

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

HORVÁTH BALÁZS

MOSONMAGYARÓVÁR
2006

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
Környezettudományi Intézet

**A VADGESZTENYELEVÉL-AKNÁZÓMOLY
(*CAMERARIA OHRIDELLA*) ÉLETMÓDJA ÉS
PARAZITOID KÖZÖSSÉGE A SZIGETKÖZ
TÉRSÉGÉBEN**

PhD ÉRTEKEZÉS

Írta:

Horváth Balázs

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem
„*Precíziós növénytermesztési módszerek*” doktori iskola
„Növényvédelmi módszerek és növénykezelések precíziós-
termelésorientált integrálása” programja keretében

Doktori Iskola- és programvezető:
Dr. Kuroli Géza
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:
Dr. Benedek Pál
egyetemi tanár, az MTA doktora

MOSONMAGYARÓVÁR
2006

**A VADGESZTENYELEVÉL-AKNÁZÓMOLY (*CAMERARIA
OHRIDELLA*) ÉLETMÓDJA ÉS PARAZITOID KÖZÖSSÉGE A
SZIGETKÖZ TÉRSÉGÉBEN**

Írta:
Horváth Balázs

Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és
Élelmiszertudományi Kar Precíziós növénytermesztési módszerek
Doktori Iskola Növényvédelmi módszerek és növénykezelések precíziós-
termelésorientált integrálása programja keretében

Témavezető: Dr. Benedek Pál

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton %-ot ért el,

Mosonmagyaróvár,

.....

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen / nem)

Első bíráló (Dr.) igen / nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen / nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen / nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján %-ot ért el,

Mosonmagyaróvár,

A Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése

Az EDT elnöke

KIVONAT

A szerző disszertációjában a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986) életmódjának és parazitoid közösségeinek északnyugat-magyarországi élőhelyeken való vizsgálatát tűzte ki célul, melynek eredményei a szerte Európában rendkívül gyorsan terjedő kártevő rovarfaj elleni védekezésben segítségül szolgálhatnak.

A szerző megfigyeléseit az északnyugat-magyarországi Szigetközben 4 különböző élőhelyen végezte díszfának ültetett fehér vadgesztenyén (*Aesculus hippocastanum* L.).

A jelölt a célkitűzéseknek megfelelően vizsgálta a vadgesztenyelevél-aknázómoly és a parazitoidjaiként fellépő fémfürkész fajok tavaszi és évközi rajzását, amelyek adatainak felhasználásával számítási módszert dolgozott ki az aknázómoly levelekben fellelhető fejlődési alakjai egyedsűrűségének előrejelzésére. Foglalkozott a vadgesztenyelevél-aknázómoly és a parazitoidjainak fejlődésében tapasztalható összehangoltság kérdésével, és a szakirodalomban elterjedt vélekedéssel ellentétben a parazitoid populációknak legalább részleges helyben maradása mellett hozott fel érveket. Tanulmányozta a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltságában a – nemzetközi viszonylatban is hosszúnak számító – 7 vizsgálati esztendő során bekövetkezett változásokat, a moly és a parazitoidok fejlődését különböző levéltípusokban és lombkoronaszintekben, valamint az egyes parazitoid fajok fejlődésialak-preferenciáját. Megfigyelései alapján az aknázómoly és a parazitoid fajok fokozatos adaptációjára vont le következtetést.

ABSTRACT

The thesis deals with the biology and the parasitoid community of the horse-chestnut leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986). The goal of the long-term investigations was to collect appropriate data on the biology of the leafminer that could possibly be used in controlling the invasive new pest in the future.

The investigations were carried out on 4 different locations in Szigetköz, North-West Hungary, on planted common horse-chestnut trees (*Aesculus hippocastanum* L.).

On the basis of the swarming data of the moth we worked out a method to calculate density curves of different developmental stages in the mines. Comparing the density curves to the swarming curves of the parasitoids, an attempt was made to find out to which degree the development of the host and its parasitoids are synchronized. In contrast to the wide-spread opinion in literature, results confirmed the existence of a partly permanent, quasi-stabile parasitoid community. Using the data of the investigations pursued throughout 7 years, an unusually long period compared to the studies currently available, we have also examined development of the moth and the parasitoids in different leaf types and canopy levels, changes in the rate of parasitism as well as the preference of the parasitoid species to attack different larval stages of the moth.

Our results are discussed with a special regard to their practical usage in controlling the horse-chestnut leafminer.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	8
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	10
2.1. A vadgesztenyelevél-aknázómoly (<i>Cameraria ohridella</i>) rendszeri helye, morfológiája és átalakulása.....	10
2.2. A vadgesztenyelevél-aknázómoly felfedezése, eredete, terjedése és jelenlegi előfordulása Európában.....	13
2.3. A vadgesztenyelevél-aknázómoly tápnövényei és kártétele.....	17
2.4. A vadgesztenyelevél-aknázómoly fejlődésmenete.....	21
2.5. Az élőhelyek meghódítása és a vadgesztenyefákon való megtelepedés.....	27
2.6. A környezeti tényezők hatása a fejlődésre.....	30
2.7. A <i>C. ohridella</i> sikerességének okai, a populációk stabilitásának forrásai, mortalitási tényezők.....	31
2.8. Természetes ellenségek, parazitoid közösség.....	35
2.9. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága.....	41
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	43
3.1. A vizsgálatok helye és ideje.....	43
3.2. A vizsgálatok módszere.....	46
4. AZ EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK.....	50
4.1. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága.....	50
4.1.1. A parazitáltsági fok számítása.....	50
4.1.2. A <i>C. ohridella</i> parazitáltságában hosszú távon megfigyelt változások.....	52
4.1.3. A <i>C. ohridella</i> parazitáltsága különböző élőhelyeken.....	57
4.1.4. Különbségek az egyes lombkoronaszintek között.....	60
4.1.5. Árnyékban és napon fejlődő levelek.....	62
4.1.6. Kis- és nagyméretű levelek.....	64
4.2. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoid közössége.....	64
4.2.1. A parazitoid közösség összetételében 7 év alatt bekövetkezett változások.....	64
4.2.2. Az egyes parazitoid fajok hozzájárulása a <i>C. ohridella</i> parazitáltságához.....	66
4.2.3. A parazitoid közösségek összetétele különböző élőhelyeken.....	66
4.2.4. A parazitoid közösség az egyes lombkoronaszintekben.....	69
4.2.5. A parazitoid közösség árnyékban és napon fejlődő levelekben ...	71
4.2.6. A kis- és nagyméretű levelek parazitoid közössége.....	72
4.2.7. A lehullott levelekből a következő év januárjáig, illetve január után kikelt parazitoidok megoszlása.....	73
4.3. A moly egyes fejlődési alakjainak parazitáltsága.....	74

4.4. A vadgesztenyelevél-aknázómoly és parazitoidjainak rajzása, a moly egyes fejlődési alakjainak számított egyedsűrűsége és a szinkronizált fejlődés kérdései	79
4.4.1. A <i>C. ohridella</i> és parazitoidjainak rajzása	79
4.4.2. A <i>C. ohridella</i> különböző fejlődési alakjainak számított egyedsűrűsége.....	81
4.4.3. A <i>C. ohridella</i> és a parazitoidok fejlődésének összehangoltsága .	84
4.5. A szabadon fejlődő levelekből kimutatott parazitáltság és a parazitoidok fellépési intenzitása változásának összefüggése 2004-ben Héderváron	85
4.6. A vadgesztenyelevelek fertőzöttsége	86
4.6.1. A levelek fertőzöttségének hosszabb távú változásai	86
4.6.2. A levelek fertőzöttsége különböző élőhelyeken	87
4.6.3. Fertőzöttségbeli különbségek az egyes lombkoronaszintek között	88
4.6.4. Árnyékban és napon fejlődő levelek fertőzöttsége	90
4.6.5. A kis- és nagyméretű levelek fertőzöttsége	91
4.6.6. A középső lombkoronaszint eredményeinek értékelése	92
5. ÖSSZEFOGLALÁS	93
6. SUMMARY	100
7. IRODALOMJEGYZÉK	105
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	117

1. BEVEZETÉS



1. kép: Kifejlett vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*)

A vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum* L. 1753) eredeti élőhelyéről, Délkelet-Európából 1576-ban került Közép- és Nyugat-Európába. Ma Európa egyik leggyakrabban ültetett dísfája, amely a kontinens nagy részén elterjedt, és esztétikai szerepénél, valamint lombzatának szűrő funkciójánál fogva fontos szerepet játszik a városi környezet elviselhetővé tételében. Mintegy két évtizeddel ezelőttig – legalábbis kártevők szempontjából - a vadgesztenyefák a legegészségesebb dísfák közé tartoztak (Kükedi, 2001). A helyzet alapvetően 1984-ben, a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986) megjelenésével változott, amely rendkívül gyorsan terjedve mára a vadgesztenye európai elterjedési területének nagy részét meghódította, és napjainkban is tovább terjed. Más aknázómoly fajokkal összehasonlítva a *C. ohridella* két szempontból is különleges: egyrészt az aknákban élő lárvák egyedsűrűsége jóval meghaladja a közelrokon fajokét, másrészt a fák fertőzöttsége az elmúlt években sehol sem csökkent a természetes ellenségeknek köszönhetően, és a moly hosszú távon gradációkra jellemző populációméretet tart fenn (Grabenweger, 2004/a).

A faj az általa kiváltott fertőzés látványosságának köszönhetően csakhamar a közvélemény figyelmét is felkeltette. Ez hozzájárult ahhoz, hogy intenzív kutatások céltáblájává vált, és a *C. ohridella* ma kétségkívül az egyik legjobban ismert kártevő rovar sok európai országban (Grabenweger, 2004/a).

Az elmúlt húsz évben felhalmozott ismeretek azonban sok szempontból kiegészítésre szorulnak. Egy adott élőhelyen nem végeztek még olyan vizsgálatokat, amelyek a fák fertőzöttségét, az aknázómoly parazitáltságát vagy a parazitoid közösség összetételének változásait hosszabb távon nyomon követték volna. Meglehetősen hiányos a tudásunk az egyes parazitoidok életmódjával kapcsolatban is, nem ismerjük a környezeti vagy a gazdaszervezettel szemben támasztott igényeiket, vándorlási szokásaikat, az új gazdához való adaptáltságuk mértékét. A szakirodalomban alig állnak rendelkezésre adatok a moly és parazitoidjainak ökológiai igényeit illetően, és nem ismert az egyes fajok vertikális megoszlásának mikéntje sem a lombkoronában. Legfőképpen pedig hiányzik egy olyan módszer, amely a fák védelmét a környezet tisztaságának vagy a fák egészségének veszélyeztetése nélkül olcsón és hatékonyan megoldaná.

Az elmondottaknak megfelelően kutatómunkánk célja az alábbiak szerint összegezzhető:

1. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltságának vizsgálata
2. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoid közösségének vizsgálata
3. A vadgesztenyelevél-aknázómoly egyes fejlődési alakjai parazitáltságának vizsgálata
4. A vadgesztenyelevél-aknázómoly és parazitoidjainak rajzása, a moly egyes fejlődési alakjainak számított egyedsűrűsége és a szinkronizált fejlődés kérdései
5. A szabadon fejlődő levelekből kimutatott parazitáltság és a parazitoidok fellépési intenzitása változásának összefüggése
6. A vadgesztenyelevelek fertőzöttségének vizsgálata

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) rendszertani helye, morfológiája és átalakulása

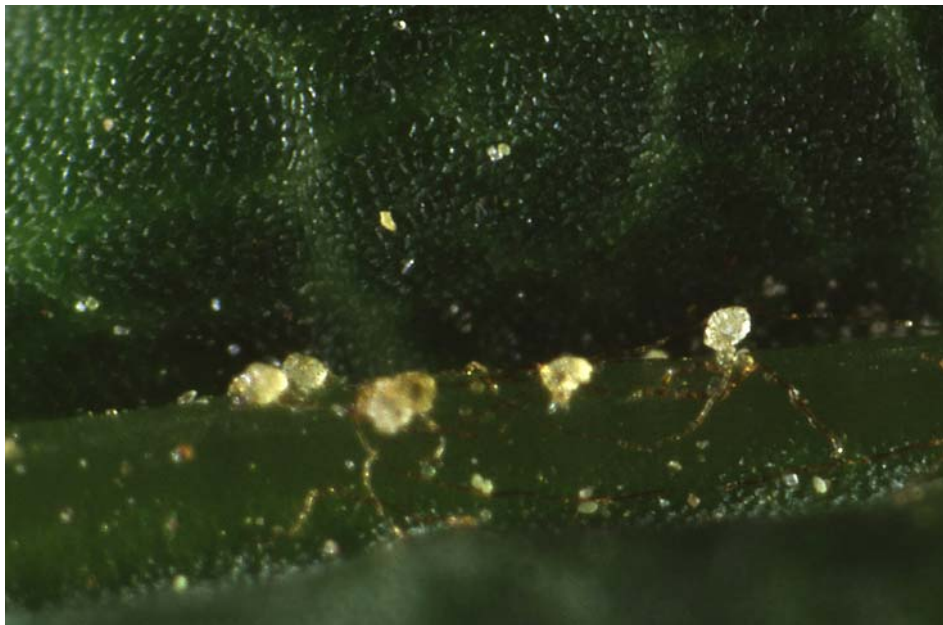
A vadgesztenyelevél-aknázómolyt – a követett rendszertől függően - a sátoraknás molyok (Lithocolletidae) vagy a keskenyszárnyú molyok (Gracillariidae) családjába sorolják.

Az imágó kb. 5 mm testhosszúságú, 6-8 mm szárnyfesztávolságú mikrolepke (1. kép). Elülső szárnyai aranyló színűek, fémes csillogású vörösek vagy okkerbarnák, négy, részben összefüggő, feketével szegett keresztsávval (Deschka – Dimić, 1986; Czencz, 1996 in Kükedi, 2001; Freise – Heitland, 2004/a). Hátsó szárnyai tollszerűek, sötétszürkék (Tilbury - Evans, 2003). A homloktájékot bőbitaszerű, hosszú homlokszörzet díszíti (Szöcs et al., 1997), csápjai az elülső szárnyaknál valamivel rövidebbek (Deschka – Dimić, 1986). A kifejlett lepke nem táplálkozik (Szöcs et al., 1997). A faj leírói szerint (1986) az ivarok testméretében jelentős eltérés nincs, bár a hímek valamivel kisebbek a nőstényeknél (Freise, 2001 in Kehrlí – Lehmann – Bacher, 2005).

Az ovális, víztiszta petéket, melyeknek mérete Freise és Heitland (2004/a) szerint 0,2-0,3 mm (hosszúság), Czencz és Bürgés (1996) szerint 0,3x0,5 mm, a nőstény egyesével rakja a vadgesztenyelevelek színi felszínére (2. kép). Számuk levelenként a 700-at is elérheti (Tilbury - Evans, 2003). Kikelés alkalmával a lárvák közvetlenül a chorion alatt hatolnak be a levélbe és foltaknát képeznek a levél színén (Freise – Heitland, 2004/a). Természetesen ennek csak a töredéke, mintegy 20 egyed jut el bábállapotig egy levélkére számítva (Pschorn-Walcher, 1997).

A *C. ohridella* lárváinak morfológiája alapján véve a Lithocolletinae alcsalád lárváinak morfológiáját követi. Átalakulása hipermetamorfózis, és 6 lárvaalakja van (Šefrová - Skuhřavý, 2000). Az egyes szerzők véleménye a lárvalakok számát illetően megoszlik: Czencz és Bürgés (1996) 5 lárvastádiumot említ, míg Freise és Heitland (2004/a) 6 vagy 7 lárvalakot különböztet meg. Teste egész fejlődése alatt hát-hasi irányban lapított marad, 13 darab konvex oldalú, karéjos szelvényből áll, melyek között erőteljesen befűzött (Freise – Heitland, 2004/a; Šefrová - Skuhřavý, 2000; 3. kép). A hát- és haslemezek kiterjedt kitinmezőket viselnek, amelyek a lárva aknában való mozgását segítik elő (4. kép). Kúp alakú torlábaik, 3 pár haslábuk és tololábuk van (Czencz – Bürgés, 1996). Az első 4 lárvaalak lapos háromszög alakú, prognath fejtokkal rendelkezik (Šefrová - Skuhřavý, 2000). Freise és Heitland (2004/a) szerint a vadgesztenyelevél-aknázómolynak két morfológiailag különböző lárvaalakja közül az aknázó alak 4 vagy 5 lárvastádiumra jellemző. Ezeknél a labrum és a labium masszív, pajzs alakú, és a lapos, sarló alakú mandibulák vízszintes síkban mozognak. A maxillák, az ajaktapogatók és a szö-

KÉPMELLÉKLET I.



2. kép: A *C. ohridella* levélér mellé lerakott petéi



3. kép: Aknázó lárvaalak

KÉPMELLÉKLET II.



4. kép: A *C. ohridella* idős lárvája



5. kép: Fiatal lárva aknája áteső fényben

vömirigyek hiányoznak. A szájszerveknek ez a speciális felépítése teszi lehetővé a hernyó számára a levélparenchima felhasítását. A lárva folyékony vagy pépes táplálékot vesz fel (Šefrová - Skuhravý, 2000).

Freise és Heitland (2004/a) szerint az első két lárvastádium (L_1 és L_2) folyadékkal, a felső bőrszövet sejtjeiből származó sejtnedvvel táplálkozik (sap-feeding típusú), míg az utána következő aknázó stádiumok (L_3 - $L_{4.5}$) az oszlopos parenchimát fogyasztják, sértetlenül hagyva a levélereket. A levélerek még a 90 %-ban aknákkal fedett leveleken is működőképesek (Nardini et al., 2004). Pschorn-Walcher (1994, in Zelenko – Devetak – Stelzl, 1999) szerint az L_3 lárva is sap-feeding típusúak, míg Šefrová és Skuhravý (2000) a 4. larvaalakot is a sejtnedvvel táplálkozók közé sorolja. A levélerek kikerülése a levél – és közvetve a benne fejlődő lárva - életben tartását szolgálja (Freise – Heitland, 2004/a). A torlábak és a ventrális és anális lábak szerintük teljesen redukáltak. A fenti morfológia a 4. (Freise és Heitland szerint az 5.) larvaállapotig nem változik. Az egyes stádiumokban a lárva testhossza különböző (I.: 0,5 mm, II.: 1,2 mm, III.: 2,1 mm, IV.: 3,5 mm), de a legfontosabb megkülönböztetőjük a fejtök eltérő szélessége (I.: 0,10-0,17 mm, II.: 0,20-0,30 mm, III.: 0,36-0,46 mm, IV.: 0,50-0,65 mm) (Šefrová - Skuhravý, 2000).

A viszkózus anyag, amellyel a táplálkozó lárva az akna belső felszínét bevonják, megkeménykedve kátrányszerű foltokat képez (5. kép). A lárva általában magányosan táplálkozik az aknában, de nagy egyedsűrűségek esetén az egyes aknák összeolvadhatnak, és a továbbiakban a lárva közös aknában elhelyezkedve egymás mellett táplálkozik. Súlyosan fertőzött fákon ezek a közös aknák is egyesülnek és elfoglalják a teljes levélfelületet (Freise – Heitland, 2004/a).

A moly utolsó két lárvastádiuma (S_1 és S_2) szövő típusú, a 4 vagy 5 aknázó típusú stádium után következik. A szövő típusú lárva feje lekerekített, mérsékelten lapos és enyhén lefelé hajló, de továbbra is semiprognath marad (Šefrová - Skuhravý, 2000). Jól fejlett fonószemölcsessel rendelkeznek (Freise - Heitland, 2004/a), de a fejtökméret a 4. stádiumhoz képest nem változik jelentősen (Šefrová - Skuhravý, 2000). A szájszervek maxillákkal és maxilláris tapogatókkal, ajaktapogatókkal, szövömirigyekkel egészülnek ki. A mandibulák kicsik és működésképtelenek. A torlábak továbbra is redukáltak, csak egy lekerekített dudor és egy csökevényes karom alkotja őket. A ventrális lábak a 3-5. hasi szelvényeken és az anális lábak (prolegs) megvannak, de laposak. A ventrális lábak 12-20 darab, egy sorban körbe rendezett horoggal rendelkeznek vagy ezek haránt sávokat alkotnak, míg az anális lábak 10-18 horga egy-egy haránt sávba rendeződik. Az 1. szövőstádium szklerotizált lemezei eléggé kiterjedtek, oldalra nyúlnak, viszont a 2. szövőstádium kutikulája finom, kevésbé szklerotizált (Šefrová - Skuhravý, 2000).

Az utolsó két lárvastádium között egyéb különbségek is vannak. Az első szövőstádium testszíne szürkés, és selyemszálakból helyet készít a leendő bábnek. A második szövőstádium halványsárga vagy krémszínű, szövő viselkedését tekintve pedig két határozottan elkülönülő típusba sorolható. Az első típusba tartozók selyemszálakból kokont készítenek, amely az akna aljához rögzül, és amelyben a bábozódás történik (6. kép). Ebben az esetben az S_1 szürkés lárvabőre a kokonon kívül található, rendszerint a kokon felszínén vagy annak közelében (7. kép). A második típusba tartozó lárvák nem készítenek kifejezett kokont a báb számára, ebben az esetben mind az első, mind a második szövőstádium lárvabőre a báb mellett található meg. Eddig nem sikerült összefüggést megállapítani a két típus előfordulási gyakorisága és az aknázó stádiumok száma (4 vagy 5) között (Freise – Heitland, 2004/a).



6. kép:
Kokonok a
felső
epidermisz
eltávolítása
után

A *C. ohridella* bábja (múmiabáb, pupa obtecta) 3-5 mm hosszú és barna színű (8. kép). Hegyes feji vége alkalmas a kokon és a felső epidermisz áttörésére, amire a kirepülést megelőzően van szükség. A 2-6. abdominális szelvények befelé görbülő tüskéket hordoznak, amelyeknek a báb kokonhoz vagy felső epidermiszhez való rögzítésében van szerepük. A molyok a levelet kizárólag a felső epidermiszen keresztül hagyják el. A bábok neme a 6. és 7. abdominális szelvények alakja alapján határozható meg (Deschka – Dimić, 1986; Freise – Heitland, 2004/a). A bábok egy része – mint említettük - lencse alakú kokonban található, amelynek fedőlemeze is az alsó epidermiszhez rögzül, és amelyben a báb teljesen szabadon helyezkedik el (Deschka – Dimić, 1986; 8. kép).

KÉPMELLÉKLET III.



7. kép: A szövő lárvaalak (S₁) levedlett bőre a kokon fedőlemezén



8. kép: Báb az utolsó lárvaalak levedlett bőrével a kokon fedőlemezének eltávolítása után

2.2. A vadgesztenyelevél-aknázómoly felfedezése, eredete, terjedése és jelenlegi előfordulása Európában

A vadgesztenyelevél-aknázómoly felfedezése, terjedése és jelenlegi előfordulása Európában

A vadgesztenyelevél-aknázómolyt (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986) (Lepidoptera, Gracillariidae) Macedóniában, az Ohridi-tó mellett fedezték fel vadgesztenyén (*Aesculus hippocastanum* L. 1753, Hippocastanaceae) 1984-ben, egy tömeges fellépése alkalmával, és mint tudományra új fajt írták le 1986-ban (Deschka – Dimić, 1986; Freise – Heitland, 2001, 2004/a; Lupi, 2005). Azóta szerte Európában a vadgesztenyefák legjelentősebb kártevőjévé vált. Tömeges terjedése példa nélkül álló a rendszertanilag közel álló fajok között (Šefrová - Laštůvka, 2001). A faj megjelenése után általában két év telik el, amíg a vadgesztenyefák tömeges fertőzésére kerül sor egy adott élőhelyen, ennek megfelelően sokszor a felfedezése is egy-két évvel a megtelepedése után történik. A felfedezését követő első években - az Ohridi-tó melletti tömeges előfordulása ellenére - a következő évtizedek eseményeit még nem lehetett előre látni. A faj leírói még egy ismeretlen korlátozó tényezőnek tulajdonítják, hogy a *C. ohridella* – pl. a rokon *Phyllonorycter* fajokkal ellentétben – nem hódított meg nagyobb területeket (Deschka – Dimić, 1986).

A faj a felfedezési helyről kiindulva minden irányban egyenletes sebességgel terjedt, ami a légáramlásokkal való passzív sodródásra utal (Šefrová - Laštůvka, 2001; Šefrová, 2003). Más szerzők szerint a moly terjedése nem mindenütt követ szabályos mintázatot, és nem lehet kizárni a hosszú távú terjedésben az ember szerepét (Gilbert et al., 2004/a). Elterjedési területének növekedése így egyre táguló, viszonylag szabályos koncentrikus körökkel rajzolható meg, ami alól csak a Linz környékén való 1989-es megjelenése képez kivételt - ide a faj antropogén úton, járművekkel való behurcolással került (Deschka – Gusenleitner, 1993; Tomiczek, 1997; Hellrigl, 2002). Behurcolása Ausztriába mindössze egy alkalommal történt a populációgenetikai vizsgálatok szerint, az ország *C. ohridella* népessége ebből a populációból származik. A behurcolt populáció - a több város környékéről vett mintákban talált homozigóták szokatlanul nagy aránya alapján - feltételezhetően viszonylag kevés egyedből állhatott (Perny, 1997). Valószínűleg egész Európára igaz a megállapítás, hogy a *C. ohridella* populációk genetikai állományuk tekintetében rendkívül egységesek (Kovács – Stauffer – Lakatos, 2000). A moly a továbbiakban mindkét központból (Ohridi-tó és Linz) egyenletes sebességgel, légáramlásokkal szállítva folytatta terjedését minden égtáj irányába. A moly terjedésének sebessége így is igen nagy, 60-70 km/év (Šefrová - Laštůvka, 2001), más számítások alapján kb. 100 km/év (Heitland – Kopelke – Freise,

2003), vagy generációnként 25-30 km (Akimov et al., 2003). Az aknázómolyok széllel való terjedését nagyban segíti a testtömegükhöz viszonyított nagy szárnyfelületük (Deschka, 1995 in Baraniak – Walczak – Zduniak, 2005). Az aktív repülés hatótávolsága mindössze kb. 100 m-re tehető (Gilbert et al., 2004/a). Egyes szerzők szerint valószínűleg emberek is segítik terjedését, a molyok pl. a sétálók ruházatán ülve vagy a fák árnyékában parkoló járművek segítségével is utazhatnak (Milevoj – Maček, 1997). Mások a fő mechanizmusnak egyenesen az antropogén terjedést tartják, ami főként játművekkel történik (Deschka – Gusenleitner, 1993; Pavan – Zandigiacomo, 1998; Tilbury - Evans, 2003). A legújabb kutatások szerint azonban a terjedés legfontosabb módja a lehullott levelek széllel való téli szállítódása (Gilbert et al., 2004/a). Kimutatták, hogy sűrűbben lakott városokban nagyobb az esély a vadgesztenyefák megfertőződésére, egyrészt a fák nagyobb száma, másrészt az élénkebb forgalom miatt (Gilbert et al., 2004/b).

A moly az 1990-es évek elejéig meghódította Macedóniát, Szerbiát, Bulgáriát és Románia déli részét. Elterjedésének déli határát feltehetően gyorsan elérte Görögországban. 1994 körül a két terjedési központ körül kialakuló hullám találkozott Kelet-Szlovéniában, Észak-Horvátországban és Dél-Magyarországon. 1994-ben megjelent Szlovákiában, 1995-ben Olaszországban, 1996-ra elfoglalta csaknem egész Csehországot (Liska, 1997; Sivicek – Hrubik – Juhászová, 1997; Šefrová - Laštůvka, 2001). Jelenleg mindenütt megtalálható Belgiumban, Hollandiában, Németországban, Lengyelországban, és nyugatra terjed Franciaországban, dél felé Olaszországban, északra Dániában és Svédországban (Schmidt, 1997; Guichard – Augustin, 2002 in Straw – Bellett-Travers, 2004; Augustin – Guichard – Gilbert, 2004). 2002-ben Nagy-Britanniában, Spanyolországban, Albániában és Törökországban is megjelent, és két évvel később Ukrajnából, Moldáviából, Belorussziából és Nyugat-Oroszországból is jelentették (Kenis, szóbeli közlés in Straw – Bellett-Travers, 2004; Gninenko, 2004).

A vadgesztenyelevél-aknázómoly elterjedésének határa égövünkön kb. 1200-1250 m tengerszint feletti magasságnál van. A faj legmagasabb előfordulási helye szélességünkön Toblachnál található (1230-1250 m, Ausztria), ahol csak gyenge, alig észrevehető a fertőzöttség, aknák csak egyesével, egy-egy levélen találhatók (Hellrigl, 2002). Görögországban egészen 1400 m magasságig megfigyelték előfordulását (Avtzis, 2004). Ekkora (800-1100 m) tengerszint feletti magasságoknál azonban csak két generációja fejlődik évente (Hellrigl – Ambrosi, 2000). Elterjedésének kelet-nyugati ill. észak-déli határai – az éghajlat nyilvánvaló korlátozó hatását figyelmen kívül hagyva - a vadgesztenye elterjedési területével egyeznek meg, juharrá vagy más tápnövényre való átváltása ugyanis valószínűtlen (Šefrová – Laštůvka, 2001). A faj terjedése jelenleg is folyamatban van (Šefrová, 2003).

Magyarországon 1993-ban jelent meg, 1994-ben már tömegesen fordult elő, 1997-ben pedig elérte a keleti országhatárt is (Szabóky, 1997; Balázs – Thuróczy, 1999, 2000/a). Az 1991. évi Baranya megyei előfordulás (Tóth et al., 1999) is lehetséges, figyelembe véve a nagy populációk kialakulásához szükséges általában 2 éves időt. A *C. ohridella* Budapesten már 1995-ben megjelent. 2000-ben megállapítható volt, hogy a kártevő az egész országban elterjedt, a károsítások mértéke azonban különböző volt. Győr fái pl. az erősen károsodottak között voltak. A vadgesztenyefák betegsége, a guignardiás levélfoltosság is mindenütt elterjedt volt. A magányosan álló vadgesztenyefák általában érzékenyebben reagáltak a károsításra (Kükedi, 2001).

A faj Győr-Moson-Sopron megyének először a délkeleti részén jelent meg, majd rohamosan terjedt északnyugati irányba. A megyében szembetűnő kártételét először Mórvidéken, a Rábaközben észlelték 1995-ben. Lipót-Darnózséli térségében a fákon csak augusztus közepén jelentkezett kártétel, korai lombhullás ekkor még egyáltalán nem volt megfigyelhető. 1996-ban már igen, szeptember elején (Ábrahám – Havasréti – Lakatos, 1998).

A vadgesztenyelevél-aknázómoly eredete

Az első feltételezések szerint a faj a különböző vadgesztenyefajok eredeti élőhelyei egyikéről származik, így a Balkánról, Kelet-Ázsiából, a Himalájából vagy Észak-Amerikából (Deschka – Dimić, 1986; Kovács – Lakatos, 2001). Az *Aesculus* genus jelenlegi előfordulási helyei egy harmadkori, feltételezhetően összefüggő, az északi félgömb nagy részét magában foglaló elterjedés maradványai, amelyek a *Cameraria* nem mai előfordulási területeivel nagyjából megegyeznek. Az elterjedési területek pleisztocén kori feldarabolódásával, a populációk izolációjával vette kezdetét (vagy gyorsult fel) az egy-egy élőhelyre szorult *Aesculus* és *Cameraria* fajok koevolúciója és elválása más maradványterületek fajaitól (Deschka – Dimić, 1986). Kézenfekvő feltételezés, hogy a Balkán, ahol az *A. hippocastanum* őshonos, egyben a *C. ohridella* kialakulási helye is (Deschka – Dimić, 1986; Grabenweger – Grill, 2000). Az amerikai kontinensről való származást valószínűtlenné teszi a vadgesztenyelevél-aknázómoly nagymértékű különbözősége az amerikai *Cameraria* fajoktól (Davies in Pschorn-Walcher, 1997).

A Balkánról való származás ellen szól viszont, hogy első felfedezésekor is ültetett vadgesztenyefákon találták, nem pedig őshonos állományokban (Holzschuh, 1997). Emellett a faj parazitáltsága a Balkánon is nagyon alacsony, noha az eredeti élőhelyén akár 70-80 %-os parazitáltság is elképzelhető volna (Heitland – Kopelke – Freise, 2003), és mono- vagy oligofág parazitoidját sem sikerült ott találni (Kenis, 1997; Grabenweger et al., 2005; Kenis et al., in press). További érv a balkáni eredettel szemben, hogy Klimesch (1968, in

Baraniak – Walczak, 2004) részletes mikrolepidopterológiai vizsgálatai során nem találta nyomát a fajnak a felfedezési helyen néhány évtizeddel korábban, ami alapján a szerzők szerint szinte kizárható, hogy a *C. ohridella* feltűnő aknáival már akkor is előfordult ott. Kérdéses továbbá, miért éppen most kezdett el terjedni és miért ilyen gyorsan, ha eddig is itt volt Európában (Kenis et al., in press). Az Európán kívüli származás mellett szóló legnyomósabb érv azonban a húsz éve fennálló rendkívül magas egyedszám, ami tipikusan idegen fajokra jellemző (Kenis et al., in press).

Baraniak és Walczak (2004) az Ázsiából való későbbi betelepülést tartja valószínűnek, ahol mind az *Aesculus*, mind a *Cameraria* fajok között vannak őshonos előfordulásúak.

Az egyik leginkább elfogadott elmélet szerint a *C. ohridella* Amerikából került a Balkánra emberi közvetítéssel (Kovács – Lakatos, 2001). Amerikában ugyanis a *Cameraria* genus 52 fajt tartják nyilván, közülük a *C. aesculisella* az *A. glabra* és az *A. flava* vadgesztenyefajokat károsítja (Kovács – Lakatos, 2001). A *C. aesculisella* az egyetlen a világon ismert számos *Cameraria* faj közül, amely *Aesculus* fajokon él (Kenis, 1997).

Lehetséges, hogy a *C. ohridella* valamilyen ok folytán a rendszertanilag közel álló juharról (*Acer* sp.) váltott át a vadgesztenyére, de erre vonatkozóan nem állnak rendelkezésre bizonyítékok (Hellrigl – Ambrosi, 2000 in Heitland – Kopelke – Freise, 2003). Az elképzelést hihetővé teszi, hogy a moly több juharfajban is képes bábállapotig kifejlődni (Freise – Heitland – Sturm, 2004), ugyanakkor a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*) a vadgesztenyéhez hasonló széles elterjedtsége nem indokolja a gazdaváltás szükségességét (Heitland – Kopelke – Freise, 2003). Az aknázómoly preimaginális stádiumainak viszonylag alacsony mortalitása (kb. 30 %) azonban szintén arra utal, hogy a moly evolúciója során sosem találkozott a vadgesztenyével, ezért az nem fejlesztett ki ellene megfelelő rezisztenciát (Šefrová - Laštůvka, 2001). Az aknázott levelek benzaldehyd-, metil-szalicilát- és fenil-etanol-kibocsátása ugyanakkor a fák bizonyos fokú védekezésére utal (Johne – Weißbecker – Schütz, 2004). További érv az elképzelés mellett, hogy a *C. ohridella* morfológiailag közelebb áll az *Acer*-fajokon aknázó *C. nipponica*-hoz, mint bármely más fajhoz, beleértve az *Aesculus*-fajokon élő *C. aesculisellát* (Kenis et al., in press; Kovács – Lakatos, 2001). Egyre több bizonyíték szól amellett, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly nemcsak más kontinensről, hanem más növényfajról is származik (Kenis et al., in press). Az eredet kérdését multidiszciplináris megközelítésben, többek között különböző földrészekén élő *Cameraria* fajok mitokondriális DNS-ének genetikai vizsgálata bevonásával végzik (Lakatos et al., 2004).

2.3. A vadgesztenyelevél-aknázómoly tápnövényei és kártétele

A vadgesztenyelevél-aknázómoly kártételének gazdasági és esztétikai jelentősége

1994-ig a vadgesztenyefák a legegészségesebb fák közé tartoztak Magyarországon, különösebb gondozást nem igényeltek (Kükedi, 2001). Többnyire jelentéktelen kártevőjük volt a vadgesztenye-levélatka (*Oxypleurites carinatus*, ma érvényes nevén *Shevtchenkella carinata*), a közönséges takácsatka (*Tetranychus urticae*), és néhány aknázómoly faj (*Cnephasiella incertana*, *Cnephasia chrysantheana*), a patogének közül pedig a guignardiás levélfoltosság (*Guignardia aesculi*) okozott nyirkos helyeken időnként károkat (Deschka – Dimić, 1986; Czencz – Bürgés, 1996; Jurc, 1997; Szöcs et al., 1997; Milevoj – Maček, 1998). A vadgesztenyelevél-aknázómoly megjelenésével azonban a helyzet alapvetően megváltozott, a vadgesztenyefák súlyosan károsított fákká váltak (Kükedi, 2001).

A megtámadott fák levelein a lárvák aknákat képeznek, amelyek területe a lárva fejlődésének befejeztével kb. 1,5-2,5 cm² (Deschka – Gusenleitner, 1993; Lupi, 2005), képanalizáló programmal végzett mérés szerint átlagosan 2,15 cm² (Lupi – Jucker, 2004). Az első stádiumú lárvák aknájának átmérője kb. 2 mm (9. kép), a második stádiumúaké 4 mm, a harmadik stádiumúaké 9 mm, mindhárom fejlődési fokozat esetében kör alakú (Šefrová, 2001), leszámítva az először kialakuló farokszerű részt. A növényi szöveteket fogyasztó (tissue feeder) 4-5. stádium az akna méreteit már aszimmetrikusan növeli (Zelenko – Devetak – Stelzl, 1999; 10. kép).

Nyár végén, súlyos fertőzés esetén Lupi (2005) szerint több tucat akna is előfordulhat egy levélen (11. kép), míg más szerzők 210-350 db aknáról is beszámolnak levelenként (Deschka – Gusenleitner, 1993). Számítások szerint egy 1000 cm² felületű, kifejlett levélen legfeljebb 465 lárva fejlődhet ki (Lupi – Jucker, 2004). A súlyosan fertőzött levelek elpusztulhatnak és lehullhatnak (Lupi, 2005), és különösen aszályos években korai lombhullás következik be (pl. Deschka – Gusenleitner, 1993; Kehrlí – Bacher, 2004; 12. kép).

A levelek élettartama akár 30 %-kal is csökkenhet (Salleo et al., 2003), általában a szokásosnál 8-10 héttel korábban elveszítik fotoszintetizáló-képességüket (Šefrová, 2003). A fotoszintetikus aktivitás csökkenése az aknázott felület növekedésével arányosan csökken, az aknák közötti zöld levélrészek fotoszintetikus apparátusa ugyanis normálisan folytatja működését (Nardini et al., 2004). Ilyenkor természetesen a vadgesztenyetermés csökkenése, súlyosabb esetekben elmaradása is bekövetkezik (Reiderné, 1997 in Kükedi, 2001). Thalmann és munkatársai (2003) szerint a *C. ohridella* kártétele

KÉPMELLÉKLET IV.



9. kép: Az első lárvastádium üstökös aknája



10. kép: Aszimmetrikus akna

KÉPMELLÉKLET V.



11. kép: Erős fertőzés esetén egy levélkén több tucat akna is előfordulhat



12. kép: Lombja nagy részét elvesztett vadgesztenyefa július végén

negatívan befolyásolja a termés és a mag tömegét, de azok darabszámára nincs hatással. Erős fertőzés esetén a magok átlagos tömege a felére is csökkenhet (Salleo et al., 2003; Thalmann et al., 2003) a korai lombhullás és a fotoszintetikusan aktív szövetek károsodása következtében, ami a belőlük fejlődő fa csökkent túlélő- és versenyképességét, kisebb végső magasságát eredményezi (Thalmann et al., 2003). A fertőzés ugyanakkor növeli az éves faprodukciót, a vízszállító elemek átlagos átmérőjét és a vízszállítás volumenét, amivel a növény a fotoszintetizált szerves anyagok elosztásának akár 50 %-kal kisebb hatékonyságát és a levelek csökkent élettartamát igyekszik ellensúlyozni (Salleo et al., 2003). A jelenség azzal magyarázható (Thalmann et al., 2003), hogy a K-stratégista vadgesztenyefa a kedvezőtlen viszonyok között először a saját túlélését igyekszik biztosítani, amit a rendelkezésére álló források átcsoportosításával, a termés tömegének csökkentése árán ér el. A szerzők szerint a vadgesztenyelevél-aknázómoly a fák egyedi életére nincs jelentős káros hatással. A vadgesztenye délkelet-európai természetes élőhelyein azonban, ahol a faj szurdokerdők jégkori reliktumaként él, az *A. hippocastanum* magról való szaporodása veszélybe kerülhet, és az aknázómoly végső soron az ottani természetes vadgesztenyeállományok megmaradását kérdésessé teszi (Thalmann et al., 2003). A parkok ültetett vadgesztenyefáit inkább közvetetten veszélyezteti az aknázómoly, azáltal, hogy a városi hatóságok az erősen fertőzött fákat már most más díszfa fajokra kezdik cserélni (Kenis et al., in press).

A fertőzöttséget a fák kora is befolyásolja: egy ljubljanoi felmérés szerint júniusban a legfiatalabb fák kevésbé fertőzöttek, mint a középkorú és a legidősebb csoport tagjai. Ugyanakkor augusztusban és szeptemberben a középkorú fák jelentősen kevésbé voltak károsodottak, mint a másik két csoportba tartozók, viszont rajtuk a *Guignardia aesculi* elterjedtebb volt (Pivk – Milevoj, 2005).

A *C. ohridella* egyik nemkívánatos hatása lehet, hogy a fák legyengítésével fokozhatja a más kártevő rovarokkal vagy betegségekkel (*Phytophthora cactorum*, *Guignardia aesculi*, *Erysiphe flexuosa*, *Pulvinaria regalis*) szembeni fogékonyságot (Straw – Bellett-Travers, 2004); a *G. aesculi* által okozott károknak az aknázómoly elterjedésével párhuzamos növekedését Ausztriában megfigyelték (Tomiczek, 1997). E félelem - a *Guignardia aesculi* esetében – megalapozatlannak tűnik, hiszen több megfigyelés szerint e kórokozó és a *C. ohridella* ritkán fordul elő együtt. A növényi kórokozó- és kártevőpopulációk között gyakori negatív kölcsönhatás ugyanis a guignardiás levélfoltosság és a *C. ohridella* esetében is megfigyelhető: ahol nagy a gomba általi fertőzöttség, az aknázómoly kártétele jóval kisebb és fordítva (Gilbert et al., 2003; Milevoj – Maček, 1997). A jelenség azzal magyarázható, hogy mindkét faj ugyanazt a forrást használja, így egymással versengésben vannak, egymás kompetitorai (Hatcher, 1995 in Gilbert et al., 2003). Elképzelhető, hogy a kórokozó és a

kártevő együttes előfordulása esetén az egyik visszaszorítására a másik felszaporodással válaszol, kiaknázva a felszabaduló táplálékforrást (Gilbert et al., 2003).

A vadgesztenyelevél-aknázómoly tápnövényköre

A vadgesztenyelevél-aknázómollyal kapcsolatban az első évtizedben megjelent publikációk némelyike szerint a faj lárvái kizárólag a (fehérvirágú) vadgesztenye (*A. hippocastanum*) leveleiben fejlődnek (Deschka – Dimić, 1986; Deschka – Gusenleitner, 1993). Később kiderült, hogy az új aknázómolyfaj lárvái oligofágok, bár elsőrendű tápnövényük a vadgesztenye, de alkalmasint más *Aesculus* fajokon és a hegyi juharon (*Acer pseudoplatanus*) is megélnék (Lupi, 2005). Kenis és munkatársai (in press) rámutatnak, hogy az *A. hippocastanum* mellett a japán *A. turbinata* a legmegfelelőbb tápnövénye, de néhány esetben amerikai *Aesculus*-fajokon is megfigyelhető volt a lárvák teljes kifejlődése. Egy 2003-ban közölt kísérletsorozatban megállapították, hogy a *C. ohridella* a vizsgált 36 *Aesculus* faj közül 21-ben képes imágóig kifejlődni, köztük az *A. turbinata*, az *A. octandra* (= *A. flava*) és a vörös vadgesztenye (*A. pavia*) fajokon. Két juharfaj (*Acer pseudoplatanus* és *A. platanoides*) szintén alkalmas tápnövénynek bizonyult (Fresie – Heitland – Sturm, 2003), sőt, egyes esetekben a juharfák levélfelületének 100 %-os aknázottságát is megfigyelték (Fresie – Heitland – Sturm, 2004). Az *Acer*-fajokon fejlődő molylárvák azonban harmadával kisebbek, mint az *A. hippocastanum*-on élők, és halandóságuk is nagyobb (Gregor - Laštůvka – Mrkva, 1998).

Több szerző szerint (Czencz, 1996 in Kükedi, 2001; Szabóky – Vas, 1997; Freise, 2001 in Heitland – Kopelke – Freise, 2003;) a halványpiros vagy hússzínű vadgesztenyefán (*Aesculus carnea*: az *A. hippocastanum* és az *A. pavia* hibridje) ugyan megfigyelhető néhány kisméretű akna, de bábok ezekben nem fejlődnek, vagy a lárvák fejlődése erősen korlátozott (Hurej – Kukuła-Młynarczyk, 2004). Ugyanazon az élőhelyen az *A. carnea* fertőzősége mindig sokkal kisebb az *A. hippocastanum*-énál, aknáiban a lárvák fejlődése is lassúbb, és nem jut el a bábállapotig (Kukuła-Młynarczyk – Hurej, 2004). A fiatal molylárvák *Aesculus carnean* megfigyelhető pusztulása valószínűleg valamilyen kémiai vegyületnek köszönhető, amelynek kutatása jelenleg is folyamatban van, mert a védekezésben szintén jelentősége lehet (Heitland – Kopelke – Freise, 2003). No-choice tesztek eredményei szerint az *A. carneán* az első ill. második stádiumban pusztulnak el a lárvák, ami a felső epidermisz méreganyag-tartalmára utal (Fresie – Heitland – Sturm, 2003). Tomiczek és Krehan (1998, in Straw – Bellett-Travers, 2004) korábbi megfigyelései szerint viszont az *A. carnea* is alkalmas a *C. ohridella* teljes kifejlődését biztosítani, bár a fák fertőzősége jóval kisebb. Szabóky és Vas (1997) az *A. pavia*-n figyelt

meg 10 %-ot elérő fertőzöttséget, de ekkor az *A. hippocastanum* közelben álló egyedeinek fertőzöttsége a 100 %-ot is elérte (in Kükedi, 2001).

Kártétele különösen azokban a városokban szembeszökő, amelyekben fő tápnövénye, a fehérvirágú vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum*) nagy számban előfordul. A kártevő okozta negatív esztétikai hatás, a lomboknak már júniusban kezdődő sárgulása-barnulása a közvélemény figyelmét is felkeltette. A *C. ohridella* kártételéhez gyakran a kórokozó *Guignardia aesculi*-val (Peck) való fertőződés is társul. Az aknázómoly hosszú távú hatása a fák életerejére még kérdéses (Skuhřavý, 1999 in Gilbert et al., 2003) és az esztétikai hatást és a lombok szűrő funkciójának kiesését tartják a legjelentősebb következménynek (Thalmann et al., 2003). A kártevő így legtöbbször a városok problémája (Gilbert et al., 2003; Kehrli – Lehmann – Bacher, 2005). A brnoi Mendel Egyetem arborétumában 2002-2004-ben végzett vizsgálatban sem sikerült a vadgesztenyefék egészségi állapotában a *C. ohridella* számlájára írható negatív változást megfigyelni (Šefřová, 2005).

Más szerzők ugyanakkor arra figyelmeztetnek, hogy amennyiben a korai lombhullás több éven keresztül ismétlődik, az a fák egészségére negatív hatással lehet, és idő előtti pusztulásukat okozhatja (Kerényiné, 1996; Kreckl, 1998 in Kükedi, 2001; Svatoš et al., 1999/b, 2001; Kükedi, 2001). A fák tartós károsodásának különösen akkor nagy a veszélye, ha a vadgesztenyelevel-aknázómoly és egyéb betegségek, stresszhatások (pl. nem megfelelő talaj, környezetszennyezés, útsózás, szakszerűtlen metszés) hatása összeadódva egymást erősíti (Deschka – Gusenleitner, 1993; Deschka, 1995; Marx, 1997; Avar et al., 1998). A korai lombhullás ráadásul gyakran őszi másodvirágzashoz (és új levelek kialakulásához: 13. kép) vezet, ami hirtelen fagyok esetén ágak pusztulását okozhatja (Svatoš, szóbeli közlés, in Heitland – Kopelke – Freise, 2003; Balder – Jäckel – Schmolling, 2004).

A fő tápnövény elterjedése és jelentősége

A vadgesztenye szubtrópusi fákra emlékeztető virágpompája és egzotikus levélfelépítése miatt már Clusius (1525-1609) óta, aki 1576-ban a Balkánról a bécsi udvarba hozta, gazdagítja a parkokat, fasorokat és kerteket (Deschka – Gusenleitner, 1993; Heitland – Kopelke – Freise, 2003). Eredeti élőhelye Délkelet-Európa (Bulgária, Macedonia, Görögország, Albánia), ahol a jelenlegi természetes állományok jégkori reliktumai (Ulbrich, 1928 és van der Pijl, 1982 in Thalmann et al., 2003; Baraniak – Walczak – Zduniak, 2005) a szurdokerdőkben élő fajnak. Ma mint díszfa Európa nagy részén elterjedt, északon egészen Észak-Skóciáig és Skandinávia középső részéig, keleten Szentpétervárig, Szverdlovskig és Közép-Ázsiáig (Meusel et al., 1978 in Šefřová – Laštůvka, 2001).

A termés fontos gyógyászati alapanyag, szaponint és flavonoidokat tartalmaz, gyulladáscsökkentő, vér- és nyirokáramlás-javító hatású. A termésből készült draszték az érfal erősítésére használhatók, a pangás miatt keletkező ödéma csökkentésére alkalmasak. A virágból és a levélből aranyér ellen ülőfürdőt készítenek (Kükedi, 1999). A termést már a második világháborút követő években szappan előállítására használták fel (Bäumler, szóbeli közlés, in Heitland – Kopelke – Freise, 2003), de még ma is szerepet játszik bizonyos kozmetikumok előállításában (Wilkinson – Brown, 1999 in Heitland – Kopelke – Freise, 2003). A vadgesztenyének erdészeti jelentősége nincs, fája puha, szivarosdobozok és füstölők készítésére használatos (Heitland – Kopelke – Freise, 2003).

2.4. A vadgesztenyelevél-aknázómoly fejlődésmenete

A vadgesztenyelevél-aknázómoly plurivoltin faj, Európában általában 3 teljes nemzedéke alakul ki évente, bár egyes korábbi feltételezések (Szabóky, 1994) illetve mediterrán éghajlatú élőhelyeken, sőt, Közép-Európában végzett megfigyelések (Del Bene – Gargani, 2003, 2004; Skuhřavý, 1998, 2000) szerint 4-5 nemzedéke is kifejlődhet. A lehullott levelek aknáiban báb formájában telel, melyekből az imágók a következő év tavaszán kelnek ki. Az imágók Európában mindenütt hasonló időben rajzanak, függetlenül a földrajzi helytől (Mircheva – Subchev, 2003).

A kifejlett aknázómolyok tavaszi rajzása és az egyes egyedfejlődési szakaszokhoz szükséges idő

Az ősszel lehullott levelekből a molyok kirepülése a következő év áprilisának második felében indul meg, és mintegy másfél hónapig tart. Kikelés után a bábíngék félig kilógnak az aknából. Az aknát az imágók mindig a levél színe felől hagyják el (Deschka – Dimić, 1986). A rajzás ideje nagyjából megegyezik a vadgesztenye virágzási idejével (Pschorn-Walcher, 1997; Johne et al., 2003), ami a 250 m tfm-ú Neulengbachban (am Westrand des Wienerwaldes) május elejére-közepére esik. Növekvő tengerszint feletti magassággal és földrajzi szélességgel a rajzási idő 3-4 nappal tolódik 100 méterenként ill. fokenként (Pschorn-Walcher, 1997). Az előjövő lepkék főként a fák déli, napsütéses oldalán a lombok előtt röpködnek (Kükedi, 1999, 2001), vagy jó időben fejjel felfelé ülnek az idősebb fák törzsén (Pschorn-Walcher, 1997), túlnyomórészt a napos oldalon (Horváth, 2000). Az imágók kelése ill. repülése hajnalban kezdődik (Mircheva – Subchev, 2002) és sötétedésig folytatódik (Heitland – Kopelke – Freise, 2003). Adottságaink között április

végén vagy május elején a kártevő akkor rajzik, ha a napi átlaghőmérséklet eléri a 10 °C-ot (Kükedi, 1999, 2001), így az első generáció rajzáscsúcsa általában május első napjaira esik (Šefrová, 2001). Freise és Heitland (2004/a) szerint az általuk 1998-ban gyűjtött avarlevelekből 1999. április 22-én kezdődött az imágók rajzása, és június 2-ig tartott (42 nap). Az egy évvel később megismételt vizsgálatban a rajzás április 16-án indult és május 24-én fejeződött be (39 nap). Megfigyeléseik szerint a rajzás 1. harmadában a kikelt hímek száma jelentősen nagyobb volt a nőstényekénél, míg a másik két harmadban határozottan a nőstények domináltak. A kikelő imágók ivararánya összességében közel 1:1 (Freise – Heitland, 2004/a; Hurej – Kukuła-Młynarczyk, 2004). Más szerzők szerint azonban a nőstények száma minden nemzedékben jóval meghaladja a hímekét, a hím:nőstény arány a telelő nemzedékben 1:5, az első nemzedékben 1:11, a másodikban pedig 1:8 (Blaeser – Sengonca, 2004). Pschorn-Walcher (1997) arról tesz említést, hogy a 3-4 hetes rajzás első napjaiban a díszesebb hímek, később pedig a nőstények dominálnak.

Rajzáskor a nőstények megjelenését követően rögtön megindul a párzás, és mindegyik nőstény csak egyszer párizik. A nőstények szárnyaikat szétárva és potrohukat derékszögben felfelé hajlítva tojócsövüket kitolják és feromont bocsátanak ki (Mircheva – Subchev, 2004). A jellegzetes „hívó” viselkedés hajnalban, fény hatására indul meg és kb. 8,5 órán keresztül folytatódik, egy egyed esetében átlagosan 6 óráig. A hímek életükben általában egyszer, a nőstények mindig csak egyszer párzanak, és csak az első 4 illetve három napban (bár 5 ill. 6 napig élnek). A párzás időtartama 40-45 perc (Mircheva – Subchev, 2004 adatai). A feromont szintetikususan is előállították / $(8E, 10Z)$ -tetradeca-8,10-dienal, Svatoš et al., 1999/a/ mennyisége pikogrammos nagyságrendű nőstényenként (Francke et al., 2002). Megállapították, hogy a csapdában elhelyezett szintetikus feromon a *C. ohridella* hímjeire rendkívül erős vonzó hatással bír: több nagyságrenddel kisebb mennyiségben is reagálnak rá, mint más lepkefajok saját feromonjaikra (Francke et al., 2002).

A peterakás mindjárt párosodás után megkezdődik (Pschorn-Walcher, 1997). Feromoncsapdával végzett vizsgálatok szerint a hímek fogási maximuma után egy héttel a legnagyobb a lerakott peték száma (Kindl et al., 2002). A molyok a laborban Šefrová (2001) szerint 5-8 napig élnek, és pár nappal tovább a hűvösebb és párásabb külső környezetben. Blaeser és Sengonca (2004) szerint az első nemzedék nőstényeinek átlagos élettartama 5,8 nap, a telelő és a második nemzedéké rövidebb (4,5 ill. 4,3 nap). A nőstény élete során 20-30 petét rak (Freise – Heitland, 2004/a), más szerzők szerint azonban a nőstényenkénti peteszám is nemzedékek szerint változó (telelő: 24,5 db, első: 42,0 db, második: 15,8 db; Blaeser - Sengonca, 2004). A megfelelő petézőhely kiválasztását a levelek apoláris illatanyagai segítik: a nőstény molyok a peterakás helyéül a levélkivonattal kezelt polietilén felületet is elfogadják (Harand – Stolz – Hadacek, 2004).

Laboratóriumban, 23(-25) °C-os állandó hőmérsékleten a peteállapot 4-6 napig tart, a lárvaállapot 20-35 napig, a bábállapot 12-17 napig. Szabadföldi körülmények között a peteállapot időtartama 4-12 nap, a lárvaállapoté 20-45 nap, a bábállapoté 12-20 nap volt (Šefrová, 2000, 2001). Czencz és Bürgés (1996, in Kükedi, 2001) adatai szerint az embrionális fejlődés időtartama 8-12 nap, a lárvafejlődése 20-26, a bábstádiumé 8-10 nap. Pschorn-Walcher (1994, in Zelenko – Devetak – Stelzl, 1999) is megerősíti, hogy a lárvák 2-3 hétig növekednek, majd az utolsó stádiumú lárva – bélrendszerének kiürítése után - bebábozódik. A bábállapot a szerző szerint kb. 2 hétig tart nyáron, a telelő egyedek esetén pedig mintegy 6 hónapig. Később publikált tanulmányában azonban a peteérési időt - időjárástól függően - 2-3 hétre, a lárvák táplálkozási idejét 3-4 hétre, a bábállapot időtartamát 2 - majdnem 3 hétre teszi (Pschorn-Walcher, 1997). Megint más szerzők (Blaeser – Sengonca, 2004) a fejlődési idők egyes nemzedékekben tapasztalható jelentős különbségeire hívják fel a figyelmet: az embrionális fejlődés időtartama 15,6 naptól (telelő nemz.) 8,8 napig (első nemz.) változhat, a lárvafejlődése 24,7 (2. nemz.) naptól 42,0 napig (3. nemz.), a bábfejlődése 24,6 naptól (1. nemz.) 9,4 napig (2. nemz.).

A hosszú (2-3 hetes) embrionális fejlődésről szóló beszámolók Šefrová (2001) véleménye szerint csak becslések lehetnek részletes vizsgálat nélkül. Freise és Heitland (2004/a) szerint ugyanakkor a *C. ohridella* 1. nemzedékének első stádiumú lárvája (L₁) 1-3 héttel a peterakást követően kel ki, Pschorn-Walcher (1994, in Zelenko – Devetak – Stelzl, 1999) szerint 2-3 héttel. Egy generáció teljes fejlődési ideje 6-11 hét, de még egyazon levélben fejlődő lárvák esetében is nagy különbségek lehetnek (Šefrová, 2001). Az első nemzedék petétől bábíg tartó fejlődése más vizsgálatokban 49-63 napig tartott az időjárási viszonyoktól függően (Freise – Heitland, 2004/a). Birner és Bohlander (2004) szerint a peték lerakása után az imágók kikelése 6-8 héten belül következik be.

Több mint egy hónappal az áttelelt nemzedék rajzáscsúcsa után a levelekben a moly összes preimaginális stádiuma jelen van, ugyanakkor a peterakás még mindig folytatódik (Grabenweger, 2004/a). A tavaszi rajzás elhúzódása a későbbi nemzedékek jelentős átfedését eredményezi.

A nőstény molyok termékenysége és a peterakás

A nőstény vadgesztenyelevél-aknázómolyok petefészkeiben található peték száma - mely jellemző a moly potenciális termékenységre - nagy változékonyságot mutat, maximális száma Freise és Heitland (2004/a) vizsgálatában 72 pete/egyed volt. Az egyedenkénti peteszám ugyanebben a vizsgálatban a kokonból kelt nőstényekben lényegesen magasabb (átlagosan 57), mint a kokon nélküli bábokból kikeltekben (átlagosan 38). Ebből következik, hogy a kokonnal rendelkező bábok nagyobb tömege nemcsak a

raktározott tápanyagoknak, hanem – legalábbis a nőstények esetében – a nagyobb peteszámnak is köszönhető.

A nőstény aknázómolyok a levelek színére rakják a petéiket. A felfelé fordított fonákkal elhelyezett leveleken való peterakási viselkedést vizsgálva megállapítható volt, hogy a levél térbeli elhelyezkedésétől függetlenül a peterakás a levél morfológiájának megfelelően, a levél – bár ezúttal lefelé fordított – színén történik kizárólag. A peterakásban tehát e tekintetben nem gravitációs, hanem morfológiai vagy élettani tényezők játszanak közre (Freise – Heitland, 2004/a).

A peterakás a levél felszínén általában másodrendű levélér mellé, ritkábban ér nélküli levélrészre történik. Az egy levélre lerakott peték száma igen magas is lehet. Amint arra Czencz 1996-ban rámutatott (in Kükedi, 2001), júliusban 120-250 pete is előfordul levelenként.

A C. ohridella fenológiája és az éves nemzedékszám

1999-ben Freising és Langenbach élőhelyeken első alkalommal május 3-án találtak petéket a levelek felszínén (Freise – Heitland, 2004/a). A levelek felszínén az egész év során található peték, de számuk (illetve arányuk a többi fejlődési alakhoz viszonyítva) a molyrajzás függvényében erősen változó. Mivel a petearányban 3 csúcs volt megfigyelhető, az említett helyeken a vadgesztenyelevél-aknázómoly 3 nemzedékének kialakulására lehet következtetni. Az első petecsúcs május elejére (a fenti vizsgálatban: V.3.), a második július második felére (Freising: VII.26., Langenbach: VII.19.), a harmadik szeptember második felére (IX.20.) esik. Meleg időjárású években - vagy melegebb éghajlaton - az egyes nemzedékek rajzásai jelentősen korábbra tolódhatnak, Šefrová (2001) például az első azévi nemzedék július eleji és a második nemzedék augusztus-szeptember fordulóján bekövetkező rajzáscsúcsáról tesz említést. Más vizsgálatok az 1. imágónemzedék (telelő nemzedék) rajzáscsúcsát április végére, a másodikét június közepére, a harmadikét augusztus elejére teszik a törzs 1 dm²-es felületén ülő molyok összeszámlálása alapján (Reiderné – Szeőke – Tóth, 1996), ami azonban nem ad olyan megbízható eredményt, mint a feromoncsapdákkal végzett rajzáskövetés (Kuldová – Streinz - Hrdý, 2004). Ismét más szerzők szerint az első generáció egész júliusban, néha augusztus közepéig rajzik, a táplálkozási idő augusztus hónapra esik, hűvös időben szeptember közepéig elhúzódik (Pschorn–Walcher, 1997). Ábrahám, Havasréti és Lakatos (1998) 1996-ban a telelő nemzedék rajzáskezdetét május 5-én, a nyári első nemzedékét július 10-én, a nyári második nemzedékét augusztus 12-én figyelte meg. A legelső aknák kialakulását május harmadik dekádjának elején észlelték. Pschorn-Walcher

(1997) szerint a második nemzedék lepkéi szeptemberben rajzanak, a harmadik nemzedék lárváinak táplálkozási ideje pedig októberig húzódik.

A hűvös, esős időjárás ugyanakkor növeli a fejlődési időt (Kükedi, 2001). Freise és Heitland (2004/a) megfigyelése szerint 2000. október 9-én Freisingben egy újabb, kisebb petecsúc volt megfigyelhető, ami egy részleges 4. nemzedék meglétére utal. Valószínű azonban, hogy a 4. nemzedék egyedei nem voltak képesek eljutni a bábállapotig. Európa északi vagy középső részén a negyedik generáció megjelenése mindig kivételesen kedvező (meleg) időjárásra utal (Freise – Heitland, 2004/a).

Az első azévi nemzedék rajzáscsúcsa nem olyan határozott, mint a teelő generációé, és az imágók nagy egyedsűrűsége egész júliusban megfigyelhető, sőt, gyakran augusztus elejére is áthúzódik (Šefrová, 2001), és rajzó imágóik egyedszáma általában magasabb a többi nemzedékénél (Kindl et al., 2002). Ha a teelő és az első generáció imágóinak egyedszáma alacsony, pl. frissen meghódított élőhelyeken, akkor az egyedszámokban folyamatos növekedés tapasztalható, és a második generáció rajzása lehet a legbőségebb (Kindl et al., 2002). Ellenkező esetben azonban, ha az első nemzedék kifejlődésekor szabad levélfelület már alig van, második generáció gyakran ki sem alakul (Kindl et al., 2002).

A *C. ohridella*-nak gyakran egymást átfedő nemzedékei alakulnak ki, amint azt Szlovéniában, az egyes nemzedékek aknáinak különböző színekkel való megjelölésével mutatták ki 1997-ben (Zelenko – Devetak – Stelzl, 1999). Az idézett tanulmány szerint mindegyik generáció lárva- és bábállapota tovább tart, mint az előző nemzedék lárva- ill. bábállapota. Ezzel nyilván összefügg az a megállapítás, mely szerint a kis egyedsűrűségű élőhelyeken a lárvaállapot időtartama rövidebb, mint nagy egyedsűrűségek esetén (Zelenko – Devetak – Stelzl, 1999).

A második azévi nemzedék egyedsűrűsége Šefrová (2001) megfigyelései szerint a táplálékmenyiségtől (közvetetten az első két nemzedék egyedszámától), az időjárástól és az élőhely egyéb tényezőitől függ. Ha nagy volt a 2. nemzedék egyedszáma, a harmadiké viszonylag mérsékelt lesz. Előfordul, hogy az első két nemzedék nagy egyedszáma miatt a harmadik nemzedék ki sem alakul (Mircheva – Subchev, 2003; Baraniak et al., 2004)

A teelő egyedek megoszlása a nemzedékek között

Šefrová vizsgálatai (2001) szerint alacsony aknasűrűség esetén az 1. és 2. nemzedék legtöbb bábja kikel még az adott évben, és részt vesz a következő generáció alkotásában. A rövidülő nappalok hatására szeptemberben jóval kevesebb moly kel ki, legtöbbjük áttelel. Ha az aknák sűrűsége a leveleken nagyobb, és az aknák összefolynak, a bábok növekvő számban lépnek

diapauzába, még az 1-2. generációból is. Kimutatták, hogy kis fertőzöttség esetén a bábok általában mind kikelnek és a következő generációt alkotják. A szokásos fertőzöttségi szint esetén az 1. nemzedék 5-25 %-a lép diapauzába, nagyon erős – laboratóriumban előidézett - fertőzöttség kialakulásakor viszont csak az egyedek 0-5 %-a fejlődik imágóvá az adott évben. Ha az első generáció egyedsűrűsége nem túl nagy, a 2. generációé 8-14-szeres is lehet, míg erősebb 1. generáció esetén a 2. nemzedék egyedszáma csak 1-3-szoros. Az első generáció egyedszámától (az áttelelés sikerességétől) függetlenül azonban az aknák mennyiségében és a levelek elszáradásának időpontjában alig tapasztalható különbség (Šefrová, 2001). Zelenko, Devetak és Stelzl (1999) megfigyelése szerint a 2. nemzedék bizonyos számú egyede és a 3. nemzedék valamennyi egyede áttelel. Pschorn-Walcher (1997) szerint nem túl hideg nyár esetén a nyári nemzedék bábjaianak csak egy csekély hányada vonul téli nyugalomra. Az utolsó nemzedék számos egyede viszont a hűvös időjárás és a megkezdődő lombhullás miatt már nem tudja befejezni fejlődését (Pschorn-Walcher, 1997).

Freise és Heitland (2004/a) megállapította, hogy a kokonnal rendelkező ill. kokon nélküli bábok aránya az év során nagymértékben változik, ami összefüggésben van a kikelés idejével. Megfigyeléseik szerint 1999-ben július 5-ig nőtt a kokon nélküli bábok aránya, utána pedig augusztus 9-ig folyamatosan csökkent. A csökkenés kezdete közelítőleg egybeesett a peterakási időszak kezdetével. A nemzedék fejlődése során a kokon nélküli bábok részaránya először csökken, majd nő. A kezdeti csökkenés annak tudható be a szerzők szerint, hogy a kirepülő imágók elsősorban a kokon nélküli bábokból kelnek ki. A kokonnal rendelkező bábok feltehetően nem jutnak el imágó állapotig az adott évben, hanem áttelelnek, és csak a következő tavasszal kelnek ki. A megállapítás minden generációra érvényes. A harmadik nemzedék bábjai már csaknem mind kokonnal rendelkező bábok, és – feltéve, hogy nem alakul ki negyedik generáció – a lehullott levelek aknáiban áttelelnek. A szerzők más vizsgálatok alapján megállapították, hogy tavasszal minden moly kokonnal rendelkező bábból kel ki. Úgy tűnik, hogy a szezon elején kizárólag kokon nélküli bábok alakulnak imágóvá, később kokonnal rendelkezők is, de csak nagyon kis arányban. Megállapítható tehát, hogy az év elején az aknában (az élő levelekben) a kokon nélküli bábok száma meghaladja a kokonnal rendelkezőkét, míg év végén a helyzet fordított, a kokonnal körülvevett bábok részaránya 95 %-nál is nagyobb lehet. A kokon nélküli aknákból a molyok még az adott évben nagyrészt kirepülnek, a kokonnal rendelkezők viszont túlnyomórészt áttelelnek, és a következő év tavaszán jelennek meg mint imágók (Freise – Heitland, 2004/a).

Freise és Heitland (2004/a) szerint az aknázómoly bábok az avarlevelek aknáiban képesek akár két telet is átvészelni. Egy általuk végzett kísérletben az

összes kikelt molyimágó 99,4 %-a a következő tavasszal, 0,6 %-a rá egy évre kelt ki.

A bábok hossza és tömege között Freise és Heitland (2004/a) szerint lineáris összefüggés van ($y = ax + b$). A függvény a bábok két típusa (kokonnal rendelkező vagy nem rendelkező) esetében annyiban különbözik, hogy a kokonnal rendelkező báb típus szignifikánsan nagyobb tömegűnek bizonyult. Mivel főképp ezek a bábok telelnek át, a – részben felhalmozott tartalék tápanyagokból adódó - nagyobb tömeg valószínűleg nagyobb túlélési biztonságot jelent a következő tavaszig (Freise – Heitland, 2004/a).

2.5. Az élőhelyek meghódítása és a vadgesztenyefákon való megtelepedés

Megtelepedés az egyes lombkoronaszinteken

Az első nemzedék a petéit a lombkorona alsó harmadában levő levelekre rakja. A második és a harmadik nemzedék viszont már jobbra csak a fák középső és felső harmadára. Erre sokszor rá is kényszerülnek a peterakásra alkalmas helyek hiánya miatt, ami erős fertőzés során előfordulhat (Czencz, 1996 in Kükedi, 2001). A károsodott levélfelület nagyságának képanalizáló programmal végzett becslése szerint (Lupi – Jucker, 2004) júniusban a lombkorona alsóbb szintjein nagyobb a fertőzöttség, mint a lombkorona felső részén. Július folyamán az aknák által elfoglalt terület a lombkorona 2 m-es magasságában nem növekszik tovább, 5 m és 10 m magasságban viszont igen. Ez arra utal, hogy az imágók ebben az időszakban akkor is a felsőbb szinteket részesítik előnyben, ha még alul is van szabad levélfelület. Ennek valószínűleg a fény felé vonzódás az oka. Augusztusban az egész lombkorona egyenletesen károsodott, a szintek szerinti különbség eltűnik (Lupi – Jucker, 2004). A lombkorona fertőzöttségének vertikális irányú tagozódását Ábrahám, Havasréti és Lakatos (1998) is megfigyelte Sopronban, ahol a korona alsó harmadában a lombvesztés mértéke 48 %, a középső harmadban 30 %, a felsőben 16 % volt. A faj megjelenésének idején – ugyanezen tanulmány szerint - Győrben az Erzsébet-ligetben a fertőzés például még csak a lombkorona alsó részére korlátozódott.

A vadgesztenyefák különböző részeinek (észak, dél, kelet, nyugat, valamint felsőbb és alsóbb szint) levelein megállapítható a cm^2 -enkénti peték száma, és az év során követhető ezek változása. Tavasszal, májusban az alul elhelyezkedő leveleken megfigyelt petesűrűség jelentősen nagyobb, mint a felső leveleken. Az első peterakási időszak vége felé azonban a különbség eltűnik. A második peterakási időszak kezdetén ismét különbözik a két szint petesűrűsége, de a különbség iránya fordított: a felső leveleken szignifikánsan több pete található cm^2 -enként, mint az alsókon (Freise – Heitland, 2004/a). A

négyszetcentiméterenkénti petesűrűség alakulását a szerzők azzal magyarázzák, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly az alsóbb szintek felől kezdi meg a vadgesztenyefák elfoglalását, amit megerősít az a tény, hogy tavasszal a lombkorona alsóbb részei jóval fertőzöttebbek a felsőbbeknél. A vadgesztenyelevél-aknázómoly valószínűleg gyenge repülő, azért a kikelési helyéhez közeli leveleket részesíti előnyben peterakásnál, ami az áttelelő és az első nemzedék esetében a lombkorona alsó része. (A faj gyors földrajzi terjedése nem az aktív repülőképesnek, hanem a széllel való passzív sodródásnak vagy a közlekedési eszközökön való szállítódásnak tulajdonítható.)

Vándorlás a vadgesztenyefák között

A vadgesztenyefák alulról felfelé történő fertőzése a moly sűrűségfüggő terjedésének egyik megnyilvánulása (Baraniak et al., 2004). A *C. ohridella* Baraniak és szerzőtársainak idézett munkája szerint csak akkor kezd nagy egyedszámban vándorlásba, ha számára a körülmények - pl. táplálékhiány következtében - kedvezőtlené válnak. Az első és a második generáció véletlenszerű vándorlása során nagyrészt a felső lombkoronaszinteken talál új peterakóhelyet, viszont a harmadik nemzedék nőstényei számára, különösen korai lombvesztés esetén, már csak a hosszabb távú vándorlás jelenthet megoldást. Új élőhelyek meghódítása általában ekkor következik be. Ezzel magyarázható az is, hogy egy állományban a vadgesztenyefák egymástól mért átlagos távolságának növekedésével az átlagos fertőzöttségük kismértékben csökken (Baraniak et al., 2004).

A vadgesztenyefák fertőzöttsége azokban a városrészekben a legnagyobb, ahol parkok, városi erdők vannak. Itt a lehullott levelek összegyűjtése rendszerint nem történik meg, ezért ezek az élőhelyek molyrezervoárokként működve a tavaszi újrafertőződés kiindulópontjai. Alacsonyabb fertőzöttség tapasztalható viszont a központi városrészekben, ahol a vadgesztenyefák nagyon sűrűn elhelyezkedő épületek között állnak. A molyrezervoároktól távolodva a vadgesztenyefák fertőzöttsége egyre csökken, ami a rezervoárokból kiinduló (tavaszi) elterjedéssel magyarázható. A vadgesztenyelevél-aknázómoly a telelőhelyekről terjed olyan városrészek felé, ahol az avarleveleket idejekorán összegyűjtötték és megsemmisítették. Feromoncsapdákkal azt is kimutatták, hogy az 1. és 2. generációk közötti populációnövekedés sokkal erőteljesebb azokon a helyeken, ahol télen összegyűjtötték a lehullott leveleket. Ez ugyancsak az imágók vándorlására utal a rezervoároktól az avarmentes élőhelyek felé. A feromoncsapdás vizsgálat előbb említett eredményeit ugyan annak is tulajdoníthatnánk, hogy a gyorsabb populációnövekedés – a szaporodási sebesség sűrűségfüggése miatt - kisebb kiindulási egyedsűrűség

mellett magasabb, de ez a rezervoárok és az avarmentes helyek közötti fertőzöttség-gradienst nem magyarázza (Gilbert et al., 2003).

Egy vadgesztenyefán nagyobb valószínűséggel és gyorsabban telepszik meg a moly, ha nagyobb vadgesztenyefa csoport tagja, mint ha magányosan áll, és környezetében nem található fajtársa. Ennek nem mond ellent Kükedi (1999, 2000 in Kükedi, 2001) megállapítása, mely szerint a magányosan álló vadgesztenyefák viszont általában érzékenyebben ragálnak a károsításra.

A *C. ohridella* populációdinamikája Gilbert és szerzőtársai (2003) szerint a Pulliam (1998) által leírt „source-sink” modellt követi. A modell szerint a faj egy vagy több populációja rendszeresen a fenntartásához szükséges mennyiségnél nagyobb számú egyedeket termel, amelyek kedvezőtlen (negatív növekedési rátájú) élőhelyek felé vándorolva időről időre kialakítják vagy fenntartják az ottani populációt. A vadgesztenyelevél-aknázómoly populációnövekedési rátája a lehullott levelek téli vagy kora tavaszi megsemmisítése miatt egyes élőhelyeken (sink) negatív, míg a megmaradó avarral rendelkező élőhelyeken (source) nagy populációnövekedési rátájukkal évente nagy mennyiségben hoznak létre szám feletti egyedeket, melyek a „sink” helyek felé elvándorolnak. A *C. ohridella* példáján elsőként sikerült megfigyelni ilyen source-sink rendszert városi környezetben, amelyet eredetileg szigetekre való rendszeres újrabetelepülésre dolgoztak ki (Gilbert et al., 2003).

A vadgesztenyelevél-aknázómoly populációinak egyedszáma évről-évre változó, ennek ellenére megfigyelhető, hogy miután a moly egy élőhelyre első alkalommal betelepült, néhány esztendőn át növekvő populációjával kell számolni, míg el nem éri az adott élőhelyre jellemző eltartóképességet. Megállapodott, eltartóképességhez közeli populációméret esetén is azonban szignifikánsan kisebb az egyedszám a „sink”, mint a „source” élőhelyeken. Másképp kifejezve ez azt jelenti, hogy azokon az élőhelyeken, amelyeket a repülő imágóknak minden tavasszal újra meg kell hódítaniuk, mert a lehullott leveleket rendszeresen megsemmisítik, nem tud kialakulni az élőhelyre egyébként jellemző nagy populációméret. Ez ismét az avarlevelek megsemmisítésének hatékonyságát és kiemelt fontosságát jelzi (Gilbert et al., 2003).

A fertőzöttség-gradiens hosszúsága (a source-sink helyek távolsága) természetesen sok tényezőtől, az utak, épületek elhelyezkedésétől, az uralkodó széliránytól stb. függ, de – három generáció adatait figyelembe véve – kb. 1500-1700 m-re tehető. Egy „source” és egy „sink” élőhely esetében akkor alakulhat ki ugyanakkora populáció két egymást követő generációban, ha távolságuk nem nagyobb néhány száz méternél. Ez nem áll ellentétben a *C. ohridella* hosszú távú terjedésének 60 km/éves becsléssel, hiszen az ilyen nagyléptékű terjedés általában passzív szállítódással van összefüggésben (Šefrová - Laštůvka, 2001 in Gilbert et al., 2003), míg a városon belül az aktív repülésnek nagy a jelentősége (Gilbert et al., 2003).

2.6. A környezeti tényezők hatása a fejlődésre

A hőmérséklet hatása a fejlődésre

A faj populációsűrűségét és a vadgesztenyefákon okozott kár mértékét számos biotikus és abiotikus tényező befolyásolja, amelyek közül meghatározó lehet a hőmérséklet vagy a csapadék (Pivk – Milevoj – Mikuš, 2005). Freise és Heitland (2004/a) is említi, hogy a *C. ohridella* éves nemzedékszám, plurivoltin faj lévén, nagyrészt az éghajlat ill. az időjárás függvénye, ugyanakkor a moly sikeresen alkalmazkodik a legkülönbözőbb éghajlati viszonyokhoz és képes átvészelni szélsőségeket. Előfordul azonban, hogy az augusztus végi – szeptember eleji esős, hűvös időjárás a 3. nemzedék kialakulását megakadályozza (Reiderné – Szeőke – Tóth, 1996). A kártétel mértéke is kapcsolatban van a hőmérséklettel: minél melegebb a nyár, annál nagyobb kárt okoz az aknázómoly (Deschka – Gusenleitner, 1993). A hőmérséklet az imágók rajzásán is érezteti a hatását: egy megfigyelés szerint 15 °C alatt a feromoncsapdák fogása 0-ra csökken (Kindl et al., 2002). Alacsony hőmérsékletű években az első (azévi) nemzedék rajzása akár egy hónappal, a másodiké 2 héttel is későbbre tolódhat, mint átlagos időjárás esetén (Kindl et al., 2002). A tavaszi rajzás hőmérsékletfüggését magyar kutatók is megfigyelték (Czencz – Bürgés, 1996; Kovács – Lakatos, 1999).

A moly petéinek fejlődése lineáris összefüggésben van a hőmérséklettel: $y = ax + b$, ahol $a = 0,0073$ és $b = 0,0352$ a kísérletek tanúsága szerint (Freise – Heitland, 2004/a). A peték fejlődésének hőmérsékleti küszöbe így 4,8 °C-nak adódik. A lárvafejlődési küszöb 10,6 °C. A peték esetében kiszámított alacsonyabb érték lehetővé teszi a tavaszi időjárási viszonyok közötti fejlődést, míg a lárvák fejlődése csak tavasz végétől lehetséges (Freise – Heitland, 2004/a).

A bábok fejlődésére nem sikerült hőmérsékleti küszöböt megállapítani, de más vizsgálatok alapján tudvalevő, hogy a telelő bábok –20, sőt –28 °C–ot is elviselnek károsodás nélkül (Freise – Heitland, 2004/a). Kovács és Lakatos (1999) megfigyelései szerint a bábok februárban –23, márciusban –19 fokban fagyot is elviselnek. Hosszú vagy rövid nyarú területek egyaránt alkalmasak a *C. ohridella* számára előhelyül; bábjai kibírják a nyári forróságot is, amikor +40 °C-ra emelkedik a hőmérséklet az aknában (Freise – Heitland, 2004/a).

Fejlődés napnak kitett és árnyékolt levelekben

Mint sok más, rövid fejlődési idejű faj esetében, az időjárási tényezőknek (hőmérsékletnek) a *C. ohridella* esetében is jelentős befolyása van a lárvafejlődés időtartamára. Így lehetséges, hogy azok a peték és lárvák, amelyek

közvetlen napsugárzásnak kitett leveleken fejlődnek, a kedvezőbb mikroklímának köszönhetően rövidebb idő alatt imágóvá alakulnak, mint az árnyékolt leveleken levők (Birner – Bohlander, 2004). Az elmélet igazolására az idézett szerzők a lombkorona külső, napnak kitett és belső, árnyékolt részein leveleket jelöltek meg, és a hőmérsékletek alakulását, az aknák méretének növekedését, valamint a bennük levő fejlődési alakok átalakulását figyelemmel kísérték. Az aknák növekedése és a lárvafejlődés a két csoportban szignifikáns, de meglepő különbséget mutatott. A napsugárzásnak kitett leveleken az aknák átlagosan 23, míg az árnyékban levőkön 15 napig voltak növekedésben. A teljes kifejlődési idők (a max. 1 mm²-es aknák megjelenésétől az imágók kikeléséig) között mindössze 3 nap különbség volt, de a t-próba e tekintetben is szignifikáns különbséget mutatott a két csoportnál.

Az árnyékban fejlődő aknák átlagos területe (204 mm²) ugyanakkor nagyjából kétszer akkora volt a vizsgálat eredményei szerint, mint a napon fejlődőké (102 mm²). A napnak kitett levelek átlagos száraztömege 7,9 mg/cm² volt, jóval nagyobb, mint az árnyékban fejlődőké (3,2 mg/cm²).

Az eredmények a szerzők véleménye szerint arra utalnak, hogy a közvetlen napsugárzás a lárvák fejlődésére kedvezőtlen hatással van, a lárvák fejlődését lassítja. Ennek oka valószínűleg az optimálisnál magasabb hőmérséklet és az intenzívebb párologtatás kiváltotta vízhiány. Az árnyékolt leveleken tapasztalt nagyobb aknaméret a levelek kisebb száraztömegének és az eltérő levélszerkezetnek tulajdonítható. A kisebb száraztömeg nagyrészt a magasabb cellulóztartalomnak köszönhető, ami a nem cellulózzal táplálkozó *C. ohridella* lárvák számára nem kedvező (Birner – Bohlander, 2004).

2.7. A *C. ohridella* sikerességének okai, a populációk stabilitásának forrásai, mortalitási tényezők

A vadgesztenyelevél-aknázómoly sikerességének okai

A *C. ohridella* rövid idő alatt a vadgesztenyefák legsúlyosabb kártevőjévé vált Európában (Lupi, 2005). Az új kártevő sikeressége, gyors terjedése és szokatlanul nagy egyedsűrűsége mögött valószínűleg több ok húzódik meg.

Lupi (2005) szerint az egyik ok a moly magas reprodukciós rátája, a másik pedig az európai városokban fellelhető vadgesztenyefák nagy száma. Milánóban pl. egy összeírás alkalmával 2400 darab vadgesztenyefát számoltak meg a város közterein (Lupi, 2005). A nagy mennyiségben jelen levő, más kártevők által kiaknázatlan táplálékforrás ill. élőhely olyan ökológiai niche-t jelent, ami eddig betöltetlen volt. Deschka és Dimić (1986) a tömeges előfordulás egyik okának – az alacsony parazitáltság mellett – szintén a kis interspecifikus konkurenciát látja.

Šefrová és Laštůvka (2001) szerint a faj gyors terjedésének egyik fő oka a molyimágók április végétől szeptember közepéig tartó igen nagy egyedsűrűsége, ami megnöveli a véletlenszerű terjedés során annak valószínűségét, hogy a lepkék megtelepedésre alkalmas vadgesztenyefára találjanak. Egy élőhely meghódításáért gyakran néhány, vagy akár csak egy egyed tehető felelőssé (Šefrová, 2003). A nagy egyedsűrűség oka pedig abban keresendő, hogy nőstényenként 20-30 petével és a preimaginális fejlődési alakok 30 %-os mortalitásával számolva egy nemzedék alatt az egyedszám megtízszereződhet, három nemzedék alatt pedig akár ezerszeresére növekedhet (Šefrová - Laštůvka, 2001).

Deschka és Gusenleitner (1993) úgy véli, hogy a molyra jellemző nagyon magas egyedsűrűségek a parazitoidok – akkor még - valószínűsíthető hiányának és az egyéb, populációnövekedést korlátozó tényezők (betegségek, ragadozók stb.) feltűnően csekély hatásának köszönhetők. A *Cameraria* és *Phyllonorycter* fajok parazitáltsága ugyanis általában meghaladja az 50 %-ot, a parazitoid fajok száma pedig a 20-at, amitől a *C. ohridella* messze elmarad (Deschka, 1995). Az aknázó életmódú rovarokra általában is jellemző, hogy parazitáltságuk magasabb, mint bármely más rovarcsoporté (Hawkins, 1994 in Tomiczek – Krehan, 1998). Deschka, a faj egyik leírójának véleménye szerint ezért a *C. ohridella* a legmagasabb populációsűrűség elérésére képes, amit 30 éves kutatásai során levélaknázó életmódú mollyal kapcsolatban valaha tapasztalt. Csak a kultúrhatások következtében fellépő téli veszteség lehet viszonylag jelentős, a lehullott levelek eltávolítása, a taposás miatti pusztulás, hóeltakarítás, útsózás, közlekedés következtében (Deschka – Gusenleitner, 1993). Heitland, Kopelke és Freise (2003) is úgy véli, hogy a hatékony természetes ellenségek hiánya a faj sikerességének egyik legfőbb oka. A tanulmány szerint a madaraknak tulajdonítható mortalitás mértékében az élősködők által okozotthoz hasonló, és a molypopulációra csak a táplálékmenyiségnek a vegetációs idő alatt bekövetkező csökkenése és a rajzást akadályozó kedvezőtlen időjárás van mérséklő hatással. A szokatlanul alacsony parazitáltságot egyesek a *C. ohridella* lárvák esetleges kémiai védekezésével magyarázzák (Šefrová - Laštůvka, 2001), mások a parazitoidok és a moly fejlődésének összehangolatlanságával (Grabenweger, 2004/a). Az alacsony parazitáltság magyarázata lehet az is, hogy az aknázómoly fajok parazitoidjai nem megfelelő gazdákat, hanem először megfelelő gazdanövényeket keresnek - a pontomediterrán vadgesztenyefa pedig, melynek 20 éve még alig voltak rovar fogyasztói, számukra (eddig) nem kínált gazdag táplálékforrást, és ezért kívül esett a parazitoidok vizsgálódási körén (Grabenweger, 2005). Az átálláshoz időre van szükség.

A *C. ohridella* növekedési rátája magas, ami lehetővé teszi a populációméret gyors növekedését akár kisszámú túlélő egyedből kiindulva. Mindazonáltal pusztán az előbbiekkal nem magyarázható, miként épül fel újra a populáció a városi utcákon, ahol aljnövényzet nincs, és a lehullott leveleket

100 %-ig eltávolítják a talajról. Úgy tűnik, hogy a *C. ohridella* egy városba való betelepülésekor az összes rendelkezésre álló vadgesztenyefát elfoglalja 1-2 éven belül, ami nagyon jó terjedési képességre utal. Valószínűsíthető, hogy a parkok, városi erdők és magánkertek, ahol a lehullott levelek őszi összegyűjtése technikai nehézségekbe ütközik az aljnövényzet miatt, a moly számára rezervoárok képeznek, ahonnan kiindulva tavasszal újra meghódítja a város többi részét (Gilbert et al., 2003). A moly kiváló terjedőképessége a faj sikerességének egyik fontos tényezője.

Mortalitási tényezők

A legfőbb mortalitási tényező a nagy populációsűrűség által kiváltott táplálékhiány (Freise – Heitland, 2004/a; Šefrová - Laštůvka, 2001), amely azonban nem képes a moly populáció szabályozására, ugyanis minden nemzedék bizonyos számú egyede báb állapotban diapauzába lép, és csak a következő tavasszal kel ki. Ez a kártevő fenológiájának egyik olyan vonása, amely akkor is képes biztosítani a populáció túlélését, ha egy-egy időszakban szélsőséges időjárási vagy egyéb körülmények lépnek fel (Freise – Heitland, 2004/a).

Freise és Heitland (2001) egy vizsgálatban számszerűleg is megállapította, hogy az első generáció bábainak 32,84 %-a diapauzába vonult és nem kelt ki az adott évben, hanem áttelelt. A szerzők ezt döntő jelentőségűnek tartják a moly populációbiológiája szempontjából. Korábban pedig megállapításra került – hivatkozik a tanulmány -, hogy a bábok 1-3 telet is átvészélhetnek. A két tényező lehet nagyrészt felelős a *C. ohridella* sikeréért: még ha egy évben táplálékhiány vagy extrém időjárási körülmények következtében az összes nemzedék el is pusztul, a következő évben a több éve telelő bábokból újra felépülhet a populáció (Freise – Heitland, 2001).

Freise és Heitland (2004/a) vizsgálatában a parazitáltsági fok egy generációban sem haladta meg az 5 %-ot, ezért a szerzők arra következtetnek, hogy más, természetes okokra visszavezethető mortalitási tényezők a parazitoidok hatásánál általában sokkal jelentősebbek.

Az utolsó nemzedék fejlődése idején a fák összes levélfelületének 80-90, sőt 100 %-a aknákkal borított lehet. Freise és Heitland (2004/a) megfigyelései szerint Freisingben 2000-ben az első nemzedéket adó peték 97 %-a egészséges volt. A második nemzedékben ez az arány 46 % volt, a harmadikban 16 %, a negyedik generáció petéinek pedig már csak kb. 8 %-a maradt életben. A legtöbb elpusztult pete megbarnult levélrészleten, akna felszínén volt található. A szerzők valószínűnek tartják, hogy a moly nőtényei nem képesek megkülönböztetni az egészséges levélfelszínt a holt levélrészlettől, és elképzelhető, hogy a faj eredeti élőhelyén nincs is szükség erre. Amennyiben az utóbbi eset áll fenn, ez megerősíti azt a feltételezést, hogy az eredeti élőhelyen

és tápnövényen a faj nem alakít ki az általunk ismert megközelítő populációsűrűséget (Freise – Heitland, 2004/a).

Ugyanebben a vizsgálatsorozatban kimutatták, hogy 1999-ben Freisingben az első és második aknázó lárvastádium (L_1 és L_2) mortalitása az első nemzedékben 16 %, a másodikban 39 %, a harmadikban 68 % volt. A 2000-ben az ugyanezen az élőhelyen végzett vizsgálat megerősítette az előző év eredményeit: a lárvák mortalitása meredeken nőtt a későbbi nemzedékekben, a részleges negyedik nemzedékben pedig elérte a 77 %-ot. Az idősebb aknázó stádiumok (L_3 - $L_{4.5}$) mortalitásában a szerzők hasonló növekedést tapasztaltak (1-2-3 /ill. 3-4/. nemzedék sorrendben: 8-12-28 % /1999/ ill. 15-26-81 % /2000/). Blaeser és Sengonca (2004) is a harmadik generációban találta legmagasabbnak a lárvák pusztulási arányát (55,2 %). Az utolsó nemzedék kiugróan magas mortalitásai az intraspecifikus és a táplálékért való versengésnek köszönhetők (Freise – Heitland, 2004/a), ami a lárvák pusztulásának fő okozója (Grabenweger, 2003).

Birner és Bohlander (2004) vizsgálatai szerint a lárvák többsége röviddel az aknázás megkezdését követően pusztul el. A növekedését beszüntetett – és elpusztultnak tekintett - aknák 75 %-a nem volt nagyobb 2 mm²-nél.

A két szövő lárvastádium (S_1 és S_1) mortalitása hasonló növekedést mutatott az egyes generációk között, mint az aknázó lárvastádiumok esetében, és 1999-ben a harmadik nemzedékben elérte a 24 %-ot, 2000-ben a 3-4. nemzedékben együttesen a 66 %-ot (Freise – Heitland, 2004/a).

Ugyanezen tanulmány a bábok mortalitására jóval alacsonyabb értékeket állapított meg: a bábok pusztulási aránya nem nőtt a későbbi nemzedékekben, és egy esetben sem haladta meg a 10 %-ot. A kokonnal rendelkező, telető bábok mortalitása 2-20 % közötti volt a vizsgálatok szerint. A bábok alacsony mortalitását más szerzők is megerősítik (Hurej – Kukuła-Młynarczyk, 2004), a bábok téli pusztulási arányára viszont 80 %-ot állapítanak meg (Girardoz – Kenis – Quicke, 2004).

Šefrová (2001) laboratóriumi vizsgálataiban a preimaginális stádiumok mortalitását 30 % körülinek találta, ami a szerző szerint különösen a petéknek és az 1. lárvastádiumnak köszönhető (peték: 18 %, L_1 : 8,2 %, L_2 : 3,7 %, 3-6. lárvastádium: 2,1 %). Girardoz, Kenis és Quicke (2004) a peték mortalitására 30 %-ot állapított meg. A peték magas mortalitása valószínűleg nagyrészt annak tudható be, hogy nagy részük megtermékenyítetlen marad (Šefrová, 2001). A tanulmány szerint a lárvák mortalitása szabadföldi körülmények között magasabb a természetes ellenségek működésének következtében, de normál viszonyok között és megfelelő táplálékellátottság esetén nem lépi túl a 10-30 %-ot. Nagyobb aknasűrűség (az aknák fúziója) esetén azonban a lárvák mortalitása meghaladja a fenti értékeket. Ha ez a lárvák 3. stádiumának elérése előtt következik be, a mortalitás a 100 %-ot is elérheti, ami szabadföldön augusztus

második felétől előfordulhat, de laboratóriumban már májusban, az első generációban is előidézhető (Šefrová, 2001).

A főként peték és a fiatalabb lárvák körében tapasztalható viszonylag magas pusztulási arány ellenére a vadgesztenyelevél-aknázómoly populációjának összeomlását még sosem figyelték meg (Freise – Heitland, 2004/a). Úgy tűnik, mintha természetes fék korlátozná a túl magas populációsűrűségek kialakulását (Ariëns, 2004). Ez azzal magyarázható a hivatkozott szerzők szerint, hogy minden nemzedékből származnak áttelelő bábok, amelyek biztosítják az imágók megfelelő tömegű rajzását a következő év tavaszán. Az áttelelők aránya magas populációsűrűség esetén növekszik egyik nemzedékről a másikra (Freise, 2001 in Freise – Heitland, 2004/a; Šefrová - Laštůvka, 2001). A faj számára további biztonságot jelent a kokonban áttelelő bábok nagyobb tömege és a belőlük tavasszal kikelő nőtények nagyobb peteszáma (Freise – Heitland, 2004/a). Mivel a diapauzába vonuló bábok száma az egyedsűrűségtől függ, ez megakadályozza a populáció összeomlását és a legtöbb élőhelyen folyamatosan nagy denzitást tart fenn egy évtized óta (Šefrová - Laštůvka, 2001).

2.8. Természetes ellenségek, parazitoid közösség

A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoid közösségének leggyakoribb tagjai

A faj megjelenését követően több tanulmány arról számolt be, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly – főképp új elterjedési területein - nem vagy alig rendelkezik természetes ellenségekkel, amelyek számát hatékonyan csökkenteni tudnák (Deschka – Gusenleitner, 1993; Milevoj – Maček, 1997; Lethmayer – Grabenweger, 1997). A későbbi vizsgálatok azonban számos parazitoid hártásszárnyú fajt és több ragadozót mutattak ki, amelyek a *C. ohridella* természetes ellenségeiként működnek. (Igaz, pete- és imágóparazitoidokról az irodalom a későbbiekben sem tesz említést, pl. Freise és Heitland, 2001.) Ezek a parazitoidok azonban a közelrokon aknázómolyfajok polifág parazitoidjai közül kerülnek ki (Balázs – Thuróczy, 1999; Balázs – Thuróczy – Ripka, 2001; Grabenweger, 2001/b), csakúgy, mint más inváziós aknázómolyok esetében (pl. *Phyllocnistis citrella*, Elbakkoush – Shebli – Kafu, 2001). Közülük Balázs és Thuróczy (1999) a *Minotetrastichus frontalist* találták a leggyakoribbnak, ez mindegyik modellterületükön előfordult, de a *Pnigalio pectinicornis*, a *Closterocerus trifasciatus* (14. kép) és néhány helyen a *Pteromalus semotus* gyakorisága is jelentős volt. Grabenweger és Lethmayer (1999) ugyanígy a *Pnigalio agralest* és a *M. frontalist* találta dominánsnak Bécsben végzett vizsgálataiban. Freise és Heitland (2004/a) 16 parazitoid fajt említ, amelyek közül a két leggyakoribb (*P. agrales* és *M. frontalis*,

ektoparazitoidok) a vadgesztenyelevél-aknázómoly lárváin és bábjaiban is megfigyelhetők voltak. Közülük 14 fémfürkész volt (Freise - Heitland, 2001).

Hellrigl szerint (2001, in Lupi, 2005) legalább 36 parazitoid faj képes kifejlődni a vadgesztenyelevél-aknázómolyon. Mindannyian hátyásszárnyúak (Hymenoptera), ezen belül fémfürkész-szerűek (Chalcidoidea: Eulophidae, Eupelmidae, Pteromalidae, Encirtidae) vagy fürkész-szerűek (Ichneumonoidea: Ichneumonidae, Braconidae) (Lupi, 2005). Ugyanez a tanulmány – olaszországi élőhelyeken végzett saját vizsgálatok alapján - 10 parazitoid fajról tesz említést, amelyek legtöbbje az Eulophidae családba tartozik. Mindössze 1 fürkész-szerű (Ichneumonoidea) fajt sikerült kinevelniük, 2003-ban, az *Itioplectis alternans* (Grav.). A 9 Eulophida faj közül 8 már régóta ismert volt Olaszországból számos más, lombhullató fán élő aknázómolyfajról (Lepidoptera: Gracillariidae, Nepticulidae, Cosmopterigidae) és aknázó lárvájú légyfajokról (Diptera: Agromyzidae). A *Cirrospilus talitzkii*-t ugyanakkor első alkalommal találták meg *C. ohridellán* Olaszországban, 2002-ben (Lupi, 2005).

Reider és szerzőtársai (1999) 3 éves vizsgálatsorozatukban összesen 19 parazitoid fajt neveltek ki, melyek között egy nem fémfürkész volt (*Macrocentrus* sp., Braconidae). Thuróczy és Reiderné (1998) az egész országra kiterjedő tanulmányukban 20 fürkészfajt említenek (ebben azonban benne van az Ichneumonidae is), amelyek közül a leggyakoribbak a *Minotetrastichus ecus*, a *Pnigalio pectinicornis*, a *Pnigalio agraulis* és a *Pteromalus semotus* (15. kép).

A parazitoidok viselkedése és táplálkozási módja

A *Minotetrastichus frontalis* Nees, a *Sympiesis sericeicornis* Nees, a *P. agraulis* Walker, a *Pnigalio pectinicornis* L., és a *Cirrospilus talitzkii* Boucek ektoparazitoidok, míg a *C. trifasciatus* Westwood, a *Chrysocharis pentheus* Walker, a *Pediobius saulius* Walker és a *Baryscapus nigroviolaceus* (Nees) endoparazitoidok (Lupi, 2005). A *M. frontalis* általában a vadgesztenyelevél-aknázómoly lárváinak legjelentősebb parazitoidja, de a neki tulajdonítható parazitáltság a moly egyedsűrűségével negatív korrelációt mutat, és az időben sem növekszik (Grabenweger, 2005).

A *P. saulius* Kenis et al. (in press) szerint bábparazitoid, Grabenweger és Grill (2000) a szoliter endoparazitoidok közé sorolja. Tomov (2004/b) *Phyllonorycter platanin* (Lepidoptera: Gracillariidae) végzett vizsgálatai szerint a telelő nemzedékben mint a bábok endoparazitoidja, a nyári nemzedékekben mint a lárvák ektoparazitoidja fordul elő. Grabenweger (2005) szerint a moly legfontosabb bábparazitoidja, de rendszerint csak azokon a helyeken fordul elő nagy mennyiségben, ahol a *C. ohridella* már kb. 10 éve megtalálható.

KÉPMELLÉKLET VI.



13. kép: Erős fertőzés és korai lombhullás esetén a fák szeptember végén új leveleket hajthatnak



14. kép: *Closterocerus trifasciatus*, ♀

A *Chrysocharis* fajok főként a moly tavaszi nemzedékének endoparazitoidjai (Grabenweger – Lethmayer, 1999), és előnyben részesítik a moly szövő lárvalaakjait (Grabenweger, 2003).

A *M. frontalis* gregar lárva parazitoid, petéit a negyedik, szövő lárvastádiumra rakja. Valószínű, hogy fiatalabb lárva nem biztosítanak elég táplálékot a fejlődéséhez, és ha a peték fiatalabb lárvaakra kerülnek, a parazitoidok alig tudnak kifejlődni. Néha szuperparazitoidként fejlődik (max. 9 *M. frontalis* lárva egyazon aknában). Ilyenkor is azonban mindegyik parazitoid lárva bebábozódik és az imágók is kikelnek. Egyes esetekben a *M. frontalis* hiperparazitoidként fejlődik *Pnigalio pectinicornis*-on vagy *Pediobius saulius*-on. A *M. frontalis* az aknában lárvaaként telet a talajfelszínen (Lupi, 2005). A *C. ohridella* különböző korú fejlődési alakjai közül számosat elfogad, de előnyben részesíti a szövő alakokat. Az idősebb lárva bőségesebb táplálékforrást jelentenek a parazitoid lárva számára, a szövő alakok pedig lassúbb mozgásuknál, gyengébb védekezőképességükönél fogva könnyebb áldozatai a peterakó fémfürkészeknek, mint a táplálkozó lávaalakok. A peterakó nőtény valószínűleg meg tudja állapítani a molylárva korát, és többnyire megtermékenyítetlen petét rak a fiatalabb, megtermékenyített az idősebb lárvaiba: előbbiekből kisebb testméretű hímek, utóbbiakból nagyobb nőtények fejlődnek. Szuperparazitizmus esetén a fiatalabb lárvaakra kevesebb, az idősebbekre több petét rak (Grabenweger, 2003).

A *Closterocerus trifasciatus* magányos (szoliter) parazitoidja a moly lárvaának és bábjaának. Ritkán hiperparazitoidként való fejlődését is megfigyelték más endoparazitoid (pl. *Chrysocharis*) bábjaiban (Grabenweger – Lethmayer, 1999; Grabenweger, 2001/b). A *C. ohridella* fejlődésével semmiféle szinkronitást nem mutat (Grabenweger – Lethmayer, 1999). Áttelelt egyedei kb. egy héttel később rajzanak a *M. frontalis*-nál (Grabenweger, 2004/a).

A *P. agraulis* és a *P. pectinicornis* szintén szoliter parazitoidok. Bár az irodalom említi, Lupi vizsgálataiban (2005) soha nem találta őket másodlagos parazitoidként, viszont lárvaik nagy mérete miatt gyakran áldozatai más hiperparazitoidoknak (Grabenweger - Lethmayer, 1999). Telető alakjai Lupi (2005) szerint a bábok. Általában a *C. ohridella* egyik domináns parazitoidja, az új gazdához meglehetősen jól alkalmazkodott. Sokféle stádiumot parazitál, de előnyben részesíti az idősebb lárvaakat (Grabenweger – Lethmayer, 1999), különösen 4. fokozatúakat (Grabenweger, 2004/a). A *P. agraulis* áttelelt egyedei tavasszal egy héttel korábban rajzanak, mint a *M. frontalis* (Grabenweger, 2004/a). A faj Közép-Európa déli vidékein fordul elő (Mey, 1993 in Grabenweger – Lethmayer, 1999).

A *Pediobius saulius* szoliter elsődleges endoparazitoid. Mindössze kis számban fejlődik hiperparazitoidként más endoparazitoidok bábjaának belsejében (Lupi, 2005). Reider és munkatársai (1999) szerint a *P. saulius* és a

Pteromalus semotus primer, de gyakran szekunder parazitoidjai lepke és bogár gazdáknak.

A parazitoid közösség időbeli, térbeli változásai és jelentősége

Az általa tanulmányozott összes élőhely adatait összegezve Lupi (2005) azt mutatta ki, hogy a 2001 és 2003 között végzett vizsgálataiban az egyes fajok relatív gyakorisága annak ellenére sem változott jelentősen, hogy a parazitáltsági fokokban az egyes évek között igen nagy különbségek voltak. A *M. frontalis* bizonyult a leggyakoribbnak, mindegyik élőhelyen minden évben megtalálható volt, 2001-ben 80 %, 2002-ben 70 %, 2003-ban 87 % relatív gyakorisággal. A *C. trifasciatus* jóval ritkább volt, rel. gyakorisága 2001-ben 18 %, 2002-ben 25 %, 2003-ban 6 % volt. A két *Pnigalio* faj és a *Pediobius saulius* szintén ritka volt és általában főképp augusztusban és szeptemberben volt megtalálható. A *C. pentheus*, a *C. talitzkii*, a *S. sericeicornis* és a *B. nigroviolaceus* csak 2003-ban került elő (Lupi, 2005).

Megállapítható, hogy a parazitoid lárvák aknázómoly lárvaalakokon és bábokon való fejlődése önmagában nem okoz mérhető változást a moly populációsűrűségében, viszont a polifág ragadozókkal és különösen a host feedinggel együtt már lehet ilyen hatása (Grabenweger, 2003).

Grabenweger (2004/a) szerint a vadgesztenyelevél-aknázómoly populációk természetes ellenségek általi hatékony korlátozására azonban csak akkor lehet számítani, ha a gazda és parazitoidjainak életsiklusai szinkronizáltak. Ez a feltétel - különösen a moly első nemzedéke esetében - nem áll fenn. A tavaszi generáció parazitáltsága a telelő nemzedék parazitáltságától függetlenül mindig egyformán alacsony, és az őszi parazitoid közösség összetétele különbözik a tavaszi nemzedékétől (Grabenweger, 1998 in Grabenweger, 2004/a). Egyes parazitoid fajok, amelyek egy vizsgálatban az első moly nemzedék lárvaiból kinevelhetők voltak, nem is fordultak elő az ugyanazon élőhelyen áttelelt nemzedékben (Grabenweger, 2004/a).

Az áttelelt parazitoidok általában valamivel korábban rajzanak a molyoknál, és megjelenésük idején még nincsenek jelen a levelekben a moly parazitálásra alkalmas stádiumai. A parazitoidok kifejlődése a moly lárva 3. stádiumától lehetséges, ami csak május második felében jelenik meg. Valószínűtlen tehát, hogy az avarlevelekből kikelt polifág parazitoidok (amelyek ugyan esetleg több hónapig is élhetnek) az idősebb *C. ohridella* lárva megjelenéséig nem vándorolnak más tápnövényeken élő gazdákra. Mindezek a megfigyelések arra utalnak, hogy a *C. ohridella* első nemzedékének parazitoid közösségét nem az avarlevelekben áttelelt parazitoidok utódai adják (Grabenweger, 2004/a).

Egy tanulmány szerint 1998 és 2000 között nagymértékben ingadozott a moly parazitáltsága, de növekedési trend egyértelműen nem volt megállapítható.

Bár a honos parazitoidok adaptációja egy újonnan megjelent gazdához több évig is eltarthat (Zwölfer - Pschorn-Walcher, 1968 in Freise – Heitland, 2001), az adaptáció folyamata e vizsgálat 3 esztendeje alatt nem volt megfigyelhető (Freise – Heitland, 2001), és a moly - általában 1 % és 8 % közötti - parazitáltsága más szerzők szerint sem mutat emelkedést (Skuhravý, 2000). Magyarországi és ausztriai vizsgálatok ugyanakkor a parazitáltsági fok növekedéséről tudósítanak (Tóth et al., 1999; Stolz, 2000), Olaszországban pedig egy nemrég felbukkant parazitoid (*Cirrospilus talitzkii*) terjedését figyelték meg a vadgesztenyelevél-aknázómoly térhódításával párhuzamosan (Radeghieri – Santi – Maini, 2004). A fajt azóta Görögországban, Ausztriában és Franciaországban is megtalálták *C. ohridellán*, 2004 tavaszán Bécsben pedig a parazitoid közösség 5 legközönségesebb tagja között szerepelt (Grabenweger, 2005).

Boisneau, Guillem és Casas (2004) franciaországi vizsgálatok alapján azt állapította meg, hogy a moly régebbi előfordulási helyein az élősködésnek többféle formája (pl. multi- vagy hiperparazitizmus) figyelhető meg, míg az újonnan meghódított élőhelyeken csak elsődleges parazitizmus fordul elő. A parazitáltsági fok viszont mindenütt nagyon alacsony, az első nemzedéké kb. 3,2 % körüli, a másodiké kb. 1,8 % volt. A leggyakoribb parazitoidnak a *M. frontalist* találták.

Tipikus nagyvárosi környezetben (örökzöldek, gyepek, rózsatövek, aszfaltozott és betonutak, támfalak) álló vadgesztenyefák parazitoid népessége rendszerint csak egy-egy fajból áll, a parazitáltság alacsony, és teljesen véletlen, honnan melyik fajt sikerül kinevelni (Balázs – Thuróczy, 1999). Vidéken, falusi környezetben a parazitoid közösség fajgazdagsága nagyobb, mint városokban (Boisneau – Guillem – Casas, 2004). Nagy diverzitású környezetben a parazitoid közösség fajszáma akár egy nemzedéknyi idő alatt is 1-ről 3-ra növekedhet, a következő nemzedékben pedig a fajok közötti arányok kiegyenlítődése megindul (Balázs – Thuróczy, 2000/a).

Az idézett vizsgálat (Balázs – Thuróczy, 2000/a) 3 éve folyamán a parazitáltság 0,0 % és 43,2 % között mozgott. Növényfajokban szegény, városi környezetben 0-5,5 %, fajgazdag, diverz környezetben nemritkán 20-40 % volt a parazitáltság. Diverz környezetben nemcsak a parazitáltság mértéke, hanem a betelepülő fajok száma is növekszik, megszűnik egy-egy faj kiugró dominanciája, és stabil parazitoid népesség kezd kialakulni. Egy ilyen többtagú parazitoid közösségnek akkor is érezhető a hatása, ha egyik vagy másik faj időlegesen vagy véglegesen ki is szorul a területről valamilyen külső hatás következtében. A Bécsben és Cserkeszölön talált 4 faj közül a 3 leggyakoribb azonos volt, de nálunk 9,8 %, Ausztriában 25,9 % volt az összesített parazitáltság. Még az egyes fajok aránya is hasonló volt, és a parazitáltságbeli eltérést a szerzők arra vezetik vissza, hogy Bécsbe az aknázómoly 2-3 évvel korábban települt be.

Érdekes megfigyelés, hogy 1998-ban a késői és hirtelen kitavaszkodás hatására a gazdaállat és a paraziták rajzása egybeesett. Mivel életmódjuk még nem volt összehangolódva, a paraziták nem találtak megfelelő peterakási helyet a vadgesztenyefákon, és elhagyták azokat, aminek következtében a parazitáltság a 2. nemzedékben visszaesett. Több nemzedék váltotta egymást, mire a paraziták újra betelepültek, és 1999-ben egy új faj is megjelent, a *P. saulius*, még hozzá nagyobb egyedszámban. Ez a faj Nagykovácsiban is '99 második nemzedékében jelent meg (Balázs – Thuróczy, 1999).

A C. ohridella ragadozói

A predátorok (énekesmadarak, ragadozó atkák, tripszek, hangyák, fátyolkák, pókok, pl. 16. kép) jelentőségét még alig vizsgálták. A ragadozók közül leginkább a peterablók tevékenységében bíznak, hiszen a peték a levelek felszínén, könnyen hozzáférhető helyen találhatók (Kükedi, 2001).

Néhány ragadozó bizonyítottan felhasználja a moly lárváit táplálékforrásul, pl. a mezeipoloskák (Miridae) vagy a rojtosszárnyúak (Thysanoptera) egyes fajai (Lupi – Colombo, 2003 in Lupi, 2005), de polifág táplálkozásuk miatt az aknázómoly biológiai kontrollálásában kevés jelentőséggel bírnak (Lupi, 2005). Két ismert ragadozó faj egyike a *Haplothrips* sp. (Thysanoptera: Tubuliphera), amelyet részben az aknákban találtak az aknázómoly-lárvákon táplálkozva, részben a levelek felszínén, amikor valószínűleg új zsákmány után kutattak. A másik ragadozó faj a *Campyloneura virgula* mezeipoloska (Hemiptera: Miridae) volt, amelyet a levelek felszínén figyeltek meg, amint szipókájával a levél bőrszövetén keresztül a molylárvát szívogatja (Lupi, 2005). A vadgesztenyelevél-aknázómoly ragadozói közül ismertek még egyéb poloskák, a *Haplothrips dissimissimus* faj, valamint egyes bödelárvák (Thuróczy – Reiderné, 1998). Újabb vizsgálatok kimutatták, hogy a szívhangya (*Crematogaster scutellaris*) dolgozói a *C. ohridella* lárváit és bábjaikat fogyasztják (Radeghieri, 2004). Meglepetést okozott a doboló szöcskék (Meconemidae) közé tartozó *Meconema meridionale*, amely megfigyelések szerint az aknákat felhasítja és bennük talált *C. ohridella* lárvákat és bábokat zsákmányul ejti (Lethmayer, 2005). Az utóbbi faj közeli rokona, a hasonló ökológiai igényű *M. varium* (= *M. thalassinum*) a jelen értekezés vizsgálatának egyik helyszínén, Héderváron is gyakran fordult elő a vadgesztenyeleveleken.

Egy vizsgálatban a természetes ellenségek populáció-csökkentő hatását 5,14 %-ra becsülték, amelyből 4 % a parazitákoknak, 1,14 % a ragadozóknak köszönhető (Perju – Olteanu, 2004). A madarak, különösen a cinegék (Ham – De Keijzer, 2005) egyedszám-mérséklő hatása a 3 %-ot is elérheti (Kehrlí – Bacher, 2003).

KÉPMELLÉKLET VII.



15. kép: *Pteromalus semotus*, ♂



16. kép: Ugrópók (valószínűleg Mohos ugrópók, *Marpissa muscosa*) vadgesztenyelevél-aknázómolyt zsákmányolt

2.9. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága

Az egyes szerzők különböző időkben és különböző élőhelyeken, változatos módszerekkel végzett vizsgálataikban nagymértékben eltérő eredményeket kaptak a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltságának mértékére. Az első időkben tapasztalt nagyon alacsony parazitáltság (Milevoj – Maček, 1997; Deschka – Gusenleitner, 1993) után magasabb értékeket is sikerült megfigyelni, de a parazitáltsági fok a faj felfedezése után két évtizeddel is gyakran 1 % alatti (Volter, 2004).

A Lupi (2005) által 2001-2002-ben tapasztalt legmagasabb érték 10 % körüli volt. 2003-ban legalább egy alkalommal 20 %-os parazitáltságot is talált. Kivételesen nagy parazitáltságot állapított meg azonban 2001 júliusában és augusztusában Bergamoban (július 25.: 47 %, augusztus 1.: 56 %, augusztus 8.: 81 %), ahol a parazitoidok nagy száma láthatóan visszaszorította az aknázómoly egyedsűrűségét és kártételét. 2002-ben ezeken az élőhelyeken újra a szokásosan alacsony (max. 10 % körüli) értékeket találták, aminek valószínűleg a parazitoidok fejlődésére és szaporodására kedvezőtlen, csapadékos nyár volt az oka. Rendkívül magas értékeket 2003-ban több alkalommal és több helyen is megfigyeltek, a legmagasabb Concorezzóban volt júniusban (82 %), és viszonylag magas maradt augusztus végéig.

Hasonlóan magas értékeket másutt alig találtak, egyes beszámolók 1996-97-ben áttelelő bábokból 65-70 %-os parazitáltságot említenek, a nyári populáció lárvá- és bábparazitáltságát pedig 35-40 %-osra teszik (Thuróczy – Reiderné, 1998). A parazitáltságot – Lupihoz (2005) hasonlóan - szintén az aknák felboncolásával megállapító Freise és Heitland (2001) – nem tapasztalt 18 %-nál magasabb értéket, míg a Balázs és Thuróczy (1999) által 3 éves vizsgálatsorozatban számított legmagasabb parazitáltsági fok 43,2 % volt. A *C. ohridella* parazitáltsága a szerzők szerint mind a betelepülés időpontjának, mind a környezet diverzitásának függvénye.

Megfigyelések szerint a *C. ohridella* parazitáltságát az egyedeket érő stresszhatások (nem megfelelő táplálék, inszekticidek jelenléte szubletális dózisban) is jelentősen növelni képesek (Nejmanová et al., 2004).

A parazitoidok hatása Lupi (2005) szerint közepes parazitáltság mellett is viszonylag alacsony, és a vadgesztenyefák korai lombhullását nem akadályozza meg. A szerző által megfigyelt élőhelyek közül csak Bergamoban 2001-ben és 2003-ban, valamint Concorezzóban 2003-ban volt elég magas a parazitáltsági fok ahhoz, hogy a fák szeptember végéig megőrizhessék leveleiket, amelyek felszíne kb. 60 %-ban volt károsodott (a károsodott levélfelület százalékos arányát a SigmaScan®Pro képanalizáló programmal határozták meg).

A <http://www.cameraria.de/CONTROL/control/feinde01.html> internetes forrás szerint az irodalom 15 % feletti parazitáltságról szóló tudósításai nem reálisak, mivel a fákról leszedett levelekből való kinevelésen alapulnak. A

begyűjtött levelekben levő fiatal és nagyrészt még élősködők nélküli lárvák leszedés után rövidesen elpusztulnak, így a kineveléssel kapott eredmények csak az életben maradt - és jóval nagyobb valószínűséggel parazitált - idősebb lárvaalakok parazitáltságát tükrözik. A szerző fenntartásai nyilvánvalóan jogosak, de megjegyezzük, hogy a Lupi (2005) által közölt és az előbbieken említett rendkívül magas értékek nem kineveléssel, hanem a levelek felboncolásával kerültek kiszámításra, így mindenképpen a valóságos parazitáltságot adják meg.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A vizsgálatok helye és ideje

Vizsgálatainkat 1998 és 2004 között végeztük Északnyugat-Magyarországon, a Szigetközben.

A vizsgált élőhelyek (1. térképvázlat):

1. Gombócos (Lipót külterület, 17. kép)

20 db fából álló vadgesztenyecsoport nemesnyárasok közé ékelve. A vadgesztenyefák egy – kőzáráson keresztül megközelíthető – szigeten, ártéren található, amelyet áradások alkalmával elönt a víz. A legközelebbi település (Lipót ill. Ásványráró) határától mért távolságuk légvonalban kb. 3 km.



17. kép: Vadgesztenyefák Gombócosnál

2. Patkányos (Vámosszabadi külterület, 18. kép)

Fiatal, magányos vadgesztenyefa egy ártéri szigeten, kavicsos burkolatú erdészeti út mellett. Környezetében a leggyakoribb fásszárú növények a fehér

(*Populus alba*) és szürke nyár (*P. canescens*) valamint egyéb nemesnyárok, veresgyűrű som (*Cornus sanguinea*), vénicszil (*Ulmus laevis*), akác (*Robinia pseudo-acacia*), kocsányos tölgy (*Quercus robur*). A legközelebbi települések távolsága légvonalban kb. 3 km (Medve /Szlovákia/ ill. Vámoszabadi).



18. kép: Fiatal vadgesztenyefa Patkányosnál (bal oldalon)

3. Medve (Vámoszabadi külterület, 19. kép)

Fiatal, magányos vadgesztenyefa az ártéren, kavicsos burkolatú erdészeti út mellett. Környezetében a leggyakoribb fásszárú növények: nemesnyárok (*Populus* sp.), fűzek (*Salix* sp.), kocsányos tölgy (*Quercus robur*), zöld juhar (*Acer negundo*), kányabangita (*Viburnum opulus*), veresgyűrű som (*Cornus sanguinea*). A legközelebbi települések távolsága mintegy 2 km (Vámoszabadi, Medve).

4. Hédervár (20. kép)

A település határában sorokat alkotó, általában idősebb fák. Alattuk gyepevegetáció, körülöttük túlnyomórészt szántóföldek helyezkednek el.



19. kép: A Medvénel az út bal oldalán állt fiatal fát kivágták 2004-ben (a fák törzsén jól látszik az árvízi vízmagasság)



20. kép: A Hédervár határában álló vadgesztenyesor

3.2. A vizsgálatok módszere

A 7 vizsgálati esztendő során a vadgesztenyelevél-aknázómoly életmódját több szempontból is vizsgáltuk, ezért az egyes években alkalmazott módszerek is különbözők voltak:

1998, Hédervár

1998. október 3-án és 21-én, illetve 1999. február 27-én 1100-1100 db avarlevélkét gyűjtöttünk a fák alól papírzsákokba. (A molyok kikelése még a februári gyűjtés idején sem indult meg.) Az avarlevelek az 1998. évi telelő nemzedék bábjait tartalmazták. A zsákokat mindvégig fűtetlen helyiségben tartottuk, ahol a hőmérséklet a kintihez hasonló, de annál kiegyenlítettebb volt. Március végén a zsákok szájára egy-egy átlátszó befőttesüveget erősítettünk, amelyekbe a bábokból kikelő molyok a fény felé igyekezvén belerepültek. A befőttesüveget rendszeresen – a rajzás fő ideje alatt napi rendszerességgel – ürítettük, a rovarokat fajok szerint szétválogattuk és megszámláltuk. A fémfürkészek meghatározását minden esetben dr. Thuróczy Csaba, a kőszegi Rovar Parazitológiai Laboratórium vezetője végezte. Mivel nem fémfürkész parazitoidok (Ichneumonoidea: Ichneumonidae, Braconidae) nagyon ritkán és csak kis egyedszámban kerültek elő, és a meghatározásukhoz szükséges specialista nem állt rendelkezésre, a parazitoid közösség vizsgálatánál a 7 év teljes tartama alatt kizárólag a fémfürkészeket (Chalcidoidea) vettük figyelembe.

1999, Hédervár

1999. október 8-án a fák földről könnyen elérhető (1,5-2,5 m), alsó szintjéről, valamint a lombkorona tetejéről (12-13 m) két külön papírzsákba gyűjtöttünk leveleket. Az alsó lombkoronaszint leveleit tartalmazó zsákba - az egy évvel korábbi kísérlethez hasonlóan – 1100 levélke került. A felső szintből szám szerint valamivel több levelet gyűjtöttünk (1200 levélke), de ezek összterfogata ill. tömege még így is jóval kisebb volt. A levelek telettetése és a rovarok kinevelése az előzőekben leírtakhoz hasonlóan történt.

2000, Hédervár és Patkányos

2000. október 14-én és 20-án Héderváron három papírzsákba szedtünk leveleket: az egyikbe a lombkorona alsó (1,5-2,5 m), a másodikba a középső (kb. 5 m), a harmadikba a felső (12-13 m) szintjéből. Az alsó szint leveleit részben napsütötte, részben árnyékos helyekről válogattuk, a középső szint levelei – a külső levelek elérhetlensége miatt – a lombkorona belsejéből kerültek ki, a felső levelek pedig a korona legtetejéről, egész nap közvetlen napsugárzásnak kitett helyről származtak. 2000. október 13-án Patkányoson az

alsó lombkoronaszintből gyűjtöttünk leveleket egy negyedik papírzsákba. A levelek telettetése és a rovarok kinevelése mindkét gyűjtési hely esetében az előzőekben leírtakhoz hasonlóan történt. A zsákokban levő levelek tömegét a rajzást követően digitális mérleggel, 0,01 g pontossággal lemértük.

2001, Hédervár, Gombócos, Patkányos

Héderváron 2001. június 26-tól október 23-ig kéthetente gyűjtöttünk leveleket a lombkorona különböző részeiből. Az alsó szintből összesen 9 alkalommal szedtünk 60-60 db levelet, amelyek fele (30 db) árnyékos helyről, másik fele (30 db) napsütötte helyről került ki. A felső lombkoronaszintből (napsütötte helyről) szintén 9 alkalommal gyűjtöttünk leveleket, de ezekből mindig 60 darabot. A középső lombkoronaszintből összesen 8-szor történt mintavétel (30-30 db összetett levél). Három alkalommal a törzs mellől, alacsony-közepes magasságból kifejezetten kisméretű leveleket is gyűjtöttünk. Ezek az apró levelek mind árnyékos helyen fejlődtek, számuk 100 (VI. 26.), 50 (VII. 9.) illetve 100 (VIII. 1.) darab volt.

A begyűjtött anyagot dátum és levéltípus szerint külön-külön helyeztük el újságpapírból ragasztott zacskókban, amelyeket gondosan lezártunk és fedél alatt, a kintivel megegyező hőmérsékleten tartottunk. A papírzacskók egy részét (VII., IX. és X. folyamán gyűjtött leveleket tartalmazókat) 2002 januárjában kinyitottuk, az addig kikelt molyokat és parazitoidokat fajok szerint szétválogattuk és megszámloltuk, majd a zacskókat visszazárva a továbbiakban a többihez hasonlóan kezeltük. A 2002 nyarán, a molyok és a fémfürkészek rajzásának biztonságos befejeződését követően az összes zacskót kinyitottuk, és a kikelt – és addigra elpusztult – moly- és fémfürkész imágókat szétválogattuk és megszámloltuk, a zacskókban levő (száraz) levelek tömegét pedig digitális mérleggel, 0,01 gramm pontossággal lemértük.

Az ártéri élőhelyeken (Gombócos, Patkányos) a mintavételek kétheti gyakorisággal, a lombkorona alsó részéből történtek; ezeken a helyeken levéltípusokat nem különböztettünk meg. A levelek elcsomagolása és telettetése, a rovarok kinevelése, meghatározása, a zacskók lemérése az előzőekhez hasonlóan történt.

2002, Hédervár, Gombócos, Patkányos

Héderváron 2002. június 9. és augusztus 14. között kéthetes (egy esetben 3 hetes) időközökkel történt a vadgesztenyefákról mintavétel, három kategóriában: az alsó lombkoronaszint árnyékos és napsütötte helyeiről (30-30 db levél alkalmanként), valamint a felső lombkoronaszintből (napos helyről, szintén 30 db levél). A további mintavételezést a levelek szokatlanul korai lehullása lehetetlenné tette.

Az ártéri élőhelyeken (Gombócos, Patkányos) a mintavételek kétheti gyakorisággal, a lombkorona alsó részéből történtek, itt levéltípusokat nem különböztettünk meg.

A levelek elcsomagolása és telettetése, a rovarok kinevelése, meghatározása, a zacskók lemérése az előző évihez hasonlóan történt.

2003, Hédervár, Gombócos, Patkányos, Medve

Héderváron 2003. június 7. és szeptember 28. között hetente gyűjtöttünk leveleket a lombkorona alsó szintjéről (30-30 db levél, összesen 17 alkalommal), és csúcsáról (30-30 db levél, összesen 9 alkalom). Az alsó szintben nem különböztettünk meg levéltípusokat, a felső szint levelei mind napos helyről származtak.

Az ártéri élőhelyeken (Gombócos, Patkányos, Medve) a mintavételek kétheti gyakorisággal, a lombkorona alsó részéből történtek, itt levéltípusokat nem különböztettünk meg.

A levelek elcsomagolása és telettetése, a rovarok kinevelése, meghatározása az 2001. évihez hasonlóan történt.

2004, Hédervár

2004. július 3. és október 3. között hetente gyűjtöttünk leveleket a lombkorona alsó szintjének napsütötte és árnyékos részeiről. Összesen 13 alkalommal történt mintavétel (egy alkalommal 15-15 db levél). A levelek elcsomagolása és telettetése, a rovarok kinevelése, meghatározása a 2001. évihez hasonlóan történt, azzal a különbséggel, hogy a mintákat tartalmazó zacskókat csak február végéig tartottuk fűtetlen helyen, utána a rovarok rajzásának meggyorsítása végett fűtött helyiségbe szállítottuk át őket.

A *C. ohridella* leginkább parazitált fejlődési stádiumainak meghatározására izolátoros vizsgálatot végeztünk. Hédervár határában, egy szántóföldek mellett álló vadgesztenyesor fájának alsó ágaira tavasszal, a moly első repülő egyedeinek megjelenése előtt fátyolfólia zsákokat (ágizolátorokat) erősítettünk fel, amely a kísérlét ideje alatt a levelektől mind a molyokat, mind a fémfürkészeket távol tartotta, ugyanakkor jelentősen nem akadályozta a levelek fotoszintézisét és légzését (21. kép). Összesen 66, síkban kb. 50 cm x 80 cm méretű zsák került felhelyezésre, amelyek mindegyike átlagosan 15 db összetett levelet tartalmazott. Minden zsákot két alkalommal, egy-egy hétre vettünk le: először azért, hogy az aknázómolyok petéiket a levelekre rakhassák (expozíció a molyoknak), másodszer pedig ezért, hogy a parazitoidok a molylárvákat vagy –bábokat megfertőzhessék (expozíció a parazitoidoknak). A zsákok bezárásakor mindig igyekeztünk gondosan eltávolítani a leveleken tartózkodó rovarokat és pókokat, hogy a vizsgálat eredményét ne hamisítsák meg.

A 66 zsák 11 db 6-os csoportot adott ki. Az egy csoportba tartozó 6 zsák egy-egy hét eltéréssel lett levéve első alkalommal, majd egy és ugyanazon héten

a második alkalommal. Például az első csoportot alkotó 6 zsák közül az első (I/1.) május 10. és 17. között volt nyitva első alkalommal, a második (I/2.) május 17. és 23. között, a harmadik (I/3.) május 23. és 30. között stb., a hatodik (I/6.) pedig június 13. és 20. között. A második expozíciónál mind a 6 zsák egyszerre volt nyitva, az I. csoport esetében július 3-tól 11-ig (1. táblázat). Az I/1. zsák alatti aknában így – a zsák lezárását követően - 7 hétig fejlődhetnek az aknázómolyok a fémfürkészekkel való találkozásig, a I/2. zsák alattiak 6 hétig, a I/6. alattiak pedig 2 hétig, lehetővé téve, hogy a parazitoidok a különböző fejlődési alakok között szabadon választhassanak. A második csoportba tartozó 6 zsák nyitása-csukása ugyanilyen rend szerint történt, de egy héttel később, a harmadik csoporté még egy héttel később és így tovább (1. táblázat). Kivételt csak a XI. csoport képezett, amely a X. csoporthoz képest nem egy, hanem 6 hetes késéssel indult (VIII. képmelléklet).

A zsákok és az alattuk levő levelek leszedése szintén folyamatosan történt. Megvártuk, amíg az aknában a molyok befejezik táplálkozásukat, de még nem alakulnak imágóvá. A leszedett leveleket a fátyolfólia zsákokban, fűtetlen melléképületben tartottuk 2005. február végéig, amikor is fűtött helyiségbe szállítottuk át, hogy a telelő rovarok korábban befejezzék fejlődésüket. A rajzás befejeződésével az egy-egy zsákból kikelt imágókat fajok szerint szétválogattuk és megszámláltuk.



21. kép: Ágizolátorok Hédervárnál

KÉPMELLÉKLET VIII.: A LEVÉLAKNÁK NÖVEKEDÉSE ÉS
FEJLŐDÉSE EGY IZOLÁTOR ALATT

(A peterakás /1. expozíció/ ideje: 2004. VII. 18-24.)

(Az ágvégi leveleket borító izolátor a peterakást követően csak a fényképezés idejére lett eltávolítva. Feladata csak a szemléltetés volt, a kísérletben nem vett részt, 2. expozíció nem történt.)



2004. VII. 31. (Egy aknája: 9. kép)



2004. VIII. 14.



2004. VIII. 21. (Egy aknája: 10. kép)



2004. VIII. 28. (Egy bábja: 8. kép; kokonok: 6-7. kép)



2004. IX. 4.



2004. IX. 18.

4. AZ EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A vizsgálsorozat 7 esztendeje alatt összesen 22633 db vadgesztenyelevél-aknázómolyt és 4811 db fémfürkészt sikerült kinevelnünk a hédervári élőhelyen a fákról gyűjtött levelekből (2., 5-6. táblázat).

Az izolátoros kísérletben a 66 fátyolfólia zsákból összesen 3040 db vadgesztenyelevél-aknázómoly és - mindössze 3 fajba tartozó - 36 db fémfürkész kelt ki a 3-4. táblázatban látható megoszlásban.

Az ártéri élőhelyekről származó mintákból összesen 5339 db aknázómolyt és 965 fémfürkész parazitoidot neveltünk ki (az adatokat a hédervári adatokkal együtt a 7. táblázat tartalmazza).

A táblázatok felvetett szempontok szerint kiválasztott adatait vagy egyes táblázatban fel nem tüntetett adatokat a 2-54. ábrák mutatják be.

4.1. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága

4.1.1. A parazitáltsági fok számítása

A parazitáltsági fok azt mutatja meg, hogy a gazda (esetünkben az aknázómoly) egyedeinek hány százalékán élősöknek parazitoidok. Értéke a fogalom egyszerűsége ellenére – különösen rejtett életmódú gazdáknál - gyakran nehezen állapítható meg, csak közelítő számítása lehetséges, ami viszont többféleképpen végezhető (1. ábra).

Az első módszer szerint a levelek leszedésekor megszámlálják a molylárvákat és -bábokat, és ezek számának összegét hasonlítják a mintából kikelt parazitoidok számához (pl. Grabenweger, 1999). A módszer azzal a feltételezéssel él, hogy minden parazitoid egy aknázómolylárván vagy -bábon élősökött, tehát nem veszi figyelembe a gregar, szuper-, multi- és hiperparazitizmus jelenségét, így a kapott eredmény a parazitáltságot gyakran eltúlozza. (A *C. ohridella* élősökötti közül a *Minotetrastichus frontalis* például gregar fejlődésű s egyben fakultatív hiperparazitoid.) Ugyanakkor nem számol a betegség vagy egyéb okok miatt elpusztuló parazitoid lárvákkal, ami miatt a kapott érték a parazitáltságot a valóságosnál kisebbnek is mutathatja. (Természetesen elvileg az is előfordulhat, hogy a két hatás pont kiegyenlíti egymást, és a valós értéket kapjuk meg.)

A másik számítási mód a kinevelt molyok és parazitoidok számának összegét hasonlítja a kinevelt parazitoidok számához. Ez a módszer – amelyet számításainkban mi is alkalmaztunk – elköveti mindazokat a hibákat, amiket ez előző, de ezen kívül, mivel a képletben nem jelennek meg a betegség, kiszáradás, táplálékhiány vagy egyéb okok miatt elpusztult molyok, a parazitáltságot valószínűleg még magasabbnak mutatja a valóságosnál. Azonban ha a betegség vagy egyéb okok miatt elpusztult molyoknak ill.

parazitoidoknak az összes molyhoz ill. parazitoidhoz viszonyított aránya megegyezik, vagyis a moly és parazitoidjai azonos valószínűséggel betegszenek meg vagy esnek áldozatul egyéb mortalitási faktoroknak (ami reálisan feltételezhető), akkor a két hiba kiejti egymást. Elképzelhető továbbá, hogy a kórokozóval megfertőződött parazitoid lárva pusztulása esetén az ugyanazon aknában levő molylárva életben maradhat, míg fordított esetben – táplálékhiány következtében – mindkét lárva elpusztul. Ez a parazitoidoknak a molyokénál nagyobb mortalitását okozhatja, és csökkenti a számítással kapott parazitáltsági fokot, ellensúlyozva a parazitizmus egyéb formáinak (gregar, multi- stb.) figyelmen kívül hagyásával elkövetett hibát.

Az említett, hibát okozó tényezők mértékét nemcsak nem ismerjük, de a fajösszetétel, időjárás stb. változása miatt súlyuk állandóan változik, ezért jelenlegi ismereteink alapján nem dönthető el, melyik számítási módszer adja a valóságot jobban megközelítő értéket. Az egyes szerzők parazitáltsági adatainak összehasonlításakor a módszerek különbözőségére mindenképpen tekintettel kell lenni.

Van lehetőség a tényleges parazitáltság megállapítására is, amire Lupi (2005) tanulmányában látunk példát. Az általa használt összefüggés:

$$RP = (L_p + P_p) * 100 / (L_t + P_t),$$

ahol RP az élő gazdák parazitáltsági foka, L_p a parazitált lárvák száma, P_p a parazitált bábok száma, L_t a lárvák összes száma, P_t a bábok összes száma. Az eredmény valóban a tényleges parazitáltságot adja meg, és megegyezik az általunk használt $RP = 100 * P / \bar{O}$ képlettel. Viszont a számíthatóhoz ki kellett nyitni az aknákat, és a lárvákat, bábokat műanyag dobozokba kellett tenni, ami túlélésük szempontjából nyilván kedvezőtlenebb. Másrészt sokkal munkaigényesebb, amit a vizsgálat során figyelembe vett aknák viszonylag alacsony száma is mutat. Harmadrészt még e módszer sem lehet tekintettel olyan jelenségekre, mint a 'host feeding' vagy a más fajok által korábban elpusztított lárvákba való peterakás (Mineo – Mineo, 2001). Mindazonáltal kétségekívül ez a módszer szolgáltatja a legpontosabb adatokat az aknázómoly parazitáltságára.

A parazitáltsági fokot vizsgálatainkban mindig a második módszer szerint, $p = 100 * f / (m + f)$ képlet alapján számoltuk, ahol f a mintából kikelt fémfürkészek (az összes faj együtt), m a kikelt molyok egyedszáma. A közelítő módszer alkalmazására a feldolgozásra kerülő anyag nagy mennyisége miatt volt szükség.

Külön értelmeztük az egy bizonyos parazitoid faj általi parazitáltsági fokot is (az adott faj hozzájárulását az aknázómoly parazitáltságához), amelyet a következő képlet ad meg: $p_{sp} = 100 * f_{sp} / (m + f)$, ahol f_{sp} a parazitoid fajnak a

vizsgált mintából kikelt egyedeinek száma. Az egyes parazitoidokra kiszámított p_{sp} –k összege kiadja a mintára kapott összes parazitáltsági fokot (p), az f_{sp} –k összege pedig nyilvánvalóan az f értékével egyenlő.

4.1.2. A *C. ohridella* parazitáltságában hosszú távon megfigyelt változások

Irodalmi adatok szerint a különböző aknázómoly fajok populációjának egyedszámát általában hatékonyan szabályozzák az adott faj fémfürkész parazitoidjai, és a parazitáltsági fok nemritkán az 50 %-ot is meghaladja (Askew – Shaw, 1979, Gilbogini et al., 1996, Maier, 1984, Mey, 1993 in Grabenweger, 2003; Balázs, 1997). Ezeknek a parazitoidoknak nyilván hosszú idejük volt arra, hogy a gazdaállat életmódjához adaptálódjanak. A *C. ohridella* parazitoidjai esetében nem ez a helyzet. Számos szerző 5 %-os vagy annál alacsonyabb parazitáltsági fokról tesz említést a vadgesztenyelevél-aknázómoly esetében, és a parazitoidok hatását jelentéktelen mortalitási tényezőnek tartja (pl. Freise – Heitland, 2004/a,b). A faj ismereteink szerint mindössze 20 éves múltra tekint vissza, Magyarországon pedig csak 1993-ban jelent meg. 1994-ben már megtalálható volt Győrben, a hédervári élőhelytől mintegy 25 km-re (Szabóky és Vas, 1997). Ha feltételezzük, hogy 1993-ban már élt az – általunk akkor még nem vizsgált – hédervári vadgesztenyesor fáin, a vizsgálatok kezdetéig, 1998-ig a parazitoidoknak akkor is csak 5 évük volt az új táplálékforrás felfedezésére és az ahhoz való adaptálódásra. Ezért nem meglepő az első évben tapasztalt 10 %-közei parazitáltság (2. táblázat).

2. táblázat. A 7 éves vizsgálatorozatban kinevelt rovaranyag egyed- és fajszámadatai, valamint a *C. ohridella* parazitáltsági fok értékei

	Kinevelt molyok egyedszáma (db)	Kinevelt fémfürkészek egyedszáma (db)	Kinevelt fémfürkész fajok száma	Parazitáltsági fok (%)	1 db öttagú levélből kinevelt molyok száma (db)
1998	5309	530	12	9,08	24,13
1999	3900	522	9	11,80	8,48
2000	1502	351	9	18,94	2,49
2001	4200	1658	14	28,30	3,04
2002	2282	324	9	12,43	5,07
2003	1146	548	13	32,35	2,25
2004	4323	896	8	17,17	10,29
Összesen	22633	4811	-	-	-

A 2. táblázat parazitáltsági fok adatai, illetve a 2. ábra hisztogramja azt mutatják, hogy a *C. ohridella* parazitáltsága 1998-tól 2001-ig nagyjából egyenletesen és határozottan, három év alatt több mint a háromszorosára nőtt. (Az egyes évek eredményeinek összehasonlíthatóságát természetesen némileg korlátozza az a tény, hogy a vizsgálati módszerek többé-kevésbé különbözőek voltak. Azonban mindegyik évben – avarlevelek esetén akaratlanul, a többi esetben tudatosan - több levéltípus adatait összesítettük, így az eredmények összevetése megalapozott.) 2002-ben a parazitáltsági fok kb. az 1999-es értékre esett vissza, de a következő évben mért 32,35 % ismét közel olyan magas, mintha ez a visszaesés nem is következett volna be. 2004-ben megint kisebb parazitáltságot tapasztaltunk, nagyjából a 2000. évinek megfelelőt. 2005-re nem rendelkezünk adatokkal, de a 7 év eredményei alapján a 2003-ast is meghaladó értékre következtethetünk.

Az eredmények alapján úgy tűnik, hogy a fémfürkészek adaptálódása folyamatos és az eddig feltételezettnél sokkal nagyobb sebességű, de az adaptáció mértékét a parazitáltsági fok - feltehetően a kedvezőtlen időjárási viszonyok miatt - nem mindig tükrözi megfelelően. Valószínű azonban, hogy az adaptálódás azokban az években is jelentős sebességgel halad előre, amikor a fémfürkészek kisebb egyedszámban vannak jelen. A parazitáltság irodalmi megfigyelések szerint is nagymértékben ingadozó még egy élőhelyen is (Stolz, 1997).

Eredményeink ellentmondanak annak az irodalomban elterjedt vélekedésnek, mely szerint a bennszülött parazitoidok alkalmazkodása az inváziós gazdához nagyon lassú folyamat (Grabenweger, 2004/a,b). Az irodalom szerint a *C. ohridella* parazitoid közössége más európai aknázómolyokéhoz hasonló összetételű (Balázs – Thuróczy, 1999, 2000/b), de a moly parazitáltsága évek alatt sem változik jelentősen. Grabenweger az alacsony parazitáltságot a moly és a parazitoidok közötti aszinkron fejlődéssel magyarázza.

Eltérő eredményeink egyik oka valószínűleg az, hogy az irodalomban szereplő megállapítások rövidebb időszakot (jellemzően 3 évet) átfogó vizsgálatok eredményein alapulnak. 3 éves vizsgálat esetén nagy az esélye annak, hogy a 3 egymást követő évben a parazitáltsági fok változása nem mutat semmilyen tendenciát (a mi példánkban ilyen lett volna a 2000-2002, 2001-2003 vagy a 2002-2004 időszak is). Különösen nagy a valószínűsége ennek rendhagyó időjárású években, ami az elmúlt évtizedben mindenütt meglehetősen gyakori volt.

További magyarázat lehet az, hogy a kutatók a levelek gyűjtésekor nem voltak tekintettel a levelek méretére vagy elhelyezkedésére, és egyik évben ilyen, másik évben olyan leveleket gyűjtöttek, ami nagymértékben befolyásolhatja a megfigyelhető parazitáltságot.

Az okokat kutatva még egy lehetőséget számba kell vennünk. Az irodalomban szereplő vizsgálatok nagy részét városi élőhelyen végezték. Városokban a hiányzó aljnövényzetű, esetleg lebetonozott talajú helyeken gyakran úgy védekeznek a moly ellen, hogy a lehullott leveleket minden ősszel eltávolítják és megsemmisítik. Jelenleg ez a leggyakrabban ajánlott módszer a moly kártételének visszaszorítására. Az avarlevelek komposztálásával azonban a benne telelő fémfürkészek is elpusztulnak, így a lehullott levelek összegyűjtése a molyhoz többé-kevésbé adaptálódott parazitoidok kiiktatásával, végső soron az adaptációs folyamat lelassulásával jár.

A jelenlegi elképzelés szerint, mivel a *C. ohridella* és parazitoidjai fejlődése időben rosszul összehangolt, az első tavaszi lárvaemzedéket elsősorban nem a fák alatti levelekben áttelelt, hanem a kívülről érkező parazitoidok (Tomov, 2004/a) fertőzik meg. A lehullott vadgesztenyelevelekben áttelelt parazitoidok ugyanakkor nagyrészt elvándorolnak, és más növényeken más gazdákat keresnek maguknak. (A polifág parazitoidok időszakos elvándorlására és a gazdaságilag közömbös növényfajokon élő molylárvák rezevoár szerepére példa a *Phyllocnistis citrella* /Lepidoptera, Gracillariidae/ esete /Rizzo – Massa, 2001/.) A parazitoidok tavaszi bevándorlására utal az is, hogy más az első, és más a harmadik nemzedék parazitoid közösségének összetétele, illetve, hogy az első nemzedék parazitáltsága az előző évi harmadik nemzedék parazitáltsági fokától függetlenül alacsony (Grabenweger 2004/a).

Megvizsgáltuk, hogy ez utóbbi megállapítás az általunk (rendszeres mintavételekkel) nyomon követett időszakban, 2001-2004 között megállja-e a helyét. A 4. ábrán azt tüntettük fel, hogy a négy év folyamán hogyan változott a *C. ohridella* parazitáltsága. A 2001. és a 2002. év váltása valóban nagyon éles, a 2001. év végi 55,8 %-os parazitáltság a 2002. év elejére hirtelen 6,5 %-ra csökken, és a parazitoid populáció csak a szezon végére kezd ismét megerősödni. 2002 és 2003 között viszont már alig van visszaesés, és 2003-2004 között is csak az első mintavételi időpontban találunk alacsonyabb értéket. A 2002-től 2004-ig tartó időszakban a hisztogram tanúsága szerint a moly parazitáltsága erősen hullámzó volt, de a hullámok menetében a szezonok közti – mintegy 7 hónapos - nyugalmi időszakok miatt törés nem következett be. Úgy tűnik tehát, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága valószínűleg nagyrészt az előző év végi populáció parazitáltságának függvénye. A parazitáltságot a fémfürkészek számára kedvezőtlen időjárás vagy más tényezők természetesen nagymértékben csökkenthetik, amint azt a 2002. év eleje és a 2004. év második fele példáján láthatjuk.

A parazitáltság említett visszaeséseire megpróbáltunk magyarázatot találni a Nyugat-Magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári Meteorológiai Állomásától kapott időjárási adatok alapján (Mosonmagyaróvár és Hédervár távolsága kb. 15 km). Az 5. ábra szerint a csapadék napi mennyisége 2004. július elejétől egészen a mintavételezés befejezéséig szokatlanul alacsony volt, ami a

parazitáltságban július 18-tól szeptember 11-ig tapasztalt csökkenéssel egybeesik. A 3. ábrán látható, hogy 2001-től 2004-ig az említett időszakban folyamatosan csökkent a naponta lehullott csapadék átlagos mennyisége, ami 2004-ben már csak 0,35 mm-t tett ki, a 2003-ban ugyanekkor mért 1,62 mm kb. *ötödét*. A napsütéses órák átlagos napi száma ugyanakkor a második legmagasabb volt a négy év viszonylatában (6. ábra), az átlagos napi középhőmérséklet pedig – bár ebben az évben a legalacsonyabb - mindössze 1,6 °C-kal marad el 2003. évitől (7. ábra). Tudjuk, hogy a közvetlen napsugárzás a molylárvák fejlődésére kedvezőtlen hatással van, ami valószínűleg az optimálisnál magasabb hőmérsékletnek és az intenzívebb párologtatás kiváltotta vízhiánynak köszönhető (Birner – Bohlander, 2004). Valószínűleg ez az oka annak, hogy az ugyanakkora mennyiségű levélből kinevelhető aknázómoly imágók egyedszáma augusztus végétől csökkent (8. ábra). (Ugyanakkor a levelenkénti imágók száma mindig jóval nagyobb volt napsütésnek kitett levelek esetében, ami valószínűleg az árnyékban fejlődő aknák átlag kétszer akkora méretével magyarázható /Birner – Bohlander, 2004/). Az elmondottak alapján azt feltételezzük, hogy a parazitoid lárvák a molylárváknál sokkal érzékenyebbek a magas aknahőmérséklet esetén fellépő vízhiányra, ennek tulajdonítható, hogy 2004 második felében ilyen alacsony volt a *C. ohridella* parazitáltsága. Feltételezésünket az is alátámasztja, hogy ebben az időszakban a napsütötte és az árnyékolt levelekben élő molylárvák parazitáltsága között igen nagy a különbség az árnyékoltak javára (9. ábra). Az egyes parazitoid fajokra megszerkesztett hisztogramok azt mutatják, hogy a vízhiányra különösen érzékenyen reagál a *P. agraulis* és a *M. frontalis* (10-11. ábra).

A *C. ohridella* parazitáltságának 2002. év elején megfigyelt visszaesésére az élőhelyek összehasonlítása során találtunk magyarázatot (lásd később).

A parazitoidok adaptációja természetesen évenkénti be- és kivándorlás mellett is végbemehet, de az adaptációs folyamat általunk tapasztalt nagy sebessége alapján úgy tűnik, hogy a parazitoid fajok viszonylag stabil és maradó populációkat alkotnak a vadgesztenyelevél-aknázómoly populációja körül. Az évenkénti ki- és bevándorlás ugyanis valószínűleg nagymértékben csökkentené a *C. ohridellához* valamennyire adaptálódott parazitoid egyedek visszatérésének valószínűségét, így a tömeges adaptáció esélyét is. A vadgesztenyelevél-aknázómoly életmódjára való fokozatos ráhangolódás valószínűleg az egyéb gazdák fejlődésével való növekvő aszinkronitást is magával vonja, így az adaptációs folyamat előrehaladása során egyébként is várható, hogy egyre csökken a gazdaváltás valószínűsége.

A parazitoid populációk helyben maradása minden bizonnyal a lombosfa-fehérmoly (*Leucoptera malifoliella* COSTA) esetében is megvalósul. A hazánkban 1982 óta károsító faj áttelelt bábjaiból kirajzó lepkéi szintén április-május hónapban repülnek, a faj évente ugyanúgy 2-3 nemzedéket nevel (Molnárné, 2004), parazitoidjainak nagy része a *C. ohridelláéival* megegyezik,

azok mégis hatékonyan szabályozzák a moly populáció nagyságát (Balázs, 1992; Balázs – Mészáros, 1998). A lombosfa-fehérmoly legjelentősebb parazitoidja a *Chrysocharis pentheus*, amelynek csúcsrajzása a gazdaállat L₂ lárvaállapotával esik egybe. Ugyanez a fémfürkész faj a *C. ohridella*-n alárendelt jelentőségű, pedig feltételezhető, hogy a *C. ohridella* L₂ stádiuma is közel ugyanabban az időben jelenik meg. Valószínű ezért, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómollyal kapcsolatos sikertelenségét nem vagy nem csak az időbeli aszinkronitás okozza. Ez a megállapítás feltehetően más parazitoid fajokra is igaz, ugyanis bizonyos esetekben a fajok rajzáscsúcsának eltéréseivel nem tudjuk megmagyarázni, miért részesítenek előnyben különböző lárvastádiumokat.

A telelő parazitoidok kinevelésére irányuló vizsgálatok szerint a legtöbb parazitoid faj rajzáscsúcsa időben valamelyest megelőzi a *C. ohridella* rajzáscsúcsát (Grabenweger, 2001/a), a parazitálásra legalkalmasabb *C. ohridella* lárvastádiumok megjelenése pedig még jóval később következik be (Grabenweger, 2004/a). Az említett vizsgálatokkal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy azok árnyékban vagy fűtetlen helyiségben tartott levelekből indultak ki. Elképzelhető, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoidjai fejlődésének hőmérsékleti küszöbértéke alacsonyabb, mint a molygazdái, ennek tulajdonítható a korábbi rajzásuk. Szabadföldi körülmények között azonban előfordulhat, hogy a ritkán álló vadgesztenyefák alatti avarréteget a napsugárzás átmelegíti, és az aknában jelentősen magasabb hőmérséklet alakul ki, mint az árnyékban levő levelek esetében. Ennek hatására mind a parazitoidok, mind az aknázómolyok fejlődése felgyorsul, de a magasabb hőmérsékleti küszöbű aknázómolyé nagyobb mértékben. A parazitoidok rajzáscsúcsa és a megfelelő korú molylárva megjelenése ennek következtében szabadföldi körülmények között időben valamivel közelebb lehet egymáshoz, mint ami az eddigi laboratóriumi vizsgálatokból kiderült, elősegítve a szinkron fejlődést és a parazitoid közösség tartós megtelepedését. Feltételezésünket megerősíti Balázs és Thuróczy (1999) megfigyelése arról, hogy legalábbis bizonyos időjárású években, hirtelen kitavaszkodáskor előfordulhat a molyok és a parazitoidok rajzáscsúcsának egybeesése.

A kontraszelekció elkerülése szempontjából előnyösebb módszernek ígérkezik a lehullott és összegyűjtött leveleknek speciális hálóval fedett konténerekben való tárolása (Kehrlí – Lehmann - Bacher, 2005). A háló megfelelő átmérőjű lyukai a tavaszi rajzáskor kifelé igyekvő molyokat nagyrészt visszatartják, de a kisebb termetű fémfürkészeket átengedik, lehetővé téve a mollyal többé-kevésbé összehangoltan fejlődő egyedek kijutását és további szaporodását. (Az elvet pl. az almamoly /*Cydia pomonella* LINNAEUS/ vagy a *Hyphantria cunea* ill. a *Phyllonorycter* fajok esetében régóta alkalmazzák, Balázs – Mészáros, 1989)

4.1.3. A *C. ohridella* parazitáltsága különböző élőhelyeken

A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltságában a három évig vizsgált ártéri élőhelyeken folyamatos növekedés (Gombócos) vagy stagnálást követő növekedés (Patkányos) volt tapasztalható (7. táblázat). A növekedés üteme Gombócosnál meglehetősen jelentős, évente csaknem kétszeres volt.

Héderváron a három év közül 2002-ben volt a legalacsonyabb a parazitáltság (az alsó lombkoronaszintben), a két szélső évben pedig közel egyenlő, 30 % körüli, ami az ártéri élőhelyekhez képest magasnak számít. Kivétel a Medve melletti vadgesztenyefa, amelyről csak 2003-ból van adatunk, de ekkor a legmagasabb, 43 % feletti parazitáltságot mértünk, ami minden általunk eddig talált értéket felülmúlt. (A magas parazitáltság természetesen nem látszott a fán, de az aknázómollyal való fertőzöttség igen - valószínűleg ezért vágták ki 2005 nyarán a fiatal fát.)

A parazitáltság előbb említett változásait érdemes összevetni a Héderváron végzett, nagyobb időintervallumot átfogó vizsgálataink eredményeivel. A 2. ábra 7 év többféle levéltípusának és több lombkoronaszintjének összesített adatait tartalmazza a hédervári élőhelyen. Ezen az ábrán is megfigyelhető a 2002. év kiugróan alacsony értéke, viszont az is, hogy az első négy évben a parazitáltság folyamatosan növekedett. Érdekes módon 2002-ben csak Héderváron volt kisebb az aknázómoly parazitáltsága a környező évekénél. December 8. és január 19. között, az év leghidegebb időszakában a napi középhőmérsékletekből számított hőösszeget a 12. ábrán tüntettük fel. Látható, hogy 2001-2002 tele volt a leghidegebb a három év közül, és feltételezhető, hogy - a nagyon alacsony hőmérsékleteket is elviselő *C. ohridella* bábokkal ellentétben - a parazitoidok mortalitása erősen megnövekedett a hédervárihoz hasonló élőhelyek, szabadon álló fasorok esetében, ahol az éjjeli kisugárzást nem gátolja összefüggő lombkoronaszint. A parazitoidok jelentősebb téli pusztulásához hozzájárulhat, hogy egyes fajok nem báb-, hanem lárvállapotban telelnek a lehullott levelekben (pl. a *M. frontalis*: Lupi, 2005). Az ártéri élőhelyek vadgesztenyefái mindenütt sűrű (elegyes) állományban helyezkedtek el, ahol az éjjeli lehűlés valószínűleg nem volt olyan erős. Ez természetesen csak akkor lehet így, ha a parazitoid közösség – ellentétben az irodalomban elterjedt nézetekkel (pl. Grabenweger 2003, 2004/a), de összhangban saját elképzelésünkkel – tavasszal nem vándorol el a vedgesztenyefák közeléből, hanem maradó populációkat alkot.

A parazitáltság változását nagyobb időbeli felbontásban mutatja be a 13-16. ábra (a hédervári élőhely esetében nemcsak az alsó lombkoronaszint, hanem több szint minden vizsgált levéltípusának összesített adatait ábrázoltuk). Gombócosnál 2001. X. 11-től 2003 végéig egy ívet alkot a parazitáltság, ha a köztes alacsony értékektől eltekintünk, és a parazitáltság folyamatos növekedése figyelhető meg. Héderváron 2001 és 2002 között - feltehetően

7. táblázat. A 3 éves vizgálatsorozatban kinevelt rovaranyag egyed- és fajszámadatai, a *C. ohridella* parazitáltsága és a gyűjtött levelek mennyisége

	Élőhely	Kinevelt molyok egyedszáma (db)	Kinevelt fémfűrészek egyedszáma (db)	Kinevelt fémfűrész fajok száma	Parazitáltsági fok (%)	Gyűjtött levelek mennyisége
2001	Gombócós	857	80	4	8,54	240 levél
	Patkányos	1641	160	6	8,88	360 levél
	Hédervár	1980	917	11	31,65	540 levél
2002	Gombócós	938	170	6	15,34	180 levél
	Patkányos	819	79	4	8,80	180 levél
	Hédervár	1991	237	9	10,64	300 levél
2003	Gombócós	341	138	7	28,81	240 levél
	Patkányos	414	82	7	16,53	240 levél
	Medve	329	256	4	43,76	210 levél
Összesen	Hédervár	777	344	12	30,69	510 levél
	-	10087	2463	-	-	-

a már említett okokból kifolyólag – nincs folytonosság, de 2002-2003-ban a parazitáltság megint úgy változik, mintha a két évet nem is választaná el téli nyugalmi időszak. A három élőhely közül Patkányosnál nehezebben ismerhető fel, de itt is megvan az egyes évek összefüggése. A parazitáltság Gombócshoz képest is alacsonyabb értékeit és nagyobb ingadozását (az évek között, és egy éven belül) itt az okozhatja, hogy ezen az élőhelyen mindössze egy vadgesztenyefa található, amelynek parazitoid populációi kisebbek és sérülékenyebbek, mint Héderváron vagy Gombócshoz. A 6. ábra szerint Medvánél is igen nagy volt a parazitáltság évközi ingadozása, feltehetően ugyanezen okból, bár az összesített parazitáltság nagyon magas.

Mindezek megerősítik azt a feltételezésünket, hogy a vadgesztenyefák parazitoid közössége legalábbis többé-kevésbé ragaszkodik élőhelyéhez, és nem vándorol évente más tápnövényeken levő gazdákra.

További lehetséges magyarázatként az is elképzelhető, hogy az ártereken álló vadgesztenyefákat az aknázómoly néhány évvel később támadta meg, mint a szigetközi főúthoz közeli hédervári vadgesztenyesort. A vadgesztenyelevel-aknázómoly gyors európai elterjedését ugyanis többek között azzal magyarázzák, hogy a faj antropogén úton terjed, és a parkoló járművekre hullott, aknákat tartalmazó levelek révén a közúti vagy vasúti forgalommal rövid idő alatt nagy távolságokat tehet meg (pl. Milevoj – Macek, 1997; Deschka – Gusenleitner, 1993). Azok az élőhelyek, amelyek a forgalmasabb közutaktól távolabb helyezkednek el, feltehetően később, az imágók széllel való sodródásával fertőződnek meg.

A 2. ábra szerint Héderváron is hasonlóan változott (monoton növekedést mutatott) a parazitáltság az első négy vizsgálati évben, mint az ártéri fák esetében 2001-2003-ban, de csak addig, amíg a parazitáltsági fok a 30 % közelébe nem ért. Ekkor következett be a parazitáltság visszaesése, ami az ártéri fák 2004-ben vagy az után lett volna várható, azonban ezekről az évekről már nem rendelkezünk adatokkal. A 30 % feletti parazitáltság után fellépő esetleges nagyobb ingadozások okait újabb vizsgálatokkal kell tisztázni. Elképzelhető, hogy a fémfürkészek a nagyobb egyedsűrűséggel összefüggő nagyobb stressz miatt (esetleg egy aknában több egyed) érzékenyebbé válnak a környezeti hatásokra, pl. az előbb említett alacsony téli hőmérsékletekre, s ez is hozzájárul a 2002. évihez hasonló visszaesésekhez.

A közúti forgalomból kieső ártéri élőhelyek későbbi meghódítására utal az is, hogy az egyes gyűjtési időpontok között a parazitáltság nagymértékben ingadozik (13-14. és 16. ábra), míg a hédervári élőhelyen a szezonon belüli eltérések sokkal mérsékeltébbek (15. ábra). A különbség valószínűleg arra vezethető vissza, hogy Héderváron - a vadgesztenyelevel-aknázómoly feltételezett korábbi megtelepedése miatt - a parazitoid közösségnek hosszabb idő állt rendelkezésére az adaptációra, és a gazda- és fémfürkész populációk

fejlődése jobban szinkronba kerülhetett egymással (Freise – Heitland, 2004/a; Grabenweger, 2004/a).

4.1.4. Különbségek az egyes lombkoronaszintek között

A *C. ohridella* parazitáltsága jelentős eltéréseket mutat a különböző lombkoronaszintek leveleiben, de az eltérések mértéke és iránya az egyes években nagyon változó (9. táblázat). Míg 1999-ben a felső szintben a moly parazitáltsága alig kisebb, mint az alsóban, 2000-ben a felső szintben mért parazitáltság csak mintegy fele az alsó szintben számítottnak. 2001-ben a felső szint parazitáltsága még alacsonyabb az alsó átlagánál, de 2002-ben és 2003-ban már magasabb, 2002-ben jelentősen. 2000-ben és 2001-ben a középső szint parazitáltságát is vizsgáltuk, amely a felső szintben azévnél tapasztaltnal mindkét esetben csaknem azonos volt.

A vizsgált öt esztendő közül 1999-2001-ben tehát alacsonyabb, 2002-2003-ban magasabb volt a felső lombkoronaszint parazitáltsága, mint az alsóé. Amennyiben ez a különbség tendenciát jelent, ez arra utal, hogy a *C. ohridella* parazitoid közössége a talajszinttől való távolság tekintetében is fokozatosan alkalmazkodik a gazda életmódjához, hiszen nem hagyja kiaknázatlanul a felső szintekben elhelyezkedő gazdag táplálékforrást.

9. táblázat. Az egyes levéltípusokból és lombkoronaszintekből kinevelt rovaranyag egyed- és fajszámadatai, a parazitáltsági fok, valamint a gyűjtött levelek mennyisége (Hédervár)

Év	Levéltípus vagy lombkoronaszint	A kinevelt <i>C. ohridella</i> egyedszám	A kinevelt fémfürkészek egyedszáma	A kinevelt fémfürkészfajok száma	Parazitáltsági fok (%)	A gyűjtött levél-mennyiség
1999	Alsó szint	2761	391	7	12,40	1100 levélke
	Felső szint	1139	131	9	10,31	1200 levélke
2000	Alsó szint	422	174	5	29,19	1100 levélke (303,04 g)
	Középső szint	503	92	6	15,46	176,25 g
	Felső szint	577	85	8	12,84	351,76 g
2001	Alsó szint, árnyék	818	494	9	37,65	270 levél (316,17 g)
	Alsó szint, napfény	1162	423	10	26,69	270 levél (473,91 g)
	Középső szint	587	204	5	25,79	240 levél (191,13 g)
	Felső szint	1449	522	12	26,48	540 levél (330,88 g)
	Apró levelek	184	15	3	7,54	250 levél (15,83 g)
2002	Alsó szint, árnyék	720	127	6	14,99	150 levél (161,57 g)
	Alsó szint, napfény	1271	110	7	7,96	150 levél (342,21 g)
	Felső szint	291	87	5	23,02	150 levél (272,61 g)
2003	Alsó szint	777	344	12	30,69	510 levél
	Felső szint	369	204	8	35,60	270 levél
2004	Alsó szint, árnyék	878	178	5	16,86	195 levél
	Alsó szint, napfény	2572	445	7	14,75	195 levél
Összesen	-	16480	4024	17	-	-

4.1.5. Árnyékban és napon fejlődő levelek

Az összes e szempontból vizsgált évben azt tapasztaltuk, hogy az árnyékban fejlődő levelekben (22. kép) a *C. ohridella* parazitáltsága jelentősen magasabb, mint a napsütötte levelekben (23. kép), ami valószínűleg a parazitoidok környezeti igényeivel van összefüggésben (9. táblázat). Megvizsgáltuk, hogy az egyes években mekkora a különbség a két levéltípus parazitáltságában (17. ábra), és a kapott ábrát összevetettük az egyes évek gyűjtési időszakban tapasztalt időjárásával (10. táblázat), hogy a parazitoidok környezeti igényeiről pontosabb következtetéseket vonhassunk le. 2002-ben a parazitáltság különbsége a napsütötte és árnyékolt levelek között nagyobb volt, mint 2001-ben, ami a nagyobb napfénytartammal, a magasabb hőmérséklettel és a közel azonos csapadékmennyiséggel jól magyarázható, hiszen mindez vízhiányosabb körülményeket teremt a napnak kitett aknákban. A 2004. évben a két levéltípus parazitáltságának különbsége a 2001. és a 2002. éveké között kellene hogy legyen a napfénytartam és a hőmérséklet alapján, sőt, a rendkívül kevés csapadék miatt még nagyobb különbséget várnánk az árnyékolt és a napnak kitett levelek között. Ezzel szemben a tapasztalat szerint ekkor a legnagyobb hasonlóság a két levéltípus parazitáltságában.



22. kép: Árnyékban fejlődő levelek



23. kép: Napon fejlődő levelek

Hasonló jelenséget találunk az egy levélre jutó aknázómolyok számában is a 2001. és 2004. évek összehasonlításakor (lásd később). Elképzelhető, hogy a szokatlanul kevés csapadék az árnyékolt levelekben jobban érezteti a hatását, mint a napon fejlődőkben, így a vízhiány mértéke a két levéltípusban közelít egymáshoz. Talán ennek köszönhető, hogy különösen száraz években az aknázómolyok számában és a parazitáltságban meglévő különbség a két levéltípusban mérséklődik.

4.1.6. Kis- és nagyméretű levelek

A 2001. év eredményei szerint a kisméretű levelekben a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága messze a legkisebb az összes vizsgált levéltípus közül (9. táblázat). Számos ragadozó fajról ismert, hogy táplálékkeresése során azokat a növényi részeket keresi fel nagyobb valószínűséggel, amelyeken - korábbi tapasztalatai szerint - a potenciális áldozatok nagyobb egyedsűrűségben helyezkedtek el (Salt, 1967 in Price, 1997). Tudjuk továbbá, hogy a *Camerariával* rokon *Phyllonorycter* fajok feltűnő foltaknáit vizuális úton találják meg az Eulophidae családba tartozó fémfürkész parazitoidok (Casas, 1989, Connor – Cargain, 1994 in Casas, 2000). A *C. ohridella* barna színű aknáit szintén nagyon feltűnőek, és messziről észrevehetőek, különösen, ha összeolvadva a levél nagy részét elfoglalják. Nagyon valószínű, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly túlnyomórészt Eulophida parazitoidjai vizuálisan kutatnak gazdákat, és táplálékkeresésük során előnyben részesítik a fáknak azokat a részeit, amelyekről messziről látszik a potenciális áldozatok nagy egyedsűrűsége. A vadgesztenyefák esetében ezek a lombkorona külső, nagy felületű, sok aknát hordozó levelei, hiszen az apró levelek a vastag ágakon ritkán helyezkednek el, és kis felületüket kevés akna borítja. A parazitáltság különbségét tehát feltehetően a parazitoid fémfürkészek táplálékkereső magatartása okozza.

4.2. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoid közössége

4.2.1. A parazitoid közösség összetételében 7 év alatt bekövetkezett változások

A 7 éves vizsgálatsorozatban összesen 20 parazitoid fajt sikerült kinevelnünk Hédervárról (5-6. táblázat). A 2. táblázatban az egy-egy évben kinevelt fajok számának változását is láthatjuk. Az adatok szerint egyik évben sem került elő mind a 20 faj, de a parazitoid közösség minden évben legalább 8, legfeljebb 14 fajból állt. A 2002. és 2004. években a közösséget alkotó fajok számában is visszaesés volt tapasztalható, ami valószínűleg szintén időjárási okokkal magyarázható.

Mindössze 5 fajról mondhatjuk el, hogy mind a hét évben megjelent, amelyek közül a *Pnigalio agraulis* és a *Minotetrastichus frontalis* általában viszonylag magas arányban került elő (5. táblázat). A *Baryscapus nigroviolaceus* - főleg az utóbbi években - jóval ritkább volt, a *Closterocerus trifasciatus* és a *Cirrospilus pictus* (24. kép) pedig egészen kis egyedszámban volt kinevelhető. Azonban az arányoktól függetlenül az 5 faj mindegyike stabil alkotója volt a parazitoid közösségnek.

Külön említést érdemel a *Pediobius saulius*, amelyet az első évben egyáltalán nem találtunk, viszont 1999-ben már a kinevelt fémfürkész egyedeknek csaknem fele ebbe a fajba tartozott, és meghatározó pozícióját ettől kezdve mindvégig tartotta. A *C. ohridella* feltételezett legkorábbi hédervári megtelepedése (1993) után maximum 6 évvel jelent tehát meg. Ez viszonylag rövid idő az irodalomban említett 10 évhez képest, ami megfigyelések szerint el szokott telni a vadgesztenyelevél-aknázómoly és a *P. saulius* megjelenése között (Grabenweger, 2005).

A *Cirrospilus talitzkii* 2000-ben jelent meg, és bár kis egyedszámban, de minden évben fogható volt. Grabenweger (2005) szerint a fajt 2001-ben találták először *C. ohridellán*, Bulgáriában, így a 2000. évi hédervári előfordulás egy évvel megelőzi a legkorábbinak tartott megjelenést. A *Pnigalio pectinicornis* néhány egyede két évben biztosan előkerült, és esetleg az 1998-1999-es esztendőkből is. A bizonytalanságot az okozza, hogy a *P. agraulis* és a *P. pectinicornis* közötti minimális eltérést az első két évben nem vizsgáltuk.



24. kép: *Cirrospilus pictus*, ♀

A *P. pectinicornis*on kívül még 4 olyan faj van, amely csak két évben került elő, és 5 olyan, amely csak egy-egy évben jelent meg. Utóbbiak közül hármát (*C. variegatus*, *H. dropion*, *H. fulvicollis*) egyedül 1998-ban találtunk, azóta nem kerültek elő. Több faj elszórtan, csak egy-egy évben került elő.

4.2.2. Az egyes parazitoid fajok hozzájárulása a *C. ohridella* parazitáltságához

Az egyes parazitoid fajok általi parazitáltság változását, illetve az egyes fajok egyedszámarányának változását az 5-6. táblázat mutatja. Mindegyik faj parazitáltság adatain megfigyelhető – amelyik egyáltalán előkerült akkor - a 2002. és 2004. év kedvezőtlen volta, valamint közöttük a 2003. év kiugróan magas értéke. Az összesített parazitáltsági fok 2002-2004. évi változásait tehát nem csak egy vagy néhány domináns faj populációjának változása okozza. Az összesített parazitáltsági fok 2001-ről 2002-re történt visszaesése is általában megfigyelhető, kivéve a *B. nigroviolaceus* és a *P. semotus* (25. kép), amelyek részvétele a *C. ohridella* parazitáltságában nőtt ebben az időszakban. Ezt az egyedszámarányuk növekedése is jelzi (5. táblázat).

Az összesített parazitáltsági fok 1998-2001. években tapasztalt fokozatos növekedése az egyes fajok adatain már sokkal kevésbé tükröződik. Az első három év növekedése leginkább a domináns *Pediobius saulius* gyors térhódításának köszönhető, míg a 2001. évben mért kiugró parazitáltságot - a *P. saulius* mellett - a két *Pnigalio*-fajnak, főként a sokkal gyakoribb a *P. agraules*nek tulajdoníthatjuk.

Az egyedszámarányok változását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a jelentősebb fajok közül a *Pediobius saulius* egyre fontosabb helyet foglal el a parazitoid közösségben, eltekintve a 2001. év nagy visszaesésétől. A szintén jelentős *P. agraules* egyedszámarányában 2001-ben hirtelen növekedés volt megfigyelhető, viszont relatív gyakorisága az utóbbi 4 év során csökkenő tendenciát mutat. Érdekes a *M. frontalis* esete, amely 1998-ban a parazitoid közösség meghatározó faja volt közel 45 %-os egyedszámarányával, azóta viszont egyre csökken a jelentősége. A *B. nigroviolaceus* relatív gyakoriságában hasonló tendenciát lehet megfigyelni.

Összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy az időjárás változásaira mindegyik parazitoid faj érzékenyen reagál, de a reakció mértéke és sokszor iránya is különböző.

4.2.3. A parazitoid közösségek összetétele különböző élőhelyeken

A parazitoid közösséget alkotó fajok száma mindegyik vizsgált élőhely esetében nőtt 2001-től 2003-ig (7. táblázat), ami a vadgesztenyelevel-aknázómoly megtelepedését követő esztendőben megszokott jelenség (Balázs – Thuróczy 1999, Lupi 2005). A Patkányosnál és Héderváron 2002-ben megfigyelt visszaesés valószínűleg ugyanúgy a téli hidegre vezethető vissza, mint a parazitáltság fentiekben már tárgyalt csökkenése 2002-ben. A gombócosi

vadgesztenyefák csoportban helyezkednek el, állományt alkotnak, és védettebbek a környezeti hatásokkal szemben, mint a hédervári fasorok vagy az út szélén álló bokrétafa Patkányosnál.

Az egyes parazitoid fajok súlya nagymértékben változott az évek során mindhárom élőhelyen. A 6., 8., 11-12. táblázatok a kinevelt fémfürkész fajok részvételét mutatják a *C. ohridella* parazitálásában. Az ártéri élőhelyeken min-



25. kép: *Pteromalus semotus*, ♀

degyik évben a *P. saulius* parazitálta a legtöbb aknázómolyt. Héderváron csak 2003-ban volt ez a faj a domináns, a másik két évben valamivel megelőzte a *Pnigalio agraulis*. Patkányoson a 2002. év - fentiekben említett - kivételes volta a *P. saulius* esetében abban jutott kifejezésre, hogy nemcsak még inkább dominánssá vált (az összes parazitoid egyed 88,6 %-a volt ekkor *P. saulius*, 12. táblázat), hanem abszolút értelemben is több aknázómolyt parazitált, mint előző évben. Héderváron a *P. saulius* által okozott parazitáltság kisebb ugyan 2002-ben, mint 2001-ben, de a parazitoid közösségben betöltött szerepe nagyobb, egyedszámaránya 34,4 %-ról 44,1 %-ra emelkedik (5. táblázat). Úgy tűnik tehát, hogy a nagy egyedszámú előkerült fajok közül ez viselte legjobban a 2001-2002. évi tél kedvezőtlen időjárását.

Az ártéri élőhelyeken 2001-ben a *P. agraulis* a *C. ohridella* második leggyakoribb parazitoidja, de a következő években jelentősége csökken.

Szerepét átveszi a *M. frontalis*, amely 2003-ban Gombócosban és Patkányoson határozottan a második leggyakoribb faj. Héderváron a jelentősége kisebb, de itt is a harmadik legjelentősebb parazitoidnak tekinthető ebben az időszakban. A faj egyedeinek egyedszámaránya 2003-ban Gombócosban 23,9 %, Patkányosnál ugyanebben az évben 39 % (11-12. táblázat). Ilyen magas arányban Héderváron csak évekkorábban, 1998-2000-ben fordult elő, azóta 10-11 % körüli értékeket ér csak el. A parazitoid közösség fajszáma 1998 és 2000 között is a mostanihoz hasonló volt Héderváron, így a *M. frontalis* arányának csökkenését valószínűleg inkább a többi fajnak a vadgesztenyelevél-aknázómolyhoz való sikeresebb alkalmazkodása eredményezi. Ez az adaptációs folyamat feltételezésünk szerint a későbbi megtelepedés miatt később indult el az ártéri élőhelyeken, ennek köszönhető a *M. frontalis* magas egyedszámaránya a Héderváron tapasztalható képest.

Minden évben Héderváron volt a legfajgazdagabb a parazitoid közösség, amelynek 5 tagja csak innen került elő: a *Cirrospilus*-fajok, az *Eulophus* sp. és a *Neuchrysocahris* sp. A fajszegényebb ártéren is találtunk azonban csak ezekre az élőhelyekre jellemző fajokat, Gombócosnál a *Trichomalopsis* sp.-t és Patkányosnál a *Sympiesis sericeicornis*-t. Ezt a két fajt Hédervárról egyáltalán nem sikerült kinevelni az ott folytatott vizsgálatok 7 esztendeje alatt.

4 faj, a *Pediobius saulius*, a *Pnigatio agraulis*, a *C. trifasciatus* és a *M. frontalis* mindegyik élőhelyről mindegyik évben előkerült, sőt, Héderváron a 7 éves vizsgálatsorozatban is csak 1998-ban fordult elő, hogy a többi évben oly meghatározó *P. saulius* teljesen hiányzott. Ezekről a fajokról e vizsgálatok alapján azt mondhatjuk, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoid közösségének szinte mindenütt jelenlévő, állandó tagjai. Ártéren három alkalommal tapasztaltuk, hogy a parazitoid közösséget mindössze e négy faj alkotja (Gombócos, 2001; Patkányos, 2002; Medve, 2003). Héderváron a legkisebb fajszám 7 év alatt az alsó lombkoronaszintben 5 volt (2000, 9. táblázat), az összes szintet és levéltípust figyelembe véve pedig 8 (2004, 5-6. táblázat).

Az egy-egy élőhelyről a három év alatt összesen előkerült parazitoid fajok számát tekintve is nagy a különbség a hédervári (14 faj) és az ártéri (max. 9 faj) élőhelyek között (6., 8., 11-12. táblázatok). A kinevelt fajok száma azonban az ártéri élőhelyeken sem számít kevésnek, ha a korábbi magyarországi vizsgálatok eredményeivel hasonlítjuk össze (Balázs – Thuróczy 1999, 2000/a; Reider Saly et al., 1999). A Héderváron megfigyelt fajgazdag parazitoid közösség kialakulásának részben a *C. ohridella* korábbi megtelepedése, részben a – nagyobb léptékben tekintve, és a szóba jöhető parazitoid fajok szempontjából - diverzebb környezet lehet az oka. A hédervári vadgesztenyesor a falu mellett helyezkedik el, ahonnan a kertek gyümölcsfáin élő aknázómolyok parazitoidjai könnyen betelepülhetnek, és a fémfürkészeknél nem ritka gazdaváltással a *C. ohridella* élősködőivé válhatnak (az almaültetvények

példáján lásd Balázs, 1997). A vadgesztenyelevél-aknázómoly legjelentősebb parazitoidjai ugyanis az almatermésű gyümölcsfák aknázómoly fajairól régóta ismertek (Balázs – Thuróczy 1999, 2000/a). Ugyanakkor az árterekre jellemző leggyakoribb fásszárú növények is megtalálhatók a közelben, így betelepülés azokról is történhet, növelve a parazitoid közösség fajgazdagságát.

A vizsgált ártéri élőhelyek közelében azonban nincsenek gyümölcsfák, amelyek a legjelentősebb parazitoid fémfürkészek forrásai lehetnének, ezért ezeknek a fajoknak a nagyobb tömegben való megjelenése a *C. ohridellán* feltehetően hosszabb időt vesz igénybe. Több parazitoid faj betelepülése azonban a lakott területektől és gyümölcsösöktől távoli ártereken is lehetséges, mivel több, a gyümölcsfákon előforduló és a *C. ohridellával* közös parazitoidokkal rendelkező aknázómoly faj vad fásszárúakon is előfordul, pl. a *Phyllonorycter blancardella* berkenyén, galagonyán, a *Ph. corylifoliella* galagonyán, a *Leucoptera malifoliella* kőkenyén, galagonyán, berkenyén, égeren.

4.2.4. A parazitoid közösség az egyes lombkoronaszintekben

A parazitoid közösség faji összetétele a lombkorona egyes szintjeiben jelentős különbségeket mutat. 1999-2000-2001-ben a felső szintből több fajt mutattunk ki, mint az alsóból, 2002-2003-ban viszont az alsó szint bizonyult fajgazdagabbnak (2. és 9. táblázat). A lombkorona alsó részének parazitoid közössége egyre fajgazdagabb lett a felső szinthez viszonyítva. Érdekes, hogy a felső lombkoronaszintben az aknázómoly parazitáltsága ebben az időszakban növekedett az alsóhoz képest. (Mindez abszolút fajszámokra és parazitáltsági fokokra nem feltétlenül érvényes, csak a két lombkoronaszint viszonylatában igaz.) Az elmondottak alapján úgy tűnik, hogy a két lombkoronaszintben a parazitoid közösség más egyensúly felé tart, és a felsőben viszonylag egyre kevesebb faj viszonylag egyre magasabb parazitáltságot hoz létre az alsó szinthez képest.

Ha az egyes fajok előfordulását nézzük a két lombkoronaszintben, szintén nagy különbségeket figyelhetünk meg (45., 47-51. ábra). Mindössze 6 faj fordult elő a vizsgált 5 esztendő mindegyikében (13. táblázat). Közülük a *P. saulius* 1999-ben az alsó lombkoronaszint domináns parazitoidja, míg a felsőben jóval ritkább, sorrendben csak a negyedik. 2000-ben is azt tapasztaltuk, hogy ez a faj a talajhoz közeli leveleket részesíti előnyben, de a két szint közötti különbség már kisebb. 2001-ben még mindig valamivel ritkább volt a felső lombkoronaszintben, mint az alsóban, de 2002-2003-ban már egyértelműen nagyobb volt az egyedszámaránya a felső szintben, és itt magasabb parazitáltságot is okozott.

A *M. frontalis* 1999-ben ellenkezőleg viselkedett, a felső szint meghatározó faja volt, ugyanakkor az utána következő években előfordulása már nem mutat jelentős különbséget a felső és az alsó szintek között.

A *C. pictus* minden évben kis egyedszámban került elő, de a parazitoid közösség stabil tagja, és elsősorban a felső lombkoronaszintre jellemző.

A *P. agraulis*, a *C. trifasciatus* és a *B. nigroviolaceus* egyik évben az egyik, másik évben a másik szintben volt gyakoribb, vagy a különbség nem jelentős, így esetükben nem állapítható meg egyértelműen, melyik lombkoronaszintet preferálják.

Egyes fémfürkész fajok csak az alsó lombkoronaszintből kerültek elő (*C. vittatus*, *Sympiesis* sp., *Eulophus* sp.), de ezekből csak néhány egyedet sikerült kinevelnünk, és csak egy-egy évben fordultak elő.

Az eredmények alapján csak a – lombkorona egészét tekintve is dominánsnak számító - *P. saulius*-ról állíthatjuk bizonyossággal, hogy egyre inkább a felső lombkoronaszintet részesíti előnyben az alsóval szemben. A *C. ohridella* felső szintben kimutatott parazitáltság-növekedésének háttérben nagyrészt a *P. saulius* preferenciájának megváltozása áll.

A parazitoidok előfordulását meghatározó tényezők

Az 1999-ben gyűjtött anyag eredményeinek kizárólagos ismeretében a tapasztalt különbségek (45. ábra) egyik magyarázatának az egyes fajok eltérő testméretét gondoltuk (46. ábra). A 45. ábra azt mutatja, hogy alsó lombkoronaszintből gyűjtött 1100 levélkéből és a felső szintből származó 1200 levélkéből összesen kikelt parazitoidok egyedszámai hogyan oszlanak meg a két szint között. A 45. ábra hisztogramjai a fajok viszonylagos méretét jelzik egy 4-es skálán, amelyen 1-es szám jelöli a legkisebb, 4-es a legnagyobb méretű fajt vagy fajokat. A téglalapok feletti betűk a faj szintpreferenciáját jellemzik (A: alsó szint; F: felső szint; AF: nagyjából azonos arányban a két szintben). A lombzat alsó részében gyakori vagy közöttük különbséget nem tevő fajok átlagos testmérete 2,5-nek ($\{3+1+2+3+4+2\}/6=2,5$), a felső szintet előnyben részesítőké 1,6-nek ($\{1+2+2+2+1\}/5=1,6$) adódik, ami arra utal, hogy – mivel a fémfürkészek aktív repülőképesége meglehetősen gyenge - a kisebb fajok a légáramlásokkal feltehetően könnyebben eljutnak a felső lombkoronaszint leveleire. Különösen nagy a két lombkoronaszintben való előfordulás különbsége a legnagyobb egyedszámban fogott és nagy méretű *P. saulius*, valamint a szintén jelentős és szintén nagy méretű *C. viticola* esetében, amelyek mindkettlen – várakozásainknak megfelelően – az alsó szintben gyakoribbak.

Az 1999-es évi eredmények magyarázatára kínálkozó másik magyarázat a fémfürkész fajok eltérő hőmérsékletigénye lehet. A felső lombkoronaszint leveleit egész nap közvetlen napsugárzás éri, amit valószínűleg nem minden

fémfűrkész faj visel el egyformán. Elképzelhető, hogy az alsó szint leveleit nem földhöz közeli elhelyezkedésük, hanem árnyékoltabb voltuk miatt részesítik előnyben egyes parazitoid fajok. A *P. saulius* 2001-ben valóban az árnyékolt leveleket kedveli jobban (49. ábra; a többi faj esetében a két szint közötti megoszlásban nincs jelentős különbség vagy pedig kis egyedszámban kerültek elő).

Harmadik magyarázatként a parazitoidok eltérő támadási időpontja vetődött fel. Mivel a *C. ohridella* tavasszal és kora nyáron az alsó lombkoronaszintet népesíti be, és csak később a felsőt, nem kizárt, hogy a fémfűrkész fajok attól függően választanak a szintek között, hol találnak igényeiknek megfelelő korú molylárvát. A későn támadó fajok nyilván a felső lombkoronaszintben lesznek gyakoriak, a korábban érkezők az alsóban. A 2001-es eredmények szerint a markáns fajok közül a *P. saulius* inkább a szezon elejére jellemző (21. és 53. ábra), a *P. agraulis* pedig a végére (21. és 54. ábra), ami az előbbi faj esetében egybevág a lombkoronaszintek közötti megoszlásával, hiszen a 45. ábra szerint inkább a lombzatban alul keres gazdát. A *P. agraulis* viszont nem támasztja alá az elméletet, mivel nem a felső szintet részesíti előnyben (bár esetében korántsem olyan nagy a különbség a két szint között, mint az előző fajnál).

Az 1999. évi eredmények magyarázataul ajánlkozó elképzelések összefoglaló értékeléseként azt állapíthatjuk meg, hogy azok részben alkalmasak a fajok preferenciájában talált különbségek megokolására, a további évek adatai azonban az egyes tényezők szerepének tisztázását nagymértékben megnehezítik. Valószínűnek látszik, hogy – fel nem derített egyéb okok mellett – mindhárom tényező szerepet játszik a parazitoid fajok lombkoronaszintek közötti megoszlásának alakításában. A további években az egyes fajok súlya nagy változásokon ment át a két lombkoronaszintben, megváltozott az eltérő mikroklimatikus viszonyokhoz való alkalmazkodásuk mértéke és a gazdához való adaptáltságuk. Az egyes fémfűrkész fajok két lombkoronaszintben való előfordulását befolyásoló tényezők közül másik évben másik lehet a meghatározó, és százalékos megoszlásukra a többi faj alkalmazkodási fokának változásai is hatással lehetnek. Mindezek a bizonytalanságok a parazitoid közösség folytonos alakulására, adaptációjára utalnak.

4.2.5. A parazitoid közösség árnyékban és napon fejlődő levelekben

A parazitoid közösség fajszáma abszolút értelemben mindkét levéltípusban csökken ill. stagnál a három vizsgált évben (14. táblázat). Az árnyékolt és a közvetlen napsugárzásnak kitett levelek parazitoid fajszámanak különbségéből és a két levéltípus átlagos parazitoid fajszámból évenként hányadost képeztünk, amit a 14. táblázat negyedik oszlopában adtunk meg. Az értékek folyamatos növekedése arra utal, hogy miközben a fajsám abszolút értelemben

csökken vagy nem változik, a napon fejlődő levelek parazitoid közössége jobban megőrzi változatosságát, mint az árnyékolt leveleké.

Amint fentebb láttuk, az árnyékban fejlődő levelekben a *C. ohridella* parazitáltsága minden évben jelentősen magasabb, mint a napsütötte levelekben. Azonban az is megállapítható, hogy 2004-ben a parazitáltság a napnak kitett levelekben – a időjárás kedvezőtlenebb volta ellenére - jobban megközelítette az árnyékolt levelekben tapasztalt értéket, mint a megelőző években. Mivel a parazitoid közösség relatív változatossága is folyamatosan növekszik a napsütötte levelekben, elképzelhető, hogy tendenciáról van szó, és ezek a jelenségek a parazitoidok adaptációjára utalnak, hiszen a *C. ohridella* populáció nagyobbik része (és mint később látni fogjuk, egyre nagyobb része) a napsütésnek kitett levelekben fejlődik.

Az árnyékban fejlődő levelekben a *C. ohridella* magasabb parazitáltságának döntően az az oka, hogy a leggyakoribb parazitoidok közül a *P. saulius*, a *P. agraulis* és a *M. frontalis* ezeket a leveleket részesíti előnyben. A többi faj jóval kisebb egyedszámban került elő, ezért nem állapítható meg egyértelműen, melyik levéltípust választják szívesebben.

A 14. táblázat adatai szerint a *P. saulius* részvétele a *C. ohridella* parazitáltságában 2001-től 2004 felé haladva egyre közelít az árnyékolt és a napsütésnek kitett levelek esetében, tehát a faj egyre kevésbé tesz különbséget a két levéltípus között. A napnak kitett levelek parazitoid közösségében betöltött szerepe is növekedett pl. a *P. agraulis* jelentőségéhez képest (amelynek viszont csökkent), vagy az árnyékolt levelek közösségében betöltött szerepéhez képest (49-50., 52. ábra). Mindezek a változások valószínűleg azt jelzik, hogy a *P. saulius* folyamatosan adaptálódik a napon elhelyezkedő levelekben élő aknázómolylárvák parazitálásához és az eltérő mikroklímatis viszonyokhoz. A többi fémfürkész faj esetében tendencia nem állapítható meg.

4.2.6. A kis- és nagyméretű levelek parazitoid közössége

A kisméretű levelekből 2001-ben kinevelt parazitoid fajok száma messze elmarad a nagyobb levelekből kimutatottól, hiszen mindössze három fajt találtunk: *Pediobius saulius* (6 db), *Pnigalio agraulis* (8 db), *Minotetrastichus frontalis* (1 db). Ez nyilván összefüggésben van azzal, hogy 2001-ben ez a három faj volt a leggyakoribb tagja a parazitoid közösségnek (Egyedszámarányok: *P. saulius* 34,38 %, *P. agraulis* 47,65 %, *M. frontalis* 10,43 %). A fajok kis száma nem meglepő a kis egyedszámok és az alacsony parazitáltság ismeretében.

4.2.7. A lehullott levelekből a következő év januárjáig, illetve január után kikelt parazitoidok megoszlása

A *C. ohridella* 100 %-ban a következő év tavaszán kelt ki a 2001-ben gyűjtött és e szempontból megvizsgált mintákból (15. táblázat). A szeptember-októberi minták esetében ez nem meglepő, hiszen a levélaknákban levő egyedek mind az utolsó nemzedék tagjai, amelyre a kokonnal rendelkező és szinte mindig áttelelő bábok képzése jellemző (Freise – Heitland, 2004/a). Azonban a július 9-én gyűjtött levelekből sem kelt ki egyetlen moly sem 2002 januárja előtt, pedig gyűjtése akkor történt, amikor a hivatkozott cikk szerint – legalábbis 1999-ben, Freising és Langenbach élőhelyeken – a kokon nélküli, tehát nagyrészt az adott évben kikelő bábok aránya a legmagasabb (kb. 80-90 %). A különbség egyik oka valószínűleg az lehet, hogy az egyes élőhelyek és évek között (az időjárás különbözősége folytán) nagy eltérések lehetségesek a lárvák fejlődési sebességében, és viszonylag rövid idő is a kokonnal rendelkező és kokon nélküli bábok arányának megfordulását okozhatja. Az említett németországi élőhelyeken, 1999-ben az arányok felcserélődéséhez mintegy másfél hónap kellett.

Az aknákban levő parazitoidok egy része még az adott évben (2001), másik része a tavaszi rajzáskor (2002) alakult imágóvá, általában közel fele-fele arányban. A 15. táblázat (31. ábra) szerint kivétel a *C. trifasciatus* és a *M. frontalis*, amelyek nagyrészt (4:0 ill. 5:1 egyedszám arányban) még 2001-ben kikeltek, és a *P. semotus*, amelynek összesen egy egyede áttelelt, és 2002-ben kelt ki. A legnagyobb egyedszámban a *P. agraulis* sikerült kinevelni, 30:32 arányban január előtt és után. A IX. 24-én gyűjtött levelekből kikelt egyedei közül 20 db január előtt, 3 db január után kelt ki, ugyanakkor a X. 23-án gyűjtött mintából január előtt ill. után kikelt egyedeinek számaránya 2:22. Az adatokból azt a következtetést vonhatjuk le, hogy szeptember végén-október elején a *P. agraulis* még nagy valószínűséggel képes szaporodni és talál megfelelő gazdát magának, október végén azonban már alig. Természetesen lehetséges, hogy ez a vadgesztenyelevél-aknázómollyal kapcsolatban nem igaz, hiszen a két faj egymással az eddigi kutatások szerint nem szinkronban fejlődik (Grabenweger, 2004/a).

A kis egyedszámok természetesen nem teszik lehetővé messzemenő következtetések levonását. Mindamelllett elképzelhető, hogy az 1999-2001. évi vizsgálatainkban a parazitáltsági fokok valamelyest módosulnának (növekednének), ha a tavasszal kirajzott fémfürkészek mellett az ősszel kikelt és rövidesen elpusztult egyedeket is figyelembe vettük volna. A különbség azonban a késői (októberi ill. februári) gyűjtés miatt valószínűleg minimális lenne.

Egy minta esetében 2002-ben is megvizsgáltuk az adott szezonban ill. utána kikelő rovarok arányait (16. táblázat). A *C. ohridella* és a *P. saulius* kb. fele-fele

arányban keltek ki december 7. előtt és után, a *P. agraulis* nagyrészt, a *M. frontalis* pedig 100 %-ban kikelt még 2002-ben. A molyok és a két utóbbi fémfürkész faj tehát nagyobb arányban kelt ki az adott évben, mint az előbb ismertetett, későbbi időpontokban gyűjtött minták esetében, ami várakozásainknak megfelelt.

16. táblázat: 2002. XII. 7. előtt és után kikelt fajok egyedszámai 2002. június 29-én gyűjtött mintából

	Moly	<i>P.saulius</i>	<i>P. agraulis</i>	<i>M. frontalis</i>
2002. XII. 7. előtt kikelt egyedszám, db	29	6	5	7
2002. XII. 7. után kikelt egyedszám, db	27	7	2	0
Összesen	56	13	7	7

4.3. A moly egyes fejlődési alakjainak parazitáltsága

Az izolátoros kísérletben a 66 fátyolfólia zsákból összesen 3040 db vadgesztenyelevél-aknázómoly és - mindössze 3 fajba tartozó - 36 db fémfürkész kelt ki a 3. táblázatban látható megoszlásban. A 36 fémfürkészből 26 egyed (72,22 %) *Pnigalio agraulis* volt, 9 egyed *Pediobius saulius* (25,00 %) és mindössze egy egyed (2,78 %) *Minotetrastichus frontalis*. Mindegyik hatos csoport 1. zsákja átlagosan 8 (legalább 7 és legfeljebb 9) hetes aknázómolyokat tartalmazott a parazitoidoknak való expozíció idején, a 2. számú zsákok átlagosan 7, a harmadik számúak 6, a hatodik számúak pedig átlagosan 3 hetes fejlődési alakokat takartak. Mivel a 66 zsák 11 db hatos sorozatot alkotott, mindegyik sorozatban egy-egy 8 hetes, egy-egy 7 hetes stb. zsákkal, ezért a táblázat minden sora 11 zsák összesített adatait tartalmazza.

A *C. ohridella* különböző korú fejlődési alakjainak parazitáltságát a 4. táblázat adatai ill. a 18. és 19. ábrák mutatják. Az 18. ábra hisztogramjából kitűnik, hogy a 4 hetes fejlődési alakok (III-IV. stádiumú lárvák) parazitáltsága a legmagasabb (bár alig több mint 1,8 %-os értékkel). A 8-7-6-5-4 hetes fejlődési alakok parazitáltságában folyamatos növekedés tapasztalható, majd a 3 hetes lárvákra számított érték ismét alacsonyabbnak adódik.

A 19. ábra parazitoid fajok szerinti lebontásban ábrázolja a parazitáltságot. A *Pnigalio agraulis* a hat korcsoportból háromban bizonyult domináns parazitoidnak, a 3 és 4 hetes csoportokban egyedszáma magasan felülmúlta a többi fémfürkészt. Az 5 hetesben a *Pediobius saulius* megelőzi egyedszámban, a 7-8 hetesből pedig csak ez utóbbi fajt sikerült kinevelni. A *Pediobius saulius* a 8 hetestől a 4 hetesig minden korcsoportból kikelt, a 3 hetesből viszont nem

tudtuk kimutatni. A *Minotetrastichus frontalis*nak csak egy példánya kelt ki, a 6 hetes korcsoportból.

Mivel az egyes zsáksorozatok tagjai ugyanazon a héten lettek exponálva a parazitoidoknak (az I. sorozat hat zsákja pl. VII. 3-11. között), ezért az egyes sorozatok megfelelő adataiból (kinevelt molyok ill. fémfürkészek egyedszáma) újabb parazitáltsági fokokat számolhattunk, amelyeket hisztogramon ábrázoltunk (20. és 21. ábra). Ezek a parazitáltsági fokok azt mutatják meg, hogy az év során hogyan alakult az aknákban az időegység (1 hét) alatt megfertőzött molyok aránya (azaz hogyan változott a fémfürkészek fellépésének intenzitása). A 20. ábra tanúsága szerint őszi felé haladva az aknákban tartózkodó fejlődési alakoknak nagyobb volt az esélyük a megfertőződésre. A 21. ábra az egyes parazitoid fajok fellépésének intenzitását mutatja az idő függvényében. (A 20. és 21. ábrán a *P. agraulis* bábokat is feltüntettük (X.16-23.), de – mivel nem fejlődtek imágóvá – a parazitáltsági fokok és egyedszámárányok számításánál nem vettük őket figyelembe.)

A 2004-ben a szabadon fejlődő levelekből kimutatott parazitáltság hetekre lebontott (4. ábra) értékei (pl. VII. 11.: 35,5 %) ugyan nem érik el a más aknázómoly fajoktól megszokott 50 % feletti parazitáltságot, de mindenképpen arra utalnak, hogy a parazitoid közösség jelentős szerepet játszik a moly populációjának szabályozásában. Az összesített parazitáltság 2004-ben mindössze 17,17 % volt (2. táblázat, 2. ábra), de a 2003. évi magasabb értékről való visszaesés valószínűleg a 2004-es év időjárásával magyarázható.



26. kép: Levelek az eltávolított ágizolátorok alatt

A 13. és a 4. táblázat adatait összehasonlítva meglepő a szabadon fejlődő illetve az izolátorokkal borított levelekből számított parazitáltsági fokok jelentős különbsége. Míg a szabadon fejlődő levelekben az aknázómolyok összesített parazitáltsága meghaladta a 17 %-ot, az izolátoros vizsgálatban tapasztalt átlagos parazitáltság alig lépte túl az 1,17 %-ot, és a legfertőzöttebb korcsoport parazitáltsága is csak 1,8 % körüli volt. Különösen elgondolkodtató a különbség, ha Grabenweger 2003-ban publikált eredményeivel vetjük össze. A szerző az Alsó-Ausztriában végzett vizsgálatban szabadon fejlődő levelekben 9,8 %-os parazitáltsági fokot talált, míg az ugyanott végzett izolátoros vizsgálatban a 40 napos korcsoportban (szövő lárvaalakok) ez az érték elérte a 31,4 %-ot. Grabenweger az általa tapasztalt különbséget azzal magyarázza, hogy a szabadon hagyott levelekre a molyok folyamatosan petéket raknak, így leszedésükkor a levelek számos túl fiatal – ezért még nem parazitált - fejlődési alakot is tartalmaznak, növelve a kinevelésre kerülő molyok arányát.

Az osztrák szerző által végzett izolátoros vizsgálatok magas parazitáltsági értékei és az általunk kapott értékek különbözőségének magyarázatára több lehetőség is kínálkozik:

1. Mivel saját kísérleteinkben – az osztrák módszertől eltérően – nem egyenként, hanem átlagosan 15-ösével izoláltuk a leveleket, a zsákok nagyobb mértékű deformációt okozhattak a még fejlődő, növekedő leveleken (26. kép). Elképzelhető, hogy a deformált leveleken található aknákat a parazitoidok ösztönösen kerülik, mert a rendellenes levélalak rossz egészségi állapotra utalhat.
2. Az izolátorok kinyitásakor a zsákokat nem távolítottuk el teljesen, hanem a szabaddá tett levelek feletti ágszakaszon az ágra csavarva madzaggal rögzítettük (27. kép). Lehetséges, hogy a kistermetű fémfürkészek a lombkorona szélén található leveleket belülről, a törzs felől közelítik meg, amiben a fátyolfólia csomó akadályozza őket. A szabaddá tett ágrészletek közelében levő többi – viszonylag nagyméretű - izolátornak szintén lehet zavaró hatása.

A 18. ábra szerint 1,4 % alatt marad a valószínűsége, hogy a *C. ohridella* 3 hetes fejlődési alakjait (túlnyomórészt II-III. stádiumú lárvák) valamely parazitoid 1 hét alatt megfertőzze. A 4 hetes fejlődési alakok (főképp III-IV. fokozatú lárvák) a leggyakoribb célpontjai a parazitoidok támadásának, megfertőződésük valószínűsége 1,8 %. Az idősebb lárvák és bábok egyre kisebb valószínűséggel esnek áldozatul a vizsgált fémfürkészeknek.

Az 5. táblázat adatai szerint 2004-ben a szabadon fejlődő levelekből kinevelt parazitoidok közel 95 %-át három faj adta (*P. saulius* 63,39 %, *P. agraulis* 21,54 %, *M. frontalis* 9,71 %). Az izolátorban tartott levelekből

ugyanaz a három fajt sikerült kinevelnünk (3. táblázat), de a leggyakoribbnak a *Pnigalio agraulis* (72,22 %) bizonyult, míg a *P. saulius* (25 %) csak a második



27. kép: A molylárvák exponálása a parazitoidoknak

helyet foglalja el. A 21. ábrán látható, hogy a *Pnigalio agraulis* első helyezéséért tulajdonképpen a IX.4-11-i hét 14 db egyede felelős, amelyek a hisztogramon egy nagy „tüskét” adnak, és amelyeket egy ugyanazon izolátorból neveltünk ki. Legvalószínűbbnek az a feltételezés látszik, hogy ennél az egy izolátornál valamilyen oknál fogva (pl. nem voltak a közelben további izolátorok) kisebb volt az a fémfürkészeket riasztó hatás, ami a többi esetben a parazitáltságot oly nagy mértékben csökkentette.

Fontos megjegyezni, hogy egyes időszakokban az izolátoros kísérletben is viszonylag magas parazitáltságot találtunk, szeptember 4-11-én például 12,2 %-ot (20. ábra), és ez az érték is 6 korcsoport adatainak átlagolásával adódott. Egy-egy zsák esetében jóval magasabb parazitáltságot is megfigyeltünk, a X/6. zsák alatti levelekben fejlődő molystádiumoknál például 50 %-ot.

A korcsoportok egyes fémfürkész fajok általi parazitáltságát bemutató 19. ábra szerint a két nagyobb egyedszámban előkerült faj preferenciája határozottan eltérő. A *Pediobius saulius* az idősebb, a *Pnigalio agraulis* pedig a fiatalabb fejlődési alakokat részesíti előnyben. A *Minotetrastichus frontalis* preferenciájára a kinevelt egy egyed alapján nem tudunk következtetést levonni.

A tapasztalt különbség magyarázatára az egyik kínálkozó lehetőség a két faj közötti, viszonylag jelentős méretbeli eltérés. Elképzelhető ugyanis, hogy egy nagyobb átlagos testméretű fajnak több táplálékra van szüksége, és ezért nagyobb valószínűséggel választja az idősebb lárvákat. A kisebb testméretű fajok lárvái számára is bizonyára előnyt jelentene a bőségesebb táplálékforrás, de a kisebb imágók valószínűleg nehezebben képesek felvenni a harcot a parazitoidok támadására intenzív mozgással, hajlongással válaszoló idősebb lárvaival. (A még idősebb fejlődési alakok testmérete általában – a táplálkozás beszüntetése miatt – alig nagyobb, így fertőzésük nem jár előnnyel, kivéve a lassúbb mozgású, szelídebben védekező szövő alakokat.) Ennek alapján a nagyobb testméretű *Pnigalio agraulis*-nek kellene az idősebb lárvákat választania, a *Pediobius saulius*-nak a fiatalabbakat, azonban pont fordított a helyzet. A jelenség magyarázatára további vizsgálatok szükségesek.

Bábok esetében a viszonylag kemény bábbőr áttörése okozhat gondot a parazitoid számára, valószínűleg ezzel is magyarázható a 6-8 hetes stádiumok csökkenő fertőzöttsége.

A lárvastádium fejlődési idő alapján történő meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy mind az első, mind a második expozíció 1-1 hétig tartott. Az első expozíció 1. napján lerakott molypetéből kikelt lárva, ha a második expozíció 7. napján találkozik parazitoiddal, két héttel több ideje volt a fejlődésre, mint annak a társának, amely az első exp. 7. napján lerakott petéből származik és a második exp. első napján parazitálódik. A 3 hetes korcsoport pl. valójában 2-4 hetes fejlődési alakokat tartalmaz, a 4 hetes 3-5 heteseket stb. A *C. ohridella* második nemzedéke (5 lárvastádium és 1 bábstádium) 2004-ben 1 hónap és 10 nap alatt fejlődött ki (4. ábra). 2 hét alatt tehát több stádium válthatja egymást, így nem lehetséges annak pontos megállapítása, hogy a parazitoid melyik fokozatú fejlődési alakot fertőzte meg. A bizonytalanságot tovább növeli, hogy a moly fejlődési sebessége a kísérlet majdnem két teljes generációra kiterjedő tartama alatt is jelentősen változhatott, és pl. az I/4. jelű izolátorban más stádium lehetett a domináns, mint a XI/4. jelűben, a 4. számú izolátorok eredményei ugyanakkor összevontan, egy oszlopként jelennek meg a hisztogramokon.

Megjegyezzük, hogy Grabenweger előbbieken említett vizsgálatában nem 7, hanem 10 napos expozíciókat alkalmazott. Ez azt jelenti, hogy ugyanabban az izolátorban két molylárva életkorában 10 nap különbség is lehet, amihez hozzászámítva a parazitálásra adott idő 10 napos intervallumát, egyes molylárvák akár 20 nappal is idősebbek lehetnek a parazitoiddal való találkozás idején, mint mások. Ennyi idő alatt a molynak legalább 2-3 lárvastádiuma váltja egymást, ezért a parazitált lárvastádium meghatározása véleményünk szerint meglehetősen bizonytalan lehetett.

A már említett alsó-ausztriai vizsgálatban (Grabenweger, 2003) a 40 napos korcsoport bizonyult a legparazitáltabbnak. Az általunk megállapított 30 naptól

való eltérés a parazitoid közösségek nagymértékben különböző összetételének tudható be. Az osztrák vizsgálatban kinevelt parazitoidoknak ugyanis több mint 80 %-a *Minotetrastichus frontalis* volt, míg saját vizsgálatainkban a *Pnigalio agraulis* volt a domináns (72 %). (A *Minotetrastichus frontalis* a szerző szerint az aknázómolynek idősebb stádiumait parazitálja, mint a *Pnigalio agraulis*.)

4.4. A vadgesztenyelevél-aknázómoly és parazitoidjainak rajzása, a moly egyes fejlődési alakjainak számított egyedsűrűsége és a szinkronizált fejlődés kérdései

4.4.1. A *C. ohridella* és parazitoidjainak rajzása



28. kép: *Cirrospilus viticola*, ♀

A 2000. évi vizsgálatok – két lelőhelyről összesített - eredményei alapján megrajzoltuk a vadgesztenyelevél-aknázómoly és parazitoidjai áttevelt nemzedékének rajzásgörbéit (24-25. ábra). A rajzásgörbék esetében a függőleges tengelyen feltüntetett értékek az egy nap alatt kikelt imágók egyedszámait jelentik. A *C. ohridella* rajzáscsúcsa a görbe szerint 2001-ben május 3-án volt, ezen a napon a zsákokból összesen 352 molylepké kelt ki. A domináns *Pediobius saulius* rajzáscsúcsát V. 29-30-án figyeltük meg, a második leggyakoribb *Minotetrastichus frontalis*-ét V. 1-2-án, a harmadik leggyakoribb

*Baryscapus nigroviolaceus*ét V. 17-18-án, a még jelentősebb mennyiségben fogott *Cirrospilus viticoláé*t (28. kép) V. 13-14-én. A *Pnigalio agraulis* összesen 4 példány IV. 30. és V. 5. között kelt ki.

Az alsó lombkoronaszint egyes fémfürkész fajai általi parazitáltságot a 13. táblázatban találjuk.

A 2000. évi gyűjtésből kapott (2001. évi) rajzásgörbéket összevetettük a két évvel korábbi vizsgálat (1998, Hédervár) hasonlóan feldolgozott eredményeivel (Horváth – Benedek, 2001). Az akkor kapott (1999. évi) rajzásgörbék a 26. ábrán láthatók. A grafikon szerint a vadgesztenyelevél-aknázómoly telelő nemzedékének rajzáscsúcsa 2001. április 21-re esett, vagyis ekkor kelt ki egy nap alatt a legtöbb imágó. A parazitoidok rajzáscsúcsa ettől többé-kevésbé eltérő időpontban következett be, egyes fajok a molynál korábban, mások későbbben rajzoltak. Ugyanezeket az adatokat más megközelítésben mutatja a 27. ábra: az egyes telítési görbék és az 50 %-ot jelölő vízszintes vonal metszéspontja azt az időpontot adja meg, amikor az adott parazitoid faj egyedeinek fele kikelt a mintából. A görbék tanúsága szerint számos faj – köztük a nagy egyedszámú *M. frontalis* és a *Pnigalio* fajok – pár nappal korábban rajzott a molynál, ugyanakkor a még szintén jelentős *C. trifasciatus* és *B. nigroviolaceus* később vagy jóval később.

Az 1998-1999. évi illetve a 2000. évi gyűjtésekből származó levélmintákból tehát hasonló eltolódásokat tapasztaltunk a moly és a fémfürkészek rajzáscsúcsait illetően. Még az eltolódások mértéke is hasonló volt a két esetben fajonként.

Grabenweger (2001/a) szerint a tavaszi rajzáskor a vadgesztenyelevél-aknázómoly telelő parazitoidjainak nagyobbik része még a moly előtt kirajzik. Az 1998-1999. évi telelő parazitoid közösségre ez a mi vizsgálatainkban is igaznak bizonyult, hiszen a parazitoid egyedek csaknem $\frac{3}{4}$ -ét a korán rajzó *Pnigalio* fajok és a *M. frontalis* adták (28. ábra). A Grabenweger által tanulmányozott élőhelyeken ugyanezek a fajok voltak dominánsak. Saját vizsgálatainkban a 2001-es rajzáskor azonban már a kinevelt egyedek 56,41 %-a *Pediobius saulius*, 5,41 %-a *Cirrospilus viticola* és 12,54 %-a *B. nigroviolaceus* volt, amelyek mind későn rajzó fajok és összesen 74,36 %-ot tettek ki (5. táblázat). A *Pnigalio* fajok súlya drasztikusan csökkent, a jelentősebb fajok közül csak a *M. frontalis* rajzott a molynál korábban. A molynál korábban illetve későbbben rajzó fémfürkészek aránya tehát két esztendő alatt 3:1-ről 1:3-ra, vagyis ellentettjére változott. Elképzelhető, hogy a parazitoidok tömeges rajzásának későbbre tolódása szintén a parazitoid közösség adaptációjának a jele.

Eredményeink alapján úgy gondoljuk, hogy a parazitoidok Grabenweger (2001/a) által leírt kímélése - a lehullott levelek adott időpontban való megsemmisítésével, a parazitoidok csúcsrajzása után, de a moly csúcsrajzása

előtt - nem minden esetben lehetséges, csak akkor, ha a parazitoid közösség megfelelő összetételű.

A levelenként lerakott molypeték száma

Az 1. táblázat adatainak felhasználásával az egy hét alatt egy levélre lerakott molypeték kiszámítására is lehetőség nyílt. A molyok a petéiket az első expozíció alkalmával rakták le. Az V.23-30. közötti héten az I/3., a II/2. és a III/1. zsákok voltak kinyitva, amelyek alatt összesen $15+15+26=56$ levél volt kitéve a molyok peterakásának. A kísérlet végén belőlük összesen $1+2+90=93$ molyt neveltünk ki. Az egy levélre lerakott – és fejlődését sikeresen befejezett – molypeték száma tehát ezen a héten $93/56=1,661$ volt. Az így kapott adatsort hisztogramon ábrázolva (30. ábra) látható, hogy a július 11-18-i héten a levelenként lerakott molypeték száma meghaladta a 10-et, augusztus 14-21-én pedig a 2-t, és abszolút ill. lokális maximumértékként egybeesnek a molyok megfigyelt rajzáscsúcsaival.

4.4.2. A *C. ohridella* különböző fejlődési alakjainak számított egyedsűrűsége

A vadgesztenyelevél-aknázómoly 2001-ben megfigyelt rajzágörbéje alapján megpróbáltunk számítással következtetni a különböző stádiumú molylárvák és –bábok levelekben kialakuló egyedsűrűségére. A számításhoz azt tételeztük fel, hogy a molyok kikelésük után 5 nappal rakják le petéiket a levelek színére, amelyekből 18 nap embrionális fejlődés után bújnak elő az I. fokozatú lárvák, és a felső epidermiszt átfúrva a levelek belsejébe hatolnak. Ezt követően 10 napot I-II., 10 napot III., 10 napot IV. fokozatú lárvaként, végül 14 napot nem táplálkozó szövő lárvalak és báb formájában töltenek el az aknában.

Egy hipotetikus aknázómolyfaj fejlődési alakjai egyedsűrűségének számítása

Az egyedsűrűségek kiszámításának módját egy hipotetikus aknázómolyfaj példáján szemléltetjük, amelynek imágói 8 napig tartó rajzásuk során a kikelésüket követő 3. napon raknak petéket (egyedenként egyet), a peték embrionális fejlődése 4 napot vesz igénybe, egyetlen lárvastádiumuk 6 napig, bábállapotuk pedig 8 napig tart (17. táblázat). A kék számok és a kék nyilak az első nap kikelt 1 db imágó utódainak útját követik nyomon. A IV.29-én kikelt imágó a kikelése utáni 3. napon, V.2-án egy petét rak, amely V.5-ig mint pete található a levél felszínén. V.6-án kel ki belőle a lárva, amely 6 napon keresztül, május 11-ig táplálkozik a levélaknában. Bebábozódását követően még 8 napot tölt a levélben (V.12-19.) és május 20-án repül ki az új nemzedék első

imágójaként. (Pirossal a második nap kirepült 5 imágó utódainak fejlődését jelöltük.)

A második, harmadik és negyedik, félkövér számokból álló oszlopok az egyes fejlődési alakok összes egyedszámát mutatják, amelyek egy adott napon a levelekben fellelhetők. (Május 4-én például a levelek felszínén található az április 29-én lerakott 1 db, a 30-án lerakott 5 db és a május 1-jén lerakott 9 db, összesen tehát $1+5+9=15$ pete. Az oszlop többi számát teljesen hasonlóan kapjuk meg a vele egy szintben balra található számok összegeként. A többi oszlop értékeinek kiszámításakor is hasonló módon járunk el.)

A táblázatban megfigyelhetjük, hogy az imágók rajzáscsúcsa május 2-ra esik, a legnagyobb petesűrűség pedig május 7-én alakul ki. Ez azért figyelemre méltó, mert míg az imágók rajzáscsúcsa az első imágó megjelenésétől számított 3. napon volt, a peték maximális egyedsűrűsége csak az első pete megjelenése utáni 5. napon következett be. Hasonló eltolódás a többi fejlődési stádium maximális egyedsűrűségének kiszámításakor is bekövetkezhet, és minél hosszabb a stádium fejlődési ideje, annál nagyobb lehet az eltolódás, ami a *C. ohridella* esetében egy vagy több hetet is jelenthet. Ennek a vegyszeres védekezés időpontjának meghatározásában jelentősége lehet.

Az új nemzedék repülő imágóinak rajzáscsúcsa május 23-ra esik, a hipotetikus aknázómolyfaj egy generációjának kifejlődéséhez tehát 21 nap szükséges.

A vadgesztenyelevél-aknázómoly egyes fejlődési alakjainak számított egyedsűrűsége

A *C. ohridella* rajzása és különböző stádiumainak valós fejlődési ideje alapján az előbbieken vázolt elvek szerint táblázatot készítettünk, amelynek adatait grafikonon ábráztuk (24. ábra). A 24. ábra tartalmazza ezen kívül még a bábokból kikelt új nemzedék rajzásgörbét, valamint egy másik görbét, amely az új nemzedék sűrűségének időbeli alakulását mutatja meg. (Az új imágók rajzásgörbéjének lefutása a korábbi nemzedék rajzásgörbéjének lefutásával tökéletesen azonos, mivel azt feltételeztük, hogy minden imágó egy petét rak, és a mortalitás nulla.) Az imágók sűrűségét jelző görbe számításánál azt feltételeztük, hogy az imágók egy hétig maradnak életben. (A görbe számítása ugyanazon az elven nyugszik, mint amit a 6. táblázatban bármely fejlődési stádium sűrűséggörbéjének megalkotásakor alkalmaztunk.) Láthatjuk, hogy a rajzáscsúcs július 9-re esik. Tekintetbe véve, hogy a telelő nemzedék imágóinak rajzáscsúcsa május 3-án volt, a moly első generációjának teljes kifejlődéséhez 67 napra volt szükség. Az új nemzedék imágóinak feromon- vagy más csapdával megfigyelhető egyedsűrűsége ugyanakkor július 13-án volt a legnagyobb a levegőben, amint azt az utolsó görbe maximuma jelzi. Ez – véletlenül ugyan, de a számítás létjogosultságát jelezve - tökéletesen egybeesik

a 2004-ben ugyanazon az élőhelyen tapasztalt rajzáscsúccsal (VII.11-18.), ami más európai megfigyelésekkel összehasonlítva meglehetősen átlagos rajzáscsúcs-időpontnak tűnik (pl. az 1999-es német vizsgálatban Freisingben VII.26-ra, Langenbachban VII.19-re esett a moly első generációjának rajzáscsúcsa).

4.4.3. A *C. ohridella* és a parazitoidok fejlődésének összehangoltsága

Amint azt korábban láttuk, a *Pnigalio agraulis* rajzása körülbelül a *M. frontalis*-éval esik egybe (rajzáscsúcsuk 2001 tavaszán május első napjaiban volt, 25. ábra). A legnagyobb egyedszámban kinevelt *Pediobius saulius* rajzáscsúcsa május legvégére esett, de rajzása egészen június végéig elhúzódott. A *B. nigroviolaceus* legnagyobb részét május második-harmadik dekádjában kelt ki. A jelentős egyedszámban kinevelt fémfürkészek közül tehát a *Pediobius saulius* és a *Baryscapus nigroviolaceus* rajzása van időben legközelebb a parazitálásra alkalmas molystádiumok megjelenéséhez (25. ábra). A *Pnigalio agraulis* korábban rajzik a *Pediobius saulius*-nál, aminek elképzelhető, hogy van szerepe abban, hogy fiatalabb molylárvákat parazitál társánál. Az izolátoros vizsgálatainkban tapasztalt különbségnek azonban feltehetően más oka volt, mivel a két parazitoid faj táplálékpreferenciájának különbségét a 11 héten keresztül (nem pedig csak a tavaszi rajzás alkalmával) folytatott kísérletsorozat alapján állapítottuk meg. Mint láttuk, a két faj átlagos méretének eltérése sem szolgál kellő magyarázattal.

Az 1998. évi őszi ill. 1999. évi kora tavaszi gyűjtésekből kinevelt rovarok rajzása alapján is készítettünk grafikont, amelyen a *C. ohridella* lárváinak és bábjaiknak számított egyedsűrűséggörbét is ábrázoltuk (29. ábra). E számításakor azt feltételeztük, hogy a lerakott petékből a lárvák 3 hét múlva kelnek ki, utána 4 hetet lárvaként, további 2 hetet bábként töltenek a levelekben. A görbék egymáshoz viszonyított elhelyezkedése a 2001. évi rajzásnál megállapítottéhoz hasonló, de mivel az 1998. évi telelő nemzedékben a *P. saulius* még nem volt jelen, a jelentősebb fajok közül csak a *B. nigroviolaceus* rajzása közelítette meg a aknázómoly lárvák és bábok megjelenését. A következő években a *B. nigroviolaceus* részesedése a parazitoid közösségben nagymértékben csökkent (5/b táblázat), amiből arra lehet következtetni, hogy viszonylag késői rajzása elenére sem tudott szinkronizáltan fejlődni a *C. ohridella* gazdával.

4.5. A szabadon fejlődő levelekből kimutatott parazitáltság és a parazitoidok fellépési intenzitása változásának összefüggése 2004-ben Héderváron

A szabadon fejlődő levelek parazitáltságának alakulása az év során

A szabadon fejlődő levelekből kinevelt molyok és parazitoidok egyedszámai alapján is parazitáltsági fokokat számítottunk a 4.1.1. pontban ismertetett képletek alapján. Az így kapott parazitáltsági fokokat több hisztogramon ábrázoltuk az értékek nagymértékű különbözősége miatt (4., 22-23. ábra). A 4. ábra az összesített parazitáltság időbeli alakulását mutatja a 2001-2004. években, a 22. ábra a három, izolátorból is kinevelt faj (*Pediobius saulius*, *Pnigalio agraulis*, *Minotetrastichus frontalis*) általi parazitáltságot, a 23. ábra pedig további fémfürkész fajok általi parazitáltságot ábrázolja az alsó lombkoronaszintben. E hisztogramok alapján a moly parazitáltságának időbeli alakulása teljesen más képet mutat, mint az ágizolátoros vizsgálatban. Az összesített parazitáltság 2004. július 11-én, 35,5 %-os értéknél éri el maximumát, augusztus 28-án 5,9 %-ra, szeptember 11-én 5,2 % alá csökken, majd ezt követően – október 3-án – 18 %-ig emelkedik. A július 11-től augusztus 21-ig tartó majdnem lineáris csökkenést megtöri a július 31-én tapasztalt kiugróan alacsony érték. Az átlagos parazitáltsági fok a szabadon fejlődő levelekből kineveléssel kapott egyedszámok alapján 17,17 %-nak adódott.

A domináns *Pediobius saulius* általi parazitáltság az összesített parazitáltság alakulásához hasonló képet mutat: a július 3-i maximum (20,8 %) után csökkenés, július 31-én és szeptember 11-én lokális minimum (0,8 % ill. 3,0 %), majd ismét magasabb értékek láthatók (22. ábra).

A második leggyakoribb *Pnigalio agraulis* általi parazitáltság VII. 3-án még nagyon alacsony, majd VII. 11-től viszonylag magas (7-8 % körüli) értékeket tart 4 héten keresztül. VIII. 14-től IX. 11-ig csökkenő tendenciát mutat (az VIII. 28-án gyűjtött anyagból egyetlen példány sem kelt ki), később ismét 6 % fölé emelkedik.

A *Minotetrastichus frontalis* általi parazitáltság az előző fajéhoz hasonlóan alakul, de mindig 5 % alatti értékekkel, VII. 31-én 0 %-ban képviselteti magát a parazitoid közösségben, és elmarad a szeptember végi jelentős emelkedés.

A többi kinevelt parazitoid faj – az egy alkalommal 3,6 %-ot is megközelítő *Baryscapus nigroviolaceus* kivételével – csak egy-egy héten, időben meglehetősen elszórtan kelt ki a gyűjtött mintákból, és a molyoknak minden esetben 1 %-nál kisebb hányadát parazitálták.

A parazitoidok fellépési intenzitásának változása és kapcsolata a szabadon fejlődő levelekből kimutatott értékekkel

A 20-21. ábrák azt mutatják, hogy az ágizolátorokból kinevelt 3 parazitoid faj fellépésének intenzitása hogyan változott az év során. A parazitoidok 11 héten keresztül a moly 6-féle fejlődési állapota közül szabadon választhattak, így ezek az eredmények – eltekintve a kapott kis egyedszámoktól – a parazitoidok peterakási hajlandóságát jelzik, és nem függvényei a *C. ohridella* populáció fenológiájának. A szabadon fejlődő levelekből való kineveléssel kapott hisztogramok (22-23. ábra) lefutása ugyanis nagymértékben függ attól, hogy a parazitálás idején milyen arányban voltak az adott parazitoid faj számára megfelelő lárvastádiumok, vagy, hogy a levelek leszedésekor elég idősök voltak-e az aknákban levő lárvák a teljes kifejlődéshez. A 20-21. ábra viszont elméletileg az adott héten aktív parazitoidok számát tükrözi. A két ábra összehasonlítása mégis sejtet bizonyos összefüggéseket. A 21. ábra szerint a *P. saulius* feltehetően augusztus végén lehetett a legaktívabb; a 22. ábrán IX. 18-tól látható magasabb parazitáltsági fokok valószínűleg ezeknek a kb. egy hónappal korábban lerakott *P. saulius* petéknek köszönhetők. A *Pnigalio agraulis* IX. 4-11-i héten tapasztalt intenzív peterakásának a hatása pedig a szabadon fejlődő levelekből október elején kimutatott – e fajnak tulajdonított – magas parazitáltsági fokban mutatkozik meg.

4.6. A vadgesztenyelevelek fertőzöttsége

4.6.1. A levelek fertőzöttségének hosszabb távú változásai

A kinevelt aknázó molyok számából és a kinevelésre használt levelek mennyiségéből kiindulva hisztogramot szerkesztettünk, amely az egy db összetett levélből származó molyok számának változását mutatja a 7 év során (32. ábra). Az egyes évek között jelentős különbségek vannak. Az ábrát a *C. ohridella* parazitáltságának változásával összevetve (2. ábra) feltűnik, hogy a két érték majdnem mindig pont ellentétesen változott: amikor az egyik nőtt, a másik csökkent és fordítva. Ennek alapján arra gondolhatnánk, hogy a molyok számának változásáért egyedül a fémfürkészek populációszabályozó hatása felelős. Azonban ha az egy levélből kinevelt molyok és parazitoidok egyedszámát közös hisztogramon ábrázoljuk (33. ábra), nyilvánvalóvá válik, hogy a parazitoidok populációcsökkentő hatása egymagában nem magyarázza az egy levélre jutó molyok számának változását. Igaz, az aknázó molyok számára valamilyen okból kedvezőtlen években a parazitoidoknak áldozatul esett egyedek aránya kétségkívül magasabb. Ehhez hasonló jelenséget Nejmanová és munkatársai (2004) is megfigyeltek, amikor szubletális dózisban

jelen levő inszekticidek vagy nem megfelelő tápnövény (pl. *A. carnea*) hatására az aknázómoly parazitáltsága megemelkedett. Az egy levélből származó fémfürkészek száma (34. ábra) ugyanolyan változást mutat a 7 év során, mint a molyoké, tehát a moly és parazitoidjainak populációdinamikáját valamilyen külső tényező határozza meg, amely valószínűleg mindkét esetben az időjárás.

4.6.2. A levelek fertőzöttsége különböző élőhelyeken

Az egy db összetett levélből kinevelhető aknázómoly imágók száma alapján összehasonlítottuk az egyes élőhelyeken a vadgesztenyefák fertőzöttségét (18. táblázat). A három, mindhárom évben vizsgált élőhely közül (Gombócós, Patkányos, Hédervár) nem dönthető el egyértelműen, hogy melyik általában véve a legfertőzöttebb, mivel egyik évben az egyik, a másikban a másik élőhelyről származó levelekből sikerült több aknázómolyt kinevelnünk. A vizsgált – és meglehetősen különböző - élőhelyekről ennek alapján azt mondhatjuk, hogy egyformán kedvezőek a vadgesztenyelevél-aknázómoly számára. Feltűnő viszont, hogy a fertőzöttség mindegyik élőhely esetében ugyanúgy változik a három év során: a kinevelhető molyok száma a 2002. évben a legnagyobb, 2003-ban a legkisebb (Patkányosnál a 2001-2002. évek értékei szinte azonosak). 2003-ban a levelek fertőzöttsége - az egyes élőhelyek közti viszonylag nagy távolság ellenére - mind a négy élőhely esetében nagyon hasonló volt, és Gombócós-Patkányos-Hédervár esetében a három vizsgált év közül ekkor volt a legalacsonyabb. (A hédervári és a Medve melletti – a két legtávolabbi - élőhely távolsága légvonalban is mintegy 17 km.)

A Nyugat-magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári Meteorológiai Állomása időjárási adatainak felhasználásával megkíséreltünk magyarázatot találni a fertőzöttség imént ismerttetett alakulására, hiszen ismert, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly fejlődésére nagy hatással van az időjárás (pl. Birner – Bohlander, 2004; Pivk – Milevoj – Mikuš, 2005). A 19. táblázatban három időjárási tényező, a csapadék, a napfénytartam és a középhőmérséklet átlagos napi értékeit tüntettük fel évenkénti bontásban (a csapadékösszeg, a 0 °C feletti hőösszeg stb. egy napra eső átlagértéke). Az értékek kiszámításánál csak a június 8-tól november 10-ig tartó időszakot vettük figyelembe, amely mindhárom év gyűjtési időszakát felölelte. Az ábrákról leolvasható, hogy 2003-ban a napsütéses órák száma és a napi középhőmérséklet a legmagasabb, a csapadék mennyisége viszont a legalacsonyabb volt a három év közül. A különösen száraz időjárás tehát valószínűleg nem kedvezett a *C. ohridella* peterakásának ill. a lárvafejlődésnek, ami a fertőzöttség csökkenését vonta maga után.

2002-ben a hőmérséklet a legalacsonyabb, a csapadék mennyisége pedig a legnagyobb volt, aminek a vadgesztenyelevél-aknázómolyra gyakorolt kedvező

hatását a 2001. évinél kissé magasabb napfénytartam sem tudta ellensúlyozni, így alakulhatott ki a levelek 18. táblázatban látható magas fertőzöttsége.

4.6.3. Fertőzöttségbeli különbségek az egyes lombkoronaszintek között

Az egyes lombkoronaszintek leveleinek vadgesztenyelevél-aknázómollyal való fertőzöttsége jelentősen különbözik egymástól. A 35-36-37/a-38/a-39. ábrák adatait összehasonlítva megfigyelhető, hogy a felső szintből gyűjtött levelekből mindig kevesebb molyimágó volt kinevelhető, mint az alsó szintek azonos darabszámú leveleiből. (Összehasonlításra alkalmas eredmények az 1999, 2001, 2002, 2003 évekből vannak; 2001-2002-ben az árnyékban és napon fejlődő levelek adatainak átlagához mértünk.) A felső szintben egy levélből kinevelhető molyok száma legfeljebb 89,70 %-a (2003), legalább 29,66 %-a (2002) az alsó szintek leveleiből kinevelhető egyedszámnak. A középső lombkoronaszintből származó levelek e tekintetben nem képeznek átmenetet az alsó és a felső szint között: a 2001-es év eredményei alapján azt mondhatjuk, hogy a közepes magasságban elhelyezkedő levelekből még kisebb számban nevelhetők ki aknázómolyok, mint a felső szint azonos mennyiségű leveleiből, bár a különbség csekély.

Az alsó lombkoronaszint fertőzöttsége nemcsak átlagban bizonyult magasabbnak, hanem akkor is, ha az árnyékban és a napon fejlődő leveleket külön-külön vettük figyelembe: a felső szintből minden esetben kevesebb molyt kaptunk, mint akár a napos, akár az árnyékos levelekből. Amennyiben a 30 db levélből kinevelt parazitoidok egyedszámát is tekintetbe vesszük (a világoskék téglalapok bordó színű csúcsi részei), a lombkoronaszintek közötti egyedszámviszonyok alapvetően nem változnak. Az ábrákon a molyok és a parazitoidok egymás felett elhelyezett téglalapjai együttesen számítva azt a molymennyiséget adják meg, ami a parazitoid közösség működése hiányában 30 db levélből kikelt volna. Látható, hogy a felső szint leveleiből így is minden esetben kevesebb moly lett volna kinevelhető, a két szintben tapasztalt különbséget tehát nem a *C. ohridella* parazitáltságának eltérő fokára lehet visszavezetni, hanem más tényezőkre (lásd alább).

A 2001-2003. években mindkét lombkoronaszintben nyomon követtük a kinevelhető molyok számának változásait az év során (40-42. ábra). A hisztogramokon – különösen a 2001. évin - általában jól megfigyelhető a nemzedékek váltakozása. Kezdetben nagy a kinevelhető molyok száma, majd egyre csökken, ahogy a fokozatos imágóvá alakulással csökken a levelekben a bábok száma. A kinevelhető molyok számának hirtelen növekedése a következő nemzedék megfelelő fejlettségű lárváinak megjelenését jelzi a levelekben. A hisztogramok tanúsága szerint 2001-ben és 2003-ban három, 2002-ben – a

szokatlanul korai lombhullás miatt – valószínűleg csak két nemzedéke alakult ki a vadgesztenyelevél-aknázómolynek a vizsgált élőhelyen.

Az ábrákon az alsó és felső lombkoronaszintből kinevelhető aknázómolyok számának aránya is tendenciát követ: év elején az alsó szint értékei általában magasabbak, mint a felsőkéi, majd a második-harmadik nemzedék idején a felső szint fertőzöttsége lesz magasabb, vagy legalább az arány efelé módosul. Régóta ismert tény, hogy a *C. ohridella* a vadgesztenyefákat alulról felfelé népesíti be (Freise – Heitland, 2004/a), ezért nem meglepő a felső levelek fertőzöttségének növekedése.

Mindhárom évben az első három mintavételi alkalommal a kinevelt molyok számában fokozatos csökkenést, majd hirtelen növekedést tapasztaltunk, ami mindkét lombkoronaszintben megfigyelhető volt. A jelenség magyarázata feltehetően az, hogy ebben az időszakban az első nemzedék egyedei fokozatosan imágóvá alakultak, ezért a levelekből kinevelhető molyok egyedszáma csökkent. A negyedik mintavétel kiugró értéke a következő nemzedék felnövekedésének köszönhető. Hasonló csökkenés a második generációnál is megfigyelhető, a harmadiknál azonban sokkal kevésbé. Ez annak tulajdonítható, hogy a harmadik nemzedék túlnyomórészt kokonnal rendelkező bábjai általában nem kelnek ki az adott évben, hanem az áttelelő nemzedéket adják, így azok a levelekből kinyerhetők maradnak (Freise – Heitland, 2004/a).

Az eddigiek alapján két lombkoronaszintből kinevelhető molyok számbeli különbségének feltehetően az az oka, hogy az első moly nemzedék nagyrészt az alsó lombkoronaszintben fejlődik, ezért az egész év átlagában az alsó szint leveleiből összességében több moly nevelhető ki. Eredményeink e tekintetben megegyeznek a másutt Európában tapasztaltakkal.

A 2000-2002. években nemcsak a levelek számát, hanem azok száraztömegét is feljegyeztük, így az egységnyi tömegű levélből kinyert molyok számát is összehasonlíthattuk az egyes lombkoronaszintekben (36-37/b-38/b ábrák). 2001-2002-ben a levelek száraztömegét véve alapul is igaz a megállapítás, hogy a felső lombkoronaszint leveleiből kevesebb moly kelt ki, mint az alsóból. Egyedül 2000-ben tapasztaltuk az ellenkezőjét. Ha azonban a levelekből kinevelt parazitoidok egyedszámát itt is tekintetbe vesszük, az derül ki, hogy a molylepkék az alsó lombkoronaszintben egységnyi tömegű levélre valószínűleg több petét raktak, mint a felsőben, és az egyedszámot csak a parazitoidok csökkentették az alsó szintből kinevelhető mennyiség alá. Az alsó szintben a *C. ohridella* parazitáltsága ugyanis több mint kétszer akkora, mint a felsőben.

4.6.4. Árnyékban és napon fejlődő levelek fertőzöttsége

A 2001., 2002. és 2004. évi vizsgálataink eredményei szerint az árnyékból gyűjtött mintákból levelenként kevesebb aknázómoly imágó nevelhető ki, mint a napon fejlődőkből (37/a-38/a és 43. ábra). A különbség meglehetősen nagy, 2001-ben pl. az árnyékolt levelekből kinevelhető molyok száma kb. 70,40 %-a a napnak kitett levelekből kinyerhetőnek. A további években a különbség egyre nő, 2002-ben ez az érték 54,37 %, 2004-ben már csak 34,14 % (44. ábra).

A két levéltípusban e tekintetben tapasztalható különbség valószínűleg azzal magyarázható, hogy árnyékolt leveleken a *C. ohridella* aknái kb. kétszer akkora felületet foglalnak el, mint a napnak kitett leveleken (Birner - Bohlander, 2004), ezért hasonló méretű levelek esetén egy árnyékolt levélre hozzávetőlegesen csak feleannyi akna jut. Az aknaméretben tapasztalható különbség valószínűleg arra vezethető vissza, hogy az árnyékban fejlődő leveleknek magasabb a cellulóztartalma, ami a nem cellulózzal táplálkozó aknázómoly-lárvák számára feltehetően emészthetetlen ballasztanyag, ezért ugyanannyi hasznosítható táplálék felvételéhez több levélszövetet kell elfogyasztaniuk (Birner - Bohlander, 2004). A kétszeres aknaméret jól egyezik a 2002-ben kapott eredményünkkel, amikor az árnyékban fejlődő levelekből kb. feleannyi aknázómoly imágót neveltünk ki, mint a napon fejlődőkből.

Mint láttuk, a kétféle levéltípusból kinevelhető molyok számának különbsége egyre nagyobb 2001-től 2004-ig haladva, hiszen 2004-ben már csak kb. harmadannyi moly repül ki ugyakkora számú árnyékolt levélből. Az egy levélből kinevelhető molyok száma azonban abszolút értékben határozottan növekszik, kivéve a 2004-es esztendőben az árnyékolt leveleket, ahol kis csökkenés következett be. Megvizsgáltuk, hogy a jelenségre választ ad-e a négy év változó időjárása. A 10. táblázatban azt mutatjuk be, hogy az egyes évek gyűjtési időszakjaiban (pl. 2001-ben június 26. és október 23. között) mekkora volt az egy napra eső átlagos csapadékmennyiség, az átlagos napfénytartam ill. az átlagos napi középhőmérséklet.

Hogy okozhatta-e a levelek fertőzöttségének a 44. ábrán látható változását az időjárás, érdemes megvizsgálni 2001 és 2004 példáját. A 20. táblázat szerint 2004-ben 60 db levélből (30 db árnyékolt + 30 db napnak kitett) több mint kétszer annyi moly kelt ki, mint 2001-ben. A vizsgálati időszakban ugyanakkor a lehullott csapadék mennyisége jóval kisebb, a napi átlaghőmérséklet kicsivel, a napsütéses órák átlagos száma pedig jelentősen magasabb, mint a 2001-es esztendőben, így a levelek vízhiánya mindenképpen nagyobb volt, mint 3 évvel korábban, ez pedig a molylárvák számára kedvezőtlenebb életfeltételeket jelent (Birner – Bohlander, 2004).

Az időjárás adatok tehát arra utalnak, hogy 2001-2004 között a levelekben valószínűleg nem lettek kedvezőbbek a viszonyok a molylárvák számára, sőt, a vízhiány feltehetően egyre fokozódott. A levelenként kinevelhető molyok

száma ennek ellenére nőtt mind az árnyékban, mind a napon elhelyezkedő levelek esetében, sőt, a közvetlen napsugárzásnak kitett leveleknél meredekebben. Úgy tűnik tehát, hogy az egy levélre jutó akna számának növekedését nem az időjárás kedvezőbbre fordulása, hanem az aknázómoly populáció stabilabbá válása okozta. Annak okát további vizsgálatoknak kell feltárniuk, hogy a *C. ohridella* miért részesíti egyre inkább előnyben a közvetlen napsugárzásnak kitett leveleket az árnyékoltakkal szemben.

A 2001-2002. években az ugyanakkora levéltömegből kinevelhető molyimágók számát is összehasonlítottuk a kétféle levéltípus vonatkozásában. A 37/b és 38/b ábrák szerint az árnyékolt és a napsütötte levelek egységnyi tömegre jutó fertőzöttségében nincs jelentős különbség. Sőt, ha a parazitoidok miatt elpusztult lárvákat is figyelembe vesszük, az egységnyi levéltömegre jutó akna száma mindkét évben még magasabb is volt az árnyékban fejlődő levelek esetében. A jelenség háttérében feltehetően az áll, hogy a két levéltípus felületegységre jutó tömege jelentősen eltérő. Az árnyékban fejlődő levelek átlagos száraztömege ($3,2 \text{ mg/cm}^2$) jóval kisebb, mint a napon fejlődőké ($7,9 \text{ mg/cm}^2$), ezért ugyanakkora levéltömeg esetükben közel 2,5-szer akkora levélfelületet jelent (Birner – Bohlander, 2004). De mivel árnyékolt leveleken a *C. ohridella* aknai is kb. kétszer akkora felületet foglalnak el, mint a napnak kitett leveleken, összeségében ugyanannyi vagy több akna jut ugyanakkora száraztömegű árnyékolt levélre.

4.6.5. A kis- és nagyméretű levelek fertőzöttsége

A vadgesztenyefák leveleinek mérete nagyfokú változatosságot mutat. A lombkorona külső felszínén elhelyezkedő levelek általában jóval nagyobbak, mint amelyek a belső részeken, a vastagabb ágakon elszórtan találhatóak. 2001-es vizsgálatunkban arra a kérdésre is választ kerestünk, hogy a *C. ohridella* nőstényei tesznek-e különbséget peterakáskor a levelek mérete szempontjából.

Tapasztalataink szerint ugyanakkora darabszámú kisméretű levélből jóval kevesebb aknázómolyt lehet kinevelni, mint a nagyobb levelekből, tekintet nélkül azok elhelyezkedésére vagy kitettségére (37/a. ábra). Ez az eredmény várakozásainknak megfelelt, hiszen az apró levelek felülete kisebb, így kevesebb akna számára biztosítanak életteret. Az egységnyi levéltömegből kinevelhető molyok egyedszámának összehasonlításakor azonban azt tapasztaltuk, hogy az a kisméretű levelek esetében messze a legmagasabb (37/b ábra). Úgy tűnik, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly nőstényei több petét raknak ugyanarra a levélfelületre, ha az több kis levélre darabolódik, mint ha egységes felületet alkot. Mivel az apró levelek mindegyike csak egypár aknát hordoz, az aknázómoly lárvák nagyobb térrészben oszlanak meg, egyedsűrűségük kisebb és az egyedek közötti konkurencia kevésbé jelentős.

Lehetséges továbbá, hogy az apró levelek egységnyi felületére eső száraztömeg az árnyékolt levelekre jellemző értéknél is kisebb, de erre vonatkozóan 2001-ben nem végeztünk vizsgálatot.

4.6.6. A középső lombkoronaszint eredményeinek értékelése

Az előzőekben láttuk, hogy a lombkorona középső szintjén elhelyezkedő levelek a kinevelhető aknázómoly imágók száma tekintetében nem képeznek átmenetet az alsó és felső szintek között. Az egy levélre jutó imágók számában eltérő eredményt hozott a két vizsgálati év, hiszen 2000-ben a középső szint leveleiből neveltük ki a legtöbb, 2001-ben a legkevesebb aknázómolyt. Az egységnyi száraztömegre vonatkoztatott *C. ohridella* egyedszám azonban mindkét évben magasabb volt a középső lombkoronaszintben, mint az alsó vagy a felső szintekben. Sőt, ha a parazitoidok működése következtében elpusztult molyokat is figyelembe vesszük, akkor azt mondhatjuk, hogy a középső szint leveleiben fejlődő aknázómolylárvák száma volt a legnagyobb az összes vizsgált levéltípus közül. Ez azonban valószínűleg nem a levelek talajszinttől való távolságával van összefüggésben, hanem egyrészt azzal, hogy a középső szint begyűjtött levelei – elérhetőségi okok miatt - mind a lombkorona belső részéből, árnyékos helyről származtak, másrészt, mert átlagos méretük elmaradt az alsó és a felső lombkoronaszintből gyűjtött leveleké mögött (lásd fent).

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálatainkat négy különböző élőhelyen, Héderváron, Lipót külterületén („Gombócos”) és Vámoszabadi külterületén („Patkányos”, „Medve”) végeztük 1998 és 2004 között.

A vizsgálatok fő célja a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) életmódja eddig kevésbé ismert részleteinek, a parazitoid közösség összetételének, változásainak és a moly különböző egyedfejlődési stádiumai parazitáltságának felderítése volt.

1. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága

A *C. ohridella* parazitáltsága mindegyik vizsgált élőhelyen növekedett. Az egy-egy évben Héderváron bekövetkezett visszaesések a szokatlanul hideg téli időszakokkal (2002) vagy az aknák kedvezőtlenül meleg és száraz időjárás miatt bekövetkező vízhiányos állapotával (2004) magyarázhatók voltak.

Héderváron a vizsgált időszakban a moly parazitáltsága erősen hullámzó volt, de a hullámok menetében a szezonok közti – mintegy 7 hónapos - nyugalmi időszakok miatt törés csak egy esztendőben következett be. Az adott évi parazitáltság mindegyik élőhely esetében erősen függött az előző évitől.

Eredményeink ellentmondanak annak a széles körben elterjedt nézetnek, mely szerint a honos parazitoidok vadgesztenyelevél-aknázómolyhoz való adaptációja nagyon lassú folyamat. Vizsgálataink szerint ez a folyamat meglehetősen gyors, de sebességét a kedvezőtlen időjárási viszonyok lassíthatják. Feltételezésünk szerint a parazitoid lárvák még érzékenyebbek az aknában kialakuló magas hőmérsékletre és a vízhiányra, mint az aknázómoly lárvái. Valószínűnek tartjuk, hogy a lehullott levelek aknáiban telelő parazitoidok többsége nem vándorol el más növényeken élő egyéb gazdákra. Korábbi tanulmányokkal ellentétben úgy gondoljuk, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly körül stabil parazitoid közösség van kialakulóban.

A különböző élőhelyek parazitáltságában jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A hédervári fasorok parazitáltsága általában magasabb volt a többi élőhelynél, a szezonon belüli ingadozások pedig kisebbek voltak, valószínűleg az ártéri élőhelyek későbbi megfertőződése miatt.

1999-2001-ben alacsonyabb, 2002-2003-ban magasabb volt a felső lombkoronaszint parazitáltsága az alsóénál. Ez a tendencia arra utal, hogy a *C. ohridella* parazitoid közössége a talajszinttől való távolság tekintetében is fokozatosan alkalmazkodik a gazda életmódjához, hiszen nem hagyja kiaknázatlanul a felső szintekben elhelyezkedő gazdag táplálékforrást.

Az árnyékolt levelekben a *C. ohridella* parazitáltságát jelentősen magasabbnak találtuk, mint a napsütötte levelekben, ami valószínűleg a parazitoidok környezeti igényeivel van összefüggésben.

Megállapítást nyert, hogy a kisméretű levelekben a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága messze a legkisebb az összes vizsgált levéltípus közül. Valószínű, hogy a *C. ohridella* parazitoidjainak többsége vizuálisan kutat gazdák után, és táplálékkeresése során előnyben részesítik azokat a leveleket ill. a lombzat azon részeit, amelyekben a potenciális gazdáik egyedsűrűsége nagyobb. Ezek a helyek a lombkorona alsó részének külső, nagy felületű, sok aknát hordozó levelei. A korona belsejében, vastag ágakon elszórta elhelyezkedő apró levelek, amelyeken csak egy vagy néhány aknát találni, sokkal kevésbé vonzó vadászterületek. Feltételezésünk szerint a kisméretű levelek alacsony parazitáltságát a parazitoid fémfűrészek táplálékkereső magatartása okozza.

2. A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoid közössége

A 7 éves vizsgálsorozatban Héderváron összesen 20 parazitoid fajt neveltünk ki és további két faj került elő az ártéri élőhelyekről. A parazitoid fajok száma Héderváron volt a legmagasabb, ami valószínűleg a diverzebb környezetnek és a vadgesztenyelevél-aknázómoly korábbi megtelepedésének tulajdonítható. A parazitoid közösség összetétele évről évre változott, és egyik esztendőben sem került elő mindegyik, az adott élőhelyről ismert faj. Héderváron a 2002. és 2004. években a fajok számában is visszaesés volt tapasztalható, ami feltehetően a kedvezőtlen időjárási viszonyokra vezethető vissza. Ezen az élőhelyen 5 faj a parazitoid közösség stabil tagjának bizonyult és mind a hét évben megjelent: a *Pnigalio agraulis*, a *Minotetrastichus frontalis*, a *Baryscapus nigroviolaceus*, a *Closterocerus trifasciatus* és a *Cirrospilus pictus*. A *Pediobius saulius*t nem találtuk 1998-ban, de a következő évtől fogva mindvégig a *C. ohridella* domináns vagy szubdomináns parazitoidja volt. A *M. frontalis* jelentősége ugyanakkor időben csökkenő tendenciát mutatott.

A parazitoid közösséget alkotó fajok száma 2001-től 2003-ig mindegyik vizsgált élőhely esetében nőtt, ami a vadgesztenyelevél-aknázómoly megtelepedését követő esztendőben irodalmi források szerint megszokott jelenség. A *M. frontalis* az ártéri élőhelyeken gyakori fajnak számít, hasonlóan a Héderváron évekkorábban megfigyelt helyzetéhez, ami megerősíti a *C. ohridella* ártéri fákra való későbbi megjelenéséről kialakított elképzelésünket.

A parazitoid közösségek összetétele jelentős különbségeket mutatott a lombkoronaszintek között. 1999-2001-ben a felső szintből gyűjtött mintákból sikerült több fajt kinevelni, 2002-2003-ban az alsó szint mintái bizonyultak fajgazdagabbnak. Az aknázómoly parazitáltsága a felső lombkoronaszintben ugyanakkor növekedett az alsóhoz képest ebben az időszakban. Ezek a

megfigyelések arra utalnak, hogy a két lombkoronaszintben a parazitoid közösség feltehetően más egyensúly felé tart. A felső szint egyensúlyi állapotát valószínűleg viszonylag kevés faj jellemzi, amely azonban magasabb parazitáltságot hoz létre az alsó szinthez képest.

A parazitoid fajok közül egyesek az alsó, mások a felső szintben voltak gyakoribbak, de preferenciájuk az évek során több faj esetében módosult. Jellemző példa erre a *P. saulius*, amely egyre inkább a felső lombkoronaszintet részesíti előnyben, jelentősen megnövelve a felső szintben kimutatott parazitáltságot.

A parazitoid közösségek két lombkoronaszintben tapasztalt különbsége legalább három tényezőre vezethető vissza: a fajok eltérő mikroklimatikus igényeire, az eltérő testméretre és a támadási időszakok különbözőségére. Valószínűleg mindhárom tényező szerepet játszik a parazitoid fajok lombkoronaszintek közötti megoszlásának alakításában, de a fajok arányainak állandó változása, fokozatos adaptációja és az időjárás változékonysága miatt jelenleg nem dönthető el egyértelműen, melyik faj esetében melyik meghatározó.

Az árnyékban ill. napon fejlődő levelek parazitoid fajszerkezetének relatív különbsége növekedett a vizsgálati időszakban (2001-2004). Ez azt jelenti, hogy a napon fejlődő levelek parazitoid közössége jobban megőrzi változatosságát, mint az árnyékolt leveleké. Elképzelhető, hogy ez is a parazitoidok adaptációjának jele.

A kisméretű levelekben sokkal kevesebb fajt találtunk, mint a nagyobbakban. Előbbiekből mindössze a három leggyakoribb fajt sikerült kinevelnünk: a *Pediobius saulius*, a *Pnigalio agraulis* és a *Minotetrastichus frontalis*.

Az ősszel (szeptemberben vagy októberben) ill. nyáron gyűjtött mintákból egy aknázómoly sem kelt ki a következő év januárjáig, viszont a parazitoidok – gyűjtési időponttól függően – részben január előtt, részben utána alakultak át imágóvá.

3. A moly egyes fejlődési alakjainak parazitáltsága

A *C. ohridella* különböző korú fejlődési alakjai közül vizsgálatainkban a 4 hetes korúak (főképp III. és IV. fokozatú lárvák) bizonyultak a parazitoidok leggyakoribb célpontjainak.

A parazitoidok preferenciája a *C. ohridella* egyes fejlődési alakjai iránt meglehetősen különböző volt. A *Pediobius saulius* az idősebb, a *Pnigalio agraulis* pedig a valamivel fiatalabb fejlődési alakokat részesítette előnyben. A *Minotetrastichus frontalis* preferenciájára a kinevelt egy egyed alapján nem tudunk következtetést levonni.

4. A vadgesztenyelevél-aknázómoly és parazitoidjainak rajzása, a moly egyes fejlődési alakjainak számított egyedsűrűsége és a fejlődésük szinkronizáltsága

A parazitoidok tavaszi rajzáscsúcsa a vadgesztenyelevél-aknázómoly telelő nemzedékének rajzáscsúcsától (IV. 21. ill. V. 3.) többé-kevésbé eltérő időpontban következett be. Egyes parazitoidok (*M. frontalis* és a *Pnigalio* fajok) korább, mások (*C. trifasciatus* és *B. nigroviolaceus*) későbbben rajzottak a molynál. Véleményünk szerint a parazitoidok kímélése az avar megfelelő időpontban (a molyok rajzáscsúcsa előtt pár nappal) történő megsemmisítésével csak bizonyos esetekben lehetséges.

A vadgesztenyelevél-aknázómoly megfigyelt rajzágörbéje alapján megkíséreltünk számítással következtetni a különböző stádiumú molylárvák és -bábok levelekben kialakuló egyedsűrűségére. A moly első generációjának számított fejlődési ideje (67 nap) és az új nemzedék repülő imágóinak számítással kapott rajzáscsúcsa (július 13) jó egyezést mutatott a tényekkel, jelezve a számítási módszer létjogosultságát.

A jelentős egyedszámban kinevelt fémfürkészek közül a *Pediobius saulius* és a *Baryscapus nigroviolaceus* rajzását találtuk időben legközelebbinek az érett molystádiumok megjelenéséhez. Az évek során a *B. nigroviolaceus* részesedése a parazitoid közösségben nagymértékben csökkent, amiből arra lehet következtetni, hogy viszonylag késői rajzása elenére sem tudott megfelelően adaptálódni a *C. ohridella* gazdához.

A *Pnigalio agraulis* korábban rajzik a *Pediobius saulius*nál, aminek szerepe lehet abban, hogy fiatalabb molylárvákat parazitál társánál.

5. A *C. ohridella* parazitáltsága és a parazitoidok fellépési intenzitásának összefüggése

Megállapítottuk, hogyan változott a leggyakoribb parazitoid fajok fellépésének intenzitása a 2004-es év során Héderváron. A *P. saulius* augusztus végén volt a legaktívabb, ami a szabadon fejlődő levelekből IX. 18-tól megállapított magasabb parazitáltsági fokokban mutatkozott meg. A *Pnigalio agraulis* IX. 4-11-i héten tapasztalt intenzív peterakásának pedig a szabadon fejlődő levelekből október elején kimutatott magas parazitáltsági fok tulajdonítható.

6. A vadgesztenyelevelek fertőzöttsége

Az egységnyi mennyiségű levélből kinevelt molyok száma jelentős változásokon ment át a vizsgálat időszakban. Csaknem minden esetben, amikor az egy db levélre jutó molyok száma növekedett, a parazitáltsági fok csökkent

és fordítva. Valamilyen oknál fogva az aknázómolyok számára kedvezőtlen években a parazitáltsági fok magasabb volt. A két jelenség között nem áll fenn jelentős ok-okozati viszony, mivel a parazitáltsági fok túl alacsony volt ahhoz, hogy a *C. ohridella* egyedszámát döntően befolyásolja.

A vizsgált négy élőhely fertőzöttségében nem találtunk jelentős különbséget. A moly egyedsűrűsége mindegyik élőhely esetében - a közöttük levő viszonylag nagy távolság ellenére - hasonlóan változott. A napsütéses órák magas száma, a magas napi középhőmérséklet és a kevés csapadék valószínűleg csökkenti a *C. ohridella* populáció egyedsűrűségét.

A felső lombkoronaszintből gyűjtött levelekből mindig kevesebb molyimágó volt kinevelhető, mint az alsó szintek azonos darabszámú leveleiből. Tapasztalataink megerősítik a korábbi megfigyeléseket, melyek szerint a moly elsősorban az alul elhelyezkedő levelekre rakja petéit, és a felsőbb lombkoronaszinteket csak a szezon második felében, szabad levélfelületeket keresve választja.

Éves átlagban az alsó lombkoronaszint leveleinek 100 grammjában fejlődő molyok száma nagyobb, mint a felső szint leveleinek esetében, amire azonban a parazitoidok működése jelentős befolyással lehet.

Az árnyékból gyűjtött mintákból levelenként kevesebb aknázómoly imágó volt kinevelhető, mint a napon fejlődőkből. A különbség meglehetősen nagy volt, és a vizsgálati időszakban növekedett. A jelenség oka feltehetően az, hogy az árnyékban fejlődő levelek aknáit kétszer akkora terület foglalnak el, mint a napon fejlődő leveleken (Birner - Bohlander, 2004).

Az egy levélből kinevelhető molyok száma ugyanakkor abszolút értékben határozottan növekedett mindkét levéltípus esetében. A növekedés annak ellenére következett be, hogy az időjárás szárazabbra fordulása miatt a levelekben a viszonyok a molylárvák számára egyre kedvezőtlenebbé váltak. Valószínűnek tartjuk, hogy fertőzöttségi szint növekedését az aknázómoly populáció stabilabbá válása okozta.

Megállapítottuk, hogy az árnyékolt és a napsütötte levelek egységnyi tömegre jutó fertőzöttségében nincs jelentős különbség. Ha a parazitoidok miatt elpusztult lárvákat is figyelembe vesszük, az egységnyi levéltömegre jutó aknák száma mindkét évben még magasabb is volt az árnyékban fejlődő levelek esetében. A jelenség hátterében feltehetően a két levéltípus felületegységre jutó tömegének különbsége áll (Birner - Bohlander, 2004).

Tapasztalataink szerint ugyanakkora darabszámú kisméretű levélből jóval kevesebb aknázómolyt lehet kinevelni, mint a nagyobb levelekből, tekintet nélkül azok elhelyezkedésére. Az egységnyi levéltömegből kinevelhető molyok egyedszámának összehasonlításakor azonban azt tapasztaltuk, hogy az a kisméretű levelek esetében messze a legmagasabb. Feltételezhető, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly nőstényei több petét raknak ugyanarra a levélfelületre, ha az több kis levélre darabolódik, mint ha egységes felületet

alkot. Mivel az apró leveleken az aknák kis száma miatt az aknázómoly lárvák nagyobb térrészben oszlanak meg, egyedsűrűségük kisebb és az egyedek közötti konkurencia kevésbé jelentős.

A lombkorona középső szintjén elhelyezkedő levelek a kinevelhető aknázómoly imágók száma tekintetében nem képeznek átmenetet az alsó és felső szintek között. Az egységnyi száraztömegre vonatkoztatott *C. ohridella* egyedszámot magasabbnak találtuk a középső lombkoronaszintben, mint az alsó vagy a felső szintekben. A parazitoidok működése következtében elpusztult molyok figyelembe vételével pedig arra következtethetünk, hogy a középső szint leveleiben fejlődő aknázómolylárvák száma volt a legnagyobb az összes vizsgált levéltípus közül. A magas fertőzöttség feltehetően nem a levelek talajszinttől való távolságával, hanem azok árnyékolt elhelyezkedésével és viszonylag kis méretével van összefüggésben.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Eredményeink ellentmondanak annak a széles körben elterjedt nézetnek, mely szerint a honos parazitoidok vadgesztenyelevél-aknázómolyhoz való adaptációja nagyon lassú folyamat. Vizsgálataink szerint ez a folyamat meglehetősen gyors, de a kedvezőtlen időjárási viszonyok lassíthatják. Korábbi tanulmányokkal ellentétben azt tapasztaltuk, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly körül stabil parazitoid közösség van kialakulóban.

2. Megállapítottam, hogy egymás követő évek során kezdetben csak az alsó, később viszont már a felső lombkoronaszintben is jelentős a *C. ohridella* parazitáltsága, tehát az őshonos parazitoid közösség abban a tekintetben is fokozatosan alkalmazkodik a gazda életmódjához, hogy nem hagyja kiaknázatlanul a felső szintekben található gazdag táplálékforrást.

3. Megállapítottam, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága a kisméretű levelekben messze a legkisebb, mert a *C. ohridella* parazitoidjai előnyben részesítik azokat a leveleket, amelyekben a potenciális gazdáik egyedsűrűsége nagyobb, így a korona belsejében, vastag ágakon elszórta elhelyezkedő apró levelek, amelyeken csak egy vagy néhány aknát találni, sokkal kevésbé vonzóak számukra.

4. A kisebb forgalmú artéri élőhelyekre a *C. ohridella* valószínűleg később jutott el, erre utal az ottani parazitáltság gyors növekedése és szezonon belüli nagy ingadozása, a közösség eltérő fajösszetétele.

5. Megállapítottam, hogy a parazitoid közösségek összetétele jelentős különbségeket mutat a lombkoronaszintek között. Ezek a megfigyelések arra utalnak, hogy a két lombkoronaszintben a parazitoid közösség más egyensúly felé tart: a felső szint közösségét egyensúlyi állapotában valószínűleg kevesebb faj alkotja, amely azonban magasabb parazitáltságot hoz létre, mint az alsóban.

6. Vizsgálataim szerint a parazitoidok leggyakoribb célpontjai összeségében a 4 hetes (főképp III. és IV. fokozatú) molylárvák. A *Pediobius saulius* a molynak valamivel idősebb, a *Pnigalio agraulis* a fiatalabb fejlődési alakjait részesíti előnyben.

7. Megállapítottam, hogy az árnyékolt levelekben kevesebb moly fejlődik, mint a napnak kitett levelekben, viszont bennük a moly parazitáltsága magasabb.

8. Megállapítottam, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly nőtényei több petét raknak ugyanarra a levélfelületre, ha az több kis levélre darabolódik, mint ha egységes felületet alkot.

6. SUMMARY

The main aims of our investigations were to disclose lesser-known details of the biology of the moth and its parasitoids and to collect data on the structure and the changes of the parasitoid community. We also wanted to determine the most parasitized development stages of the moth.

1. Rate of parasitism of *Cameraria ohridella* populations

The rate of parasitism of *C. ohridella* was found to be increasing in all locations investigated. Recessions in some years in Hédervár could be explained by very cold winter temperatures (2002) or lack of water in the mines due to dry and hot weather (2004).

The rates of parasitism in Hédervár were strongly fluctuating in the investigation period but a breaking between the years – apart from one year - could not be realized in spite of the hibernation periods of 7 months between the seasons. In all locations, the parasitism of the horse chestnut leafminer strongly depended on the parasitism in the previous year.

Our results contradict the widespread opinion that the adaptation of the native parasitoids to the horse-chestnut leafminer was very slow. In our investigations this process seems to be fairly rapid but the pace can be decreased by adverse weather conditions. We suppose that larvae of parasitoids are even more sensitive to high temperatures or lack of water in the mines than leafminer larvae. Similarly, we suggest that the majority of the parasitoids overwintering in the fallen leaves do not wander away to seek suitable leafminer hosts on other plants. In contradiction with earlier studies, we assume that a partially stable permanent parasitoid community is being developed around the horse-chestnut leafminer.

We found considerable differences between parasitism rates in different locations. The values at Hédervár were usually higher and the fluctuations within a season smaller than in other locations which can probably be attributed to a possible later infestation of the trees in the flood plain.

In 1999-2001 the rate of parasitism at the top of the crown was lower, in 2002-2003 it was higher than below. This tendency implies that the parasitoids exploit the rich food source at the top more and more, which is probably a sign of the adaptation process of the parasitoid community.

Rate of parasitism proved to be considerably higher in shaded leaves than in sun-exposed ones which is probably related to the microclimatic demands of the parasitoids.

It was established that parasitism rates in minute leaves are the least among all leaf types investigated. It is highly probable that most parasitoids of *C.*

ohridella search visually for hosts and prefer visiting leaves or parts of the foliage where the density of their potential hosts is higher. These places are the large leaves which possess a lot of mines and grow in the outer parts of the lower canopy. Small leaves that carry a few mines only and are dispersed on thick branches in the inner parts of the canopy are not very attractive hunting fields. We suppose that the low values of parasitism in minute leaves can be attributed to the foregoing behaviour of the parasitic chalcidoids.

2. The parasitoid community of the moth

Altogether 20 species of parasitoids could be reared during the 7-year investigation at Hédervár and additional two species were found in the flood plain. The number of the parasitoid species was higher in Hédervár than in other locations which can be attributed to a more diverse environment and a possible earlier infestation of the trees. The structure of the parasitoid community was changing from year to year and in none of the years occurred all the species in a location. There was a recession even in the number of species at Hédervár in 2002 and 2004 that possibly can be ascribed to adverse weather conditions. 5 species were stable members of the parasitoid community in this location and occurred in all 7 years: *Pnigalio agraulis*, *Minotetrastichus frontalis*, *Baryscapus nigroviolaceus*, *Closterocerus trifasciatus* and *Cirrospilus pictus*. *Pediobius saulius* could not be reared in 1998 but from the next year on it was a dominant or subdominant parasitoid of *C. ohridella*. On the other hand, the importance of *M. frontalis* was decreasing in time.

The number of the members of the parasitoid community was growing from 2001 to 2003 in all locations investigated what is a phenomenon often observed by other authors in the first years after the moth's establishment. Similar to what we found at Hédervár years earlier, *M. frontalis* ranked among the most abundant species in the flood plain, supporting our hypothesis about a later infestation of the horse-chestnut trees in the latter type of locations.

The structure of the parasitoid community showed striking differences between foliage levels. In the years 1999-2001 more species could be reared from the samples collected at the top, while in 2002 and 2003 the low-level samples proved to be more rich in species. On the other hand, the rate of parasitism at the top was growing *compared* to the parasitism rates below in the canopy. These observations imply that, regarding species constitution, the parasitoid community is heading to a different balance in the two foliage levels. In the top of the canopy, the balance state is probably characterized by relatively few species that reach a higher rate of parasitism than below.

Some of the parasitoids were more abundant low in the canopy than at the top; others behaved just the opposite way, but the preference of the species often changed during the years. A typical instance is *P. saulius* which was

gradually switching over to the upper canopy level, considerably raising the parasitism at the top.

The difference between the parasitoid communities in the two foliage levels can possibly be attributed to at least 3 reasons: different microclimatic demands of the species, different body sizes and different attack times. Probably all three factors contribute to the distribution of the parasitoid species but - because of permanent changes in the proportions of the species, their gradual adaptation and the changeable weather - it can not be determined which one is the most important in the case of a given species.

The relative difference in the number of parasitoid species between shaded and sunlit leaves was growing in the investigation period (2001-2004). It means that the parasitoid community of the leaves that are exposed to direct sunlight is more efficient in keeping its diversity than that of the shaded leaves. This is possibly another sign of the adaptation process of the parasitoids.

We found much less parasitoid species in minute leaves than in large ones. Only the 3 most abundant chalcidoids could be detected: *Pediobius saulius*, *Pnigalio agraulis* and *Minotetrastichus frontalis*.

None of the moth pupae from autumn (September-October) or summer (July) samples hatched prior to January, while the parasitoids emerged partly before January and partly later, depending on the sampling date.

3. Parasitism of different developmental stages of the moth

According to our investigations, 4-week-old moth instars (mainly larval instars 3-4) are the most favourable targets of parasitoid attack. Older larvae and pupae are less frequent victims of parasitoids.

The preference of the parasitoids for certain development stages of *C. ohridella* proved to be quite different. *P. saulius* preferred older stages while *P. agraulis* preferred younger stages of the moth. We could not draw much conclusion based on the single individual of *M. frontalis* that could be reared from the isolators.

4. Swarming times of *C. ohridella* and the parasitoids, calculated relative densities of developmental stages of the moth and the level of synchronization

The main swarming times of the moth (21. 4. and 3. 5. in 1999 and 2001, resp.) and its parasitoids in the spring was quite different. Some parasitoids emerged earlier (e.g. *M. frontalis* and *Pnigalio* sp.), others later (e.g. *C. trifasciatus*, *B. nigroviolaceus*) than the moth. We suggest that sparing parasitoids by destroying leaf litter just a few days prior to the main swarming time of *C. ohridella* is efficient only in certain cases.

Using the swarming curve of the horse-chestnut leafminer, we made an attempt to determine how densities of different larval instars changed in the leaves during the investigation. The calculated time for the full development of a moth generation (67 days) and the calculated main swarming time of the next generation (July 13) squared with the facts, showing *raison d'être* for the calculation method.

From the parasitoids that emerged in relatively high abundance, swarming times of *Pediobius saulius* and *Baryscapus nigroviolaceus* were closest to the appearance of mature larval instars of the moth. The abundance of *B. nigroviolaceus* was decreasing during the years which implies that, despite of its favourable swarming time, it failed to increase its level of adaptation to the new host.

Pnigalio agraulis swarms somewhat earlier than *Pediobius saulius* what can be part of the reason why it prefers younger moth larvae.

5. Relation between parasitism of *C. ohridella* and the intensity of parasitoid attack

We determined how the attack intensity of the most abundant parasitoids changed in Hédervár during the year 2004. *P. saulius* was most active at the end of August what resulted in high parasitism rates of the moth after September 18. Similarly, the high willingness of *P. agraulis* to lay its eggs in September 4-11 yielded high parasitism rates in early October.

6. The infestation level of the horse-chestnut leaves

During the investigation period, there were considerable differences in the number of moths that hatched from a given amount of horse-chestnut leaves. When the number of the moths per leaf increased from one year to the other, the rate of parasitism decreased and the opposite almost at all instances. For some reason, parasitism was higher in years that were unfavourable for the horse-chestnut leafminer. However, the changes in the infestation levels were not the result of parasitoid action, as rates of parasitism were too low to be the main factor in determining abundance of *C. ohridella*.

There were no significant differences in infestation levels in the four locations studied. Fluctuation in the population density of the moth was similar in all locations in spite of their good distance. Low mean daily amounts of precipitation combined with high average temperatures and longer daily sunshine duration probably reduces the population density of the moth.

The number of the moth individuals, which were reared from a given number of top-of-the-tree leaves, was always lower than the number of the moth individuals reared from low-level samples of equivalent quantity. Our

investigations confirm previous observations that the moths lay their eggs preferably on leaves that grow close to the ground and visit high foliage levels only in the second part of the season, in search for free leaf surfaces.

On yearly average, in 100 grams of leaves (dry weight) close to the ground developed more moths than in leaves high in the canopy but the relation could be changed due to parasitoid action.

From shaded leaves emerged less moths than from leaves that grew in direct sunlight. The difference was quite high and kept growing during the examination period. The reason for the phenomenon is probably the fact that mines on shaded leaves occupy twice as much area than on sun-exposed leaves (Birner - Bohlander, 2004). On the other hand, the absolute number of the moths that could be reared from a given number of leaves was growing in both leaf types. The growth occurred in spite of that conditions in the mines - due to adverse weather conditions - became more and more unfavourable for the moth larvae. It seems that the growth in infestation level could have been the result of the leafminer population getting more stable in the course of years.

We found that in the number of emerged moths per unit mass of dry leaves there were no considerable differences between shaded and sun-exposed leaves. Taken into account the moths that fell prey to parasitoids, the number of mines per unit leaf weight proved to be higher in the case of shaded leaves. The difference can be explained based on the different dry weight per unit leaf area of the two leaf types (Birner - Bohlander, 2004).

From a given number of small leaves we could rear far less moths than from larger ones, regardless of their position. On the other hand, comparing the number of the hatched moths per unit leaf weight, the value for minute leaves proved to be the highest. It seems that *C. ohridella* females lay more eggs on a unit leaf area if it is made up of several distinct leaves than if it forms an integral whole. Since minute leaves carry only a few mines, the leafminer instars are distributed in a bigger space which decreases population density and the inherent intraspecific competition.

Leaves from middle heights of the canopy show no middle-values in the level of infestation. The number of hatched moths per unit leaf weight was higher in the middle part of the foliage than either close to the ground or high in the canopy. If moth instars that were killed by parasitoids are also considered, this type of leaves were the most infested of all. The great number of moth larvae in middle-height leaves probably can be attributed not to their height above the ground but to their shaded position and small size.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Ábrahám G. – Havasréti B. – Lakatos F. (1998):** A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986, Lepidoptera, Lithocolletidae) elterjedése és károsítása Győr-Moson-Sopron megyében. *Növényvédelem* 34, (3) 127-131.
- Akimov, IA. – Zerova, MD. – Narolsky, NB. – Gumovsky, OV. – Sviridov SV. (2003):** Spread of the horse chestnut mining moth on the territory of the Ukraine. (Abstract) *Vestnik Zoologii*. 37: 4, 20.
- Ariëns, M. (2004):** Development of the *Cameraria ohridella* population in the city of Rotterdam, the Netherlands. (Abstract) 1st International *Cameraria* Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 1.
- Augustin, S. – Guichard, S. – Gilbert, M. (2004):** Pattern of invasion by *Cameraria ohridella* in France: a comparison with Germany. (Abstract) 1st International *Cameraria* Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 2.
- Avar K. – Szeőke K. – Reider I. – Tóth B. – Herczig B. – Havasréti B. – Urfiné Fogarasi É. (1998):** Vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) elleni környezetkímélő védekezések tapasztalatai 1997-ben. *Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest* (1998. február 24-25.) pp. 39.
- Avtzis, N. D. (2004):** Three-year studies on the existence of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) in Greece: (2001-2003). (Abstract) 1st International *Cameraria* Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 3.
- Balázs, K. (1989):** A természetes ellenségek kímélése és alkalmazása a növényvédelemben. In: Balázs K. – Mészáros Z. (eds.) (1989): *Biológiai védekezés természetes ellenségekkel*. Mezőgazdasági kiadó, Budapest. pp. 183.
- Balázs K. (1992):** The Importance of the Parasitoids of *Leucoptera malifoliella* Costa in Apple Orchards. *Acta Phytopathol. et Entomol. Hung.* 27, (1-4) pp. 77-83.
- Balázs K. (1997):** The Importance of Parasitoids in Apple Orchards. *Biol. Agric. & Hortic.* 15, (1-4) pp. 123-129.
- Balázs K. – Mészáros Z. (1998):** Lepkék – Lepidoptera. In Jenser G. – Mészáros Z. – Sáringer Gy. (eds.) (1998): *Szántóföldi és kertészeti növények kártevői*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 311-314.
- Balázs K. – Thuróczy Cs. (1999):** A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltsága a környezet diverzitásának függvényében. 45. *Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest* (1999. február 23-24.) pp. 39.
- Balázs K. – Thuróczy Cs. (2000/a):** A *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić parazitáltsága a környezet diverzitásának függvényében. *Növényvédelem* 36, (6) 281-287.

- Balázs K. - Thuróczy Cs. (2000/b):** Über den Parasitoidkomplex von *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986, (Lepidoptera, Lithocolletidae). *Entomologica Basiliensia* 22, 269-277.
- Balázs K. – Thuróczy Cs. – Ripka G. (2001):** Parasitoids of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lepidoptera: Gracillariidae) in Hungary. (Abstract) International Symposium: Parasitic Hymenoptera: Taxonomy and Biological Control, Kőszeg (2001. május 14-17.) pp. 24.
- Balder, H. – Jäckel, B. – Schmolling, S. (2004):** Effects of the horse-chestnut leaf-miner *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić on the frost hardness of *Aesculus hippocastanum* L. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 4.
- Baraniak, E. – Walczak, U. (2004):** Materiały do znajomości rozmieszczenia w Polsce zachodniej gatunku *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae). *Bad. fizjogr. Pol. zach. seria C.* 50, 71-78.
- Baraniak, E. – Walczak, U. – Tryjanowski, P. – Zduniak, P. (2004):** Effect of distance between host trees and leaf litter removal on population density of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) – pest of chestnut (*Aesculus* sp.) trees. *Pol. J. Ecol.* 52, (4) 569-574.
- Baraniak, E. – Walczak, U. – Zduniak, P. (2005):** Appearance and migration of the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* in relation to city size and leaf-raking, using the example of two cities in Western Poland. *J. Pest Sci.* 78, 145-149.
- Birner, A – Bohlander, F. (2004):** Mine development of horse chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella*) on leaves exposed to sunlight or shade. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 5.
- Blaeser, P. – Sengonca, C. (2004):** Laboratory and semi-field studies on development, longevity and fecundity of the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lep., Gracillariidae) under the climatic conditions of the city of Bonn. (Abstract) *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie.* 14 (1-6): 355-360.
- Boisneau, C. – Guillem, B. – Casas, J. (2004):** Parasitoids webs on a recent invasive moth *Cameraria ohridella*. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 6.
- Casas, J. (2000):** Host Location and Selection in the Field. In: Hochberg, M. E. – Ives, A. R. (eds.) (2000): *Parasitoid Population Biology*. Princeton University Press, Princeton and Oxford, pp. 19-21.
- Czencz K. – Bürgés Gy. (1996):** A vadgesztenyelevel-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986, Lep. Lithocolletidae). *Növényvédelem* 32, (9) 437-445.
- Del Bene, G. – Gargani, E. (2003):** *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lep. Gracillariidae) and its natural enemies in Tuscany. (Abstract) *Redia.* 86: 115-127.

- Del Bene, G. – Gargani, E. (2004):** Biology and control of *Phyllocnistis citrella* and *Cameraria ohridella* in central Italy. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 8.
- Deschka, G. – Dimić, N. (1986):** *Cameraria ohridella* sp. N. (Lep., Lithocolletidae) aus Mazedonien, Jugoslawien. Acta Entomol. Jugoslavica 22, (1-2) 11-23.
- Deschka, G. – Gusenleitner, F. (1993):** Die Kastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*) in Oberösterreich. Oö. Museumsjournal 3, 2: 6-7
- Deschka, G. (1995):** Beitrag zur Populationsdynamik der *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Gracillariidae, Lepidoptera, Chalcididae, Ichneumonidae, Hymanoptera). Linzer Biol. Beitr. 27/1, 255-258.
- Elbakkoush, F. – Shebli, S. – Kafu, A. A. (2001):** First record of a leaf miner (*Phyllocnistis citrella*) on citrus and survey of natural enemies in Libya. (Abstract) International Symposium: Parasitic Hymenoptera: Taxonomy and Biological Control, Kőszeg (2001. május 14-17.) pp. 28.
- Francke, W. – Franke, S. – Bergmann, J. – Tolasch, T. – Subchev, M. – Mircheva, A. – Toshova, T. – Svatoš, A. – Kalinová, B. – Kárpáti Z. – Szőcs G. – Tóth M. (2002):** Female sex pheromone of *Cameraria ohridella* Desch. and Dim. (Lepidoptera: Gracillariidae): structure confirmation, Synthesis and biological activity of (8E,10Z)-8,10-tetradecadienal and some analogues. Z. Naturforsch. 57 c, 739-752.
- Freise, J. – Heitland, W. (2001):** Neue Aspekte zur Biologie und Ökologie der Roßkastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (1986) (Lep., Gracillariidae), einem neuartigen Schädling an *Aesculus hippocastanum*. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie. 13, (1-6) pp. 135-139.
- Freise, J. – Heitland, W. – Sturm, A. (2003):** Das physiologische Wirtspflanzenspektrum der Rosskastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lepidoptera, Gracillariidae). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 55, pp. 209-211.
- Freise, J. – Heitland, W. (2004/a):** Bionomics of the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić 1986, a pest on *Aesculus hippocastanum* in Europe. Senckenbergiana biologica 84, (1/2) 1-20.
- Freise, J. F. - Heitland, W. (2004/b):** Parasitierungsraten: Ermittlung und Interpretation am Fallbeispiel der Rosskastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella*, einer invasiven und faunenfremden Schmetterlingsart in Europa. (Abstract) Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie. 14 (1-6): 347-350.
- Freise, J. F. – Heitland, W. – Sturm, A. (2004):** Assessing the host plant range of the horse-chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lepidoptera: Gracillariidae) – a hint to the origin of the moth? (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 9.

- Gilbert, M. - Svatoš, A. - Lehmann, M. – Bacher, S. (2003):** Spatial patterns and infestation processes in the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella*: a tale of two cities. Entomol. Exp. Appl. 107, 25-37.
- Gilbert, M. – Castellana, F. – Svatoš, A. – Augustin, S. – Grégoire, J.-C. (2004/a):** Disperse with the leaves and develop locally: a successful strategy for invasive leafminers? (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 10.
- Gilbert, M. – J.-C. Grégoire – J. Freise – W. Heitland (2004/b):** Long-distance dispersal and human population density allow the prediction of invasive patterns in the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella*. J. Anim. Ecol. 73, 459-468.
- Girardoz, S. – Kenis, M. – Quicke, D. (2004):** Mortality factors affecting the different developmental stages of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić in Switzerland. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 11.
- Gninenko, Y. I. (2004):** *Cameraria ohridella*: penetration into East Europe. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 11.
- Grabenweger, G. – Lethmayer, C. (1999):** Occurrence and phenology of parasitic Chalcidoidea on the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lep., Gracillariidae). J. of Appl. Ent. 123, 257-260.
- Grabenweger, G. – Grill, R. (2000):** On the Place of Origin of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lepidoptera: Gracillariidae). Beitr. Entomofaun. 1, 9-17.
- Grabenweger, G. (2001/a):** Auswirkungen der Fallaubentfernung auf *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lepidoptera, Gracillariidae) und ihre Parasitoiden. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent. 13, 141-143.
- Grabenweger, G. (2001/b):** Host-parasitoid-hyperparasitoid interactions in the *Cameraria ohridella* complex (Lepidoptera, Gracillariidae). (Abstract) International Symposium: Parasitic Hymenoptera: Taxonomy and Biological Control, Kőszeg (2001. május 14-17.) pp. 30.
- Grabenweger, G. (2003):** Parasitism of different larval stages of *Cameraria ohridella*. BioControl 48, 671-684.
- Grabenweger, G. (2004/a):** Poor control of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), by native European parasitoids: a synchronisation problem. Eur. J. Entomol. 101, 189-192.
- Grabenweger, G. (2004/b):** Why are native European parasitoids not able to control the horse chestnut leafminer? (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 12.
- Grabenweger, G. (2005):** Reasons for and effect of changes in the parasitoid complex of the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera,

Gracillariidae). Invasive Symposium: Introduction and spread of invasive species. Humboldt University, Berlin (2005. június 9-11.)

Grabenweger, G. – Avtzis, N. – Girardoz, S. – Hrasovec, R. – Tomov, R. – Kenis, M. (2005): Parasitism of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) in natural and artificial horse-chestnut stands in the Balkans. *Agricultural and Forest Entomology*. 7, 291-296.

Gregor, F. - Laštůvka, Z. - Mrkva, R. (1998): Horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) also found on maple. (Abstract) *Ochrana Rostlin*. 34: 2, 67-68.

Ham, C. P. - De Keijzer, M. S. M. (2005): Does *Cameraria ohridella* have an enemy? (Abstract) *Entomologische-Berichten*. 65 (3): 96.

Harand, W. – Stolz, M. – Hadacek, F. (2004): Female mass trapping – a contribution to *Cameraria ohridella* control. (Abstract) 1st International *Cameraria* Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 13.

Heitland, W. – Kopelke, J-P. – Freise, J. (2003): Die Roßkastanien-Miniermotte – 19 Jahre Forschung und noch keine Lösung in Sicht? *Natur und Museum* 133, (8) 221-231.

Hellrigl, K. – Ambrosi, P. (2000): Die Verbreitung der Rosskastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Desch. & Dimić (Lepid., Gracillariidae) in der Region Südtirol-Trentino. (Abstract) *Anzeiger für Schädlingkunde*. 73: 2, 25-32.

Hellrigl, K. (2002): Roßkastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Desch. & Dimić: Überblick. *Gredleriana* 2, 348-352.

Holzschuh, C. (1997): Woher kommt die Roßkastanienminiermotte wirklich? *Forstschutz Aktuell* 21, 11-12.

Horváth Z. (2000): A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986) Rédén. Szakdolgozat összefoglaló, Mosonmagyaróvár

Horváth B. – Benedek P. (2001): Parasitoiden der Roßkastanien-Miniermotte (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986) in Nordwest-Ungarn. *Acta Agronomica Óváriensis* 43, (1) 35-48.

Hurej, M. – Kukuła-Mlinarczyk, A. (2004): Development of the horse-chestnut leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić) on the horse chestnut trees in Lower Silesia, Poland. (Abstract) 1st International *Cameraria* Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 16.

Johne, B. – Fuldner, K. – Weissbecker, B. – Schutz, S. (2003): Kopplung der phänologischen Entwicklung der Rosskastanie [*Aesculus hippocastnum* L.] mit Lebenszyklus und Verhalten der Kastanienminiermotte [*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić] (Lepidoptera: Gracillariidae). (Abstract) *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*. 55: 10, 213-220.

Johne, B. – Weißbecker, B. – Schütz, S. (2004): Fungal infection induced volatiles influence the behaviour of *Cameraria ohridella*. (Abstract) 1st International *Cameraria* Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 17.

- Jurc, M. (1997):** Listna sušica (*Guignardia aesculi* /Peck./ Stev.) in listni zavrtač divjega kostanja (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić) ogrožata navadni divji kostanj v Sloveniji. *Gazdarski vestnik* 55, (9) 429-434. (szlovén)
- Kehrli, P. – Bacher, S. (2003):** Native antagonists of the horse chestnut leafminer and possibilities of their augmentation. (Abstract) *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*. 55: 10, 212.
- Kehrli, P. – Bacher, S. (2004):** How to safely compost *Cameraria ohridella*-infested horse chestnut leaf litter on private compost heaps. *Journal of Applied Entomology*. 128 (9/10): 707-709.
- Kehrli, P. – Lehmann, M. – Bacher, S. (2005):** Mass-emergence devices: a biocontrol technique for conservation and augmentation of parasitoids. *BioControl* 32, 191-199.
- Kenis, M. (1997):** Möglichkeiten einer biologischen Kontrolle von *Cameraria ohridella* mit eingeführten natürlichen Feinden. *Forstschutz Aktuell* 21, 27-29.
- Kenis, M. – Avtzis, N. – Freise, J. – Girardo, S. – Grabenweger, G. – Heitland, W. – Lakatos, F. – Lopez Vaamonde, C. – Svatoš, A. – Tomov, R. (in press):** Finding the area of origin of the horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*): a challenge. In: Kamata, N. and Liebhold, A. M. (eds.): *Proceedings of the IUFRO Meeting on Forest Insect Population Dynamics and Host Influence*, September 14-19, 2003, Kanazawa, Japan.
- Kerényiné Nemestóthy K. (1996):** A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986) kártétele a fővárosban. *Integrált termesztés a kertészetben* 17, 90-94.
- Kerényiné Nemestóthy K. (1997):** A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986) kártétele a főváros közterületein. *Növényvédelem* 33, (1) 19-22.
- Kindl, J. – Kalinová, B. – Freise, J. – Heitland, W. – Augustin, S. – Guichard, S. – Avtzis, N. – Svatoš, A. (2002):** Monitoring the population dynamics of the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* with a synthetic pheromone in Europe. *Plant Protection Science* 38, (4) 131-138.
- Kovács Z. – Lakatos F. (1999):** Megfigyelések a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986, Lep. Lithocolletidae) áttelelésével és egyedfejlődésével kapcsolatban. *Növényvédelem* 35, (2) 57-59.
- Kovács Z. – Stauffer, C. – Lakatos F. (2000):** A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986, Lep. Lithocolletidae) európai elterjedésének genetikai vizsgálata. *Növényvédelem* 36, (6) 288-290.
- Kovács Z. – Lakatos F. (2001):** Honnan jöttél, *Cameraria*? *Növényvédelem* 37, (2) 71.
- Kukula-Mlinarczyk, A. – Hurej, M. (2004):** Infestation of white (*Aesculus hippocastanum* L.) and red horse chestnut (*Aesculus carnea* H.) by the horse

chestnut leafminer in Lower Silesia (Poland). (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 21.

Kuldová, J. – Streinz, L. - Hrdý, I. (2004): Standardized pheromone-based system and propheromones for monitoring the horse chestnut leafminer, *Cameraria ohridella*. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 22.

Kükedi E. (1999): A vadgesztenyelevél-aknázómolyról (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić) martonvásári és országos megfigyelések alapján. Gyakorlati Agrofórum 10, (5) 32-35.

Kükedi E. (2001): A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić Lep. Lithocolletidae). Növényvédelmi Tanácsok 10, 14-17.

Lakatos F. – Kovács Z. – Kenis, M. – Stauffer, C. (2004): Looking for the origin of *Cameraria ohridella* – genetic analyzes of *Cameraria* species. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 24.

Lethmayer, C. – Grabenweger, G. (1997): Natürliche Parasitoide der Kastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*). Forstschutz Aktuell 21, 30.

Lethmayer, C. (2005): 10 years of experience with the invasive horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*) in Austria. Invasive Symposium: Introduction and spread of invasive species. Humboldt University, Berlin (2005. június 9-11.)

Liska, J. (1997): Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in der Tschechischen Republik. Forstschutz Aktuell 21, 5.

Lupi, D. – Jucker, C. (2004): Method to quantify *Cameraria ohridella* leaf damages on *Aesculus hippocastanum* using image analyses. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 29-30.

Lupi, D. (2005): A 3 year field survey of the natural enemies of the horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* in Lombardy, Italy. BioControl 50, 113-126.

Marx F. (1997): Maßnahmen gegen die Kastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*) aus der Praxis des Stadtgartenamtes der Gemeinde Wien. Forstschutz Aktuell 21, pp. 21-22.

Milevoj, L. – Maček, J. (1997): Roßkastanien-Miniermotte (*Cameraria ohridella*) in Slowenien. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 49, 14-15.

Milevoj, L. – Maček, J. (1998): A vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) Szlovéniában. Szemelvény. Növényvédelem 34, (3) 131-132.

Mineo, G. – Mineo, N. (2001): Resource competition among exotic and indigenous Eulophid ectoparasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). (Abstract) International Symposium: Parasitic Hymenoptera: Taxonomy and Biological Control, Kőszeg (2001. május 14-17.) pp. 38.

- Mircheva, A. – Subchev, M. (2002):** Izsledvanie denonoshnata i sezonna dinamika na letezha na kestenovia listominirash molec *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae), chrez polovi feromoni lovilki. Acta Entomol. Bulg. 1/2, 10-15.
- Mircheva, A. – Subchev, M. (2003):** Seasonal monitoring of *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lep., Gracillariidae) by pheromone traps in Bulgaria. Acta Entomol. Bulg. 3/4, 30-34.
- Mircheva, A. – Subchev, M. (2004):** Female calling and mating behaviour in two invading leafminer pests (Lepidoptera: Gracillariidae). Acta Zool. Bulg. 56, (3) 313-322.
- Molnár J.-né (2004):** A kártevő állatok elleni védekezés. In Inántszy F. – Balázs K. (eds.) (2004): Integrált növénytermesztés: Alma. Agroinform kiadó, Budapest. pp. 213-214.
- Nardini, A. – Salleo, S. – Raimondo, F. – Scimone, M. (2004):** Impact of *Cameraria ohridella* on water relations and photosynthetic productivity of *Aesculus hippocastanum*: scaling from single leaf to whole tree. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 37.
- Nejmanová, J. – Cvačka, J. – Hrdý, I. – Kuldová, J. – Muck, A. jr. – Svatoš, A. (2004):** Residues of diflubenzuron on horse chestnut leaves and efficacy of insecticides against the horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*) with notes on its parasitization. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 36.
- Pavan, F. – Zandigiacomo, P. (1998):** Distribution of *Cameraria ohridella* in Italy and extent of its infestation on horse chestnut. (Abstract) Informatore Fitopatologico. 48: 11, 57-60.
- Perju, T. – Olteanu, I. (2004):** The extension and dynamics of populations of the leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka-Dimić), an insect pest of ornamental chestnut (*Aesculus hippocastanum*). (Abstract) Analele Stiintifice ale Universitatii ' Al I Cuza' din Iasi Serie Noua Sectiunea I Biologie Animala. 48: 82-87.
- Perny, B. (1997):** Erste Ergebnisse populationsgenetischer Untersuchungen von *Cameraria ohridella*. Forstschutz Aktuell 21, 13-15.
- Pivk, A. – Milevoj, L. (2005):** Poškodovanost kostanjevih listov zaradi kostanjevega listnega zavrtača (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić). Acta agriculturae Slovenica 85, 2:199-210.
- Pivk, A. – Milevoj, L. – Mikuš, T. (2005):** Vpliv različnih dejavnikov na kostanjevega listnega zavrtača (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) na divjem kostanju. Lectures and papers presented at the 7th slovenian conference on plant protection, Zreče, 8-10 March 2005: 384-391.
- Price, P. W. (1997):** Insect ecology. John Wiley & Sons, Inc. 3rd edition. NY, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto. pp. 163-166.

Pschorn-Walcher, H. (1997): Zur Biologie und Populationsentwicklung der eingeschleppten Roßkastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella*. Forstschutz Aktuell 21, 7-10.

Radeghieri, P. (2004): *Cameraria ohridella* (Lepidoptera Gracillariidae) predation by *Crematogaster scutellaris* (Hymenoptera Formicidae) in Northern Italy (Preliminary note). (Abstract) Bulletin of Insectology. 57 (1): 63-64.

Radeghieri, P. – Santi, F. – Maini, S. (2004): Investigations on *Cirrospilus talitzkii* Bouček (Hymenoptera, Eulophidae), a new parasitoid of *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lepidoptera, Gracillariidae) in Italy. (Abstract) 1st International *Cameraria* Symposium, Prague (March 24-27, 2004) pp. 39.

Reider Imréné – Szeőke K. – Tóth B. (1996): A vadgesztenyelevel-aknázómoly hazai elterjedése és a védekezés lehetőségei. Integrált természetés a kertészetben 17, 95-97.

Reider Saly, K. - Thuróczy, Cs. – Urfi Fogarasi, É. – Ripka, G. (1999): Survey of hymenopterous pupal parasitoids of horse chestnut leafminer [*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae)] in Hungary in 1996-1998. Higher School of Agriculture, Scientific Works 44, (2)

Rizzo, M. – Massa, B. (2001): Ecology of the leafminer community living on spontaneous flora linked to citrus grove and relationships with the parasitoid complex of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). (Abstract) International Symposium: Parasitic Hymenoptera: Taxonomy and Biological Control, Kőszeg (2001. május 14-17.) pp. 39-40.

Salleo, S. – Nardini, A. – Raimondo, F. – Lo Gullo, M. A. – Pace, F. – Giacomich, P. (2003): Effects of defoliation caused by the leaf miner *Cameraria ohridella* on wood production and efficiency in *Aesculus hippocastanum* growing in north-eastern Italy. Trees 17, 367-375.

Schmidt, H. (1997): Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in Deutschland. Forstschutz Aktuell 21, 3.

Šefrová, H. (2000): Klíněnka jírovcová (*Cameraria ohridella*) – poznámky k bionomii a způsobům ochrany jírovce. pp. 124-125. In Šafránková, I. – Salvét, V. - Šefrová, H. (eds), Proceedings of the XVth Czech and Slovak Plant Protection Conference in Brno, September 12-14, 2000, 449 pp.

Šefrová, H. – Skuhřavý, V. (2000): The larval morphology of *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić compared with the genus *Phyllonorictor* Hübner (Lepidoptera, Gracillariidae). Acta Univ. Agric. et Silvic. Mendel. Brun. (Brno) 48, (4) 23-30.

Šefrová, H. – Laštůvka, Z. (2001): Dispersal of the horse-chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić 1986, in Europe: its course, ways and causes (Lepidoptera: Gracillariidae). Entomol. Zeitschrift 111, (7) 194-198.

Šefrová, H. (2001): Control possibility and additional information on the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić (Lepidoptera, Gracillariidae). Acta Univ. Agric. et Silvic. Mendel. Brun. 49, (5) 121-127.

- Šefrová, H. (2003):** Invasions of Lithocolletinae species in Europe – causes, kinds, limits and ecological impact (Lepidoptera, Gracillariidae). *Ekológia (Bratislava)* 22, (2) 132-142.
- Šefrová, H. (2005):** Minující druhy řádu Lepidoptera na dřevinách arboreta mzlu v Brně – druhové složení, původ a vliv na zdravotní stav dřevin. *Acta Univ. Agric. et Silv. Mendeliana Brunensis* 53, (2) 133-142.
- Sivicek, P. – Hrubik, P. – Johasova, G. (1997):** Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in der Slowakei. *Forstschutz Aktuell* 21, 6.
- Skuhřavý, V. (1998):** On the leaf mining moth *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lep., Lithocolletidae) attacking *Aesculus hippocastanum* L. in the Czech Republic. (Abstract) *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 71: 5, 81-84.
- Skuhřavý, V. (2000):** Zusammenfassende Betrachtung der Kenntnisse über die Roskastanienminiermotte, *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lep., Gracillariidae). (Abstract) *Anzeiger für Schädlingskunde*. 72: 4, 95-99.
- Stolz, M. (1997):** Untersuchungen über Larval- und Puppenparasitoide von *Cameraria ohridella* in Hinblick auf ihre Eignung zur Laborzucht. *Forstschutz Aktuell* 21, 31
- Stolz, M. (2000):** Untersuchungen zur Befallsregulierung der Kastanienminiermotte durch natürliche Gegenspieler. (Abstract) *Forderungsdienst*. 48: 6, 193-195.
- Straw, N. A. – Bellett-Travers, M. (2004):** Impact and management of the horse chestnut leaf-miner (*Cameraria ohridella*). *Arboricultural Journal* 28, 67-83.
- Svatoš, A. – Kalinová, B. – Hoskovec, M. – Kindl, J. – Hovorka, O. - Hrdý, I. (1999/a):** Identification of a new lepidopteran sex pheromone in picogram quantities using an antennal biodetector: (8E,10Z)- tetradeca-8,10-dienal from *Cameraria ohridella*. *Tetrahedron Lett.* 40, 7011-7014.
- Svatoš, A. – Kalinová, B. – Hoskovec, M. – Kindl, J. – Hrdý, I. (1999/b):** Chemical Communication in Horse-Chestnut Leafminer *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić. *Plant Prot. Science* 35, (1) 10-13.
- Svatoš, A. – Kalinová, B. – Hoskovec, M. – Kindl, J. – Hovorka, O. - Hrdý, I. (2001):** Identification of *Cameraria ohridella* sex pheromone and its possible use in horse chestnut protection. *Pheromones for Insect Control in Orchards and Vineyards* 24, (2) 5-12.
- Szabóky Cs. (1994):** A *Cameraria ohridella* (Deschka & Dimić 1986) előfordulása Magyarországon. *Növényvédelem* 30, (11) 529-530.
- Szabóky Cs. (1997):** Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in Ungarn. *Forstschutz Aktuell* 21, 4.
- Szabóky Cs. – Vas J. (1997):** Újabb adatok a vadgesztenyelevel-aknázómolyról (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić 1986, Lep. Lithocolletidae). *Növényvédelem* 33, (1) 29-31.

- Szőcs G. – Balázs K. – Kerényiné Nemestóthy K. – Sebestyén R.-né – Reiderné Saly K. (1997):** Óriás fák parányi réme. Élet és Tudomány 46, 1451-1453.
- Szőcs G. – Tóth M. (1998):** Vigyázat! Almalevél-aknázómolyok az almalevél-aknázómoly feromoncsapdában. Növényvédelem 34, (4) 187-189.
- Thalmann, C. – Freise, J. – Heitland, W. – Bacher, S. (2003):** Effects of defoliation by horse chestnut leafminer (*Cameraria ohridella*) on reproduction in *Aesculus hippocastanum*. Trees 17, 383-388.
- Thuróczy Cs. – Reider Imréné (1998):** A vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitáltságának és a hasznos élő szervezeteknek a vizsgálata a fővárosi és a megyei NTÁ-k eredményei alapján. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest (1998. február 24-25.) pp. 74.
- Tilbury, C. – Evans, H. (2003):** Horse chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* Desch. & Dim. (Lepidoptera: Gracillariidae). Exotic Pest Alert
- Timaffy, L. – Alexay, Z. (1988):** Ezer sziget országa. Budapest, Móra Ferenc Könyvkiadó
- Tomiczek, Ch. (1997):** Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in Österreich. Forstschutz Aktuell 21, 2.
- Tomiczek, C. – Krehan, H. (1998):** The horsechestnut leafmining moth (*Cameraria ohridella*): a new pest in Central Europe. J. of Arboriculture 24, (3) 144-148.
- Tomov, R. I. (2004/a):** Phenology of parasitoids on *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lepidoptera: Gracillariidae) in natural horse-chestnut stand in Bulgaria. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 44.
- Tomov, R. I. (2004/b):** Parasitoids of *Phyllonorycter platani* (St.) (Lepidoptera: Gracillariidae) in Bulgaria. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 45.
- Tóth B. – Szántóné Veszélka M. – Urfiné Fogarasi É. – Thuróczy Cs. – Reiderné Saly K. (1999):** Vadgesztenyelevél-aknázómoly parazitoidok vizsgálata és határozása Magyarország területén 1996-1998. évig. 45. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest (1999. február 23-24.) pp. 82.
- Volter, L. (2004):** Adoption of two different invasive Gracillariidae by native parasitoids: why such differences? (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 47.
- Walczak, U. – Baraniak, E. – Zduniak, P. (2004):** Effects of distance and mechanical methods on population density of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae): an example of a small town. (Abstract) 1st International Cameraria Symposium, Prága (2004. március 24-27.) pp. 48.
- Zelenko, K. – Devetak, D. – Stelzl, M. (1999):** Horse-chestnut leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986) in Slovenia (Insecta, Lepidoptera, Lithocolletidae). Ser. hist. nat. 9, 1 (15) 81-87.

Anonymus: http://www.cameraria.de/CONTROL/control/_feinde01.html

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkám végén sokaknak kell köszönetemet kifejeznem.

Mindenekelőtt hálásan köszönöm témavezetőmnek, dr. Benedek Pál intézetvezető egyetemi tanárnak, az MTA doktorának segítségét, aki a kutatómunkám feltételeit biztosította, a tudományos eredmények publikálásában szakértői segítséget nyújtott és a kutatással eltöltött évek alatt útmutatásaival, tanácsaival és ötleteivel mindvégig önzetlenül támogatta munkámat.

Köszönetemet fejezem ki dr. Kuroli Géza egyetemi tanárnak, az MTA doktorának, a „Precíziós Növénytermesztési Módszerek” Doktori Iskola Vezetőjének.

Külön köszönet illeti dr. Thuróczy Csabát, a kőszegi Rovar Parazitológiai Laboratórium vezetőjét, aki a kinevelt fémfürkészek meghatározását fáradhatatlanul és nagy szakértelemmel végezte, és ezzel a dolgot elkészítésében nélkülözhetetlen segítséget nyújtott.

Köszönettel és hálával tartozom továbbá mindazoknak, különösen családom tagjainak és barátaimnak, akik munkám feltételeit nagylelkűen biztosították, a szükséges idő ráfordítását lehetővé tették, és ötleteikkel, biztatásukkal, jóindulatukkal vagy más módon pótolhatatlan segítséget nyújtottak.

MELLÉKLETEK

A disszertációban szereplő fényképfelvételek, ábrák és táblázatok a Szerző saját készítésű munkái; a térkép vázlatot a Szerző Timaffy László és Alexay Zoltán 1988-ban kiadott könyvének belső borítója alapján készítette.