

DIPLOMADOLGOZAT

Kovács Ádám Gyula

Növényorvos MSc

Budapest

2025



Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Növényvédelmi Intézet

Növényorvos Mesterképzési szak

***A *Hercinothrips aethiopiae* fejlődési sebességének
és fekunditásának vizsgálata***

Belső konzulens: Dr. Király Kristóf Domonkos

egyetemi adjunktus

Készítette: Kovács Ádám Gyula

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	3
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1. A Thysanoptera rend és biológiája	5
2.2. Gazdaságilag jelentős tripszfajok.....	7
2.3. A <i>Hercinothrips</i> nemzetség	7
2.3.1. A <i>Hercinothrips femoralis</i>	8
2.3.2. A <i>Hercinothrips aethiopiae</i>	10
2.4. Invazív rovarfajok és elterjedésük fontossága.....	11
2.4.1. Az inváziós fajokat befolyásoló tényezők	12
2.4.1. Megelőzési és védekezési stratégiák	13
2.5. A hőmérséklet hatása a rovarok fejlődésére.....	14
2.6. Foknap modellek és alkalmazásuk	15
2.7. Hőmérséklet hatása különböző tripszfajok fejlődésére és fekunditására	17
3. Anyag és módszer.....	19
3.1. Laboratóriumi tenyészet létrehozása és fenntartása	19
3.1.1. A tápnövénykör vizsgálata a tenyészet fenntartásához.....	19
3.1.2. Problémák a tenyésztéssel, a hőmérséklet, mint befolyásoló tényező.....	22
3.2. A <i>Hercinothrips aethiopiae</i> fejlődésének vizsgálata	23
3.3. A <i>Hercinothrips aethiopiae</i> fekunditásának vizsgálata.....	27
3.3.1. Szaporodásmód kérdése, pároztatás.....	28
3.3.1. A kísérlet befejező szakasza.....	29
3.4. Adatok értékelése, statisztikai módszerek	29
4. Eredmények és értékelésük	31
4.1. Fejlődési sebességek összehasonlítása	31
4.2. Élettartam vizsgálata	35

4.3. Nőstények realizált fekunditásának vizsgálata	37
5. Következtetések	41
6. Összefoglalás.....	44
Irodalomjegyzék	46
Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	53
Ábrák.....	53
Táblázatok.....	54
Köszönetnyilvánítás	55
Hallgatói nyilatkozat.....	56
Konzulensi nyilatkozat.....	57
MI nyilatkozat.....	58

1. Bevezetés és célkitűzések

A globalizáció és a klímaváltozás hatásai az életünk sok területén jelentősen érezhetőek; nem kivétel ez alól a mezőgazdaság sem, mely számos új kihívással kellett szembenézzen az elmúlt évtizedekben. Az egyik már nagy múlttal rendelkező kihívás az idegenhonos fajok térhódítása, az agrárökológiai rendszerek megváltozása, melynek sebessége rohamosan felgyorsult a közelmúltban. Az egyre intenzívebbé váló nemzetközi kereskedelemnek, a dísz- és zöldségnövények világméretű forgalmának és a változó éghajlati viszonyoknak köszönhetően számos idegenhonos rovarfaj jelent meg Európában és hazánkban, melyek egy része sikeresen meg is telepedett és komoly ökológiai és gazdasági károkat okoz mind a mai napig (Liebhold et al., 2012). Ezen fajok különös figyelmet igényelnek, megjelenésüknek és terjedésüknek nyomonkövetése és az adott faj biológiájának jobb megismerése kulcsfontosságú az ellenük való védekezési stratégiák optimalizálása szempontjából.

A tripszek (Thysanoptera rend) különösen sikeres kártevőcsoportnak számítanak ebben a globális térhódításban. Apró testméretüknek és rejtett életmódjuknak köszönhetően könnyedén válnak „potyautassá” a kereskedelmi útvonalakon, így hatékonyan terjednek országról országra, kontinensről kontinensre. Gyors fejlődésük és nagy szaporodóképességük miatt remekül alkalmazkodnak a változó környezeti feltételekhez. Számos tripszfaj világszerte ismert, több száz gazdanövénnyel rendelkező polifág kártevő. A tripszek kártétele több formában is megjelenik. Közvetlen kárt okoznak a növényi szövetek szívogatásával, torzulások és elszíneződések jelennek meg a növény felületén. Emellett közvetett kártételük is van, számos növényi vírus (elsősorban *ortospovírusok*) vektorai lehetnek (Jones, 2005; Reitz et al., 2011).

A hőmérséklet az egyik legfontosabb abiotikus tényező, amely a rovarok életét nagy mértékben befolyásolja. A rovaroknak nincs állandó testhőmérsékletük, így a környezet hőmérsékletének függvényében megváltozik a fejlődési sebességük, élettartamuk, szaporodási rátájuk és mortalitásuk. Az egyes rovarfajok hőoptimumában nagy eltérés lehet, de általánosságban elmondható, hogy a hőmérséklet emelkedésével egy bizonyos pontig a fejlődési idő lerövidül, a generációk száma nőnek, azonban túl magas hőmérsékleten megnövekszik a mortalitás és csökken a termékenység (Trudgill et al., 2005; McDonald et al.,

1998). Az idegenhonos fajok terjedésének és megtelepedésének valószínűségét is nagyban befolyásolja, hogy azok milyen hőmérsékleti viszonyokat kedvelnek, továbbá a rovarok hőmérsékleti optimumához kapcsolódó ismeretek kulcsfontosságúak lehetnek bármilyen kártevő faj elleni hatékony védekezéshez is.

A *Hercinothrips aethiopiae* (Mound, 1965) egy kevésbé ismert tripszfaj, mely Afrikából származik, azon belül is Etiópiában írták le először, erre utal a faj tudományos elnevezése is. Az elmúlt években több európai országban is kimutatták jelenlétét (Thrips-ID, 2023). Magyarországon bazsalikom növényen találták meg, így került a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Növényvédelmi Intézetének (MATE-NVI) Rovartani Tanszékére néhány fertőzött növény minta, melyből egy tenyészet létrehozása után kezdtünk meg vizsgálatainkat. Mivel a faj biológiájáról kevés adat áll rendelkezésre és a tenyészetünk fenttartása közben is feltűnt a hőmérséklet hatása a populációra, így ennek a tényezőnek a részletesebb vizsgálata mellett döntöttünk.

Diplomadolgozatom célja, hogy jobban megismerhessük a *H. aethiopiae* biológiáját és fejlődésének és szaporodásának sebességét különböző hőmérsékleti viszonyok között. Laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk a faj fejlődési sebességét, élettartamát, mortalitását és fekunditását. A vizsgálatokat három különböző hőmérsékleten (23 °C, 27 °C és 31 °C), klímaszekrényekben végeztük bazsalikom (*Ocimum basilicum* 'Genovese') növényen. Az egyedek nevelése mikrocentrifuga csövekben történt, ami lehetővé tette a tripszek életének pontos és folyamatos nyomonkövetését. A vizsgálat során gyűjtött adatokból kirajzolódik, hogy a hőmérséklet hogyan befolyásolja a faj fejlődési idejét és a szaporodását, ami hasznos információval szolgálhat erről a hazánkban újonnan megjelent, potenciálisan gazdasági károkat okozó tripszfajról.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A Thysanoptera rend és biológiája

A Thysanoptera rend tagjai, vagy más néven tripszek, kis méretű, hosszúkás alkatú, szárnyas rovarok, melyek a világ szinte minden táján jelen vannak az élővilágban. A rend több mint 6000 leírt fajával igen diverznek mondható (Mound, 2005). Egy kifejlett tripsz általában 1-2 mm hosszúságú, megnyúlt, keskeny testtel rendelkezik, melyet fényes kutikula borít. A „Thysanoptera”, azaz „rojtos szárny” elnevezés is utal a tripszek jellemző szárnyfelépítésére: szárnyaik keskenyek, hosszú szőrökkel szegélyezettek, melyek nyugalmi állapotban a test fölött zártan helyezkednek el (Mound & Kibby, 1998). A tripszek másik jellegzetes bélyege, hogy aszimmetrikus kialakítású szűrő-szívó szájszervvel rendelkeznek, mellyel a növényi sejtek beltartalmát sejtről sejtre haladva, egyenként képesek elfogyasztani. Csak a bal oldali rágótőr funkcionális. Az alsó állkapcsok vékony tűszerű képletekké alakultak és ezek összeérve egy szívócsövet hoznak létre (Kirk, 1997). A rend sok tagja polifág, azaz számos különböző növényfajon képes táplálkozni, de vannak köztük oligofág és monofág fajok is, akik csak néhány vagy egy adott gazdanövényen képesek fennmaradni (Lewis, 1997).

A rend két alrendet foglal magába: a Terebrantia és a Tubulifera alrendeket, melyek morfológiai és biológiai bélyegeikben is megkülönböztethetőek (Mound & Kibby, 1998). A Terebrantia alrend nőtényei jól kifejlett, fűrészszerű tojócsővel rendelkeznek, mellyel a tojásaikat a növényi szövetbe képesek helyezni. Ide tartozik a növényvédelmi szempontból sok jelentős fajt tartalmazó Thripidae család, többek között a *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895), magyar nevén a nyugati virágtripsz is.

Ezzel ellentétben a Tubulifera alrend tagjai nem rendelkeznek tojócsővel, így a nőtényeik a levél felületére helyezik tojásaikat. A Terebrantia alrend fajai általában növényeken táplálkoznak és sok közöttük a jelentős kártevő, míg a Tubulifera rend tagjai gyakran gombákkal táplálkoznak, sok esetben lebontó szerepet töltenek be, így az ökológiai szerepük a tápanyag körforgásban jelentősebb, mint a közvetlen károkozásuk a növényállományokban (Mound, 2005; Király, 2024). Ez is mutatja a Thysanoptera rend változatosságát mind morfológiai, mind ökológiai szempontból.

A tripszek életciklusa általában hat stádiumból áll. A kezdeti tojás állapot után következik a két lárva állapot, amelyet L₁ és L₂-ként jelölünk. A lárvaállapotot a prepupa

(előnimfa) és a pupa (nimfa) állapot követi, ezek után alakul az egyed kifejlett imágóvá (adult stádium) (Lewis, 1997). A tojásokból kikelt lárvák a kifejlett egyedekhez hasonlítanak kinézetükben és életmódjukban, és aktívan fogyasztják a növényt, míg a prepupa és pupa állapotban a táplálkozás szünetel és a mozgásuk mértéke is csökken (Reitz, 2011). Ez utóbbi két stádium gyakran a talajban vagy annak közelében megy végbe. Ezen állapotokban jelennek meg a szárnykezdemények, melyek a prepupa stádium esetében még rövidebbek.

Megfelelő körülmények között a *Terebrantia* alrendbe tartozó fajok posztembrionális fejlődése általában néhány hét alatt végbemegy, így évente több generáció kifejlődése is lehetséges, ám ez a tulajdonság fajonként eltérő lehet (Lewis, 1997). A fejlődés időtartama nagyban függ a hőmérséklettől, de emellett befolyásoló tényező a páratartalom és a gazdanövény is.

A tripszek közvetlen kártétele feltűnő kárképet mutat a növényeken. A lárvák és az imágók a leveleken szívogatnak, és kiterjedt, ezüstösen csillogó foltokat okoznak. Ez a jellegzetes kép a kiszáradt, levegővel telt sejtek miatt alakul ki. A tripszek sejtiszívó táplálkozási módja közvetlen mechanikai kárt okoz az epidermiszben és a mezofillum sejtekben (Childers & Achor, 1995). A sejtartalom eltávolítása a parenchima sejtek pusztulásához vezet. Az esztétikai károk mellett a csökkenő asszimilációs felületnek köszönhetően a növény növekedése lelassul, a klorofill és a sejt szerkezet integritásának elvesztése megzavarja a fotoszintézist, a növény vízháztartását és a gázcsere folyamatokat (Lewis, 1997; Reitz, 2009). Ezek együttese hervadáshoz, extrém esetben a növény pusztulásához vezethet.

A közvetlen kártétel mellett több tripszfaj növényi vírusok vektora is lehet, kiváltképpen a *Tospoviridae* családba tartozó különböző ortospovírusoknak, melyek között több gazdaságilag is jelentős károkat okozó vírus szerepel, mint például a *Tomato spotted wilt virus* (*Orthospovirus tomatomaculae*) vagy az *Impatiens necrotic spot virus* (*Orthospovirus impatiensnecromaculae*). Ezek a vírusok zöldség- és dísznövények széles körét fertőzik, klorotikus és nekrotikus gyűrűket, levéldeformációt és jelentős termésvesztést okozva. A vírusokat a tripszek perzisztens és propagatív úton terjesztik, mely azt jelenti, hogy a megfertőzött egyed egész életében képes azok terjesztésére. A vírus a rovar közepbelében és nyálmirigyeiben szaporodik, majd a későbbi táplálkozás során a növényi szövetekbe jut, így megfertőzve azt (Whitfield et al., 2005). Ez a kettős veszélyforrás (direkt és indirekt kártétel) teszi a tripszeket kiemelten fontos kártevőkké a mezőgazdaságban.

A tripszek terjedésében nagy segítségükre van parányi méretük és rejtőzködő életmódjuk. Életciklusuk nagy részét a levelek, virágok, vagy más védett növényi részek rejtett részében töltik (Mound 2005). Bár szárnyaikkal önerőből csak kis távolságokra képesek repülni, előző két tulajdonságuk miatt az emberi tevékenységnek, azon belül is a dísz- és kertészeti növények kereskedelmének köszönhetően, üvegházi termesztéssel, valamint vágott virágok és faiskolai anyagok szállításával a világon szinte bárhova eljuthatnak (Reitz, 2009; Kirk & Terry, 2003). A tojások és a lárvák sokszor észrevétlenül a növényi szövetekben megbújva jutnak át még a legszigorúbb növényegészségügyi ellenőrzéseken is, lehetővé téve a populációk akár kontinenseken átívelő vándorlását. Mindemellett kiváló adaptációs képességgel rendelkeznek, továbbá rövid életciklusuk és széles gazdanövénykörük mind elősegíti egyes fajok globális terjedését.

2.2. Gazdaságilag jelentős tripszfajok

Bár a leírt tripszfajoknak csak töredéke számít jelentős kártevőnek a mezőgazdaságban, az előbb említett képességeik miatt a bizonyos tripszfajok képesek komoly gazdasági károkat okozni. A legjelentősebb fajok közé tartozik a nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis*), a dohánytripsz (*Thrips tabaci*) és a trópusi-szubtrópusi éghajlatról származó dinnyetripsz (*Thrips palmi*). Ezek a fajok mind jelentős kártevővé váltak az üvegházakban és a szabadföldi növénytermesztésben, széles gazdanövénykörrel rendelkeznek, vírusvektorok és egyes populációik komoly rezisztenciát mutatnak bizonyos növényvédő szerekkel szemben (Kirk & Terry, 2003; Bielza, 2008; Jones, 2005). A gyors generációváltásuk, nagy fekunditásuk és a partenogenetikus szaporodásra való képességük segítségével a megfelelő környezeti körülmények között könnyedén elszaporodhatnak (Reitz, 2009; Lewis, 1997).

Ezen fajok gazdasági hatása is rámutat a kevésbé ismert tripszfajok megismerésének fontosságára, melyek hasonló adaptív tulajdonságokkal rendelkezhetnek. Potenciálisan ilyen fajok lehetnek a *Hercinothrips* nemzetség tagjai.

2.3. A *Hercinothrips* nemzetség

Ellentétben sok más gazdasági szempontból jelentős tripsz nemzetséggel, például a *Frankliniella* és *Thrips* genuszokkal, amelyek tagjai gyakran nagyon kicsi, világos színezetű, fűrgé mozgású, sok esetben a virágokon élő fajok, a *Hercinothrips* fajok jellemzően nagyobbak (1,3-1,6 mm), sötétén pigmentáltak, és elsősorban a levelek felületén szívogatnak. A Thripidae

család Panchaethripinae alcsaládjához tartoznak, egy olyan csoporthoz, amely a kemény, vastag levelek felszínén való élethez alkalmazkodott (Mound & Kibby, 1998). Morfológiailag a *Hercinothrips* nemzetség tagjait sötét, érdes testfelülettel rendelkeznek. A fajok mindegyike két szegmensű tarsussal (lábfejjel) rendelkezik, és az elülső szárny mindkét hosszanti ere egy teljes sörtesorral rendelkezik. Ezek a tulajdonságok a fajok napfénynek jobban kitett, szárazabb és nyíltabb élőhelyekhez való alkalmazkodására utalnak (Mound & Kibby, 1998, Mound 2005).

Ezek a fajok fitofágok, ám nem vírusvektorok. A nemzetség semelyik tagjáról sem írták le, hogy képes lenne ortotospovírusok terjesztésére, ami nagy különbség a gazdaságilag kiemelt szerepet játszó tripszfajokkal szemben (Jones, 2005). Körülbelül 10 fajt ismernek ebben a nemzetségben, amelyek mindegyike eredetileg Afrikából származik. Néhányat növényi kártevőként tartanak számon, és ma már világszerte elterjedtek. A test és az elülső szárnyak színmintázatának különbségei alapján különböztethetők meg egymástól (Wilson 1975). Üvegházi körülmények között több fajuk is megjelent a mérsékelt égövön Európában, Ázsiában és Észak-Amerikában, valószínűsíthetően a nemzetközi növénykereskedelmen keresztül. A nemzetség tagjai általában polifágok, növények széles körén táplálkoznak és főleg üvegházi dísznövényfajokra lehetnek veszélyesek (Vierbergen & Mantel, 1991; Mound, 2012; Lewis, 1997).

2.3.1. A *Hercinothrips femoralis*

Mielőtt rátérnék a szakdolgozatban vizsgált *Hercinothrips* fajra, melyről igen keveset tudunk, érdemes egy jobban tanulmányozott rokon fajt is megemlíteni. A legszélesebb körben elterjedt tagja a nemzetségnek a *Hercinothrips femoralis*. Elsőként banán növényen írta le Reuter 1891-ben és a mai napra szinte minden trópusi és szubtrópusi régióban megtalálható, valamint gyakran bukkan fel üvegházakban is világszerte (Lewis, 1997; Mound 2012). A faj sikeressége valószínűleg a száraz és meleg mikroklímához való jó adaptációs képességének köszönhető, és annak, hogy üvegházi vagy más mesterséges körülmények között is képes a fejlődésre és szaporodásra (Masarovič et al., 2023).

Ezt a fajt esetenként cukorrépa- vagy sávós üvegházi tripsznek nevezik. A levélfogyasztó polifág faj különféle dísznövényekkel táplálkozik, a mai napig több mint 50 gazdanövénye ismert (Trdan et al. 2007). A faj általában telitok partenogenetikus úton szaporodik. Gazdaságilag is jelentős károkat okoz; gyakori banánon, ananászon, cukorrépán, gyapoton, földimogyorón, fűgén és dísznövényeken (Houston et al. 1991; Wysoki 1999). A lárva és az

imágó is károsít, a tripszokra jellemző ezüstös kárkép jelenik meg a növényeken, ami komoly fertőzés esetén nektrózishoz is vezethet. A banán füstösvörös elszíneződését, amely esetenként héjrepedéshez vezet, a *Hercinothrips femoralis* fertőzés tipikus tüneteként írták le (Lewis 1997).

A faj élelciklusa a tripszokra jellemző módon alakul. A két lárvastádiumot a prepupa és pupa állapot követi, amelyek során a táplálkozás szünetel, ezután fejlődik ki az imágó. Hőmérsékleti igényeiről viszonylag keveset tudunk. A fejlődési ciklus, a tojásrakástól a kifejlett egyedig, 18,1-19,8 napot vesz igénybe 27 °C-os kísérleti körülmények között (Laughlin 1971). A tojásokat a nőstény a levelek fonákján vagy a szár mentén helyezi el. Körülbelül egy héttel később a lárvák kikelnek és táplálkozni kezdenek. A fiatal lárvák a levelek fonákján gyűlnek össze, és az egyedeket gyakran vizes ürülékcsépp borítja. A körülbelül 6 napos lárvaállapot után a tripszok prepupa, majd pupa stádiuma következik. A röviddel ezután kikelt kifejlett tripszok már kevésbé falánkan táplálkoznak, mint a lárvák. A kifejlett egyedek 40, vagy több napig is élnek. Bár a *Hercinothrips femoralis* esetében a szakirodalom a fajt több esetben telitok partenogenezisűnek minősíti (Kumm & Moritz, 2008; Masarovic et al. 2023), valójában ismertek hímek, igaz, kis számban (Morison 1957, Masarovic et al. 2023). Kumm és Moritz (2008) eredményei pedig azt mutatják, hogy a telitokia *Wolbachia* (egy endoszimbionta baktérium) indukált lehet, mivel antibiotikus kezelést követően nagy számban jelentek meg hímek a populációban. Vagyis vélhetően egy eredendően "klasszikus" haplodiploid, arrenotok szaporodású fajról van szó, amelyen belül azonban a szimbionta-indukált telitokia gyakori jelenség, ezért természetes körülmények között hímeket csak ritkán figyelnek meg.

Vírusokat ugyan jelen ismereteink szerint nem terjeszt, de közvetlen kártétele is kellemetlenségeket okozhat, főleg a dísznövénytermesztésben. A faj kedveli az üvegházi körülményeket és rejtőzködő életmódja miatt az inszekticidés kezelések is nehezen érik el. Felszaporodásának okai általában a meleg és száraz klíma, valamint a természetes ellenségek hiánya.

A *H. femoralis* egyik érdekes tulajdonsága, mely magyarázat lehet sikerességére, az a fajon belüli magas szintű morfológiai változatosság. A faj főként telitok módon szaporodik, nőstényekből álló populációkat hozva létre, ez lehetővé teszi a gyors megtelepedést akár egyetlen betelepített példányból is. Egyes egyedek testmérete, testaránya és a pigmentációja azonban nagy mértékben különbözhet. Ez a változatosság nem csupán a genetikai különbségek

eredménye, hanem valószínűsíthetően a környezet indukálta folyamat, aminek köszönhetően a populáció gyorsan alkalmazkodni képes az adott környezeti körülményekhez. Ezt a jelenséget „fenotípus robbanás” néven írták le a kutatók (Masarovič et al. 2023). Ez a nagy mértékű változatosság nehezíti a faj beazonosítását és felveti annak a valószínűségét, hogy azonosításkor összetéveszték valamelyik másik *Hercinothrips* fajjal. Az egyik ilyen faj a *Hercinothrips aethiopiae*, mely első ránézésre sok mindenben hasonlít közeli rokonához, ám biológiája kevésbé ismert.

2.3.2. A *Hercinothrips aethiopiae*

A kísérletünkben vizsgált tripszfaj a *Hercinothrips aethiopiae*, melyet 1965-ben írt le először Mound Afrikában, azon belül Almaya városában, Etiópiában, cékla (*Beta vulgaris*) növényen (Mound, 1965). Maga a faj is valószínűsíthetően a trópusi Afrikából származik. Más *Hercinothrips* fajokhoz hasonlóan kedveli a melegebb és szárazabb környezetet (Mound 2005). Évtizedeken át inkább egy ritkaságnak számító tripszfajként tartották számon, melynek elterjedése Afrikára korlátozódik. Így nem meglepő, hogy kevés információ állt rendelkezésre a faj biológiájáról és ökológiájáról.

Hollandiában négy nőtényt azonosítottak *Aloe* és *Hedera* növényekről, ami széles tápnövénykörre utal (Goldaracena & Vierbergen, 2022). Nem ismert kialakult szabadban élő populációjuk a kontinensen, ami arra utal, hogy a fajnak vélhetően meleg körülményekre van szüksége a túléléshez és a szaporodáshoz. Ezek alapján sok társához hasonlóan a *H. aethiopiae* is a nemzetközi kereskedelmi útvonalakat kihasználva érkezhett Európába és hasonlóan a *H. femoralis*-hoz ez a faj is üvegházi körülmények között képes fennmaradni.

Bár megjelenésük eddig kevés alkalommal lett feljegyezve, de a különböző európai országokban – és most már Magyarországon is – történő észlelések arra utalnak, hogy jelen ismeretünkknél vélhetően elterjedtebb fajról lehet szó, főként ha figyelembe vesszük az előző fejezetben említett morfológiai hasonlóságát a jóval ismertebb *H. femoralis*-al. Előfordulhatott, hogy bizonyos esetekben tévesen másik fajként azonosították be.

A *H. aethiopiae* sötétbarna, közepes méretű tripszfaj, egy felnőtt nőtény átlagosan 1,1-1,4 mm hosszúságú. Morfológiájában nagyban hasonlít a *H. femoralis*-ra, de potrohvégük kis mértékben különbözik. Emellett a csápízek rövidebbek, az első pár szárny fakóbb színezetű és a dorzális kutikula szerkezetében is eltérnek egymástól (Mound 1965).

A morfológiai leírásán és esetenkénti detektálásán túl azonban rendkívül kevés adatunk van a faj biológiájáról, fejlődési sebességéről és szaporodásáról. Egyetlen közzétett tanulmány sem mérte fel a faj fejlődésének ütemét vagy termékenységét különböző hőmérsékleti viszonyok között. Abból kiindulva, hogy közeli rokonságban áll a *H. femoralis*-szal, amely egy gyors fejlődésű és telitok partenogenezisű faj, valószínűsíthetően a *H. aethiopiae* is hozzá hasonló szaporodási jellemzőkkel rendelkezik.

2.4. Invazív rovarfajok és elterjedésük fontossága

Az invazív rovarfajok megjelenése már nem újkeletű jelenség a mezőgazdaság történetében. Elég a burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata*) példájára gondoljunk, mely Észak-Amerikából kiindulva hódította meg Európát a 20. század elejétől, hatalmas veszteségeket okozva a burgonyatermesztőknek. Ez a klasszikus példa is jól mutatja mekkora hatással lehet az agráriumra akár egyetlen idegenhonos faj nem kívánt megjelenése. Azonban az elmúlt évtizedekben a világ egy új szakaszba lépett a biológiai inváziók nagysága és sokfélesége tekintetében: a globalizáció korszakába.

Napjainkra a globalizáció és a nemzetközi kereskedelem soha nem látott mértékének következtében az invazív fajok megjelenésének gyakorisága jelentős ütemben növekszik és a 21. század egyik legsürgetőbb ökológiai és mezőgazdasági kihívásává nőtte ki magát.

Nem minden idegenhonos (vagy behurcolt) faj válik azonban invazívvá. Az invazív fajok olyan szervezetekként definiálhatók, amelyek az őshonos földrajzi elterjedésükön kívül jelennek meg, önfenntartó populációkat hoznak létre, és negatív gazdasági, ökológiai vagy társadalmi hatásokkal bírnak. A biológiai invázió négy fő részből áll: bejutás, megtelepedés, terjedés és hatás. Mind a négy szakaszt befolyásolja az adott faj biológiája, a környezeti tényezők és az antropogén hatások (Blackburn et al., 2011). Az emberi tevékenységeknek és a klímaváltozásnak köszönhetően megszűnőben vannak az eddigi biogeográfiai határok, ami megkönnyíti a rovarfajok globális újraeloszlását (Liebhold et al., 2012). Sok fitofág rovar akaratlanul kerül szállításra növényi anyaggal vagy talajjal a nemzetközi dísznövény-kereskedelem és a kertészeti termesztés révén, ami által képesek azokat a földrajzi akadályokat megkerülni, amelyek egyébként korlátoznák megtelepedésüket (Hulme, 2009; Chapman et al., 2017).

Sikeres megtelepedésük következtében az invazív rovarfajok megzavarhatják a helyi ökoszisztémák törékeny egyensúlyát: kompetíciót jelenthetnek vagy kiszoríthatják az őshonos fajokat, csökkenhet a biodiverzitás, ami által a fajok közötti kölcsönhatások is megváltozhatnak. Mindemellett kórokozókat terjeszthetnek és természetes ellenségek hiányában komoly mennyiségi és minőségi károkat okozhatnak a mezőgazdaság és a kertészetek számára (Kenis et al., 2009). Világszinten évente több mint 70 milliárd USD-re becsülik az invazív fajok károkozását (Bradshaw et al., 2016), míg az Európai Unióban a mezőgazdaság és az erdészet hozzávetőlegesen évente 12 milliárd EUR veszteséget könyvelhet el miattuk (Paini et al., 2016).

2.4.1. Az inváziós fajokat befolyásoló tényezők

Egy faj invazívá válásának lehetősége nagyban függ annak biológiájától. Bizonyos tulajdonságok, mint a gyors szaporodás, rövid, gyorsan változó nemzedékek, széles tápnövénykör és nagy mértékű alkalmazóképesség elősegítik a faj új területeken való sikeres megtelepedését (Ricciardi et al., 2013). A legsikeresebb invazív fajok emellett általában széles hőmérséklettartományt képesek tolerálni, ezzel is növelve a potenciális élőhelyek számát. Ezek párosulva az emberi tényezőkkel, mint a már sokszor említett kereskedelmi útvonalak, ezeken belül is kiemelten a növény- és terménykereskedelem, a városok és üvegházak melegebb klimatikus viszonyai, mind hozzájárulnak az invázió sikerességéhez.

A világ dísznövény-kereskedelme 2019-ben meghaladta a 25 milliárd USD-t, és több mint 150 ország vett részt benne (FAO, 2021). Ez a biológiai összekötő hálózat egyes elemzések szerint az invazív fajok megjelenésének 70-90 százalékáért felelős, mely abból a szempontból is jelentős, hogy számos tripsz faj (például a *H. femoralis*) ismert tápnövényei között is több dísznövény szerepel (Hulme, 2009; Liebhold et al., 2012; Chapman et al., 2017).

A klímaváltozás is jelentősen befolyásolja az invazív fajok terjedését, ennek hatására ugyanis az ökológiai feltételek is megváltoznak. Az enyhébb telek következtében az áttelelő egyedek mortalitása csökken, és új fajok képesek a szabadban is átvészelni a hűvösebb hónapokat. Emellett a magasabb átlaghőmérséklet felgyorsítja a rovarok fejlődését, megnöveli a létrejövő generációk számát, a melegedő éghajlat pedig lehetővé teszi a szubtrópusi vagy trópusi fajok terjedését a mérsékelt égövi régiókba (Liebhold et al., 2012). Ezek a hatások könnyen felboríthatják a kártevők és természetes ellenségeik közötti egyensúlyt is, ezzel nehezítve az ellenük történő védekezést.

Egyre gyakrabban alkalmaznak az invazív fajok elterjedésének előrejelzésére különböző prediktív modelleket, mint például az éghajlati niche-modellezést és a CLIMEX szimulációkat, melyek előrejelzéseket készítenek jelenlegi és jövőbeli éghajlati forgatókönyvek alapján (Bebber et al., 2013). Bizonyos klímamodellek szerint 20-40%-kal növekedhet az invazív fajok számára alkalmas élőhelyek aránya 2025-ig Európában, különösen az északi- és közép-európai régiókban. Például a dohányliszteske (*Bemisia tabaci*) az utóbbi évtizedek alatt egyre északabbra terjed kontinensünkön az enyhébb időjárási körülmények és az üvegházi hatás hatására (Bebber et al., 2013).

2.4.1. Megelőzési és védekezési stratégiák

Ha egy invazív faj megtelepedett, a probléma kiküszöbölése időigényes, nehéz és költséges feladatnak bizonyul, így napjainkban a korszerű növényvédelemben az ellenük való védekezés a megelőzésen alapul. Több nemzetközi szervezet foglalkozik ezzel a témával, mint a Növényvédelmi Világszervezet (IPPC), az Európai és Mediterrán Növényvédelmi Szervezet (EPPO) és az Európai Unió. Ezen szervezeteknek több konkrét dokumentuma (rendeletek, ajánlások stb.) foglalkozik a témával, például az Európai Unió növényegészségügyi rendelete (EU 2016/2031).

A megelőző stratégiák a kockázatértékelésre, a behozatali ellenőrzésre és a karanténintézkedésekre összpontosítanak, hogy a kártevők megtelepedését megakadályozzák, összhangban a nemzetközi növényegészségügyi szabványokkal, például az IPPC és az EPPO keretrendszerével (IPPC, 2021; EPPO, 2022). A gyors beavatkozás a stratégiák sikerének kulcsa. Az invazív fajok detektálására egyebek mellett feromoncsapdákat és egyéb rovarcsapdákat, molekuláris diagnosztikai módszereket is alkalmaznak. Ha már megtelepedett a faj, akkor a védekezés és visszaszorítás az integrált növényvédelem (IPM) szempontjai szerint történik, ahol a hagyományos kémiai védekezést az egyéb védekezési módok (biológiai, agrotechnikai stb.) egészítik ki. Kiemelten fontos a kártevő-kockázat becslése. Az EPPO által használt PRA (Pest Risk Analysis) eljárásban felmérik, hogy az adott faj milyen kockázatot jelent és mekkora valószínűséggel képes megtelepedni és gazdasági vagy ökológiai károkat okozni (EPPO 2022).

Az Európai Unióban a magas kockázatú fajokat, vagyis az Uniós zárlati kártevők listáját, az EU növényegészségügyi rendeletének előírására (EU 2016/2031) a 2019/2072-es végrehajtási rendeletben sorolják fel, amely megkönnyíti az ellenük való intézkedéseket (például behozatali korlátozások és karanténok bevezetését). A hosszútávú siker titka tehát a

folyamatos kockázatelemzés és a prediktív modellek kidolgozása, hogy felkészültek legyünk a jövőben megjelenő új veszélyekre (Meyerson & Mooney, 2007). Fontos lépés egy faj inváziós potenciáljának felmérésében annak megértése, hogy a hőmérséklet hogyan befolyásolja fejlődésüket, szaporodásukat és túlélésüket, hogy képesek legyünk megjósolni az inváziós potenciáljukat és populációdinamikájukat a jelenlegi és jövőbeli éghajlati viszonyok között.

2.5. A hőmérséklet hatása a rovarok fejlődésére

A rovarok életére a környezetük hőmérséklete nagy hatást gyakorol. Mivel ektoterm élőlények, azaz nincs állandó testhőmérsékletük, így annak megváltozása szinte minden folyamatukra valamilyen módon hatással van, legyen szó a viselkedésükről, fejlődésükről, szaporodóképességükről vagy metabolizmusukról. A hőmérséklet közvetlenül hathat a rovarokra, akár mortalitási tényezőként, akár a növekedés és fejlődés ütemének meghatározásával. Befolyásolja a rovarok anyagcsere-sebességét, enzimaktivitását és sejtfolyamatait, ezáltal meghatározza a növekedés és a vedlés sebességét (Bale et al., 2002). A megemelkedett hőmérséklet fitofág rovarokra gyakorolt hatásainak ismeretében hipotéziseket állíthatunk fel arról, hogy a rovarok életciklusának jellemzői és eloszlásuk hogyan reagálhat az előre jelzett éghajlatváltozási forgatókönyvekre. A rovarok és a hőmérséklet kapcsolatának ismerete nagyrészt terepen és laboratóriumban végzett vizsgálatokon alapul, amelyeket különböző hőmérsékleti tartományokban végeztek, akár egyetlen fajon, akár fajkombinációkban (Andrewartha & Birch, 1954).

A legtöbb mérsékelt égövi rovar fő növekedési időszaka az év melegebb szakaszában van. A növekedéshez kedvező hőmérsékleti tartomány fajoként eltérő és gyakran összefügg az élőhellyel és az ott tapasztalható hőmérsékleti viszonyokkal. Ezen a kedvező hőmérsékleti tartományon belül a hőmérséklet emelkedése gyorsítja a fejlődést a növekedési fázisban, de a növekedés üteme fajoként eltérő (Andrewartha & Birch 1954). A jövőbeli éghajlati felmelegedés különböző módon és mértékben fogja befolyásolni a mérsékelt égövi fajokat. A soknemzedékes fajok, mint például a levéltetvek és néhány lepke esetében a magasabb hőmérsékletnek minden más tényező változatlansága mellett gyorsabb fejlődési időt kellene lehetővé tennie, ami valószínűleg további generációk kialakulását teszi majd lehetővé egy éven belül (Pollard & Yates 1993).

Minden faj esetében az a hőmérséklet, amely alatt nem történik mérhető fejlődés, a fejlődési küszöbérték (T_i). A rovar fejlődésének befejezéséhez szükséges hőmennyiséget

hőállóknak nevezzük (Andrewartha & Birch 1954; Bursell 1974). Messenger (1959) kimutatta, hogy a küszöbérték és a hőálló hasznos mutatói lehetnek egy rovar potenciális elterjedésének és annak mértékének.

A rovarok hőmérsékletfüggő fejlődését gyakran a fejlődési idő inverzével, azaz a fejlődési ütemmel ábrázolják. A magasabb hőmérséklet jellemzően lerövidíti a fejlődési időt, de csökkentheti a kifejlett egyedek élettartamát vagy termékenységet, ha túllépi az optimális tartományt, míg az alacsony hőmérséklet lelassítja, vagy akár le is állíthatja a fejlődést, bizonyos fajok esetében diapauzát, egy fiziológiai nyugalmi állapotot válthat ki, amely lehetővé teszi a túlélést kedvezőtlen körülmények között.

2.6. Foknap modellek és alkalmazásuk

Az elmúlt évszázadban számos modellt fejlesztettek ki a rovarok hőmérsékletre adott válaszainak jellemzésére, és a rovar-tani kutatásokat végzők körében továbbra is jelentős érdeklődés mutatkozik a hőmérséklet és a fejlődési ütem közötti kapcsolat termikus teljesítménygörbék segítségével történő jellemzése iránt (Rebaudo & Rabhi, 2018).

A rovarok fejlődési üteme egy kritikus termikus minimumtól (CT_{min}) indul, és lassan növekszik a hőmérséklet emelkedésével, ameddig eléri egy olyan hőmérsékleti tartományt, ahol a fejlődési üteme szinte lineáris módon folyamatosan növekszik, míg eléri egy optimális szintig (T_{opt}), végül gyorsan csökken egy kritikus termikus maximumig (CT_{max}). Ez a lineáris növekedés az alapja a hőmérséklet és a fejlődés sebessége közötti kapcsolat legnépszerűbb modellezésének, a degree-day (DD) vagy magyarul foknap, vagy hőösszeg modelleknek (Campbell et al., 1974; Trudgill et al., 2005).

Minden rovarfaj számára meghatározható egy hőmennyiség, azaz hőösszeg, amely szükséges az adott szervezet számára ahhoz, hogy teljesen kifejlődhessen (K). A hőösszeg kiszámításának módja, hogy az adott napi átlaghőmérsékletből kivonjuk a rovar fejlődésének alsó küszöbhőmérsékletét (T_1), az így kapott szám a foknap (degree-day), ami az adott napra jutó fejlődési hőmennyiséget adja meg, vagyis azt a napi „hasznos” hőmennyiséget jelenti, amelyet a rovar a fejlődése során felhasználhat. Ha a napi átlaghőmérséklet a küszöbérték alatt marad, a rovar nem fejlődik tovább, tehát az adott nap 0 foknapot eredményez. Az egymást követő napok foknapjának összege adja meg a fejlődéshez szükséges teljes hőmennyiséget, azaz hőösszeget. Ez az érték fajonként és fejlődési stádiumonként eltér (Trudgill et al., 2005).

$$DD = T_{\text{átlag}} - T_l$$

$$K = D \times (T_{\text{átlag}} - T_l)$$

ahol D a fejlődéshez szükséges napok száma állandó hőmérséklet mellett

Az így kapott konstans, ami megadja egy adott faj fejlődéséhez szükséges hőigényét több mindent lehetővé tesz számunkra. Különböző környezeti feltételek mellett összehasonlíthatunk fajokat vagy populációkat, előre jelezhetjük az időjárás (várható átlag hőmérsékletek) alapján a fejlődés ütemét és a kialakuló generációk számát. Emellett segítheti a növényvédelmi beavatkozások időzítését is, és azzal kapcsolatban is információt adhat, hogy például egy invazív faj esetén az adott faj megtelepedésének mekkora valószínűsége lehet a helyi éghajlati viszonyok között (Trudgill et al., 2005).

Mivel a lineáris összefüggés csak a fejlődési küszöbérték és az optimális hőmérséklet között érvényes, az ezeken kívül eső hőmérsékleteken a fejlődés üteme nem lineáris módon függ össze, így a továbbfejlesztett modellek ezeket a tényezőket is figyelembe veszik. Ilyen nem-lineáris model például a Lactin-model, mely pontosabban írja le a fejlődés és a hőmérséklet kapcsolatát, emellett a magas hőmérsékleten történő gyors csökkenéssel is kalkulál (Lactin et al., 1995). A legtöbb hőmérséklettel és a hőösszegek megállapításával összefüggő vizsgálat laboratóriumi körülmények között történik, ahol a hőmérséklet állandó, ám ez nem biztosan ad teljesen valós képet számunkra. Egy másik változtatás a pontosabb szabadföldi eredmények érdekében azon alapszik, hogy a természetes környezetben a napi hőmérséklet sohasem állandó, hanem a napi szinten egy szinuszgörbét leírva ingadozik, ezért gyakran kombinálják a fejlődési modelleket a napi hőingást leíró modellekkel és minden így kialakuló hőmérséklet tartományhoz a megfelelő fejlődési sebességet rendelik hozzá (Parton & Logan, 1981). Így a valósághoz közelebb álló eredményeket kapunk, főként szabadföldi kártevők esetén.

A hőmérséklet és a fejlődési ütem közötti kapcsolat jellemzése továbbra is kihívást jelent, nevezetesen a szélsőséges hőmérsékleteken bekövetkező mortalitás és az ugyanazon fajba tartozó egyedek közötti variáció miatt (Regniere et al., 2012), amelyek miatt nehéz feladat a megfelelő modell kiválasztása.

2.7. Hőmérséklet hatása különböző tripszfajok fejlődésére és fekunditására

A környezeti hőmérséklet a tripszek fejlődésére különösen nagy hatással lehet. Kis méretük és gyors generációváltásuk miatt kifejezetten érzékenyek a hőmérséklet változásaira, ami miatt kiváló alanyoknak számítanak a hőmérséklet hatásait kutató vizsgálatok elvégzésére. A hőmérséklet hatását célzó vizsgálatok segíthetnek a generációk számának becslésében üvegházi és szabadföldi körülmények között, és a tripszek esetén is képesek megjósolni, hogy az adott faj milyen klimatikus viszonyok között jelenthet gazdasági veszélyt. Nem meglepő, hogy a jelentősebb tripszfajok esetében már több ízben elvégeztek ilyen jellegű vizsgálatokat.

A két legjelentősebb és legtöbbet vizsgált kártevő tripszfaj a dohánytripsz (*Thrips tabaci*) és a nyugati virágotripsz (*Frankliniella occidentalis*). Ezen két faj megtelepedett a világ szinte minden szegletében, így az ő különböző hőmérsékleti viszonyokon tapasztalt fejlődési és szaporodási tulajdonságaiknak összevetése a kísérletben tapasztaltakkal jó támpontot adhat a *Hercinotrips aethiopiae* fejlődési ütemének és inváziós potenciáljának kiértékelése szempontjából.

A dohánytripsz (*Thrips tabaci*) esetében egy kutatásban öt állandó hőmérsékleten vizsgálták (15-30 °C-on 5 fokként) annak fejlődési sebességét (Murai, 2000). A rovarok táplálékául méz és pollen szolgált a kísérletben. A fejlődési alsó küszöbhőmérsékletet 10,8 °C-ban határozták meg, míg a tojástól imágóig való fejlődés hőösszege (K) 232,6 foknap (DD) volt a kutatás eredményei szerint. A tojástól a kifejlett egyedig tartó fejlődés 20 °C-on körülbelül 22 napot, 25 °C-on 15 napot, 30 °C-on pedig 10 napot vett igénybe. A fejlődési ráta növekedése lineáris összefüggést mutatott a hőmérséklet emelkedésével, a fekunditás 23 °C-on volt a legnagyobb, ahol a nőstények 50-70 tojást raktak életük során (Murai, 2000). Egy másik kutatás is igazolja, hogy a *T. tabaci* populációjának alakulása jól előrejelezhető a foknap modellek használatával; itt 230 foknapra jött ki az egy generáció fejlődéséhez szükséges hőösszeg (Mo et al., 2009). Ezek az eredmények mutatják, hogy a faj igen széles hőmérsékleti tartományban képes sikeres lenni, amely hozzájárul globális elterjedéséhez.

A nyugati virágotripsz (*Frankliniella occidentalis*) vizsgálata során a tojástól a kifejlett egyedig tartó fejlődés 20 °C-on 18 napig, 25 °C-on 11 napig, míg 30 °C-on 8,5 napig tartott (McDonald et al., 1998). Az alsó küszöbhőmérséklet ennél a fajnál 7,9 °C, a kifejlődéshez szükséges hőösszeg 268 foknap lett a kutatásban. A legnagyobb fekunditás itt 25-30 °C között volt tapasztalható, a nőstények ezen a hőfokon átlagosan 120 tojást raktak életük során

(McDonald et al., 1998). Egy másik kutatásban két különböző populációt is vizsgáltak. Itt 227 foknapban állapították meg a faj hőösszegét, az alsó küszöbértéket pedig 7,7 °C-ra helyezték. A fekunditás itt is 25-30 °C között volt a legnagyobb, 35 °C fölött azonban a nőstények mortalitása elkezdett növekedni (Nielsen et al., 2021).

Bár ennek a két fajnak a példája jól rávilágít milyen tulajdonságok szükségesek egy sikeres kozmopolita tripszfaj térhódítása számára, a dolgozatban tárgyalt *Hercinothrips* nemzetségről alig végeztek még ilyen jellegű kutatásokat, inkább a taxonómiai jellemzés és a földrajzi terjedés irányából vizsgálták, pedig ez utóbbi komoly összefüggést mutat a faj által kedvelt hőmérséklet tartománnyal. A *H. femoralis* 27 °C-on vizsgált adatait ismerjük. A tojás, az első és a második lárvastádium, a prepupa és a és pupa stádium rendre 7,5; 3,0; 3,5; 2,1 és 2,7 napig tartott. A fejlődési ciklus a tojásrakástól a kifejlett egyedig 18,1-19,8 napig tartott 27 °C-os kísérleti körülmények között (Laughlin, 1971).

Mivel a *Hercinothrips aethiopiae* trópusi eredetű faj és főként üvegházi környezetben találták meg, így feltételezhetjük, hogy ezen faj egyedei is relatív magas hőoptimummal (25-30°C) rendelkezhetnek. A kísérlet célja ennek vizsgálata, és hogy alapvető adatokkal szolgáljon ennek a faj a hőmérsékleti igényeiről.

3. Anyag és módszer

3.1. Laboratóriumi tenyészet létrehozása és fenntartása

3.1.1. A tápnövénykör vizsgálata a tenyészet fenntartásához

A kísérletben szereplő tripszfaj első egyedeit bazsalikom (*Ocimum basilicum*) növényen találták meg, ezeken a fertőzött növényi mintákon érkeztek a MATE-NVI Rovartani Tanszékére 2024 novemberében, ahol genetikai és morfológiai vizsgálatok segítségével megállapították, hogy a *Hercinothrips aethiopiae* egyedeiről van szó. Az első feladat egy stabil tenyészet létrehozása volt, mely megfelelő számú egyedet biztosít számunkra kísérletek elvégzéséhez. Ehhez Steiner és Goodwin (1998) módosított módszere alapján hoztuk létre a tenyészetet. A növénymintákat és a rajtuk táplálkozó tripszeket egy légmentesen zárható, fényáteresztő műanyag dobozba helyeztük, melynek tetején négyzet alakban egy lyuk található, mely egy nagyon finom szövésű hálóval van befedve, amin keresztül a tripszek nem képesek átjutni. Ez a háló biztosította a levegő áramlását az élőlények számára, a levehető tető pedig egyszerűvé tette a tenyészet frissítését. A doboz aljára papír törlőkendőt helyeztünk, ami rejtekhelyül is szolgált a tripszek nyugalmi alakjainak, emellett pedig a felesleges párát is képes volt megkötni.

Az első pár nap után kezdett egyértelművé válni, hogy a fertőzött bazsalikom levelek hamar hervadásnak és száradásnak indultak a tenyészetben, így másik tápnövényre volt szükségünk a tenyészet fenntartásának biztosításához. Mivel nagyon kevés információval rendelkezünk a fajról, egyáltalán nem volt biztos, hogy az más növényfajon is képes sikeresen táplálkozni, és hogy a nőtények által esetlegesen rakott tojások képesek lesznek-e kifejlődni az új tápnövényen. Így a legelső feladatunk az volt, hogy kiderítsük mely növényekkel helyettesíthetjük (ha egyáltalán lehetséges helyettesíteni) a bazsalikomot. Fontos volt az is, hogy az új tenyészet fenntartásához használt tápnövény strapabíró legyen, és kellő ideig friss maradjon a lárvák kifejlődésének biztosításához.

Ezt az előzetes vizsgálatot két különböző, más tripszfajok tenyészetben való fenntartásánál már sikeresen alkalmazott növényfajjal kezdtük. Az egyik a fejes káposzta (*Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *alba*) volt, melynek leveleit a dohánytripsz (*Thrips tabaci*) és nyugati virágotripsz (*Frankliniella occidentalis*) neveléséhez már régóta sikeresen használják egyetemünk laboratóriumában. A fejes káposzta tápnövényként való alkalmasságának vizsgálatát mikrocentrifuga csövekkel végeztük, melyekbe csövenként egy

tripsz és egy káposzta levélkorong került. A másik növény, mely szintén már sikeresen vizsgázott ebben a feladatkörben más tripszfajok nevelése során, az a zöldbab (*Phaseolus vulgaris*) hüvelytermése volt. Ennek a tápnövénynek az esetében a petri-csészés nevelési módszer mellett döntöttünk. Egy-egy műanyag Petri-csészébe egy kis darab babhüvely és egy *H. aethiopiae* egyed került. Mindkét tápnövény előnye, hogy jóval tovább maradnak frissek a tenyészetben és a tenyészetten kívül is a hűtőszekrényben tárolva sokáig felhasználhatóak maradnak. Emellett mindkettő (főleg a káposzta) könnyen hozzáférhető a téli időszakban is az élelmiszerüzletekben.

Előzetes vizsgálatunkat a tápnövények kipróbálásához 2024. november 6-án kezdtük meg; öt tripsz egyedet helyeztünk külön Petri-csészékbe és öt tripszet helyeztünk mikrocentrifuga csöves káposztakorongos nevelésbe. Mind a két esetben a tripszek számára háromnaponta új csőben/csészében friss növényanyagot biztosítottunk. Az előzőleg használt csöveket és csészéket megtartottuk a növényanyaggal együtt, és a mintákat 27 °C -os klímaszekrénybe helyeztük, 16 órás megvilágítás mellett. Ezután folyamatosan figyeltük, hogy valamelyik mintán megjelennek-e a frissen kikelt lárvák. A káposztakorongokat, melyeken a tripszek előzőleg vélhetően tojásokat rakhattak, 3 nap elteltével fénymikroszkóp alatt is átvizsgáltuk, fejlődő tojásokat keresve, ám ezek pontos azonosítása nehéz feladatnak bizonyult.

Hosszas várakozás után mindkettő tápnövényen sikeresen kikeltek lárvák, a zöldbab esetében a már éppen kidobásra ítélt, legelőször használt Petri-csészében találtuk meg a fiatal L₁-es egyedeket, 2024. november 20-án. Ezzel igazolódott, hogy a faj képes más tápnövényen is fennmaradni. Az is egyértelművé vált, hogy ennek a fajnak lárvái lassabban kelnek ki a tojásokból, mint a dohánytripsz (*Thrips tabaci*) vagy a nyugati virágotripsz (*Frankliniella occidentalis*) lárvái. 2024. november 28-án minden addig kikelt egyedet visszahelyeztünk a fő tenyészetbe – melybe a bazsalikomlevelek mellé már korábban elkezdtük fokozatosan adagolni mindkét új tápnövényt is (2. ábra) – és a téli szünet idejére otthonomban folytattam a tenyészet fenntartását, ahol káposzta mellett 'Romano' fajtájú lapos zöldbabon (3. ábra) neveltem őket tovább.



1. ábra: A tápnövény vizsgálata káposzta és bab növényeken



2. ábra: 2024. november 28-án a kikelt egyedek visszahelyezése a tenyészetbe (saját felvétel)



3. ábra: A tenyészet fenttartására használt 'Romano' zöldbab (saját felvétel)

Kétnaponta frissítettem a tenyészetet, a rothadásnak induló növényi anyagokat eltávolítottam, miután ecsettel letisztogattam róla a még azon táplálkozó tripszeket. A tenyészet gyors fejlődésnek indult. A következő szemeszter elejére (2025. február), amikor is visszahoztam a tenyészetet az egyetemi laboratóriumba, egy stabil populációval folytathattuk a munkát.

3.1.2. Problémák a tenyésztéssel, a hőmérséklet, mint befolyásoló tényező

A tenyészet fenttartása 2025. februárjában tovább folytatódott az egyetemen, ahol azonban több problémával is szembesültünk. A zöldbabok sajnos több alkalommal is rothadásnak indultak a tenyészetben, ami miatt teljesen ki kellett üríteni és takarítani azt. Ez a folyamat erősen csökkentette az egyedszámot. Ami viszont ennél is nagyobb probléma volt, hogy a tenyészet látszólag megállt a fejlődésben, az egyedek mozgása is lelassult, alig voltak megtalálhatóak juvenilis alakok közöttük, és úgy tűnt, az imágók is folyamatos pusztulásnak indultak (4. ábra).



4. ábra: A februári nehézségeket túlélő populáció (saját felvétel)

A problémát valószínűleg az okozhatta, hogy a tenyészetet egyszerűen a laboratórium asztalán tartottuk, ahol a hőmérséklet túl alacsony lehetett a téli hónapokban a *H. aethiopiae* egyedei számára. Ezt felismerve, a tenyészetet, amely ekkorra kb. 50 kifejlett egyedre csökkent, azonnal áthelyeztük a 27 °C-os hőmérsékletet tartó klímasekrénybe, próbálva „menteni a menthetőt”. Néhány egyedat újra Petri-csészés tenyészetekbe helyeztünk, hogy növeljük esélyeinket a populáció stabilizálására.

Ez a tapasztalt populációcsökkenés volt az, ami miatt úgy döntöttünk, hogy érdemes lenne a *H. aethiopiae* fejlődését különböző hőmérsékleteken megvizsgálnunk, hogy többet megtudjunk a faj hőoptimumáról, mely fontos befolyásoló tényezőnek tűnik annak fennmaradóképessége szempontjából. Mivel nem lehettünk biztosak benne, hogy a tenyészet

újra szaporodásnak indul, így mihamarabb megkezdtuk az ezzel kapcsolatos vizsgálatokat az életben maradt tripszekon.

3.2. A *Hercinothrips aethiopiae* fejlődésének vizsgálata

A kísérletet 2025. március 26-án kezdtük meg, három különböző hőmérsékletre beállított Memmert HPP 260 típusú klímaszekrényben, 16 órás megvilágítás mellett. Mivel az eddig szerzett tapasztalataink alapján láthatóan egy melegkedvelő fajjal van dolgunk így 23 °C, 27 °C és 31 °C hőmérsékleten történő vizsgálat mellett döntöttünk. A kísérletben használt tápnövény a bazsalikom (*Ocimum basilicum*) volt, így három darab 'Genovese' fajtájú bazsalikomnövényt vásároltunk, melyből kettőt az egyetem egyik erre alkalmas helyiségében, egyet pedig otthonomban tartottunk fent, ezek biztosították a friss növényanyagot a kísérlethez. A bazsalikomot tápnövényként nem teszteltük még a mikrocentrifuga csöves nevelési módszerben, de használata sikeresnek bizonyult, a levélkorongok elég sokáig frissek maradtak a csövekben (feltételezhetően a magas páratartalom miatt), így azon a tápnövényen vizsgálhattuk a *Hercinothrips aethiopiae* fejlődését, melyen az egyedeket azonosítottuk.

A kísérlet megkezdéséhez vizsgált hőmérsékletenként 8 darab tripszet helyeztünk el külön-külön 2 ml-es mikrocentrifuga csövekbe, melyekbe a bazsalikom növények leveleiből 8,5 mm átmérőjű levélkorongokat lyukasztottunk a csövek kupakjával. A levélkorongokat mindig frissen szedett levelekből készítettük és a sztereomikroszkóp alatt minden alkalommal alaposan átvizsgáltuk, hogy megbizonyosodjunk arról, hogy nincsenek rajtuk más rovarok által lerakott tojások, vagy egyéb nem kívánatos szennyeződések. A korongokat csipesz segítségével helyeztük a kupak felső részébe, majd ezekre a korongokra helyeztük át sztereomikroszkóp alatt, nedves ecsettel az anyákat. Az ecseteket és a csipeszt minden egyed között fertőtlenítettük alkohollal.

A tripszek két naponta új csőbe és friss növénykorongra kerültek át, az előző csöveket pedig megtartottuk és a visszahelyeztük a megfelelő klímaszekrénybe. Négy nap elteltével tojásokat számoltunk az eltárolt csövekben található levélkorongon, majd figyeltük a lárvakelést. A célunk mindhárom hőmérsékleti tartományban frissen kikelt lárvákat gyűjtése volt, hogy a kísérlet következő szakaszában figyelemmel kísérhessük azok fejlődését.

Az első lárvákat a 27 °C-on tartott minták közül találtuk meg 2025. április 7-én. A kikelt lárvákat ezután a megfelelő kóddal „elneveztük”, és új csőbe helyeztük friss levélkorongra,

majd visszahelyeztük őket ugyanazon hőmérsékletű klímasekrénybe, melyben kifejlődtek. A 31 °C-on tartott egyedek csöveiben nem találtunk kikelt lárvákat és az imágók is hamar elpusztultak, így úgy döntöttünk, hogy a túlélő néhány egyedet visszahelyezzük a tenyészetbe.

Cső kódja, amiből lerakásra került ("hatching tube")	Egyed kódja	Ellenőrzés időpontja, fejlődési stádium							Egyéb feljegyzés
		04. 11.	04. 13.	04. 15.	04. 17.	04. 19.	04. 21.	04. 23.	
FL06/2	UL 31	L	L	L	L	PP	♂		
FL05/2	UL 32	L	L	L	L	PP	P		
	UL 33	L	L	L	L	P	P		
FL07/2	UL 34	L	L	L	L	PP	♂		
	UL 35	L	L	L	L	PP	P		
	UL 36	L	L	L	L	PP	P		
	UL 37	L	L	L	L	PP	P		
	UL 38	L	L	L	L	P	P	♂	
	UL 39	L	L	L	L	PP	P		
FL03/3	UL 40	L	L	L	L	PP	P		
FL01/4	UL 41	L	L	L	L	PP	P		
-11-	UL 42	L	L	L	L	L	PP		
-11-	UL 43	L	L	L	L	PP	P		
-11-	UL 44	L	L	L	L	L	PP		
-11-	UL 45	L	L	L	L	L	L		
FL03/4	UL 46	L	L	L	L	L	L		
-11-	UL 47	L	L	L	L	PP	D		
-11-	UL 48	L	♂						♂ halott
FL04/4	UL 49	L	L	L	L	PP	P		
-11-	UL 50	L	L	L	L	♂			
-11-	UL 51	L	L	L	L	L	P		
-11-	UL 52	L	L	L	L	L	P		
FM05/3	UM 44	L	?	P	♂				
FM04/5	UM 45	L	L	L	L	D	P		
FM01/6	UM 46	L	♂						
FM01/6	UM 47	L	L	L	L	♂	♂		
FM04/6	UM 48	L	L	♂	♂				♂ nemült, de el
-11-	UM 49	L	L	L	L	PP	♂		
FM05/6	UM 50	L	L	L	L	L	♂		

5. ábra: A tripszek fejlődésének nyomonkövetésére használt egyik táblázat (saját felvétel)

A másik két vizsgált hőmérsékleten (23 °C és 27 °C-on) 52 és 50 darab kikelt lárvát sikerült gyűjtenünk 2025 április 7. és 2025 április 25. között. Minden lárvát külön csőbe helyeztünk és táblázatban vezetve követtük nyomon a fejlődésüket (5. ábra) A csöveket kétnaponta ellenőriztük és feljegyeztük, hogy az adott napon mely fejlődési stádiumban vannak a bennük található egyedek. Az elpusztult egyedeket is feljegyeztem a haláluk dátumával és a fejlődési stádiummal. A fejlődés megfigyelése alatt a fejlődő tripszek végig ugyanazon csőben maradtak csak a levélkorongokat cseréltük. Friss levélkorongot a kísérlet ezen szakaszában nem kétnaponta, hanem csak szükség esetén kaptak, ha a régi korong már nem bizonyult megfelelő állapotúnak.

2025. április 29-ével bezárólag minden megfigyelt egyed vagy imágóvá fejlődött, vagy elpusztult a kísérlet során. Amint kifejlődtek, a tripszeket új csövekbe helyeztük át. Innentől kezdődött a kísérlet következő szakasza. Az alábbi ábrákon a *Hercinothrips aethiopiae* további fejlődési szakaszai láthatóak: a prepupa (7. ábra), pupa (8. ábra), fiatal imágó (9. ábra) és imágó (10. ábra) stádiumok.



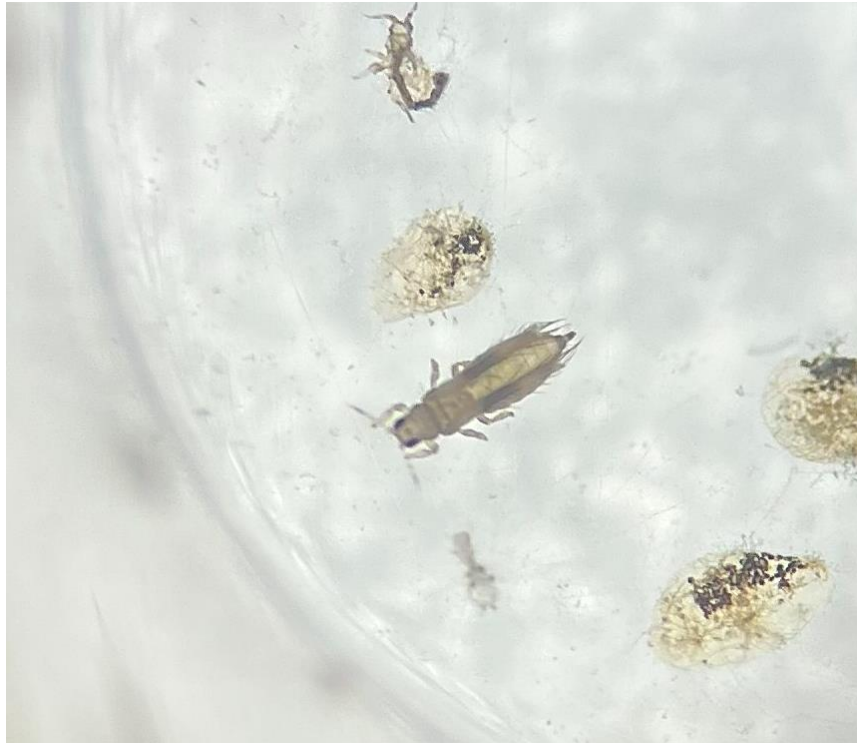
6. ábra: *Hercinothrips aethiopiae* lárva közelről (kép: Király Kristóf Domonkos) és egy több lárva által fertőzött levélkorong (saját felvétel)



7. ábra: A prepupa stádium: látható a rövid szárnykezdemény és a még előre álló csápok (saját felvétel)



8. ábra: A pupa stádium: hosszabb szárnykezdemenyek, hátracsapott csápok (saját felvétel)



9. ábra: Fiatal imágó stádium: a szárnyak már teljesen kifejlődtek, a test színe sötétülni kezd (saját felvétel)



10. ábra: *Hercinothrips aethiopiae* imágó
(kép: Király Kristóf Domonkos)

3.3. A *Hercinothrips aethiopiae* fekunditásának vizsgálata

A kísérlet előző szakaszában felnevelt tripszeket teljes imágó élettartamuk alatt megfigyeltük. A kísérlet célja az volt, hogy megtudhassuk, a két különböző hőmérsékleten a *H. aethiopiae* egyedek hány napig képesek életben maradni és életük során a nőstények hány utódot produkálnak. A csöveket kétnaponta ellenőriztük és minden alkalommal új csőbe és friss levélkorongra helyeztük az egyedeket, mindig megtartva az előző csöveket és a benne lévő, remélhetőleg tojásokat tartalmazó levélkorongot. A korongokat négy nappal a tripsz új korongra áthelyezése után fénymikroszkóp alatt megvizsgáltuk és feljegyeztük a látható tojások számát.

27 °C-on 2025. április 17-én, míg 23 °C-on április 23-án kezdődött meg az első kifejlett egyedek megfigyelése ezzel a módszerrel. Az egyedek kódja változatlan maradt a kísérlet előző szakaszához képest, így lehetőségessé válik a vonalak visszakövetése. Az újonnan kifejlődő imágókat folyamatosan helyeztük át új csövekbe, és kezdtük meg fekunditásuk vizsgálatát. A megfigyeléseimet egy új táblázatban vezettem, feljegyezve az adott tripsz adott csövében megtalált a tojások számát.



11. ábra: a 23 °C-on végzett vizsgálat mintái, 2025. május 27-én (saját felvétel)

3.3.1. Szaporodásmód kérdése, pároztatás

A kísérlettel minden a terv szerint haladt, ám 2025. április 25-én fontos felfedezést tettünk az általunk vizsgált *Hercinothrips aethiopiae* egyedekkel kapcsolatban. A kísérlet megkezdésekor a feltételezésünk az volt, hogy a populáció tagjai kizárólag nőtény egyedekből állnak és partenogenetikus szaporodnak, mivel sok *Hercinothrips* fajra jellemző ez a szaporodásmód és morfológiailag sem volt látható jelentős különbség az egyedek között. Részletesebb tanulmányozásuk során azonban feltűnt, hogy egyes egyedek a Thysanoptera rend hímjeire általában jellemző, valamelyest kisebb és keskenyebb potrohhal rendelkeznek, ezért megpróbáltuk ezeket a hímnek feltételezett egyedeket párzásra bírni a nőtényekkel. A sikeres pároztatás megerősítette, hogy valóban hím egyedeket találtunk, amelyeknek felismerése azonban – a nőtényekkel egyezően sötét színük miatt – a Thripinae alcsaládba tartozó tripszfajokénál nehezebb.

Miután beigazolódott, hogy hímeket is tartalmaz a populáció, alaposan megvizsgáltuk, hogy a kísérletben lévő egyedek közül melyek hím neműek. Kizárólag a 27 °C-on nevelt egyedek között találtunk hímeket, így 2025. április 29-én úgy döntöttünk, hogy az azonosított hímek egyik felét 27 °C-on nevelt nőtényekkel a másik felét pedig a 23 °C-os fitotronban lévő

nőstények egy részével zárjuk össze. Minden pároztatást feljegyezve folytatódott a kísérlet, így történt, hogy egyes csövekben innentől egyszerre két tripsz (egy hím és egy nőstény) tartózkodott. Ezeket külön színnel jelöltük és a nőstény kódjával folytatódott tovább a tojások számának feljegyzése.

3.3.1. A kísérlet befejező szakasza

A kísérlet kétnapi folyamatos ellenőrzés és áthelyezés mellett folytatódott. Annak biztosításának érdekében, hogy a kikelő lárvák biztosan friss, megfelelő minőségű táplálékhoz juthassanak, néhány nappal a nőstény lekerülését követően – de még a tojások kelését megelőzően – minden csőbe egy friss levélkorongot is helyeztünk. A kísérlet következő, és egyben utolsó lépése a nőstények adott csőbe, adott levélkorongra való helyezését követő 16 nappal következett, amikor a centrifugacsövet, benne a levélkorongokkal és a lárvákkal 96%-os alkohollal felöntöttük és eltároltuk, hogy a későbbiekben megszámlálhassuk az azokban kifejlődött lárvákat. A kísérlet közben elpusztult tripsz imágók kódjukkal és haláluk dátumával ellátott csőben 96%-os alkoholban tartósítva kerültek eltárolásra. 2025. június 10-én pusztult el a kísérletben vizsgált utolsó tripsz imágó, így június 26-án ért véget a kísérlet az egyed utolsó centrifugacsövének és az abban található levélkorongnak alkoholos tartósításával.

3.4. Adatok értékelése, statisztikai módszerek

Az alkoholos minták vizsgálata és a kikelő tripsz lárvák számolása 2025 őszén történt. A csövet és a korongot alaposan átvizsgálva jegyeztem fel az abban megtalálható lárvák számát.



12. ábra: Alkoholban tartósított lárva és levélkorong (saját felvétel)

Az adatokat egy Microsoft Excel táblázatban egyesítettem, az így keletkező adatbázis minden adatot tartalmazott, melyet a kísérlet során feljegyeztem.

Célunk az adatok alapján a két különböző hőfokon nevelt tripszek fejlődési időtartamának, juvenilis mortalitásának összehasonlítása, és az így kifejlődött tripszek élettartamának és a kifejlett nőstények élete során produkált utódainak (realizált fekunditás) számának összevetése volt a két különböző hőfokon.

Az adatok elemzéséhez JASP (JASP team, 2025) statisztikai programot használtunk. Mindegyik hipotézis teszteléskor használt szignifikancia határ $p < 0,05$ volt. Az elemzéseket a leíró statisztikák elkészítésével kezdtük. A különböző fejlődési stádiumok átlagainak, a kifejlett egyedek élettartamának és fekunditásuknak összehasonlítására kétmintás t-próbát kívántunk alkalmazni. Ahhoz, hogy ezt végrehajthassuk ennek előfeltételeit is vizsgáltuk. Amennyiben a normalitásvizsgálat során a vizsgált változók eltérést mutattak a normális eloszlástól (Shapiro-Wilk teszt: $p < 0,05$), úgy az átlagok összehasonlításához Mann-Whitney U-próbát alkalmaztunk. A juvenilis mortalitás mértékének összehasonlítására a két hőmérsékleten kétmintás z-próbát használtunk.

4. Eredmények és értékelésük

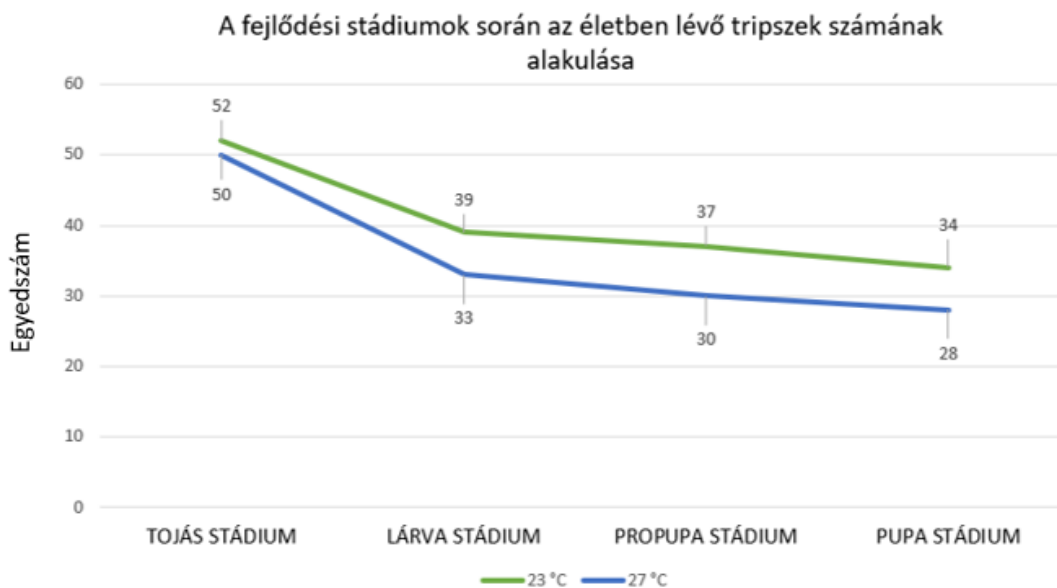
4.1. Fejlődési sebességek összehasonlítása

Az adataim elemzését a különböző hőmérsékleteken vizsgált fejlődési sebességek összehasonlításával kezdtem. A három hőmérséklet közül 31 °C-on nem voltak képesek a tripszek utódokat produkálni, megállapítottuk tehát, hogy a 31 °C már mindenképpen meghaladja a faj hőoptimumát és nem képes ezen a hőmérsékleten sikeresen szaporodni. A másik két hőmérsékleten (23 °C és 27 °C) kikelt lárvák fejlődési sebességét hasonlítottam össze. Az alábbi táblázatban szemléltetem az elemzésbe bevont változók leíró statisztikáját (1. táblázat).

Leíró statisztikák – fejlődési szakaszok										
	Tojásstádium hossza		Lárvastádium hossza		Prepupa stádium hossza		Pupa stádium hossza		Teljes fejlődés időtartama (tojásból imágóig)	
	23°C	27°C	23°C	27°C	23°C	27°C	23°C	27°C	23°C	27°C
Egyedszám	52	50	39	33	37	30	34	29	34	28
Átlag	12,42	10,36	8,718	6,727	1,865	1,767	3,559	2,586	26,59	21,71
Szórás	0,825	1,258	1,169	1,398	0,347	0,430	0,894	1,086	1,158	1,301
Shapiro-Wilk próba	0,503	0,780	0,740	0,830	0,406	0,526	0,737	0,835	0,740	0,788
Shapiro-Wilk próba p-értéke	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001	< ,001
Minimum	12,00	8,000	6,000	4,000	1,000	1,000	2,000	1,000	24,00	20,00
Maximum	14,00	14,00	12,00	10,00	2,000	2,000	6,000	5,000	28,00	24,00

1. táblázat: Fejlődési szakaszok leíró statisztikái (Forrás: saját munka)

A vizsgálat során 23 °C -on 52 darab, 27 °C-on pedig 50 darab egyed fejlődését követtük nyomon. Közülük az alacsonyabb hőfokon 34, a magasabb hőmérséklet mellett 28 egyed fejlődött sikeresen imágóvá a kísérletben (14. ábra). A természetes juvenilis mortalitás lárva, prepupa és pupa stádiumokban együttesen 23 °C -on 32%, illetve 27 °C-on 41,7% volt, ami arra utal, hogy a hőmérséklet emelkedésével a mortalitás mértéke növekedhet, bár a két érték nem különbözött egymástól szignifikánsan (z-próba: p=0,321). Mindkét hőmérsékleten elsősorban lárvaként pusztultak el egyedek, a nyugalmi alakoknál a halálozás alacsony mértékű volt (13. ábra).



13. ábra: A fejlődési stádiumok során életben maradt tripszek számának alakulása
(Forrás: saját munka)

Más gazdaságilag jelentős tripszfajoknál is végeztek a juvenilis mortalitással kapcsolatos vizsgálatokat. Murai (2000) kutatásában dohánytripszeket (*Thrips tabaci*) vizsgált, melyek pollennel és mézzel táplálkoztak. 23 °C-on 10%-os, míg 25 és 30 °C-on 32,5% volt a juvenilis mortalitás. Egy másik faj, a dinnyetripsz (*Thrips palmi*) esetében is vizsgálták a fejlődés során bekövetkező mortalitást padlizsán (*Solanum melongena*) tápnövényen, ahol 42,5 és 21,2% között mozgott annak mértéke. Az egyedek szignifikánsan alacsonyabb százaléka (57,5%) fejezte be a petéből kifejlett egyedé válást 19 °C-on, a legmagasabb százalékos arány (78,8%) pedig 25 °C-on következett be. 27 és 31 °C-on ismét növekedni kezdett a mortalitás (Yadav & Chang, 2014). A nyugati virágotripsz (*Frankliniella occidentalis*) esetében a juvenilis mortalitás krizantém (*Chrysanthemum* spp.) tápnövényen 20 °C-on 35,6%, 25 °C-on 58,3%, 30 °C-on 58,7% volt (McDonald et al, 1998). Más *Hercinothrips* fajokról nem született ilyen jellegű kutatás.

Összehasonlítva az adatokat látható, hogy ezeknél a fajoknál is a mérsékelt hőmérsékleten volt a legalacsonyabb a mortalitás és magasabb hőmérsékleten minden esetben emelkedni kezdett. Ez arra utal, hogy a *H. aethiopiae* optimális fejlődési tartománya valószínűsíthetően 23 és 25 °C körül helyezkedhet el és a 27 °C-on tapasztalt mortalitás növekedés már hőoptimumon felül tapasztalt termikus stressz hatása.

A tojásstádium hossza 23 °C-on átlagosan $12,4 \pm 0,8$ nap, míg 27 °C-on $10,4 \pm 1,3$ nap volt. A lárvastádium is 23 °C-on volt hosszabb, átlagosan $8,7 \pm 1,2$ napot vett igénybe, ugyanezen szakasz 27 °C-on $6,7 \pm 1,2$ napig tartott.

A dohánytripsz esetében a tojás stádium átlagosan 23 °C-on $5,03 \pm 0,51$ nap, 25 és 30 °C-on $4,99 \pm 0,41$ és $3,76 \pm 0,44$ nap volt, a két lárvastádium hossza 23 °C-on 6 nap 25 és 30 °C-on 5,25 és 3,74 nap körül alakul (Murai, 2000). A *Thrips palmi* esetében a tojás stádium 22 °C-on átlagosan $5,9 \pm 0,09$ nap, a két lárvastádium együtt 7,3 nap, 28 °C-on a tojás stádium $3,9 \pm 0,06$ nap, a két lárva stádium együtt 4,35 nap volt (Yadav & Chang, 2014). A nyugati virágtripsz tojás stádiuma 20 °C-on átlagosan 6,7 nap, 25 °C-on 4,1 nap, 30 °C-on 3,1 nap volt, míg a lárvastádiumok hossza ugyanezen hőmérsékleteken 9,4 nap 7,8 nap és 6,3 nap volt (McDonald et al, 1998). A *H. femoralis* esetében 27 °C-ról van pontos adatunk a tojás stádium átlagosan 7,5 napig a lárvastádium pedig 6,5 napig tartott (Laughlin 1971).

Az adatokat összehasonlítva látható, hogy a *H. aethiopiae* tojás stádiuma jóval hosszabb, mint a többi felsorolt tripszfaj esetében, a lárvastádium hosszában kisebb eltérés tapasztalható, főleg a *H. femoralis*hoz képest. Az is látható, ahol több hőmérsékleten végeztek vizsgálatokat, hogy a magasabb hőmérsékletben minden esetben rövidebb tojás és lárva stádium tapasztalható, annak ellenére is, hogy a juvenilis mortalitásuk nagyobb az adott hőfokon (például a dohánytripsz esetében 30 °C-on).

Saját vizsgálatunkban a prepupa stádium hosszában kisebb mértékű különbség mutatkozott; $1,87 \pm 0,35$ nap volt a 23 °C-on fejlődő egyedeknél, míg 27 °C-on $1,77 \pm 0,43$ napig tartott. Az általunk észlelt kis különbség oka lehet a kétnaponta történő ellenőrzés, amely miatt e rövid fejlődési szakasz hossza nehezen volt pontosan mérhető. A pupa stádium átlagosan 23 °C-on $3,56 \pm 0,89$, 27 °C-on $2,59 \pm 1,1$ napig tartott.

Összehasonlítva más tripszfajokkal, ennek a két stádiumnak a hossza dohánytripszeknél 23 °C-on átlagosan $1,17 \pm 0,37$ (prepupa) és $3,22 \pm 0,55$ (pupa) nap, 25 °C-on $1,11 \pm 0,31$ (prepupa) és $2,63 \pm 0,56$ (pupa) nap volt (Murai, 2000). A nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis*) esetében a prepupa és pupa stádium 20 °C-on 1,6 és 3,8 nap, 25 °C-on 1,3 és 2,8 nap, 30 °C-on 1,1 és 1,9 nap volt (McDonald et al, 1998). A *Thrips palmi* esetében 22 °C-on a prepupa és pupa stádium együtt $5,68 \pm 0,08$ nap míg 28 °C-on $3,82 \pm 0,09$ nap volt (Yadav &

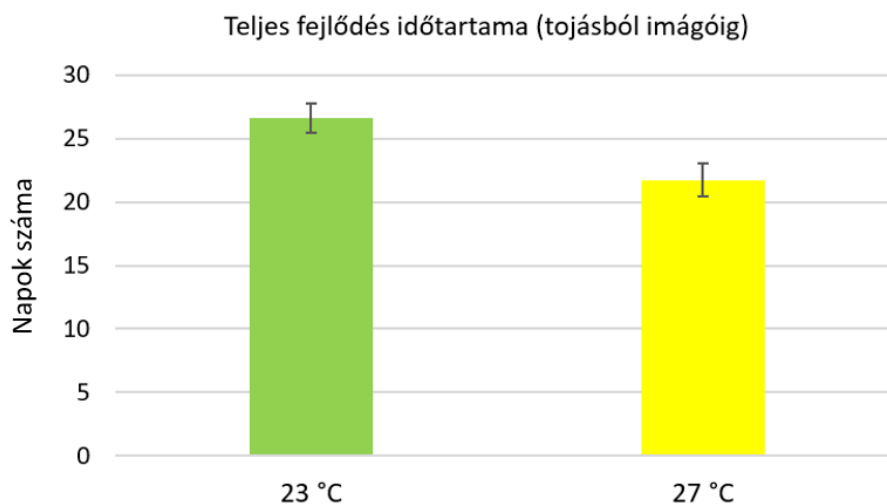
Chang, 2014). A *H. femoralis* esetében 27 °C-on a prepupa és pupa stádiumok átlagosan 2,1 és 2,7 napig tartottak (McDonald et al, 1998).

Minden fajnál magasabb hőmérsékleten rövidebb volt ez a két stádium is, itt is jól látható a fejlődési sebesség gyorsulása a magasabb hőmérsékleteken. A *H. femoralis* nagyon hasonló időtartamig fejlődött 27 °C-on, mint a *H. aethiopiae*, de a *Hercinothrips* fajok nyugalmi alakjainak fejlődési sebessége összességében lassabbnak tűnik.

A tojás stádiumból imágóvá fejlődés teljes időtartama – az előbbieket ismeretében nem meglepően – átlagosan az alacsonyabb hőmérsékleten tartott tovább. 23 °C-on átlagosan $26,6 \pm 1,2$ napot vett igénybe, ugyanez 27 °C-on átlagosan $21,7 \pm 1,3$ napig tartott.

Mivel a vizsgált változók mindegyikénél sérült a normalitás (Shapiro-Wilk teszt: $p < 0,001$), illetve a szóráshomogenitás előfeltétele sem teljesült (Levene-teszt: $p < 0,05$), így Mann-Whitney U-próbát alkalmaztam a két eltérő hőmérséklet hatásának összehasonlítására.

A próba eredménye a prepupa stádiumon kívül minden esetben szignifikánsnak bizonyult (Mann-Whitney U-próba: $p < 0,001$), így kijelenthető, hogy a 23 °C-on a fejlődés sebessége szignifikánsan lassabb volt, mint 27 °C-on. A 14. ábra a tojástól imágóig történő fejlődés sebességének átlagának különbségét ábrázolja a két vizsgált hőmérsékleten.



14. ábra: A teljes fejlődés sebessége (tojástól imágóig) 23 és 27 °C-on (Forrás: saját munka)

A *Thrips palmi* esetében a tojásból imágóvá fejlődés hossza átlagosan 22 °C-on $19,28 \pm 0,18$ nap, 28 °C-on $12,2 \pm 0,13$ nap volt (Yadav & Chang, 2014), a *Thrips tabaci* esetében 23 °C-on átlagosan 15,48 nap, 25 °C-on 13,98 nap, 30 °C-on 10,63 nap volt (Murai, 2000). A

Frankliniella occidentalis fejlődése tojásból imágóvá 20 °C-on átlagosan $21,6 \pm 0,2$ nap, 25 °C-on $15,9 \pm 0,4$ nap, 30 °C-on $11,8 \pm 0,2$ nap volt (McDonald et al, 1998). A *H. femoralis* fejlődési ciklusa a tojásrakástól a kifejlett egyedig 18,1-19,8 napig tartott 27 °C-os kísérleti körülmények között.

Elmondható tehát, hogy magasabb hőmérsékleten minden fajnál rövidül a kifejlődés időtartama, ám a *H. aethiopiae* fejlődési sebessége (bazsalikom növényen) igen lassúnak mondható más tripszfajokhoz viszonyítva, míg a közeli rokon *H. femoralis* is valamivel gyorsabban fejlődik tojásból imágóvá. Nyilvánvalóan sok tényező (tápnövény, megvilágított órák száma, páratartalom stb.) befolyásolhatja az eredményeket, de így is elmondható, hogy a *H. aethiopiae* egy viszonylag lassan fejlődő tripszfaj.

4.2. Élettartam vizsgálata

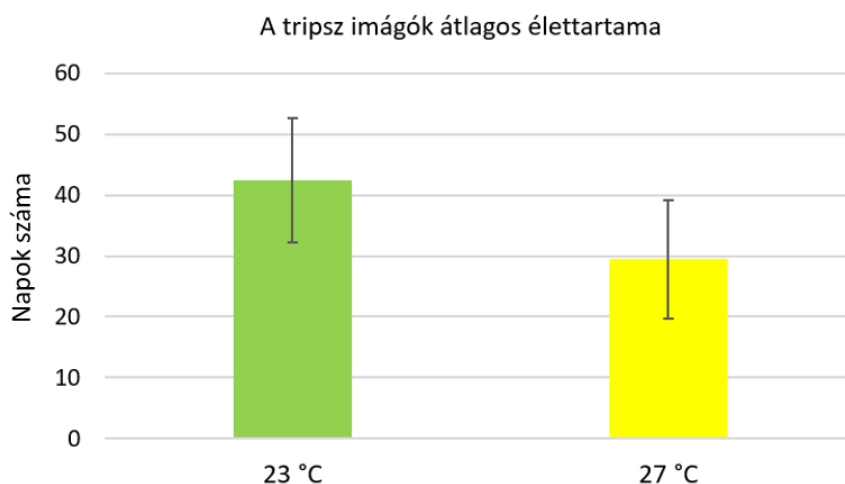
A vizsgálatban résztvevő, sikeresen imágóvá fejlődött tripszek élettartama a következőképpen alakult a kísérlet során (2. táblázat):

Leíró statisztikák – Kifejlett tripszek élettartama		
	Élettartam	
Vizsgált hőmérséklet	23 °C	27 °C
Egyedszám	34	28
Átlag	42,41	29,46
Szórás	10.20	9.693
Shapiro-wilk próba	0,963	0,912
Shapiro-wilk próba p-értéke	,288	,023
Minimum	22,00	14,00
Maximum	60,00	42,00

2. táblázat: Imágóvá fejlődött tripszek élettartamának leíró statisztikái (Forrás: saját munka)

A kifejlett imágók átlagosan tovább maradtak életben az alacsonyabb hőmérsékleti körülmények között. A 23 °C-on kifejlődött imágók átlagosan $42,4 \pm 10,2$ napig, míg a 27 °C-on nevelkedett tripszek átlagosan $29,5 \pm 9,7$ napig éltek. Az kifejlett imágók élettartamának eltéréseinek vizsgálatához Mann-Whitney U-próbát alkalmaztam. A próba szignifikáns eredményt adott ($p < 0,001$), így ez alapján elmondható, hogy 23 °C-on az imágóvá fejlődött tripszek élettartamainak esetében szignifikánsnak bizonyult az eltérés a két hőmérséklet között.

Az alábbi grafikonon ábrázoltam az imágóvá fejlődött tripszek élettartamának eloszlását a két vizsgált hőmérsékleten. A 15. ábra a 23 °C-on, és 27 °C-on kifejlődött tripsz imágók élettartamának eloszlását mutatja.



15. ábra: A tripsz imágók átlagos élettartama 23 és 27 °C-on

Annak érdekében, hogy a kapott adatokat jobban kontextusba tudjuk helyezni, összehasonlítottam azokat az előző részben már tárgyalt három jelentős tripszfaj élettartamával különböző hőmérsékleteken. A dohánytripsz (*T. tabaci*) esetében Murai (2000) kísérletében 23 °C-on átlagosan $41,7 \pm 14,5$ nap, 25 °C-on $25 \pm 10,2$ nap, 30 °C-on $12,8 \pm 4,6$ nap volt. A nyugati virágotripsz (*Frankliniella occidentalis*) esetében 20 °C-on $44,92 \pm 0,31$ nap, 25 °C-on $35,75 \pm 0,35$ nap, 30 °C-on $26,68 \pm 0,21$ nap volt a nőtények élettartama (Deligeorgidis et al, 2006). A dinnyetripsz (*Thrips palmi*) esetében 22 °C-on a nőtények

átlagosan $38,8 \pm 0,36$ napig míg a hímek $34,63 \pm 0,57$ napig, 28 °C -on a pedig a nőstények átlagosan $27,23 \pm 0,35$ napig míg a hímek $22 \pm 0,31$ napig élnek. A *H. femoralis* átlagos élettartamát 30 és 38 nap közé helyezik üvegházi körülmények között (Morison, 1957).

Mindegyik fajnál jellemző, hogy melegebb körülmények között rövidebb élettartam várható az imágóknál. A *H. aethiopiae* a kísérlet adatai alapján a három jelentős tripszfajhoz viszonyítva valamivel hosszabb átlagos élettartammal bír, hasonlóan a *H. femoralis*-hoz.

4.3. Nőstények realizált fekunditásának vizsgálata

A nőstények fekunditásának jellemzésére kétféle adatot is igyekeztünk rögzíteni: a tojások számát a korongokon és a kikelt lárvák számát. Az adatok későbbi összevetése alapján a tojások számolása nem bizonyult mindig teljesen pontosnak, vélhetően azért, mert a tojásokat nehéz volt észrevenni a bazsalikom levelek szövetében, amely mikroszkóp alatt megfigyelve tele van a tripsztojásokhoz hasonló pórusokkal. Ebből kifolyólag a tojásszám helyett a kikelt lárvák számát vettem alapul a fekunditás vizsálata során. Az így kapott realizált fekunditás, vagy tényleges szaporodási siker jobban jellemzi a vizsgált populáció növekedési potenciálját és jelen helyzetben pontosabb, objektívebb adatokat szolgáltat. Az alábbi táblázat tartalmazza nőstények utódszámait és a leíró statisztikákat (3. táblázat).

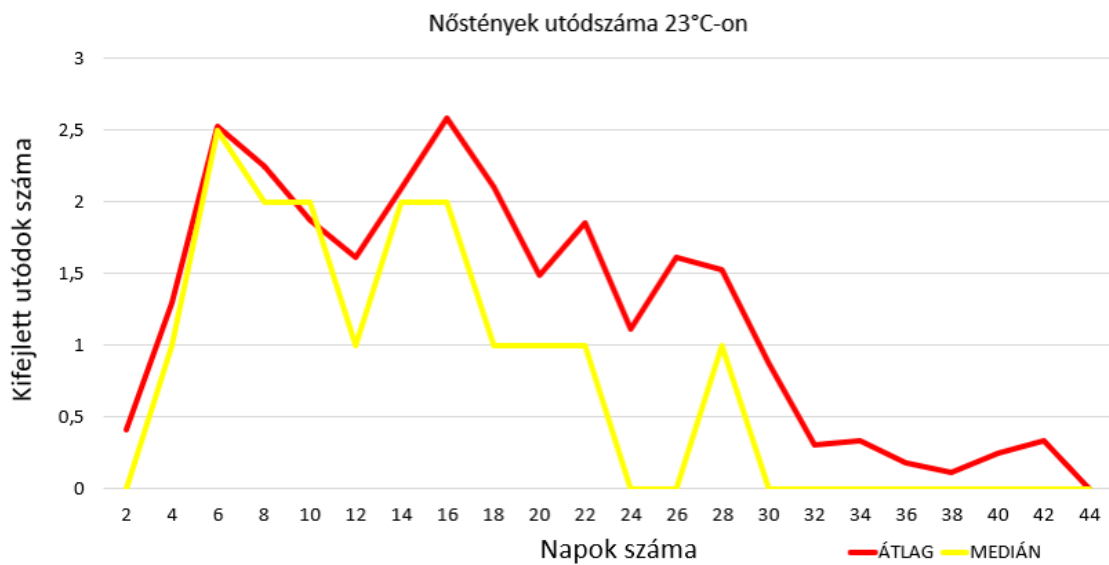
Leíró statisztikák- Nőstények utódainak száma		
	Utódok száma	
Vizsgált hőmérséklet	23 °C	27 °C
Egyedszám	34	9
Átlag	22.00	8.778
Szórás	15.15	11.51
Shapiro-Wilk próba	0.948	0.783
Shapiro-Wilk próba p-értéke	.104	.013
Minimum	0.000	0.000
Maximum	52.00	30.00

3. táblázat: A nőstények utódszámának leíró statisztikái

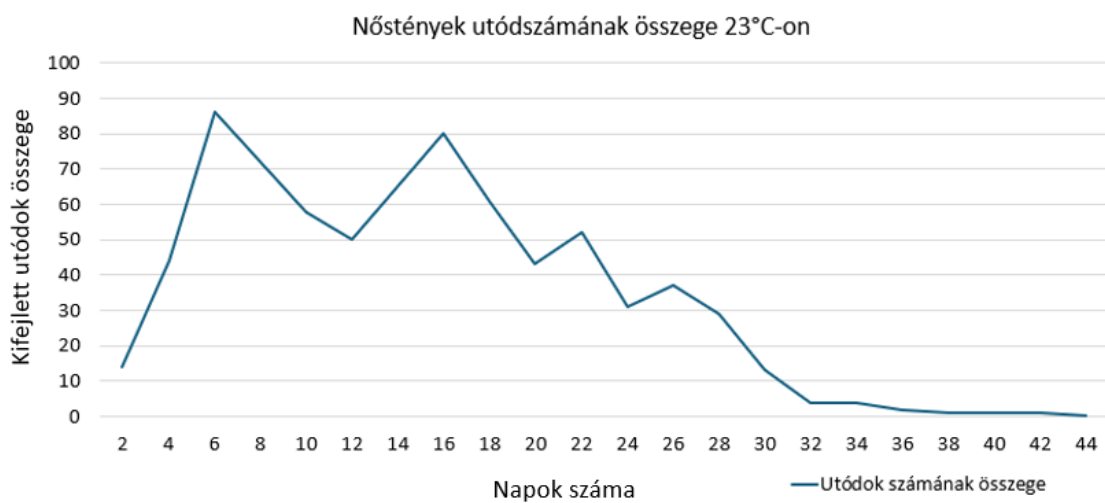
23 °C -on a nőstények életük során átlagosan $22 \pm 15,2$, 27 °C -on $8,8 \pm 11,51$ 2 utódot produkáltak. A kétmintás t-próba előfeltételei 27 °C -on sérültek, így ezen átlagok vizsgálata

esetén is Mann-Whitney U-próbát alkalmaztam. A próba szignifikáns eredményt adott, így kijelenthető, hogy a kísérletben szignifikánsan több utódot produkáltak a 23 °C-on fejlődő tripsz nőstények.

Grafikonon ábrázoltam az utódok számának és azok összegének alakulását, hogy képet kapjunk arról, miként alakul a nőstények realizált fekunditása az idő előrehaladtával. Az átlagot a vörös, a mediánt a sárga szín jelöli. Az alábbi két ábra (16. ábra, 17. ábra) a 23 °C-on mért adatokat mutatja:

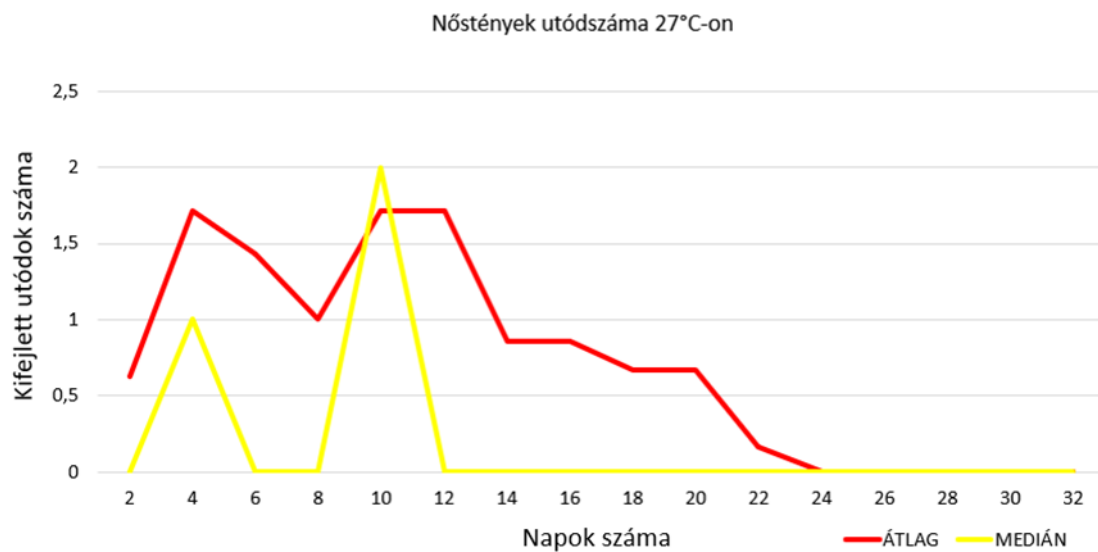


16. ábra: Nőstények utódszámának alakulása 23 °C-on (Forrás: saját munka)

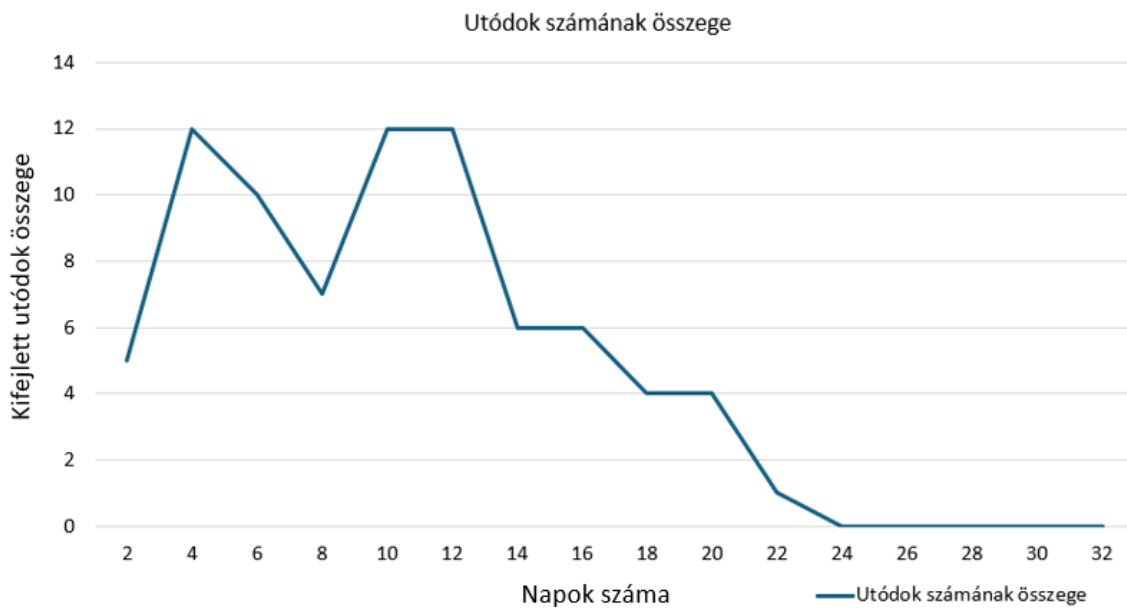


17. ábra: Nőstények utódszámának összegének alakulása 23 °C-on (Forrás: saját munka)

A következő két ábra pedig ugyanezen paraméterek szerint mutatja be a 27 °C-on fejlődő egyedek utódszámának alakulását (18. ábra, 19. ábra):



18. ábra: Nőstények utódszámának alakulása 27 °C-on (Forrás: saját munka)



19. ábra Nőstények utódszámának összegének alakulása 27 °C-on (Forrás: saját munka)

Az adatokból az rajzolódik ki, hogy a fiatal imágók realizált fekunditása kezdetben növekedésnek indul, elér egy csúcspontot, majd enyhe lassulás után újabb csúcs következik. Ezt követően az utódok száma csökkenésnek indul a nőstény korának előrehaladtával. Ez a folyamat a 23 °C-on lassabban indul, a fekunditás 6 nappal a teljes kifejlődés után volt a legnagyobb, a második csúcs pedig 16 nappal a teljes kifejlődés után volt tapasztalható. Az első

csúcs 27 °C-on már a nőtényeknek biztosított második korongnál (4 nappal a teljes kifejlődést követően) megfigyelhető volt, a második csúcs pedig 10 nappal a teljes kifejlődés után következett be.

A fekunditással kapcsolatos adatokat is összehasonlítottuk a többi tripsz fajnál megfigyelt adatokkal. Murai (2000) kísérletében a dohánytripsz nőtények 20 °C-on $210 \pm 148,9$ tojást raktak életük során, melyeknek 83,6%-a kelt ki. 23 °C-on a nőtények $270,4 \pm 111,6$ tojást raktak 83,5%-os kelési aránnyal, míg 25 °C-on $165 \pm 84,8$ tojást 82,4%-os kelési aránnyal. A nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis*) esetében 20 °C-on $71,86 \pm 1,78$ tojást, 25 °C-on $39,93 \pm 1,32$ tojást, míg 30 °C-on $37,33 \pm 1,05$ tojást raktak életük során a nőtények (Deligeorgidis et al, 2006). A dinnyetripsz (*Thrips palmi*) esetében 22 °C-on $42,32 \pm 99$ tojást, míg 28 °C-on $59,7 \pm 0,67$ tojást raktak (Yadav & Chang, 2014). Az utóbbi két faj esetében a pontos kelési arány nem ismert.

A fekunditás mértéke a magasabb hőfokokon a dohánytripsz és a nyugati virágtripsz esetében csökkent, míg a dinnyetripsz esetében nőtt ebben a vizsgált hőmérsékleti tartományban. Bár az utóbbi két faj esetében csak a tojásprodukción ismerjük, egyértelmű azonban, hogy még ha magas is a tojások mortalitása, mindegyik faj jóval több utódot produkált hasonló hőmérsékleteken, mint a *H. aethiopiae*, különösen igaz ez a dohánytripszre és a nyugati virágtripszre. Ez is mutatja miért ilyen kiemelkedően sikeresek ezek a fajok és miért válhattak világszerte fontos kártevőkké.

5. Következtetések

A kísérlet során sok új információra tettünk szert a *Hercinothrips aethiopiae*-vel kapcsolatban. Elsődleges célunk a hőmérséklet hatásának vizsgálata volt a fejlődési dinamikára, élettartamra és fekunditásra, de mivel a faj biológiájáról szinte alig álltak rendelkezésre adatok, így annak sok más tulajdonságairól is alapvető információkat sikerült megismernünk.

A kísérlet kezdeti szakaszában kiderült, hogy a bazsalikom (*Ocimum basilicum*) mellett más növényeken is képes kifejlődni és fennmaradni a faj, ami mindenképpen fontos tényező annak a hazai növénytermesztésre való veszélyessége szempontjából. Megtudtuk, hogy a faj populációja nem kizárólag nőstényekből áll, és az ivaros szaporodás is jelen van. Emellett azonban az a megfigyelés, hogy csak a magasabb hőmérsékleten jelentek meg hímek további kérdéseket vet fel a faj szaporodásával kapcsolatban.

A három vizsgált hőmérséklet közül a 31 °C túlságosan magasnak bizonyult a *Hercinothrips aethiopiae* számára, mivel itt a mortalitás erősen megnövekedett és nem voltak képesek utódok produkálására. Így könnyen lehet, hogy ez a hőfok már meghaladja a faj termikus maximumát (Campbell et al., 1974; Trudgill et al., 2005). 23 °C-os és 27 °C-os hőmérsékleteken képes a faj a fennmaradásra laboratóriumi körülmények között, ám a vizsgálatok eredménye alapján elmondható, hogy 23 °C-on bár a fejlődés üteme lassabb, minden más paraméterében kedvezőbb volt a faj számára. A 27 °C -os hőmérséklet tehát valószínűsíthetően a faj optimális hőmérséklete felett helyezkedhet el, amely lerövidíti a fejlődési időt, de csökkentheti a kifejlett egyedek élettartamát vagy termékenységét. A 27 °C -os hőmérséklet kísérletünk során negatívan hatott a mortalitásra, az élettartamra és az utódok számára egyaránt. 23 °C-on hosszabb élettartam, nagyobb utódszám volt megfigyelhető, a faj egyedei stabilabban, ám szignifikánsan lassabban fejlődtek. Ez alapján arra következtethetünk, hogy a faj hőoptimuma vélhetően a két hőmérséklet között lehet. A hím ivarú egyedek megjelenése 27 °C-on egy esetleges alkalmazkodási stratégiát mutathat a hőoptimum feletti hőmérsékletű környezettel szemben. Nyugati virágtipsz (*Frankliniella occidentalis*) esetében például kimutatták, hogy a nemek aránya dinamikusan változik, kedvezőtlen feltételek mellett (tápnövény minőség, egyéb stresszfactorok) megnő a populációban hímek aránya (Terry & Kelly, 1993).

Más jelentős kártevőként jegyzett tripszfajokhoz képest, mint a dohánytripsz (*Thrips tabaci*) vagy a nyugati virágotripsz (*Frankliniella occidentalis*) a fejlődési sebesség lassabbnak bizonyult, különösen a tojás stádium időtartama volt jelentősen hosszabb a *H. aethiopiae* esetében. A faj fejlődési sebessége *H. femoralis*-hoz hasonlóan alakult, bár a tápnövény kérdése is fontos tényező lehet a folyamat sebességében.

Ezek az adatok arra utalnak, hogy a faj képes lehet alkalmazkodni az üvegházi körülményekhez, ám szaporodási képessége korlátozott maradhat magasabb hőmérsékleten. A vizsgálat azonban jó alapul szolgálhat a jövőben egy hőösszeg modell felállításához, ám a faj alsó küszöbhőmérsékletének megismerése fontos feladat lenne a fajjal a jövőben végzett hőmérsékleti kutatások számára.

A faj jövőbeni kutatása során a hőmérsékleti preferencián túl más egyéb tényezőket is érdemes lehet tovább és részletesebben vizsgálni. A tápnövénypreferencia és annak hatásának vizsgálata a fejlődési sebességre és fekunditásra érdekes kutatási téma lehet, fontos lenne jobban megismerni a faj tápnövénykörét, hisz ez a faj kártevő potenciálját is nagyban meghatározza.

A hőmérséklet mellett más abiotikus tényezők, mint a páratartalom vagy a megvilágítás ideje mind olyan befolyásoló tényezők lehetnek, melyeket érdemes lenne részletesebben is megvizsgálni. A faj elleni védekezés szempontjából a természetes ellenségek szerepe és a kémiai hatóanyagokkal szemben mutatott fogékonyság vagy rezisztencia vizsgálatai is hasznosak lehetnek a faj elleni növényvédelmi stratégiák optimalizálása szempontjából. Ezek mellett molekuláris és populációgenetikai vizsgálatok segíthetnék megismerni, hogy a hazánkban megtalált populáció honnan származhat és esetlegesen mennyiben tér el a faj eredeti elterjedési területén megtalálható egyedektől.

Bár a kutatás új ismeretekkel szolgál, mindenképpen érdemes megemlíteni a kísérlet korlátait is. Több tényező is korlátozhatja az eredmények általánosíthatóságát. A kísérletben vizsgált egyedszám mérete viszonylag kicsinek mondható és csak három, igazán részletesen pedig csak két hőmérsékleten zajlottak vizsgálatok, ami szűkíti a hőmérsékleti optimum pontos meghatározásának lehetőségét. Ezen felül a kísérlet *in vitro* körülmények között ment végbe, ami nagyban eltérhet akár egy üvegházban tapasztalt környezettől is, így ez is hatással lehet a faj fejlődésére, viselkedésére és szaporodási mintázataira. További korlátot jelent, hogy a

tojások számolása nem volt megbízható, így a kikelt lárvák száma alapján becsültem meg a fekunditást, amely eltérhet a teljes tojásprodukciótól. Emellett több alkalommal is (főként a melegebb hőmérsékleteken) előfordulhatott, hogy maguknak a levélkorongnak az állapota nem maradt megfelelő a tojások kifejlődéséhez, így a keletkezett adatok torzulhattak.

Összességében a kutatás eredményei hozzájárulnak a *Hercinothrips aethiopiae* alapvető biológiai ismereteinek bővítéséhez, és rávilágít arra, hogy a faj hőmérséklet-érzékenysége meghatározó tényező lehet annak potenciális megtelepedésében és jövőbeni kártételének mértékében. Eredményeink segíthetnek a kockázatelemzések és növényvédelmi stratégiák megalapozásában, különösen az üvegházi növénytermesztésben.

6. Összefoglalás

A tripszek (Thysanoptera) világszerte jelentős mezőgazdasági kártevőnek számítanak, amelyek közül több faj súlyos gazdasági károkat okoz üvegházi és a szántóföldi növénykultúrákban egyaránt. Az elmúlt években egy új, korábban Afrikában leírt faj, a *Hercinothrips aethiopiae* (Mound, 1965) megjelenését is kimutatták Európában, többek között importált dísnövényeken (Goldaracena & Vierbergen, 2022), majd 2024 novemberében Magyarországon is megtalálták bazsalikom (*Ocimum basilicum*) növényeken. A faj biológiájáról és ökológiai igényeiről azonban mindeddig kevés adat állt rendelkezésre.

A kutatás célja a *H. aethiopiae* fejlődési sebességének, élettartamának és szaporodási teljesítményének vizsgálata volt három különböző hőmérsékleten (23 °C, 27 °C és 31 °C-on), 16 órás megvilágítás mellett, klímaszekrények használatával, *in vitro* körülmények között. A kísérlet során a faj egyedeit mikrocentrifuga csövekben, bazsalikom (*Ocimum basilicum*) levélkorongokon neveltem és nyomonkövettem egy teljes kialakuló generáció életciklusát a lárvakeléstől, imágóvá fejlődésükön át életük végéig. A fejlődésmenetet és a kikelt utódok számát minden egyed esetében kétnaponta rögzítettem, az adatokat statisztikai módszerekkel értékeltem.

Az eredmények alapján a *H. aethiopiae* fejlődése 27 °C-on szignifikánsan gyorsabb ütemű volt, mint a 23 °C-on vizsgált egyedeké, ugyanakkor élettartamuk rövidebbnek bizonyult és más egyéb paraméterekben is elmaradtak az enyhébb hőmérsékleten vizsgált egyedektől. A fekunditás – a kikelt lárvák száma alapján becsülve – 23 °C-on jelentősen magasabb volt, ami arra utal, hogy a mérsékelt hőmérséklet kedvezőbb a faj számára reprodukció szempontjából. Megfigyeléseink alapján 31 °C-on az egyedek nem voltak képesek utódok létrehozására. A nőtények főként partenogenetikusan szaporodtak, ám hímeiket is megfigyeltünk a vizsgálat során, érdekes módon azonban csak 27 °C-on. Az utódok száma nagy egyedi variabilitást mutatott. Más, gazdaságilag jelentős tripszfajokkal összehasonlítva hasonló hőmérsékleten a *H. aethiopiae* tojás stádiuma jelentősen, valamint a teljes fejlődési sebesség és az imágók átlagos élettartama is valamivel hosszabb, viszont a nőtények fekunditása jelentősen alacsonyabb volt.

Eredményeim új ismeretekkel szolgálnak a faj biológiájáról, és rámutatnak arra, hogy a *H. aethiopiae* potenciálisan képes lehet alkalmazkodni az üvegházi körülményekhez. A kutatás

hozzájárulhat a faj kockázatértékeléséhez és a jövőbeni növényvédelmi stratégiák megalapozásához, különösen a dísznövénytermesztésben, ahol a nemzetközi kereskedelem révén a behurcolás esélye magas.

Irodalomjegyzék

- Andrewartha, H. G., & Birch, L. C. (1954). *The Distribution and Abundance of Animals*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J. C., Farrar, J., Good, J. E. G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T. H., Lindroth, R. L., Press, M. C., Symrnioudis, I., Watt, A. D., & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1), 1–16. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x
- Bebber, D. P., Holmes, T., & Gurr, S. J. (2013). The global spread of crop pests and pathogens. *Global Ecology and Biogeography*, 23(12), 1398–1407. DOI: 10.1111/geb.12214
- Bielza, P. (2008). Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science*, 64(11), 1131–1138. DOI: 10.1002/ps.1620
- Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., Wilson, J. R. U., & Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(7), 333–339. DOI: 10.1016/j.tree.2011.03.023
- Bradshaw, C. J. A., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., Barbet-Massin, M., Salles, J. M., Simard, F., & Courchamp, F. (2016). Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*, 7, 12986. DOI: 10.1038/ncomms12986
- Bursell, E. (1974). *The Physiology of Insecta* || ENVIRONMENTAL ASPECTS – TEMPERATURE, (1), 1–41. doi:10.1016/b978-0-12-591602-8.50008-4
- Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, A. P., & Mackauer, M. (1974). Temperature Requirements of Some Aphids and Their Parasites. *The Journal of Applied Ecology*, 11(2), 431–438. doi:10.2307/2402197
- Chapman, D., Purse, B. V., Roy, H. E., & Bullock, J. M. (2017). Global trade networks determine the distribution of invasive non-native species. *Global Ecology and Biogeography*, 26(8), 907–917. DOI: 10.1111/geb.12599

Deligeorgidis, P., Giakalis, L., Sidiropoulos, G., Vaiopoulou, M., Kaltsoudas, G., & Ipsilandis, C. (2006). Longevity and reproduction of *frankliniella occidentalis* and thrips *tabaci*. *Journal of Entomology*, 3(1), 61-69.

EPPO (2022): European and Mediterranean Plant Protection Organization – *EPPO Standards and Pest Risk Analysis*. Paris. Elérhető: <https://www.eppo.int> (Hozzáférés dátuma: 2025. október 21.)

European Union (2016). Regulation (EU) 2016/2031 of the European Parliament and of the Council on protective measures against pests of plants. *Official Journal of the European Union*, L 317, 4–104. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016R2031>

European Commission (2019) Commission Delegated Regulation (EU) 2019/2072 of 28 October 2019 supplementing Regulation (EU) 2016/2031 of the European Parliament and of the Council with regard to protective measures against pests of plants, and repealing Council Directive 2000/29/EC. *Official Journal of the European Union*, L 319, 10 December 2019, pp. 1–279. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R2072> (Hozzáférés dátuma: 2025. október 22.)

Goldaracena, A., & Vierbergen, G. B. (2022). A key to species of Hercinothrips, with one new species, and a neotype designation for *H. trilineatus* (Priesner). *Zootaxa*, 5169(4), 322-330.

Thrips-iD (2025). Elérhető: [Hercinothrips aethiopiae – Thrips-ID English](#) Letöltés dátuma: 2025. október 22.

Houston K.J., Mound L.A., Palmer J.M. (1991): Two pest thrips (Thysanoptera) new to Australia, with notes on the distribution and structural variation of other species. *Journal of the Australian Entomological Society*, 30: 231–232.

Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10–18. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2008.01600.

- IPPC (2021): International Plant Protection Convention – *International Standards for Phytosanitary Measures (ISPMs)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Elérhető: <https://www.ippc.int> (Hozzáférés dátuma: 2025. október 21.)
- JASP Team (2025). JASP (Version 0.95.3) [Computer software].
- Jones, D. R. (2005). *Plant Viruses Transmitted by Thrips*, 113(2), 119-157. doi:10.1007/s10658-005-2334-1
- Kenis, M., Auger-Rozenberg, M.-A., Roques, A., Timms, L., Péré, C., Cock, M. J. W., Settele, J., Augustin, S., & Lopez-Vaamonde, C. (2009). *Ecological effects of invasive alien insects*. *Biological Invasions*, 11(1), 21–45. DOI: 10.1007/s10530-008-9318-y
- Király, K. D. (2024). *A dohánytripsz fajkomplexet alkotó változatok szaporodásbiológiája és viselkedése* (Doctoral dissertation, Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem).
- Kirk, W. D. J. (1997): Feeding behaviour and nutritional requirements. In: Lewis, T. (ed.), *Thrips as Crop Pests*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 119–174. ISBN: 9780851991788
- Kirk, W. D. J., & Terry, L. I. (2003): The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(4), 301–310. DOI: 10.1046/j.1461-9563.2003.00192.x
- Kumm, S., & Moritz, G. (2008). First detection of Wolbachia in arrhenotokous populations of thrips species (Thysanoptera: Thripidae and Phlaeothripidae) and its role in reproduction. *Environmental Entomology*, 37(6), 1422-1428.
- Lactin, D. J., Holliday, N. J., Johnson, D. L., & Craigen, R. (1995). Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. *Environmental Entomology*, 24(1), 68–75. DOI: 10.1093/ee/24.1.68
- Laughlin R (1971). A culture method for *Hercinothrips femoralis* (Reuter) (Thysanoptera). *Journal of the Australian Entomological Society*, 10(4), 301-303.
- Lewis, T. (1997). *Thrips as Crop Pests*. CAB International, Wallingford, UK. 740 p. ISBN: 9780851991788

- Liebhold, A. M., Brockerhoff, E. G., Garrett, L. J., Parke, J. L., & Britton, K. O. (2012). Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(3), 135–143. DOI: 10.1890/110198
- Masarovič, R., Zvaríková, M., Marcišová, M., Provazník, Z. J., Prokop, P., & Fedor, P. (2023). Phenotype “Explosion” in *Hercinothrips femoralis* (OM Reuter 1891) (Thysanoptera: Thripidae): A Particular Phenomenon for Successful Introduction of Economic Species. *Horticulturae*, 9(12), 1327.
- McDonald, J. R., Bale, J. S., & Walters, K. F. A. (1998): Effect of temperature on development of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *European Journal of Entomology*, 95(2), 301–306.
- Messenger, P. S. (1959). Bioclimatic studies with insects. *Annual Review of Entomology*, 4(1), 183–206. DOI: 10.1146/annurev.en.04.010159.001151
- Meyerson, L. A., & Mooney, H. A. (2007). Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(4), 199–208. DOI: 10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2
- Mo, J., Stevens, M., Liu, D. L., & Herron, G. (2009). Investigating the Effect of Invasion Characteristics on Onion Thrips (Thysanoptera: Thripidae) Populations in Onions With a Temperature-Driven Process Model. *Environmental Entomology*, 38(6), 1575–1584. doi:10.1603/022.038.0608
- Morison, G. D. (1957). *A review of British glasshouse Thysanoptera*.
- Moritz, G., Morris, D. C. & Mound, L. A. (2001). *ThripsID: Pest thrips of the world. An interactive identification and information system*. CSIRO Publishing / Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Collingwood, Australia.
- Mound, L. A. (1965). The genus *Hercinothrips* (Thysanoptera) with one new species. *Annals and magazine of natural history*, 8(88), 243-247.
- Mound, L. A. (2005). *Thysanoptera: Diversity and Interactions*. *Annual Review of Entomology*, 50, 247–269. DOI: 10.1146/annurev.ento.49.061802.123318

- Mound, L. A., & Kibby, G. (1998): *Thysanoptera: An Identification Guide*. 2nd Edition. CAB International, Wallingford, UK. 70 p. ISBN: 9780851991870
- Murai, Tamotsu. (2000). Effect of temperature on development and reproduction of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), on pollen and honey solution. *Applied Entomology and Zoology*, 35(4), 499–504. doi:10.1303/aez.2000.499
- Nielsen, M.-C., Teulon, D. A. J., Chapman, R. B., Butler, R. C., Drayton, G. M., & Phillipsen, H. (2021). Effects of temperature on survival, oviposition, and development rate of ‘greenhouse’ and ‘lupin’ strains of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(9), 804–813.
- North Carolina State University (NCSU) Entomology Extension (n.d.): Banded greenhouse thrips (*Hercinothrips femoralis*). Elérhető: <https://mrec.ifas.ufl.edu/Iso/entomol/NCSTATE/thrips1.htm> (Letöltés dátuma: 2025. 10. 20.)
- Paini, D. R., Sheppard, A. W., Cook, D. C., De Barro, P. J., Worner, S. P., & Thomas, M. B. (2016). Global threat to agriculture from invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 113(27), 7575–7579. DOI: 10.1073/pnas.1602205113
- Parton, W. J., & Logan, J. A. (1981). A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agricultural Meteorology*, 23, 205–216. DOI: 10.1016/0002-1571(81)90105-9
- Pollard, E., & Yates, T. J. (1993). *Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation: The British Butterfly Monitoring Scheme*. Chapman & Hall, London. ISBN: 978-0-412-48060-4
- Rebaudo, F., & Rabhi, V.-B. (2018). Modeling temperature-dependent development rate and phenology in insects: review of major developments, challenges, and future directions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166(8), 607–617. DOI: 10.1111/eea.12693
- Régnière, J., Powell, J., Bentz, B., & Nealis, V. (2012). Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology*, 58(5), 634–647. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2012.01.010

- Reitz, S. R. (2009). Biology and ecology of the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae): The making of a pest. *Florida Entomologist*, 92(1), 7–13. DOI: 10.1653/024.092.0102
- Reitz, S. R., Gao, Y., & Lei, Z. (2011). Thrips: pests of concern to China and the United States. *Agricultural Sciences in China*, 10(6), 867–892. DOI: 10.1016/S1671-2927(11)60073-4
- Ricciardi, A., Palmer, M. E., & Yan, N. D. (2013). Should biological invasions be managed as natural disasters?. *BioScience*, 63(3), 241–248.
- Steiner, M. Y., & Goodwin, S. (1998). Methods for collecting and rearing thrips (Thysanoptera) and their natural enemies. *Australian Journal of Entomology*, 37: 101–106.
- Štefánik M., Zvaríková M., Masarovič R., Fedor P. (2019). The significance of anthropochory with *Hercinothrips femoralis* (Thysanoptera: Thripidae). *Plant Protect. Sci.*, 55, 262–265.
- Terry, L. I., & Kelly, C. K. (1993). Patterns of change in secondary and tertiary sex ratios of the Terebrantian thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 66(3), 213-225.
- Trudgill, D. L., Honek, A., Li, D., & Van Straalen, N. M. (2005). *Thermal time – concepts and utility.*, 146(1), 1–14. doi:10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x
- Trudgill, D. L., Honek, A., Li, D., & Van Straalen, N. M. (2005): Thermal time – Concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, 146(1), 1–14. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x
- Whitfield, A. E., Ullman, D. E., & German, T. L. (2005): Tospovirus–thrips interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 43, 459–489. DOI: 10.1146/annurev.phyto.43.040204.140017
- Wilson, T. H. (1975). A monograph of the subfamily Panchaethropinae (Thysanoptera: Thripidae). *Memoirs of the American Entomological Institute*, 23: 1-354
- Wysocki M. (1999). Thysanoptera in Israel. In: 16th Conference of the Entomological Society of Israel. *Phytoparasitica*, 27: 73–74.

Yadav, R. & Chang, N.-T. (2014). Effects of temperature on the development and population growth of the melon thrips, *Thrips palmi*, on eggplant. *Journal of Insect Science*, 14(78), 1–13. <https://doi.org/10.1673/031.014.78>

Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák

1. ábra: A tápnövény vizsgálata káposzta és bab növényeken 21. oldal
2. ábra: 2024. november 28-án a kikelt egyedek visszahelyezése a tenyészetbe 21. oldal
3. ábra: A tenyészet fenntartására használt 'Romano' zöldbab 21. oldal
4. ábra: A februári nehézségek túlélő populáció 22. oldal
5. ábra: A tripszek fejlődésének nyomonkövetésére használt egyik táblázat 24. oldal
6. ábra: *Hercinothrips aethiopiae* lárva közelről és egy több lárva által fertőzött levélkorong 25. oldal
7. ábra: A prepupa stádium: látható a rövid szárnykezdemény és a még előre álló csápok 25. oldal
8. ábra: A pupa stádium: hosszabb szárnykezdemények, hátracsapott csápok 26. oldal
9. ábra: Fiatal imágó stádium: a szárnyak már teljesen kifejlődtek, a test színe sötétülni kezd 26. oldal
10. ábra: *Hercinothrips aethiopiae* imágó 27. oldal
11. ábra: A 23 °C-on végzett vizsgálat mintái, 2025. május 27-én 28. oldal
12. ábra: Alkoholban tartósított lárva és levélkorong 29. oldal
13. ábra: A fejlődési stádiumok során életben maradt tripszek számának alakulása 32. oldal
14. ábra: A teljes fejlődés sebessége (tojástól imágóig) 23 és 27 °C-on 34. oldal
15. ábra: A tripsz imágók átlagos élettartama 23 és 27 °C-on 36. oldal
16. ábra: Nőstények utódszámának alakulása 23°C-on 38. oldal
17. ábra: Nőstények utódszámának összegének alakulása 23°C-on 38. oldal

18. ábra: Nőstények utódszámának alakulása 27°C-on 39. oldal

19. ábra: Nőstények utódszámának összegének alakulása 27°C-on 39. oldal

Táblázatok

1. táblázat: Fejlődési szakaszok leíró statisztikái 31. oldal

2. táblázat: Imágóvá fejlődött tripszek élettartamának leíró statisztikái 35. oldal

3. táblázat: A nőstények utódszámának leíró statisztikái 37. oldal

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Dr. Király Kristóf Domonkosnak, aki kiváló szakmai tudásával rengeteget segített a tenyészetek létrehozásában, fenntartásában, a kísérlet sikeres lebonyolításában és a diplomadolgozat megalkotásában, emellett minden alkalommal segítőkészen állt rendelkezésemre minden felmerülő kérdéssel és problémával kapcsolatban.

Szeretnék még köszönetet mondani Dr. Fail Józsefnek, aki a preparátumok morfológiai azonosítását végezte. Emellett köszönöm Agócs Lucának és Trieber Xavérnak, akik rengeteget segítettek a tenyészetek sikeres fenntartásában az egyetemen.

Hallgatói nyilatkozat

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Ádám Gyula
A Hallgató Neptun kódja: NS6JZX
A dolgozat címe: A *Hercinothrips aethiopiae* fejlődési sebességének és fekunditásának vizsgálata
A megjelenés éve: 2025
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. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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 repozitori 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 repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2025. november 6.


Hallgató aláírása

Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Kovács Ádám Gyula (hallgató Neptun azonosítója: NS6JZX) 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 javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2025.11.06.


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

MI nyilatkozat

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Kovács Ádám Gyula
Neptun-kódja:	NS6JZX
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Diplomadolgozat
A munka címe:	A <i>Hercinothrips aethiopiae</i> fejlődési sebességének és fekunditásának vizsgálata

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

- A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)
- B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Ötletelés, szakirodalmak ajánlása	Perplexity, ChatGPT-5	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest....., 2025. 11. hó 6. nap

.....

Hallgató aláírása

.....

Konzulens/Témavezető aláírása