

DIPLOMADOLGOZAT

Szokol Balázs

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Növényvédelmi intézet

Növényorvosi mesterképzési szak

**A HARLEKINKATICA (*HARMONIA AXYRIDIS*)
FUNKCIONÁLIS TULAJDONSÁGAINAK VÁLTOZÁSA
A VEGETÁCIÓS PERIÓDUS SORÁN**

Belső konzulens: Dr. Markó Viktor
egyetemi tanár, az MTA
doktora

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

Készítette: Szokol Balázs

Budapest

2024

1. Bevezetés	1
2. Szakirodalmi áttekintés	1
2.1 A Harlekinkatica jellemzése	1
2.1.1 Taxonómiai jellemzése.....	2
2.1.2 Morfológiai jellemzése	2
2.2 Színváltozatok	5
2.2.1 <i>Succinea</i> csoport	5
2.2.2 A sötét színváltozatú csoportok: <i>axyridis</i> , <i>spectabilis</i> és <i>conspicua</i>	5
2.2.3 A színváltozatok öröklődése.....	6
2.3 A harlekinkatica életmódja	6
2.3.1 Nemzedékszám	7
2.3.2 Zsákmány	7
2.3.3 Hőösszeg	8
2.3.4 Kannibalizmus	8
2.4 A harlekinkatica növényvédelmi felhasználása	8
2.4.1 A harlekinkatica kártétele.....	9
2.5 A harlekinkatica globális elterjedése és európai inváziója	10
2.5.1 A harlekinkatica globális elterjedés és Észak-Amerikai inváziója.....	10
2.5.2 A harlekinkatica európai inváziója	11
2.5.3 A harlekinkatica magyarországi elterjedése	11
2.6 Színváltozatok arányát befolyásoló tényezők.....	12
2.6.1 A színváltozatok szezonalitása és a klíma hatása a színváltozatokra.....	12
2.6.2 A színváltozatok arányát befolyásoló egyéb tényezők.....	13
2.7 A harlekinkatica természetes ellenségei	14
2.7.1 A <i>Hesperomyces harmoniae</i>	15
3. Anyag és módszer	16
3.1 A gyűjtések helyszínei, a fénycsapdák üzemelése és a minták válogatása.....	16
3.2 Mérések	17
3.3 Statisztikai elemzések.....	19
4. Eredmények és értékelésük	19
4.1 A fénycsapdafogások eredményei 2007-től 2008-ig Kőszárhegy, Sukoró és Szekszárd településeken	19
4.2 Ivari különbségek a testméret és a színváltozatok között.....	22
4.3 Színezettség, valamint a pronotum szélességének és a tibia hosszának változása az idő függvényében.....	26

4.4 Pronotum és tibia méretének alakulása a színezettség függvényében.....	30
5. Következtetések és javaslatok	31
6. Összefoglalás	34
7. Köszönetnyilvánítás	35
8. Irodalomjegyzék	35
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	41
9.1 Ábrák:	41
9.2 Táblázatok:	42
Nyilatkozatok	43

1. Bevezetés

A harlekinkatica (*Harmonia axyridis*), mint biológiai inváziós faj, már 17 éve van jelen a hazai faunában. Mára a világ szinte minden részén megtelepedett és a mérsékelt égövi régiókban a leggyakoribb fajok között tartják számon. Új elterjedési területén is fontos szerepet játszik a kártevő levéltetű- és levélbolha-populációk szabályozásában, ugyanakkor, minthogy kiszorítja az őshonos katicabogárfajok egy részét, természetvédelmi szempontból kifejezetten károsnak tekinthető. A természetvédelmi és ökológiai problémákon túl a mezőgazdaságban is képes kisebb károkat okozni, valamint a házakban nagy tömegben telelve betolakodóként kényelmetlenséget, esetleg egészségügyi problémákat is okoz. Elterjedését az ember is segítette, ugyanis az eredetileg kelet-ázsiai elterjedésű harlekinkaticát biológiai védekezés céljából alkalmazták először az Egyesült Államokban, majd Európában, hogy aztán mindkét kontinensen megtelepedjen és széles körben elterjedjen.

Diplomadolgozati munkám célja az volt, hogy meghatározzam, hogy ezen globálisan is fontos természetes ellenség, a harlekinkatica magyarországi populációi hogyan alkalmazkodnak környezetükhöz, hogyan jelenik meg morfológiai tulajdonságaiban ökológiai plaszticitásuk. A populációk egyedsűrűségének, ivararányának és funkcionális (az egyedek szintjén mérhető) tulajdonságainak alakulását vizsgáltam a faj hazai inváziójának kezdeti időszakában, a kimutatása utáni öt évben (2008–2012), az Országos Növényvédelmi Fénycsapda Hálózat által gyűjtött minták feldolgozásával. Meghatároztam az egyedszámokat és az ivarokat. Mértem az egyedek rátermettségét (fitneszt) kifejező tulajdonságokat (előhát szélessége és hátsó lábszár hossza), valamint a vörös (forma *succinea*) és melanisztikus (forma *conspicua*, *spectabilis* és *axyridis*) színváltozatok előfordulását. Ugyanígy vizsgáltam a *succinea* formán belül a szárnyfedők színezettségének alakulását. Mindezeket a vizsgált paramétereket egymásra vetítve is elemeztem. Végül kutatásom részét képezte a harlekinkatica egy ektoparazita gombája, a *Hesperomyces harmoniae* prevalenciájának vizsgálata is a gyűjtött mintákban.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A Harlekinkatica jellemzése

A harlekinkatica egy eredetileg Kelet-Ázsiában őshonos katicabogárfaj. Levéltetvek elleni biológia védekezés céljából használták, először Észak-Amerikában, majd Európában. A faj azonban rohamosan elterjedt a természetes környezetben is, kiszorítva ezzel az őshonos katicabogár-fajokat. Mára már szinte minden kontinensen – kivéve Ausztráliát és az Antarktisz

– megtalálható. Hazánkban 2008-ban gyűjtötték első példányát, ami a feltételezések szerint Ausztriából érkezhetett Magyarországra (Koch, 2003; Mezőfi és Korányi, 2017).

2.1.1 Taxonómiai jellemzése

A harlekinkatica az ízeltlábúak (Arthropoda) törzsbe, a rovarok (Insecta) osztályába, bogáralakúak (fedelelesszárnyúak) (Coleoptera) rendjébe és a katicabogárfélék (Coccinellidae) családjába tartozó faj. A *H. axyridis* fajon belül leírásra került még számos alfaj és változat is. Az első leírása 1773-ból származik, ekkor a *Coccinella axyridis* Pallas nevet kapta. Ezután nyolc különböző néven is leírták. A XX. század elején a faj átkerült a *Coccinella* nemzetségből a *Harmonia* nemzetségbe, így alakult ki a ma is használt elnevezés (Koch, 2003).

2.1.2 Morfológiai jellemzése

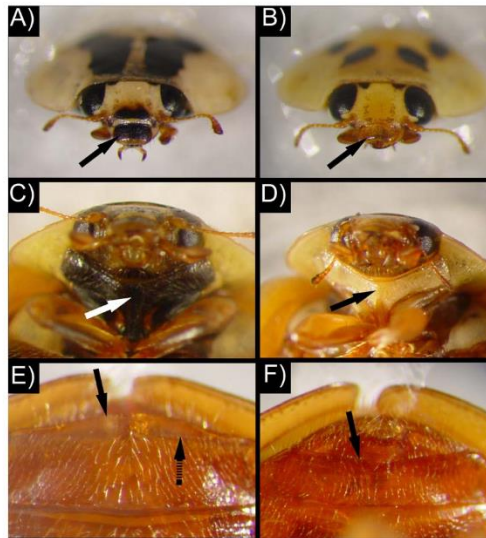
Az imágó (1. ábra) alakja ovális és valamivel nagyobb, mint a hazánkban őshonos katicabogárfajok többsége (5–8 mm hosszú és 4–7 mm széles). Feje, az egyed ivarától függően, lehet fekete vagy fehéres színű (Bozsik, 2005; Koch, 2003).



1. ábra: A harlekinkatica imágója

(Forrás: Markó V.)

A nőstények feje részben fekete, míg a hímeké fehér színű. A prosterum színe a nőstényeknél sötét a hímeknél világos színű, illetve az ötödik hasi potrohszelvény disztális széle is eltérő. A különbségeket a 2. ábra szemlélteti (McCornack et al. 2006).



2. ábra: A harlekinkatica ivari különbsége. A nőstények (A, C, E) és hímek (B, D és F) megkülönböztető morfológiai jegyei.

(Forrás: McCornack et al. 2006.)

Az előhát, vagyis a pronotum alapszíne fekete, fehér rajzolattal. A szárnyfedők lehetnek sárgás vöröses színűek különböző számú fekete folttal, vagy feketék vörös foltokkal. (Bozsik, 2005; Koch, 2003).

A tojása (3. ábra) 1,2 mm hosszú és tojásdad alakú. A frissen lerakott tojások élénk sárgák, de idővel egyre sötétebbek lesznek, végül a lárvá kelése előtt már szürkésfeketék (Koch, 2003; El-Sebaey és El-Gantiry, 1999).

Négy lárvastádiumot különböztethetünk meg. A lárvá (4. ábra) típusa a katicabogarakra jellemző campodeoid típusú lárvá, ami nagy és erős rágókkal és három pár jól fejlett lábbal rendelkezik. Testük megnyúlt, valamelyest lapított, valamint elágazó végű kitinszerű borítják őket. (Markó, 2016; Koch, 2003).

Az első fejlődési stádiumú lárvá mérete 1,9–2,1 milliméter nagyságúak, a negyedik fejlődési stádiumú lárvá 7,5–10,7 milliméter nagyságú. Korai lárvá stádiumban a lárvák feketés színűek, az idősebb lárvastádiumokban egyre markánsabban megjelenik a potrohán kétoldalt egy-egy narancssárga folt (Markó, 2016; Koch, 2003).

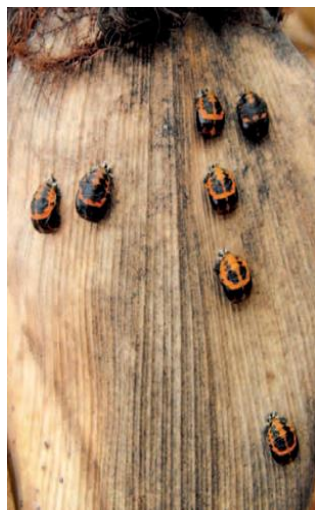
Bábja (5. ábra) szintén a katicákra jellemző fedett báb (*pupa obtectá*), tehát a negyedik lárvá stádium magán viseli a levedlett bőrét, azaz az exuviumot (Bozsik, 2005; Koch, 2003).



3. ábra: A harlekinkatica tojásai
(Forrás: Markó V.)



4. ábra: A harlekinkatica lárvája
(Forrás: Markó V.)

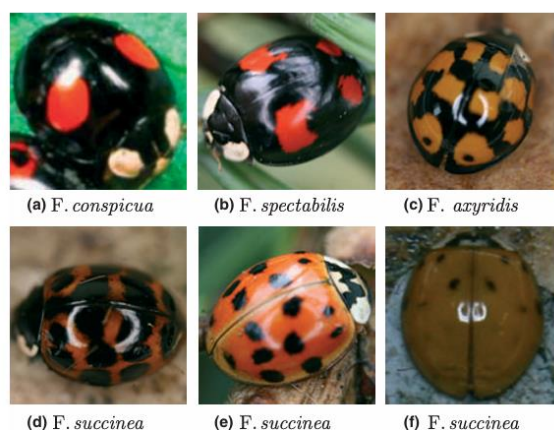


5. ábra: A harlekinkatica bábjai
(Forrás: Czepó M.)

2.2 Színváltozatok

A harlekinkatica szárnyfedőinek színezete egymástól jól elkülönülő csoportokat alkot, egyben genetikailag öröklődő morfológiai tulajdonság és határozóbélyeg (Beljakova, 2013).

A harlekinkatica a szárnyfedő színének tekintetében a Coccinellidea család egyik legváltozatosabb faja, ugyanis több mint 200 változatát írták már le. A főbb színváltozatokat tizenöt különböző allél határozza meg, melyek egy lókuszra lokalizálódnak (Michie et al., 2010; Mezőfi et al., 2017). Természetes populációkban azonban szinte kizárólag csak négy típus, azaz négy allél jelenik meg, a többi allél nagyon ritkán, összesen csak 1%-os gyakorisággal fordul elő. A négy fő forma a *succinea* (6. ábra d, e, f), az *axyridis* (c), a *spectabilis* (b) és a *conspicua* (a), ezek a színváltozatok a 6. ábrán láthatóak (Mezőfi és Korányi, 2017a; Komai, 1956).



6. ábra: A harlekinkatica színváltozatai

(Forrás: L. J. Michie et al., 2010.)

2.2.1 *Succinea* csoport

A *succinea* csoport esetében a szárnyfedő alapszíne a vörös, amin alapesetben kilenc fekete folt jelenik meg, előlről hátrafelé haladva egymás mellett 2, 3, 3, 1-es sorrendben. Ugyanakkor a foltok száma és formája a különböző egyedeken nagyon változatos lehet. A foltok száma és mérete ugyanis jelentősen csökken a fejlődés során megfigyelhető magasabb hőmérséklet hatására. Alacsony hőmérsékleten viszont a foltok mérete és mennyisége is megnő, amivel alkalmazkodnak a hidegebb körülményekhez, mert a sötétebb szín segíti a hőfelvételt (Michie et al., 2010; Michie et al., 2011; Mezőfi és Korányi, 2017a).

2.2.2 A sötét színváltozatú csoportok: *axyridis*, *spectabilis* és *conspicua*

A melanisztikus formák esetében a szárnyfedő alapszíne fekete, és ezen található a narancssárgás vagy pirosas foltok. Ha a szárnyfedőkön összesen két ilyen folt van, akkor a

conspicua formáról beszélhetünk. Ha négy folt található a szárnyfedőn, melyek közül a felső kettő nagyobb, mint az alsó kettő, akkor az a *spectabilis* forma. Ha négynél több folt jelenik meg rajtuk, melyek alakja változatos, akkor az egyed az *axyridis* formához sorolható (Mezőfi és Korányi, 2017b).

A fekete színváltozatnak számos előnye lehet például a gyorsabb felmelegedés, védelem az UV sugarak ellen, ezen felül a melanin mechanikai védelmet (kopásállóságot) is nyújt az állat számára (Mezőfi és Korányi, 2017a). A melanizáltság azonban energia-befektetést igényel, ezért nem minden esetben éri meg a populációban fenntartani ezt a tulajdonságot. A melanisztikus alakok fennmaradásának oka tehát az, hogy a több fenotípusból álló populációk sokoldalúbban tudnak reagálni az esetleges környezeti változásokra, mintha csak vörös formák léteznének (Majerus, 1998).

A *succinea* formától eltérően a sötét színváltozatú csoportoknál nem figyelhető meg a foltok méretében jelentős korreláció a fejlődés alatti hőmérséklettel (Michie et al., 2010; Mezőfi és Korányi, 2017a).

2.2.3 A színváltozatok öröklődése

Általánosságban elmondható az, hogy a *succinea* forma csak homozigóta formában tud megjelenni, ebből következik, hogy ez a forma a recesszív tulajdonság. A sötét szín viszont domináns tulajdonság (Tan és Li, 1934; Komai, 1956).

A különböző színváltozatok a mozaik dominancia szabálya szerint öröklődnek (Tan, 1945). Ebből következően két homozigóta fenotípusú szülő utódjának mintázata a két szülő szárnyfedő-mintájának az egymásra illesztéséből megjósolható. Például a homozigóta *succinea* és a homozigóta *conspicua* szülő heterozigóta utóda fekete színű lesz egy piros folttal, hiszen a *conspicua* fekete színe lesz a domináns tulajdonság. Azonban a heterozigóta utódon a piros folton belül megjelenhet a *succinea* fenotípusú szülőre visszautaló fekete folt. Ez a fekete folt azonban nem minden esetben jelenik meg, így nem tudható biztosan egy *conspicua* színváltozatról, hogy az genotípusát tekintve heterozigóta vagy homozigóta-e (Tan, 1945; Mezőfi és Korányi, 2017a).

2.3 A harlekinkatica életmódja

A fejlődésmenetük hasonló a többi katicabogárfajhoz, vagyis teljes átalakulással (holometamorfózis) történik. A telelőhelyüket márciustól ápriliséig hagyják el. A nőstények feromonnal vonzzák a hímeket, majd a párosodás után sárgás tojáscsomóikat a levéltetű telepek

közelébe helyezik. A nőtény imágók életük alatt, ami 2–3 hónap lehet, átlagosan 600–800 tojást raknak. A tojásokból kikelt lárvák négy fejlődési stádiumon mennek keresztül. A harlekinkatica lárvái, az imágókhoz hasonlóan, levéltetű fogyasztók, minél fejlettebb a lárva annál több levéltetvet zsákmányol. Magyarországon a lárvák 25–28 nap alatt fejlődnek ki. A bábból kikelt nőtények érési táplálkozást folytatnak. A harlekinkaticák Magyarországon csak imágó alakban képesek áttelelni. A telelőhelyekre általában október közepe felé települnek be tömegesen.

Főként a lombkoronaszinten, de vízpartoknál, réteken és a szántóföldeken is élhetnek, bár itt is inkább a magasabb növényállományt kedvelik (Markó, 2016; Honěk et al., 2017; Merkl, 2008; Koch, 2003).

2.3.1 Nemzedékszám

Magyarországon a harlekinkaticának teljesen három nemzedéke fejlődik ki. A negyedik egy úgynevezett csonka nemzedék. Az első nemzedék imágói június elején, a második nemzedék imágói július közepe felé, a harmadik nemzedék imágói augusztus vége és szeptember eleje felé kelnek ki a bábból (Markó és Pozsgai, 2009). Az első nemzedék után a különböző nemzedékek összefolynak.

A vegetációs periódus során, az egymást követő nemzedékekben az ivararány valamelyest a nőivarú egyedek irányába tolódik el (Osawa, 1999).

2.3.2 Zsákmány

A harlekinkatica rendkívül falánk levéltetű fogyasztó (afidofág) ragadozó. Zsákmány levéltetvek tekintetében nem válogat. Számos gazdaságilag is jelentős kártevőnek számító levéltetűtűfaj, például fekete répalevéltetű (*Aphis fabae*), zöld őszibarack-levéltetű (*Myzus persicae*), uborka-levéltetű (*Aphis gossypii*), nagy rózsalevéltetű (*Macrosiphum rosae*), szerepel az étlapján. Már lárva állapotban is fogyaszt levéltetveket, minél fejlettebb a lárva annál többet. A harmadik fejlődési stádiumú lárva körülbelül harminc levéltetvet fogyaszt naponta, a negyedik körülbelül harmincötöt. Az imágók esetében ivaronként eltérő a levéltetű fogyasztás. A nőtény imágók több levéltetvet fogyasztanak (köülbelül 50 levéltetű/nap) mint a hímek (köülbelül 40–45 levéltetű/nap). Ennek oka, hogy a hímek valamivel több időt töltenek a nőtények keresésével, mint táplálkozással (Markó, 2016; Rasheed, 2020; Ferran et al., 1996).

2.3.3 Hőösszeg

Harlekinkatica egy nemzedék kifejlődéséhez – tehát a tojás lerakástól a bábból való kikelésig – számított hőösszeg érték $10,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. fejlődési küszöbhőmérséklettel számolva $231\text{ nap}^{\circ}\text{C}$. A nőtények a tojásból való kikelés után érési táplálkozást folytatnak a tojásrakásig. Az érési táplálkozás alatt folytatott hőösszeg érték $90\text{ nap}^{\circ}\text{C}$. $11,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. fejlődési küszöbhőmérséklettel számolva. Ezek alapján elmondható, hogy Magyarországon teljesen csak három nemzedék tud kifejlődni (Markó és Pozsgai, 2009).

2.3.4 Kannibalizmus

A harlekinkatica esetében a kannibalizmus jelensége is előfordul. Az imágók és a lárvák képesek elfogyasztani a fajtársak tojásait, illetve a negyedik fejlődési stádiumú lárva az alacsonyabb fejlődési stádiumú harlekinkatica-lárvákat vagy bábokat is (Wagner et al., 1999). Ezért a lárvák igyekeznek a levéltetű telepektől, és így a fajtársaktól is távolabb bábozódni (Markó, 2016). Elmondható, hogy a táplálék mennyisége nincs hatással a kannibalizmusra, amely öröklődő és genetikailag meghatározott tulajdonságnak tekinthető (Wagner et al., 1999).

2.3.5 Intraguild predáció

A harlekinkatica esetében nem csak a kannibalizmusról, hanem más katicabogárfajokat érintő intraguild predációról is beszélhetünk. A különböző katicabogárfajok tojásait, lárváit, vagy akár bábjaikat is megtámadja. Leggyakrabban azonban a tojásokat és a lárvákat ragadozza. Más katicabogárfajok is képesek részben vagy egészben elfogyasztani a harlekinkatica tojásait, de közel se olyan mértékben ahogyan azt a harlekinkatica teszi. Ezenkívül még lepkék, tojásait és lárváit is fogyaszthatja, sőt a levéltetvek elleni biológiai védekezésre használt fajok esetén is előfordulhat a harlekinkatica intraguild predációja (Koch, 2003; Katsanis et al., 2012).

2.4 A harlekinkatica növényvédelmi felhasználása

A harlekinkatica legnagyobb haszna, minthogy főként levéltetű-fogyasztó (afidofág) faj, a levéltetvek elleni biológiai védekezésben van (Markó, 2016).

A biológiai védekezésnek három típusa különböztethető meg: a klasszikus biológiai védekezés, az augmentatív biológiai védekezés és a megőrző biológiai védekezés. Mind a három védekezési módban szerepet játszott a harlekinkatica.

A klasszikus biológiai védekezést általában egy állam végzi abból a célból, hogy szabályozza az egzotikus és újonnan megjelent kártevők egyedszámát és helyreállítsa az ökoszisztéma egyensúlyát. (Koch, 2003).

Később a harlekinkatica spontán megtelepedett és szabadföldön sikeresen korlátozta a fekete répalevéltetű (*Aphis fabae*), a zöld őszibarack-levélzetű (*Myzus persicae*), a zöldborsó-levélzetű (*Acyrtosiphon pisum*) és a szürke almalevélzetű (*Dysaphis plantaginea*) populációit (Koch, 2003; Markó, 2016).

Augmentatív biológiai védekezésről akkor beszélünk, amikor a termesztő juttat ki természetes ellenségeket abból a célból, hogy egyedsűrűségüket és ezzel a biológiai védekezés sikerességét növelje. A harlekinkaticát is alkalmazták ilyen célból, Észak-Amerikán kívül még Európában és Ázsiában is. Például az üvegházakban károsító uborka-levélzetű (*Aphis gossypii*) ellen. Az eper levélzetű (*Chaetosiphon fragaefolii*) ellen. A rózsán károsító csíkos burgonya-levélzetű (*Macrosiphum euphorbiae*) ellen is bevetették, ezen felül a harmadik és negyedik fejlődési stádiumú lárváját a szintén rózsán károsító nagy rózsalevélzetű (*Macrosiphum rosae*) ellen használták (Sun et al., 1996; Ferran et al., 1996; Markó, 2016; Koch, 2003).

Megőrző típusú biológiai védekezés azt jelenti, hogy olyan környezetkímélő növényvédelmet alkalmaznak, amivel kímélik a természetes ellenségek természetes populációit. A harlekinkaticák esetén számos kutatás készült annak meghatározására, hogy hogyan reagálnak a különféle peszticid hatóanyagokra, hogyan lehet a kémiai növényvédelmet úgy alakítani, hogy kíméljék őket (Koch, 2003).

2.4.1 A harlekinkatica kártétele

A harlekinkaticák kártételét három csoportra oszthatjuk. A más hasznos szervezetekre gyakorolt negatív hatásra, a gyümölcsültetvényekben okozott kártételükre és a telelő egyedek, mint háztartási betolakodók zavaró hatására (Koch és Galvan, 2007).

A hasznos szervezetekre gyakorolt negatív hatásuk, elsősorban az intraguild predációjuk révén több őshonos katicabogárfaj (*Adalia bipunctata*, *Coccinella septempunctata*) egyedsűrűsége lecsökkent, mivel előszeretettel fogyasztják ezeknek a fajoknak a tojásait, illetve lárváit. De egyéb hasznos szervezetekre is káros hatást gyakoroltak a harlekinkaticák. Ilyenek például a levélzetvek elleni biológia védekezésre használt *Aphidoletes aphidomyza* és Chrysopidea fajok (Koch és Galvan, 2007). Ezenkívül a kiemelt természetvédelmi értéket képviselő, de esküvők díszítőjeként is felhasznált és forgalmazott (*Danaus plexippus*) lárváit és tojásait is fogyasztják (Koch et al., 2006; Vane-Wright et al., 2017).

Gyümölcsültetvényekben okozott kártételük jelentősége még nem teljesen tisztázott. Sérült gyümölcsökön táplálkozhatnak nedvekkel ugyan, ezzel azonban gazdaságilag jelnetős kárt még nem okoznak (Markó, 2016). Ugyanakkor az Egyesült Államokban a harlekinkaticákat potenciális kártevőként tartják számon, mivel ősszel a telelésre készülő egyedei jelentős

tömegben gyűlnek össze és táplálkoznak almán, körtén és szőlőn (Bozsik, 2005). Ebből következően hazánkban sem zárható ki alkalmi kártételük gyümölcsültetvényben.

Főleg szőlőültetvényekben okozhatnak jelentősebb kárt a harlekinkaticák. Ugyanis a betakarításakor a fürtön tartózkodnak, és így bekerülhetnek a feldolgozási folyamatba, aminek következtében testükből alkaloidák és pirazinok kerülhetnek mustba, amik rontják a bor minőségét (Koch és Galvan, 2008; Mezőfi és Korányi, 2017).

A telelésre gyülekező egyedek háztartási betolakodóként okozhatnak problémát. Nagy tömegben lepehetik el a lakóépületek védett részeit, vagy a háztartások berendezéseit. Főleg világos, magas és egyedül álló házakat választják ki telelő helynek. Ürülékük és reflexvérzésük nyomán beszennyezik a házak falát és bútorait (Bozsik, 2005). Allergiás tüneteket is kiválthatnak az arra érzékeny lakóknál, és harapásukkal is kellemetlenséget okozhatnak, melynek nyomán bőrirritáció alakulhat ki (Koch és Galvan, 2008; Mezőfi és Korányi, 2017).

2.5 A harlekinkatica globális elterjedése és európai inváziója

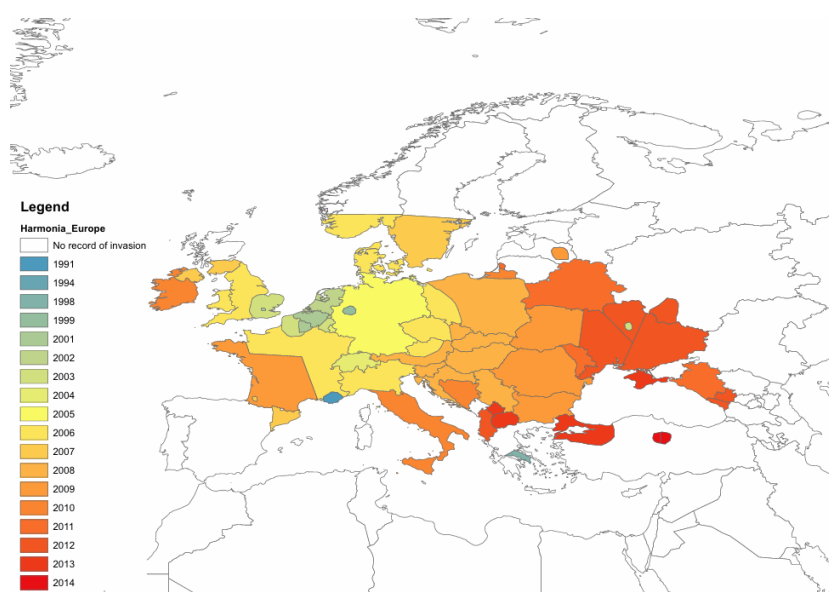
2.5.1 A harlekinkatica globális elterjedés és Észak-Amerikai inváziója

A harlekinkatica Kelet-Ázsia területén őshonos. Oroszország egyes keleti részeire, Kínára, Mongoliára, Vietnám északi részeire, a Koreai-félszigetre és Japánra tehető az eredeti elterjedési területe. Mára azonban már szinte az egész világon jelen van. Széles körben elterjedt Észak-Amerikában, Dél-Amerikában és Európában, sőt már Afrika egyes régióiban és Új-Zélandon is megtalálható. A *H. axyridis* előfordulását egyedül két kontinensről nem jelezték, Ausztráliából és az Antarktisról. (Roy et al., 2016).

Észak-Amerikában először 1916-ban, Kaliforniában telepítették be, majd később 1978 és 1992 több keleti államban is. A jelentős ráfordítások ellenére sem telepedett meg. (Roy et al., 2016). Az első vad populációt 1988-ban észlelték Mississippi keleti és Louisiana dél-keleti részén (Roy et al., 2016; Chapin és Brou, 1991), a második észlelés pedig a Csendes-óceán melletti Észak-Nyugati államokban történt 1991-ben (Roy et al., 2016; LaMana és Miller, 1996; Lombaert et al., 2010; Lombaert et al., 2014). Az a kérdés azonban nem teljesen tisztázott, hogy ezek a vad populációk a biológiai védekezés miatti betelepítésekre származtathatók-e vissza, vagy ezektől független spontán betelepülések voltak-e. Az 1990-es évek közepére viszont szinte az összes amerikai államban elterjedt a harlekinkatica és mára már Kanada déli területein is megtalálható (Roy et al., 2016).

2.5.2 A harlekinkatica európai inváziója

Európában, hasonlóan az amerikai példához, először augmentatív biológiai védekezésre használták a harlekinkaticát Hollandiában, Franciaországban és Belgiumban. Belgiumban 1997-től alkalmazták, majd 2002-ben már találtak megtelepedett populációkat is. Hollandiában 1995-ben kezdték el használni biológiai védekezésre és itt is 2002-ben jelentették az első vadon élő egyedet. Hollandiában oly mértékben kezdett elszaporodni, hogy a következő évben, 2003-ban le is állították a forgalmazását a biológiai növényvédelemben (Roy et al., 2016; Cuppen et al., 2004). Franciaországban 1982-től telepítették be, és egészen 2004-ig vadon élő populációról nagyon kevés megfigyelést rögzítettek. 2004-től azonban Franciaországban is gyorsan kezdett terjedni, főként az észak-franciaországi régióból. Az invázió iránya magyarázható volt, az akkora már terjedésben lévő vad belga populációval. Ezek után a harlekinkatica gyorsan meghódította Európa többi országát is (Roy et al., 2016; Brown et al., 2007). A harlekinkatica európai elterjedésének alakulása a 7. ábrán látható.



7. ábra: A harlekinkatica európai elterjedése

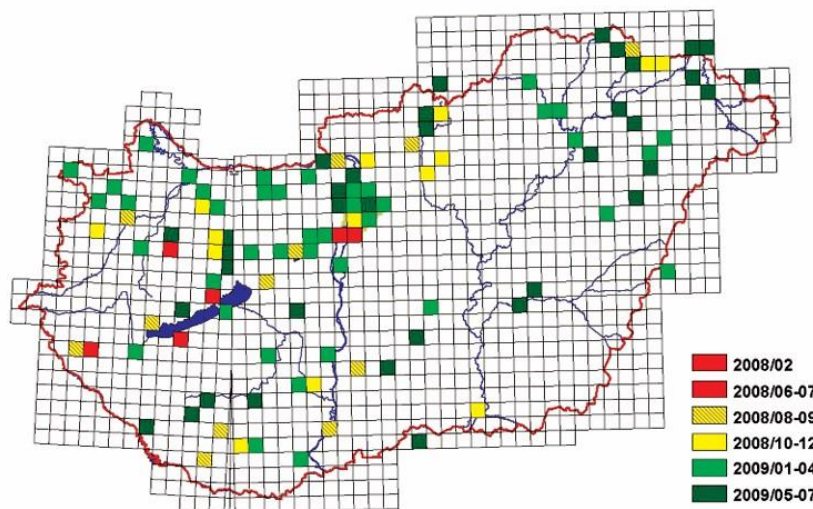
(Forrás: H. E. Roy et al., 2016.)

2.5.3 A harlekinkatica magyarországi elterjedése

Annak ellenére, hogy hazánkban nem forgalmazták a harlekinkaticát, az 1990-es években alkalmanként Magyarországon is felbukkant, főként paprikában, de paradicsomban is biológiai védekezésre használták (Markó és Pozsgai, 2009).

Az első Magyarországon megfigyelt szabadföldi egyed egy áttelelő imágó volt, ami 2008 februárjában került elő Szigetszentmiklóson a Ráckevei-Duna mellett, fás állományban (Merkel,

2008). A harlekinkatica elterjedésének a nyomon követésére 10x10 km-es UTM négyzethálós adatokat érdemes áttekinteni (8. ábra).



8. ábra: A harlekinkatica elterjedése Magyarországon és az országhatár közelében

(Forrás: Markó és Pozsgai, 2009.)

Megfigyelhető, hogy Magyarországon a harlekinkaticát 2008-ban a Dunántúlon jóval több UTM négyzetből – szám szerint huszonkettőből – sikerült kimutatni, mint a Dunától keletre, ahol ez a szám csak tíz darab volt, és ezek is inkább ennek a területnek a nyugati részein voltak (8. ábra). Egyetlen kivétel, Sátoraljaújhely környéke volt, ahol három UTM négyzetből került elő. Tiszántúlon 2008-ban még egyáltalán nem találtak harlekinkaticát. 2009-ben a Dunántúlon és a Duna menti területeken 46 újabb UTM négyzetből, míg a Dunától keletre 25 UTM négyzetből került elő (Markó és Pozsgai, 2009).

Így elmondható, hogy a harlekinkatica valószínűleg az ország nyugati része felől telepedett be és terjedt el hazánkban, azonban részben Szlovákia felől is érkezhettek egyedek Sátoraljaújhely környékére (Markó és Pozsgai, 2009).

2.6 Színváltozatok arányát befolyásoló tényezők

2.6.1 A színváltozatok szezonális elterjedése és a klíma hatása a színváltozatokra

A színváltozatok aránya szezonális eltérések mutat. A hidegebb hónapokban, vagyis tavaszi időszakban a melanisztikus alakok az elterjedtebbek, míg a melegebb nyári hónapokban a világos, *succinea* forma a gyakoribb (Osawa és Nishida 1992; Wang et al., 2009). Ez a jelenség magyarázható azzal, hogy a hidegebb hónapokban a melanisztikus alak az előnyösebb, hiszen a sötétebb színváltozatú egyedek hamarabb fel tudnak melegedni, míg a nyári hónapokban a

melanisztikus forma már kevésbé előnyös, mint a világosabb *succinea* (Osawa és Nishida 1992; Wang et al., 2009; Mezőfi és Korányi, 2017). Továbbá korábbi kutatások szerint a meleg hőmérsékletnek (33°C-nak) kitett L4-es lárvák és bábokból kevésbé melanizált imágók fejlődtek, mint amelyeket nem kezeltek ilyen hőmérsékleten. (Knapp és Nedvěd, 2013). Ez a klimatikus adaptációval magyarázható, azonban sok esetben ezek az arányok eltolódhatnak, ugyanis a klímán kívül egyéb tényezők is befolyásolhatják a színváltozatok arányát (Mezőfi és Korányi, 2017a).

Ugyanakkor közvetlenül elsősorban nem egy környezeti szűrő, hanem a nőtények nem véletlenszerű párválasztása alakítja a színváltozatok arányát. Laboratóriumi kísérletekben ugyanis kimutattak, hogy a nőtények párválasztási preferenciája évszakonként eltérő. A tavaszi időszakban a nőtények a vörös hímekkel párosodnak inkább, míg a nyári időszakban ez a preferencia megfordul és inkább a melanisztikus hímeket preferálják (Osawa és Nishida, 1992; Mezőfi és Korányi, 2017a).

Ez megmagyarázza a színváltozatok szezonálisát, hiszen, ha a nőtények tavasszal nem melanisztikus hímekkel párosodnak akkor a nyári nemzedékben több lesz a *succinea* forma, míg, ha a nyári nemzedék nőtényei a sötét színváltozatú egyedekkel párosodnak, akkor a tavaszi hónapokra a sötétebb színváltozatú egyedek aránya fog növekedni.

2.6.2 A színváltozatok arányát befolyásoló egyéb tényezők

Egyes megfigyelések szerint a harlekinkatica inváziója során az újonnan meghódított területeken a *succinea* színváltozat jelenik meg először, és ezek az egyedek hozzák heterozigótaként a sötét színváltozatú allélokot (Beljakova, 2011). Ennek hátterében az állhat, hogy a *succinea* forma élettartama hosszabb, jobban alkalmazkodik az új élőhelyekhez, nagyobb a táplálkozási plaszticitása, ebből adódóan jobban adaptálódik az új táplálékforrásokhoz, és az éhezést is jobban bírja, mint a melanisztikus alakok (Beljakova, 2011; Serpa et al., 2003; Berkvens et al., 2008; Mezőfi és Korányi, 2017a).

Az imágók színezettsége a rátermettségre is hat, ugyanis a világosabb szárnyfedelű harlekinkaticák teste több alkaloidot tartalmaz, mint a melanizált formáké. Ebből következően a világosabb színváltozatok kémiaiailag is védettebbek, mint a melanisztikus alakok. (Bezzarides et al., 2007). Ez a pronotum színezettségére is igaz, mert erős összefüggést mutattak ki az elytra és a pronotum színezettsége között is, mindkét ivar esetén. Minél sötétebb az imágók szárnyfedele, annál sötétebb a pronotumuk színezete is (Bezzarides és Loofbourrow, 2014).

Ezenkívül még a nappalhossz is befolyással lehet a színváltozatokra, ugyanis egy Egyesült Királyságban elvégzett kutatás szerint, azokon a területeken, ahol a nappalhossz rövidebb, ott

a melanisztikus alakok aránya nagyobb azokhoz a területekhez képest, ahol a napsütéses órák száma több. Az ipari melanizmus jelensége a harlekinkatica esetében még nem bizonyított, bár a kétpettyes katicánál (*Adalia bipunctata*) már kimutatták (Asiri és Foster, 2022).

2.7 A harlekinkatica természetes ellenségei

A harlekinkatica kórokozói közül két entomopatogén gombát érdemes megemlíteni, a *Metarhizium anisopliae*t és a *Beauveria bassiana*-t. A *Beauveria bassiana* entomopatogén gombára a különböző katicafajok különböző érzékenységgel reagálnak. A harlekinkatica kifejezetten ellenálló, viszont szubletális hatás ennél a fajnál is jelentkezik, ugyanis megfigyelték, hogy a fertőzött egyedek tojásprodukciója lecsökken (Kenis et al., 2008).

A harlekinkaticát fertőző baktériumok közül a *Spiroplasma* baktérium a legjelentősebb. Ezt a baktériumot az harlekinkatica eredeti elterjedési területén írták le először. Úgynevezett „male-killing” vagyis hím-gyilkos baktérium, ami az embriogenezis korai szakaszában elpusztítja a hím egyedeket, így ezek a tojások nem kelnek ki. A kikelt nőivarú lárvák pedig ezeket a ki nem kelt tojásokat elfogyasztják (Kenis et al., 2008).

Habár a mérgező alkaloidáinak köszönhetően a harlekinkatica részben védett a predátorokkal szemben, ennek ellenére két madárfaj a csúszka (*Sitta europaea* L.) és a hamvas vagy szürke küllő (*Picus canus* Gmelin) nagy tömegben fogyasztja az áttelelő imágókat. A ragadozók között meg kell említeni más katicabogár-fajokat és a ragadozó poloskákat is, melyek a lárvákat és tojásokat fogyasztják (Kenis et al., 2008).

Parazitoidok közül érdemes kiemelni a *Strongygaster triangulifera* Észak-Amerikában elterjedt parazitoid legyet. Nagyon polifág, Lepidoptera, Orthoptera, Dermaptera, Hemiptera rendbe tartozó fajokat is képes parazitálni. Legnagyobb mértékben azonban a Coleoptera rendbe tartozó fajokat preferálja, így a harlekinkaticát is. A másik jelentős parazitoid egy gyilkosfűrész, a *Dinocampus coccinellae*, amely Ázsiában, Amerikában és Európában is megtalálható. Általában a nőtényeik imágókba rakják a tojásaikat, de előfordul, hogy lárvákba vagy bábokba is. Ilyenkor a lárváik fejlődése az imágókban folytatódik. Habár számos katicabogárfajba képes tojást rakni, a harlekinkatica csak ritkán támadja meg. Illetve a megfigyelések szerint Ázsiában nagyobb a parazitáltság mértéke, mint Európában. Az Európai populáció nagyobb ellenállóságot mutat vele szemben. Parazitoidok közül még Diptera rendbe tartozó fajt érdemes megemlíteni ezek pedig a *Medina loctuosa* és a *Phalacrotophora philaxioidis* (Kenis et al., 2008).

Érdemes kiemelni még egy parazita atkát is, a *Coccipolipus hippodamiaet* a harlekinkatica természetes ellenségei közül. A kifejlett katicabogarak ektoparazitája Európában. Párzás során

terjed az egyedek között mindkét irányba. A szárnyfedő (*elytron*) felszínén táplálkoznak hemolimfával. Egyes európai vizsgálatok szerint a jövőben szerepe lehet a harlekinkatica elleni biológiai védekezésben, nem csak Európában, hanem Amerikában is (Kenis et al., 2008).

2.7.1 A *Hesperomyces harmoniae*

A Laboulbeniales rendben tartozó gombák az ízeltlábúak ektoparazita gombái. A rendhez tartozók fajok 80%-a bogáralakúak (Coleoptera) rendjéhez tartozó fajokhoz kötődik. Ebben a rendben található a *Hesperomyces* nemzetség- amely 11 fajból áll és a katicabogár félék (Coccinellidea) családjához tartozó fajokat és a *Biphyllidae* család fajait fertőzi. Sokáig úgy tartották, hogy a genusz legelterjedtebb képviselője, vagyis a *Hesperomyces virescens* felelős a harlekinkaticák fertőzéséért is (Haelewaters et al., 2022). Azonban Haelewaters és munkatársai megállapították, hogy a harlekinkaticát fertőző *Hesperomyces* faj genetikai szempontból eltér a többi katicabogárfajt fertőző *H. virescens*-től, így egy új faj került leválasztásra, aminek a neve *H. harmoniae* lett (Haelewaters et al., 2022).

A *H. harmoniae* öt kontinens harmincegy országban terjedt el. Észak- Amerikában Kanadában, az USA-ban, és Mexikóban; Dél-Amerikában például Argentínában és Kolumbiában. Európa majd minden országban köztük Magyarországon is megtalálható. Afrikában egyelőre csak Dél-Afrikában; Ázsiában pedig Kínában, Japánban és Törökországban került elő (Haelewaters et al., 2022).

Teljes életciklusát a gazdatesten tölti, ahol zöldessárga talluszt képez (9. ábra), a talluszok az aszkospórákból alakulnak ki (Haelewaters et al., 2016).



9. ábra: A *H. harmoniae* talluszai a harlekinkaticán

(Forrás: <https://www.marylandbiodiversity.com/view/1963>)

A talluszok a test bármely részén kialakulhatnak, leggyakrabban azonban a szárnyfedőn (*elytron*) találhatók. A talluszok behatolnak a rovar testébe hausztóriumok kialakításával. Ezek a hausztóriumok pedig rhizoidokból állnak (Ceryngier és Twardowska, 2013; Haelewaters et al., 2016).

A *H. harmoniae* spórái ragadósak, csak rövid ideig életképesek és a gazda által terjednek. Párzás során is átadhatók, de főként telelés során fertőznek, amikor az imágók nagy tömegben gyűlnek össze a telelőhelyeken. Ilyenkor átadhatják egymásnak a spórákat és a gomba nagyon hatékonyan elterjedhet (Haelewaters et al., 2016; Kenis et al., 2008). Bár az őshonos katicabogárfajokat kevésbé fertőzi, nem valószínű, hogy hatékonyan tudná szabályozni a harlekinkatica populációit, mivel az imágók idősebb korukban fogékonyak inkább a fertőzésre, amikor már párosodtak és szaporodtak, így a biológiai védekezésre, a populációk kordában tartására nem alkalmas (Haelewaters et al., 2016).

3. Anyag és módszer

3.1 A gyűjtések helyszínei, a fénycsapdák üzemelése és a minták válogatása

Munkám során az Országos Növényvédelmi Fénycsapda Hálózat három csapdájának anyagát dolgoztam fel. A csapdák a következő helyszíneken voltak felállítva:

Kőszárhegy: K: 18° 20' 18", É: 47° 5' 53", 159 m

Sukoró: K: 18° 35' 19", É: 47° 14' 36", 185 m

Szekszárd: K: 18° 43.360', É: 46°v20.772', ~85 m

A csapdák higanygőz izzóval működő, Jermy-típusú fénycsapdák voltak (10. ábra), melyek áprilistól októberig működtek. A csapdák működését a vizsgált években dr. Szeőke Kálmán (Kőszárhegy és Sukoró) és dr. Vörös Géza (Szekszárd) felügyelték. A gyűjtött rovaranyagból a harlekinkatica imágókat a korábbi években Lázár Piroska, Debreczeni Réka és Szecsei Enikő válogatták ki, én ezt az anyagot dolgoztam fel.



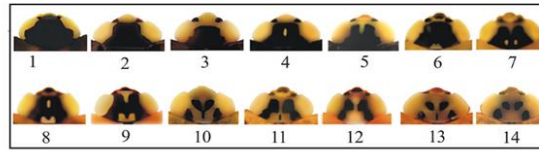
10. ábra: A szekszárdi Jermy-típusú fénycsapa
(Forrás: Mosonyi Szabolcs)

3.2 Mérések

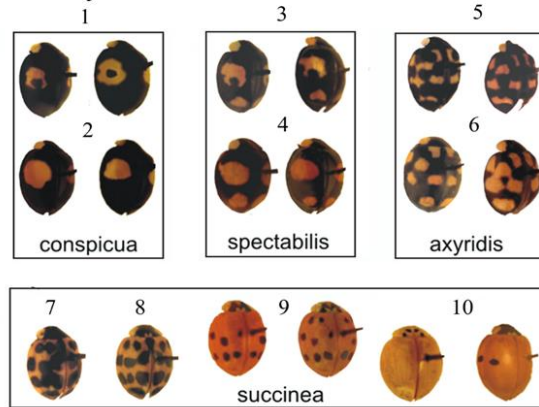
A funkcionális tulajdonságokat Violle és munkatársai (2007) nyomán úgy definiáltuk, hogy azok olyan morfológiai, fiziológiai vagy fenológiai jellemzők, melyeket az egyed szintjén mérhetünk a környezetre vagy a szervezet bármely más szintjére való hivatkozás nélkül.

Az általam vizsgált funkcionális tulajdonságok mérését binokuláris sztereó mikroszkóp segítségével végeztem. A mérések során a mikroszkóphoz tartozó mérőszoftver segítségével határoztam meg az előhát (pronotum) szélességét, valamint a jobb hátsó lábszár (tibia) hosszát. A mérőszoftvert minden mérés elején 0,8-as nagyításon kalibráltam be, 1 milliméter 117 pixelnek felelt meg. Mikroszkóp alatt határoztam meg az egyedek ivarát is, McCornack et al. (2006) munkája alapján. A nőstény egyedeket 1-es, a hímeket 2-es számkóddal jelöltem. A színváltozat-típusokat, a sötétebb formáktól a világosabbak felé haladva, a pronotum esetén 14, az elytron esetén 10 kategóriába soroltam, az alábbi ábrán látható számkódok szerint (11. ábra).

Pronotum mintázata



Szárnyfedő mintázata



11. ábra: A pronotum és szárnyfedő színváltozatainak besorolása

(Molnárné Balog Luca Eszter nyomán)

Annak érdekében, hogy szintenként jobban elemezhető mintanagyságot kapjunk, az elytron egyes színkategóriáit összevontuk. Az új csoportok a következő voltak: melanisztikus, fekete szárnyfedelű egyedek (1. + 2. + 3. + 4. csoport), valamint a *succinea* formacsoportba tartozó vörös színű egyedek, melyek szárnyfedelén a fekete szín dominál (6. + 7. + 8. csoport), melyek szárnyfedelén a vörös szín dominál (9. csoport) és végül melyek szárnyfedele szinte teljes egészében vörös, a foltok egy része vagy mindegyik hiányzik (10. csoport). Ötödik csoportba tartozó egyedeket nem találtam a vizsgált mintákban (11. ábra).

Vizsgáltam még az imágók *H. harmoniae*-val való fertőzöttségét is. A következő kategóriákba soroltam be az egyedeket a fertőzés alapján (1. táblázat).

1. táblázat: A *H. harmoniae*-val fertőzés intenzitásának besorolása talluszsám alapján

Talluszsám	Intenzitás skála
1 – 10 tallus	1
10 – 25 tallus	2
25 – 50 tallus	3
50 – 90 tallus	4
1 – 10 tallus	5

Minden egyedről a mérés végén fényképes dokumentáció is készült. A mérési adatok Excel adatbázisban kerültek rögzítésre.

3.3 Statisztikai elemzések

Minthogy április és október során a különböző helyszíneken és években a gyűjtések nem egyidőben indultak és fejeződtek be, illetve ekkor a hűvös éjszakák miatt a fogások nagyon kicsik voltak, ezért csak a május és szeptember közötti időszak adatait elemeztük.

A hímek és nőstények összehasonlításánál a teljes általam mért anyagot vizsgáltuk. Minthogy a szóráshomogenitás feltétele sérült, a pronotum és a tibia méretét Brunner-Munzel-próbával hasonlítottuk össze. Az ivarok és a gyűjtési hónapok hatását a pronotum és az elytron színezetére Welch-próbával, az ivar és hónap interakciót Johansen-próbával teszteltük. Post hoc tesztként a szintátlagok összehasonlítása Games-Howell-próbával történt. A pronotum és az elytron méretének kapcsolatát Pearson korrelációval és Wilcox-féle robusztus korrelációval, míg a színük kapcsolatát Kendall-féle rang-korrelációval vizsgáltuk.

A gyűjtési hónapok és az ivarok (magyarázó változók) hatását a pronotum és az elytron színezetére és méretére (válasz változók) Welch-próbával, interakciójukat pedig Johansen-próbával vizsgáltuk. Minthogy a szóráshomogenitás feltétele ennek ellenére is sérült, szintátlagok páronkénti összehasonlítására Games-Howell-tesztet használtunk. Minthogy a vizsgált paraméterek az évek és a három gyűjtőhely között csak kismértékben különböztek, ezért ezeket a faktorokat, itt is és a következőkben is, kivettük a modellekből.

A színváltozatok és az ivarok (magyarázó változók) hatását a pronotum és a tibia méretére a színváltozatok összevont csoportjain vizsgáltuk Welch-próbával, míg a színváltozatok és ivarok interakcióját Johansen-próbával, az alapadatok (pronotum szélessége és tibia hossza) $\ln(x+1)$ transzformációja után. Post hoc elemzésként itt is Games-Howell-tesztet alkalmaztunk. Az elemzéseket RopStat (078-as verzió) programcsomaggal végeztük.

4. Eredmények és értékelésük

4.1 A fénycsapdafogások eredményei 2007-től 2008-ig Kőszárhegy, Sukoró és Szekszárd településeken

Az első harlekinkaticát az Országos Növényvédelmi Fénycsapda Hálózat kőszárhegyi csapdája gyűjtötte, 2007. július 30-án (2. táblázat). Ebben az évben több egyed is már egyik csapda sem fogott. A következő öt évben az egyedszámok meredek emelkedést mutattak mind három általunk vizsgált helyszínen (2. táblázat, 11–13. ábra). A fogások minden évben a sukorói

csapdában voltak a legnagyobbak, melyet a kőszárhegyi és végül a szekszárdi fénycsapda követett (2. táblázat).

2. táblázat: A harlekinkatica fénycsapdafogások alakulása Sukoró, Kőszárhegy és Szekszárd településeken 2007-től 2012-ig

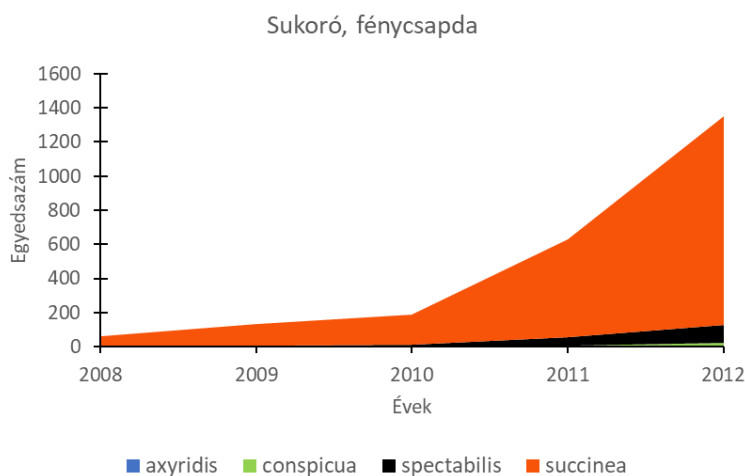
Település	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Sukoró		59	132	188	627	1351
Kőszárhegy	1	36	101	108	266	528
Szekszárd		15	53	86	177	477

A színváltozatok között minden évben a vörös színű, *succinea* változat dominál. Aránya a különböző években 89,3% és 95,4% között változott. Ezt a *spectabilis* (4,5% és 9,3%) és *conspicua* (0,8% és 1,8%) változatok követték. Az *axyridis* változatot kifejezetten ritkán gyűjtöttük, a három csapdából csupán nyolc egyed (az összes fogás 0,1%-a) került elő (3. táblázat).

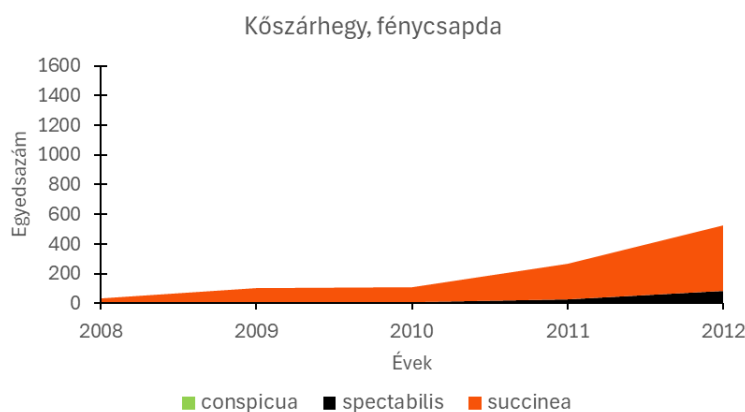
3. táblázat: A különböző színváltozatok egyedszáma a sukorói, kőszárhegyi és szekszárdi fénycsapda gyűjtéseiben, 2007-től 2012-ig

Település	Változat	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Összesen
Sukoró	<i>axyridis</i>					1	3	4
	<i>conspicua</i>				2	7	17	26
	<i>spectabilis</i>		2	5	10	49	107	173
	<i>succinea</i>		57	127	176	570	1224	2154
Összesen			59	132	188	627	1351	2355
Kőszárhegy	<i>conspicua</i>		1	3	1	4	9	18
	<i>spectabilis</i>		3	4	7	23	74	111
	<i>succinea</i>	1	32	94	100	239	445	911
Összesen		1	36	101	108	266	528	1036
Szekszárd	<i>conspicua</i>		1	1		3	8	13
	<i>spectabilis</i>				7	27	30	64
	<i>succinea</i>		14	52	79	147	439	731
Összesen			15	53	86	177	477	807

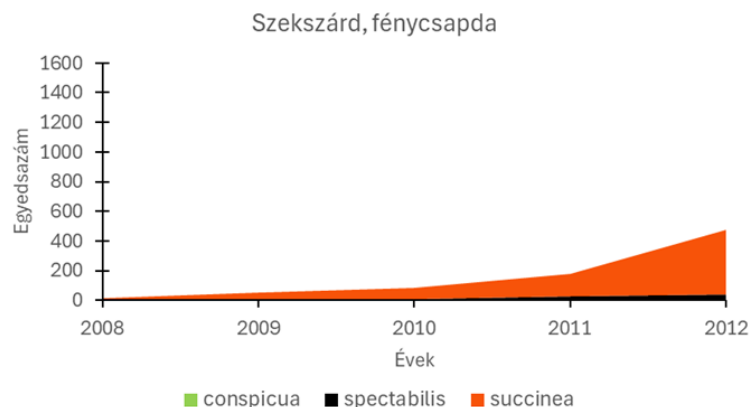
Minthogy a vizsgálatok elején a fogások még kicsik voltak, ezért az első három év (2008–2010) gyűjtési adatait összegezve vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a *succinea* alak aránya nagyobb volt (Sukoró 95%, Kőszárhegy 92,2%, Szekszárd 94,2%), mint az utána következő két évben (2011–2012) (Sukoró 90,7%, Kőszárhegy 86,1%, Szekszárd 89,6%). Ezzel összefüggésben pedig a melanisztikus alakok *axyridis*, *conspicua*, *spectabilis* aránya kisebb volt az első három évben (Sukoró 5%, Kőszárhegy 7,8%, Szekszárd 5,8%), mint az utána következő két évben (Sukoró 9,3%, Kőszárhegy 13,9%, Szekszárd 10,4%) (3. táblázat, 12–14. ábrák).



**12. ábra: Harlekinkatica színváltozatainak egyedszáma
2007 és 2012 között a sukorói fénycsapdában**



**13. ábra: Harlekinkatica színváltozatainak egyedszáma
2007 és 2012 között a kőszárhegyi fénycsapdában**

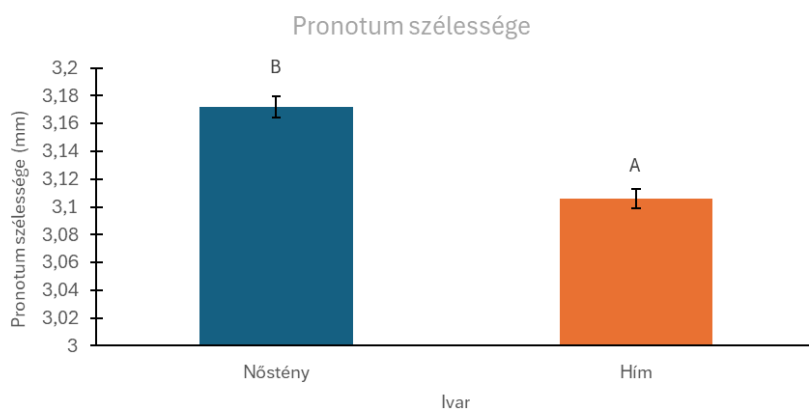


**14. ábra: Harlekinkatica színváltozatainak egyedszáma
2007 és 2012 között a szekszárdi fénycsapdában**

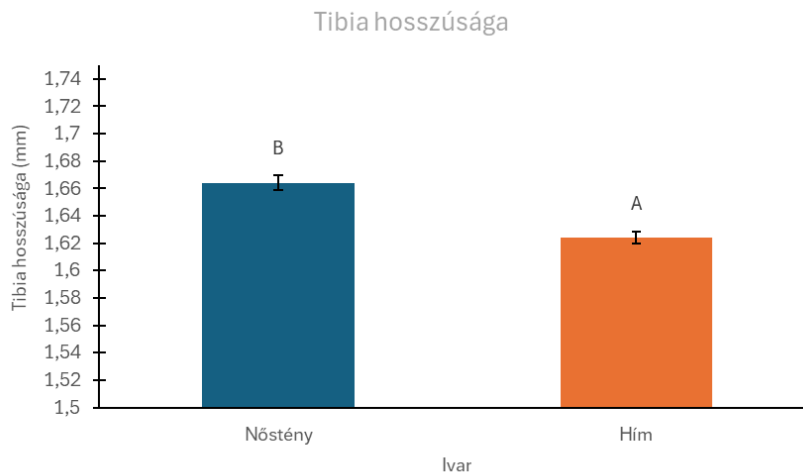
A melanisztikus formákból (1–4) összesen 105 egyed, a sötét *succinea* színváltozatokból (6–8) 184 egyed, a dominánsan világos színváltozatból (9) 816, míg a szinte kizárólag világos (10) színváltozatból 307 egyed gyűjtöttek a csapdák. Összességében a teljes fogás 13%-át adták a sötétebb és 79,5%-át a világosabb *succinea* színváltozatok.

4.2 Ivari különbségek a testméret és a színváltozatok között

Az eredményeimen látszik az a tendencia, ami a rovarvilág nagy részére jellemző, hogy a nőtények szignifikánsan nagyobbak a hímeknél, mind a pronotum [$BM(1307,9) = 6,473, p = 0,0000$], mind a jobb hátsó tibia [$BM(1202,3) = 6,334, p = 0,0000$] méretében (15. és 16. ábrák).



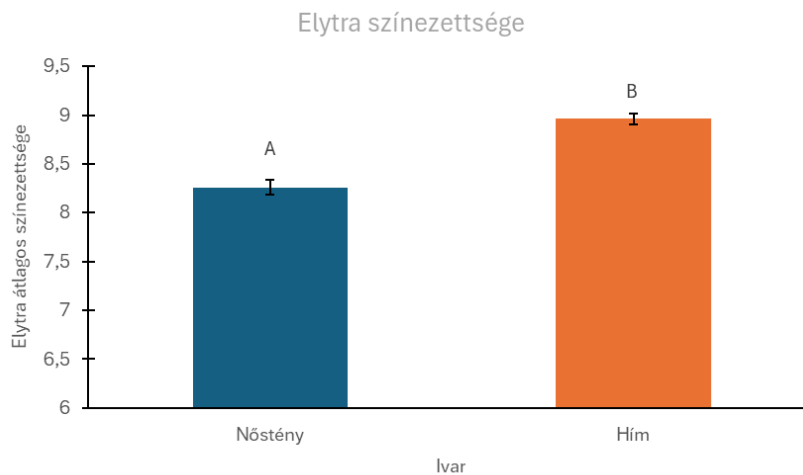
15. ábra: A pronotum szélességének alakulása a különböző ivaroknál
(Az eltérő betűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)



16. ábra: A tibia hosszának alakulása a különböző ivaroknál

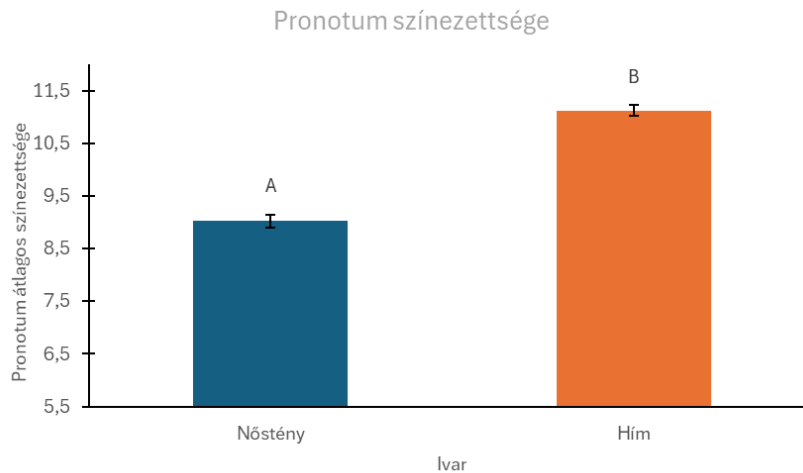
(Az eltérő betűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)

A két ivar átlagos színezettségét vizsgálva jól látható, hogy a hímek elytrója és pronotuma is világosabb, mint a nőstényeké (17. és 18. ábrák). Az ábrákon a nagyobb számérték jelöli az átlagosan világosabb színváltozatokat.



17. ábra: Az elytra színezettségének alakulása a különböző ivaroknál

(Az betűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)



18. ábra: A pronotum színezettségének alakulása a különböző ivaroknál

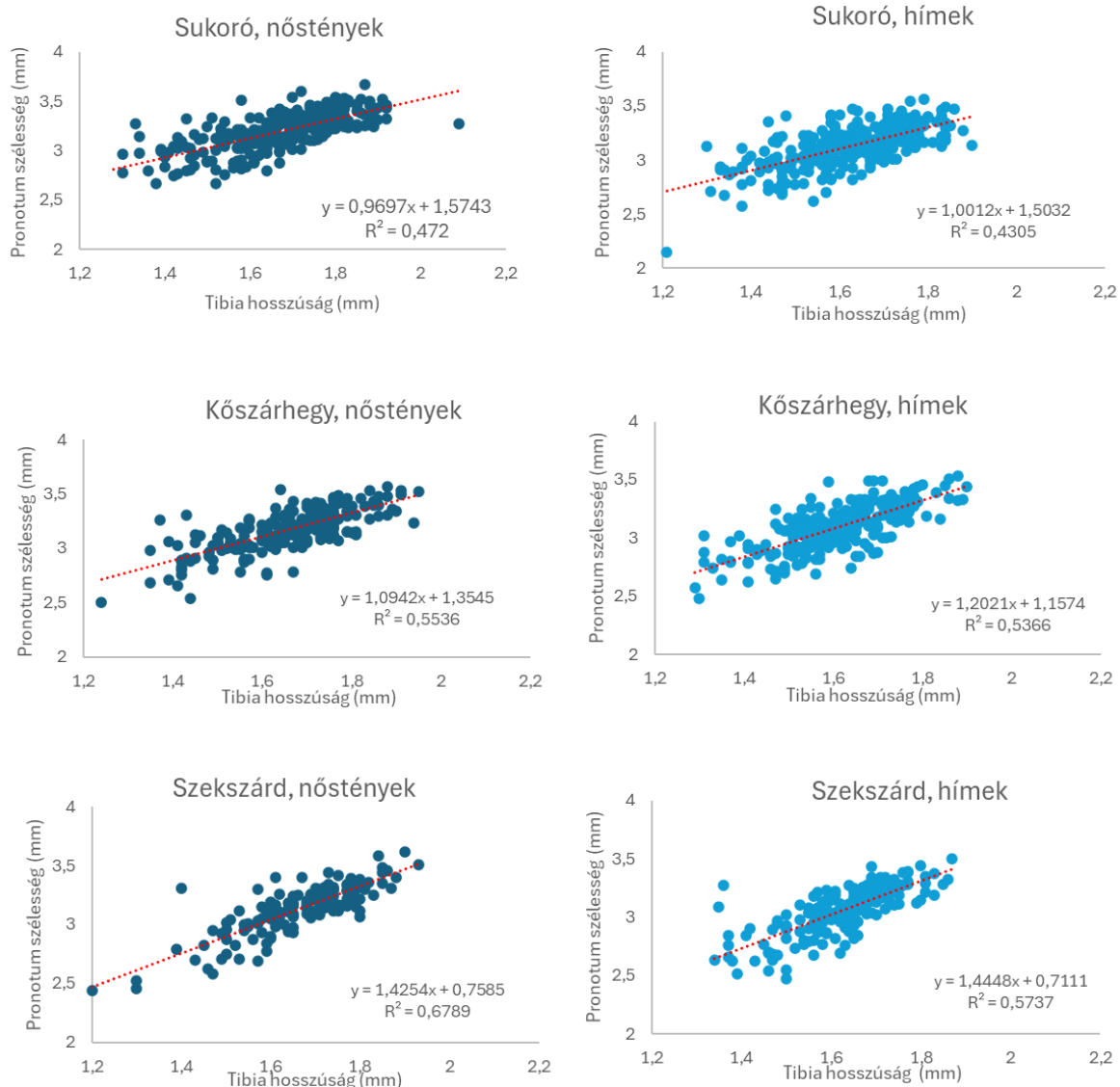
(Az eltérő betűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)

A pronotum szélessége és a tibia hosszúsága között szoros összefüggés volt, mindhárom mintavételi helyszínen és mindkét ivar esetében. Tehát minél nagyobb volt a pronotum szélessége, annál hosszabb volt a tibia is (4. táblázat, 19. ábra).

4. táblázat: A pronotum- és tibiaméretetek közötti kapcsolat nőstények és hímek esetén.

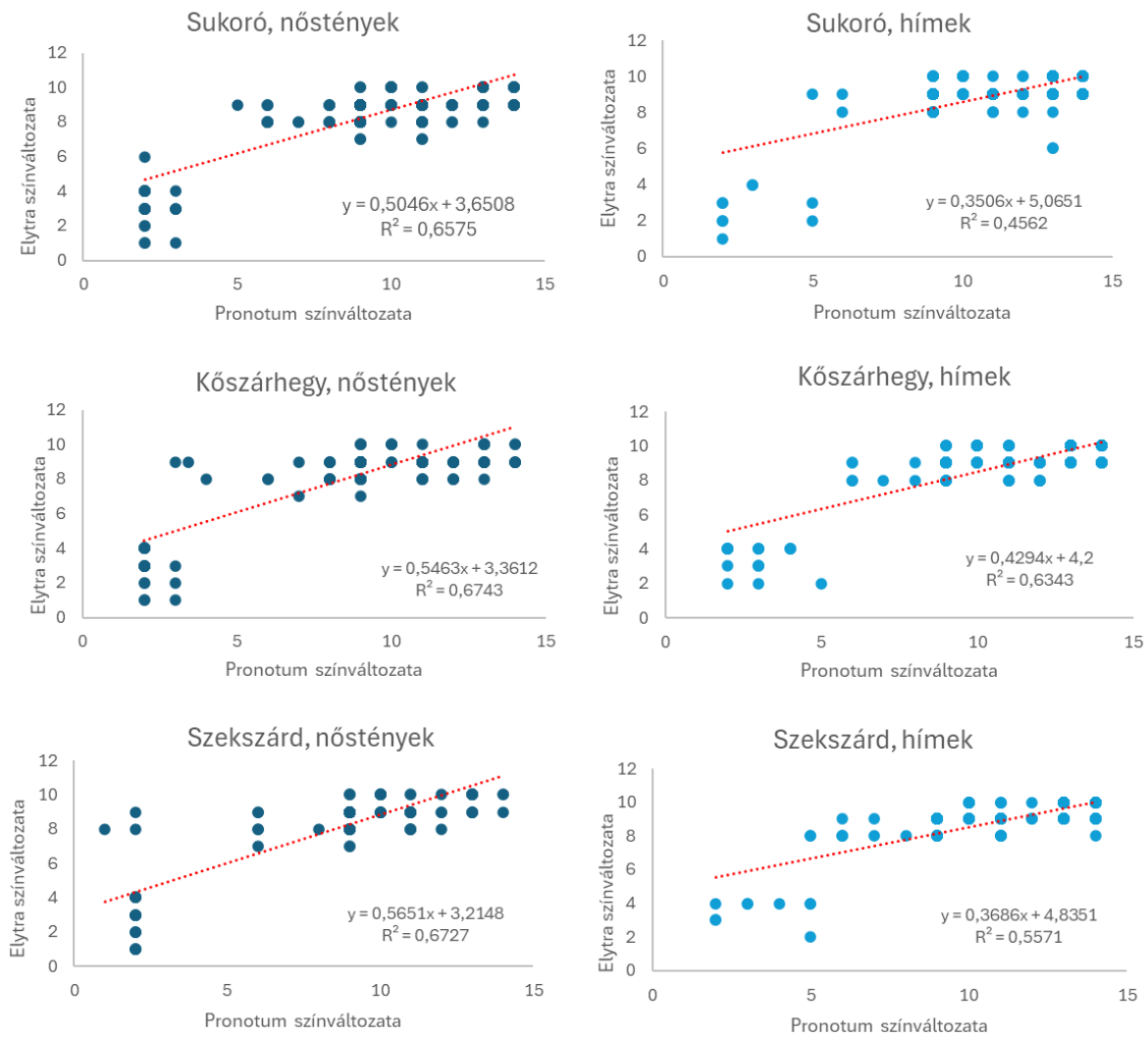
(r = Pearson-féle lineáris és R_{pb} = Wilcox-féle robusztus korrelációs együttható)

	r/R_{pb}	P	C95
Nőtények			
Pearson korreláció	0,742	0,0000	0,705; 0,776
Wilcox korreláció	0,736	0,0000	0,698; 0,770
Hímek			
Pearson korreláció	0,693	0,0000	0,653; 0,729
Wilcox korreláció	0,697	0,0000	0,657; 0,733



19. ábra: A pronotum szélességének és a jobb hátsó lábszár (tibia) hosszának kapcsolata a nőstényeknél és a hímeknél, a három mintavételi helyszínen

Szoros összefüggést figyeltünk meg a pronotum és az elytron színezettsége között is. Tehát a világosabb színezettségű elytronhoz világosabb pronotum társul (Kendall-féle rang korreláció, hímek: $T = 0,358$, $P = 0,0000$; nőstények: $T = 0,337$, $P = 0,0000$). Ez a kapcsolat a színváltozatok között mindhárom helyszínen, és a hímek és a nőstények esetén is egyértelműen kimutatható (20. ábra).



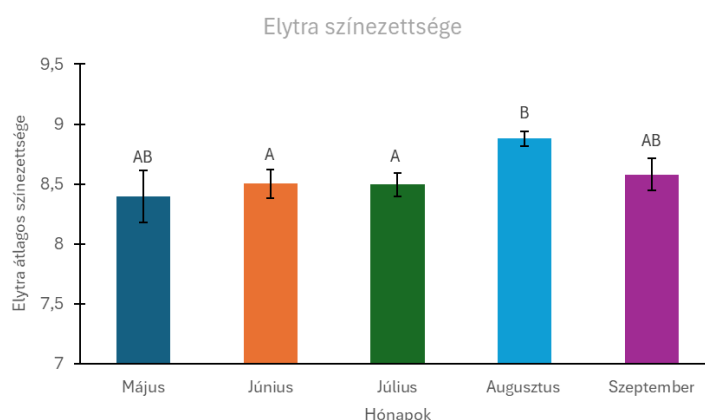
20. ábra: A pronotum és az elytra színváltozatainak kapcsolata a nőstényeknél és a hímeknél, a három mintavételi helyszínen

4.3 Színezettség, valamint a pronotum szélességének és a tibia hosszának változása az idő függvényében

Eredményeim azt mutatják, hogy júniusban és júliusban a harlekinkaticák szárnyfedele átlagosan sötétebb volt, mint a nyárvégi (augusztusi) harlekinkaticáké (5. táblázat, 21. ábra). A Hónap és Ivar változók között nem volt interakció, azaz ez a mintázat mindkét ivarnál egyformán jelentkezett. Májusban és szeptemberben a színezettség köztes értéket vett fel (21. ábra).

5. táblázat: Gyűjtési hónapok és az ivarok hatása az eltron színezetére robosztus kétszemponos varianciaanalízissel elemezve (Welch-próba a Hó és az Ivar csoportosítás tesztelésére, Johansen-próba a Hó x Ivar interakció tesztelésére)

	DF	F (Khi2)	P
Hónap	4, 270,6	5,028	0,0006
Ivar	1, 147,7	29,730	0,0000
Hónap x Ivar	4	4,720	0,3173

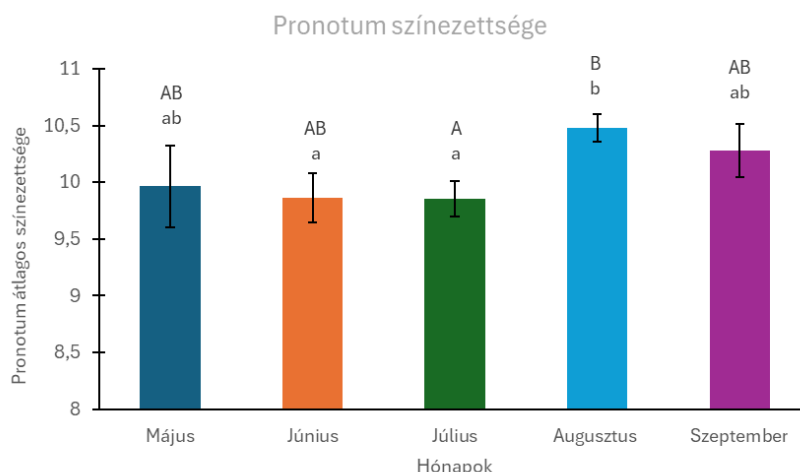


21. ábra: Az elytra színezettségének alakulása a különböző hónapokban
(Az eltérő nagybetűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)

A pronotum színezettsége hasonlóan alakult a különböző hónapokban, mint az elytron színezettsége (6. táblázat, 22. ábra). Tehát augusztusban, átlagosan, bár részben csak marginálisan szignifikánsan, de világosabb volt a pronotum mintázata, mint júniusban és júliusban. A májusi és szeptemberi egyedek, hasonlóan a szárnyfedőkhöz (21. ábra), köztes értéket vettek fel. A pronotum színváltozatának az átlagértékei a 22. ábrán láthatóak.

6. táblázat: Gyűjtési hónapok és az ivarok hatása a pronotum színezettségére robosztus kétszemponos varianciaanalízissel vizsgálva
(Welch-próba a Hó és az Ivar csoportosítás, Johansen-próba a Hó x Ivar interakció tesztelésére)

	DF	F (Khi2)	P
Hónap	4, 311,3	3,996	0,0035
Ivar	1, 196,6	98,246	0,0000
Hónap x Ivar	4	2,660	0,6163



22. ábra: Az pronotum színezettségének alakulása a különböző hónapokban

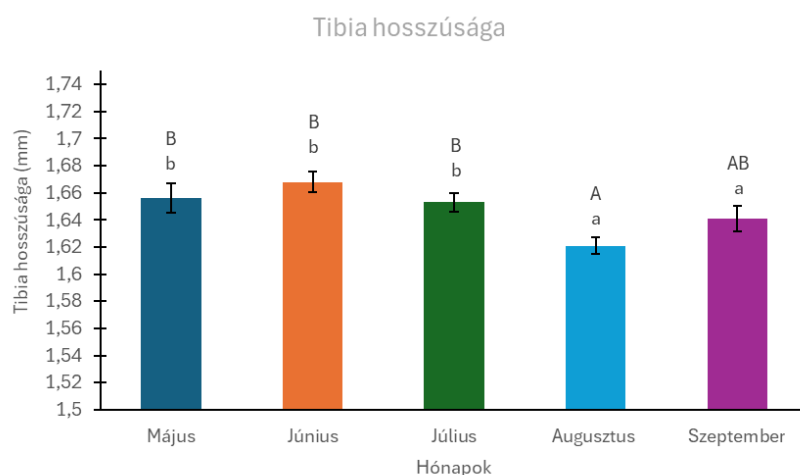
(Az eltérő kisbetűk $0,05 < p < 0,1$, eltérő nagybetűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)

A tibia hosszának alakulásáról elmondható, hogy a májusi, júniusban és júliusban gyűjtött egyedek szignifikánsan hosszabb tibiával rendelkeztek, mint az augusztusiak és marginálisan szignifikánsan hosszabbal, mint a szeptemberiek (7. táblázat, 23. ábra). Pronotum szélességének átlagértékeiben, viszont nem mutatható ki szignifikáns különbség, bár számszerűen itt is a júniusi minták átlagos pronotum-szélessége a legnagyobb (8. táblázat, 24. ábra).

7. táblázat: A gyűjtési hónapok és ivarok hatása a jobb hátsó tibia méretére

(Robusztus, kétszemponos varianciaanalízis; Welch-próba a Hó és az Ivar csoportthatás tesztelésére, Johansen-próba a Hó x Ivar interakció tesztelésére)

	DF	F (Khi2)	P
Hónap	4, 264,4	6,900	0,0000
Ivar	1, 217,9	21,169	0,0000
Hónap x Ivar	4	3,521	0,4747

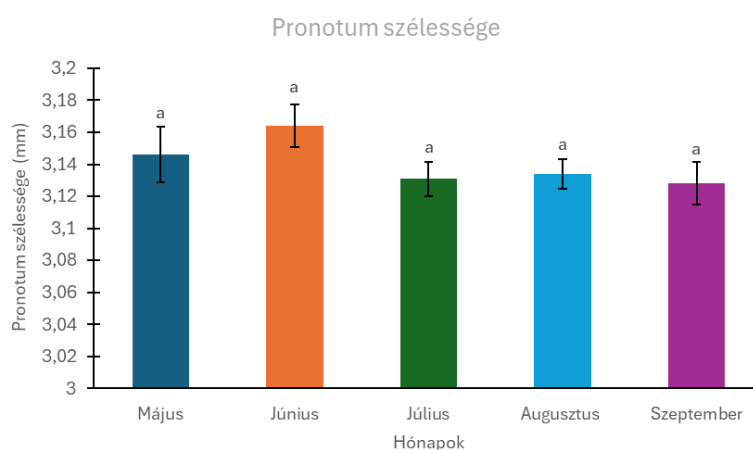


23. ábra: A jobb hátsó tibia hosszának alakulása a különböző hónapokban

(Az eltérő kisbetűk $0,05 < p < 0,1$, eltérő nagybetűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)

8. táblázat: Pronotum méretének robusztus kétszemponos varianciaanalízise (Welch-próba a Hó és az Ivar csoportosítás, Johansen-próba a Hó x Ivar interakció tesztelésére)

	DF	F (Khi2)	P
Hónap	4, 318,2	1,545	0,1890
Ivar	1, 316,4	30,976	0,0000
Hónap x Ivar	4	2,084	0,7202



24. ábra: A pronotum szélességének alakulása a különböző hónapokban

(Az eltérő kisbetűk $0,05 < p < 0,1$ szignifikáns különbségeket jelölnek)

4.4 Pronotum és tibia méretének alakulása a színezettség függvényében

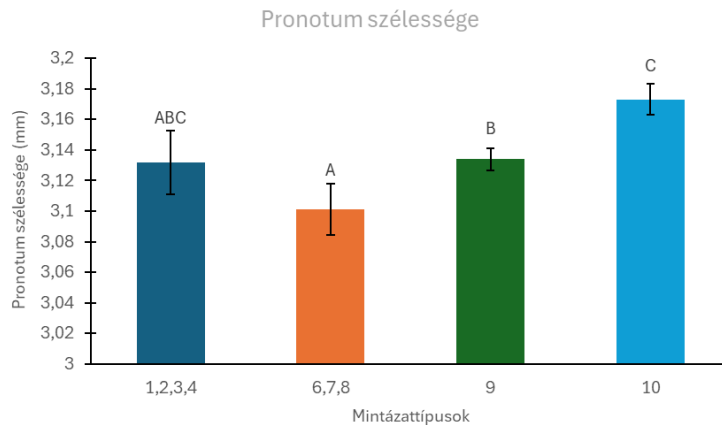
A különböző színváltozatok pronotum szélessége szignifikánsan különbözött. A 6-os, 7-es és 8-as színváltozatok a pronotum szélességének az átlagértékei, mindkét ivar esetén jelentősen elmaradt a 9-es és a 10-es forma pronotum szélességének az átlagától. Valamint a 9-es színváltozat szignifikánsan kisebb volt, mint a 10-es. A melanisztikus formák (1–4-ig) pedig köztes értéket mutattak (9. táblázat, 25. ábra). A különböző színváltozat típusok és a tibia hosszának átlagai között csak marginálisan szignifikáns különbség mutatható ki a 9-es színváltozatok és a 10-es színváltozatok között (10. táblázat, 26. ábra).

9. táblázat: Az elytra mintázata és az ivarok hatása az elytra méretére. Robosztus kétszemponos varianciaanalízis (Welch-próba a Elytra csoportosítás tesztelésére, Welch-próba az Ivar csoportosítás tesztelésére, Johansen-próba a Elytra x Ivar interakció tesztelésére)

	DF	F (Khi2)	P
Elytra mintázata	3, 167,1	5,724	0,0178
Ivar	1, 230,0	14,605	0,0002
Hónap x Ivar	3	10,505	0,0147

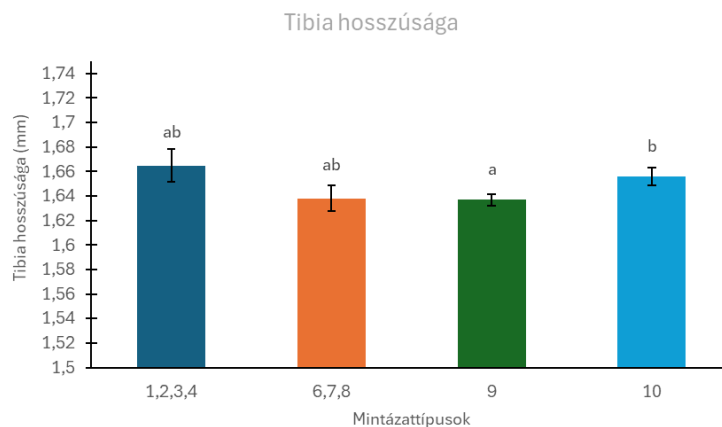
10. táblázat: A Pronotum mintázata és az ivarok hatása a pronotum méretére (Welch-próba az Elytra és Ivar csoportosítás, Johansen-próba az interakciójuk tesztelésére)

	DF	F (Khi2)	P
Pronotum mintázata	3, 195,3	2,028	0,1560
Ivar	1, 274,6	6,161	0,0137
Hónap x Ivar	3	14,555	0,0022



25. ábra: A pronotum szélességének alakulása a különböző színváltozatokban

(Az eltérő nagybetűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbségeket jelölnek)



26. ábra: A tibia hosszának alakulása a különböző színváltozatokban

(Az eltérő kisbetűk $0,05 < p < 0,1$ szignifikáns különbségeket jelölnek)

A *H. harmoniae* prevalenciája a mintákban nagyon kicsi volt. Csak 10 egyeden voltak megfigyelhetők a *H. harmoniae* talluszai, ami az általam vizsgált harlekinkaticáknak mindössze a 0,7%-át jelentette.

5. Következtetések és javaslatok

Munkám során az első egyed 2007-ben történt kimutatásától kezdődően három helyszínen, öt éven keresztül gyűjtött egyedek feldolgozásával követtem nyomon a harlekinkatica-populációk egyedszámának és funkcionális tulajdonságainak alakulását. Eredményeimből látszik, hogy a harlekinkatica-populációk mérete a vizsgált öt évben folyamatosan növekedett, azaz az invázió növekedési fázisa öt év alatt nem zárult le. Az invázió kezdeti szakaszában (első két év), Magyarországon is nagyobb arányban fordult elő a *succinea* forma, mint a későbbi időszakban.

Ez az eredmény egyezik a korábbi európai vizsgálatokkal (Beljakova, 2011; Serpa et al., 2003; Berkvens et al., 2008). A jelenség okai között szerepelhet, hogy a *succinea* forma könnyebben alkalmazkodik az új táplálékforrásokhoz és jobban elviseli a táplálék hiányos körülményeket (Berkvens et al., 2008; Beljakova, 2011). Kutatások szerint a *succinea* forma fitnessze jobb, mint a többi színváltozaté, gyorsabban is képes szaporodni (Serpa et al., 2003). Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően képessé válik arra, hogy hatékonyabban és gyorsabban hódítson meg új területeket, mint a melanizált formák.

Ha a két ivar színezettségét vizsgáljuk, akkor jól látható az a különbség, hogy a hímeknél a világosabb fenotípusok a jellemzőbbek, míg a nőstények színezettsége átlagosan sötétebb. Ez mind a szárnyfedők (17. ábra), mind a pronotum (18. ábra) tekintetében markánsan megfigyelhető volt és más harlekinkatica populációknál is kimutatták (Bezzarides et al., 2007; Knapp és Nedvěd, 2013; Bezzarides és Loofbourrow, 2014). Ez a különbség egyben azzal a következménnyel is jár, hogy mivel a világosabb színezettségű egyedek teste több alkaloidot tartalmaz (Bezzarides et al., 2007). Ebből pedig az következik, hogy a hím imágók átlagosan kémiaiilag védettebbek lehetnek, mint a nőstények, ugyanis a hímek az eredményeim szerint világosabbak a nőstényeknél. Eredményeim szerint minél sötétebb az elytron mintázata, annál sötétebb lesz a pronotum mintázata is. Bezzarides és Loofbourrow (2014) is ugyanerre a következtetésre jutott mind a hímek, mind a nőstények esetén.

Az imágók színezettségének dinamikáját vizsgálva megállapítottam, hogy júniusban és júliusban átlagosan sötétebbek a harlekinkatica imágók, mint augusztusban. A májusi és szeptemberi minták nem különböznek a többi hónaptól, de számszerűen a májusiak színezete a nyáreleji mintákhoz áll közelebb, míg a szeptemberi értékek az augusztusi utáni második legnagyobbakat képviselik. Minthogy májusban és szeptemberben gyűjtöttük a legkevesebb egyedet, ezért valószínűsíthető, hogy nagyobb mintaszámok mellett ezek is jobban illeszkednek a kialakult képhez. A júniusi és júliusi első és második nemzedék egyedei szignifikánsan sötétebb elytrával rendelkeznek, mint a nyár végi (augusztusi) egyedek (21. ábra). Ez több okra vezethető vissza. Egyrészt az áttelelő nemzedéknek a gyorsabb felemeledéshez szüksége van a minél melanizáltabb színváltozatokra (Osawa és Nishida, 1992; Wang Su et al., 2008). Ennek elérését segíti a nőstények nem véletlenszerű párválasztására (Osawa és Nishida, 1992), így az áttelelő nemzedék sötétebb a nyári nemzedék pedig világosabb, elkerülve a túlzott felemeledést. Ezen kívül Michie és munkatársai (2010) kimutatták, hogy *succinea* formán belül is csökken a foltok mérete a növekvő hőmérsékleten, illetve Knapp és Nedvěd (2013) eredményei szerint a magas hőmérsékletnek (33°C-nak) kitett L4-es lárvákból és bábokból kevésbé melanizált imágók fejlődtek, mint amelyeket ennél alacsonyabb hőmérsékleten

neveltek. Ez is magyarázhatja, hogy miért világosabbak az augusztusi nemzedék imágói, hiszen júliusban és augusztusban, amikor ezek az imágók L4-es lárva, illetve bábállapotban vannak, hathat rájuk a kísérlethez hasonló magas hőmérséklet. Valamint az augusztusi nemzedék nem talál annyi levéltetűt már, mint a korábbi nemzedékek, így ez a nemzedék éhezik. Korábbi kutatásokban kimutatták, hogy a *succinea* forma jobban bírja az éhezést, mint a melanisztikus alakok (Serpa et al., 2003), és mivel a harlekinkatica augusztusban táplálékhiánnyal szembesül, így ez is magyarázza azt, hogy augusztusban miért található kevesebb melanizált harlekinkatica.

Pronotum és az elytron színezettsége a különböző hónapokban az eredményeim alapján hasonló tendenciát mutat (21. és 22. ábra). Tehát a korábban tárgyalt összefüggés, vagyis, hogy a világosabb elytronmintázathoz világosabb pronotummintázat társul (Bezzarides és Loofbourrow, 2014) itt is bizonyítást nyert.

A tibia méretére vonatkozó eredményeim alapján elmondható, hogy a májusi, júniusi és még a júliusi egyedek is szignifikánsan hosszabb tibiával rendelkeznek, mint az augusztusiak (23. ábra). Ez magyarázható azzal, hogy nyár elején a fejlődő harlekinkaticák táplálékellátottsága jelentősen jobb lehet, mint augusztusban, amikor is a legtöbb levéltetűfaj populációi összeomlanak. Pronotum szélességében nem mutatható ki ez a különbség (24. ábra), bár a legnagyobb átlagos pronotum szélességet júniusban mértem. Minthogy a nagyobb testméret a rovaroknál nagyobb utódprodukcióval jár (Honěk, 1993), ezért eredményeim arra utalnak, hogy az augusztusra a harlekinkaticák rátermettsége lecsökken.

A sötétebb (6–8) színváltozatoknak a pronotumának szélessége jelentősen elmarad a világosabb (9-es és a 10-es) változatok pronotumának szélességétől. A melanisztikus formák (1–4) pedig nem különböznek szignifikánsan a többi csoporttól (24. ábra). A sötétebb *succinea* változatoknak a világosabbakénál kisebb testmérete meglepő eredmény. A magyarországi klímán a melanisztikus formák és különösen a sötétebb árnyalatú *succinea* egyedek száma jelentősen kisebb, mint a világosabb (9-es és 10-es) színváltozatok egyedszáma. Ez arra utal, hogy a magyarországi hazai melegebb klíma a világosabb fenotípusoknak kedvez, melyeknek, ahogy említettem, egyben hatékonyabb lehet a táplálékhasznosítása is.

Az irodalmi adatokhoz viszonyítva a fénycsapdával gyűjtött mintákban a *H. harmoniae* fertőzöttség nagyon kicsi volt. Ennek oka egyrészt az lehet, hogy a fiatalabb, még nem fertőzött egyedek többet repülnek, de az is lehetséges, hogy a fertőzött egyedek repülési aktivitása lecsökken. Mindkét ok azt eredményezheti, hogy a *H. harmoniae* prevalencia számottevően kisebb a fénycsapdás mintákban, mint a más módszerekkel gyűjtött anyagokban.

6. Összefoglalás

Diplomadolgozati munkám célja az volt, hogy meghatározzam, hogy a harlekinkatica, egy globálisan is fontos természetes ellenség, magyarországi populációi hogyan alkalmazkodnak környezetükhöz, hogyan fejeződik ki funkcionális, egyedileg mérhető morfológiai tulajdonságaiban ökológiai plaszticitásuk. A populációk egyedsűrűségének, ivararányának és funkcionális tulajdonságainak alakulását vizsgáltam a faj hazai inváziójának kezdeti időszakában, a kimutatása utáni öt évben. Meghatároztam az egyedszámokat és az ivarokat. Mértem az egyedek rátermettségét (fitneszt) kifejező tulajdonságokat (előhát szélessége és hátsó lábszár hossza), valamint a vörös (forma *succinea*) és melanisztikus (forma *conspicua*, *spectabilis* és *axyridis*) színváltozatok előfordulását. Ugyanígy vizsgáltam a *succinea* formán belül a szárnyfedők színezettségének alakulását. Mindezeket a vizsgált paramétereket egymásra vetítve is elemeztem. Végül kutatásom részét képezte a harlekinkatica egy ektoparazita gombája, a *Hesperomyces harmoniae* prevalenciájának vizsgálata is a gyűjtött mintákban.

Megállapítottam, hogy a harlekinkatica-populációk mérete a vizsgált öt évben folyamatosan növekedett, azaz az invázió növekedési fázisa öt év alatt nem zárult le. Az invázió kezdeti szakaszában, Magyarországon is nagyobb arányban fordult elő a *succinea* forma, mint a későbbi időszakban. A jelenség okai között szerepelhet, hogy a *succinea* forma könnyebben alkalmazkodik az új táplálékforrásokhoz és jobban elviseli a táplálék hiányos körülményeket, valamint szaporodási képessége és fitnesze is jobb, mint a melanizált formaké, ebből következően inkább alkalmas arra, hogy hatékonyan hódítson meg új területeket.

A két ivar színezettségét vizsgálva megállapítottam, hogy a hímek világosabbak a nőstényeknél, mind az elytron, mind a pronotum tekintetében. Ebből adódóan feltételezhetjük, hogy mivel a világosabb egyedek több alkaloidot tartalmaznak, ezért a hímek kémiaiag védettebbek lehetnek a nőstényeknél.

A tibia hosszának elemzése alapján elmondható, hogy a júniusi és júliusi egyedek hosszabb tibiával rendelkeznek, mint az augusztusiak. Ez arra utal, hogy nyár elején a harlekinkaticák táplálékellátottsága jobb még augusztusban, amikor levéltetvek többnyire csak kis egyedsűrűségben fordulnak elő, rosszabb lehet. Pronotum szélességében nem mutatható ki ez a mintázat, bár a legnagyobb átlagos pronotumszélességet júniusban mértem. Minthogy a nagyobb testméret a rovaroknál nagyobb utódprodukcióval jár, ezért eredményeim arra utalnak, hogy az augusztusra a harlekinkaticák rátermettsége lecsökken.

A melanisztikus formák testméretükben nem különböznek szignifikánsan a *succinea* csoporttól. Meglepő módon a sötétebb színezettségű, nagyobb foltokkal jellemezhető *succinea* egyedek

testmérete (pronotum- és a tibiamérete) viszont jelentősen elmarad a világosabb egyedek méretétől. A magyarországi klímán a melanisztikus formák, különösen a sötétebb árnyalatú *succinea* egyedek száma jelentősen kisebb, mint a világosabb színváltozatok egyedszáma. Ez arra utal, hogy a magyarországi hazai melegebb klíma a világosabb fenotípusoknak kedvez, melynek hatékonyabb lehet a táplálékhasznosítása is.

Az irodalmi adatokhoz viszonyítva a fénycsapdával gyűjtött mintákban a *H. harmoniae* fertőzöttség nagyon kicsi volt. Ennek oka egyrészt az lehet, hogy a fiatalabb, még nem fertőzött egyedek többet repülnek, de az is lehetséges, hogy a fertőzött egyedek repülési aktivitása lecsökken. Mindkét ok azt eredményezheti, hogy a *H. harmoniae* prevalencia számottevően kisebb a fénycsapdás mintákban, mint a más módszerekkel gyűjtött anyagokban.

Összességében érdemes volna további évek fénycsapdákkal gyűjtött harlekinkatica-anyagait is feldolgozni, hisz nagyobb mintákon, komplexebb modellekkel a harlekinkaticák funkcionális tulajdonságait kialakító összetettebb hatásokat is feltárhatunk.

7. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani elsősorban konzulens tanáromnak, dr. Markó Viktornak, a segítőkészségeért és precíz munkájáért, amivel a vizsgálataim során végig a segítségemre volt. Illetve szeretnék köszönetet mondani Fehérvári Zsuzsának is, aki a laboratóriumi vizsgálatokban segítette a munkámat. Külön köszönöm a szüleimnek, hogy a tanulmányaim során mindenben támogattak.

8. Irodalomjegyzék

Asiri, A. – Foster, C. (2022): Temporal and climatic variation in the colour forms of *Adalia bipunctata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) populations in the United Kingdom. *European Journal of Entomology*, 119, pp. 250–259.

Beljakova, N. A. (2013): Polymorphism of the Harlequin Ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) Baikal Population. *Entomological Review*, 93 (1), pp. 50–55.

Beljakova, N. A. (2011): Genetic heterogeneity and adaptive strategies of the ladybird *Harmonia axyridis* Pall. (Coleoptera, Coccinellidae). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 47 (6), pp. 552–558.

Berkvens, N. – Bonte, J. – Berkvens, D. – Tirry, L. – De Clercq, P. (2008): Influence of diet and photoperiod on development and reproduction of European populations of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *BioControl*, 53 (1), pp. 211–221.

Bezzaerides, A. L. – Loofbourrow, S. A. (2014): Melanic facial patterns and their significance in the multicolored Asian lady beetle (*Harmonia axyridis*). *The American Midland Naturalist*, 172 (2), pp. 366–371.

Bezzaerides, A. L. – McGraw, K. J. – Parker, R. S. – Hussein, J. (2007): Elytra color as a signal of chemical defense in the Asian ladybird beetle *Harmonia axyridis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61 (9), pp. 1401–1408.

Bozsik A. (2005): A sokszínű ázsiai katicabogár (*Harmonia axyridis*) inváziója Európában. 10. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum, 2005 október 18-20. Debrecen, pp. 376–389.

Brown, P. M. J. – Adriaens, T. – Bathon, H. – Cuppen, J. – Goldarazena, A. – Hägg, T. – Kenis, M. – Klausnitzer, B. E. M. – Kovář, I. – Loomans, A. J. M. – Majerus, M.E.N. – Nedved, O. – Pedersen, J. – Rabitsch, W. – Roy, H. E. – Ternois, V. – Zakharov, I. A. – Roy, D. B. (2007): *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. *BioControl*, 53, pp. 5–21.

Ceryngier, P. – Twardowska, K. (2013): *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) as a host of the parasitic fungus *Hesperomyces virescens* (Ascomycota: Laboulbeniales, Laboulbeniaceae): A case report and short review. *European Journal of Entomology*, 110 (4), pp. 549–557.

Chapin, J.B. – Brou, V.A. (1991): *Harmonia axyridis* (Pallas), the 3rd species of the genus to be found in the United States (Coleoptera, Coccinellidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 93, pp. 630–635.

Cuppen, J. – Heijerman, T. – van Wielink P. – Loomans A. (2004): Het lieve heersbeestje *Harmonia axyridis* in Nederland: Een aan winst voor onze fauna of een ongewenste indringer (Coleoptera: Coccinellidae)? *Nederlandse Faunistische Mededelingen*, 20, pp. 1–12.

El-Sebaey, I.I.A – El-Gantiry, A.M. (1999): Biological aspects and description of different stages of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Cairo University*, 50, pp. 87–97.

Ferran, A. – Niknam, H. – Kabiri, F. – Picart, J.L. – Brun, J. – Iperti, G. – Lapchin, L. – De Herce, C. (1996): The use of *Harmonia axyridis* larvae (Coleoptera: Coccinellidae) against *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) on rose bushes. *European Journal of Entomology*, 93 (1), pp. 59–67.

Galvan, T. L. – Koch, R. L. (2008): Impact of fruit feeding on overwintering survival of the multicolored Asian lady beetle, and the ability of this insect and paper wasps to injure wine grape berries. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 128, pp. 429–436.

Haelewaters, D. – van Caenegem, W. – De Kesel, A. (2022): *Hesperomyces harmoniae*, a new name for a common ectoparasitic fungus on the invasive alien ladybird *Harmonia axyridis*. *Sydowia*, 75, pp. 54–74.

Haelewaters, D. – Zhao, S. Y. – Clusella-Trullas, S. – Cottrell, T. E. – De Kesel, A. – Fiedler, L. – Herz, A. – Hesketh, H. – Hui, C. – Kleespies, R. G. – Losey, J. E. – Minnaar, I. A. – Murray, K. M. – Nedvěd, O. – Pfliegler, W. P. – Raak-van den Berg, C. L. – Riddick, E. W. – Shapiro-Ilan, D. I. – Smyth, R. R. – Steenberg, T. – van Wielink, P. S. – Vigišová, S. – Zhao, Z. – Ceryngier, P. – Roy, H. E. (2016): Parasites of *Harmonia axyridis*: current research and perspectives. *BioControl*, 62, pp. 355–371.

Honěk, A. (1993): Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: a general relationship. *Oikos*, 66., pp. 483–492.

Honěk, A. – Martinkova, Z. – Dixon, A.F.G. – Skuhrovec, J. – Roy, H. E. – Brabec, M. – Pekar, S. (2017): Life cycle of *Harmonia axyridis* in central Europe. *BioControl*, 63, pp. 241–252.

Katsanis, A. – Babendreier, D. – Nentwig, W. – Kenis, M. (2012): Intraguild predation between the invasive ladybird *Harmonia axyridis* and non-target European coccinellid species. *BioControl*, 58, pp. 73–83.

Kenis, M. – Roy, H. E. – Zindel, R. – Majerus, M. E. N. (2008): Current and potential management strategies against *Harmonia axyridis*. *BioControl*, 53(1), pp. 235–252.

Knapp, M. – Nedvěd, O. (2013): Gender and Timing during Ontogeny Matter: Effects of a Temporary High Temperature on Survival, Body Size and Colouration in *Harmonia axyridis*. *Plos One*, 8 (9), pp. 1–9.

Koch, R L. (2003): The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. *Journal of Insect Science*, 3 (32), 16 pp. DOI: [10.1673/031.003.3201](https://doi.org/10.1673/031.003.3201)

Koch, R L – Venette, R.C. – Hutchison, W.D. (2006): Predicted impact of an invasive generalist predator on monarch butterfly (Lepidoptera: Nymphalidae) populations: a quantitative risk assessment. *Biological Invasions*, 8, pp. 1179–1193.

Koch, R L. – Galvan, T. L. (2007): Bad side of a good beetle: the North American experience with *Harmonia axyridis*. *BioControl*, 53, pp. 23–35.

Komai, T. (1956): Genetics of ladybeetles. *Advances in Genetics*, 8, pp. 155–188.

LaMana, M.L. – Miller, J.C. (1996): Field observations on *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in Oregon. *Biological Control*, 6 (2), pp. 232–237.

Lombaert, E – Estoup, A. – Facon, B. – Joubard, B. – Grégoire, J.C. – Jannin, A. – Blin, A. – Guillemand, T. (2014): Rapid increase in dispersal during range expansion in the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *Journal of evolutionary biology*, 27, pp. 508–517.

Lombaert, E. – Guillemaud, T. – Cornuet, J.-M. – Malausa, T – Facon, B – Estoup, A. (2010): Bridge head effect in the worldwide invasion of the biocontrol harlequin ladybird. *Plos One* , 5 (3) DOI: [10.1371/journal.pone.0009743](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009743)

Majerus, M. E. N. (1998): *Melanism: Evolution in Action*. Oxford University Press, Oxford.

Markó V. (2016): A harlekinkatica (*Harmonia axyridis*). *Növényvédelem*, 10, pp. 56–61.

Markó V. – Pozsgai G. (2009): A harlekinkatica (*Harmonia axyridis* pallas 1773) (Coleoptera, Coccinellidae) elterjedése Magyarországon és megjelenése Romániában, Ukrajnában. *Növényvédelem*, 45 (9), pp. 481–492.

McCornack, B. P. – Koch R. L. – Ragsdale D. W. (2006): A simple method for in-field sex determination of the multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis*. *Journal of Insect Science*, 7 (10) DOI: [10.1673/031.007.1001](https://doi.org/10.1673/031.007.1001)

Merkel O. (2008): A harlekinkatica (*Harmonia axyridis* pallas) Magyarországon (Coleoptera: Coccinellidae). *Növényvédelem*, 44 (5), pp. 239–242 .

Mezőfi L. – Korányi D. (2017a): A harlekinkatica (*Harmonia axyridis* pallas 1773) színváltozatai Magyarországon és polimorfizmusának ökológiai vonatkozásai. *Növényvédelem*, 78 (53), 5, pp. 193–205.

Mezőfi L. – Korányi D. (2017b): A sokarcú harlekinkatica: újabb színváltozatok és elkülönítés az őshonos fajoktól. XII. növényorvosi nap 2017 november 8. Gödöllő. pp. 117–119.

Michie, L. J. – Mallard, F. – Majerus, M.E.N. – Jiggins, F.M. (2010): Melanic through nature or nurture: genetic polymorphism and phenotypic plasticity in *Harmonia axyridis*. *Journal of Evolutionary Biology*, 23, pp. 1699–1707.

Michie, L. J. – Masson, A. – Ware, R.L. – Jiggins, F.M. (2011): Seasonal phenotypic plasticity: wild ladybirds are darker at cold temperatures. *Evolutionary Ecology*, 25, pp. 1259–1268.

Muhammad, A. R. – Muhammad, M. K. – Muhammad, H. – Jing, Z., Yasir, I. – Shahzaib, A – Shakeel, U. R. – Um, e-H. – Xingmiao, Z. (2020): Lethal and Sublethal Effects of Chlorpyrifos on Biological Traits and Feeding of the Aphidophagous Predator *Harmonia axyridis*. *Insects*, 11 (8), p. 491 DOI: [10.3390/insects11080491](https://doi.org/10.3390/insects11080491)

Osawa, N. (1999): Population field studies on the aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): resource tracking and population characteristics. *Population Ecology*, 42, pp. 115–127.

Osawa, N. – Nishida, T. (1992): Seasonal variation in elytral colour polymorphism in *Harmonia axyridis* (the ladybird beetle): the role of non-random mating. *Heredity*, 69 (4), pp. 297–307.

Roy, H. E. – Brown, P. M. J. – Adriaens, T. – Berkvens, N. – Borges, I. – Clusella-Trullas, S. – Comont, R. F. – De Clercq, P. – Eschen, R. – Estoup, A. – Evans, A. E. W. – Facon, B. – Gardiner, M. M. – Gil, A. – Grez, A. A. – Guillemaud, T. – Haelewaters, D. – Herz, A. – Honěk, A. – Howe, A. G. – Hui, C. – Hutchison, W. D. – Kenis, M. – Koch, R.L. – Kulfan, J. – Handley, L. L. – Lombaert, E. – Loomans, A. – Losey, J. – Lukashuk, A. O. – Maes, D. – Magro, A. – Murray, K. M. – San Martin, G. – Martinkova Z. – Minnaar, I. A. – Nedved, O. – Orlova-Bienkowskaja, M J. – Osawa, N. – Rabitsch, W. – Ravn, H. P. – Rondoni, G. – Rorke, S. L. – Ryndevich, S. K. – Saethre, M.-G. – Sloggett, J. J. – Soares, A. O. – Stals, R. – Tinsley, M. C. – Vandereycken, A. – van Wielink, P. – Viglášová, S. – Zach, P. – Zakharov, I. A. – Zaviezo, T. – Zhao, Z (2016): The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. *Biological Invasions*, 18, pp. 997–1044.

- Serpa, L. – Schanderl, H. – Brito, C. – Soares, A. O. (2003): Fitness of five phenotypes of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). In: Soares, A. O. – Ventura, M. A. – Garcia, V. – Hemptinne, J-L. (eds.) Proceedings of the 8th International Symposium on Ecology of Aphidophaga: Biology, ecology and behaviour of aphidophagous insects. Portugal, Ponta Delgada. *Arquipélago – Life and Marine Sciences*, 5, pp. 43–49.
- Sun, X.Q. – Chen, W.L. – Chen, Z.B. – He, J.L. – Ye, W.J. (1996): A preliminary study on the artificial diet of an aphidophagous coccinellid, *Harmonia axyridis* (Pallas), and its use to control strawberry aphids under plastic covering. *Journal of Shanghai Agricultural College*, 14, pp. 133–137.
- Tan, C. C. (1945): Mosaic dominance in the inheritance of color patterns in the lady-bird beetle, *Harmonia axyridis*. *Genetics*, 31, pp. 195–210.
- Tan, C. C. – Li, J. C. (1934): Inheritance of the elytral color patterns of the lady-bird beetle, *Harmonia axyridis* Pallas. *The American Naturalist*, 68 (716), pp. 252–265.
- Vane-Wright, R. I. – Huertas, B. – Fage, J. (2017): The Brighton Monarch 2015 – born free, or escapee? *Entomologist's Gazette*, 68, pp. 73–84.
- Violle, C. – Navas, M. L. – Vile, D. – Kazakou, E. – Fortunel, C. – Hummel, I., – Garnier, E. (2007): Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116 (5), pp. 882–892.
- Wagner, J. D. – Glover, M. D. – Moseley, J. B. – Moore, A. J. (1999): Heritability and fitness consequences of cannibalism in *Harmonia axyridis*. *Evolutionary Ecology Research*, 1, pp. 375–388.
- Wang, S. – Michaud, J. P. – Zhang, R. – Zhang, F. – Liu, S. (2009): Seasonal cycles of assortative mating and reproductive behaviour in polymorphic populations of *Harmonia axyridis* in China. *Ecological Entomology*, 34 (4), pp. 483–494.

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

9.1 Ábrák:

1. ábra: A harlekinkatica imágója (*Forrás: Markó V.*) (2. oldal).
2. ábra: A harlekinkatica ivari különbsége.
A nőstények (A, C, E) és hímek (B, D és F) megkülönböztető morfológiai jegyei (*Forrás: McCornack et al. 2006.*) (3. oldal).
3. ábra: A harlekinkatica tojásai (*Forrás: Markó V.*) (4. oldal).
4. ábra: A harlekinkatica lárvája (*Forrás: Markó V.*) (4. oldal).
5. ábra: A harlekinkatica bábjai (*Forrás: Czepó M.*) (4. oldal).
6. ábra: A harlekinkatica színváltozatai (*Forrás: L. J. Michie et al., 2010.*) (5. oldal).
7. ábra: A harlekinkatica európai elterjedése (*Forrás: H. E. Roy et al., 2016.*) (11. oldal).
8. ábra: A harlekinkatica elterjedése Magyarországon és az országhatár közelében (*Forrás: Markó és Pozsgai, 2009.*) (12. oldal).
9. ábra: A *H. harmoniae* talluszai a harlekinkaticán
(*Forrás: <https://www.marylandbiodiversity.com/view/1963>*) (15. oldal).
10. ábra: A szekszárdi Jermy-típusú fénycsapa (*Forrás: Mosonyi Szabolcs*) (17. oldal).
11. ábra: A pronotum és szárnyfedő színváltozatainak besorolása (*Molnárné Balog Luca Eszter nyomán*) (18. ábra).
12. ábra: Harlekinkatica színváltozatainak egyedszáma 2007 és 2012 között a sukorói fénycsapdában (21. oldal).
13. ábra: Harlekinkatica színváltozatainak egyedszáma 2007 és 2012 között a kőszárhegyi fénycsapdában (21. oldal).
14. ábra: Harlekinkatica színváltozatainak egyedszáma 2007 és 2012 között a szekszárdi fénycsapdában (22. oldal).
15. ábra: A pronotum szélességének alakulása a különböző ivaroknál (22. oldal).
16. ábra: A tibia hosszának alakulása a különböző ivaroknál (23. oldal).
17. ábra: Az elytra színezettségének alakulása a különböző ivaroknál (23. oldal).
18. ábra: A pronotum színezettségének alakulása a különböző ivaroknál (24. oldal).
19. ábra: A pronotum szélességének és a jobb hátsó lábszár (tibia) hosszának kapcsolata a nőstényeknél és a hímeknél, a három mintavételi helyszínen (25. oldal).
20. ábra: A pronotum és az elytra színváltozatainak kapcsolata hímeknél és nőstényeknél, a három mintavételi helyszínen (26. oldal).

- 21. ábra: Az elytra színezettségének alakulása a különböző hónapokban (27. oldal).
- 22. ábra: Az pronotum színezettségének alakulása a különböző hónapokban (28. oldal).
- 23. ábra: A jobb hátsó tibia hosszának alakulása a különböző hónapokban (29. oldal).
- 24. ábra: A pronotum szélességének alakulása a különböző hónapokban (29. oldal).
- 25. ábra: A pronotum szélességének alakulása a különböző színváltozatokban (31. oldal).
- 26. ábra: A tibia hosszának alakulása a különböző színváltozatokban (31. oldal).

9.2 Táblázatok:

- 1. táblázat: A *H. harmoniae*-val fertőzés intenzitásának besorolása talluszsám alapján (18. oldal).
- 2. táblázat: A harlekinkatica fénycsapdafogások alakulása Sukoró, Kőszárhegy és Szekszárd településeken 2007-től 2012-ig (20. oldal).
- 3. táblázat: A különböző színváltozatok egyedszáma a sukorói, kőszárhegyi és szekszárdi fénycsapda gyűjtéseiben, 2007-től 2012-ig (20. oldal).
- 4. táblázat: A pronotum- és tibiaméretetek közötti kapcsolat nőstények és hímek esetén (24. oldal).
- 5. táblázat: Gyűjtési hónapok és az ivarok hatása az eltron színezetére robosztus kétszemponos varianciaanalízissel elemezve (27. oldal).
- 6. táblázat: Gyűjtési hónapok és az ivarok hatása a pronotum színezettségére robosztus kétszemponos varianciaanalízissel vizsgálva (27. oldal).
- 7. táblázat: A gyűjtési hónapok és ivarok hatása a jobb hátsó tibia méretére (28. oldal).
- 8. táblázat: Pronotum méretének robosztus kétszemponos varianciaanalízise (29. oldal).
- 9. táblázat: Az elytra mintázata és az ivarok hatása az elytra méretére. Robosztus kétszemponos varianciaanalízis (30. oldal).
- 10. táblázat: A Pronotum mintázata és az ivarok hatása a pronotum méretére (30. oldal).

Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Szokol Balázs
A Hallgató Neptun kódja:	BTN0E1
A dolgozat címe:	A harlekinkatica (<i>Harmonia axyridis</i>) funkcionális tulajdonságainak változása a vegetációs periódus során
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	MATE Növényvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Rovartani Tanszék

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-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: 2024 év november hó 4 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Szokol Balázs (hallgató Neptun azonosítója: BTN0E1) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy adiplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Budapest, 2024. november 4.



Dr. Markó Viktor

belső konzulens