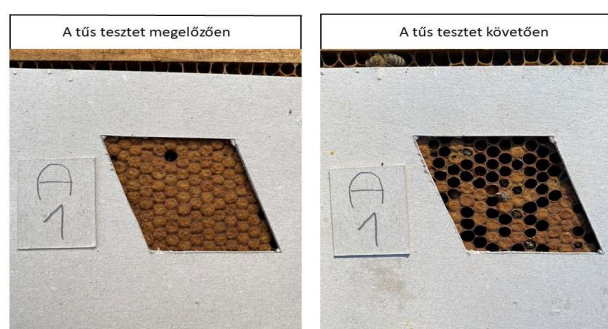
7. ábra: Családok elhelyezkedése a kaposvári campuson

A kísérlet idejére 8 darab méhkaptárt helyeztünk el a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem kaposvári campusának területén Kaposváron. A kísérlet idejére elhelyezett méhcsaládok pontos GPS koordinátái WGS:X:46,381259, Y:17,82654. A kísérletbe vont családok közül 2 darab 8 keretre szűkítve nagyboczonádi (Nb) meleg építésű fekvő kaptárban voltak, 6 család 8 Nb keretre szűkítve hideg építményben voltak elhelyezve Tamási típusú, rakodó kaptárakban. A családokban 2021-ben kelt krajnai méhanyák voltak. Annak érdekében, hogy a varroatózis tünetei a kísérlet eredményeit ne befolyásolja, 2022.06.07-én kerültek szaporításra műraj készítés technikájával. A műrajok 1.5 kg dolgozó méhet + 2021-es méhanyát és 3 darab üres, valamint 3 darab virágoros mézes Nb keretet tartalmaztak induláskor. A családok méhanyái nem *Varroa* toleráns vonalakból származtak, így a családokat annak érdekében, hogy az ázsiai méhatka populációk szintje ne gyengítse le a kísérlet idejére 2g oxálsav (99.5% tisztaságú) szublimálásával 2022.06.15-én redukáltuk számukat, mely egységes fertőzöttségi szintre hozta a fedett fiasítással nem rendelkező családokat. A családok a kísérlet idejére 8 kereten helyezkedtek el, megfelelő méz és virágor készlettel. A családok teljes takarásban részesültek, a keretek tetejét takarófóliával, valamint 4 cm vastag EPS lábazati

szigetelő lemezzel szigeteltük. Annak érdekében, hogy a családok hőháztartását a léputcák hővesztesége így a kísérlet eredményeit ne befolyásolja. Erősségük a varroatózis függvényében eltérően alakult, miképpen egyes családok állapota a kísérlet idejére erősen varroatózis tüneteit mutatta. Ezen családokat a kísérletből nem zártuk ki, miképpen a varroatózis mértékének indikátoraiként szolgáltak, valamint kíváncsiak voltunk a mért paraméterek vonatkozásában ezen méhcsaládok teljesítményére.

4.1.2. Higiénikus vizsgálatok

Egy héttel (2022.10.09.) a hőkamerás felméréseket megelőzően a családokat átvizsgáltuk és higiénikus vizsgálatokat végeztünk rajtuk tús teszt segítségével Gramacho és mtsai. (1999) munkája alapján. Minden családból kiválasztásra került egy-egy lezárt fias keret, amelyen meghatároztunk egy körülbelül 100 lezárt fias sejtet felölelő területet. A fiasításokat 0,25 mm átmérőjű rovartüvel kiszúrtuk, majd 24 óra elteltével megvizsgáltuk őket. Mind a kiszúrás alkalmával, mind a 24 órás vizsgálat során fotókat készítettünk okostelefon segítségével, mely képek alapján tisztogatási arányt számítottunk a tisztított/ki nem tisztított sejtek alapján melynek mintája a 8. ábrán látható.



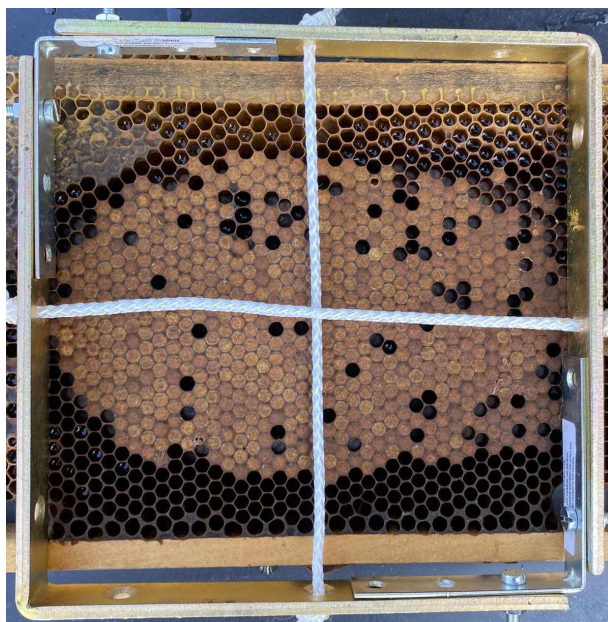
8. ábra: A tús teszt eredményeinek validálására használt felvételek.

4.1.3. Hőkamerával végzett vizsgálatok

A hőkamerával végzett vizsgálatokat két időpontban végeztük 2022. október 16. napján, valamint 17. napján, azonos időintervallumokban délutáni órákban 12:00 és 16:00 között. A felvételeket egy Flir E5 Wifi készülék segítségével végeztük. A hőképek 120x90 pixel felbontásban, 9Hz tartományban, 0,1 °C-os pontossággal készültek. A családokban található fiasításos keretek összességét a kísérlet alapanyagául felhasználtuk melyekről azonos távolságból (50 cm) kerültek elkészítésre a hőképek. Annak érdekében, hogy a lépek felszíne ne hűljön le az eltávolítást követően 1 percen belül, direkt napsütéstől védett zárt 23°C-os hőmérséklettel rendelkező helyen készítettük a képeket. A hőképek elkészítését megelőzően a

kereteken lévő imágókat leráztuk, ezt követően kerültek elkészítésre a hőképek, valamint a boncolás és az adatelemzéshez használt fotók, amelyek okostelefonnal készültek. Annak érdekében, hogy a hőképek, valamint a fényképek alapján azonosítani tudjuk a parazitált lépsejtek pontos helyét egy fémből készült 19×19 cm méretű négyzetet helyeztünk a lépekre a képek készítése alkalmával a 9. ábrán látható módon. A négyzeten belül eső területeket vontuk hőképelemzés alá, az eltakart esetleg kilógó részeket nem elemeztük.

A két időpontban készült hőképeket Teledyne FLIR Thermal Studio segítségével értékeltük, vonalzó eszközt használva 10 mm-es távolságot mértünk a képeken mely 2 darab képpontot tartalmazott. Az adott lépsejthez tartozó két képpont átlag értékeit jegyeztük fel. A 9 vizsgált fias kereten oldalanként 5 parazitált és nem parazitált bábott választottunk ki retrospektív módon a boncolást követően, így összesen 85 parazitált báb, valamint 85 intakt random kiválasztott báb hőmérséklet értékeit határoztuk meg.

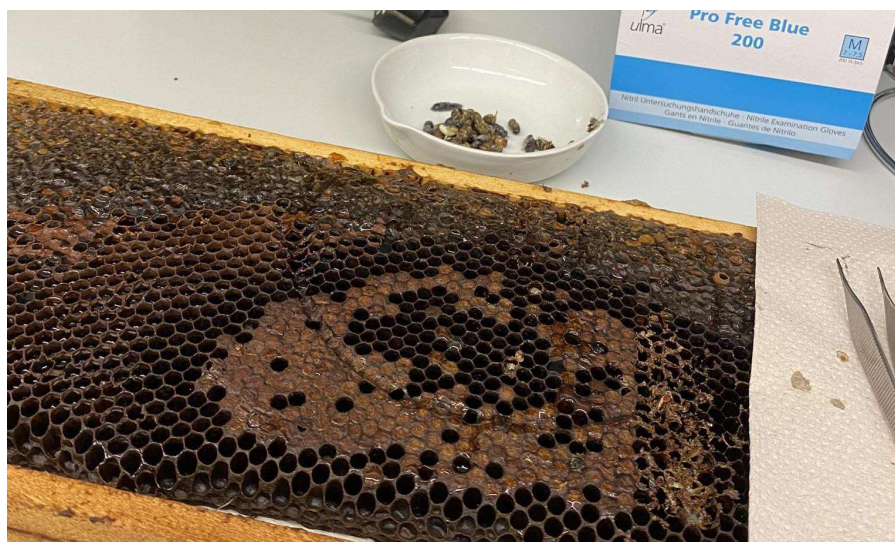


9. ábra: A hőkamera vizsgálat alá vont keretek tájékozódást segítő acél eszközzel.

4.1.4. A parazita jelenlétének megállapítása

A kereteket az utolsó hőkamerás vizsgálatot követően elvettük, annak érdekében, hogy az atkák elhelyezkedése, valamint a fiasítás állapota ne változzon a hőképekhez képest. A családból elvett kereteket -20°C-on tároltuk a boncolások megkezdéséig. A mélyhűtést követően annak érdekében, hogy boncolhatóvá váljanak a lépsejtek 30 percre 30°C-os inkubátorba helyeztük őket, így megfelelően olvadt állapotba kerültek az egyedek. A kísérletek során összesen 9db fias keretet boncoltunk ki, melyek során megállapítottuk a méhek fejlettségi állapotát, valamint a parazitáltság tényét. A keretek mindkét oldala fiasítva volt és a rajtuk

elhelyezkedő összes fedett fias lépsejtet kiboncoltuk. A parazitált lépsejtek esetében feljegyeztük az atkák számát a lépsejtben és rögzítettük a sejt elhelyezkedését az előzetesen elkészített fotókon, melyek a retrospektív módon végzett hőmérséklet meghatározást segítették. A boncolásokat laboratóriumi mikrocipesz segítségével hajtottuk végre. Minden lépsejt esetében az előzetesen elkészített képeken megjelöltük az egyedek stádiumát, valamint a paraziták számát is feljegyeztük.



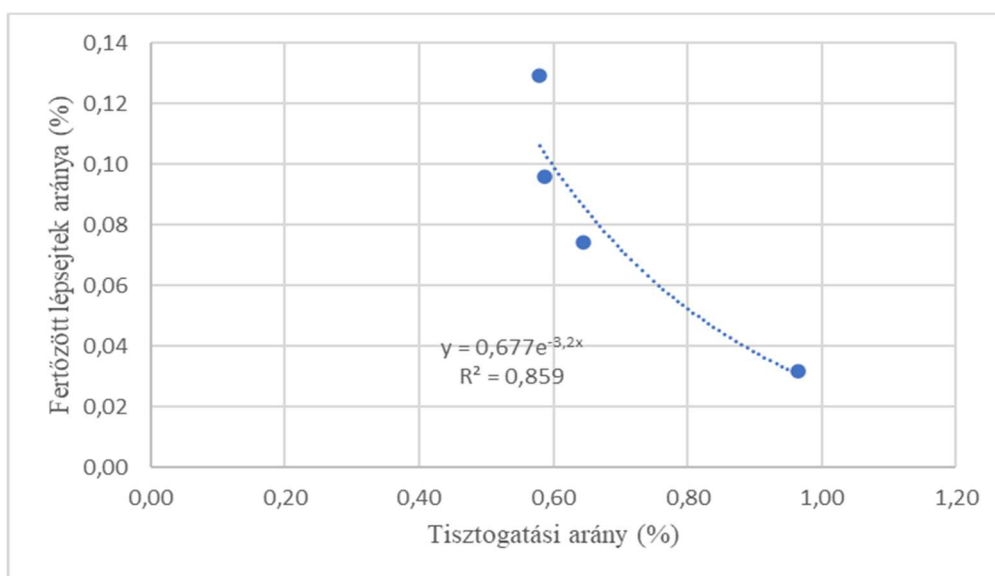
10. ábra: A laboratóriumban végzett lépsejtek boncolása közben készített felvétel.

4.1.5. Alkalmazott statisztikai elemzések

Az adatok normalitásának tesztelésére Shaphiro-Wilk normalitás tesztet végeztünk ($p \leq 0,05$). A higiénikus tulajdonság és a parazitált lépsejtek arányának alakulását exponenciális egyenlet segítségével vizsgáltuk. Annak érdekében, hogy megállapítsuk az ázsiai méhatka hőmérsékletre gyakorolt hatását egytényezős varianciaanalízist végeztünk (one-way ANOVA) az intakt, valamint parazitált egyedek esetében ($n=190$) ($p \leq 0,05$). A lépsejten belül lévő atkák számának hőmérséklet emelkedésre gyakorolt hatását egytényezős varianciaanalízis segítségével vizsgáltuk ($p \leq 0,05$). Annak érdekében, hogy teszteljük a hasonló hőmérséklet mintázatok alakulását a méhcsaládban egynapos differenciával készített hőképek RGB diagramjait korreláció elemzéssel hasonlítottuk össze. A statisztikai vizsgálatokat R-4.2.1. valamint Microsoft Excel programcsomagok segítségével készítettük.

4.2. Eredmények és értékelésük

A higiénikus vizsgálatok során a családok 24 óra elteltével kitisztított sejtjeinek arányát vizsgáltuk meg, mely eredmények egészen a 22%-os gyenge tisztogatási aránytól egészen a 96,4%-os tisztogatási arányig szórtak. A családok teljesítményébe erősen bele játszott a népességük, miképpen az A4-es és az A5-ös család esetében erős varroatózis tüneteit tapasztaltuk a kísérlet idejére, mely a családok népességét erősen befolyásolta. Egy család esetében sikerült megállapítani 95%-os szintnél magasabb tisztogatási arányt, mely már a magas higiénikus hajlamot mutatja. A családok tisztogatási hajlamának vizsgálata során a lineáris regressziós eredmények alapján kijelenthető, hogy a családok népessége erősen befolyásolja a tisztogatási hajlamot. Az exponenciális egyenlet illesztése során az A4-es és A5-ös családokat kizártuk a statisztikai vizsgálatokból, miképpen a szakirodalmi adatok, valamint a többi méhcsalád teljesítménye alapján kiugró értékeknek számítottak. A leíró exponenciális görbe a 11. ábrán látható, melyen megfigyelhető, hogy a determinációs együttható szoros összefüggést mutat $R=0,859$ a higiénikus viselkedés, valamint a parazitált lépsejtek (egészséges lépsejtek/parazitált lépsejtek) arányának vonatkozásában. Minél jobb a tisztogatási aránya a méhcsaládnak, a parazitált lépsejtek aránya úgy csökken.



11. ábra: A családok higiénikus vizsgálat eredményei és az ázsiai méhatkák által parazitált lépsejtek arányának alakulása (Forrás: saját munka)

A kísérlet során több, mint 6025 db zárt fiasítós lépsejtet boncoltunk, melyek átlagosan 5,653%-ban voltak ázsiai méhatkával parazitálva. A parazitált lépsejtek közül 81 db lárva stádiumban, valamint 262 db báb stádiumban volt a boncolás időpontja alkalmával. A

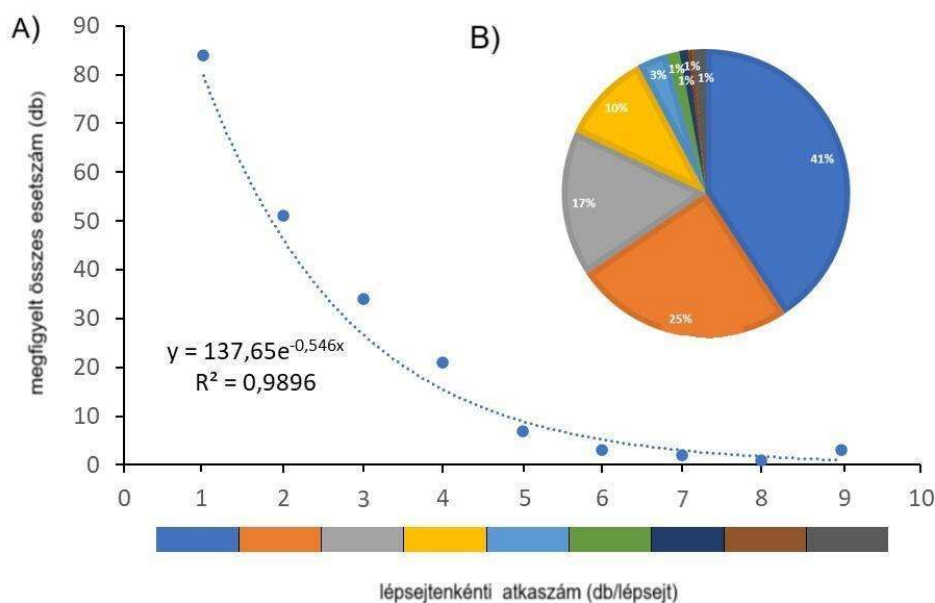
családok atkaparazitáltságának mértéke eltért egymástól, mely egészen a 3,117%-tól egészen a 12,936%-os parazitáltsági szintig változott, valamint a legnagyobb varianciát a család okozta esetükben. Az atkák lép oldalankénti százalékos eloszlása a 12. ábrán látható. Az ábra jól mutatja, hogy a paraziták elhelyezkedése az egész családban lép oldalanként nagy hasonlósággal oszlott el, viszont családonként nagy változékonyságot mutatott. Megfigyeléseink szerint az atkák eloszlása a lépen több pont köré, aggregálódva helyezkedtek el a legtöbb esetben. A 81 db lárvá stádiumú lépsejtből 28,395 %-ban tartalmazott több, mint egy lépsejtbe hatoló nőstény atkát, melynek maximum értéke 4 db volt.



12. ábra: A keretenkénti parazitált lépsejtek százalékos megoszlását bemutató vonaldiagram.

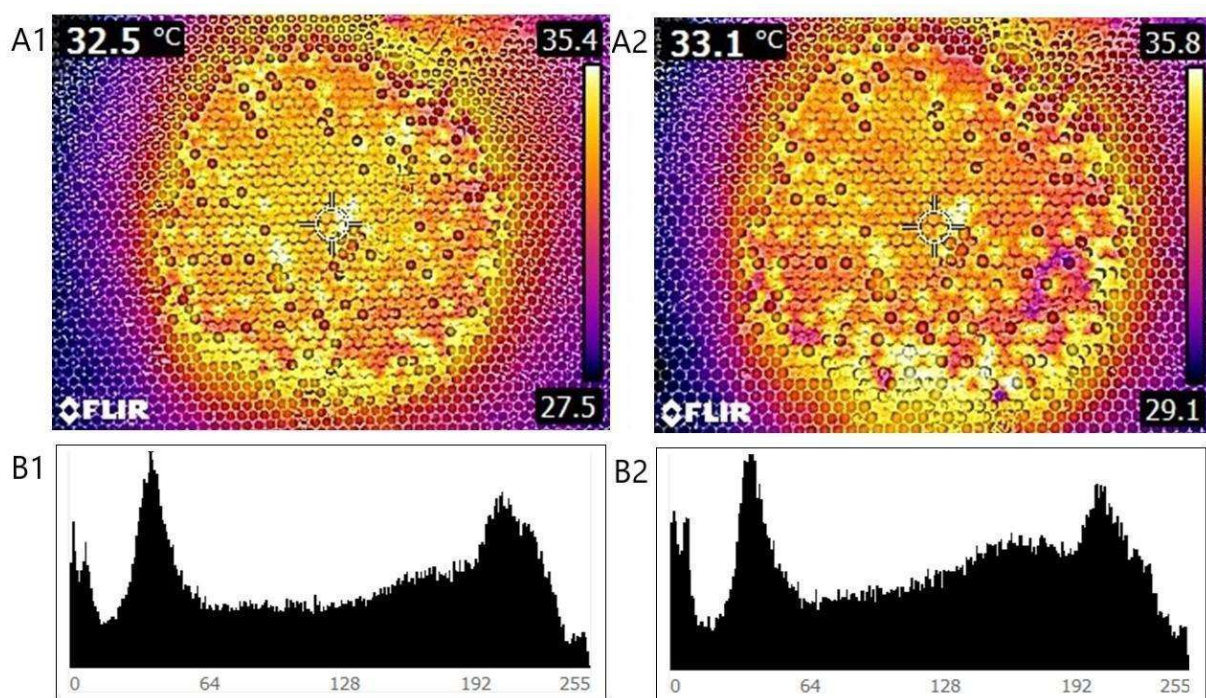
A keretek sorszáma első betű és szám kombinációja a keret elnevezése, azt követő sorszám az oldalakat jelöli (Forrás: saját munka)

A mintegy 262 db báb stádiumban lévő, vegyes korösszetételű fias lépsejt kibontása igazolta, hogy az egy lépsejten belüli atkaszám egészen az 1 atkás károsítástól egészen az egy lépsejten belüli 9 atka jelenlétéig változhat (13. ábra). Amennyiben az egy lépsejten belüli atkaszámok abszolút előfordulását vizsgáljuk meg, akkor kiderül, hogy a leggyakoribb az egyetlen parazita egy lépsejten belül, míg a több atkás előfordulások száma az atkaszám növekedésével exponenciálisan csökkenő tendenciát mutat. A lépsejteken belüli atkaszám változását leíró exponenciális jellegű görbe szoros összefüggésről árulkodik, melyet a determinációs együttható értéke kiválóan reprezentál. A leggyakoribb egy lépsejten belüli atkaszám volt a bábok tekintetében az 1 db (41,25%) és a 2 db parazitás (25,25%) típus. Ezzel szemben az egy lépsejten belüli magas atkaszámú (6-9 db atka/lépsejt) előfordulásokat csupán néhány esetben regisztráltuk.



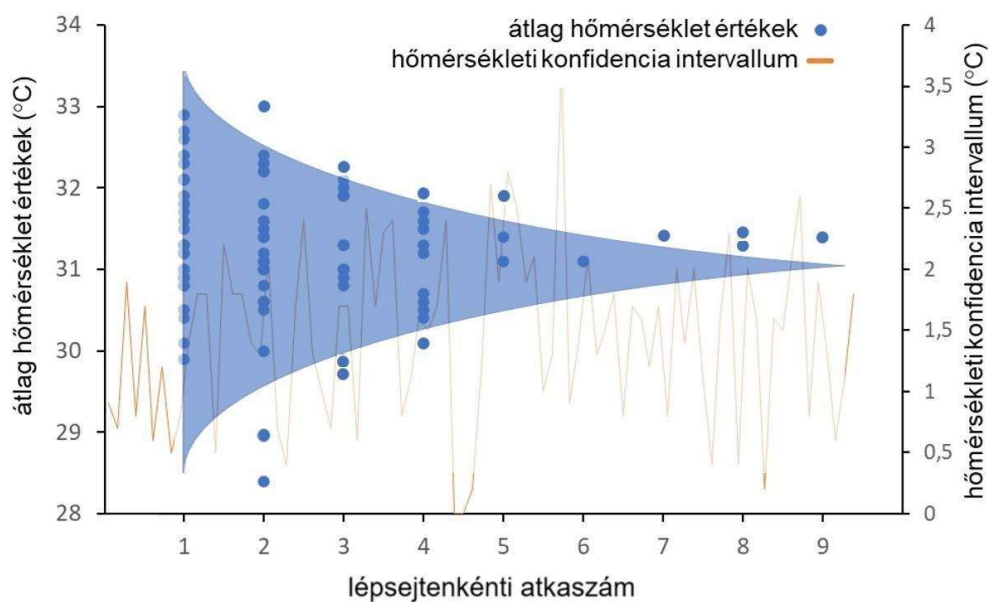
13. ábra: A méhek fias lépsejtjein belül fejlődő ázsiai méhatkák számát (lépsejt/db atka) leíró exponenciális jellegű trendvonal (A); A lépsejten belül fejlődő atkák százalékos megoszlásának kördiagramja (B). (Forrás: saját munka)

A 14. ábrán az ugyanazon kereteken, lépen található fedett és nyitott fiasítások felületén mért IR hőképfelvételek eredményei láthatók. Jól kirajzolódik, hogy a különböző lépsejtek hőmérséklet értékei jelentős eltérést mutatnak. A magasabb hőmérséklet értékekkel leírható területek általában egy jól körülírható terület köré csoportosulnak. Az alacsonyabb hőértékekkel jellemezhető tartományok esetében is hasonló folt-, gócszerűség mutatkozik meg. A 14/A1 és a 14/A2 ábrán látható felvételek hisztogramjaiból kinyerhető pixel alapú RGB paraméterek korreláció elemzése jelentős hasonlóságot igazolt ($r=0,999$). A lépek idő függvényében vizsgált hőmérséklet értékeinek alakulása jelentős hasonlóságot mutat, mely az érintett területek dolgozók által történő, adott lépterületekhez stabilan kötődő hőmérsékletszabályzó tevékenységéről árulkodik. Jól látszik a képeken, hogy a dolgozók a hőenergia legtöbbségét a fiasításon állítja elő, mellyel szemben a lép egyéb területén nem volt aktív hőtermelés.



14. ábra: Ugyanazon méhcsalád fiasításos keretein, különböző időpontokban (A1: 22.10.16; A2: 22.10.17) mért hőképfelvételei, valamint azok digitális képfeldolgozásából készült hisztogramjai (B1; B2) (Forrás: saját munka)

A méhek lezárt fias kereteinek infravörös hőkamerával (IR) történő vizsgálati eredményei (melyek esetében a parazita jelenlétét ezen keretek lépsejtjeinek utólagos feltárásával igazoltuk) rámutattak, hogy az ázsiai méhatkával terhelt lépsejtek felületén magasabb hőmérséklet értékek detektálhatók. A varroatózissal sújtott lépsejtek átlagos hőmérsékleti értéke ($31,27 \pm 0,09^\circ\text{C}$) mintegy $1,31^\circ\text{C}$ -kal magasabb hőmérsékletű, mint az intakt lépsejteken mérhető hasonló értékek ($29,96 \pm 0,08^\circ\text{C}$). Az egytényezős-varianciaanalízis megerősítette, hogy azokon a lépsejteken, melyeken belül a különböző preimaginális állapotú méh egyedek mellett atka parazita is fejlődik, statisztikailag igazolhatóan magasabb hőmérséklet mérhető, mint az atka jelenléttől mentes lépsejtek esetében ($df=1$; $F=118,76$; $p<0.001$).



15. ábra: A különböző számú ázsiai méhatkával terhelt lépsejtek felületén mért átlag- és hőmérsékleti szélsőértékek távolságát reprezentáló konfidencia intervallumok alakulása.

(Forrás: saját munka)

Az eltérő számú atkával terhelt lépsejtek felületén mért hőmérsékleti értékek láthatók a 15. ábrán. Abban az esetben, ha a lépsejtenkénti atkaszám függvényében vizsgáljuk adott lépsejt felületén mért hőmérséklet értékeket, az egytényezős variancia-analízis nem mutat statisztikailag igazolható szignifikáns eltéréseket ($p > 0.05$). E igazolható összefüggést mutatott a különböző számú atkával terhelt lépsejteken mért minimum és maximum hőmérsékleti értékei között mért konfidencia intervallumok statisztikai elemzésének eredménye ($p > 0.05$).

Jól érzékelhető viszont, hogy a hőmérsékleti átlagértékek alakulása a lépsejtenkénti atkaszám emelkedésével stabilan beáll egy 31,0-31,5°C közötti, középértéket képviselő tartományba. Az alacsony lépsejtenkénti atka parazitáltság esetén (lépsejtenkénti egy atka esetén: 29,9-32,7°C, valamint két atka esetén: 28,4-33,0°C) a felületi átlaghőmérsékletek tág értékhatárok között mozognak, míg az 5 atka és a feletti lépsejt parazitáltság esetén már csupán a szűk 31,0-31,5°C értéktartományban helyezkednek el a felületi hőmérséklet értékek.

4.3. Következtetések és javaslatok

Az atka reprodukciós képességeit célzó alap statisztikai vizsgálataink alapján, a szakirodalmi adatokkal egybevágó mutatókat kaptunk, mind a lárvá stádium, mind a báb stádium tekintetében (De Ruijter, 1987; Fries és mtsai., 1994). A higiénikus vizsgálatok tekintetében igazolást nyert az a tény, hogy az ázsiai méhatka populációk alakulása tekintetében a tisztogatási viselkedés befolyásoló hatással bír, és trend szerűen csökkent a parazitált lépsejtek arányát (Büchler és mtsai., 2020; Khan és Gramah, 2021). A termális elemzést követő invazív lépsejt boncolások során igazoltá vált, hogy egy lépsejten belüli báb stádiumban lévő parazita szám alacsony számot képviselt az év ezen szakában, döntően 1 és 2 db atka/lépsejt a báb stádiumok esetében. Kevés az elemzett minták közül, melyek között 4-nél több atkát találtunk lépsejtenként, melynek oka a vegyes korösszetételű bábokban keresendő, mely a kísérlet beállításából származik. A non-invazív és az invazív vizsgálatok egyaránt rámutattak hogy a parazitáltság a lépen sporadikus, foltszerű mintázatot mutat. Ez az atkák speciális szaporodásetológiai tulajdonságaival magyarázható. A nőstény atkák a lépsejt lezárását megelőzően azon lépsejtek köré gyülekezve választanak gazda állatot, melyek az atka parazitizmusát indukáló volatábilis attraktánsait bocsátják ki (Donzé és Guarin, 1994; Rosenkranz, 2010; Nazzi és Le Conte, 2016). A lépsejtenkénti alacsony parazita szám az atka intraspecifikus kompetíciójának érvényesülését mutatja. Az atka igyekszik úgy elhelyezni utódgenerációját, hogy szerves anyag versengés nélkül nevelje fel a teljes értékű utódgenerációt, melynek magyarázatául szolgál a lárvá stádiumok esetében talált alacsony, 1db-nál több L5 stádiumban behatoló parazita számok aránya (Nazzi és Le Conte, 2016).

A vizsgálataink rámutattak, hogy az infravörös felvételeken alapuló hőmérsékletelemzés megfelelő módszer lehet az egyes lépek, lépsejtjeiben megmutatkozó esetleges ázsiai méhatkával történő parazitáltság jelenlétének megismerésére. Ismert jelenség, hogy a rovarok változó testhőmérsékletű állatokként saját környezetük és testük felfűtését nem képesek önállóan megvalósítani, kivételt képez az ún. termoreguláció folyamata, mely során egyes rovarok mozgási és anyagcsere aktivitásuk megnövelése érdekében izommunka segítségével, kémiai vegyületek elégetése során hőt termelnek (Southwick és Moritz, 1987; Stabentheiner és mtsai., 2010; Seeley, 2019). A méhcsaládok esetében a lépsejtben fejlődő preimaginális stádiumok (lárvák és szabad bábok) aktív mozgás hiányában nem képesek termoregulációra. A regisztrált, megváltozott környezeti hőmérsékleti értékek a dolgozók által felismert szokatlan környezeti tényezők által indukáltak. A vizsgálati eredményeinkre alapozva kijelenthető, hogy a dolgozók aktív fűtéssel, szociális lázzal próbálják a parazitált lépsejtben

élő idegen organizmus (ázsiai méhatka) környezeti hőmérsékletét az optimum tartományból kibillenteni, így rontva ezzel a szaporodásbiológiai mutatóit, életfeltételeit (Bauer és mtsai., 2018; Seely, 2019). Vizsgálati eredményeink megerősítették, hogy az ázsiai méhatka parazitált lépek az idő előrehaladtával hasonló hőkép mintát mutatnak. Ez a jelenség mindenképp azt a feltételezést támasztja alá, hogy az egyes stádiumoknak eltérő hőmérséklet igénye van a fejlődéshez, valamint a méhek eredményes parazita felismerésével és életfeltételeinek rontását célozza (Bauer és mtsai., 2018), valamint megerősíti a méhcsalád lokális, lépsejt függő dolgozói aktivitását. Ezt a szociális viselkedést a vizsgálati eredményeinkből származó, az idő függvényében vizsgált termális mintázatok egyértelműen bizonyítják. A korreláció analízis pedig ezt a jelenséget statisztikailag vizsgált módon is igazolja. A parazitált lépsejtek átlagosan 1,3-1,5 °C-al magasabb hőmérséklet értékei feltehetőleg az atka ökológiai optimumától való kibillentést célozza. Egyéb megbetegedések esetében is hasonló következtetésekre jutottak, így ezen tevékenység elnevezése a szociális láz nevet kapta (Starks és Seeley, 2000, Seeley, 2019; Bauer és mtsai., 2020).

A vizsgálatunk érdekes megfigyelése, hogy a lépsejten belül parazita számtól függően az adott parazitált lépsejten mérhető hőmérséklet értékek szórása erősen változik. Az alacsony lépsejtenkénti parazita szám esetében magasabb szórás értékek, míg a magas lépsejtek esetében sokkal szűkebb intervallumban mérhető felületi értékek származtak vizsgálatunkból. Véleményünk szerint ez a jelenség a dolgozók parazita detektálásval állítható párhuzamba. A dolgozók igyekeznek szubletális, abiotikus feltételeket teremteni a parazita lakóhelyeül szolgáló lépsejtek környezetében. A szórás eltérés magyarázata, hogy a dolgozók feltételezhetően nagyobb sikerrel és aránnyal észlelik azokat a parazitált lépsejteket, melyekben több élősködő található. Ezzel szemben az alacsony számú parazitával terhelt lépsejtek észlelési valószínűsége csekélyebb. E ténnyel magyarázható az egyre magasabb parazita számmal súlytó lépsejtek alacsonyabb hőmérsékleti szórása, valamint a lépsejtek felületén mért hőmérsékleti értékek egyre szűkebb intervallumban történő elhelyezkedése.

A vizsgálataink során a különböző számú parazitával terhelt lépsejtek esetében regisztrált felületi hőmérsékleti értékek között nem volt kimutatható különbség. A vizsgálati elemszám esetünkben sajnos nem volt elegendő ahhoz, hogy a magas parazitáltságú lépsejtek elemszáma statisztikailag értékelhetővé váljon. A 6 db és afölötti lépsejtenkénti parazita számú minták csupán 2-3 alkalommal voltak detektálhatók, így az általunk elvégzett vizsgálat nem volt elég érzékeny ahhoz, hogy a parazitaszám függvényében regisztrálható hőmérséklet eltéréseket igazolni tudjuk. Bauer és mtsai (2018) vizsgálati eredményei rámutattak arra, hogy a megnövekedett értékek hátterében a paraziták által bevitt méh vírusok által indukált,

emelkedett anyagcsere folyamatok szolgálnak magyarázatul. Véleményünk szerint e jelenség magyarázata az imágók intenzív szociális viselkedésére vezethető vissza, mely hasonló megközelítésben vizsgálja a szociális immunitást, mint Bauer és mtsai (2018). Az általunk kialakított állásfoglalást az ízeltlábúak poikilotherm jellegével magyarázzuk, hiszen a fejlődési alakok kórokozók által történő érintettségétől függetlenül környezetfüggő, változó testhőmérséklettel bírnak. A hipotézisünk szerint a dolgozók érzékelik a lépsejtben az atkák jelenlétét, amely segítséget nyújthat további atka elleni tenyésztési módszerek, a szelekció és az általános méhegészségügy terén abban az esetben, ha ez a tény bizonyítást és szerepet játszik a lépsejtek felbontásában, tisztogatási hajlam alakulásában. Bauer és mtsai. (2018) a hipotézist tesztelve in vitro körülmények között nem talált statisztikailag igazolt összefüggéseket az emelkedett hőmérséklet és a tisztogatási arányok növekedése tekintetében, ezért további kísérletek szükségesek.

Összességében a vizsgálatainkból kinyerhető konklúziók megállapítását a rendkívül magas számú minta szükséglet és az elemző készülék érzékenysége limitálta. A vizsgálatok folytatásával terveink között szerepel az eddig kétséges vagy esetlegesen meg nem válaszolt szociális viselkedésfüggő, termális mintázatok által felvetett kérdéseknek történő megfelelés. A kísérleti munkánk legfőbb eredménye, hogy non-invazív úton, csupán hőkép elemzéssel megteremtheti az egyes méhcsaládok parazitáltsági %-nak, mintázatnak megismerését. Egyedülálló módon kísérleti beállításaink unikalitása lehetővé tette a lépsejtboncolás nélküli parazitaszám és parazitáltsági % indirekt feltárását. A módszer finomításával olyan széles körben alkalmazható metodika válhat potenciálisan elérhetővé, amely megteremtheti a gyakorlati méhészet egyik legnagyobb ellenségének számító varroatozis parazita nyomásának felmérését non-invazív módon, nagy elemszámban és áteresztő képességben. A módszer óriási előnye, hogy egyszerűen különleges, speciális szaktudás elsajátítása nélkül a gyakorlati méhészek számára is elérhető és alkalmazható metodika lehet a jövőben. Vizsgálatunk előnye, hogy a hőkamerás vizsgálatokra használt készülék szenzorának érzékenysége megegyezik a legtöbb modern csúcskategóriás okostelefon esetében alkalmazott hőkamera szenzorok érzékenységevel. A vizsgálatunk hozadékaként, így a gyakorlati emberek számára is elérhető készülékekkel az integrált védekezési szemlélet kritériumait kielégítő módon valósulhatna meg az ázsiai méhatka elleni védekezések időzítése a termelő méhészetekben is. Ezen túl módszerünkkel a méhtenyésztés területén legígéretesebb tulajdonságokra (VSH, SMR) való szelekciós munka gyorsítására, validálására használható technikánk, további nagy elemszámú tesztelési munkálatokat követően.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A mézelő méhek jelentős mértékben hozzájárulnak a bioszféra egyensúlyának fenntartásához, valamint hatalmas szerepet vállalnak a nagyipari mezőgazdaság rovarbeporzású növények gazdaságos termelésének tekintetében. Sajnálatos módon napjainkban rendkívül sok negatív hatással kell szembenéznie a méheknek, ezáltal az egész méhészeti társadalomnak. Az időjárás változás, valamint a nagymértékű iparosodás eredményeként csökken a méhcsaládok természetes élettere. A méhlegelők csökkenésével, az okszerűtlen kemikáliák felhasználása során egyre inkább legyengül a méhcsaládok immunrendszere, amely eredményeképpen a kórokozókra való fogékonyság megnő. Az említett tények okán véleményem szerint a méhek eltűnésének, elpusztulásának oka a nagymértékű ázsiai méhatka (*Varroa destructor*, Anderos & Trueman, 2000) fertőzöttség. A kártevővel parazitált méhcsaládok népessége rövid időn belül lecsökken, ezt követően az őszi időszakban összeomolhatnak, illetve a téli, kora tavaszi időszakban elpusztulhatnak.

Az elvégzett vizsgálatok során célul tűztem ki a méhcsaládok fiasítás hőmérséklet alakulásának feltérképezését, emellett újszerű megközelítéssel, infravörös hőtérképezés segítségével kívántam rávilágítani a megtámadott család parazitizmusra adott reakciójaként bekövetkezett hőmérsékletváltozásra. Emellett az ázsiai méhatka autoökológiai ismereteinek bővítése, valamint a méhcsalád szociális lánának non-invazív módon történő megismerése is a kísérlet célja volt az ázsiai méhatka reprodukciós képességeinek felmérése mellett.

A kísérlet idejére 8 darab méhcsaládot helyeztünk el a MATE kaposvári campusának területén. A rajok rázott raj készítés technikájával kerültek szaporításra megfelelő méz, illetve virágpor készlettel. A méhanyák nem *Varroa* toleráns vonalakból származtak, ennek okán oxálsav szublimálásával kívántuk redukálni az ázsiai méhatka populációk szintjét, emellett egységes fertőzöttségi szintre hozta a családokat.

Kísérletünk kezdetén tűs teszt segítségével higiénikus vizsgálatokat végeztünk, ezt követően hőkamerával végeztünk vizsgálatokat két időpontban. A felvételeket egy Flir E5 WIFI készülékkel készítettük. A második időpontban történő felvételezést követően 10 db fiasítással rendelkező keret került elvételre. A fiasítások boncolása során megállapítottuk, majd feljegyeztük az adott fiasításban talált atkák számát, elhelyezkedését, emellett a fiasításban lévő méh fejlettségi stádiumát. A boncolásokat manuálisan, laboratóriumi mikrocipesz segítségével hajtottuk végre. A higiénikus vizsgálatok során a családok 24 óra elteltével kitisztított sejtjeinek arányát vizsgáltuk meg, mely eredmények egészen 22%-os gyenge tisztogatási aránytól egészen a 96,4%-os tisztogatási arányig szórtak. A családok tisztogatási hajlamának vizsgálata

alapján kijelenthető, hogy a családok népessége erősen befolyásolja a tisztogatási hajlamot, valamint exponenciálisan csökkenő tendenciával befolyásolja az atkával fertőzött lépsejtek arányát.

Kísérleteink során mintegy 6025 db zárt fiasításos lépsejtet boncoltunk ki, melyek átlagosan 5,6%-ban voltak ázsiai méhatkával parazitálva. A lépsejtek közül 81 db lárva stádiumban, valamint 262 db báb stádiumban volt a boncolás időpontja alkalmával. Megfigyeléseink szerint az atkák eloszlása a lépen több pont köré, aggregálódva helyezkedtek el a legtöbb esetben. A 81 db lárva stádiumú lépsejtből 28,395 %-ban tartalmazott több, mint egy lépsejtbe hatoló nőstény atkát, melynek maximum értéke 4 db volt.

A mintegy 262 db báb stádiumban lévő vegyes korösszetételű fias lépsejt igazolta, hogy az egy lépsejten belüli atkaszám egészen az 1 atkás károsítástól egészen az egy lépsejten belüli 9 atka jelenlétéig változhat. Leggyakoribb az egyetlen parazita egy lépsejten belül, míg a több atkás előfordulások száma az atkaszám növekedésével exponenciálisan csökkenő tendenciát mutat. Ezzel szemben az egy lépsejten belüli magas atkaszámú (6-9 db atka/lépsejt) előfordulásokat csupán néhány esetben regisztráltuk.

A hőkamera képeken jól kirajzolódik, hogy a különböző lépsejtek hőmérséklet értékei jelentősen eltérnek. A magasabb, illetve az alacsonyabb hőértékkel jellemezhető tartományok esetében is hasonló foltszerűség mutatkozik meg. A lépek idő függvényében vizsgált hőmérséklet értékeinek alakulása jelentős hasonlóságot mutat, mely az adott lépterületekhez kötődő aktív hőmérsékletszabályzó tevékenységről árulkodik. A báb stádiumok esetében az alacsony lépsejtenkénti atka parazitáltság esetén a felületi átlaghőmérsékletek tág értékhatárok között mozogtak, míg a lépsejtenkénti atkaszám emelkedésével a hőmérséklet stabilan beáll egy 31,0-31,5°C közötti emelkedett tartományba. A parazitált lépsejtek esetében átlagosan 1,31 °C-al magasabb hőmérsékleteket mértünk, mint az intakt egyedek esetében, melynek magyarázata a család szociális immunitásában szerepet betöltő szociális lázzal magyarázható.

Egyedülálló módon kísérleti beállításaink unikalitása lehetővé tette a lépsejtboncolás nélkül a család parazitáltságának indirekt feltárását. A módszer finomításával olyan széles körben alkalmazható metodika válhat potenciálisan elérhetővé, amely megteremtheti a gyakorlati méhészek számára is elérhető és alkalmazható pro diagnosztikai technológiát. Vizsgálatunk előnye, hogy akár már egy okostelefon esetében alkalmazott hőkamerák szenzorával a gyakorlati emberek számára is elérhető készülékkel megvalósulhat az ázsiai méhatka populációk méretének felmérése, ezzel segítve a tenyésztői munkát, valamint a védekezések optimális időzítését az árutermelő méhészetekben.

6. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőimnek Prof. Dr. Keszthelyi Sándornak és Sipos Tamásnak, akik lehetővé tették segítségükkel, ötleteikkel vizsgálatom létrejöttét. Valamint köszönöm Orsi-Gibicsár Szilviának ötleteit és Troszt Norbertnek a lépsejt boncolásokban nyújtott segítségét.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. Akimov, I.A., Benedyk, S.V. and Zaliznaya, L.M., 2004. Complex analysis of morphological characters of Gamasid mite *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae).
2. Alberti, G. and Zeck-Kapp, G., 1986. The nutrimentary egg development of the mite, *Varroa jacobsoni* (Acari, Arachnida), an ectoparasite of honey bees. *Acta Zoologica*, 67(1), pp.11-25.
3. Amdam, G.V., Hartfelder, K., Norberg, K., Hagen, A. and Omholt, S.W., 2004. Altered physiology in worker honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): a factor in colony loss during overwintering?. *Journal of economic entomology*, 97(3), pp.741-747.
4. Anderson, D.L., 1994. Non-reproduction of *Varroa jacobsoni* in *Apis mellifera* colonies in Papua New Guinea and Indonesia. *Apidologie*, 25(4), pp.412-421.
5. Anderson, D.L. and Fuchs, S., 1998. Two genetically distinct populations of *Varroa jacobsoni* with contrasting reproductive abilities on *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 37(2), pp.69-78.
6. Anderson, D.L. and Trueman, J.W.H., 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & applied acarology*, 24, pp.165-189.
7. Bauer, D., Wegener, J. and Bienefeld, K., 2018. Recognition of mite-infested brood by honeybee (*Apis mellifera*) workers may involve thermal sensing. *Journal of thermal biology*, 74, pp.311-316.
8. Boecking, O., 1992. Defences of bees against *Varroa jacobsoni* defence mechanisms in *Apis cerana* and *Apis mellifera*, pp.426-430.
9. Boecking, O. and Genersch, E., 2008. Varroosis—the ongoing crisis in bee keeping. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 3, pp.221-228.
10. Boecking, O. and Ritter, W., 1993. Grooming and removal behaviour of *Apis mellifera intermissa* in Tunisia against *Varroa jacobsoni*. *Journal of Apicultural Research*, 32(3-4), pp.127-134.
11. Boecking, O. and Spivak, M., 1999. Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*, 30(2-3), pp.141-158.
12. Boot, W.J., Calis, J.N. and Beetsma, J., 1993. Invasion of *Varroa jacobsoni* into honey bee brood cells: a matter of chance or choice?. *Journal of Apicultural Research*, 32(3-4), pp.167-174.

13. Burlando, B. and Cornara, L., 2013. Honey in dermatology and skin care: a review. *Journal of cosmetic dermatology*, 12(4), pp.306-313.
14. Cook, C.N., Kaspar, R.E., Flaxman, S.M. and Breed, M.D., 2016. Rapidly changing environment modulates the thermoregulatory fanning response in honeybee groups. *Animal behaviour*, 115, pp.237-243.
15. Corrêa-Marques, M.H., Medina, L.M., Martin, S.J. and De Jong, D., 2003. Comparing data on the reproduction of *Varroa destructor*. *Genet. Mol. Res*, 2(1), pp.1-6.
16. Conlon, B.H., Aurori, A., Giurgiu, A.I., Kefuss, J., Dezmirean, D.S., Moritz, R.F. and Routtu, J., 2019. A gene for resistance to the *Varroa* mite (*Acari*) in honey bee (*Apis mellifera*) pupae. *Molecular ecology*, 28(12), pp.2958-2966.
17. Currie, R.W. and Gatién, P., 2006. Timing acaricide treatments to prevent *Varroa destructor* (*Acari: Varroidae*) from causing economic damage to honey bee colonies. *The Canadian Entomologist*, 138(2), pp.238-252.
18. Currie, R.W. and Tahmasbi, G.H., 2008. The ability of high-and low-grooming lines of honey bees to remove the parasitic mite *Varroa destructor* is affected by environmental conditions. *Canadian Journal of Zoology*, 86(9), pp.1059-1067.
19. Csaba, G., 1983. *Varroa jacobsoni* (Oudemans, 1904), a mézelő méh (*Apis mellifera*) atkája és a varroosis. *Parasitologia hungarica*, 16(2), pp.31-38.
20. Dooremalen, V. C., Stam, E., Gerritsen, L., Cornelissen, B., Van der Steen, J., Van Langevelde, F. and Blacquièrre, T., 2013. Interactive effect of reduced pollen availability and *Varroa destructor* infestation limits growth and protein content of young honey bees. *Journal of insect physiology*, 59(4), pp.487-493.
21. De Guzman, L.I. and Delfinado-Baker, M., 1996. A new species of *Varroa* (*Acari: Varroidae*) associated with *Apis koschevnikovi* (*Apidae: Hymenoptera*) in Borneo. *International Journal of Acarology*, 22(1), pp.23-27.
22. De Guzman, L.I., Rinderer, T.E. and Frake, A.M., 2007. Growth of *Varroa destructor* (*Acari: Varroidae*) populations in Russian honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) colonies. *Annals of the Entomological Society of America*, 100(2), pp.187-195.
23. De Guzman, L.I., Rinderer, T.E. and Frake, A.M., 2008. Comparative reproduction of *Varroa destructor* in different types of Russian and Italian honey bee combs. *Experimental and Applied Acarology*, 44(3), pp.227-238.
24. De Jong, D., 1996. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. *Bee World*, 77(2), pp.67-70.

25. De Jong, D., De Jong, P.H. and Goncalves, L.S., 1982. Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. *Journal of apicultural research*, 21(3), pp.165-167.
26. De Jong, D. and Soares, A.E.E., 1997. An isolated population of Italian bees that has survived *Varroa jacobsoni* infestation without treatment for over 12 years.
27. De Ruijter, A., 1987. Reproduction of *Varroa jacobsoni* during successive brood cycles of the honeybee. *Apidologie*, 18(4), pp.321-326.
28. Delfinado-Baker, M. and Aggarwal, K., 1987. A new *Varroa* (Acari: Varroidae) from the nest of *Apis cerana* (Apidae). *International Journal of Acarology*, 13(4), pp.233-237.
29. Donzé, G. and Guerin, P.M., 1994. Behavioral attributes and parental care of *Varroa* mites parasitizing honeybee brood. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 34, pp.305-319.
30. Donzé, G., Herrmann, M. and Bachofen, B., 2006. parasite *Varroa jacobsoni*. *Ecological entomology*, 21(1), pp.17-26.
31. Duay, P., De Jong, D. and Engels, W., 2003. Weight loss in drone pupae (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie*, 34(1), pp.61-65.
32. Endris, J.J. and Baker, T.C., 1993. 14. Aktionspotentiale, abgeleitet am ersten Laufbein von *Varroa jacobsoni*, nach olfaktorischer Stimulierung. *Apidologie*, 24(5), pp.488-490.
33. Fahle, N. and Rosenkranz, P., 2005. Mate choice in *Varroa destructor*: male mites prefer young females. In *IUSSI-Proceedings of the German Section Meeting at Halle*.
34. Fries, I., Camazine, S. and Sneyd, J., 1994. Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: a model and a review. *Bee world*, 75(1), pp.5-28.
35. Fries, I., Hansen, H., Imdorf, A. and Rosenkranz, P., 2003. Swarming in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* population development in Sweden. *Apidologie*, 34(4), pp.389-397.
36. Foster, F., 2020. Bees and vultures: Egyptian hieroglyphs in *Ammianus Marcellinus*. *The Classical Quarterly*, 70(2), pp.884-890.
37. Forgách, P., Bakonyi, T., Tapaszt, Z., Nowotny, N. and Rusvai, M., 2008. Prevalence of pathogenic bee viruses in Hungarian apiaries: situation before joining the European Union. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98(2), pp.235-238.
38. Garrido, C., Rosenkranz, P., Paxton, R.J. and Gonçalves, L.S., 2003. Temporal changes in *Varroa destructor* fertility and haplotype in Brazil. *Apidologie*, 34(6), pp.535-541.

39. Garrido, C., Rosenkranz, P., Stürmer, M., Rübsam, R. and Büning, J., 2000. Toluidine blue staining as a rapid measure for initiation of oocyte growth and fertility in *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*, 31(5), pp.559-566.
40. George Poinar Jr, G.O. and Danforth, B.N., 2006. A fossil bee from Early Cretaceous Burmese amber. *Science*, 314(5799), pp.614-614.
41. Giuffrè, C., Lubkin, S.R. and Tarpy, D.R., 2019. Does viral load alter behavior of the bee parasite *Varroa destructor*?. *Plos one*, 14(6), p.e0217975.
42. Glass, J.R., Burnett, N.P., Combes, S.A., Weisman, E., Helbling, A. and Harrison, J.F., 2024. Flying, nectar-loaded honey bees conserve water and improve heat tolerance by reducing wingbeat frequency and metabolic heat production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(4), p.e2311025121.
43. Goblirsch, M., Warner, J.F., Sommerfeldt, B.A. and Spivak, M., 2020. Social fever or general immune response? Revisiting an example of social immunity in honey bees. *Insects*, 11(8), p.528.
44. Goodwin, R.M., Taylor, M.A., McBrydie, H.M. and Cox, H.M., 2006. Drift of *Varroa destructor*-infested worker honey bees to neighbouring colonies. *Journal of apicultural research*, 45(3), pp.155-156.
45. Gramacho, K.P., Gonçalves, L.S., Rosenkranz, P. and De Jong, D., 1999. Influence of body fluid from pin-killed honey bee pupae on hygienic behavior. *Apidologie*, 30(5), pp.367-374.
46. Groh, C., Tautz, J. and Rössler, W., 2004. Synaptic organization in the adult honey bee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(12), pp.4268-4273.
47. Hadisoesilo, S. and Otis, G.W., 1998. Differences in drone cappings of *Apis cerana* and *Apis nigrocincta*. *Journal of apicultural research*, 37(1), pp.11-15.
48. Han, B., Wu, J., Wei, Q., Liu, F., Cui, L., Rueppell, O. and Xu, S., 2024. Life-history stage determines the diet of ectoparasitic mites on their honey bee hosts. *Nature Communications*, 15(1), p.725.
49. Haydak, M.H., 1943. Larval food and development of castes in the honeybee. *Journal of economic entomology*, 36(5), pp.778-792.
50. Ifantidis, M.D., 1983. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* in worker and drone honeybee brood cells. *Journal of Apicultural Research*, 22(3), pp.200-206.
51. Ifantidis, M.D., 1988. Some aspects of the process of *Varroa jacobsoni* mite entrance into honey bee (*Apis mellifera*) brood cells. *Apidologie*, 19(4), pp.387-396.

52. Jack, C.J., de Bem Oliveira, I., Kimmel, C.B. and Ellis, J.D., 2023. Seasonal differences in *Varroa destructor* population growth in western honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, p.1102457.
53. Jarimi, H., Tapia-Brito, E. and Riffat, S., 2020. A review on thermoregulation techniques in honey bees' (*Apis mellifera*) beehive microclimate and its similarities to the heating and cooling management in buildings. *Future Cities and Environment*, 6, pp.7-7.
54. Kanbar, G. and Engels, W.J.P.R., 2003. Ultrastructure and bacterial infection of wounds in honey bee (*Apis mellifera*) pupae punctured by *Varroa* mites. *Parasitology research*, 90, pp.349-354.
55. Khan, K.A. and Ghramh, H.A., 2021. An investigation of the efficacy of hygienic behavior of various honey bee (*Apis mellifera*) races toward *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) mite infestation. *Journal of King Saud University-Science*, 33(3), p.101393.
56. Keszthelyi, S., Sipos, T., Csóka, Á. and Donkó, T., 2021. CT-supported analysis of the destructive effects of *Varroa destructor* on the pre-imaginal development of honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, 52(1), pp.155-162.
57. Kulhanek, K., Garavito, A. and VanEngelsdorp, D., 2021. Accelerated *Varroa destructor* population growth in honey bee (*Apis mellifera*) colonies is associated with visitation from non-natal bees. *Scientific reports*, 11(1), p.7092.
58. Le Conte, Y., De Vaublanc, G., Crauser, D., Jeanne, F., Rousselle, J.C. and Bécard, J.M., 2007. Honey bee colonies that have survived *Varroa destructor*. *Apidologie*, 38(6), pp.566-572.
59. Levin, S., Sela, N., Erez, T., Nestel, D., Pettis, J., Neumann, P. and Chejanovsky, N., 2019. New viruses from the ectoparasite mite *Varroa destructor* infesting *Apis mellifera* and *Apis cerana*. *Viruses*, 11(2), p.94.
60. Liebig, G., 2001. How many varroa mites can be tolerated by a honey bee colony. *Apidologie*, 32(5), pp.482-484.
61. Martin E. C., E. Oertel, N. P. Nye and others, 1980. Beekeeping in the United States, U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook number 335.
62. McMenamin, A.J. and Genersch, E., 2015. Honey bee colony losses and associated viruses. *Current Opinion in Insect Science*, 8, pp.121-129.
63. Milani, N. and Nannelli, R., 1988. The tarsal sense organ in *Varroa jacobsoni* Oud.: SEM observations. In *Proceedings of a Meeting of EC-Experts' Group, Udine, Italy* (pp. 71-82).

64. Mondet, F., Beaufrepaire, A., McAfee, A., Locke, B., Alaux, C., Blanchard, S., Danka, B. and Le Conte, Y., 2020. Honey bee survival mechanisms against the parasite *Varroa destructor*: a systematic review of phenotypic and genomic research efforts. *International journal for parasitology*, 50(6-7), pp.433-447.
65. Moritz, R.F., Kraus, F.B., Kryger, P. and Crewe, R.M., 2007. The size of wild honeybee populations (*Apis mellifera*) and its implications for the conservation of honeybees. *Journal of Insect Conservation*, 11, pp.391-397.
66. Nazzi, F. and Le Conte, Y., 2016. Ecology of *Varroa destructor*, the major ectoparasite of the western honey bee, *Apis mellifera*. *Annual review of entomology*, 61, pp.417-432.
67. Oddie, M.A., Burke, A., Dahle, B., Le Conte, Y., Mondet, F. and Locke, B., 2021. Reproductive success of the parasitic mite (*Varroa destructor*) is lower in honeybee colonies that target infested cells with recapping. *Scientific Reports*, 11(1), p.9133.
68. Oudemans, A.C., 1904. On a new genus and species of parasitic acari. *Notes from the Leyden Museum*, 24(4), pp.216-222.
69. Ö rösi Pál Zoltán, 1962. Méhek közö tt, Mezö gazdasági kiadó, Budapest
70. Peck, D.T. and Seeley, T.D., 2019. Mite bombs or robber lures? The roles of drifting and robbing in *Varroa destructor* transmission from collapsing honey bee colonies to their neighbors. *PloS one*, 14(6), p.e0218392.
71. Porporato, M., Manino, A., Cuttini, D., Lorenzon, S., Ciaudano, S. and Parodi, V., 2022. Varroa control by means of a hyperthermic device. *Applied Sciences*, 12(16), p.8138.
72. Ramm, D. and BOCKELER, W., 1989. Ultrastrukturelle Darstellungen der Sensillen in der Vordertarsengrube von *Varroa jacobsoni* (Acari). *Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere*, 119(3-4), pp.221-236.
73. Ramsey, S.D., Ochoa, R., Baughan, G., Gulbranson, C., Mowery, J.D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J.M., Ellis, J.D. and Hawthorne, D., 2019. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), pp.1792-1801.
74. Rickli, M., Guerin, P.M. and Diehl, P.A., 1992. Palmitic acid released from honeybee worker larvae attracts the parasitic mite *Varroa jacobsoni* on a servosphere. *Naturwissenschaften*, 79, pp.320-322.
75. Rosenkranz, P., 1993. 12. Biotest zur Untersuchung des Wirtsfindeverhaltens von *Varroa jacobsoni*. *Apidologie*, 24(5), pp.486-488.
76. Rosenkranz, P., Aumeier, P. and Ziegelmann, B., 2010. Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of invertebrate pathology*, 103, pp.S96-S119.

77. Roth, M.A., Wilson, J.M., Tignor, K.R. and Gross, A.D., 2020. Biology and management of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), p.1.
78. Seeley, T.D., 2019. The lives of bees: the untold story of the honey bee in the wild. Princeton University Press.
79. Sipos, T., Donkó, T., Jócsák, I. and Keszthelyi, S., 2021. Study of morphological features in pre-imaginal honey bee impaired by *Varroa destructor* by means of computer tomography. *Insects*, 12(8), p.717.
80. Shik, J.Z., Hou, C., Kay, A., Kaspari, M. and Gillooly, J.F., 2012. Towards a general life-history model of the superorganism: predicting the survival, growth and reproduction of ant societies. *Biology Letters*, 8(6), pp.1059-1062.
81. Southwick, E.E., 1983. The honey bee cluster as a homeothermic superorganism.
82. Southwick, E.E. and Heldmaier, G., 1987. Temperature control in honey bee colonies. *Bioscience*, 37(6), pp.395-399.
83. Stabentheiner, A., Kovac, H. and Brodschneider, R., 2010. Honeybee colony thermoregulation—regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. *PLoS one*, 5(1), p.e8967.
84. Stabentheiner, A. and Kovac, H., 2016. Honeybee economics: optimisation of foraging in a variable world. *Scientific Reports*, 6(1), p.28339.
85. Starks, P.T., Blackie, C.A. and Seeley, T.D., 2000. Fever in honeybee colonies. *Naturwissenschaften*, 87, pp.229-231.
86. Tautz, J., Maier, S., Groh, C., Rössler, W. and Brockmann, A., 2003. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(12), pp.7343-7347.
87. Tarpy, D.R., Summers, J. and Keller, J.J., 2014. Comparison of parasitic mites in Russian-hybrid and Italian honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) colonies across three different locations in North Carolina. *Journal of economic entomology*, 100(2), pp.258-266.
88. Tucker, K.W., 1958. Automictic parthenogenesis in the honey bee. *Genetics*, 43(3), p.299.
89. Traynor K. S., Mondet F., Miranda J.R., Techer M., Kowallik V., Melissa Oddie A.Y. M., Chantawannakul P., McAfee A., 2020. “*Varroa destructor*: A complex parasite, crippling honey bees worldwide.” *Trends in parasitology* 36.7: 592-606.

90. Villa, J.D., Bustamante, D.M., Dunkley, J.P. and Escobar, L.A., 2008. Changes in honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) colony swarming and survival pre-and postarrival of *Varroa destructor* (*Mesostigmata: Varroidae*) in Louisiana. *Annals of the Entomological Society of America*, 101(5), pp.867-871.
91. Waldbauer, G., 1998. *The birder's bug book* (pp. xi+-290).
92. Wang, Y., Ma, L., Zhang, W., Cui, X., Wang, H. and Xu, B., 2016. Comparison of the nutrient composition of royal jelly and worker jelly of honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 47, pp.48-56.
93. Winston, M.L., 1991. *The biology of the honey bee*. harvard university press.

8. ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: A különböző kasztok eltérő fejlődési időtartalma. (Martin és mtsai., 1980)	5
2. ábra: Dolgozó méhek tor izomzatának hőtermelő képessége 12 °C-os környezeti hőmérséklet mellett (Stabenthainer és Kovac, 2016).....	7
3. ábra: Különböző genotípusú atkák elterjedése a világban. (Traynor és mtsai., 2020). 10	
4. ábra: Ázsiai méhatka. (Sipos T.)	11
5. ábra: A méhcsalád biológiája és az ázsiai méhatka populáció méretének változása természetes körülmények között. (Traynor és mtsai., 2020. alapján módosítva)	12
6. ábra: Az ázsiai méhatka populáció méretét befolyásoló tényezők. (Traynor és mtsai., 2020. alapján módosítva)	18
7. ábra: Családok elhelyezkedése a kaposvári campuson. (Forrás: saját fotó).....	19
8. ábra: A tús teszt eredményeinek validálására használt felvételek. (Forrás: saját fotó) 20	
9. ábra: A hőkamera vizsgálat alá vont keretek tájékozódást segítő acél eszközzel. (Forrás: saját fotó).....	21
10. ábra: A laboratóriumban végzett lépsejtek boncolása közben készített felvétel. (Forrás: saját fotó).....	22
11. ábra: A családok higiénikus vizsgálat eredményei és az ázsiai méhatkák által parazitált lépsejtek arányának alakulása. (Forrás: saját munka)	23
12. ábra: A keretenkénti parazitált lépsejtek százalékos megoszlását bemutató vonaldiagram. A keretek sorszámának első betű és szám kombinációja a keret elnevezése, azt követő sorszám az oldalakat jelöli. (Forrás: saját munka)	24
13. ábra: A méhek fias lépsejtjein belül fejlődő ázsiai méhatkák számát (lépsejt/db atka) leíró exponenciális jellegű trendvonal (A); A lépsejten belül fejlődő atkák százalékos megoszlásának kördiagramja (B). (Forrás: saját munka).....	25
14. ábra: Ugyanazon méhcsalád fiasításos keretein, különböző időpontokban (A1: 22.10.16; A2: 22.10.17) mért hőképfelvételei, valamint azok digitális képfeldolgozásából készült hisztogramjai (B1; B2). (Forrás: saját munka).....	26
15. ábra: A különböző számú ázsiai méhatkával terhelt lépsejtek felületén mért átlag- és hőmérsékleti szélsőértékek távolságát reprezentáló konfidencia intervallumok alakulása. (Forrás: saját munka).....	27

Táblázatok jegyzéke:

1. táblázat: A mézelő méh rendszertani besorolása (Forrás: saját munka)	4
2. táblázat: Az ázsiai méhatka rendszertani besorolása (Forrás: saját munka)	9

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Zakk Zsombor
A Hallgató Neptun kódja:	T48JJI
A dolgozat címe:	Varratázis hőterképezéssel történő mehegésztségügyi felmérése
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Növénytermesztési-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Agronómia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat 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 mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe. 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 könyvtári repozitóri rendszerében.

Kelt: 2024. év 04. hó 24. nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Zakk Zsombor (hallgató Neptun azonosítója: T48JJ1) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: 2024. év 04. hó 14. nap



belső konzulens



társ konzulens

¹ A megfelelő alá húzando.

² A megfelelő alá húzando.