

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

A GYAPJASLEPKE (*LYMANTRIA DISPAR* L.)
TÖMEGSZAPORODÁSÁNAK (2003-2006) ELEMZÉSE, VALAMINT
TÁPLÁLKOZÁSBIOLOGIAI VIZSGÁLATOK GYAPJASLEPKÉVEL ÉS
APÁCALEPKÉVEL (*LYMANTRIA MONACHA* L.)

Írta:

Markóné Nagy Krisztina

levelező doktorandusz

Témavezető:

Dr. Varga Szabolcs

egyetemi tanár

Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
„Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása” című program

Nyugat-magyarországi Egyetem

Sopron

2013

**A GYAPJASLEPKE (*LYMANTRIA DISPAR* L.) TÖMEGSZAPORODÁSÁNAK
(2003-2006) ELEMZÉSE, VALAMINT TÁPLÁLKOZÁSBIOLOGIAI
VIZSGÁLATOK GYAPJASLEPKÉVEL ÉS APÁCALEPKÉVEL (*LYMANTRIA
MONACHA* L.)**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Készült a **Nyugat-magyarországi Egyetem** Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskolája, „**Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása**”
program keretében

Írta: **Markóné Nagy Krisztina**

Témavezető: **Dr. Varga Szabolcs**

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el,

Sopron

.....
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

Sopron,

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	5
1.1	A gyapjaslepke jelentősége, a kutatások célja	5
2.	Irodalmi áttekintés	7
2.1	A hazai lombfogyasztó lepkék, tölgyeseinkben élő hernyókártevők.....	7
2.2	A gyapjaslepke tulajdonságai, jellemzői	11
2.2.1	Rendszertan, nevezéktan, elterjedés	11
2.2.2	Tápnövényei	11
2.2.3	A gyapjaslepke életciklusa	13
2.3	A gyapjaslepke kártételei Európában.....	16
2.4	A gyapjaslepke kártétele és a kártétel előrejelzése Magyarországon	19
2.5	A tömegszaporodás szakaszai, kialakulásának okai	24
2.6	A tömegszaporodás összeomlásának okai	27
2.7	A gyapjaslepke populációkat szabályozó természetes mechanizmusok.....	29
2.7.1	Madarak	29
2.7.2	Emlősök	30
2.7.3	Ragadozó rovarok.....	31
2.7.4	Parazitoid rovarok.....	33
2.7.5	Kórokozók, mint populációszabályozó mechanizmusok	39
2.8	A gyapjaslepke elleni védekezési lehetőségek	42
2.8.1	Kémiai védelem.....	43
2.8.2	Környezetkímélő biológiai védekezési lehetőségek.....	45
2.8.3	Egyéb alternatív lehetőségek a gyapjaslepke ellen.....	47
2.9	A gyapjaslepke kártétele során kialakult kárláncolatok	48
2.10	A növény és lombfogyasztó rovarok közötti interakciók.....	51
2.10.1	Konstitutív reakciók	52
2.10.2	Indukált reakciók	52
2.10.3	A gyapjaslepke szerepe az interakciókban	53
2.11	A fenolok, mint növényi anyagcsere termékei.....	54
2.11.1	A tölgyekben jelen lévő fenolok.....	55
2.12	A gyapjaslepke és az apácalepke összehasonlítása	58

2.12.1	Az apácalepke (<i>Lymantria monacha</i> Linnaeus, 1758) főbb tulajdonságai ...	58
2.12.2	A <i>Lymantria</i> fajok táplálkozási tulajdonságai	60
3.	A vizsgálat anyaga, módszerei	61
3.1	Életképesség vizsgálat	61
3.2	A gyapjaslepke petecsomók hidegtűrő képességének vizsgálata	62
3.3	Gyapjaslepke peték és bábok parazitáltságának vizsgálata	65
3.4	A gyapjaslepke kártétel hatására bekövetkező fenol koncentráció változása a tápnövényben	66
3.5	A gyapjaslepke fejlődésének vizsgálata a táplálék fenoltartalmának függvényében	69
3.6	Az apácalepke fejlődésének vizsgálata, valamint a gyapjaslepke és az apácalepke fejlődésének összehasonlítása	71
4.	Eredmények és értékelésük	74
4.1	Életképesség vizsgálat	74
4.2	A gyapjaslepke petecsomók hidegtűrő képességének vizsgálata	78
4.3	Gyapjaslepke peték és bábok parazitáltságának vizsgálata	85
4.4	A gyapjaslepke kártétel hatására bekövetkező fenol koncentráció változás a tápnövényben	87
4.5	A gyapjaslepke fejlődésének vizsgálata a táplálék fenoltartalmának függvényében	91
4.6	Az apácalepke fejlődésének vizsgálata, valamint a gyapjaslepke és az apácalepke fejlődésének összehasonlítása	96
5.	Összefoglalás, következtetések, javaslatok	107
6.	Tézisek	109
7.	Köszönetnyilvánítás	111
8.	Kivonat	112
9.	Irodalomjegyzék	114
10.	A szerzőnek a témában készített publikációi, előadásai	127
11.	Ábrák jegyzéke	129
12.	Táblázatok jegyzéke	132
13.	Melléklet	133

1. Bevezetés

1.1 A gyapjaslepke jelentősége, a kutatások célja

Hazánkban nagy jelentőséggel bíró, nagy kártételi veszélyt jelentő lombrágó kártevő a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* Linnaeus, 1758). Magyarországon a tömegszaporodásáról, az 1840-es években születtek írások, de Spanyolországban már az 1600-as években is említést tettek róla. Szászországban 1752-ben a gyümölcsösöket és az erdőterületeket erősen károsította. 1818-ból származnak azok a feljegyzések, amelyek Franciaországban a gyapjaslepke szőlőterületeken okozott kártételéről szólnak (Kristen 1908). Az Eurázsiaiában őshonos lepke elterjedésének határai Európában, Svédország és Finnország déli részétől egészen Észak-Marokkó, Algéria és Tunézia vonaláig terjed, beleértve a mediterrán szigeteket is (McManus és Csóka, 2007). A károsításának sokrétűsége, kártételének mértéke és a nagy területekre, országokra kiterjedő megjelenése miatt az egyik leggyakrabban vizsgált károsítók egyike. Gazdanövény köre alapján polifág kártevő. Kontinensünkön, főbb tápnövény körét meghatározza, hogy a jellemző vegetáció eloszlása milyen a régióban. A gyapjaslepkének Európában a dél- és délkelet-európai országokban a legnagyobb a jelentősége. Elsődleges tápnövényei itt találhatók nagy koncentrációban, valamint ezeknek a térségeknek a klimatikus viszonyai kedvezőek számára. Magyarországtól északi és nyugati irányban jelentősége csökken. A legnagyobb gyapjaslepke okozta károk Európában eddig, Romániában, valamint Spanyolországban jelentkeztek. Magyarországon legnagyobb területre kiterjedő kártétele 2004-ben (108305 ha) és 2005-ben (212177 ha) volt (Csóka és Hirka, 2009).

Magyarországon az erdőgazdálkodás legjelentősebb fafajai a tölgyek. A hazai erdőterület közel egyharmadát teszik ki. Hazai viszonylatban a kocsányos és a csertölgy a gyapjaslepke fő gazdanövényei, viszont a legtöbb lombos fán táplálkozhat. Periódikus felszaporodása és kártételi területei megerősítik azokat a feltevéseket, amely szerint a klimatikus tényezők, a természetes ellenségek jelenléte és a gazdanövények nagy területű kiterjedése és azok állapota, tulajdonságai befolyásolják leginkább a gradáció alakulását. A száraz évek, az egyenlőtlen csapadékeloszlás hátrányosan hatnak az erdeink egészségi állapotára. Egyes kártevők és kórokozók megtelepedése ezzel a gyengült egészségi állapottal magyarázható. A csapadékszegény évek mellett a légszennyezés, klímaváltozás gyengíti a növényállományt. A gyengültség következtében az erdőben meglévő biológiai

egyensúly felborul, és egyes fajok kipusztulnak, mások tömegszaporodása kezdődik. A tömegszaporodó lombrágó kártevők, így a gyapjaslepke hatására az erdőterületeken a súlyos lombvesztés következtében a növényállomány gyengül, valamint faanyag veszteség és gazdasági kár mérhető. Azokban az esetekben, amikor a túlszaporodás eléri azt a szintet, hogy az erdőben táplálékhiány lép fel, a gyapjaslepke hernyója a mezőgazdasági területeken is károsíthat. Közép és Kelet-Európában a szántóföldi növények kivételével az ültetvényekben, szőlőben, szőlőben, sőt dión és mogyorón is megtelepedhet és károkat okozhat a lombzat megrágásával (Tanaskovic et al. 2005). A gyapjaslepke kártétele mellett humán-egészségügyi veszélye is lehet a tömeges megjelenésének. A lárvák szőre az arra érzékeny embereken allergén reakciókat válthat ki.

A gyapjaslepke elleni védekezés egy nagyobb tömegszaporodás alkalmával az erdővédelem és a humán-egészségügy céljait szolgálja. A védekezés során csak olyan területeken indokolt a peszticidek bevetése, ahol az állomány – általában termőhelyi okok miatt - legyengült és kisebb kártétel már pusztuláshoz vezet. Ott van szükség kémiai védelemre, ahol a gazdanövények fiatal kora miatt gyors pusztulás következhet be. A Magyarországon lezajlott, 2003-2006 évi tömegszaporodás alkalmával a védendő terület 40 %-án történt olyan védekezés, amely erdővédelmi célokat szolgált. A fennmaradó 60 % humán-egészségügyi és lakossági célú védekezés volt (Csóka és Hirka 2009). A védendő erdőterületek meghatározásakor az erdőben fennálló, egymást szabályozó egyensúlyi rendszert kell megvizsgálni, amely önmagában képes lehet a tömegszaporodó kártevők visszaszorítására.

Kutatásaim célja volt, hogy a gyapjaslepke túlszaporodásáról eddig született jelentős és nagyszámú hazai és külföldi ismeretek felhasználásával megvizsgáljam azokat a tényezőket, amelyek befolyással lehetnek a tömegszaporodás lefolyására, periódikus kialakulására. Céлом volt, hogy a tápnövényben lezajló változásokat és azok hatásairól szóló hipotéziseket laboratóriumi mérésekkel igazoljam. Végezetül két tömegszaporodásra képes és a Kárpát-medencében egyaránt jelentős lepke, a gyapjaslepke és az azzal rokon apácalepke (*Lymantria monacha* Linnaeus, 1758) táplálkozási tulajdonságaiban kerestem hasonlóságot.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A hazai lombfogyasztó lepkék, tölgyeseinkben élő hernyókártevők

Magyarországon, az őshonos tölgyeken él a legtöbb herbivor rovarfaj. Ezeknek a fajoknak a 44 %-a csak a *Quercus* fajokon képes megélni. A tölgy fajokon a lombfogyasztók közül 630 Magyarországon honos rovarfaj ismert. A legnagyobb fajszámmal, 292 fajjal a *Lepidoptera* rend képviselteti magát. Minél nagyobb a tölgyek elterjedési területe, annál gazdagabb a rovarfaj együttese. Magyarországon a kocsányos tölgy (*Quercus robur* Linnaeus, 1753) tartja el a legtöbb lombrágó fajt. A sorrendben a következő fajok állnak: *Quercus petraea* (Mattschka Liebl., 1784), *Quercus pubescens* (Willdenow, 1796), *Quercus. cerris* (Linnaeus, 1753) (Csóka 1998). Egy nagyobb termetű, idős kocsányos tölgyön egy időben akár 200-250 lombrágó faj élhet (Csóka 1997). Cseres-tölgyesekben végzett vizsgálatok szerint az ott élő fitofág szervezetek 89 %-át lepkéhernyók teszik ki. A lepkék nagy aránya mellett fajaik száma is magas. Ezekben az erdőkben a *Lepidoptera* rend 300-nál több lepkefajt képviselt. Közülük 110 nagylepke faj volt. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a cseres-tölgyesekben a kártételi időszak csúcsa az aljnövényzet és a lombkorona szintjén májusban alakul ki. A hernyórágás ekkor éri el a maximum intenzitását (Szabó és mtsai. 1983).

Az Erdészeti Tudományos Intézet által működtetett erdővédelmi figyelő-jelzőszolgálati rendszer az 1960-as évektől kezdődően gyűjt hasznos adatokat, többek között a tölgyesekben fellépő károsítókról. Ennek alapján hasonlíthatjuk össze a lombrágó hernyók károsításának változásait. A kocsánytalan és cseres-tölgyesekben, **1961-1980-ig** végzett felmérések alapján a legnagyobb számban előforduló és legnagyobb kártételt okozó, *Lepidoptera* rendbe tartozó fajok a tölgyilonca (*Tortrix viridana* Linnaeus, 1758), több sodrómoly és a téliaraszolók voltak (Szontagh 1987). A téli araszolók között a kis téliaraszoló (*Operophtera brumata* Linnaeus, 1758) a fajegyüttes domináns tagja volt a korábbi, de az újabb megfigyelések alapján is ezekben az évtizedekben. A kis téliaraszoló uralkodó egyedszámán kívül tömegesen volt jelen a nagy téliaraszoló (*Erannis defoliaria* Clerck, 1759), az aranysárga téli araszoló (*Agriopsis aurantiaria* Hübner, 1799), a tollascsapú araszoló (*Colotois pennaria* Linnaeus, 1761), a tölgy tavaszi-araszoló (*Agriopsis leucophaearia* Denis és Schiffermüller, 1775), valamint a sárgás tavaszi-araszoló (*Agriopsis*

marginaria Fabricius, 1776) ebben a károsító csoportban. A téli araszolók nem csak tölgyesekben okozhatnak számottevő lombvesztést. Elegyfajként vagy elegyetlen állományú gyertyánon, bükkön, vadgyümölcsökön és nyáron is előfordulhatnak. Megjelenésük 10-11 éves periódusokban figyelhető meg. Az araszoló hernyók (*Geometridae*) mellett, a bagolylepkefélék (*Noctuidae*) családjában a leggyakrabban a foltos fésűsbagoly (*Orthosia gothica* Linnaeus, 1758), a változékony fésűsbagoly (*Orthosia incerta* Hufnagel, 1766), a közepes fésűsbagoly (*Orthosia stabilis* Leech, 1900), valamint a kis tavaszi-fésűsbagoly (*Orthosia cruda* Denis and Schiffermüller, 1775) fordultak elő ezekben az évtizedekben (Csóka 1995).

1965-ben tölgyeseinkben a legnagyobb területen kárt okozó faj a gyapjaslepke volt. Éves átlagos kárterülete alapján a téli araszolók után csak a második legjelentősebb faj volt a 2000-es évek elejéig, amikor hatalmas területre kiterjedő tömegszaporodása, kártételi területe alapján az első helyre került. A **70-es** évek elején a téli araszolók újabb tömegszaporodása következett be és nagy területre kiterjedő rágáskár alakult ki. 1975-ben a gyapjaslepke és a téli araszolók közel azonos 4800 - 4900 ha területen okoztak kárt, amely a legnagyobb arányú volt a fő lepkekártevők között (Csóka 1995).

Szontagh **1987**-ben írt közlése szerint a kocsánytalan tölgyeseinkben a téliaraszolók közül a kis téliaraszoló, a nagy téli araszoló, az aranyos téli araszoló (*Erannis aurantiaria* Hübner, 1796) és a tollascsapú araszoló tartoztak a legkárosabb nagylepke-fajok közé. A fénycsapdák fogási adatait megvizsgálva látható, hogy az erdőkben élő lepkepopulációk egyedszám változása nem követ szabályosan változó dinamikát. A tartós egyedszám növekedés és csökkenés csak akkor mérhető több évig, ha a tömegszaporodás valamely fázisában van a kártevő faj. A téliaraszolók kártételi területeinek vizsgálatával megállapítható, hogy a 10-11 éves ciklusos kártételük, felszaporodásuk mellett a kártétel alakulásában szignifikáns lineáris trend nem mutatható ki (Csóka 1995). Ezzel ellentétben a tölgy sodrómolysók kártételi területének alakulásában szignifikánsan lineáris trend figyelhető meg. Ez a lineáris trend a tölgy sodrómolysók és az aranyfarú lepke kártételi területeit vizsgálva növekvő. A tölgy sodrómolysók közül legjelentősebb a domináns tölgyilonca, de számottevő egyedszámmal jelenik meg különösen a kocsánytalan tölgyeken a tölgylevél sodrómoly, a mogyorós sodrómoly (*Archips sorbiana* Hübner, 1799), a kökényszövő sodrómoly (*Archips xylosteana* Linnaeus, 1758), a kerti sodrómoly (*Pandemis ribeana* Hübner, 1799), a sárga sodrómoly (*Pandemis corylana* Fabricius, 1794), valamint a tavaszi sodrómoly (*Tortricodes tortricella* Hübner, 1796) (Szontagh 1992).

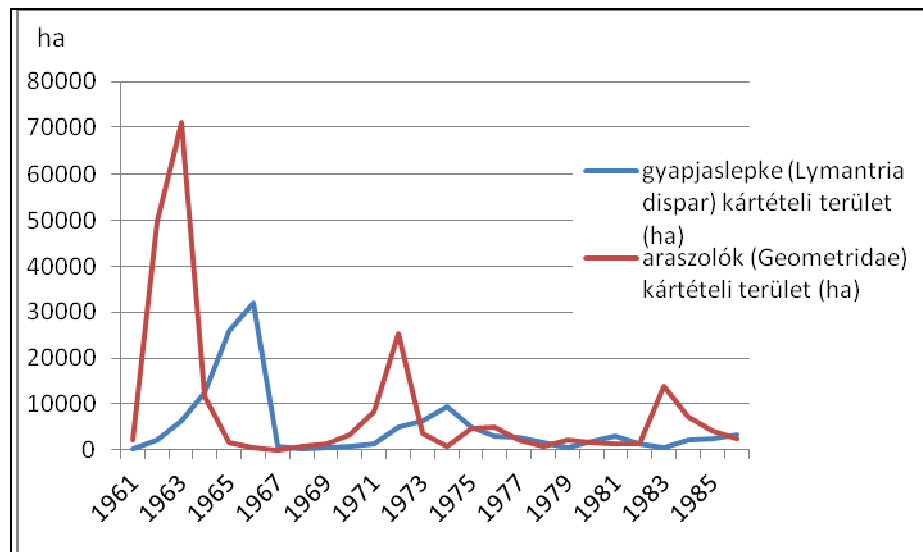
1996-ban legnagyobb területen az araszoló hernyók károsítottak, ami közel 8000 ha-on jelentkezett. Az ország egyes részein a tömegszaporodásuk tovább folytatódott ebben az időszakban. A gyapjaslepke gradációjának a csúcsát 1994-ben érte el. A károsító túlszaporodásának 1995-ös összeomlása után a kártétel területe 4078 ha-ra csökkent le 1996-ban (Leskó 1996).

9 évvel később az erdeinkben élő lombrágó kártevők, és azon belül is a lepkék populációinak összetétele átalakult, és kártételeik arányaiban sokat változott. Főként az időjárás szárazabbá válásával magyarázható az, hogy a 2005-ös év a kártevők egyedszámában és a károsodott területek nagyságában egyaránt kiemelkedő volt. 2005-ben az araszoló hernyók több mint 21000 ha-on jelentek meg kártételükkel. A lombrágást több faj együttesen okozta. A fénycsapdák adatai szerint a legnagyobb létszámban az *Operophtera brumata* és a *Colotois pennaria* repült 2004 őszén. Az araszoló hernyók kártétele mellett, minden eddignél nagyobb területre kiterjedő kártétele a gyapjaslepkének volt. A *Lymantria dispar* hernyók 212177 ha területen károsítottak, amely megelőzte az előző években jelentkező rágáskárok kiterjedésének nagyságát. Az említett kártevő hernyók mellett 2005-ben, kiemelkedő egyedszámú és kártételi területű volt az aranyfarú lepke is (4871 ha) (Hirka 2006). Ez a kártevő főként fiatal kocsányos tölgyesekben lép fel tömegesen. Jellemzően fény-, meleg-, és szárazságkedvelő faj, amely későbbi elterjedését is meg fogja határozni.

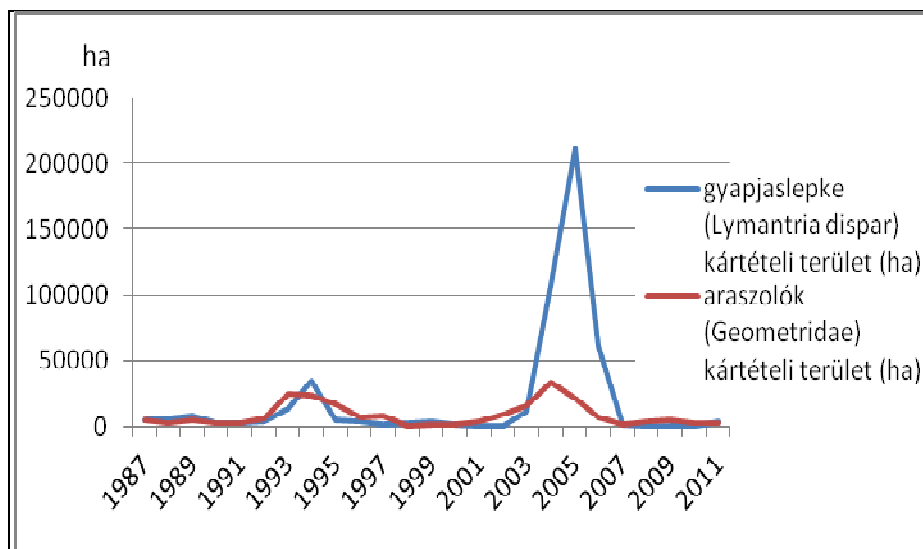
A 2010-es évben az araszoló fajok kártételi területe a többi családhoz, vagy fajhoz hasonlóan csökkent, de a legnagyobb területen, 3066 ha-on jegyezték fel kártételét. A tölgyilonca és a tölgylevél sodrómol (*Aleimma loeflingiana* Linnaeus, 1758) által okozott károkat csak 1634 ha-on észlelték (Hirka 2010).

Az elmúlt több évtized felmérései mutatják, hogy egyes fajok bizonyos években több ezer ha-ra kiterjedően károsítanak, míg más években ez a kártétel nem, vagy csak elenyésző mértékben figyelhető meg. A tölgy búcsújáró lepke (*Thaumetopoea processionea* Linnaeus, 1758) az a lepkefaj, amelyről már az 1888-ban készült írások beszámoltak. Azokban az években, hazánkban több ezer holdon károsított az amúgy Európában honos faj, amely időnként jelentős elterjedést mutat. 1990 és 1997 között a hegyvidéki és dombvidéki cseresekben tömegszaporodása gyakori volt (Tóth 1999). Kártételi területe 2004 és 2009 években kimagasló; 2004-ben több mint 4000 ha, míg 2009-ben közel 3000 ha volt (Hirka 2011). A hazai tölgyesekben fellépő, legnagyobb kártételi területtel rendelkező araszoló hernyók és a gyapjaslepke éves kártételi területeinek

alakulását, az Erdészeti Tudományos Intézet adatai alapján, 1961 és 2011 között, az 1. és a 2. ábra mutatja.



1. ábra Az araszoló hernyók és a gyapjaslepke éves kártételi területeinek alakulása 1961 és 1986 között (ha).



2. ábra Az araszoló hernyók és a gyapjaslepke éves kártételi területeinek alakulása 1987 és 2011 között (ha).

2.2 A gyapjaslepke tulajdonságai, jellemzői

2.2.1 Rendszertan, nevezéktan, elterjedés

A gyapjaslepke a gyapjaslepkék családjába (*Lymantriidae*) tartozik. Vele együtt a családnak 14 faja fordul elő Magyarországon. A gyapjaslepke mellett a családban a legismertebbek a nyár gyapjaslepke (*Leucoma salicis* Linnaeus, 1758), az aranyfarú lepke és az apácalepke. Ez utóbbi a gyapjaslepkének Magyarországon is előforduló legközelebbi rokona. Hazánkban a kártételét tekintve a legnagyobb jelentősége a gyapjaslepkének van. A fajt 1758-ban Linné írta le, eredetileg *Phaenocarpa dispar* néven. Ma érvényes tudományos neve: *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758). Szinonim nevei: *Bombyx dispar*, *Liparis dispar*, *Ocneria dispar*, *Porthesia dispar*. A „dispar” fajnév az ivari kétalakúságra utal. Magyar neve a nőstény potrohi gyapjúszőrzetére utal, amivel a lerakott petéket fedi be. A korábbi magyar név (közönséges gyaponc, vagy gyaponcz) is ezt a tulajdonságát jelzi. Eurázsiai eredetű, de Észak-Afrikában is előfordul. Magyarországon őshonos. 1869-ben Etienne Leopold Trounvert, egy francia származású amatőr rovarász petecsomókat vitt magával Amerikába (Bostonba), hogy ott a fajt tanulmányozza. Alig 2 évtizeddel később már ott is jelentkezett első tömegszaporodása. A kiirtására tett erőfeszítések ellenére az USA keleti részén, hatalmas területeken telepedett meg, és kárterületei tovább nőnek. A behurcolása óta Észak-Amerika legjelentősebb erdészeti kártevőjévé vált (Csóka és mtsai. 2005).

2.2.2 Tápnövényei

A gyapjaslepke erősen polifág faj, azaz igen sokféle tápnövényen képes kifejlődni. Ezek száma világszerte több százat tesz ki. A gyapjaslepke tápnövény körét az határozza meg, hogy élőhelyén mely fajok alkotják a meghatározó vagy fő vegetációt, valamint, hogy azok mely földrajzi régióban helyezkednek el. Összehasonlítás képpen a kártevő elterjedésének északi határán, Litvániában, a nyír (*Betula* spp.), az éger (*Alnus* spp) az elsődleges tápnövényei. A déli határon, Spanyolországban, Portugáliában, vagy Szardínia szigetén a paratölgy (*Quercus suber* Linnaeus, 1753) állományok károsodnak a gyapjaslepke gyakori tarrá rágásával (McManus és Csóka 2007).

A közép-európai tápnövény kört tekintve hét tölgy faj a legfontosabb és a leggyakrabban károsított tápláléka a gyapjaslepkének. Ezek közül a *Quercus petraea*, a *Q. cerris* és a *Q. robur* a legfontosabbak. A gyertyán (*Carpinus betulus* Linnaeus, 1753), a nyáarak (*Populus* spp.), az éger (*Alnus* spp.) és a fűzek (*Salix* spp.) a tölgyekkel szinte azonos fontosságú tápnövényként említhetők Közép-Európában. A mezőgazdasági területeken fejlődő kultúrákban is megtalálható, többen károkat okoz. Szívesen táplálkozik különböző almatermésű, csonthéjas, héjastermésű gyümölcsfajokon, de megél szőlőn, közterületi díszfákon, díszcserjéken is. Ennek ellenére a XX. században, talán épp a kemizálás növekedésének a hatására Gottschalk (1993) a gyapjaslepke ellen „immunis” növények között sorolta fel a szőlőt.

A Magyarországon megfigyelt tápnövény köréről elmondható, hogy a legtöbb magyarországi fa- és cserjefaj megfelelnek táplálékaként. A legfontosabb fajok a csertölgy, a kocsányos tölgy, a mézgás éger (*Alnus glutinosa* Linnaeus, 1753) és a nemes nyáarak (Varga 1975a, 1988). Ezeken táplálkozva hernyói gyorsan, kis veszteséggel fejlődnek ki. A cserjefajok közül főként a mogyoró (*Corylus* spp.), a galagonya (*Crataegus* spp.), és a vadrózsa (*Rosa* spp.) kedvező tápanyag összetételt biztosít a tömegszaporodások kialakulásához, míg a bodza (*Sambucus nigra* Linnaeus, 1753), a fagyal (*Ligustrum* spp.), és a kecskerágó (*Euonymus* spp.) a gyapjaslepke által nem károsított cserjék csoportjába tartoznak (Varga 1975b). Tömegszaporodásai során számos túlevelűt (erdei fenyő (*Pinus sylvestris* Linnaeus, 1753), ezüstfenyő (*Picea pungens* Engelman, 1879), vörösfenyő (*Larix decidua* Miller, 1768), luc (*Picea abies* Linnaeus, 1753), jegenyefenyő (*Abies* spp.)) képes károsítani. Magyarországon vannak olyan tápnövényei, amelyeket kedvel, de rajtuk számottevő károkat nem okoz. Ilyenek a hárs (*Tilia* spp.), a szil (*Ulmus* spp.) és som (*Cornus* spp.) fajok. Korábbi tapasztalatok szerint Magyarországon és Szlovákiában előfordulhat az akácon (*Robinia* spp.), sőt a fiatal csemetéket előnyben részesítheti táplálékként a főbb tápnövényeivel szemben (Nagy 1883). A fehér akác (*Robinia pseudoacacia* Linnaeus, 1753) az USA-ban nem tartozik a tápnövényei közé (McManus és Csóka 2007). Megfigyelések szerint nem fogyasztja a kőris (*Fraxinus* spp.), az orgona (*Syringa* spp.), a vadkörte (*Pyrus pyrausta* (Linnaeus, 1758) Burgsd.) leveleit, tujákat (*Thuja* spp.), illetve a tiszafa (*Taxus baccata* Linnaeus, 1753) tűit sem (Varga 1975b, Csóka 2005).

Azokat a fajokat, amelyek éterolajokat, egyéb mérgező anyagokat tartalmaznak, elkerüli (Györfi 1960). Abban az esetben, ha kénytelen a hernyó olyan növényen táplálkozni, amely nem tartozik a kedvelt tápnövényei közé, akkor a hernyó minden

fejlődési stádiuma kifejlődhet, de hím lepke nem fejlődik ki. A gyapjaslepke esetében is érvényes az a megállapítás, hogy a tápnövény alapvetően meghatározza az utódnemzedék nagyságát, a fejlődés gyorsaságát, a bábok tömegét (Barbosa és Capinera 1977) azaz a rovar fekunditását, életképességét. A fő tápnövényeken felnövekedett nőtény lepkék igen sok életképes petét raknak. Ez az egyik magyarázata annak, hogy kiemelkedő tömegszaporodásai általában ott alakulnak ki, ahol az elsőrendű tápnövényei tömegesen jelen vannak (Csóka 2005).



3. ábra A gyapjaslepke nőtény peterakás közben és a gyapjaslepke hernyója

Fotó: Nagy Krisztina és Morvai Szilveszter

2.2.3 A gyapjaslepke életciklusa

A gyapjaslepke egynemzedékes faj, életciklusából 9-10 hónapot pete alakban tölt, és így is telel. A nőtény lepke fák törzsére, ágaira rakja petecsomóit, de időnként – főleg tömegszaporodása idején – épületek falára, oszlopokra, stb. is petézik. Az időjárás függvényében a kis hernyók általában április végén, május elején kelnek ki. A kelés időpontjában természetesen régióként, de még egy adott erdőn belül is nagy eltérések mutakozhatnak, így az gyakran jelentősen elhúzódhat. A kelés során a hernyók először elfogyasztják saját peteburkukat, majd a petecsomó felszínén maradnak néhány napig, miközben a gyülekező hernyók úgynevezett „hernyófoltot” alkotnak. Ezt követően felmásznak a koronába és a lombozatban megkezdik rágásukat. A hernyók egész fejlődésük alatt képesek selyemszálát képezni, amelynek a segítségével menekülni tudnak a természetes ellenségek elől. A selyemszál a fiatal hernyók nagy távolságú terjedésében is jelentős szerepet játszik. A selyemszál és szőreik segítségével több tíz kilométerre is

elvitörölázhatnak kikelésük helyétől. Ez a fajta mozgás nehezíti a kártételek előrejelzését. A szél által elsodort hernyók ott is tömegesen jelenhetnek meg, ahol a petecsomókat 30-40 km-es körzetben sem észlelték. A hernyók alapszíne sötét szürkésbarna, fejük feketén tarkázott. Hátukon 5 kék és 6 bordó szemölcs párt viselnek (3. ábra) (Csóka és mtsai 2008).

A lárvák a nap folyamán változó aktivitást tanúsítanak, de két intenzívebb időszak figyelhető meg. Az első (kisebb) 11 és 15 óra között, a második (nagyobb) 19 és 22 óra között kiemelkedő, amikor a táplálékfelvétel a legaktívabb (Bognár és mtsai. 1987). Tömegszaporodás idején fellépő táplálékhiány miatt azonban nappal is táplálkoznak. Kifejletten akár a 70 mm-t is elérhetik. A kifejlett hernyó mérete egyrészt függ attól, hogy milyen mennyiségű és minőségű táplálékot fogyasztott, illetve attól is, hogy belőle hím, vagy nőstény lepke fejlődik ki. Az idősebb hím és nőstény hernyók természetük alapján jól elkülöníthetők. Június végén a nőstény hernyó 6-7 cm-t is elérhet, míg a hímek vékonyabbak és alig 5-6 cm-esek. A hernyók 4-5 vedlés után, testüket a törzshöz, ágakhoz, levelekhez szőve bábozódnak be. A hím lárvák az 5. vagy a 6. lárvastádium után bábozódnak, míg a nőstény lárvák 6 lárvastádium alatt fejlődnek ki és bábozódnak be. A bábok sötétbarna színűek, sárga, ritka szőrzettel fedettek. A nőstény bábok nagyobbak, tömegük 2-3-szorosa a hím bábokénak. Táplálékhiány esetén mindkét nem bábjai kisebbek. A bábokból 2-3 hét után kelnek ki a lepkék. A kelést a hím lepkék kezdik, majd a később bábozódtak nőstények folytatják. A hímek szárnyfeszítávolsága 35-50 mm. Szürkésbarna, füstös színűek, csápjuk látványosan nagy, fésűs csáp. Ennek segítségével érzékelik a nőstények által kibocsátott csalogató anyagokat, a szexferomonokat. Egész nap, de különösen a délutáni, esti órákban aktívak, mesterséges fényre repülnek. Rajzásuk június második felétől akár szeptember végéig is tarthat, de fő időszaka július-augusztus. Tömegszaporodás idején – mint például 2004-ben és 2005-ben – egyes erdészeti fénycsapdák több ezres egyedszámban fogták őket. A nőstények a hímeknél nagyobbak, piszkos, sárgásfehér szárnyaik feszítávolsága 50-80 mm. Potrohukon vastag, okkersárga, gyapjas szőrzetet viselnek, amit a lerakott peték beborítására használnak (3. ábra). A nálunk honos európai rassz nőstényei nem repülnek, helyüket csak mászva változtatják. Az európai gyapjaslepke rassz lepkéinek párosodása a nőstények kikelése után rövid idővel, leggyakrabban a fák törzsén következik be. A nőstények, tömegszaporodás idején gyakran csoportosan, a fák törzsére rakják petéiket. Egyes megfigyelések szerint a meg nem termékenyített nőstények is petéznak, és petéikből hernyók fejlődnek (Szeőke 2004). A peterakás céljából előnyben részesítik a világosabb területeket, nyiladékok, utak, tisztások, erdei rétek világosabb részein általában több petecsomó található, mint a zárt állomány

belsejében (Kristen 1908). A tömegszaporodás kezdeti szakaszában a petecsomók általában a törzs déli, délnyugati oldalán találhatók. A tömegszaporodás csúcán, az egész törzsön, és az ágak alsó felén egyaránt vannak petecsomók, de többségük általában a törzs alsó szakaszán látható. A peték kb. 1 mm átmérőjű, sötét, fémesen csillogó gömböcskék. A petéző nőstény a potrohán lévő szőrrel fedi be őket. Egy nőstény néhány száz petét rak. A lerakott petékben 1 hónap alatt fejlődnek ki az embriók, és azok a következő év tavaszáig nyugalomban maradnak. A lerakott peték száma függ attól, hogy a hernyók milyen minőségű és mennyiségű táplálékon nőttek fel. Táplálékhiányban kifejlődő nőstény csak kis petecsomókat rak le. Ezek általában laposak, alig 100 petét tartalmaznak. Az ilyen helyzet a tömegszaporodás helyi összeomlását jelentheti (Csóka és mtsai. 2005). A tömegszaporodás csúcán egy petecsomóban akár 700-1000 db pete is lehet, amikor a csomó kiterjedése is nagyobb, mint az alacsony egyedszámú populációknál (McManus et al. 1979).

A dolgozat az európai rassz vizsgálatával foglalkozik, de az ázsiai rassz sokban hasonlít hozzá. Az utóbbi Magyarországon még nem fordul elő. Fontos a két rassz közötti különbségek ismerete az ázsiai rassz gyors terjedése miatt. Kelet-Ázsiában honos ázsiai rassz ökológiai tűrőképessége nagyobb, azaz jobban tűri a környezeti szélsőségeket, mint az európai rassz. Hernyója gyorsabban fejlődik, még inkább polifág. Az európai rasszhoz képest szélesebb gazdanövény körrel rendelkezik. Amerikában a vörösfenyő, tölgy, nyár, éger, fűz fajok, és néhány örökzöld faj is a tápnövényei közé tartoznak (APHIS 2003). Egyedei nagyobbak, mint az európai rassz egyedei. Legjelentősebb eltérés az, hogy nőstényei repülnek, így nem csak a hernyók szél általi sodródása, hanem a nőstények repülése révén is képes terjedni. Ennek révén tömegszaporodásai „robbanásszerűek”, illetve, a tömegszaporodások terjedése gyorsabb és kiszámíthatatlan. A nőstények előszeretettel repülnek a mesterséges fényre, így berepülnek lakott településekre is. A peték lerakására a nőstény nem csak a tápnövény közeli helyeket választhatja, de műanyagon, köveken, fém felületeken, falon egyaránt lerakhatja petéit. Kisebb egyedszámnál a rejtett, védett helyeket keresi meg erre a célra. Tömeges előfordulása esetén a fény közeli helyeken telepszik meg és hozza létre nagyméretű petecsomóit. A közelmúltban behurcolták Németországba (1993) és az USA-ba is (1991-ben), ahol a veszélyes kártevő monitorozása beindult és szigorú karantén intézkedéseket hajtanak végre terjedésének megakadályozása érdekében (Savotikov et al. 1995). Az európai és az ázsiai rassz kereszteződhet egymással (Reineke and Zebitz 1998).

2.3 A gyapjaslepke kártételei Európában

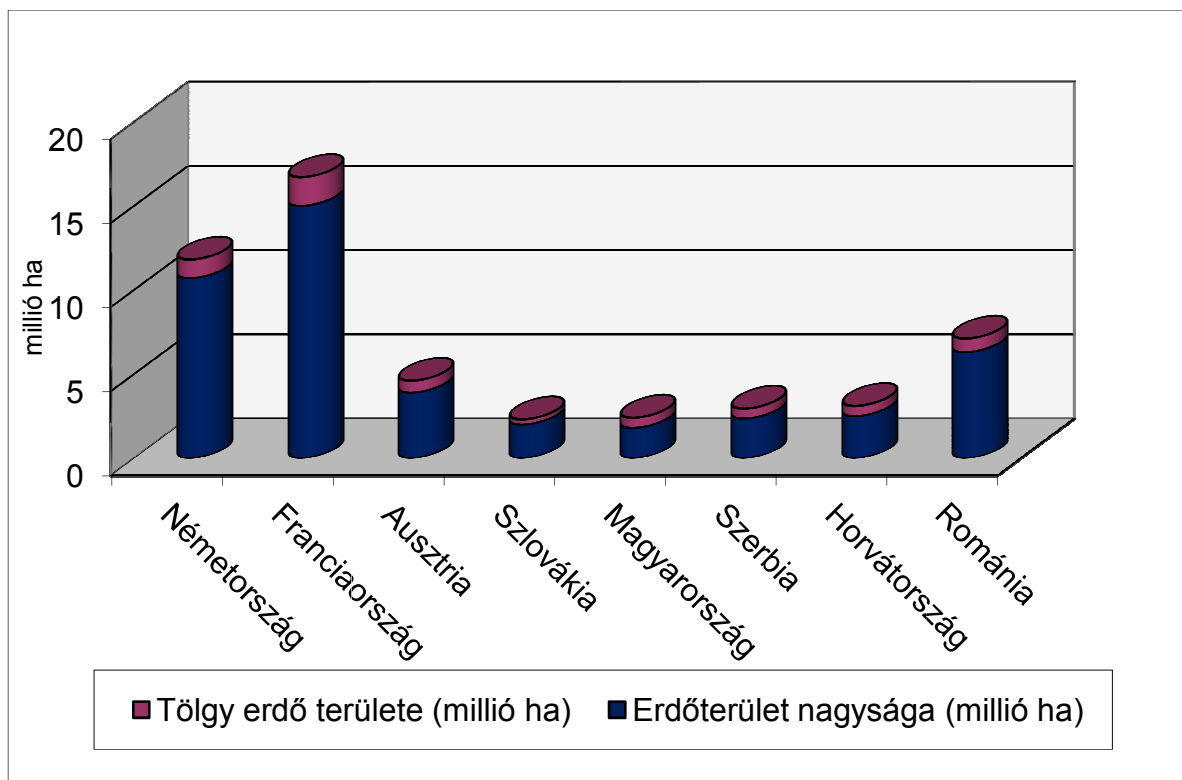
Európában a gyapjaslepke legnagyobb jelentőséggel a dél- és délkelet-európai országokban bír. Elterjedését elsősorban a tápnövények területe, azok sűrűsége határozza meg. Emiatt azokban az országokban okoz nagy területre kiterjedő károkat, ahol a tölgy részaránya magas (4. ábra), valamint az állományok biotikus, vagy abiotikus tényezők miatt legyengültek. Ha az erdőállomány gyengültségi állapota előrehaladott, akkor a melegedő klimatikus viszonyok között a tömegszaporodó, lombfogyasztó kártevők előfordulása gyakoribbá válik (Schlyter et al. 2006). A tápnövények előfordulása, sűrűsége és az abiotikus tényezők, főként a hőmérséklet és a csapadék mellett, a gyapjaslepke és más fajok terjedését kontinensen belül és kontinensek között a nemzetközi kereskedelem, a teherszállítás segíti, amely komoly veszélyt jelent az agresszíven terjedő fajok térhódításában (MacLeod et al. 2002). Amellett, hogy az európai gyapjaslepke rassz nőivarú egyedei nem repülnek, mégis hatékony migrációs képességű rasszt alkotnak. A fiatal lárvák jelentős, akár 40-50 km-es távolságokra is eljuthatnak a lárvaszőrök, vagy selyemszálak segítségével. Liebhold és munkatársai szerint a kifejlett hím egyed is nagy távolságokat repülhet át, évente átlagosan 20 km-t képes megtenni (Liebhold et al. 1992).

Európában a gyapjaslepke tömegszaporodása leggyakrabban és a legnagyobb kártétellel a Balkán félszigeten jelentkezik, ahol a tölgy fajok sűrűsége magas. Emellett a magas hőmérséklet és a száraz klimatikus viszonyok kedveznek a faj fejlődésének és túlélésének. Szerbiában, 1997-ben a kártételi területek nagysága elérte az 500000 ha-t. Horvátországban igen jelentős területet borítanak síkvidéki tölgyesek (4. ábra). Ennek megfelelően a gyapjaslepkét az egyik legjelentősebb lombfogyasztó rovarnak tartják. A tömegszaporodás csúcsán kárterületei megközelítik a 100000 ha-os nagyságrendet. Romániában a legjelentősebb lombkártevő. A 80-as évek második felében lezajló tömegszaporodása során, 1986-ban 294000 ha-on, 1987-ben 582000 ha-on, 1988-ban 695000 ha-on, 1989-ben 205000 ha-on okozott károkat. A 90-es évek közepén lezajló tömegszaporodás kárterületei is jóval meghaladták a 100000 ha-t. Spanyolországban jelentős károkat okoz, legnagyobb jelentősége a kárterület szempontjából Aragóniában van. Fő tápnövényei itt a *Quercus suber*, *Quercus ilex* (Linnaeus, 1753), *Qu. faginea* (Lamarck, 1869), *Qu. pyrenaica* ((Willd.) Rouy, 1910) valamint a nemes nyárok. A 2000-es években különösen nagy károkat okozott. 2002-ben 232000 ha-on, 2003-ban 212000 ha-on, 2004-ben pedig 152000 ha-on lépett fel (Csóka és Hirka 2009). A kártételi területek nagysága Spanyolországban nem tükrözi azt a korábban született vizsgálati eredményt,

miszerint a mediterrán országok magas nappali hőmérséklete csökkentheti a populációk fekunditását (Maksimović 1963). Ugyanakkor a klímaváltozással foglalkozó tanulmányok előre vetítik, hogy Olaszországban és a spanyol régiókban megfigyelhető átlag hőmérséklet emelkedés miatt a gyapjaslepke elterjedésének déli határa északabbra tolódhat (Vanhanen et al. 2007). Délről észak felé haladva a kártételi területek a fafaj-összetétel miatt kisebb területre korlátozódnak. Ausztriában csak kisebb tömegszaporodásai alakulnak ki, kártételi területei nem túl jelentősek. Lengyelországban nem sorolják a legjelentősebb erdei kártevők közé. Sem a lengyel erdők fafaj-összetétele, sem az ország klímája nem optimális a gyapjaslepke számára, így kártételei az erdők területéhez képest nem jelentősek. A tömegszaporodások éveiben, néhány ezer ha-on figyelhető meg károkozása. Németországban helyenként és időnként jelentős károkat okoz, bár ezek az ország nagy területéhez képest nem drámaian nagyok. A legnagyobb károkat 1993-ban okozta, amikor összesen 68639 ha-on lépett fel. Szlovákiában fő tápnövényei az ország déli részén tömegesek, így kártételei is ide koncentrálnak. Legnagyobb kártételi területe (mintegy 16000 ha) 1993-ban alakult ki. A 2004-es kártételi terület is hasonló nagyságú volt (Csóka és Hirka 2009), miközben Magyarországon több mint 100000 ha-on károsított. A gyapjaslepke elterjedésének egyik északi határán, Litvániában a kis gyakorisággal megjelenő kártevők közé tartozik. Délre fekvő országokból a széllel szállítódva telepedik meg a kártevő hernyója. Az északi régióban, tömegszaporodásában periódicitás nem írható le (Molis 1970). A Skandináv félszigetre a selyemszálon terjedő lárvákkal, az emberi szállítással, valamint a repülő hímek migrálása során került be. A gyapjaslepke összes fejlődési alakja a skandináv térségben, Dániában és Dél-Svédország területén még nem figyelhető meg (Vanhanen et al. 2007).

A gyapjaslepke kártétele hatására kialakult fapusztulással kapcsolatban a Közép- és Kelet-Európai államok véleményei különbözőek. Az álláspontok szerint a maximum veszteség megközelítőleg 25-30% közötti a tömegszaporodás periódusát követően, bár a lombveszteség mértékéről, ezáltal a fapusztulásról pontos adatok hiányoznak. A károk értékelésekor figyelembe kell venni, hogy az erdőállomány kora, a rovarfertőzés intenzitása is befolyásolja a növedékveszteséget. Ha a rovarfertőzés mértéke 30-40%, - azaz a lombkorona 30-40%-a károsodik - akkor a kártétel csak az adott évben mérhető, és függően az időjárási körülményektől, növedékveszteséggel járhat. 50-80% fertőzés már a következő évekre is kihatással van (Forbush és Fernald 1896). A károk számszerűsítésének legkorszerűbb módszerét 2005-ben tesztelték, az akkori tömegszaporodás és jelentős lombvesztés után. A gyapjaslepke kártételi területének körülhatárolására, a kártétel

mértékének becslésére, a védekezés hatásának meghatározására alkalmas módszer lényege, hogy közepes felbontású űrfelvételek elemzését végzi el. A távérzékelés módszere regionális, sőt kistérségi szinten ad lehetőséget a kártételek kimutatására. A vizsgálatok során nyilvánvalóvá vált, hogy a módszer előnye, más terepi méréseken alapuló eljárásokkal szemben, hogy gyorsan objektív módon és a teljes területre egységesen vonatkozó képet kaphatunk a károsodás mértékéről, térbeli és időbeli változásairól (Csóka és Nádor 2006).



4. ábra A tölgyerdő aránya az erdőterület nagyságában néhány európai országban (millió ha)

Forrás: McManus és Csóka (2007)

2.4 A gyapjaslepke kártétele és a kártétel előrejelzése Magyarországon

A gyapjaslepkéről született hazai jegyzetek közül az egyik legkorábbi 1877-ből származik. Dufek Elek „pagonyerdész” írása szerint: „*A hernyófalás, mely Veszprém-, Győr-, Vas- és Sopronmegyék több tölgyerdeit lepusztította, f. évi junius-hó végén ért véget, s a közönséges gyaponcz (Phal. bomb. dispar) működését oly irtózatossá módosította, hogy némely vidéken csak ritkán örülhet szemünk egy-egy hold erdő, vagy egyes fák zöld színezetének.*” Tarrágásokról az akkori Magyarország több körzetéből beszámoltak. Minden írás az egyik legveszedelmesebb, nehezen írható kártevőként említi a gyapjaslepkét (Dufek 1877, Kabina 1907, Bohus 1907, Lenhárd 1907, Földes 1908, Kristen 1908). A 20. század elején a tölgyerdők pusztulásáért felelős kártevők az akkor elterjedt elnevezésük szerint a gyapjaslepke (*Ocneria dispar*), a gyűrűspille (*Gastropacha neustria*), az aranyfarú pille (*Porthesia chrysorrhoea*), a nagy téli araszoló (*Hibernia defoliaria*), és a kis téli araszoló (*Chemiatobia brumata*) voltak (Pánczél 1914). A felsorolásokban első helyen a gyapjaslepke áll. A *Lymantria dispar* tömegszaporodásai az ország különböző régióiban eltérő időközönként (4-12 év) ismétlődnek (Leskó és mtsai. 1994). Országosan kiemelkedő kárterületei általában 8-10 évenként jelentkeznek (Csóka 1995). Az északkeleti és délkeleti országrészben gradációja 4-6 évenként ismétlődhet. Egy-egy erdőrészlet vagy tag nagyságú gócban a fákat a hernyók általában csak egy évig károsítják (Szontagh 1977). A gradáció gócból indul ki, de az újabb gradáció kiindulási gócai általában nem esnek egybe az előző gradáció kezdeti gócaival. Az egyes gradációk területileg eltolódhatnak, intenzitásban és a kárterület nagyságában erősen változnak (Szontagh 1977). A jelentősebb rágaskárok meleg, aszályos éveket követően alakulnak ki (Leskó és mtsai. 1994; Csóka 1996, 1997). A gradáció időtartama általában 3-4 évig húzódik. Gradációját az időjárás, az elegyetlen állományok, és ebből kifolyólag az életközösség megbontása segíti elő (Győrfi 1958). A csereseinkben, kocsányos tölgyeseinkben a táplálék minősége az egyik legfontosabb tényező, amely a károsító tömeges elszaporodását lehetővé teszi (Varga 1965).

Az utóbbi 50 évben a tömegszaporodások ritkábban és rövidebb lefutással jelentkeztek, mint korábban. A 60-as, 70-es években a gyapjaslepke felszaporodása az *E. chrysorrhoea* és a *M. neustria* fajokkal együtt következett be fő elterjedési területeiken (Tisza-Szamos háromszög, Hajdú-Bihar megye). Gradációs kulminációik nem egy időben

és nem azonos területre kiterjedően zajlottak. A 60-as években a gyapjaslepke legnagyobb kártételi területe 31923 ha volt. A legnagyobb éves kártétele a 70-es években mindössze 9530 ha-ra terjedt ki. (Szontagh 1977).

A legutóbbi, 2003-2006-os tömegszaporodást megelőzően legnagyobb kártételét, mintegy 34000 ha-t, 1994-ben regisztrálták. A fénycsapdák 1963 és 1993 közötti fogási adatait a kártételi értékekkel összevetve Leskó és munkatársai (1994) megállapították, hogy erős összefüggés van az egyedszám megemelkedése és a kártételek között. Az egyedszám növekedése az adott periódusban, 1 vagy 2 évvel korábban volt megfigyelhető, mint a legnagyobb kártétel kialakulása. A gradáció 2-3 évig zajlott minden nagyobb kártétellel járó felszaporodásánál, így 1993-1994-ben is, míg az 1971-1977 közötti időszakban több kisebb egyedszám növekedés volt tapasztalható. A 30 évre vonatkozó trendanalízis során látható volt, hogy határozottan növekvő, vagy csökkenő trendet nem lehet kimutatni a gyapjaslepke populáció-változásaiban (Leskó és mtsai. 1994). 2003-tól 2006-ig a gyapjaslepke eddigi legnagyobb tömegszaporodásának lehettünk tanúi Magyarországon. A tömegszaporodás kiváltásában meghatározó szerepet játszott az új évezred első néhány évének erősen aszályos volta. 2003-ban 11580 ha-ról (Leskó 2003), 2004-ben 108305 ha-ról, 2005-ben 212177 ha-ról, 2006-ban pedig 61564 ha-ról jelentették kárait a gazdálkodók (Hirka 2004; 2006). 2003-ban még csak egy régiót (a Balaton-felvidéket) érintett a tömegszaporodás, 2004-ben már robbanásszerűen kiterjedtek a kártétel területei és megnövekedtek a károk. Abban az évben a kártétel már nem csak az erdőterületeket, hanem a közterületi parkfákat, mezőgazdasági területeket, gyümölcsösöket és a szőlőterületeket is érintette. Továbbra is a Balatontól északra található erdőségek voltak a leginkább fertőzöttek. Megemlítendő azonban, hogy már más területeken, pl. az Északi középhegység egyes részein is erős kár jelentkezett. A kárterületek nagyságát tekintve 2005 volt a tömegszaporodás csúcspontja. A Balaton-felvidék 2004-ben károsított területeiről, 2005-ben a Bakonyba tevődött át a tömegszaporodás góca. Ebben az évben a kártevő a kocsányos tölgy, cser fő tápnövényei mellett a bükkösöket is károsította, de azok a csapadékos éveknek köszönhetően jól regenerálódtak. Az ország más területein, Somogyban, Baranyában is több tízezer hektáron jelentkeztek károk. A legnagyobb károsítások a következő tájegységeket érintették: Gödöllői-dombság, Visegrádi-hegység, Külső-Somogy, Baranyai-Hegyhát, Tolnai-Hegyhát, Sárköz, Körösök-vidéke, Nagykunság, Zempléni-hegység, Bükk, Cserhát (Csóka és Hirka 2009).

A gyapjaslepke imágóinak előrejelzése fénycsapdák segítségével lehetséges legegyszerűbben, mert fényre jól repül. Az Erdészeti Fénycsapda Hálózat, amely 1961 óta működik, az erdővédelmi előrejelzés egyik fő eszköze. A fényforrások közül a higanygőz égőre repülnek a legintenzívebben a hím lepkék. Sorrendben a második helyen az UV fényforrások állnak (Bognár és mtsai. 1987). A fénycsapdák fogási adatait az Erdővédelmi Jelzőlapok adatai, megfigyelések, kutatási eredmények egészítik ki. Az eddigi eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy az évek óta ugyanazon a helyen működő fénycsapdák adatai megbízható képet adnak a legfontosabb erdészeti lepkékárosítók populációdinamikájáról és gradációs viszonyairól. Az így nyert adatok esetenként felhasználhatók a károsításban résztvevő fajok előfordulási arányának és dominancia viszonyainak megállapítására is (Szontagh 1975). A 2005-ös tömegszaporodás alkalmával az erdészeti fénycsapdák kiemelkedően nagy számban fogták a gyapjaslepkét (Hirka 2006).

A fénycsapda mellett a hím egyedek jelzésére a szex-feromoncsapda is használható. A feromoncsapda az első repülő egyedek megjelenését időbeni és földrajzi értelemben jelzi jól, amikor a hím lepkék megjelenéséről és egyedszámáról kapunk információkat. A magas fogókapacitású feromoncsapda típus a tömegszaporodás kezdetén alkalmas lehet a kártevő egyedszámának csökkentésére is. A gradáció csúcsa felé haladva, ez a módszer a nagy egyedsűrűség miatt nem alkalmas a károk megelőzésére (Leskó 1981).

A csapdákon kívül az előrejelzés egyik alapeszköze az időjárás statisztikai elemzése. Korábbi években született elemzések is bizonyították, hogy az időjárás összetevői – több éves adatsorok alapján – önállóan nincsenek jelentős hatással a populáció egyedszámára, de együttes hatásuk (főként a hőmérséklet és a csapadék-páratartalom) gyors egyedszám növekedést indukálhat (Benkevich 1963). Finn kutatók a maximum a minimum hőmérséklet, és a csapadék adatainak felhasználásával dolgoztak ki előrejelző programot két *Lymantriidae* családba tartozó fajra, amely a mért adatok felhasználásával a fajok előfordulási lehetőségét szimulálta 2041 meteorológiai állomáson, világszerte. Az un. Climex 1.1 modell a klímaváltozás kártevőkre gyakorolt hatását vizsgálta. Két kártevő a gyapjaslepke és az apácalepke várható előfordulásának becslését végezte el a program, amely az időjárás mért paramétereit használta fel. A mérések során a program figyelembe vette a diapauzát befolyásoló hőmérsékletet (téli és nyári diapauza lehetősége) valamint a hőmérséklet, szárazság, vagy a csapadék szélsőséges adatait, mint stresszt okozó tényezőket. Az

eredmények a helyi adottságokat értékelve a két faj hosszú távú elterjedésének elemzésére jól használhatók (Vanhanen et al. 2007).

A gyapjaslepke lárvakártételének leghatékonyabb előrejelzésére erdőrészlet szintjén, a leggyakrabban alkalmazott módszer a petecsomók számlálása. Ez a módszer erdőben, 0,1 ha - os mintaterületeket használ. Az ilyen mintaterületes eljárás alapjait Magyarországon Tallós (1966) dolgozta ki. Ha 0,1 ha-on 500 alatt van a petecsomók száma, akkor gyenge kártételre számíthatunk. Ha ez az érték 500 és 1000 közötti, akkor közepes, ha pedig 1000 feletti, akkor erős kártétel kialakulására van esély. Tudni kell azonban, hogy a leggondosabban elvégzett számlálás is hordozhat számottevő bizonytalanságot, mivel a szél által elsodort hernyók olyan területeken is okozhatnak jelentős károkat, ahol a petecsomók száma ezt egyáltalán nem vetítette előre. A tömegszaporodás tetőzésekor a tényleges kárterület akár háromszorosa is lehet a petecsomók által fertőzött terület nagyságának. Mezőgazdasági területeken, közterületeken, parkokban, út menti fasorokban, üdülőövezetekben az előbbiekhöz hasonlóan, a petecsomók számlálásával becslik a várható kártételt, azzal a különbséggel, hogy 10x10 m-es mintaterületeket alkalmaznak, és a kártételi határszámokat is tizedére csökkentik (Csóka és mtsai. 2005).

A tömegszaporodás időbeni állapotát jelezheti a petecsomók törzsön való elhelyezkedése. A megfigyelések szerint, ha a peték a törzsön, az alsó részen helyezkednek el, az a tömegszaporodás kezdeti stádiumára utal. Míg, ha a petecsomók a fatörzseken magasan, vagy a koronában szétszórva láthatók, akkor a várható kártétel csökkenésére számíthatunk, azaz az összeomlás fázisában van a populáció (Ubrizsy és Reichart 1958). Ezt az összefüggést igazolta a Balaton-felvidéken, 2004-ben végzett felmérés, ahol a petecsomók zömmel 2 m-es magasság alatt helyezkedtek el a törzsön (Kovács és mtsai. 2005).

Ha petecsomó számlálás adatait kiegészítjük és a csomónkénti átlagos peteszámot is meghatározzuk, akkor átfogóbb képet kapunk arról, hogy az adott számú petecsomóból milyen kártételre számíthatunk. Ugyanis a tömegszaporodás csúcsán, a peték átlagos száma csomónként, akár 2 és félszerese lehet az összeomlás idején meghatározott átlagos peteszámnak (Maksimović 1954).

A peteszám mellett a petecsomó mérete is jelzi a populáció állapotát. Ez összefüggésben lehet a pete parazitáltsággal. Növekvő parazitáltság mellett a petecsomók mérete csökken (Williams et al. 1990). A petecsomó méretének csökkenése a populáció

gyengülésének nyilvánvaló következménye. A parazitáltság emelkedése különböző fenológiai stádiumokban, hozzájárul a gyengülés folyamatához.

Az előrejelzés számára fontos mutató lehet a gyapjaslepke peték súlya. A peték átlagos súlya (ezerpetesúly), a peték száma, a kelés %-a, a bábok súlya, valamint a következő generáció fekunditása között szoros összefüggés van, amely segíti a populáció egyedszámának becslését, valamint utal a tápnövény minőségére (Varga 1975b, Marcu 1971).

A becslések alkalmával tehát nem csak a petecsomók számát, a peték csomónkénti számát, de a petecsomó méretét a parazitáltságot, a peték törzsön való elhelyezkedését, a peték súlyát is vizsgálnunk kell, hogy megbízható képet kapjunk a várható lárvakártételről. Az előrejelzés több tényezős vizsgálatainál figyelembe kell venni, hogy a változó tényezők pl. az időjárás, a parazitáltság, a predátorok, valamint a tápnövények tulajdonságai módosíthatják a kapott eredményt. Ezért az összes tényező komplex vizsgálatára van szükség ahhoz, hogy hosszú távú elemzéseket végezzünk.

2.5 A tömegszaporodás szakaszai, kialakulásának okai

Az elmúlt években megjelent publikációk a károsítók tömegszaporodásait gyakran a klímaváltozás számlájára írják. Több tanulmány foglalkozik azzal, hogy ez a két jelenség szoros kapcsolatban van egymással, és a gyakoribbá váló gradációk az éghajlatunk váltoásaival vannak összefüggésben. Lombfogyasztó rovaroknál gyakran tapasztalhatók szélsőséges mértékű egyedszám ingadozások, azaz gradációk. Ezeket vagy a szélsőséges abiotikus hatások, vagy – gyakrabban – a biotikus tényezők törik le. Bizonyos életforma típusok, mint pl. a szövedékben élők, vagy levélsodrók - hajlamosak az egyedszám ingadozásokra, míg a lombozatban szabadon élők között az erős gradáció hajlamú fajoktól a nagyon egyenletes populáció sűrűséggel jellemezhető fajokig többféle előfordul. Mind a hazai, mind további európai vizsgálatok egyértelműen azt mutatják, hogy a gradációra hajlamos lombfogyasztó fajok többségének elszaporodásában mutatkozik bizonyos ciklusosság. Ezek a periodikus gradációk általában egy-egy nagyobb régió belül szinkron módon, legfeljebb kisebb fáziseltolódásokkal jelentkeznek. A gradációk nagyobb területen belül ugyanazt a periodicitást mutatják. A jelenség által súlyosan érintett terület nagysága évenként jelentősen ingadozik, és az egyedszám változás szélsőségei részterületenként különböző mértékűek lehetnek (Varga 1996). A rovarpopulációk egyedsűrűségét az abiotikus tényezőkön kívül, azok természetes ellenségei, a gazdanövény rezisztencia, valamint egyéb biológiai interakciók szabályozzák. Ha ezek a szabályozó mechanizmusok nem követik az egyedszám változásokat, akkor a rovarpopuláció tömegszaporodása alakul ki (Berryman 1982).

A gradáció előtt és után a fajnak gyakran csak igen kis népessége van jelen (törzsállomány). Ez a gradáció lefolyásának lappangási szakasza (látencia). A bevezető szakaszban szigetszerű gócokban emelkedik az egyedsűrűség, jellemző a nagy peteszám és az egyedek jó egészségi állapota (progradáció). A tetőzés (kulmináció) szakaszban a kártevő nagy egyedszáma és jelentős kártétele figyelhető meg. A tetőzést követi a kitörés (erupció) szakasza, amikor a gradáció hirtelen, teljes kibontakozása zajlik le. Az összeomlás (krízis) időszakában a peteszám erősen csökken, az utódok életképessége romlik, járványos betegségek lépnek fel, a paraziták és a ragadozók felszaporodása jelentősen csökkenti az egyedszámot. Végezetül a befejező (dekreszcens) szakasz zárja le a folyamatot; az egyedsűrűség tovább csökken egészen a lappangási szakasz szintjére.

A tömegszaporodás kialakulásáért felelős tényezőkre több elmélet alakult ki, de a gypjaslepkét tekintve talán a legmeggyőzőbbek az un. egytényezős elméletek. Ezek az alábbiak:

- időjárási vagy klimatikus elméletek: az időjárást tekintik egyedüli lényeges tényezőnek
- ciklusos, kozmikus elmélet: a felszaporodás hullámzó jellegét a naptevékenység ciklusainak, ill. az ezek által kiváltott időjárási eseményeknek tudják be (főleg rácsálók esetén látták igazolódni) a napfolt tevékenységnek megfelelő 11 éves ciklusok mellett, 3, 5, 22 és 35 éves ciklusokat írtak le, amiket földi jelenségek is kiválthatnak
- trofoklimatikus elméletek: sok erdei kártevő csak a fák bizonyos stressz állapotában képes tömegesen elszaporodni; az időjárási tényezők tehát a tápnövény minőségén keresztül, közvetett módon fejtik ki hatásukat
- trofikus elmélet: a tápnövényt tekinti a legfontosabb tényezőnek, pl.: a tápnövény térbeli és időbeli eloszlásának folytonosságát, ill. megszakítottságát tekinti a gradáció kialakulása szempontjából döntő fontosságúnak
- energetikai elméletek: a táplálékláncban áramló energia mennyiségét veszik figyelembe
- antropogén tényezőre alapozott elméletek: az agrobiocönózisban a mérleg egyik serpenyőjét az ember tartja, tehát az emberi tevékenység a populációk sorsát döntően befolyásolja.

Az elméletek igazolásaként, vagy cáfolataként Észak-Amerikában, az időjárás adatsorainak hosszú elemzésekor nem találtak lényeges összefüggéseket a gypjaslepke tömegszaporodásai és az időjárás változásai között (Miller et al. 1989). Ha a periodikusságot nem is egyértelműen csak az időjárás idézi elő, de az egyedszám változásában a biotikus tényezőkön kívül az időjárásnak van a fő szerepe. A magyarországi időjárás paramétereinek több évtizedes adatsorainak elemzése rámutatnak arra, hogy a gypjaslepke gradációk tetőzése mindig az aszályos évekhez köthető. Ha több aszályos év követi egymást, akkor nagy valószínűséggel a tömegszaporodás a száraz periódus végén várható (Leskó és mtsai. 1994). A Magyarországon lezajló legutóbbi, 2003-tól 2006-ig tartó tömegszaporodás kiváltója is minden bizonnyal az időjárás lehetett, hiszen 2003-ban az időjárás rendkívül meleg és aszályos, csapadékszegény volt, amelyet a korábbi gradációk alkalmával is megfigyeltek (Csóka és Hirka 2009).

Európában a gyapjaslepke gradációk bizonyos ciklusonként alakulnak ki, minden 8-11. évben. Három kontinensen (Ázsia, Európa, Észak-Amerika) több mint 30 év vizsgálatának adatai alapján egyértelművé vált, hogy a legtöbb gyapjaslepke populáció periodikussága nem pontosan, hanem kisebb eltérésekkel 8-12 év. Johnson és munkatársai két meghatározó periódust állapítottak meg: az elsődleges 8-10 évente zajlik, és megfigyelhető egy másodlagos periódicitás, amely 4-5 évben határozható meg (Johnson et al. 2006a). A kontinensek között a gyapjaslepke túlszaporodásai esetén semmilyen kapcsolat nem mutatható ki (Johnson et al. 2005).

Az elsődleges és a másodlagos periódicitás mellett további jelenségek szabályozhatják a gyapjaslepke megjelenését, terjedését. Az egyik eset az, amikor a populáció amúgy is kicsi egyedszáma csökken, de kiterjedése nő. Nagyobb területen a tényezők nagyobb változatossága mellett könnyebben teljesülhetnek a felszaporodást segítő faktorok. A másik eset, amikor a populációból nagyobb távolságra „elvándorló” egyedek új kolóniákat hoznak létre. Ezek a változások magyarázatul szolgálhatnak az inváziók pulzálására (Johnson et al. 2006b).

A populációk minőségét és a populációdinamikát a gyapjaslepke növekedése, fejlődése, reprodukciós tulajdonságai, túlélőképessége határozza meg. Ezeket a tulajdonságokat a tápnövény minősége befolyásolhatja jelentős mértékben. A gyapjaslepke fejlődési alakjaiban olyan biológiai, élettani változások következhetnek be, amelyek az egyedszám növekedésének hatására indulnak be. Ezek a változó biológiai, élettani tulajdonságok főként a gazdanövény tulajdonságaitól függenek. A tápanyagok változása a rovarok fiziológiai tulajdonságaira, főként a hormonrendszerre hatnak. Ez az egyik legmeghatározóbb a közvetlenül ható tényezők közül, amelyek a populációk túlszaporodását szabályozhatják és tömegszaporodást indukálhatnak. A gazdanövényen keresztül érvényesülő közvetett hatás a környezeti hatások sokasága, amely a tápnövény minőségét határozzák meg (Ivanović és Nenadović 1998).

2.6 A tömegszaporodás összeomlásának okai

A *L. dispar* gradációk kialakulásában elsősorban abiotikus - időjárási - tényezőknek lehet jelentősebb szerepe, míg a gradációk összeomlását főként biotikus tényezők, főleg parazita rovarok (elsősorban fürkészlegyek), degenerálódás és vírusos pusztulás okozza (Szontagh 1977). A gyapjaslepke 2003-ban kezdődő tömegszaporodása során az összeomlás a természetes ellenségek (pl. fürkészlegyek) elszaporodásának, valamint a kialakult vírusjárványnak (NPV), illetve a tarrágást követő éhezésnek volt köszönhető (Csóka és Hirka 2009). A biotikus tényezők mortalitást okozó szerepe jelentős, de hatásukat az abiotikus faktorok, az időjárás elemei segíthetik. A korábban lezajlott gradációk alkalmával a gyapjaslepke teljes életciklusa alatt, az egyes fejlődési stádiumokban mérhető hőmérséklet vizsgálatánál beigazolódott, hogy a hőmérséklet a lárvapopuláció akár 45-48%-os mortalitását idézheti elő, ha megvizsgáljuk a korán és a később kelt egyedek kifejlődése közti különbségeket (Maksimović et al. 1962). Az alacsony hőmérséklet például jelentős hatással van a telelő petecsomókra. Az őszi és a tavaszi alacsony hőmérséklet petemortalitást okozó hatása kiemelkedő, de a tél közepén jelentkező 0 C° alatti hőmérséklet nagyobb mértékű pusztulást eredményezhet a petecsomókban. Ugyanakkor a peteparazitoidok mortalitása a fagyponthoz alatti hőmérsékleten a telelés folyamán magasabb, mint a petéké (Bess, 1961). Campbell (1975) vizsgálatai szerint a nagy egyedszámú gyapjaslepke populációk összeomlása mindig összefüggött a júniusban lehulló nagy mennyiségű csapadékkal. A petecsomókból kikelő lárvák az erősen csapadékos időjárás következtében nagy arányban pusztulhatnak el. (Bess, 1961). Tapasztalatok szerint a humid erdőtípusokban a vírusjárvány, szárazabb területeken pedig az éhség okozta tömeges pusztulás volt a 2006-ban megfigyelt összeomlás gyakoribb oka (Csóka és Hirka 2009). Összességében, ha az időjárás hatásai és a biotikus tényezők fellépése egyszerre következnek be, egymás hatásait fokozhatják és a tömegszaporodás összeomlása rövid idő alatt zajlik le.

A gyapjaslepke 1992-től 1994-ig tartó tömegszaporodása során Szlovákiában megvizsgálták a gyapjaslepke populációinak összeomlásában jelentős szerepet játszó természetes ellenségeket. Az eredmények azt mutatták, hogy a gradáció különböző szakaszaiban különböző mortalitást okoznak ezek a tényezők; a kórokozók, a parazitoidok, és a predátorok. A kórokozók a gradáció kulminációs szakaszában okozták a legnagyobb lárvamortalitást. A parazitoidok okozta mortalitás az összeomlás szakaszában volt a legmagasabb, de a látens szakaszban is hasonló volt ez az érték (1. táblázat) (Turčani et al.

2001). A predátorok hatása akkor bizonyul erősebbnek, ha a populáció egyedszáma alacsony. Ekkor a parazitoidok és a kórokozók szerepe kisebb (Turcáni et al. 2003). Következő fejezet a gyapjaslepke populációkat szabályozó természetes mechanizmusokat részletesen tárgyalja.

1. táblázat A gyapjaslepke mortalitását okozó biotikus faktorok fenológia szerint, a gradáció különböző fázisaiban (Turcáni et al. 2001)

Gradáció fázisai	Patogének - mortalitási %				Parazitoidok - mortalitási %				Predátorok - mortalitási %			
	pete	lárva	báb	adult	pete	lárva	báb	adult	pete	lárva	báb	adult
progradáció	nem jelentős	31,7	2	nem jelentős	0,6	34,8	11,9	nem jelentős	4,9	nem ismert	nem ismert	nem ismert
kulmináció	nem jelentős	60,3	2	nem jelentős	0,1	35,1	15,9	nem jelentős	11,4	nem ismert	nem ismert	nem ismert
összeomlás	nem jelentős	33,3	0	nem jelentős	0,3	63,7	nem ismert	nem jelentős	nem ismert	nem ismert	nem ismert	nem ismert
látencia	nem jelentős	59	nem ismert	nem jelentős	4,2	46,5	9,6	nem jelentős	21,5	nem ismert	86,3	nem ismert

2.7 A gyapjaslepke populációkat szabályozó természetes mechanizmusok

A gyapjaslepke minden fejlődési alakjának számos természetes ellensége van. Kontinensektől, földrajzi helytől és populációktól függően, valamint az évek múlásával változhat a gyapjaslepke különböző fejlődési alakjaiban előforduló élősködő fajok összetétele. A populációkat szabályozó természetes mechanizmusok (patogének, predátorok, paraziták) megismerése alapvető az esetleges védekezési döntésekhez. Ha a természetes szabályozó mechanizmusokat a kémiai védekezésnél nem vesszük figyelembe, akkor a túlszaporodás több éves elhúzódására kell számítani. A különböző hatásokat, amelyek befolyásolhatják a populációk egyedszámát, nem külön-külön, hanem együttesen kell vizsgálni. Önállóan nem voltak és nem is lesznek képesek arra, hogy megakadályozzák a tömegszaporodást, egymást segítve és együtt fellépve azonban, rövid időn belül csökkenhet a gyapjaslepke populációk egyedszáma.

2.7.1 Madarak

A madarak osztályán belül a gyapjaslepke petéket a cinegék, csuszkák, harkályok, illetve más rovarévó énekes madarak fogyasztják. A széncinege (*Parus major* Linnaeus, 1758) jelentős mértékű petefogyasztásáról Chernel István már több mint 100 éve említést tett (Chernel 1899). Az 1950-es években az áttelelő petecsomók vizsgálatakor a madarak a vizsgált peték 25-90%-át pusztították el, bár a madarak számára a gyapjaslepke petéi élvezhetetlenek és csak az éhezés elkerülése érdekében fogyasztják őket (Higashiura 1989). Az 50-es évek közepén a gradáció éveiben, október és április hónapokban a széncinegék, kékcinegék csuszkák és fakúszók, míg bükk és vörösfenyőn a széncinegék és a fakúszók táplálkoztak a petecsomókon. Ezek a madarak az 500-740 petéből álló petecsomó petéinek 33-69 %-át, a kisebb 100-450 petéből álló csomók 80-100 %-át fogyasztották el. A peték pusztítása a tömegszaporodás összeomlásában jelentős szerepet játszott azokban az években (Reichart 1959).

A petéken kívül a hernyók sem a legkedveltebb táplálékaik a madaraknak, de több leírás említi, hogy az erősen szőrös hernyókat a kakukk (*Cuculus canorus* Linnaeus, 1758) eszi tömegesen. Egyetlen kakukk begyében egy alkalommal 49 gyapjaslepke hernyót

találtak. A kakukk mellett még az aranymálinkót (syn.:sárgarigó) (*Oriolus oriolus* Linnaeus, 1758), valamint a nagy tarka harkályt (*Dendrocopos major* Linnaeus, 1758) figyelték meg, mint a gyapjaslepke hernyóinak jelentősebb fogyasztóit (Ujhelyi 1926).

A bábokat cinegék, a csuszka (*Sitta europaea* Linnaeus, 1758), valamint harkályfélék, rigók és a fakusz, például a hegyi vagy hosszúkarmú fakusz (*Certhia familiaris*, Linnaeus, 1758) fogyasztják.

A lepkéket elsősorban a lappantyú (európai lappantyú: *Caprimulgus europaeus*, Linnaeus, 1758) vadássza, de a gébicsek (töviszúró gébics (*Lanius collurio* Linnaeus, 1758) is zsákmányolják (Csóka és mtsai. 2005).

2.7.2 Emlősök

A talaj felszínén vonuló hernyókat sünök (európai sün (*Erinaceus europaeus* Linnaeus 1758), cickányok (*Soricidae* Waldheim, 1814) és a rágsálók, a bábokat cickányok és rágsálók is tizedelik. Európában az erdei egerek (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758) tömegesen fogyasztják a fatörzs alsó részein lévő bábokat. Az *Apodemus* spp. fajok között a legnagyobb báb mortalitást az erdei egér és a sárganyakú erdei egér (*Apodemus flavicollis* Melchior, 1834) táplálkozása okozta (Gschwantner et al. 2002). Az USA-ban évről-évre változó nagyságúak a kisemlős populációk. Ha a gyapjaslepke egyedszáma alacsony, akkor a bábpusztulásért legnagyobb mértékben felelős faj a fehér lábú egér (*Peromyscus leucopus* (Rafinesque, 1818), amely befolyásolhatja a gyapjaslepke populáció változásait (Jones et al. 1998). Az említett kisemlősök általános ragadozók, és a gyapjaslepke a kevésbé kedvelt táplálékuk. A populációk szabályozásában, a parazita szervezetekkel ellentétben csak akkor van jelentőségük, ha a gazdaszervezetek száma alacsony (Liebhold et al. 2000). Ha a tömegszaporodás kezdeti fázisában van a kártevő populáció, akkor a gerinces ragadozók egyedszáma legtöbbször alacsony (Campbell és Sloan 1977).

2.7.3 Ragadozó rovarok

A populációszabályozó természetes mechanizmusokat legnagyobb fajszámmal az ízeltlábúak törzse és ezen belül a rovarok osztálya képviseli. Igen jelentős természetes ellenségek a ragadozó rovarok. A rendszertani besorolásuk az alábbi:

I. Ízeltlábúak törzse (Arthropoda)

A. Rovarok osztálya (Insecta)

a. Csótányyszerűek rendje (Dictyoptera) Fogólábúak alrendje (Mantodea)

- Imádkozó sáskák családja (Mantidae):
imádkozó sáska (*Mantis religiosa* Linnaeus, 1758)

b. Poloskák rendje (Heteroptera)

- Címerespoloska-félék családja (Pentatomidae):
Podisus maculiventris Say, 1832
vöröslábú címerespoloska (*Pentatoma rufipes* Linnaeus, 1758)

c. Bogarak rendje (Coleoptera)

Ragadozó bogarak alrendje (Adephaga)

- Futóbogarak családja (Carabidae):
aranyos bábrabló (*Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758)
kis bábrabló (*Calosoma inquisitor* Linnaeus, 1758)
Calosoma calidum Fabricius, 1775
Calosoma scrutator Fabricius, 1781
Calosoma frigidum Kirby, 1837

Mindenevő bogarak alrendje (Polyphaga)

- Porvafélék családja (Dermestidae):
közönséges szalonnabogár (*Dermestes lardarius* Linnaeus, 1758)
- Dögbogárfélék családja (Silphidae)
négy pettyes hernyórabló (*Dendroxena quadrimaculata* Scopoli, 1772) (syn.:
Xylodrepa quadripunctata Schreber, 1759)

d. Hártyásszárnyúak rendje (Hymenoptera)

- Darazsak családja (Vespidae)
Fehér arcú lódarázs (*Dolichovespula maculata* Linnaeus, 1763)
(<http://www.faunaeur.org/>)

B. Pókszabásúak osztálya (Arachnida)

a. Pókok rendje (Araneae)

- Hiúzpókok családja (Oxyopidae):

Oxyopes sertatus Koch, 1877

Oxyopes licenti Schenkel, 1953 (syn.: *O. badius* Yaginuma, 1967) (Platnick 2013)

b. Bársonyatka-alakúak rendje (Trombidiformes)

- Bársonyatkák családja (Trombidiidae):

Tavaszi bársonyatka (*Trombidium holosericeum* Linnaeus, 1758)
(<http://www.faunaeur.org/>)

Legismertebb képviselőik a kis bábrabló és az aranyos bábrabló. Európán kívül jelentősek még a *Calosoma calidum*; a *Calosoma scrutator* és a *Calosoma frigidum*. Lárvaik és a kifejlett bogarak is ragadozó életmódot folytatnak, fejlettebb hernyókkal és a bábokkal is táplálkoznak. Egyetlen aranyos bábrabló lárva kifejlődésének 14 napja alatt 41 kifejlett gyapjaslepke hernyót pusztított el (Györfi 1957). A szalonnabogár gyakran található a gyapjaslepke petecsomóiban. Egy-egy petecsomóban lévő petéket akár teljes egészében is elfogyaszthatja. A négy pettyes dögbogár, vagy hernyórabló lárvája és imágója is ragadozó, a gyapjaslepke az egyik leggyakoribb zsákmánya (Csóka és mtsai. 2005). A ragadozó poloskák közül a *Podisus maculiventris* predátor tevékenységét figyelték meg a gyapjaslepkén amerikai kutatók. A vöröslábú címerespoloska is ragadozó, a gyapjaslepke hernyóját fogyasztja, de jelentősége kevésbé ismert. A *Dolichovespula maculata*, valamint az imádkozó sáska zsákmányállatai között is szerepelhet a gyapjaslepke (Doane és McManus 1981). Magyarországi megfigyelések mellett iráni kutatók is igazolták a ragadozó atkák szerepét a peték pusztításában. Az azonosított fajok az *Allothrombium* sp. (Trombidiidae) nemzetségbe tartoztak (Saeidi 2011). A *Trombidium holosericeum* petecsomókon élősködő tavaszi bársonyatka Magyarországon is megfigyelt (Gyulai, 2005) ragadozó életmódot folytató atkák (5. ábra). Az atkák mellett az *Oxyopes sertatus* és az *Oxyopes badius* pók fajok, mint potenciális gyapjaslepke predátorok említhetők. A vizsgálatok szerint a pókok a *Lymantria dispar* petéit, lárvaikat, bábjaikat, sőt az imágót is megtámadhatják. Fontos mortalitást okozó csoportként sorolhatók a ragadozók közé, bár hatásuk mértéke a vizsgálatokban nem volt teljesen tisztázható (Furuta 1977).



5. ábra A tavaszi bársonyatka gyapjaslepke petecsomón táplálkozik

Fotó: Nagy Krisztina

2.7.4 Parazitoid rovarok

A gyapjaslepke populációinak féken tartásában az egyik legjelentősebb szerepet a parazitoid rovarok játsszák. Európa szerte a gyapjaslepke parazitoidjainak 165 fajtát sikerült azonosítani, amelyből 109 a *Hymenoptera* rendből, 56 a *Diptera* rendből került ki (Grijpma 1989). Ezek közül 20 faj figyelhető meg rendszeresen (Lipa 1996). A peteparazitoidok rendszertani besorolása az alábbi:

I. Ízeltlábúak törzse (Arthropoda)

A. Rovarok osztálya (Insecta)

a. Hártyásszárnyúak rendje (Hymenoptera)

- Horpadt fémfürkészek családja (Eupelmidae):

Anastatus bifasciatus Geoffroy, 1785

Anastatus japonicus Ashmead 1904, (syn.: *Anastatus disparis* Ruschka, 1920)

Eupelmus spp. Dalman, 1820

- Encyrtidae család:

Ooencyrtus kuvanae (Howard, 1910) (syn.: *Schedius kuvanae*)

- Scelionidae család

(<http://www.faunaeur.org/>)

A peteparazitoidok közül Újhelyi 1926-ban számolt be az *Anastatus bifasciatus*, valamint, a *Schedius kuvanae* darázs-fajok lárváinak élősködéséről a petékben. Az *Ooencyrtus kuvanae* a legtöbb európai országban, így Magyarországon is megtalálható, de átlagosan a peték mindössze 0-5%-át pusztítja el (Gyulai 1988). A peteparaziták között az *Anastatus japonicus* gyakran előfordul Európában (Vasić and Salatić 1959). A faj Ázsiában őshonos, a gyapjaslepke elleni biológiai védekezés céljából Európa több országába, többek között Bulgáriába és a korábbi Jugoszláviába is betelepítették. A két faj között az 50-es években zajló tömegszaporodás alkalmával azt a különbséget találták, hogy a betelepített *O. kuvanae* nagyobb arányban parazitálta a petéket, mint az *A. japonicus*. Egy petéből akár kettő, vagy három *O. kuvanae* is kifejlődhet (Tadić 1959). Jelentősége összességében mégis kisebb. A Magyarországon 2003-tól 2006-ig zajló tömegszaporodás során a peték 10-13%-a volt parazitált (Vörös et al. 2005). A kirepülő egyedek szinte 100%-a *Ooencyrtus kuvanae* volt (6. ábra). Kis számban fordult elő a mintákban az *Eupelmus* spp., valamint egy Scelionidae családból származó faj (Vörös et al. 2005).



6. ábra Az *Ooencyrtus kuvanae* peteparazitoid

Forrás: <http://fubyss.ento.vt.edu>

A hernyókon vagy a hernyókban élősködő néhány parazitoid rendszertani besorolása az alábbi:

I. Ízeltlábúak törzse (Arthropoda)

A. Rovarok osztálya (Insecta)

a. Kétszárnyúak rendje (Diptera)

- Fürkészlegyek családja (Tachinidae):

Blepharipa pratensis Meigen, 1824
Blepharipa (korábbi: *Blepharipoda*) *schineri* Mesnil, 1939
Blepharipa (korábbi: *Blepharipoda*) *scutellata* Robineau-Desvoidy, 1830
Blondelia nigripes Fallen, 1810
Senometopia excisa Fallen, 1820 (syn.: *Carcelia aurifrons* Robineau-Desvoidy, 1830 = *Tachina excisa* Fallen, 1820)
Carcelia gnava Meigen, 1824
Aphantorhaphopsis samarensis Villeneuve, 1921
Compsilura concinnata Meigen, 1824
Drino inconspicua Meigen, 1830
Exorista fasciata Fallen, 1820
Exorista japonica Townsend, 1909
Exorista larvarum Linnaeus, 1758
Exorista rossica Mesnil, 1960
Exorista segregata Rondani, 1859
Blondelia nigripes Fallen, 1810 (syn.: *Lydella nigripes* Fallen, 1906)
Palexorista disparis Sabrosky, 1976
Parasetigena segregata Rondani, Jermy 1957
Parasetigena silvestris Robineau-Desvoidy, 1863
Drino gilva Hartig, 1838,
Exorista (korábbi: *Tachina*) *larvarum* Linnaeus, 1758
Voria ruralis Fallen, 1810
Winthemia venusta Meigen, 1824
Zenillia libatrix Panzer, 1798,

b. Hártyásszárnyúak rendje (Hymenoptera)

- Gyilkosfürkészek családja Braconidae:

Protopanteles fulvipes Haliday, 1834
Apanteles lacteicolor Viereck 1911
Cotesia melanoscela (korábbi: *Apanteles melanoscelus*) Ratzeburg, 1844
Apanteles solitarius Ratzeburg, 1844
Protopanteles liparidis Bouché, 1834
Protopanteles porthetriae Muesebeck, 1928
- Valódi fürkészek családja (Ichneumonidae)

Coccygomimus disparis Viereck, 1911 (syn.: *Phobocampe disparis*)

Hyposoter disparis Viereck, 1911
Hyposoter tricoloripes Viereck, 1911
Lymantrichneumon disparis Poda, 1761
Phobocampe lymantriae Gupta, 1983
Phobocampe uncinata Gravenhorst, 1829
Pimpla rufipes Miller 1759 (korábbi: *Pimpla hypochondriaca* Retzius, 1783)
Theronia atalantae Poda, 1761
<http://www.faunaeur.org/>

A hernyókat pusztító parazitoidok életmódja sokféle. Egyes fürkészlegyek a hernyók testére petéznek, mások, mint például a gyapjaslepke fürkészlégy (*Blepharipa pratensis*) pedig petéit a levelekre rakja. A hernyók ezeket egészben elfogyasztják, és a hernyó testében kikelő lárvák kezdik el belülről fogyasztani gazdaállatukat. E faj nőtényei érzékelik a hernyók által megsebzett levelekből kiáramló vegyületeket, így petéiket közvetlenül a rágott levelekre, illetve azok közvetlen közelébe rakják le. Gyakori eset, hogy egyetlen hernyóban két különböző fürkészlégy lárvái is kifejlődnek (Csóka és mtsai. 2005). A *Blepharipa pratensis* és a *Parasetigena silvestris*, a két legfontosabbnak tekinthető parazitoidja a gyapjaslepkének, amely Európában és az USA-ban egyaránt jelentősek. Az utóbbi a lárva testére ragasztja petéit (7. ábra). A lárva parazitoid fajai közül a *Protopanteles liparidis* és a *Protopanteles porthetriae* Közép-Európában jól ismert fajok, de a tengerentúlon még nem azonosították őket. Ausztriában a *Protopanteles liparidis* nagy számban volt megfigyelhető. A *P. porthetriae* és a *Cotesia melanoscela* egyaránt szignifikáns mortalitást okozott az alacsony egyedszámú populációkban (Hoch, et al. 2001). Az *Apanteles* nemzettség további, azonosított faja az *Apanteles solitarius* melyek nem értek el magas parazitáltsági arányt a vizsgált gyapjaslepke lárvákon (Vasić and Salatić 1959). Ezek a fajok petéiket a lárvabőrre átszúrva helyezik gazdaállatuk testébe. További gyapjaslepke parazitoidok ebben a nemzettségben: *Protopanteles fulvipes*, és az *Apanteles lacteicolor* (Györfi 1961). A Szlovákiában és Ausztriában végzett vizsgálatokban az Ichneumonidae családba tartozó fajok közül főként a *Phobocampe* spp. nemzettség fajait sikerült nagy számban azonosítani a kulmináció késői fázisában. A megfigyelt fajok a *Lymantrichneumon disparis*, *Pimpla rufipes*, a *Phobocampe uncinata*, a *Hyposoter tricoloripes*, a *Hyposoter disparis*, a *Theronia atalantae* és a *Phobocampe lymantriae* voltak (Hoch et al. 2001).

Újhelyi (1926) vizsgálataiban a polifág légyparazita *Compsilura concinnata* lárvája az utolsó gyapjaslepke lárvastádiumokban tömegesen lépett fel és jelentős arányú gyapjaslepke hernyópusztulást okozott. Abban az időszakban hasonló jelentőségű fajoként került megemlítésre a *Parasetigena segregata*, a *Tachina larvarum*, a *Carcelia gnava*, *Senometopia excisa*, a *Blondelia nigripes*, a *Zenillia libatrix*, a *Durmia gilva*, *Drino inconspicua*, a *Blepharipa schineri*, a *Blepharipa scutellata*, a *Blondelia nigripes* és az *Exorista fasciata*. A következő évszázadban, a *Compsilura concinnata* és a *Exorista larvarum* kis számban fordult elő a *Lymantria dispar* lárvá parazitoidjaiként (McManus és Csóka 2007). A lárvaparazitoid fajok jellemzően a gyapjaslepke két utolsó lárvastádiumában ölik meg a gazdaszervezetüket. Kisebb jelentőségű, a *Voria ruralis* és *Ceranthia samarensis* parazitoidok. Előbbi Magyarországon is előforduló bagolylepke specifikus parazitoid, utóbbi ritkán fordul elő hazánkban és a hernyókat viszonylag korai stádiumban pusztítja el. Gyapjaslepke lárvákból nevelték ki Európa több országában a *Winthemia venusta*-t, de Magyarországon még nem azonosították. További jelentős gyapjaslepke parazitoidok az *Exorista segregata*, az *Exorista rossica*, valamint az *Exorista japonica* és a *Palexorista disparis* (Tóth, 1988).



7. ábra *Parasetigena silvestris* parazitoid a gyapjaslepke lárvá testén

Fotó: Nagy Krisztina

A bábok természetes ellenségei között több fürkészléggy sorolható fel. Mivel ezek a legyek előnyben részesítik a fejlett lárvákat, amelyekbe petéiket helyezik, kifejlődésük már a bábokban fejeződik be. A jelentősebb fajok rendszertani besorolása az alábbi:

I. Ízeltlábúak törzse (Arthropoda)

A. Rovarok osztálya (Insecta)

a. Kétszárnyúak rendje (Diptera)

- Fürkészlegyek családja (Tachinidae):

Blepharipoda scutellata Robineau–Desvoidy, 1830

b. Hártyásszárnyúak rendje (Hymenoptera)

- Valódi fürkészek családja (Ichneumonidae):

Theronia atalantae Poda, 1761

Gregopimpla inquisitor Scopoli, 1763

Apechthis compunctor Linnaeus, 1758

Apechthis rufata Gmelin, 1790

Pimpla rufipes Miller 1759 (syn.: *Pimpla instigator* Fabricius, 1793)

Pimpla instigator Fabricius, 1793

Pimpla turionellae Linnaeus, 1758

Polytribax perspicillator Gravenhorst, 1807

Lymentrichneumon disparis Poda, 1761

- Vastagcombú fémfürkészek családja (Chalcididae)

Brachymeria tibialis Walker, 1834 (korábbi: *B. intermedia* Nees, 1834)

Brachymeria femorata Panzer, 1801

- Hosszúfarkú fémfürkészek családja (Torymidae)

Monodontomerus aereus Walker, 1834

<http://www.faunaeur.org/>

A bábok vizsgálatakor Szerbiában a mortalitásért felelős legfontosabb *Tachinidae* faj a *Blepharipoda scutellata* volt, míg egy másik vizsgálatban az egyetlen faj, amely az előbáb, vagy a bábállapot során parazitoidként azonosítható volt a *Theronia atalantae*. Több évtizedben zajló megfigyelések és vizsgálatok az alábbi fajokat azonosították a bábok parazitoidjaiként: *Gregopimpla inquisitor*, *Apechthis compunctor*, *Apechthis rufata*, *Pimpla instigator*, *Pimpla turionellae*, *Polytribax perspicillator*, *Lymentrichneumon disparis* (Ristić et al. 1998).

Jól ismert elsődleges bábparazita a *Brachymeria tibialis*, amely polifág faj. A bábok elsődleges és gyakran másodlagos parazitája a *Monodontomerus aereus*, amely a gyapjaslepke több elsődleges bábparazitáinak hiperparazitájaként ismert (Muesbeck 1931). Főként a bebábozódott *Tachinidae* fajok bájába helyezi tojásait.

2.7.5 Kórokozók, mint populációszabályozó mechanizmusok

A tömegszaporodás során kialakuló táplálékhiány, vagy a kedvezőtlen időjárás gyakran vezet járványok kialakulásához, ami esetenként a tömegszaporodás összeomlását is okozhatja. Ezeket a járványokat előidézhetik baktériumok, gombák és vírusok. Bizonyos elemzések rámutattak arra, hogy a gyapjaslepke természetes ellenségei közül a legnagyobb jelentősége a patogén kórokozóknak van a gradációk összeomlásában. Ugyanakkor a kórokozók fertőzését, hatáskifejtését számos gyapjaslepkével táplálkozó vektor segíti. A madarak, emlősök, paraziták, predátorok fontos szerepet játszanak a kórokozók terjesztésében (Lautenschlager and Podgwaite, 1979; Reardon et al., 2009).

A 70-es években kutatók vizsgálták meg, hogy a beteg gyapjaslepke lárvákból milyen baktériumok izolálhatók. Az aerob baktérium izolátumokban a leggyakoribb kórokozó fajok a *Streptococcus faecalis*, a *Bacillus cereus*, a *Bacillus thuringiensis* és a *Pseudomonas* spp. voltak (Podgwaite and Campbell 1972). A *Streptococcus faecalis* gyors szaporodása csak akkor kezdődik meg a gyapjaslepke lárvák bélcsatornájában, ha az ott jelen lévő NPV (Nucleo Polyhedrosis Virus) akuttá válik (Doane 1967).

A gyapjaslepkén kívül számos élőlényen, gerinctelen és gerinces állatokon, sőt az emberen egyaránt élőskehetnek a *Microsporidia*-k. Obligát intracelluláris parazita csoport, amelynek egyik családja a *Nosematidae*. A *Nosema* spp. fajok a gyapjaslepke minden fejlődési stádiumában fertőznek, és a petékkel is terjednek. A lárvák elpusztulnak a hatására, de az imágó és a peték tovább terjeszthetik a kórokozót, és adott körülmények között a tömegszaporodások megelőzésében szerepük lehet (Weiser 1963). A *Microsporidia* csoportba tartozó, gyapjaslepkén élőskező fajok listája a melléklet 1. táblázatában olvasható.

A gyapjaslepke lárvák jelentős arányú mortalitását okozhatja egy Japánban azonosított gombakórokozó. Az *Entomophaga maimaga* egy gazdaspecifikus gomba, amely nagy virulenciájú. A gomba egy enzime segítségével hatol be a lárvá testébe, ahol gyorsan terjed. Fertőzéséhez a párás, csapadékos időjárás szükséges. Észak-Amerikában is megtalálható, gyorsan terjedő kórokozó. Ahol felszaporodik, jelentős arányban vesz részt a gyapjaslepke populáció szabályozásában. Európában jelentősége kisebb. A kontinensünkön mindenütt előfordulhat, ahol a *Lymantria dispar* tömegszaporodás zajlik, de komolyabb mortalitást okozó hatásáról csupán Bulgáriából számoltak be 2006-ban. Itt a

gombafertőzés gyakorisága több év alatt 6-13% között változott (Pilarska et al. 2006). A gomba kitartó spórái gazdaszervezet hiányában 2-3 évig is életképesek maradhatnak.

Hasonlóan gyors és nagy fokú mortalitást ér el gyapjaslepke lárvákra a *Conidiobolus coronatus* gomba. Hatására a lárvák színe fakul, a lárvatest zsugorodik, majd kiszárad (Hartmann and Wasti 1974).



8. ábra A sejtmag poliéder vírus hatására pusztuló hernyó

Fotó: <http://www.forestryimages.org>

A vírusok a gyapjaslepke populációkat szabályozó kórokozók között különösen fontos részt képviselnek. A kórokozók közül a legutóbbi tömegszaporodások alkalmával kiemelkedő hatása a vírusoknak volt. A vírusok nem csak a lárvákat, de a petéket is pusztíthatják (Doane és McManus 1981). A gyapjaslepke tömegszaporodása során azonosított entomopatogén vírusok csoportjai a bakulovírusok (Pl. a sejtmag poliéder vírus (NPV)), a granulózis vírusok (GV), és a citoplazma poliéder vírusok (CPV). A sejtmag poliéder vírust elsődleges mortalitási tényezőként ismerték el azok a tanulmányok, amelyek a tömegszaporodások közül azokat vizsgálták, ahol a gyapjaslepke populáció sűrűsége nagy volt (Campbell és Podgwaite 1971; Cardinal és Smirnov 1973). A vírus terjedését a napi átlaghőmérséklet emelkedése fokozta (Vasiljević 1958). Európa több országában a sejtmag poliéder vírus és a *Microsporidia*-k (különösen a *Nosema* spp.) közösen 60-70%-os gyapjaslepke lárvák mortalitást ért el (McManus és Solter. 2003). Az NPV tüneteinak megnyilvánulása, főként az éhezõ, legyengült populációkon jellegzetes (8. ábra). A kórokozók közül többet a biológiai hatóanyagú növényvédõ szerek készítéséhez is

felhasználtak, éppen a hatékonyságuk, vagy szelektivitásuk miatt. Ilyenek például gyapjaslepke esetében a *Bacillus thuringiensis* alapú készítmények, illetve a sejtmag poliéder vírusából nyert hatóanyagok.

2.8 A gyapjaslepke elleni védekezési lehetőségek

A kémiai védekezési módszereket általában, mint megszüntető védekezési eljárásokat ismerjük, amelyeket a már kárt okozó mértékben fellépett károsítók és kórokozók ellen alkalmazunk. A kémiai védekezés bizonyos körülmények között megelőző jellegű is lehet: pl. egy adott faj elleni kémiai védekezés a kártételének megelőzését eredményezi, de vannak esetek, amikor a megelőző és megszüntető védekezés egymást kiegészítve kerül alkalmazásra, amikor egy károsító rovar kisebb populációjának elpusztításával megelőzzük annak elszaporodását. Az erdővédelemben régebben használt módszerek a mechanikai megszüntető védekezési eljárások (Gombály 2008). A gyapjaslepke ellen az 1900-as évek elején kezdetleges mechanikai módszer a petecsomók lekaparása volt, amely rendkívül munkaigényes és nem jelentett tökéletes megoldást, hiszen a peték így is életképesek maradtak (Bohus 1907). Később a lekapart petecsomók elégetését javasolták, amely már hatékonyabbnak bizonyult.

A lárvák számának csökkentése érdekében az első védekezési módszer a kátrány, petróleum, valamint a mész használata volt, amit a petecsomóra kentek fel. Az így felkent anyagok alatt a peték befulladtak és a lárvák nem keltek ki. A mechanikai, vagy a kezdetleges „kémiai” módszerek a nagy munkaigényük és költségeik miatt nem terjedtek el, ezért ma már a kémiai védelemre és főként az integrált erdővédelemre helyeződik a hangsúly, amikor nagy erdőterületeket érintő és nagy gazdasági kárral járó helyzet megoldására van szükség.

Az integrált erdővédelemben a fő szerep a megelőzésé, amikor alkalmazni kell a termőhely, a fafaj megválasztás, a termőhely rekonstrukció, az erdőművelés és az erdészeti nemesítés lehetőségeit is a károk megelőzése érdekében (Tóth és Csóka 1999). Fontos megjegyezni, hogy a károsító kifejezés, csupán az ember szempontjából jelenti a gazdasági érdeket sértő károkozót, viszont a károsítókat jelentő fajok az erdei ökoszisztéma részei, amelyek hozzájárulnak a populációk közötti egyensúly megőrzéséhez (Csóka és Traser 1995). A károkozás megelőzésének egyik lehetősége az erdők fajgazdagságának és strukturális változatosságának növelése. Ezek biztosítása mellett a vegyszeres védekezések nélkülözhetetlenek, de a helyzettől függő szempontok szerint korlátozni kell a kémiai hatóanyagok felhasználását. A gyapjaslepke elleni védekezések tervezésénél fő szempont, hogy a tömegszaporodás kitörési pontjain történjen a kezelés és fontos, hogy a fiatal lárvák ellen végezzük el a kezeléseket (Leskó 1989). Ha a kémiai védelmet jól időzítjük, megakadályozhatjuk a nagyobb kárt, és hogy a gradáció földrajzi kiterjedése növekedjen.

A védendő területek kijelölésénél azokat a területeket kell kiemelten kezelni, ahol lakott terület, üdülőövezet van a közelben. Különösen veszélyeztetett terület az erdősítés, ahol a csemeték, vagy fiatal fák nem képesek kiheverni a kártételt. Ha a hernyórágás veszélyt jelent a makktermő állományokra, valamint jelentős fapusztulással járna, akkor is szükség lehet a beavatkozásra, azaz a kémiai vagy biológiai hatóanyagokkal végzett növényvédelemre (Csóka és mtsai 2005).

2.8.1 Kémiai védelem

A gyapjaslepke a túlszaporodásai során gyakran éri el azt a populáció nagyságot, amikor már bizonyos területeken kémiai védelemre van szükség. A vegyszeres növényvédelmi beavatkozás csak a szigorú elvek szerint meghatározott területeken szükséges, ellenkező esetben a tömegszaporodás elhúzódásával kell számolni. A védelem sikere függ a felhasznált növényvédő szer típusától, a kijuttatás módjától, valamint a kijuttatás idejétől, azaz a károsító optimális fenológiájától. Más szempontokat kell megfontolni egy biológiai hatóanyagú, és mást egy kémiai hatóanyagú rovarölő szer kijuttatásánál. A kezelések tervezésénél figyelembe kell venni, hogy az erdőterületeken végzett légi növényvédelem sajátos hatást jelent a környezetre nézve. Nem kívánt mellékhatások alakulhatnak ki, amely hosszú távú veszélyt jelent az erdő és a környezete élővilágára. Emiatt a védekezéseket körültekintően, csak a szükséges területre szűkítve, és szigorú szakmai elvek szerint szabad elvégezni.

Az erdőterületeken végzett hatásvizsgálatokban a piretroid hatóanyagú készítmények használatakor megállapítható volt, hogy nem kifejezetten erdőre szabott készítmények, mivel minden rovarot elpusztítanak: A gyapjaslepke lárvák mellett jelentős számú aranyos bábrabló, kis bábrabló és négy pettyes dögbogár is elpusztul a használatuk során (Lengyel és mtsai. 1995).

Az 1980-as években egyre népszerűbbé váltak a kitinszintézist gátló szerek, amikor különösen a Dimilin ODC, a Cascade 5 EC, az Alsystin 25 WP, valamint a Nomolt 15 SC mutatott jó eredményeket a gyapjaslepke elleni integrált technológia kidolgozása érdekében beállított kísérletekben (Barkócziné és mtsai 1988, Barkócziné és Szabó 1988). Meg kell említeni, hogy ez a szercsoport, abban az esetben, ha a lárva parazitált, elpusztítja a lárvában élő parazitoidokat, valamint a lárvákkal táplálkozó rablórovarok álcáit is, mint pl. a *Calosoma* fajokat (Leskó 1989).

A tendencia szerint a kitinszintézist gátló szerek mellett, egyéb hatóanyagok köre is kiszélesedik. A metoxifenozyd hatóanyag előnye hogy hatásukat a kijuttatást követően gyorsan kifejti, ezzel a lombvesztés mértéke még kisebb lesz, mint a kitinszintézist gátló szerek esetében (Lengyel 2005). A vedlést beindító hatású inszekticidek a megfelelő időben kijuttatva gyorsan kifejti hatásukat, és a kezelést követően akár 90 % feletti hatékonyságot is el tudnak érni. Az indoxakarb hatóanyagot 2005 után engedélyezték, amely egy kitinszintézist gátló szerektől eltérő hatásmechanizmussal jelent további lehetőséget a gyapjaslepke elleni gyors védelemben. A lárva emésztőrendszerén keresztül bekerülve a lárva testébe, néhány percen belül leállítja a táplálkozást. Ennek következtében a rágás a kezelést követő rövid idő alatt szűnik meg (Lucza et al. 2006). A hatás gyorsaságától függetlenül minden védekezési kísérlet igazolta, hogy a kezelés optimális ideje akkor van, amikor a hernyó még csak az L₂ stádiumban van. Ekkor kezdi meg táplálkozását a lárva, és a felvett táplálék mennyisége egységnyi időn belül kevesebb, mint fejlettebb állapotban. A nagyobb lárváknál a készítmények hatása jelentősen csökken (Tóth és Kocsis 1974). A kezeléseket másik fontos szempontja a rovarölő szerek kiegészítése hatásfokozó, pontosabban tapadásfokozó szerek használatával. A gyapjaslepke elleni kezelést követően a tapadásfokozóval kombinált rovarölő szerek használata után kisebb lombvesztés volt tapasztalható a 2006-os vizsgálatok során a Bakonyban (Waldinger 2006). A kémiai növényvédelemben a védekezés tervezésénél nem utolsó szempont, hogy a károsító fenológiája mellett figyelembe kell venni a növényi fenológiát is. A kezeléssel célszerű azt az időszakot megvárni, amikor a lombzat fejlettsége eléri a kellő nagyságot a készítmény megtapadásához.



9. ábra Légi növényvédelem erdőben

Forrás: www.fvm.hu

Erdőterületeken a rovarölő szerek hatásos kijuttatása, nagy területen, légi növényvédelemmel oldható meg (9. ábra). Magyarországon a 44/2005. (V. 6.) FVM-GKM-KvVM együttes rendelet szerint minden mező- és erdőgazdasági légi munkavégzést csak indokolható esetben lehet elvégezni és azt engedélyeztetni kell az illetékes Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságán. A rendelet alapján, az erdőterületeken végzett növényvédelem ezek után még alaposabb átgondolást igényel, de nem nélkülözhető.

2.8.2 Környezetkímélő biológiai védekezési lehetőségek

A gyapjaslepke elleni védekezések során látható volt, hogy a növényvédelmi beavatkozás több esetben nem oldja meg a túlszaporodással járó kártételi veszélyhelyzetet, és a védekezés hatására elhúzódhat a gradáció. A populációk szabályozó mechanizmusainak megóvása érdekében nyilvánvaló, hogy a környezetkímélő védekezési lehetőségeket kell előtérbe helyezni a nem szelektív rovarölő szerek használatával szemben. A biológiai növényvédelem biológiai hatóanyagok alkalmazásával küzd a károsítók elszaporodásával szemben. Erre a célra vírusokkal, baktériumokkal, gombákkal, ízeltlábúakkal, gerinces állatokkal zajlottak kísérletek Magyarországon, melynek kimagasló eredményeit ma is alkalmazza a gyakorlat (Jermy 1969). Észak- Amerikában a sejtmag poliéder vírust, mint hatóanyagot rovarölő szerként alkalmazzák a lárvák pusztítására. A készítmény csak a gyapjaslepke ellen hat. A hatóanyag a természetben is meglévő vírus, amelyet a lombozatra juttatnak ki, május közepén. A többféle lárvastádiumban lévő hernyók táplálkozással veszik fel, melynek következtében a táplálkozásuk leáll. A vizsgálatok szerint a kezelések hatására a gyapjaslepke hernyók 75%-a válik fertőzötté, majd a pusztulás 10-14 napon belül következik be. Fontos megjegyezni, hogy a táplálkozásuk ennél korábban fejeződik be, így a károk is mérséklődnek. A kezelést követően egy második lárvapusztulási hullám is zajlik. Ennek oka, hogy a haldokló hernyókból víruspartikulumok szabadulnak fel, majd a ragadozó rovarok, paraziták segítségével más hernyókat is megfertőznek. Hátrányuk, hogy az emberre, állatra, madarakra és egyéb élő szervezetekre gyakorolt hatásuk még nem ismert (Wisc. Dep.of Nat. Resources 2003). Magyarországon, a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Növény-, és Talajvédelmi Központi Szolgálatára megbízásából, a Veszprém Megyei NTSZ fejlesztési vizsgálatokat végzett az NPV

hatóanyagú Gypchek nevű készítménnyel, 2005-ben. Az eredmények alapján az L₃-L₄ stádiumú lárvák ellen kijuttatott készítmény 60-70% hatást ért el a kezelést követő 13. napon, amely a korábbi fejlettségi stádiumokban kijuttatva feltehetően ennél is jobb eredményt tudott volna elérni (Lucza és Tóth 2005).

A biológiai növényvédelemben a vírusokon kívül a rovarpatogén baktériumok, különösen a *Bacillus thuringiensis* (Berliner) faj jelent nagy lehetőséget a kártevőkkel szemben. Ez a baktérium a rovar bélcsatornáján keresztül fejti ki hatását. Először a bélmozgást bénítja meg azáltal, hogy a baktérium által termelt toxinkristály feloldódik a lúgos kémhatású előbélben. A kórokozó vegetatív alakja enzimek segítségével fúrja át a bélfalat, amikor a testüregbe jut és a gazdaszervezete 1-5 nap alatt elpusztul. A kártétel szempontjából a legfontosabb az, hogy a rovar táplálkozása a baktérium bélcsatornába való kerülésekor leáll, így a károsítás órákon belül megszűnik. A hatóanyag biológiai tulajdonságainál fogva a baktérium készítmény nem biztosít 100%-os hatást, általában 70-80%-os hatásszintet tudnak elérni. A kijuttatás optimális időpontja akkor van, amikor a hernyók L₁-L₃-as stádiumban vannak. Az idősebb lárvák ellen azért sem ajánlatos védekezni, mert a szer a fejlettebb lárvák ellen lassan hat, és sok a túlélő hernyó (Leskó 1989). A kezelést a késő délutáni órákban kell elvégezni, és ügyelni kell arra, hogy a nap UV sugárzása hatására csökken a baktérium életképessége. A tapadásfokozó készítmények használatával a baktérium biopreparátum hatása megközelítheti a 100%-ot. A baktérium „A” patotípusaiból álló készítmények 250 lepkefaj hernyói ellen hatékonyak (Lengyel és mtsai. 1995).

A kártevők bizonyos csoportjainak a gombák is ellenségei lehetnek. A gyapjaslepke patogén gombakórokozója az *Entomophaga maimaga* jelentős patogén hatását 1910-1911-ben tapasztalhatták Észak-Amerikában, ahol a kórokozó nagy arányban lépett fel. A gomba természetes úton jól szaporodik és a gyapjaslepke populációk terjedésével maga is könnyen terjed, és fontos szerepet tölt be a tömegszaporodás szabályozásában. A vizsgálatok során, mesterséges úton próbálták kutatók felhasználni a gomba kitartó spóráit, amelyeket telepítéssel helyeztek el a gyapjaslepke várható kártételi területein. Az eredmények igazolták, hogy a gomba erős pusztító hatást gyakorolt a gyapjaslepke lárvákra. A rovarpatogén gomba egyik előnye, hogy a gyapjaslepkén kívül további *Lepidoptera* hernyókra nem patogén. A hatását akkor tudja kifejteni, azaz szaporodása akkor fokozódik, ha az időjárás nedves, magas a levegő relatív páratartalma. A gyapjaslepke minden lárvastádiuma érzékeny rá. A hatására a lárvák akár 80%-a elpusztulhat. A biológiai hatásmechanizmusú rovarölő szerek fejlesztése során az egyik cél

az, hogy az *Entomophaga maimaga* felszaporítható legyen, és fertőzőképes hatóanyag álljon rendelkezésre. Ennek jelenlegi akadálya, hogy a nyugvó spórák és micéliumok felszaporítása - in vitro körülmények között - eddig még nem eredményezett virulens tenyészeteket. A jövőbeni kutatások további célja, hogy a gomba felhasználható legyen a gyapjaslepke elleni küzdelemben, biológiai inszekticid hatóanyagaként (Lacey et al. 2001).

2.8.3 Egyéb alternatív lehetőségek a gyapjaslepke ellen

A kémiai inszekticidek, ezen belül a kitinszintézist gátlók használatának mellékhatásait vizsgálva bizonyították, hogy a nehezen lebomló rovarölő szer csoport a nappali lepke populációkra negatív hatást gyakorolt. Emiatt több európai országban (Ausztria, Svájc, Németország), erdőterületeken a kémiai hatóanyagok légi felhasználása tiltott. A kémiai alapanyagok háttérbe szorulásával a biológiai hatóanyagok mellett olyan technológiák vizsgálatára került sor, amelyek maximális szelektivitást biztosítva alkalmazhatók. Az egyik ilyen lehetőség a gyapjaslepke csapdázása. Többféle csapdázási módszer közül a feromoncsapda használata tűnt a leghatékonyabbnak. A feromonos tömegcsapdázás célja, hogy a tömegszaporodás kezdetekor megakadályozza az egyedszám növekedését. A módszer sikeréhez azonban nagy számú csapda szükséges (Leskó 1981).

A mezőgazdaságban, az integrált növényvédelemben már alkalmazott és jól bevált módszer a feromon légtértelítés. A módszer lényege, hogy a kártevő lepkék rajzása alatt a növénykultúra légterét speciális diszpenzerek segítségével folyamatosan a kártevő nőtényének feromonjával telítik. Ez a hímek párkereső tevékenységét megzavarja, így a párosodás elmarad és ezáltal a lerakott peték száma is csökken. A légtértelítéssel végzett védekezés egyetlen kezelést igényel, melynek hatása a rajzásidő alatt, azaz 8 hétig kitart. Fontos, hogy a kijuttatott szexferomon nagy cseppekkel kerüljön a felületekre, amely a folyamatos párolgást lehetővé teszi, valamint a feromonnak telítődnie kell a levegőben az első nőtények megjelenése előtt. Emiatt a kezelés pontos időpontjának meghatározása lényeges (Svestka et al. 2005). Amerikában a módszert a gyapjaslepke földrajzi terjedésének lassítására használják, míg Európában a feromonokkal zajló kísérletek az adott régióban a populációméret csökkentésére irányulnak (Csóka György szóbeli közlése). Felhasználásuk erdőterületen az európai országokban még nem terjedt el. Csehországban 2005-ban alkalmazták először. Magyarországon a gyapjaslepke elleni feromon légtértelítés alkalmazása kísérleti szinten áll. (Svestka et al. 2005).

2.9 A gyapjaslepke kártétele során kialakult kárláncolatok

Kedvezőtlen termőhelyen, főként hosszantartó csapadékhiány esetén a lombrágók által károsított erdőkben kárláncolatok alakulhatnak ki. Ekkor tömegesen elszaporodhatnak a másodlagos, gyengültségi kórokozók és kártevők. Ezek tovább rontják a fák egészségi állapotát, esetenként pedig fapusztulást is okoznak (Csóka 1997, Csóka et al. 2005). A kárláncolat jelensége mögött a fák, egyes károsítók elleni ellenálló képességének változása áll. Ha a fa valami miatt legyengül, különösen az aszályos időszakban, amikor nincs a talajban elegendő mennyiségű felvehető nedvesség, a nedvkeringés a törzsben lelassul, esetleg átmenetileg le is áll. A rovarok közül a fás részben élők, általában nem képesek megtámadni az egészséges faegyedeket. Mivel a fa a fás részekbe berágó rovarok ellen saját nedvkibocsátásával védekezik, a nedvkeringés gyengülésével a védekezési reakció gyengül (Molnár és Lakatos 2008). Ilyenkor a növény nem tud védekezni a benne fejlődő álcák ellen. A legyengült növények ellenállósága csökken, így a rovarok mellett a kórokozók is könnyebben támadják meg.

A kárláncolatokra számos példa ismert. Több kutató egybehangzó véleménye, hogy egy-egy károsító önmagában nem okoz állománypusztulást. A károsítók együttesen, vagy egymást követően fellépve, az állományra nézve végzetes hatást gyakorolhatnak (Kollwentz 1969; Varga és Palotás 1982; Fuhrer 1998). A Magyarországon fellépő kocsányostölgy-pusztulás kárláncolatának legjelentősebb lombfogyasztó tagjai a gyapjaslepke, a gyűrűslepke, és az aranyfarú lepke. Rágásuk után másodlagos károsítóként jelenhetnek meg a tölgy kéregpajzstetű (*Kermes quercus* Linnaeus, 1758), a karcsú díszbogarak (*Agrilus* spp. Curtis, 1825) és az aranypettyes díszbogár (*Chrysobothris affinis* Fabricius, 1794), továbbá az újrahajtott lombozaton gyakori az erős tölgy lisztharmat (*Erysiphe alphitoides* Griffon and Maublanc 1912) fertőzés, valamint a farontó gombák fellépése, a szíjács és gyökérkorhadás is (Varga és Palotás 1982; Szontagh 1985;). A gyapjaslepke legutóbbi tömegszaporodásakor szintén megfigyelhető volt az erős lisztharmat fertőzés (Waldinger 2006). A levelek erős torzulása és száradása mellett a tölglylisztharmat hatására a fertőzött hajtások nem fásodnak meg, télen visszafagyhatnak, a koronában ritkulás veszi kezdetét (Varga, 2001). Az állományokban a gyapjaslepke hatására bekövetkező lombvesztés, vagy többek között a tölglylisztharmat hatására kialakult koronaritkulás kisebb nagyobb mértékben megváltoztatja az állomány fényviszonyait és hőháztartását. Ezek a viszonyok közvetlenül kedveznek a rovarok fejlődésének, szaporodásának és a tápnövényen keresztül közvetetten segítik a károsítók

életfolyamatait (Netherer és Schopf 2010). Az *Agrilus* fajok nem csak a kocsányos, de a kocsánytalan tölgypusztulás folyamatában is szerepet játszó másodlagosan káros rovarok. Magyarországon elsősorban a kétpettyes karcsúdíszbogár (*Agrilus biguttatus* Fabricius, 1777) ismert, amely gyengültségi kártevő a gyapjaslepke gradáció után, főként a száraz évjáratokat követően (Csóka és Hirka 2007) lép fel. A Mecsekben végzett vizsgálatok szerint a gyapjaslepke kártételét követő kárláncolatok legjelentősebb eleme a közönséges karcsúdíszbogár (*Agrilus angustulus* Illiger, 1803) volt (Ulrich 2008) (10. ábra).



10. ábra Az *Agrilus angustulus* és az *Agrilus biguttatus*

Forrás: <http://www.kerbtier.de>

A gyapjaslepke nagy területre kiterjedő és erős kártétele hatására a másodlagosan káros rovarok megjelenése minden tömegszaporodás alkalmával előfordul. Ezek a gyengültségi károsítók peterakás céljaira csakis nedvben megrekedt, frissen döntött, vagy valami oknál fogva betegeskedő törzseket keresnek fel. A gyapjaslepke gradációk idején Győrfi (1941) számos másodlagos károsítót azonosított vizsgálataiban. A felsorolt rovarok (összesen 32 faj) kivétel nélkül xilofág fajok (díszbogarak, cincérek, ormányosok, szúk, farontó lepkék, üvegszárnyú lepkék) voltak. Közülük 9 faj élettanilag, 23 faj pedig a műszakilag káros faj csoportjába sorolható (lsd. melléklet, 2. táblázat).

A pusztulást okozó komplex károsítók és biotikus tényezők köre különbözik Európában és Észak-Amerikában. A tengerentúlon a másodlagosan fellépő károsítók közül az egyik legjelentősebb a gyűrűs tuskógomba (*Armillaria mellea* (Vahl.) P. Kumm, 1871).

Európában jelentősek ugyan, de nem az első helyen állnak az *Armillaria* fajok, amelyek mindig jelen vannak a talajban. Rizomorfái a kéreg alá hatolva az élő szöveteket pusztítják el. Az elpusztult, de lábon álló fában a szíjácskorhasztó, farontó-, majd a gesztbontó gombák fejezik be a faanyag teljes lebontását (Varga 2001). Az európai viszonyok között a legjelentősebb másodlagosan fellépő kórokozónak nagy szerepe van a fapusztulásban, amelyek a gyapjaslepke tömegszaporodását követően 1-2 éven belül lépnek fel. Ezek a fajok az *Ophiostoma*, a *Ceratocystis*, a *Phytophthora* és a *Diplodia* gombák. A gombafertőzéseket sokszor másodlagosan fellépő rovarok juttatják be a fába. Ezek a gombákat „szállító” fajok a tölgykéregszú (*Scolytus intricatus* Ratzeburg, 1873), Németországban különösen az *Agrilus* fajok: *A. biguttatus*, *A. angustulus*, valamint a sávós tölgybogár (*Coraebus bifasciatus* Olivier, 1790) (McManus és Csóka 2007). Elmondható tehát, hogy a fapusztulások több másodlagosan, gyengültségi ok miatt fellépő fajok összhatásaként következnek be.

Az elemzések során nyilvánvalóvá vált, hogy az együttesen jelentkező, állománypusztulást okozó károsítók, és környezeti faktorok esetében elegendő egy károsító tényezőt megszüntetni, hogy a pusztulás ne következzen be (Kollwentz 1969). Az egymást követő károkozásoknál, a másodlagos rovarfajok elszaporodása ellen közvetlenül nem tudunk védekezni, leghelyesebb tehát az elsődleges károsító elleni védekezés.

2.10 A növény és lombfogyasztó rovarok közötti interakciók

A lombrágó károsítóknak jelentős hatásuk van a növény-herbivor interakciók révén, az erdei ökoszisztémákra, amely hatások több tényezőtől függnének. Az abiotikus faktorok direkt hatásként a fitofág rovarok táplálkozását és a túlélését befolyásolják (Yarnes and Boecklen 2005), míg indirekt hatás, ha a gazdanövény fiziológiai állapotán keresztül hatnak a lombfogyasztókra, így a gyaljaslepkére is, befolyásolva azok túlélését, fejlődési idejét, az imágók fekunditását (Kononova 1964). Az abiotikus tényezőkön kívül a kémiai hatások talán a legmeghatározóbbak és a legszélesebb körűek ebben a kölcsönhatásban. A táplálék tulajdonságai döntőek lehetnek a gazdanövény választásban, amiben meghatározó lehet a levélfelület tulajdonsága, összetevői. A gazdanövény tápanyagainak nem megfelelő összetétele magas juvenil mortalitást okozhat a fitofág rovarok között, így a táplálék minősége éppen olyan fontos, mint a mennyisége. A rovarok által okozott sérülések a tápnövényben védekezési reakciókat váltanak ki.

A tápnövény reakciója a herbivor rovarok ellen több csoportra bontható:

1. Felszíni vagy fizikai védelem
2. Térbeli menekülés
3. Időbeli menekülés
4. Kémiai védelem,

amely az alábbi típusokra osztható:

a. Konstitutív kémiai védelem

A tápnövény eredendően tartalmaz számos olyan vegyületet, amely a rajta táplálkozó rovarra kedvezőtlenül hat. Ezek közül gyakoriak a tannintartalmú cserzőanyagok, mint a tölgyekben. A fenyőfajokban a tannin mellett a terpének is igen jelentősek. Több növényfaj ismert, amely kémiai összetevőinél fogva a rovarok túlnyomó részére riasztó hatású, vagy mérgező. Ezeket a növényeket csak kisszámú, szigorúan specialista rovarfaj képes fogyasztani. (Coulson és Witter 1984).

b. Indukált kémiai védelem

Az indukált kémiai védelmet a herbivor rovar rágása indíthatja be, és hatására kémiai változások mennek végbe a növényi részekben. A tápnövény változásai kedvezőtlenül hatnak a rovarra. Az indukált védelem kialakulása lehet:

- igen gyors, néhány óra alatt ható, és
- késleltetett, amely csak a következő nemzedékre fejti ki hatását.

Az indukált védekezés nem jellemző minden fafajra. Megléte, avagy hiánya jelentősen befolyásolhatja a növényen táplálkozó fajok populációdinamikáját.

2.10.1 Konstitutív reakciók

A növényekben eredendően jelen lévő kémiai vegyületek befolyásolják a lombrágó kártevők táplálkozását, vagy megtelepedését. Ezek közül legnagyobb jelentősége a tanninoknak van. Ez a vegyületcsoport csökkenti a fehérjék emészthetőségét, ezáltal lassítja a herbivor rovarok fejlődését (Barbehenn és Constabel 2011). A tápnövény választásában azt a gazdanövényt részesítik előnyben a lombfogyasztók, amelynek kisebb a flavonoid tartalma (Simmonds, 2001). Egy vegetációs időszakon belül változhat a lombzat összetétele. A fiatalabb levelekben kisebb a tannin, és magasabb a nitrogén és víz koncentrációja. Emiatt a tavaszi, nyár eleji időszakban fajgazdagabbak a tölgyesek lombfogyasztó populációi. A kocsányos tölgy (*Quercus robur*) vizsgálata során beigazolódott, hogy a hidrolizált tanninok a dominánsak a lombzatban a fa minden vegetációs periódusában. (Salminen et al. 2004).

2.10.2 Indukált reakciók

Az indukált kémiai reakciók a növény valamely részének sérülése, károsítása hatására következnek be, amely a növényi védekezés legjelentősebb eleme. Coulson és Witter szerint, (1984) a fa számára három lehetőség adott, hogy védekezzen a rovarkártevők ellen. Az egyik lehetőség, hogy a növény számára és a rovar számára is nélkülözhetetlen tápanyagokból kémiai indukció útján kevesebb képződik. A másik lehetőség szerint a növény túltermeli a nélkülözhetetlen tápanyagokat, ezzel minimalizálja a károkozást. A harmadik reakció típus, amikor a toxinok és repellens anyagok termelésével a növény káros hatást gyakorol a rovarkártevőkre. A lombfogyasztók hatására sok növény reagál a lombkorona tápanyagminőségének csökkentésével, valamint a növényi allelokemikáliák termelésének növelésével. Ezek közül a vegyületek közül a tanninok és a fehérjék tulajdonságainak és arányának változása befolyásolja leginkább az interakciókat, miközben a fehérjék minősége és mennyisége csökken (Felton et al. 1992).

A levél minőségének változása, mint indukált reakció többféle hatást vált ki a herbivor rovarokon. A gazdanövény lombozatának kémiai összetétele kulcsfontosságú a lomfogyasztók termékenységében. A lombkárosítók reprodukciós tulajdonságai, mint a peték mérete, minősége, száma, módosulhat a gazdanövény kémiai, minőségi változása által (Awmack és Leather 2002).

2.10.3 A gyapjaslepke szerepe az interakciókban

A lombfogyasztó rovarok az erdei ökoszisztémára gyakorolt hatásukkal stimulálják a tápanyagok felépülését, a tápanyagok retranszlokációját a károsítás helyén. A táplálkozásuk hatására a lerágott levelek a biotom részévé válnak, annak mennyisége nő (Coulson és Witter 1984). Rágásuk hatására a károsított levelekből a tápanyagok kimosódása könnyebben végbemegy. Fokozzák a nitrogén megkötő képességet a gyökerekben, valamint a gyökér növekedését is segítik. A tápanyagok eloszlását oly módon befolyásolják, hogy a lombozat alsó vagy felső részében megváltoztatják a relatív biotom mennyiségét, amely a táplálékukat képezi, továbbá stimulálják a növény tápanyag felvételét (Coulson and Witter 1984).

A károsító rovarok feladata a megfelelő minőségű-mennyiségű táplálék megtalálása, valamint a reprodukció, túlélés. A növényi válaszreakciókban a rovartáplálék minősége csökken, amihez a rovarok a méreganyag lebontásával, vagy emésztőrendszerük változtatásával reagálnak. A tömegszaporodó gyapjaslepkénél a vizsgálatok bizonyították, hogy a tömegszaporodás időszakában, középbélükben megnőtt azoknak az enzimeknek az aktivitása, amelyek a jobb hatékonyságú tápanyag hasznosítást tették lehetővé (Lazarevic et al. 2004). A lombozatban károsító rovarok, ezen belül a gyapjaslepke hatása az erdei ökoszisztéma rendszerében lehet:

- a. névleges, és rövid távú hatás.
- b. az erdei közösség fejlődésére gyakorolt hatás
- c. a tápanyag körforgalomra gyakorolt hatás

2.11 A fenolok, mint növényi anyagcsere termékei

A fák járulékos (extrakt) anyagai másodlagos metabolitok. Főbb csoportjaik a flavonoidok, terpének, fenolok (fenoloidok), alkaloidák, szterolok, viaszok, zsírok, tanninok, cukrok, szuberinek, gyanták, karotinoidok. Jelentős és széleskörű kémiai, fizikai, biológiai aktivitással rendelkeznek. Mennyiségük a növényi szövetekben eltérést mutat mind a fajok között, mind a fajon belül faegyedenként, és évszokról évszakra is változik. A járulékos anyagok koncentrációja a fa különböző részein más más mértékben oszlik meg. Különbőség lehet a levelek, virágok, gyümölcsök, kéreg, gyökér, ágak, törzs, gubacsok járulékos anyag koncentrációja között. (Watkins et al. 2007).

A fák járulékos anyagai, a felhalmozódott szerves anyagok széles köre, fontos szerepet töltenek be a növények védekezési mechanizmusaiban a lombrágó károsítók, a mikrobiális kórokozók, és a gerinctelen állatok ellen. A másodlagos metabolizmus során keletkezett szerves anyagok legtöbbszörre nincs szüksége a növénynek az elsődleges metabolikus folyamatokban. Mindemellett jól ismert, hogy a növények különböző részeiben (gyökér, levél, kéreg stb.) a járulékos anyagok a csigák, rovarok, gerincesek, vírusok, baktériumok, és gombák által kiváltott stressz reakciókban fontos szerepet töltenek be. A járulékos anyagok közül a monoterpének az antocianinok, vagy a karotinoidok kémiai jelzőanyagok, pl. szerepet játszanak a hasznos beporzók figyelemfelkeltésében. A csoport levelekben jelenlevő tagja rovar attraktáns, emellett antimikrobiális hatással is rendelkezik (Watkins et al. 2007). Ismertek olyan növények, amelyek sok illóanyagot (aldehideket, észtereket, aminokat) termelnek, amelyek segítségével növény és növény közötti 'információ átadás' történhet (Firn és Jones 1995). A másik eset, amikor a kártevők és kórokozók riasztására alkalmas anyagokat választanak ki, vagy vonzó hatásukkal csalogatják a ragadozókat, amelyek tovább segítik a növényt a kártevő elleni küzdelemben. A másodlagos metabolitok képesek beavatkozni a növényekben zajló enzimreakciókba és blokkolják a metabolikus folyamatokat. A növényvédelemben alkalmazott növényi alapanyagú hatóanyagok közül jól ismert a nikotin és piretrin, amelyek széles körű felhasználásával hatékony védekezés volt végrehajtható a rovarkártevők ellen a mezőgazdaságban. Az azonosított növényi járulékos anyagok száma meghaladja a 100 ezret. (Winks 1999).

A járulékos anyagok három nagy osztályba sorolhatók:

1. fenolok,
2. nitrogéntartalmú összetevők,
3. terpenoidok.

A fenolok olyan szerves vegyületek, amelyek rendelkeznek hidroxil csoporttal, amely egy aromás gyűrűhöz kötődik. A polifenolok csoportjába tartoznak az antocianin színezőanyagok és a tanninok. A tanninokat leginkább a rügyekben, a lomboszat levélszövetekben, a magokban, a kéregben, a gyökérben, a növényi nedvben, a törzsben találhatjuk meg. A kéregben és a törzs anyagában gyakran magasabb a koncentrációjuk, mint a többi növényi részben (Harborne 1988).

Megkülönböztetünk kondenzált- és hidrolizálható tanninokat. A kondenzált tanninok sok növényben megtalálhatók, míg a hidrolizálható tanninok a kétszikű növényekben mutathatók csak ki. Mindkét tannintípus jelen lehet egy növényben, mint például a tölgy kérgében és levelében (Harborne 1988). A hidrolizálható tanninok lehetnek gallotanninok vagy ellagitanninok.

A polifenolok másik fontos csoportját a flavonoidok képezik, ezek hasznosak antioxidáns tulajdonságaik miatt. A 8000 ismert növényi fenol közül közel 4000 flavonoid (Harborne 1988). A flavonoidok rendszerint a lomboszatban, a kéregben, a vesszőkben és a törzsben vannak jelen.

2.11.1 A tölgyekben jelen lévő fenolok

A növényi fenol fajoktól függően más és más. Különböző a másodlagos metabolitok, ezen belül a fenolok mennyisége, a növény gyökerében, törzsében, kéregben, lomboszatban és a lomboszaton belüli szinteken is. A „túlsúlyban” lévő fenolok típusa a növény fajtától is függ. Néhány tölgyfaj leveleinek teljes fenol tartalmát és tanninszintjét vizsgálták indiai kutatók különböző fejlettségi stádiumban. Az eredmények szerint a teljes kivonható fenoltartalom nagyobb volt a *Quercus ilex*, *Quercus semecarpifolia* (Smith, 1814) *Quercus serrata* (Murray, 1784) fiatal leveleiben, míg a *Quercus glauca* (Thumber, 1784) fajnál az idősebb levelekben volt magasabb a teljes fenoltartalom. A tanulmányozott tölgyfajokon minden esetben nőtt a kondenzált tannin mennyisége a fejlődés előrehaladásával (Makkar et al. 2006). Török kutatók rámutattak, hogy a *Quercus branti* (Lindley, 1789), *Quercus coccifera* (Linnaeus), *Quercus cerris* (Linnaeus, 1753), *Quercus*

libani (Olivier, 1801), és a *Quercus infectoria* (Olivier, 1801) összehasonlításakor, amikor a fajok fehérjetartalmát, gáztermelését, valamint a levelek tannintartalmát vizsgálták, hogy ezek között a fajok között is különbségek vannak a felsorolt tulajdonságokban. A legalacsonyabb fehérjetartalom a *Q. coccifera*-nál volt mérhető. A gáztermelés a *Q. libani* és a *Q. branti* fajoknál volt legintenzívebb, de ez negatív korrelációban állt a levelek tannintartalmával (Kamalak et al. 2004).

A hidrolizált tannin, a falvonoid glikozidok, és a proantocianidok mennyiségének elemzésekor a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) levelekben kiderült, hogy minden évben a hidrolizálható tanninok a domináns fenolok a levelekben. A fiatalabb levelek hidrolizálható tannin és flavonoid glikozid tartalma magasabb, mint az idősebb leveleké, míg a proantocianidoknál ez nem mutatható ki. A koncentrációk vizsgálatakor nagy különbségek voltak a különböző vegetációs periódusok között (Salminen et al. 2004).

A *Quercus incana* (Bartram, 1791) fajon végzett vizsgálatok szerint a fiatalabb levelek élő szervezetekre gyakorolt toxikus vagy repellens hatása erősebb, mint az idősebb leveleké. Ez részben azzal magyarázható, hogy a fehérjét kicsapó fenol koncentráció magasabb a fiatal levelekben és csökken az idősebb levelekben (Harinder et al. 1987).

Érdekesesek azok az eredmények, amelyek a fenoltartalom összetevőivel foglalkoznak. A fehér tölgy (*Quercus alba*, Linnaeus, 1753) kérgében fő alkotóként találhatjuk meg a querci-tanninsavat és annak bomlástermékeit. A tölgy kérge tartalmaz terpéneket, zsírt, viaszt, klorofillt, keserűanyagot, ellagin- és galluszsavat. A pektin és a szénhidrát (quercit) összetevőként szintén kimutatható. A tanninok olyan másodlagos metabolitok, amelyek olyan módon védik a növényeket a lombfogyasztóktól, hogy a tápnövényként szolgáló levelek elfogyasztásával a lombrágó szervezetében a fehérjék kicsapódnak, és növekedik a savas kémhatást. A fák védekezési mechanizmusát a makroelemekkel befolyásolhatjuk (Fichman 2003).

A *Quercus velutina* (Lindley ex Wallich, 1831), - amely Amerika észak-keleti részén őshonos - nitrogén adagolásával, a növekvő nitrogén beépülés mellett csökken a levelekben a tannin koncentráció. A növényeknek biztosítani kell a növekedés feltételeit, valamint a védekező és alkalmazkodó képességet is fent kell tudni tartaniuk többek között a lombfogyasztó kártevőkkel szemben, a fokozódó nitrogén beépülés ellenére is. A vizsgálatok szerint a nitrogén adagolás következményeként a növények védekezési mechanizmusa gyengült. A másodlagos metabolitokhoz a lombfogyasztók képesek alkalmazkodni, miközben emésztésük átalakul, vagy egyszerűen elkerülik a megszokottnál

magasabb savtartalmú táplálékot (Fichman 2003). A növények tápláló értéke csökken ugyan a fenolok hatására, de a megváltozott minőségű táplálékhoz a rovarok emésztőrendszere adaptálódik (Harborne 1994).

Vörös tölgyön (*Quercus rubra* Linnaeus, 1753) végzett vizsgálatok során a fák fenoltartalma a fenolok fehérjekötésének erőssége a hidrolizált tanninok mennyisége a gyapjaslepke lárvák egyedszáma és a defoliáció mértéke közötti kapcsolatot vizsgálták a gyapjaslepke kártételt követően. Megállapították, hogy a nagyobb mértékű lombvesztés hatására mérhetően megemelkedett a lombzat fenolkoncentrációja, a levelek hidrolizált tannin tartalma és változott a fehérjekötő kapacitása. A lárvák egyedszáma és fekunditása negatív korrelációban állt a lombvesztés mértékével, és a gazdanövény teljes fenol, hidrolizált tannin tartalmával, valamint a fehérjekötés kapacitásával. A következtetések szerint a lárvák egyedszámát a levelek fenol tartalmának változása befolyásolta (Rossiter et al. 1988). A gyapjaslepke tömegszaporodásának és a felszaporodásuk periodikusságának, a levelek fenoltartalom változásával való kapcsolatát vizsgálták amerikai kutatók, amikor megállapították, hogy a fák lombzatában lezajló változások befolyással lehetnek a hernyók növekedésére, valamint változhat a következő gradáció kitörésének folyamata (Schultz és Baldwin 1982).

A vizsgálatok igazolják, hogy a gyapjaslepke kártétele hatására a gazdanövények levelében a teljes fenol tartalom, a hidrolizált tannin tartalom, valamint a fehérje megkötő képesség is nő (Rossiter et al. 1988). Ez a változás, hatással lehet a rovarra és befolyásolhatja annak fekunditását, fejlődési idejét, populációdinamikáját (Wallner és Walton 1979).

2.12 A gyapjaslepke és az apácalepke összehasonlítása

2.12.1 Az apácalepke (*Lymantria monacha* Linnaeus, 1758) főbb tulajdonságai

Az apácalepke (*Lymantria monacha* Linnaeus) jól ismert és fontos kártevő Közép- és Kelet-Európában. A legnagyobb károkat Közép-Európában okozza. Lengyelországban, Németországban, Csehországban, Ausztriában, Romániában és Belorussziában kimagasló károkkal jár a fellépése. Lengyelországban elsődlegesen a legyengült erdeifenyő állományokban szaporodik fel (Kolk és Starzyk 1996). Romániában kárterületei egyes években elérik a 12 000 ha-t (Varga et al. 2009), míg Lengyelországban 1982-ben 2,3 millió ha-on védekeztek ellene (Glowacka 1996).

Magyarországon a tápnövények alacsony területi aránya miatt kisebb jelentőségű. A Kárpát-medencében a 19. század végén és a 20. század elején az akkori Magyarország területén jelentős károkat okozott. Ebben az időszakban a Felvidéken és Erdélyben, a fenyvesekben, nagy területen jelentkeztek az apácalepke által okozott károk. Emiatt az akkori erdészeti rovarügyi közlemények fő témáját adta ez a faj (Csóka és mtsai 2010).

Bedő Albert 1892-ben született beszámolójában az alábbiakat írta: „*Az apácza-hernyó a legveszedelmesebb rovarok legrosszabbja, mert ott, ahol romboló uralma elterjed, nem egy, de több nemzedék korára semmisíti meg az emberek keresetforrását s egész vidék erdősségeit lepusztítva, az azokban munkálkodó lakosságot más helyen való munkakeresésre kényszeríti.*”

Elterjedési területének északi határa Svédország középső, Finnország déli része. Lengyelországban 1987 és 1994 között komoly károkat okozott 6,3 millió hektáron (Keena 2008). Észak-Amerikába még nem telepedett be, de behurcolása ellen számos intézkedést tettek, többek között a tengeri forgalom szigorú ellenőrzését vezették be, mivel terjedésében a legfontosabb szerepet a kereskedelmi, tengeri forgalom jelentheti. Európában a lucfenyő és erdei fenyő állományokban periódikusan jelentkező tömegszaporodásával súlyos lombvesztés lép fel, és ahol képes megtelepedni, ott gyors felszaporodásra képes. Az imágók fényre jól repülnek. Petéiket, ellentétben a gyapjaslepkével a fák kérgének repedései közé rakják le, augusztus hónapban. A csomóban lévő peték száma 20-100 db. A lárvakelés tavasszal, áprilisban kezdődik. A lárvák táplálkozásukat májusban, majd júniusban is folytatják. A bábozódás júliusban zajlik. Az első imágók már júliusban megjelennek. Rajzásuk szeptember közepéig húzódik (Kolk és

Starzyk 1996). A hímek hosszú távolságra repülnek, miközben a nőivarú egyedeket keresik. A párzást követően kezdődik a peterakás.

A nőtény lepke nagyobb, mint a hímek. Testük 15-20 mm hosszú, 45-55 mm szárny szélességgel. A hímek 12-15 mm-esek, míg szárny szélességük 35-45 mm. A hímek fésűs csáppal rendelkeznek, a nőtények csápjja fonalas. A lábak mindkét nemnél fehérek, rajtuk szabálytalan fekete mintázottság látható. Ez a színezettség eltérő lehet az ázsiai és az európai rasszokon. A szárnyak töve barnás-szürke, míg a szárnyak mintázottsága sokféle lehet, a fehértől a sötét színig változhat. A peték szürkés-barnák, 1mm átmérőjűek, gömb alakúak. A kelés utáni állapotban a hernyók 3-5 mm hosszúak, 0,5 mm szélesek. A kis hernyók sötétek, szőreik változó hosszúságúak és sűrűn elhelyezkedő csomóból fejlődnek. A kikelt hernyók hosszú szőreik segítségével könnyen szállítódnak a szél útján. Ezek a szőrök jelentősen megváltoznak az első vedlés után. A hernyók 5-6-szor vedlenek. A második lárvastádiumú hernyó fejtök-szélessége 0,9-1,2; a harmadik stádiumú lárváké 2 mm. A negyedik stádiumban 3 mm, az ötödik lárvastádiumban 4 mm, a hatodik stádiumban pedig 5 mm. A lárvák csak a harmadik vedlés után válnak színessé. Ekkor a fej színe szürkés-sárga lesz barna, vagy fekete foltokkal. A lárvák testén, két oldalon, két vonalban helyezkednek el a lárvaszőrök és a lárvák testének 3. 7. és 8. szegmensénél fehér folt látható. Ez alapján a gyapjaslepke lárvától könnyen elkülöníthető (11. ábra). A bábok hossza 15-20 mm, kezdetben zöld, majd sötétbarnává válik, esetleg szürkésen feketedik. A bábok felületén szürkésfehér szőrök látszanak. A hím bábok sokkal kisebbek, mint a nőtény bábjai (Kolk and Starzyk 1996). A lepkéknek különböző rasszai léteznek Európában és Ázsiában, amelyek morfológiájukban, tápnövényeikben és viselkedésükben is eltérnek egymástól (Keena et al. 1998).



11. ábra A gyapjaslepke és az apácalepke hernyója

Fotó: Nagy Krisztina

2.12.2 A *Lymantria* fajok táplálkozási tulajdonságai

Az apácalepke polifág kártevő, a gyapjaslepkeétől eltérően fő tápnövényei a tűlevelűek közül kerülnek ki. A tömegszaporodása főként erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) és lucfenyő (*Picea abies*) állományokban figyelhető meg, de emellett a gazdanövényei közé tartoznak egyes lomblevelűek is: elsősorban a *Betula* spp., *Quercus* spp., *Malus* spp., *Prunus* spp. fajok. A *L. monacha* tápnövény körét tekintve kivételt képeznek a kőris, éger, és többek között az akác is. Az apácalepke nem táplálkozik például a fekete fenyőn (*Pinus nigra* Arnold, 1785), a sima fenyőn (*Pinus strobus* Linnaeus, 1899), a törpefenyőn (*Pinus mugo* Turra, 1765), és az ezüstfenyőn (*Picea pungens*) sem.

Komoly kártételével ott kell számolni, ahol tápnövényei, főként a lucfenyő, a magas hegységekben alkot nagy állományokat. A lehetséges tápnövények vizsgálata során az apácalepke a legjobb fejlődési mutatókat, a *Pinus strobus*-on, a *Pinus sylvestris*-en, a *Fagus grandifolia* (Ehrhart, 1788)-n, a *Quercus alba*-n, valamint a duglászfenyő *Pseudotsuga menziesii* (Mirb. Franco, 1950)-n ért el. A *Pseudotsuga menziesii* a *Picea glauca* ((Moench.) Voss, 1907), a *Quercus velutina*, a *Betula populifolia* (Marsh.) és a *Picea abies* azok a tápnövények, amelyeken az apácalepke reprodukciós tulajdonságai, a fekunditás a legjobb eredményeket mutatták (Keena 2003). A tápnövények meglétén kívül az apácalepke fejlődését a tápnövények fenológiai állapota is befolyásolja.

A két legjelentősebb *Lymantria* faj, az apácalepke és a gyapjaslepke tápnövényei között, felsorolhatók mindkettő által hasonlóképpen preferált fajok. Ezek a *Betula* spp.; *Quercus* spp.; *Pyrus* spp.; *Malus* spp.; *Picea* spp. (Keena 2003). A *Quercus* fajok közül a *Q. rubra*, a *Q. velutina*, és a *Quercus lobata* (Née, 1801) emelhető ki. A gyapjaslepke számára nem a legkedveltebb tápnövény a *Pinus radiata* (D. Don, 1836), amelyen ugyan mindkét faj ki tud fejlődni, de a gyapjaslepke nagyobb mortalitási aránnyal éri el az adult állapotot (Withers és Keena 2001). Az Európában nagy károkat okozó apácalepke és a gyapjaslepke megjelenése, felszaporodása attól függ, hogy mely tápnövényei és mekkora területen vannak jelen. Addig, amíg Európában mindkét faj megtalálható, Észak-Amerikában - köszönhetően a zárszolgálati intézkedéseknek - csak a gyapjaslepke okoz nagy területre kiterjedő károkat.

3. A vizsgálat anyaga, módszerei

3.1 Életképesség vizsgálat

A vizsgálat célja volt, hogy a tömegszaporodás harmadik évében kifejezzem, hogy a gyapjaslepke petecsomók életképessége, kelési erélye ebben az időszakban miként alakul és becsüljem, hogy 2005 évben milyen életképességű populációk fejlődhetnek ki. A Veszprém megyében végzett vizsgálat 5 erdőrészletre terjedt ki. A mintákat Szentgál, Nemesvita, Magyargencs, Úrkút és Doba települések határában lévő erdőterületekről gyűjtöttük, 2005.03.08.-án és 2005.03.09.-én. A gyapjaslepke felszaporodásának kulminációs szakaszát követően - a megfigyelések szerint - a megye több pontján különböző életképességű és fejlődési erélyű populációk alakulhattak ki, amelyeken már a gradáció összeomlásának jelei voltak kereshetők.

A kelés megfigyelését 5 erdőrészletből, véletlenszerűen kiválasztott 20 fáról begyűjtött 1-1 petecsomó vizsgálatával végeztem. A petecsomók begyűjtése a fákról, óvatos lekaparással történt. A petecsomók összegyűjtésekor minden csomó külön-külön mintazacskóba került. A gyűjtési pontokon a mintavétel helyszínét, GPS koordinátáit, az erdőrészletet, tag tulajdonságait, az uralkodó fafajt, a mintafákon található petecsomók számát 3 m magasságig, azok jellemző magassági elhelyezkedését, valamint a petecsomók hosszúsági, szélességi méreteit jegyeztem fel.

A laboratóriumba szállítást követően a 100 darab petecsomót egyenként Petri-csészébe helyeztem, majd szobahőmérséklet biztosításával a természetes fény és sötét periódusok váltakozásával kezdődött meg a keltetés. A kelés kezdetétől kétnaponta vizsgáltam a petecsomókat, és az abból kelő lárvák számát. A leszámolt hernyókat eltávolítottam a Petri-csészéből. A vizsgálat végén a kikelt hernyók számából és a petecsomókban lévő legmagasabb összes pete számából kifejezhető volt a kelés aránya (%). A kelési erély a vizsgálataimban az életképes peték kelési arányát fejezi ki, a megmintázott petecsomók legmagasabb peteszámához viszonyítva. A vizsgálataimban az életképes pete számot a nem parazitált peték száma jelentette. Ha az életképes petéből nem kelt ki hernyó, akkor az abiotikus tényezők, az időjárás hatásait vizsgálhattam meg, amely már a kelés előtt elpusztíthatta a hernyót. A kikelt lárvák száma, a petecsomók 3 m magasságig elhelyezkedő száma, a petecsomók mérete és a kelés aránya, valamint a mintaterület elhelyezkedése között összefüggéseket állapítottam meg.

3.2 A gyapjaslepke petecsomók hidegtűrő képességének vizsgálata

A petecsomók hidegtűrő képességét 2004 év végén, majd 2006 tavaszán vizsgáltam. Céлом az volt, hogy a tömegszaporodás különböző szakaszaiban megállapítsam a peték hidegtűrési küszöbét, valamint, hogy a hideg milyen hatást gyakorol a lárvakelésre, ha a fagypont alatti hőmérséklet időtartama növekvő hosszúságú. Az őszi és a tavaszi peték közötti különbségek megállapítása is cél volt. 2006-ban azt elemeztem, hogy közvetlen a kelés előtt, a petéket ért hideghatás miként veti vissza a peték életképességét, befolyásolja-e a belőle kifejlődő populáció egyedszámát.

Az első vizsgálatban a fagyhatás utáni időszakban zajló kelést elemeztem és összehasonlítottam a 2, 5, 7, 10 napig fennálló, különböző hőmérsékletek hatására változó lárvakeléseket. A kezelések hőmérsékletei -10°C és -20°C voltak, amelyet rendszeresen ellenőriztem. A mintagyűjtésnél 6 bakonyi mintatéren, 8-8 minta, azaz petecsomó begyűjtését, törzsről való lekaparását végeztem el 2004. december 9.-én. A mintaterületek Ajka, Bakonybél, Noszlop, Ugod, Magyarpolány, Bakonyjákó települések határában lévő erdőterületek voltak. A magyarpolányi, az ugodi és a noszlopi minták képezték a kontrollt, azaz a fagyhatásnak nem kitett mintákat. A petecsomókat a begyűjtés után egyenként Petri-csészébe különítettem el. Az ajkai, bakonybéli és bakonyjákói mintákat két ismétlésben 2, 5, 7, és 10 napig kezeltem (2. táblázat). A fagyasztószekrény levegőjének relatív páratartalma 70% volt. A hidegkezelés 2004. december 16.-án kezdődött. Az ajkai mintákat -20°C -on a bakonybéli és a bakonyjákói mintákat -10°C -on tartottam. A 2, 5, 7, és 10 nap leteltével a Petri-csészéket 6°C hőmérsékletű tárolóba helyeztem át. A kontroll mintákat a fagyasztás idején ugyanitt tároltam. A petecsomók kelésvizsgálata szobahőmérsékleten, $20-23^{\circ}\text{C}$ között zajlott. Szobahőmérsékletre december 27.-én helyeztem a kezelt mintákat a többi mintával együtt, amikor a keltetés elkezdődött. A laboratórium levegőjének relatív páratartalma 45-68% volt.

A kelő lárvák számát 3 ill. 4 naponta jegyeztem fel. A számolás végén, minden vizsgálati napon eltávolítottam a kikelt hernyókat. A lárvakelés adatait statisztikai programmal elemeztem és megállapítottam a szignifikáns összefüggéseket.

2006 márciusában, a kelés előtt álló, kevés tápanyaggal gazdálkodó lárvákat a petékben, 4 órás -15 °C-os, valamint 5 napos, -6,7 °C-os kezeléseknak vettem alá (3. táblázat). A kezelés célja az volt, hogy a kelés időszaka előtt esetlegesen bekövetkező fagypont alatti hőmérsékletek hatását vizsgáljam meg. A mintákat Várpalota, Hétházpuszta, Csetény, valamint Bakonyháza települések határában elhelyezkedő erdőterületekről gyűjtöttem be, a 4 órás kezeléshez 2006. március 21.-én 4-4 mintát. Az 5 napos kezeléshez 2006. április 13.-án, Bakonyháza település határából gyűjtöttem a mintákat (4 minta). A hidegkezelés mintáin kívül a kezeletlen kontroll mintaszámát településenként kettő volt. Begyűjtés után a 4 órás kezelésnél négy napig tároltam a petecsomókat fagymentes helyen (7,5 °C), majd egyenként Petri-csészébe helyeztem őket. A fagyasztás végéig minden kezeléshez tartozó kontroll petecsomót ugyanezen a hőmérsékleten, 7,5 °C-on tartottam.

Az 5 napos kezelésnél a mintagyűjtés napját követően kezdődött a fagyasztásos kísérlet. Mivel a minták begyűjtése a természetben zajló lárvakelés időpontjához közel állt, ezért a kezelést a laboratóriumba érkezést követően kezdtem el. Amikor a két mintacsoportnál a 4 órás és az 5 napos hidegkezelés véget ért, a Petri-csészéket, a kontrollal együtt 20,5 °C-ra helyeztem. Ezután kétnaponta feljegyeztem a kelő hernyók számát. A kapott lárvakelés adatait statisztikai programmal elemeztem és megállapítottam a szignifikáns összefüggéseket.

2. táblázat 2004 év végén végzett petecsomó vizsgálat összefoglalása

Mintázott terület	A kezelés hőmérséklete °C	A kezelés időtartama
Ajka	-20	2 nap
		5 nap
		7 nap
		10 nap
Bakonybél	-10	2 nap
		5 nap
		7 nap
		10 nap
Bakonyjákó	-10	2 nap
		5 nap
		7 nap
		10 nap
Ugod	kontroll	
Noszlop	kontroll	
Magyarpolány	kontroll	

3. táblázat A 2006 év elején végzett petecsomó vizsgálat összefoglalása

Mintázott terület	A kezelés hőmérséklete °C	A kezelés időtartama
Várpalota	-15	4 óra
Hétházpuszta	-15	4 óra
Csetény	-15	4 óra
Várpalota	kontroll	
Hétházpuszta	kontroll	
Csetény	kontroll	
Bakonynána	-6,7	5 nap
Bakonynána	kontroll	

3.3 Gyapjaslepke peték és bábok parazitáltságának vizsgálata

Annak érdekében, hogy a parazitoidok elszaporodását és faji összetételét értékelhessem, a 2003-2006-os tömegszaporodás alkalmával a peték és a bábok parazitáltságának vizsgálatát végeztem el. A gyapjaslepke gradációjának csúcsán 2004 júniusában a bábok parazitáltságát vizsgáltam. Célul tűztem ki, hogy a 2004-ben fejlődött bábok parazitáltságát összehasonlítsam a 2005-ben fejlődött bábok parazitáltságával. Az előforduló fajok változatossága és a változása az egymást követő gradációs években egyaránt vizsgálandó szempont volt.

2004. június 16. és június 28. között a mintaterületekről 50-50 db bábót gyűjtöttem be (4. táblázat). A bábokat inszektáriumba helyeztem el, ahol a parazitoidok kinevelése folyt. A kikelő parazitoidok számát, a parazitáltság arányát határoztam meg. Kifejeztem az életképes bábok arányát is. A kikelt parazitoidokat mintatároló edénybe helyeztem és rovarhatározás céljából a Vas Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Rovar Parazitológiai Laboratóriumába küldtem, ahol a bábokból és a petékből kinevelt fajok meghatározása történt. 2005-ben, egy mintaterületről származó bábokat vizsgáltam, inszektáriumban neveléssel. A bábokat Márkó község határában lévő erdőterületről gyűjtöttem 2005. június 23.-án. A kinevelést a 2004 évi módszerrel azonos módon hajtottam végre.

A peték parazitáltságát 2005 tavaszán vizsgáltam. Salföld és Márkó települések határában lévő fákról 6-6 db petecsomót gyűjtöttem be 2005. január 13.-án. A petecsomókat elkülönítve helyeztük Petri-csészébe. Szobahőmérsékleten vizsgáltam a kelő parazitoidokat. A kikelt egyedeket mintatároló edényben, fajhatározás céljából a Rovar Parazitológiai Laboratóriumba küldtem.

4. táblázat A bábok parazitáltság vizsgálatának mintázási helyei és ideje

Mintázás helye	Mintavétel ideje	Vizsgált minta
Vászoly	2004.06.16	50 db báb
Nyírad	2004.06.18	50 db báb
Balatonszőlős	2004.06.21	50 db báb
Sümeg	2004.06.28	50 db báb
Márkó	2005.06.23	50 db báb

3.4 A gyapjaslepke kártétel hatására bekövetkező fenol koncentráció változása a tápnövényben

A vizsgálat célja az volt, hogy a tölgy leveleiben a gyapjaslepke lárvák lombrágásával okozott stressz hatására bekövetkező beltartalmi változást, kémiai vizsgálatokkal igazoljam. A beltartalmi változást a lombozat teljes fenoltartalmának összehasonlításával szemléltettem, amelynek az oka, hogy a szakirodalom adatai szerint ez a vegyületcsoport az, amely a stressz reakciókban fontos szerepet játszik (Dudonné et al. 2009). A mintagyűjtés 2005. augusztus hónap folyamán történt Veszprém megyében, Márkó község határában lévő két, azonos termőhelyi adottságú erdőterületen. Az erdőterületek a VERGA Rt. Kabhegyi Erdészeti Herend körzetének kezelésében állnak. Az egyik területen a gyapjaslepke 2005-ben tarrágást okozott, itt az újrakadott lombozatot mintáztam meg. A másik területen a gyapjaslepke hernyók rágása elenyésző volt, így a nem károsított fák leveleiből vettem mintát.

1. mintaterület adatai:

Terület: 15,1 ha

Hrsz: Márkó 059/5, tag: 54A

Genetikai talajtípus: Ramann féle barna erdőtalaj

Fafaj összetétel: 33% csertölgy, 25% kőris, 17% kocsánytalan tölgy, 16% bükk, 9% gyertyán

Tengerszint feletti magasság: 500 m

Károsítás: 2003 -nem értékelhető mértékű

2004 -nyomokban mérhető kártétel

2005 –tarrágás

2. mintaterület adatai:

Terület: 11,3 ha

Hrsz.: Hárskút 0087/1

Tag: 30A

Genetikai talajtípus: Rendzina

Fafaj összetétel: 15% csertölgy, 45% kőris, 40% gyertyán,

Tengerszint feletti magasság: 500 m

Károsítás: 2003 -nem volt kártétel
2004 -nem volt kártétel
2005 -nem volt kártétel, és ebben a tagban védekezés sem történt.

A mintagyűjtést az első mintaterületen 2005. 08. 02-án, és 08. 09-én végeztem el. A második mintaterületen 2005. 08. 18-án és 08. 23-án vettem mintát. A lombkárosítás rövid távú hatásfelmérése volt a cél. Ezért a károsítást követően, azzal azonos évben vettem a mintákat. A célom volt a kémiai változás igazolása. Ez a változás az irodalmi adatok szerint különbözik, ha a lombkárosítás a korai időszakban következik be, vagy ha a közép, és késői vegetációs fázisban következik be (Wold et al. 1997). A lombozat allelokemikáliáinak mérése azért történt közvetlenül a lombozat újrafakadását követően, mert az időjárás változása a vegetáción belül, azaz a sok csapadék, vagy a túlzottan száraz időjárás módosíthatja a növényekben bekövetkező változásokat (Faeth 1992). Hipotézisünk szerint a lombozatban bekövetkező reakciók egy lombkárosítás után, az átlagos csapadékmennyiséggel jellemezhető években évekig fenn állnak és hatással lehetnek a lombrágó hernyók generációinak táplálékválasztására. Feltevéseink első lépését, a lombozatban bekövetkező teljes fenoltartalom változás igazolását végeztem el ebben a kísérletben.

A statisztikai értékelhetőség érdekében minden erdőtagból 60-60 db mintát gyűjtöttem. Egy minta 200 g tömegű volt. Minden mintát a helyszínen, begyűjtés után mérlegeltem és megjelöltem. Az első mintatér egységmintái A 1-60 jelölést, a második mintatér B 1-60 jelölést kapott.

A tarrágott első mintaterről, azaz erdőterületről újrafakadás után gyűjtött lombozat szárazabbnak tűnt, ill. erős lisztharmat fertőzöttséget tapasztaltam a minták többségén. A nem rágott területről származó lombozat kis mértékben volt lisztharmatfertőzött. A teljes fenoltartalom meghatározására irányuló analitikai vizsgálatot a Szegedi Tudományegyetem JGYTF Kémia Tanszéke végezte el:

Mintáinkat egységes eljárással készítették elő a vizsgálatra. Az A sorozat már a laborba érkezéskor sokkal szárazabb volt, és levegőn történő szárítással tovább szárították. A B sorozatból származó levek sokkal nedvesebbek voltak, a penészedés elkerülése érdekében, érkezés után azonnal megkezdték a feldolgozását. A tényleges vizsgálat előtt 60 °C-on egy 6 órás szárítást végeztek el az adott mintán, majd meghatározták a nedves/száraz tömegarányt. Az előkészítés után a feltárás következett, amely a levelek roncsolását jelentette. Az így kapott folyadék/szilárd keveréket szűrővel összetevőire

bontották. Az irodalomban a teljes fenol-tartalom meghatározására a H. D Graham által javasolt módosított Price – Buttler módszert használták fel. A minta előkészítése során is az itt alkalmazott eljárást követték. A megfelelő eljárásokkal a helyes színtabilitás elérése érdekében egy 10 lépéses folyamatot standardizáltak.

A feltárás során a leveleket üvegből készült zárható edényben aprították, majd 12 órán át extrahálták. Az extraktumot vákuumos szűréssel különítették el a levél maradéktól. 10-szeres hígítás után kapott oldat 0.1 cm^3 -ét használták fel a fotometriai méréshez. A fotokémiai előkészítések során alkalmazott reagensek és ezek koncentrációi megegyeztek a szakirodalomban javasolt értékekkel. 15 perc várakozás után a színtabilizáló oldatkeverék hozzáadása után a minta közel 30 percig állandó abszorbanciát mutatott. A fotometria vizsgálatokat 1 cm-es rétegvastagságú kűvetta felhasználásával Mettler-Toledo 602-es egy-utas spektrofotométerrel végezték. A referencia oldatként a mintával azonosan előkészített „vak oldatot” használtak. A spektrumról - az irodalomban közöltnek megfelelően - a 700 nm-es hullámhosszú fényt választottak a koncentráció meghatározásához.

A laborvizsgálat során kalibrációs görbét vettek fel ismert mennyiségű galluszsavból (0,0170 g) készített $\sim 0,001\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldat megfelelő hígítása után mért abszorbanciák alapján. A kalibrációs görbék átlagánál az $y = 52,45x - 0,0428$ egyenletet használták fel a teljes fenoltartalom meghatározására (Viskolcz 2005).

A vizsgálat elvégzését a Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat Növényvédelmi Fejlesztési Osztálya által jóváhagyott témalap alapján a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium támogatta.

3.5 A gyapjaslepke fejlődésének vizsgálata a táplálék fenoltartalmának függvényében

A vizsgálat célja volt, hogy tovább elemezzem azokat a hatásokat, amelyet korábbi méréseim és a szakirodalom adatai igazoltak: miszerint a gyapjaslepke tömegszaporodásának évében a károsított csertölgyek lombozatában megemelkedik a teljes fenol koncentráció, és ez hatással van a gyapjaslepke következő évi nemzedékére (Rossiter et al. 1988.; Wallner and Walton 1979).

Annak érdekében, hogy kiszűrjem a környezetben fennálló rendkívül változatos befolyásoló tényezők sorát, laboratóriumban, felszintetikus táptalajon (Bell et al., 1981) folytatott neveléssel, szabályozott hőmérséklet és megvilágítás mellett vizsgáltam a gyapjaslepke hernyóinak fejlődését. A módszert - amely a gyapjaslepke laboratóriumi vizsgálatánál elfogadott - többek között a Bécsi Egyetem BOKU Intézete használja a vizsgálataihoz, a gyapjaslepke lárvák nevelésénél.

A táptalaj összetétele az alábbi volt: desztillált víz	825 ml
porított agar-agar	15 g
háztartási búzacsíra	120 g
aszkorbin sav	2,5 g
kazein	25 g
Wesson féle só	8 g
szorbinsav	2 g
metil paraben	1 g
klórtetraciklin	0,1 g
Vanderzant féle vitamin premix	10 g

A táptalajt a kontroll fenntartása mellett tanninnal, galluszsavval, valamint ellaginsavval dúsítottam, amelyek a csertölgy levelében, kérgében és makktermésében legnagyobb arányban fordulnak elő (melléklet 1-2. ábra). A három fajta tannin 2 féle koncentrációját használtam. Az irodalomban meghatározott táptalaj receptúra száraz összetevőinek a 0,5 és 1,0% -val emeltem meg a tannin összetételét. Ennek alapján a kezeletlen kontrollal együtt 7 csoportot állítottam fel, csoportonként 50 ismétléssel. A gyapjaslepke tojások származási helye: APHIS (Animal and Plant Health Inspection

Service USA). Azért használtam laboratóriumból származó gyapjaslepke anyagot, mert ezzel tudtam csak kizárni a lárvák kórokozóval, vagy parazitoidokkal való fertőzöttségét, amely befolyásolta volna a vizsgálatot. A gyapjaslepke nevelését hernyónként külön-külön steril Petri-csészében végeztem, szobahőmérsékleten (21-23 °C); 16 órás megvilágítás és 8 órás sötétperiódus beállításával. Egy teljes generációt neveltem fel a 7 csoportban, miközben minden 3. napon mértem:

- a mortalitást,
- L₃ állapottól a tömeggyarapodást,
- a bábozódás idejét,
- bábok tömegét.

A testtömeg méréséhez Denver típusú analitikai mérleget használtam fel, mellyel 5 tizedes pontossággal tudtam megállapítani a változásokat, valamint a különböző összetételű táptalajokon táplálkozó lárvák tulajdonságait.

A kapott adatokból a kontroll táptalajon nevelt lárvák fejlődési tulajdonságait elemeztem. Kifejeztem a lárvák mortalitási %-át, a lárvastádiumonként mérhető tömeggyarapodást, a lárvastádiumok hosszát napokban, a bábok átlag tömegét, valamint a relatív növekedési erélyt.

3.6 Az apácalepke fejlődésének vizsgálata, valamint a gyapjaslepke és az apácalepke fejlődésének összehasonlítása

A vizsgálat célja az volt, hogy az apácalepke fejlődésének tulajdonságait elemezzem mesterséges táptalajon és kifejezzem az eddig még nem ismert, táplálkozással összefüggő faji jellemzőket. A természetes közegben zajló, természetes tápnövényen történő vizsgálatnál fennálló elemeket kiszűrve a *Lymantria dispar* neveléséhez hasonlóan, a faj minden befolyásoló tényezőtől mentes biológiai tulajdonságait szándékoztam vizsgálni. A vizsgálatot a Bécsi Egyetem BOKU Intézetének Laboratóriumában végeztem el. Az eredményeket összevetve a *Lymantria* fajok, azaz a gyapjaslepke és az apácalepke tulajdonságainak összehasonlítása is célom volt. Az összehasonlítás során a gyapjaslepke esetében a korábban beállított kísérlet eredményeit használtam fel (ld. 3.5. fejezet)

Az apácalepke lárvák neveléséhez a *Lymantria monacha* számára kifejlesztett speciális összetételű táptalajt alkalmaztam, amelynek összetételét eredetileg az amerikai Erdészeti Szolgálat (USDA) fejlesztette ki. A Bécsi Egyetem BOKU Intézete ezt az új összetételű táptalajt módosította saját tapasztalatai szerint, és azt az USDA szakembereivel egyeztetette. A vizsgálat módszerének alkalmazása 2010-ben egyedülálló volt, a vizsgálati módszert elsőként alkalmaztam és elsőként fejeztem ki az apácalepke mesterséges táptalajon zajlott fejlődésének tulajdonságait. A kártevő (*Lymantria monacha*) biológiájának elemzéséhez több fejlődési mutatót számoltam. A tömeggyarapodást, mortalitást, a bábok maximális tömegét, valamint a táplálék hasznosulását mértem, és a vizsgálati eredmények alapján elemeztem a hím és a nőnemű lárvák fejlődése közötti különbségeket. A *Lymantria monacha* petéket 2009 júliusában, Litvániában gyűjtötték be. A petéket a felhasználásig hideg körülmények között szállították és tárolták a vizsgálatig. A lárvakelés megindulása érdekében a petéket 2010. január 9-10.-én szobahőmérsékletre helyeztem. Az első lárvák keléséig a táptalajt állítottam össze.

A táptalaj összetétele a következő volt:

Desztillált víz:	450 ml
Agar:	7,5 g
Búza csíra:	60 g
Szacharóz:	17,5 g

Kazein:	17,5 g
Vitamin komplex (Bioserv):	5 g
Wesson só (FePO ₄ nélkül):	4 g
Aszkorbinsav:	3,5 g
Lenmag olaj (gyógyszertári):	1,25 ml
Búzacsíra olaj (gyógyszertári):	1,2 ml
Szorbinsav:	1 g
Nipagin M:	0,5 g
Kolin-klorid:	0,5 g
Koleszterin:	0,5 g
Vas-citrát:	0,05 g

Az elkészített táptalajt hűtőszekrényben, lefordított Petri-csészében tároltam a felhasználásig.

Az apácalepke nevelési kísérlete során 150 *Lymantria monacha* lárvát vizsgáltam. Az L₂ lárvastádium kezdetén minden lárvát külön Petri-csészébe helyeztem, amelyeket sorszámmal láttam el. A lárvák mellé az elkészített táptalaj kis kockáit adagoltam, amelyek tömegét a csészébe rakáskor megmértem. A tápkockákat 3-4 naponta cseréltem, azok kiszáradása miatt. A lecserélt tápkockákat, a lárvák azonosítójával ellátva, szárítószekrényben szárítottam ki 70 °C-on egy héten át, majd azokat is lemértem. A táplálék hasznosulását minden egyes lárvánál a légszáraz tápkockák súlya alapján fejeztem ki. A táplálék hasznosulás kalkulálása érdekében, négy, külön erre a célra vett tápkocka friss tömege és légszáraz tömege alapján számoltam a friss/száraz táplálék arányt.

A második és a harmadik lárvastádiumban lárvánként gyűjtöttem a sorszámozott és a lárvastádium jelével ellátott Eppendorf csövekbe a keletkező ürüléket. Az ürülék mennyiségének növekedésével a negyedik, ötödik és hatodik stádium ürülékét jelölt Greiner csészékbe szedtem, lárvánként. A csészék felhasználása előtt üresen lemértem azokat. A lárvastádiumonként begyűjtött anyagot szárítószekrényben szárítottam ki 60 °C-on, egy héten át. Ezt követően a száraz ürülék tömegét, lárvánként és lárvastádiumonként jegyeztem fel (melléklet 3. ábra).

Az apácalepke lárvák fejlődését, ezen belül a vedlések dátumát, az esetleges lárvapusztulás dátumát, valamint a bábozódás dátumát rögzítettem a nevelés során. A mérések több méréssorozatból álltak. Mértem a vedlés utáni lárvák tömegét, a három napos

bábok tömegét. Elkülönítettem a hím és a nőstény egyedek adatait minden mérésnél a nevelés végén. Kifejeztem az egyes lárvastádiumokban a mortalitás %-át.

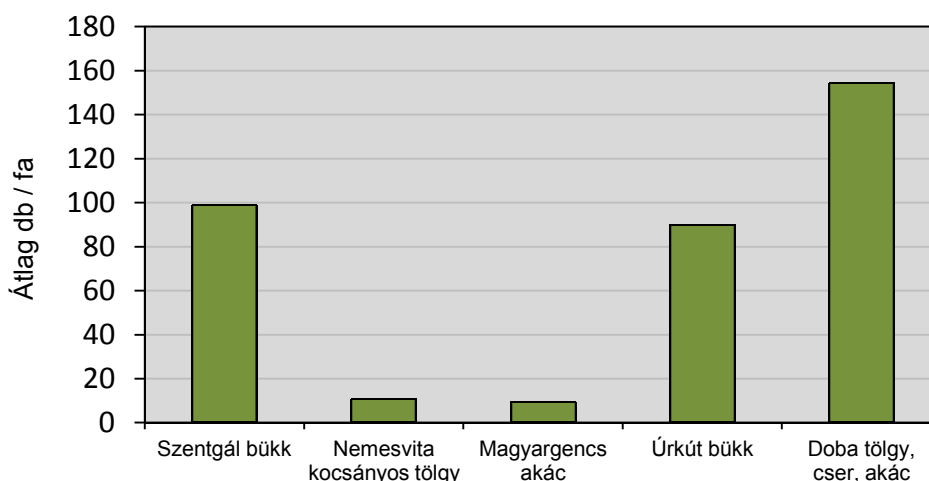
Az adatok elemzése során számoltam a lárvastádiumonkénti tömeggyarapodást, a lárvastádiumonkénti táplálékfelvételt és a lárvastádiumonkénti ürülékképződést. Kiszámoltam az egyes lárvastádiumok hosszát napokban és a stádiumok számát a bábozódásig. A bábozódásig eltelt napok száma mellett a bábok tömegét is mértem. A fejlődési mutatószámok közül a növekedési erélyt (RGR), a táplálkozási erélyt (RCR), a hozzávetőleges táplálékhasznosulást (AD), a táplálékfogyasztás hatékonyságát (ECI), és az emésztett táplálék hasznosulás hatékonyságát (ECD) határoztam meg.

A következő lépésben a gyapjaslepke 2009-es vizsgálata során, a normál táptalajon nevelt lárvák eredményeinek és a 2010-ben beállított, apácalepkével végzett kísérlet eredményeinek összehasonlítását végeztem el. Ennek során a lárvák mortalitási %-át, a lárvastádiumonként mérhető tömeggyarapodást, a lárvastádiumok hosszát napokban, a bábok átlag tömegét, valamint a relatív növekedési %-ot vetettem össze a két faj esetében. A felhasznált fejlődési mutatószámok képleteit a melléklet 3. táblázata mutatja.

4. Eredmények és értékelésük

4.1 Életképesség vizsgálat

2005 tavaszán a gyapjaslepke petecsomókkal sűrűn fertőzött területek többsége Veszprém megyében, az Észak-Bakonyban koncentráálódtak. Az itt látható petecsomók mérete és száma meghaladta a Balaton északi partjához közeli települések környezetében lévő erdőterületek jellemző petecsomó számát, méretét. A peték tulajdonságai attól függően is változtak, hogy az erdőterületen milyen fafajok voltak uralkodóak. A petecsomók száma a megmintázott fák törzsén 3 méter magasságig a mintaterület elhelyezkedése alapján változott. A 12. ábra mutatja a területek közötti különbségeket.



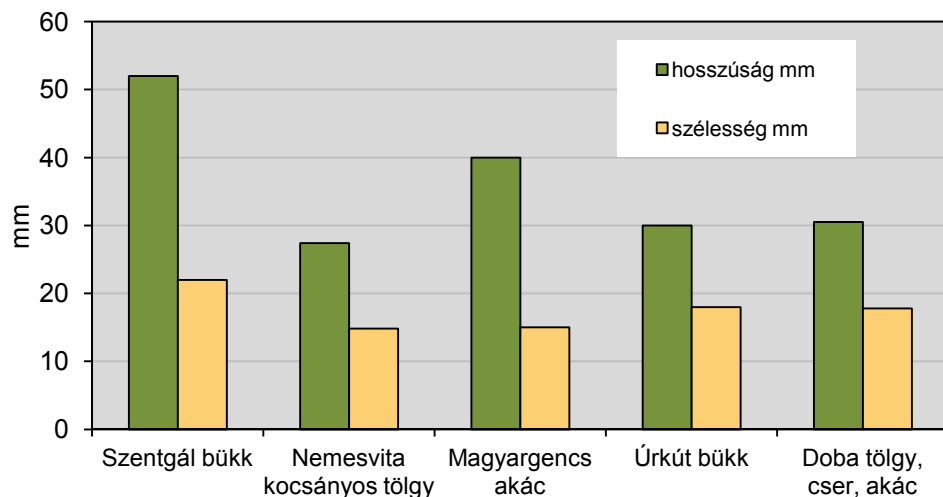
12. ábra A petecsomók átlag darabszáma/fa, 3 m magasságig

A Balaton északi partjának közelében lévő mintaterületeken 2003-ban és 2004-ben volt tarrágás. 2005-ben a petecsomók száma lecsökkent, amit a nemesvítai adatok mutatnak. A gyapjaslepke északi irányú terjedése a megye legészakibb mintaterületén Magyargencsen, 2005-ben csak kis petecsomó számmal jelentkezett. Feltételezhető, hogy a mintaterületen uralkodó fafajok, a populációk 2005-ös legyengülése, valamint a terület góctól való távoli elhelyezkedése eredményezte az alacsony számú peterakást. Ugyanakkor látható, hogy a gyapjaslepke számára kedvező tápnövényeken a 2004-évi góctól távolabb, Dobán, magasabb volt a petecsomók száma a fatörzseken, mint a kiindulási góckhoz közelebb eső Szentgál, Úrkút esetében. A mintaterületek elhelyezkedését a 13. ábra mutatja.



13. ábra Az életképesség vizsgálatok mintaterületei (piros jelzéssel)

A petecsomók méretei a populáció egyedszám kulminációs fázisa után nem tükrözik egyértelműen a tömegszaporodás állapotát. Összefüggés nem állapítható meg. A csomók hosszúsági és szélességi méreteit a 14. ábra mutatja.

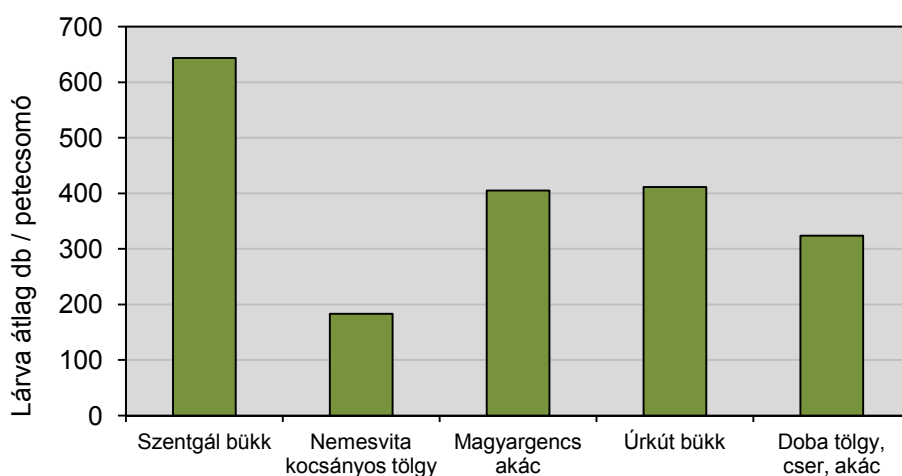


14. ábra A petecsomók átlag hosszúsága és átlag szélessége

A mintaterületek közül Szentgálon, Nemesvitán a nőstények a törzs alsó kétharmadán rakták le petéiket. Ezeken a területeken a tömegszaporodás az összeomlás előrehaladott állapotában volt. A Szentgáltól nem messze elhelyezkedő Úrkút bükkösében

is hasonló volt a populáció petéinek elhelyezkedése. A Doba és Magyargencs határában vizsgált peték a törzsön és a koronában is megtalálhatóak voltak. A petecsomók Dobán és Magyargencsen jellemző elhelyezkedése a tömegszaporodás végét jelezheti (Ubrizsy és Reichart 1958).

Ha a gradáció kimenetelének előrejelzésekor megvizsgáljuk a petecsomó méretét és a petékből kelt átlagos lárvaszámot (15. ábra), akkor látható, hogy az összeomlás fázisában lévő területeken az egységnyi méretű petecsomókból kelt lárvák száma jelentősen lecsökken. A gyengült populációk a nagyobb petecsomó méret mellett nagyobb életképességűek a tömegszaporodás harmadik évében, ha a terjedés során új élőhelyen fejlődnek ki (pl. Szentgál - bükk). Az élőhely és a tápnövények változása következtében a gyapjaslepke új generációinak fekunditása, és életképessége nem csökken olyan mértékben, mint a változatlan élőhelyű és tápnövényű egyedek esetében. A kikelt lárvák számából mégis látható, hogy a tömegszaporodás a kulminációs szakasz után áll, hiszen a petecsomókból kelt lárvák száma csak egy esetben haladja meg a csomónkénti 500-at. A kitörés fázisában ez az érték petecsomónként meghaladhatja az 1000-t.

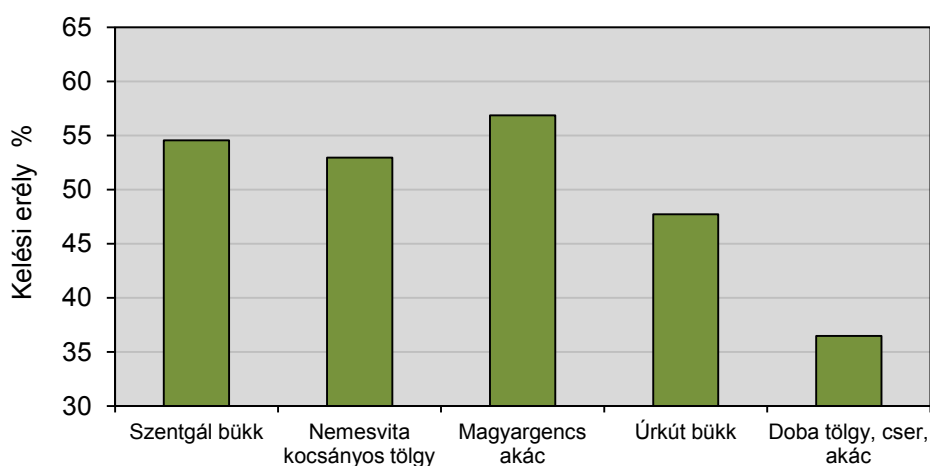


15. ábra Egy petecsomóból kelt átlagos lárvaszám

Ennek oka lehet részben, hogy a kiinduló populációhoz képest más tápnövényeken táplálkozó hernyó a tápnövénytől függően legyengülhet, valamint az „elvándorló” hernyók populációi parazitoid fajokat is magukkal vihetnek. Ez esetekben ezek a populációk még ugyanabban az évben összeomlanak, míg a kiindulási gócekban tovább folytatódhat a gradáció (Leskó, 1988).

A kelési erély – amelynek kifejezésénél a megmintázott petecsomók legnagyobb peteszámához viszonyítottunk - a mintaterületeken nem különbözött jelentősen (16. ábra). A Nemesvita mintaterületen magasabb volt az életképtelen peték, azaz a parazitált peték száma, de az életképes peték nagy része kikelt. Ha a lárvakelést a legmagasabb peteszámú petecsomóhoz viszonyítjuk, akkor ez az arány a 16. ábrán látható módon csak 38-58% között van. Ebben a számításban, ha az egyes petecsomók életképes peteszámát vesszük figyelembe, akkor a kelési erély kis mértékben megemelkedik. Szentgál adatainál, ha a petecsomónkénti életképes petékkal számolunk, akkor a kelési erély 61%.

Ez az arány több okkal is magyarázható, de ezek alátámasztása érdekében újabb vizsgálatokra van szükség.



16. ábra A kelési erély (%) változása a vizsgált területeken

4.2 A gyapjaslepke petecsomók hidegtűrő képességének vizsgálata

A 3.2 fejezetben a fagytűrő képesség vizsgálati módszerének két lépését részleteztem. A vizsgálatok abban különböztek lényegesen egymástól, hogy a petecsomó telelésének más-más időpontjában végeztük el a hidegkezelést. A vizsgálatok a minták származási helyében, a minta számában és a vizsgált szempontokban is eltértek egymástól. A fő kérdés, amire a választ kerestem az volt, hogy a hideg hatása okoz-e olyan változást, amely a populációk állapotát, egyedszámát befolyásolja. Az 1959-1960-ban végzett vizsgálatok során a hideg hatására ($-19,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) nem a pete állapotban következett be pusztulás. A vizsgálat során nagyarányú (45-48%) lárvapusztulás volt tapasztalható, valamint a lárvafejlődés hossza változott meg a fagypont alatti hőmérséklet következményeként (Maksimović et al 1962).

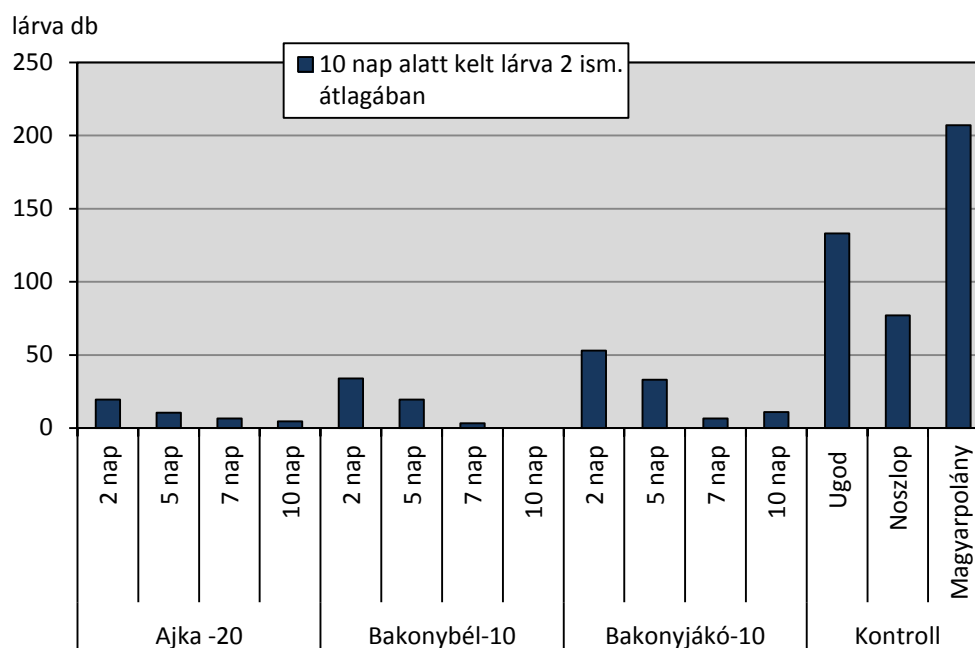
A 2005 januárjában és a 2006 tavaszán végzett kísérletekben a Magyarországon jellemző téli és tavaszi szélsőséges hőmérséklet hatásait vizsgáltam. A 2005 év elején végzett vizsgálatomban, a fagypont alatt tartott peték kezdődő lárvakelését hasonlítottam a kontroll minták keléséhez. Mivel mind a hat mintaterület a Bakonyban helyezkedett el, ezért feltételeztem, hogy a petecsomók életképessége nem különbözött egymástól jelentősen. A hideghatásnak kitett peték kelése az első 10 napban az ismétlések átlagában minden esetben elmaradt a kontroll petecsomók kelésétől. A bakonyjákói mintákból (amelyeket $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ fagyasztottam) nagyobb ütemben indult meg a lárvakelés, mint a bakonybéli, ugyanazon hőmérsékleten kezelt mintáknál. A nagyobb hideghatásnak kitett ajkai, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on fagyasztott petecsomók kelése nagyon lassú ütemben indult meg a többi mintához képest, és azoktól, a bakonybéli minta 10 napos kezelése kivételével mindegyik ajkai kezelés elmaradt. Itt kell megemlíteni, hogy a természetben zajló folyamatoknál, ha a peték először akklimatizálódnak a fagypont alatti hőmérséklethez és hozzá szoknak a napokig tartó hideghez, akkor az erősebb hideghatás sem okoz olyan mértékű petepusztulást, mint abban az esetben, ha a peték enyhe hideghatás nélkül kerülnek $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletre (Marović 1971).

Vizsgálatomban, a természetben, hazai klimatikus viszonyok között gyakran jellemző hőmérsékleti tartományokat modelleztem, ahol különbséget állapítottam meg az első 10 nap kelési eredményeinél a 2, 5, 7, és 10 napig fagypont alatt tartott peték lárvakelésé között. Általánosan elmondható, hogy minél hosszabb hideghatásnak vannak

kitéve a petecsomók a telelés ebben a szakaszában, annál gyengébben indul a lárvakelés. A 10 napon keresztül petéket ért -10 és -20 °C után a hernyók kelése nem, vagy nagyon kis számban indult meg a keltetés 19. napjáig. A korábban végzett vizsgálatokban a hasonlóan alacsony hideghatásnak kitett peték kelési ideje az első pete kelésétől az utolsó pete keléséig számítva 9-11 nap volt (Maksimović et al. 1962), amely alátámasztja, hogy a 19 napig végzett megfigyelésekben a kelés fő időszakát lefedtem, bár a peték tényleges mortalitásáról nem kaptam ez alatt az időszak alatt információkat. Csupán feltételezni tudom, hogy a ki nem kelt lárvák elpusztultak.

A hideghatás mértékének csökkenésével a várttól eltérően, nem minden esetben nőtt az egységnyi idő alatt kikelt lárvák száma. Az első 10 nap kelése alapján elmondható, hogy a petékben fejlődő embriókat a hosszan tartó fagyhatás veti vissza leginkább (17. ábra). A varianciát a 5. táblázat mutatja.

19 nap elteltével az 1. vizsgálatban, a kontroll kelési intenzitása nagymértékben nőtt, míg a kezelt petecsomók közül, csak a 2 és 5 napos hideg hatásnak kitett mintákban kelt ki nagyobb számú lárva, amely a kontroll mintákat közelítette meg, de azoktól a bakonyjákói minta kivételével elmaradt. Ez utóbbi mintát 19 napos vizsgálat után a -10 °C sem vetette vissza a 2 és 5 napos kezelési idők esetében, mert eredményeik meghaladták az ugodi kontroll eredményeit. Minden hidegkezelés, amely 7 és 10 napon át tartott, erős hatást gyakorolt az embriókra, amelyek kelési intenzitása 19 nap alatt nem fokozódott jelentősen.



17. ábra A keltetés első 10 napján kikelt lárvák száma a két ismétlés átlagában

A lárvakelés hosszabb távon is a leggyengébb azoknál a mintáknál volt ahol, -20 °C-nak voltak kitéve a petecsomók 2, 5, 7, és 10 napon keresztül.

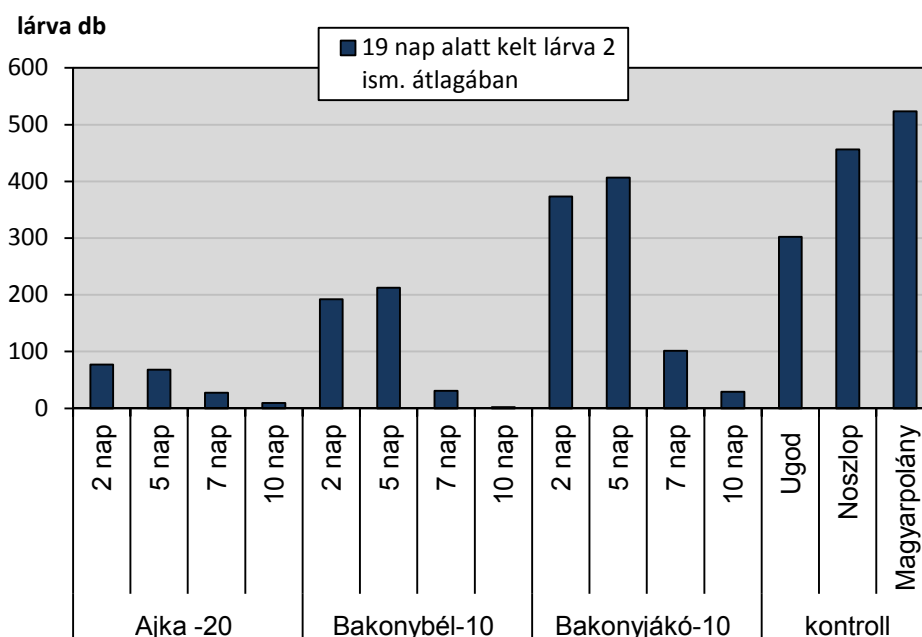
5. táblázat A fagyasztást követő 10 napos lárvakelés varianciatáblázata

VARIANCIATÁBLÁZAT

Tényező	SQ	FG	MQ	F-érték		P=	SzD- érték
				számított	táblázat		
Összes	41262,654						
Ismétlés	563,115	1			4,16	1%	78,96
Kezelés	32681,154	12	2723,4295	4,08	2,69	5%	56,32
Hiba	8018,385	12	668,1987		2,15	10%	46,07

F-próba: P5%-os szinten szignifikáns

Az erős hideghatás egy minta esetében sem okozott 100% -os petemortalitást, minden petecsomóból kelt ki több-kevesebb életképes lárva. (18. ábra). A 19. napig kikelt lárvák számát feldolgozva, azok statisztikai összefüggéseit az 6. táblázat mutatja.



18. ábra A keltetés első 19 napján kikelt lárvák száma a két ismétlés átlagában

6. táblázat A fagyasztást követő 19 napos lárvakelés varianciatáblázata

VARIANCIATÁBLÁZAT

Tényező	SQ	FG	MQ	F-érték		P=	SzD- érték
				számított	táblázat		
Összes	604616,346						
Ismétlés	2016,962	1			4,16	1%	125,13
Kezelés	582460,846	12	48538,4038	28,92	2,69	5%	89,26
Hiba	20138,538	12	1678,2115		2,15	10%	73,01

F-próba: P1%-os szinten szignifikáns

A petecsomókkal végzett korábbi vizsgálatok szerint a kritikus hőmérséklet, amely befolyásolja a peték túlélését a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. Ebben a vizsgálatban beigazolódott, hogy a gyapjaslepke esetében a hőmérsékletre legérzékenyebb fejlettség az embrionális állapot (19. ábra). Ebben a stádiumban ha egy napig $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra süllyed a hőmérséklet, akkor a peték 20,9%-a elpusztul (Marović 1971). Ez alapján feltételezhető, hogy a 2005-ben végzett vizsgálatban a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, 7 és 10 napig kezelt petecsomókban nagy arányú mortalitás következhetett be és a kelő lárvák száma a kelés 19. napja után sem lett volna számottevő.

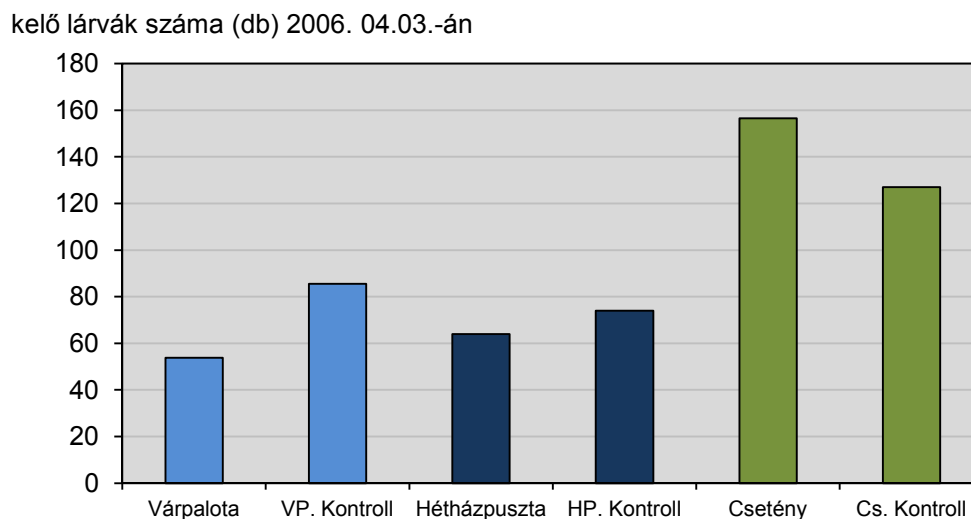
A hideg hatására bekövetkező petepusztulást a petecsomók gyapjas bevonatának megléte befolyásolja. Ha ez a bevonat nincs meg a csomókon, akkor egy nap alatt a peték közel 100%-a elpusztul $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on (Maksimović 1963). Ha a hideghatás hosszú ideig tart, akkor a gyapjas bevonat nem nyújt elegendő védelmet és a peték elpusztulhatnak (Marović 1971).



19. ábra A petében telelő gyapjaslepke embrió

Fotó: Nagy Krisztina

A 2006-ban végzett hideghatás vizsgálatban, röviddel a tavaszi lárvakelés előtt vizsgáltam a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hideg 4 órán át tartó hatását (2006. 03. 24.-én) a petékre. A hideghatást követően a lárvakeltetés első időszakában 6 napig nem kezdődött meg a kelés. Az első lárvák a hideghatásnak kitett petecsomók közül a várpalotai mintában jelentek meg, mialatt a kontrollban még nem keltek ki az első hernyók. Április első napjaiban a keltetés 9-10. napján tömegesen indult meg a lárvakelés, bár a hideghatásnak kitett petecsomók között nagy volt a szórás. Ezeken a napokon mintaterektől függetlenül egy-egy petecsomónál a 100%-os kelés következett be. Az április 3-án, a tömeges kelés napján kikelt hernyók átlagos számát a 20. ábra mutatja.



20. ábra A petecsomónként kelt átlagos lárvaszám a 4 napos $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű kezelést követően, a 9. napon

A 9. napon kelt lárvák aktív mozgásúak voltak, és a hétházpusztai minta kivételével – ahol egy-egy mintánál nem indult be lárvakelés – a minták életképességét jónak ítélt meg. Az eredmények mutatják, hogy a modellezett tavaszi fagyok nem gyakorolnak káros hatást a tojásokra, az embrió életképes marad, és a kelés a hideghatásra korábban indulhat be, ha a hőmérséklet megemelkedik (várpalotai minta), vagy a hideg hatására intenzívebb lehet, mint a hidegnek nem kitett petecsomóknál (csetényi minta). A hidegnek nem kitett kontroll minták átlag lárvaszáma nem különbözött szignifikánsan a hidegkezelésnek kitett mintáktól.

A varianciaanalízis adatait a 7., 8., és 9. táblázat mutatja.

7. táblázat A várpalotai minta varianciatáblázata F-próbával.

Várpalota V A R I A N C I A T Á B L Á Z A T

Tényező	SQ	FG	MQ	F-érték		P=	SzD- értéke
				számított	táblázati		
Összes	21741,9						
Ismétlés	3072,38	3			5,54	10%	129,94
Kezelés	378,13	1	378,1	0,06	10,13	5%	175,71
Hiba	18291,38	3	6097,1		34,12	1%	322,50

F-próba: Nem szignifikáns

8. táblázat A hétházpusztai minta varianciatáblázata F-próbával.

Hétházpuszta V A R I A N C I A T Á B L Á Z A T

Tényező	SQ	FG	MQ	F-érték		P=	SzD- értéke
				számított	táblázati		
Összes	20082,9						
Ismétlés	3514,38	3			5,54	10%	122,96
Kezelés	190,13	1	190,1	0,03	10,13	5%	166,27
Hiba	16378,38	3	5459,5		34,12	1%	305,17

F-próba: Nem szignifikáns

9. táblázat A csetényi minta varianciatáblázata F-próbával

Csetény V A R I A N C I A T Á B L Á Z A T

Tényező	SQ	FG	MQ	F-érték		P=	SzD- értéke
				számított	táblázati		
Összes	79689,5						
Ismétlés	17258,50	3			5,54	10%	229,63
Kezelés	5304,50	1	5304,5	0,28	10,13	5%	310,53
Hiba	57126,50	3	19042,2		34,12	1%	569,93

F-próba: Nem szignifikáns

A vizsgálat második részében a Bakonyánán gyűjtött mintákat kezeltem -6,7 °C-on 5 napon keresztül. A hidegkezelés 2006. 04. 13.-án kezdődött és a petecsomókat 2006. 04. 18.-án helyeztem szobahőmérsékletre. Három nap múlva intenzív kelés kezdődött a kontroll mintákban, míg a kezelt mintákban gyenge kelés indult be, azaz petecsomónként

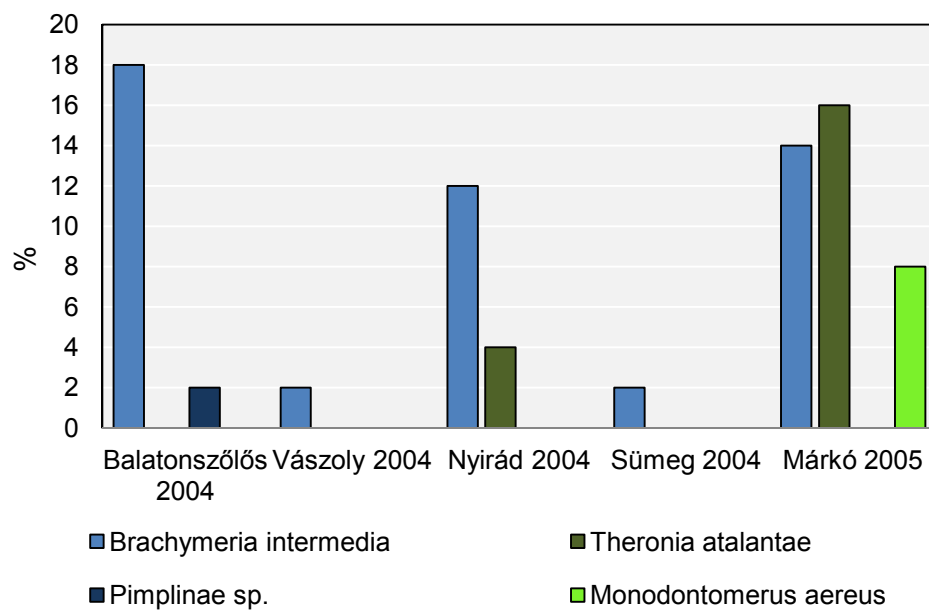
átlagosan 3,5 db lárva kelt ki. Újabb három nap múlva minden mintánál tömeges kelést figyeltem meg. Ennek alapján az alábbi következtetéseket vontam le: A hidegkezelés, az erőteljes hideghatás, ha az a kelés előtt 1-2 héttel következik be, nem csökkenti a peték életképességét. A kontroll mintákhoz képest három nap késéssel intenzív lárvakelés indult be a kezelt minták esetében is, holott a hideg hatása tartósan fenn állt (5 nap).

4.3 Gyapjaslepke peték és bábok parazitáltságának vizsgálata

A 2004 évi bábparazitáltság vizsgálat eredményei szerint a mintaterületekről begyűjtött bábokban más-más arányban fordultak elő parazitoidok. Különböző fajok fejlődtek ki a 2004 és 2005 évben gyűjtött mintákból. 2004 évben az összes parazitáltság aránya elmaradt az egy évvel később vett minták parazitáltságától. A mintaterületek között a kinevelt fajokban és a parazitoidok számában is eltérés volt. A vizsgált 2 évben a meghatározó fajok a *Brachymeria intermedia* syn.: *Brachymeria tibialis* (Walker, 1834) (22. ábra), és a *Theronia atalantae* voltak. A *Brachymeria intermedia*-t Ausztriában és Szerbiában is leírták (Ristić et al. 1998, Madl, 2008). Több *Lepidoptera* faj bábját parazitálhatja. A gyapjaslepke báb parazitoidja és hiperparazitoidja lehet (Ristić et al 1998). A *Theronia atalantae* szintén polifág faj, elsődleges és másodlagos parazitoidként azonosították. A leggyakrabban előforduló és a legszélesebb elterjedési területtel rendelkezik az *Ichneumonidae* családon belül, de a gyapjaslepke bábokban mégis viszonylag alacsony mortalitást okozott a Szerbiában és Bosznia Hercegovinában végzett vizsgálatok szerint (Ristić et al 1998).

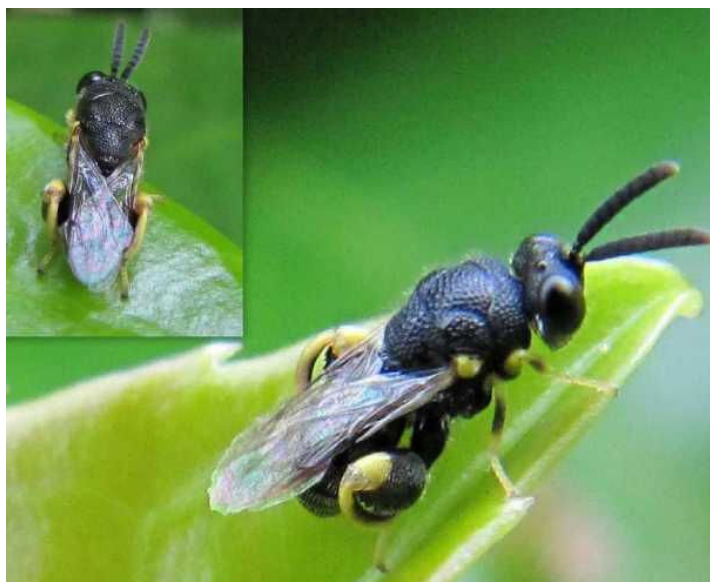
Eredményeink érdekessége, hogy a bábokból kifejlődött egyedek közül, minden esetben magasabb volt a kinevelt parazitoid hímek aránya az elenyésző számban megjelent nőstényekhez képest. Az eredmények egyértelműen rámutatnak arra, hogy a bábparazitoidok felszaporodása jelentős egy év alatt a gyapjaslepke bábjaiban. A kinevelt fajokat és azok előfordulását a 21. ábra mutatja.

A 2005-ben végzett peteparazitáltság vizsgálatban a Salföldön és a Márkón vett minták közül a salföldi mintákból megközelítőleg kétszeres mennyiségű peteparazitoidot sikerült kinevelni, mint a márkói mintából. A Rovar Parazitológiai Laboratórium fajhatározása alapján a kinevelt fajok az *Ooencyrtus kuvanae* és az *Anastatus japonicus* (Ashmead, 1904) voltak. Érdekeség képpen a bábokban kifejlődő fajoktól eltérően a peteparazitoidok ivararánya az *Ooencyrtus kuvanae* esetében azonos, míg az *Anastatus japonicus* esetében a nőstények javára tolódott el. A kifejlődő egyedek 90%-a nőtény volt.



21. ábra Bábparazitoid fajok előfordulása a vizsgált bábok %-ban

Az ország más részeiben végzett peteparazitáltság vizsgálatokban 2004 év végén, Tolna megyében szinte 100 %-ban domináns faj az *Ooencyrtus kuvanae* volt. Egy-két esetben előforduló fajok az *Eupelmus* sp. nemzetségből és a *Scelionidae* családból származtak (Vörös és mtsai 2005).

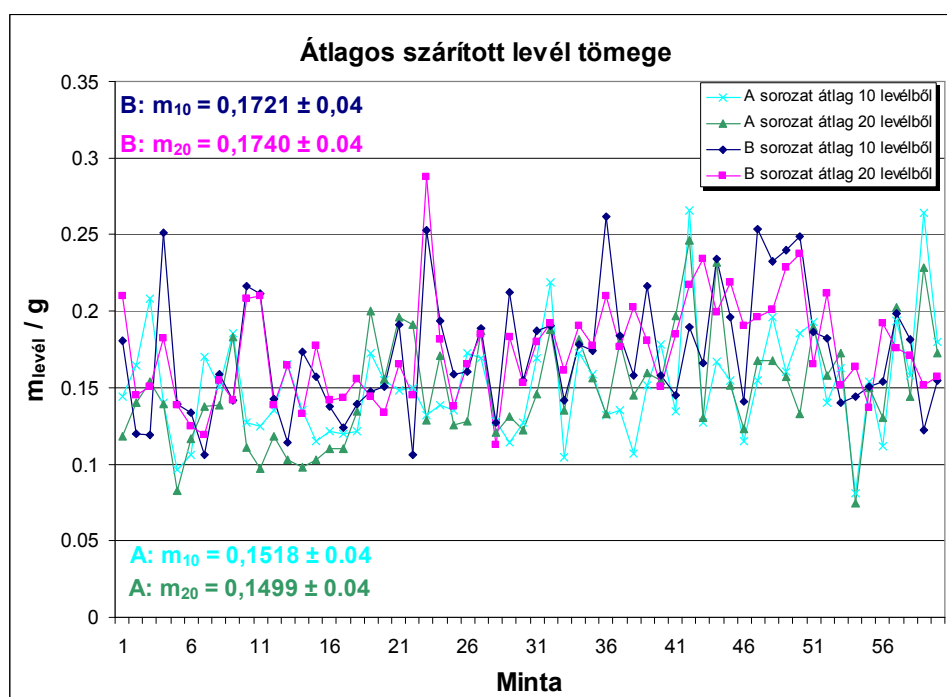


22. ábra *Brachymeria intermedia*

Forrás: <http://aramel.free.fr>

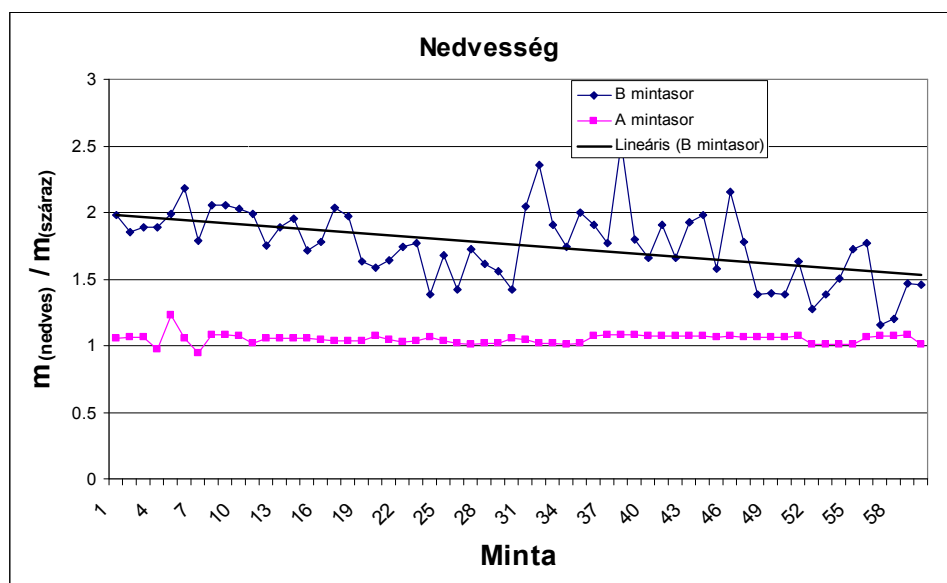
4.4 A gyapjaslepke kártétel hatására bekövetkező fenol koncentráció változás a tápnövényben

Első lépésben a laboratóriumba érkezett levelek száraz tömegének elemzésére került sor. A 23. ábra mutatja az összehasonlítást, melyből látszik, hogy a minták tömegei a statisztikai hibahatáron belül jól egyeznek. A B mintából azaz a nem károsított lombozatból vett levelek átlagosan mintegy 0,02 g-mal nehezebbek voltak mint az A mintából, azaz a rágott, majd újrakadott lombozatból származóak.



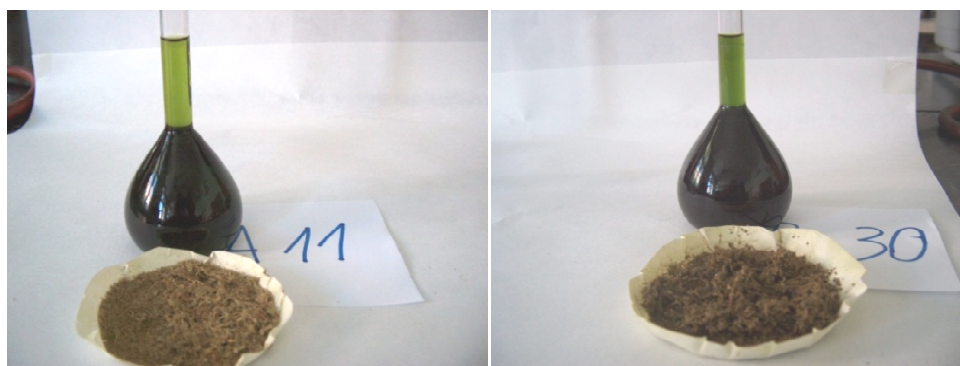
23. ábra Két mintasorozat száraz leveleinek tömege

A 24. ábrán látható, hogy az A károsított lombozat mintáinak légszáraz állapota a szárítás hatására alig változott. A nedvességtartalom a nedves B, nem károsított minta esetén folyamatosan változott attól függően, hogy mikor került sor a feldolgozásra az érkezést követően. A változó nedvességtartalom következtében, csak a száraz levél-tömegegységeire megadott teljes fenoltartalom értékek voltak összehasonlíthatóak.



24. ábra Két mintasorozat relatív nedvessége

A feltárás lépésekor az A sorozat lágy világos zöldes árnyalatú oldatot adott, míg a B sorozat mély olajzöld színűvé vált. A két sorozat közötti különbségek már itt észrevehetőek voltak (25. ábra).



25. ábra A levélminták a szűrés és a hígítás utáni állapotban

Fotó: Viskolcz Béla

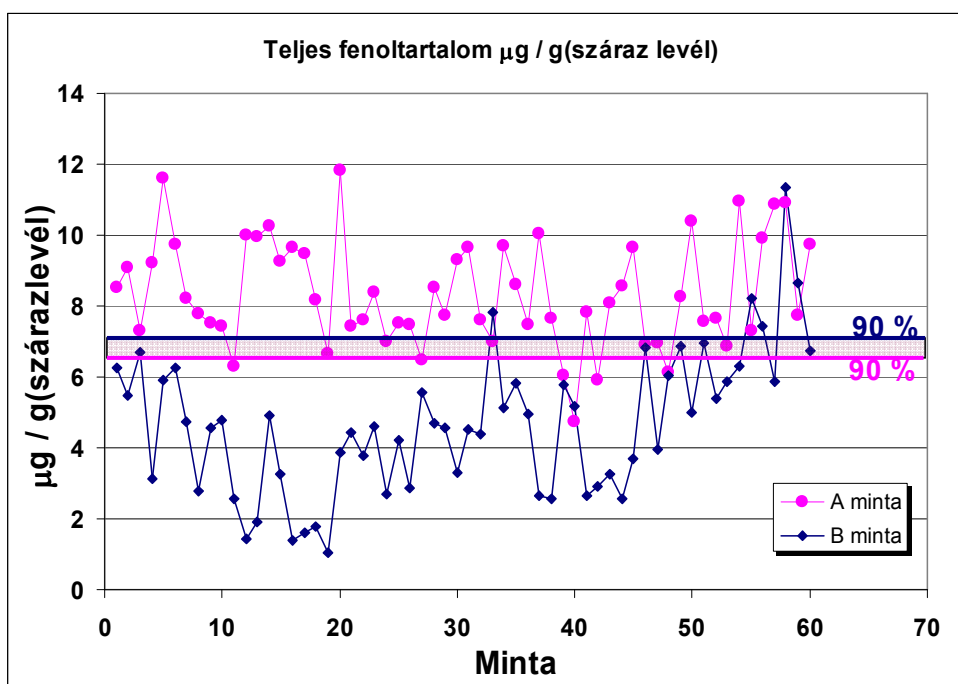
A szűrés és mosás utáni maradék is jelentős eltéréseket mutatott. Ezek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a levelek roncsolása, és a fenol tartalom extrahálása reprodukálhatóan végbement. A hígítást követően, és a színtabilizátor hozzáadásával is jellegzetes színeltérést mutatott a két mintasorozat (26. ábra).



26. ábra Az fotometriás méréshez előkészített oldatok

Fotó: Viskolcz Béla

A fotometriai mérés eredményeit, azaz a teljes fenoltartalmat, galluszsav egyenértékben kifejezve határoztuk meg. Az eredményeket a melléklet 4. táblázata tartalmazza. A táblázatban közölt átlagok alapján megállapítható, hogy az A mintasorozatnak szignifikánsan magasabb a teljes fenoltartalma. A 27. ábra érzékelteti a két mintasorozat elkülönülését 90%-os valószínűség mellett.



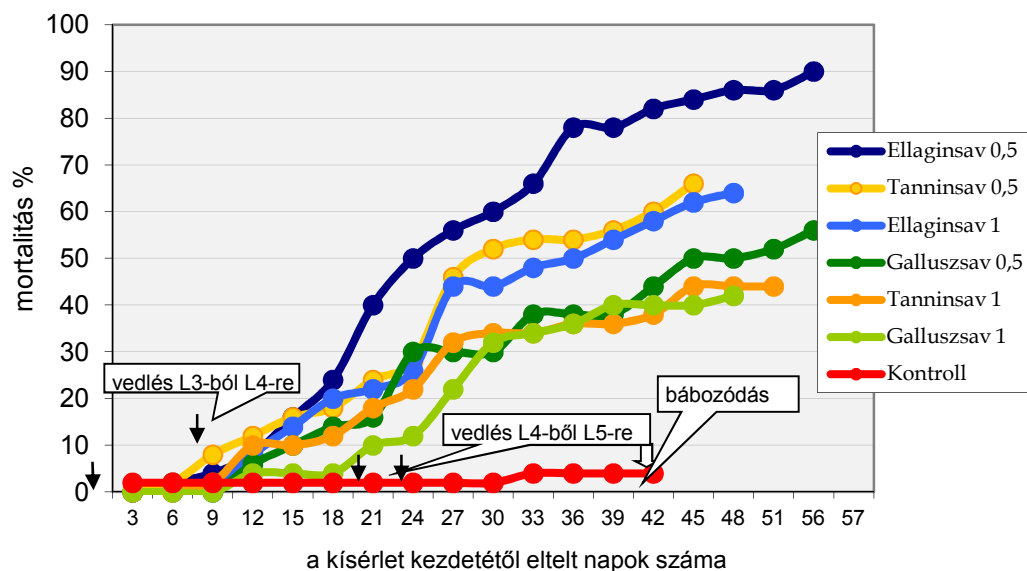
27. ábra Két mintasorozat teljes fenoltartalma galluszsav egyenértékben kifejezve

A két minta között $6.4 \mu\text{g} / (1 \text{ g száraz levél})$ teljes fenoltartalom a választó érték, mely esetén 90%-os valószínűséggel kerülnek a minták ezen érték fölé a károsított lomboszat mintáiban (A sorozat), ill. alá a nem károsított lomboszat mintáiban.(B sorozat).

A teljes fenoltartalom vizsgálatának eredményei egyértelműen igazolják, hogy a gyapjaslepke tápnövényében, a csertölgyben (*Quercus cerris*), a rágás hatására emelkedik a növényi fenolok koncentrációja. Ez a levelek minőségét változtatja meg a gyapjaslepke táplálék választása során, amely a tanninok és más fenolok mennyiségi változását jelenti (Schultz 1988).

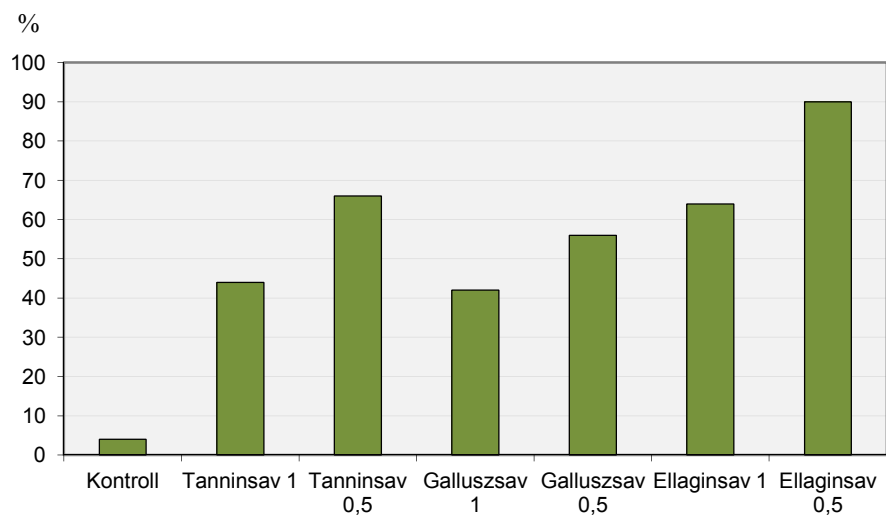
4.5 A gyapjaslepke fejlődésének vizsgálata a táplálék fenoltartalmának függvényében

Az eredményeim szerint általánosan megállapítható, hogy a 3 fenoltípus 2 féle koncentrációjában, a gyengébb fejlődési erély és a nagyobb mértékű mortalitás jellemezte a kisebb fenolkoncentrációjú táptalajon nevelést (28. és 29. ábra). Ezeken a kisebb fenolkoncentrációjú tápkockákon gyakoribb volt a torzulással fejlődő egyedek kialakulása. A nagyobb koncentrációjú galluszsav, ellaginsav és tanninsav tartalmú táptalajon valószínűsíthető, hogy a hernyók tápcsatornája adaptálódott a normálisnál magasabb koncentrációhoz és ez az adaptáció gyorsabban bekövetkezett a nagyobb koncentráció mellett (Harborne 1994). Erre a hatásra a természetben először a tápnövény elhagyással reagálnak a hernyók (Fichman 2003).

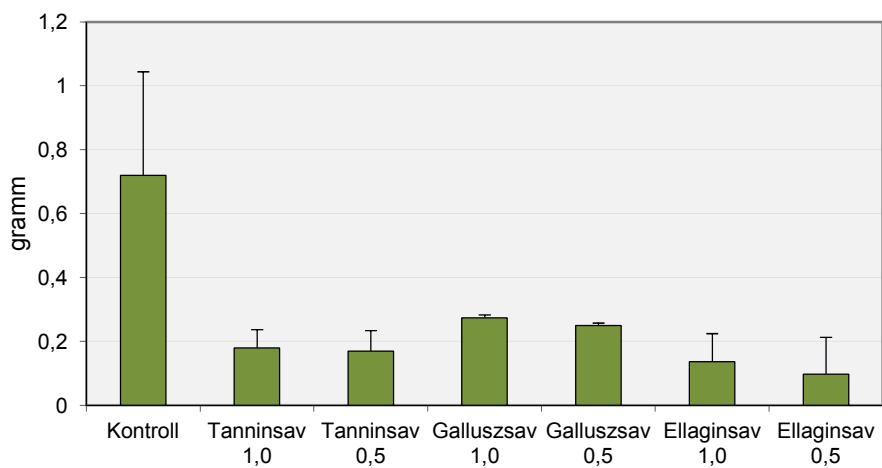


28. ábra A mortalitás változása a kísérlet folyamán (%/nap)

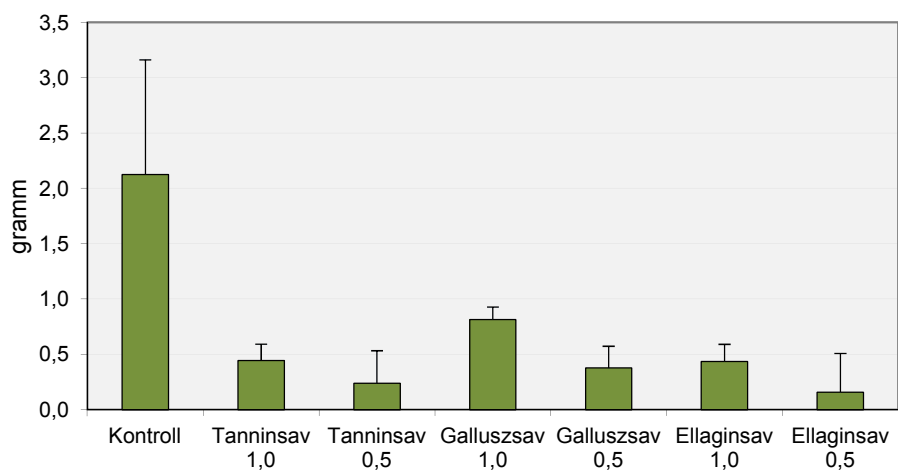
Az adaptáció miatt ezekben a csoportokban megfigyelhető volt a gyorsabb növekedés, a hernyók nagyobb átlagtömege, valamint a kisebb mortalitás mint a 0.5% -os koncentrációjú csoportokban. A nőstény lárvák tömeggyarapodása több csoportban 2 – szer magasabb volt, mint a hím csoportokban. A 30. és 31. ábra szerint mindkét nemből a galluszsavval kezelt táptalajon érték el a hernyók a legnagyobb tömeget a kezelt csoportok közül.



29. ábra A mortalitás alakulása az egyes csoportokban (%)



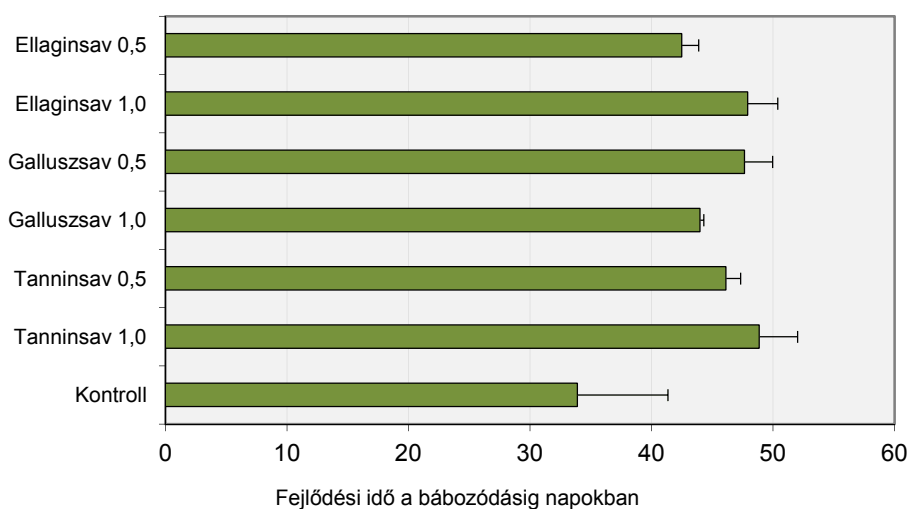
30. ábra A hím lárvák tömeggyarapodása a kísérlet időtartama alatt (g)



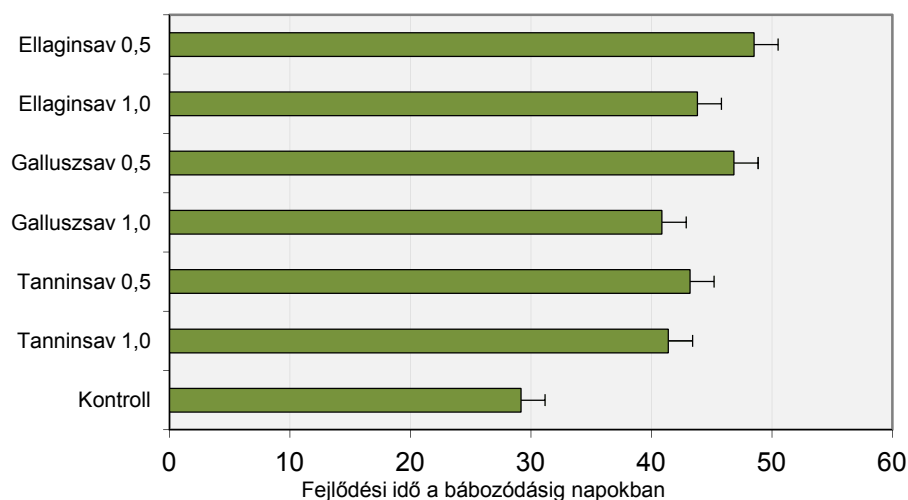
31. ábra A nőstény lárvák tömeggyarapodása a kísérlet időtartama alatt (g)

A fejlődés idejét a két nemből összehasonlítva, a nőstény lárvák kis mértékben haladták meg a hím lárvák fejlődési idejét, valamint a testtömeg gyarapodása a csoportok többségében fordított arányosságban volt a fejlődés idejével (32. és 33. ábra).

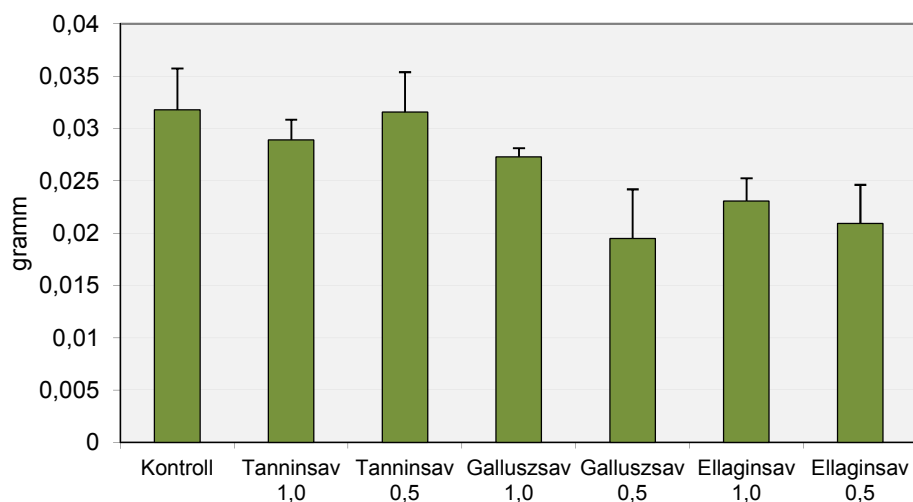
A mérések kezdetén a lárvák L_2 -es állapotból L_3 -as állapotba vedlettek, miközben a kezelt és kontroll táptalajokkal táplálkoztak. Ez a rövid pár napos időtartam elegendő volt ahhoz, hogy az L_3 -as lárvák testtömege között kialakuljanak a tendenciális különbségek. Az ellaginsav kétféle koncentrációjánál, valamint a galluszsav 0,5 % koncentrációjánál elmaradt az L_3 -as lárvák testtömege a többi csoport testtömegéhez képest (34. ábra). Ezeket a különbségeket figyelhetjük meg az L_4 stádiumra kifejezett relatív növekedési erély összehasonlításánál (35. ábra).



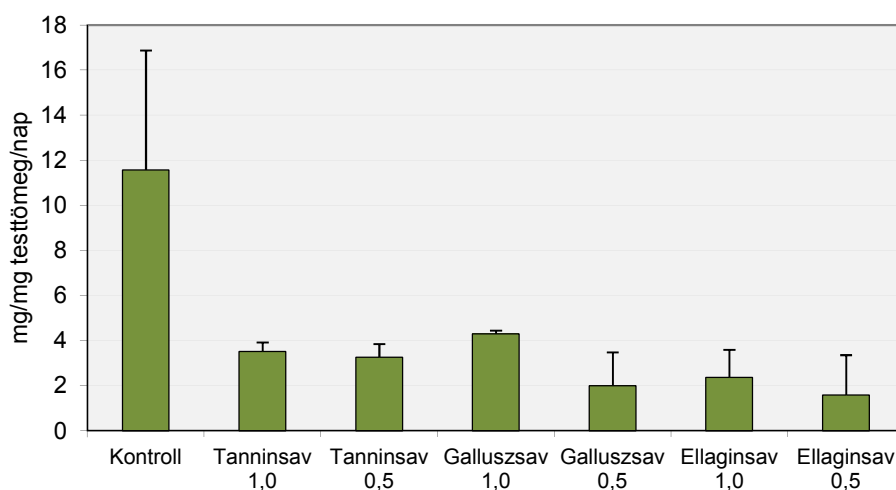
32. ábra A bábozódásig eltelt idő napokban, a nőstény lárváknál



33. ábra A bábozódásig eltelt idő napokban, a hím lárváknál

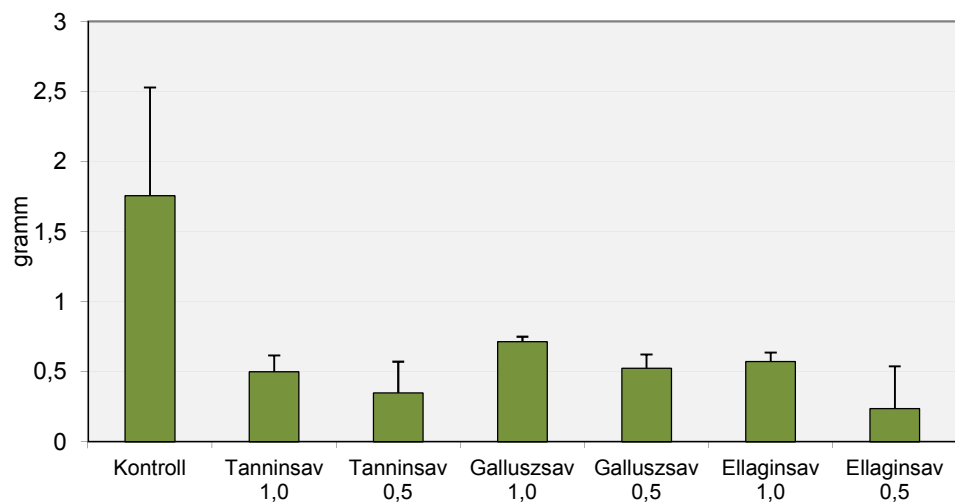


34. ábra Az L₃-as stádiumú lárvák tömeggyarapodása (g)

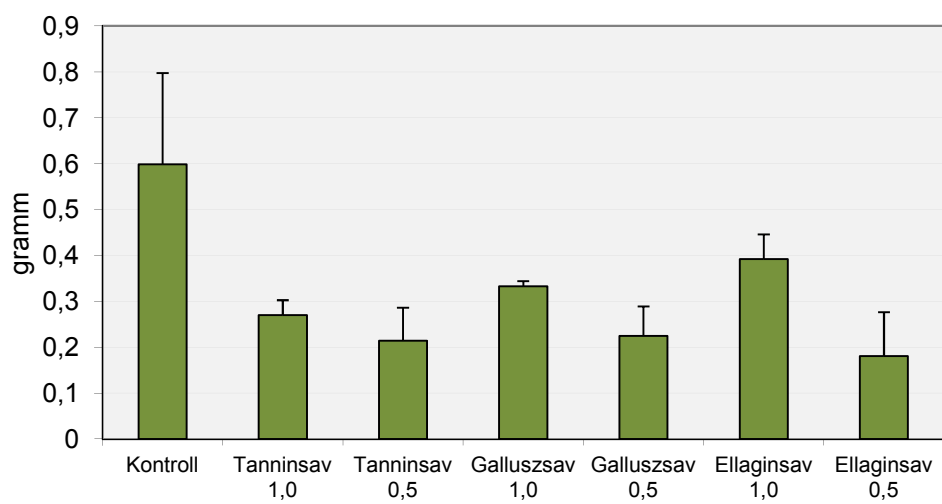


35. ábra A relatív növekedési erély változása L₄ stádiumban az egyes csoportokban (mg/mg testtömeg/nap)

A bábok értékelésénél figyelembe kell venni, hogy az átlagtömeg kifejezésekor a bábok száma az egyes csoportokban jelentősen különbözött. A különbség a hím és nőstény bábok között jól látható. Kitűnik, hogy a kontroll mellett a galluszsav befolyásolta a bábtömeget legkevésbé (36. és 37. ábra). A fekunditás vizsgálata során láthattuk, hogy a polifenol típusú anyagokkal dúsított táplálékú egyedekből nem fejlődtek ki életképes imágók, kivéve a tannin-al dúsított táptalajt. A kikelt imágók száma, tojásrakása, tojáscsomó mérete jelentősen elmaradt a kontroll egyedekéhez képest, amelyet más vizsgálatok eredményeként is leírtak már (Awmack and Leather 2002).



36. ábra Bábok átlag tömege / nőstény (g)



37. ábra Bábok átlag tömege / hím (g)

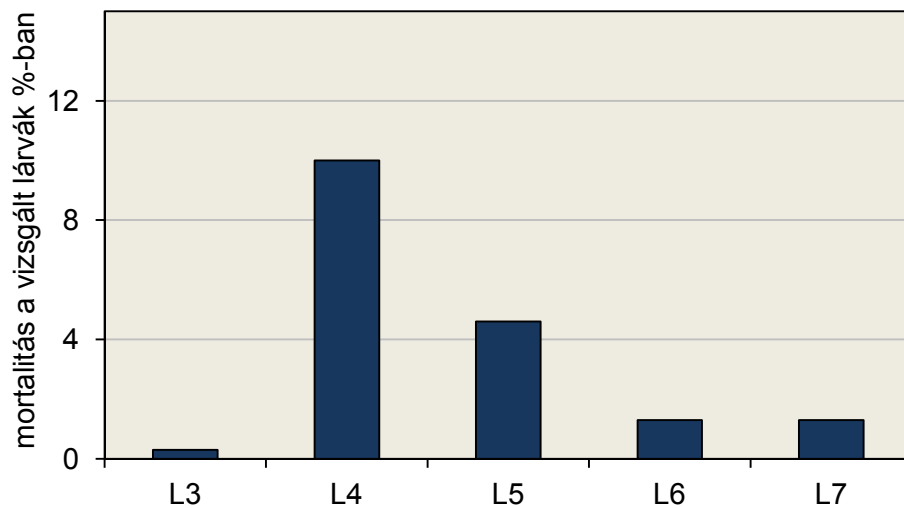
4.6 Az apácalepke fejlődésének vizsgálata, valamint a gypjaslepke és az apácalepke fejlődésének összehasonlítása

A gypjaslepke fejlődését a 4.4 fejezetben olvasható vizsgálat során elemeztem, ahol a kontroll lárvák fejlődési adatai képezték a jelen fejezetben tárgyalt összehasonlítások alapjait. Az apácalepke táplálkozásának és fejlődésének ismerete a mesterséges táptalajon neveléssel új eredmény, amelynek részletes adatai ebben a fejezetben olvashatók.

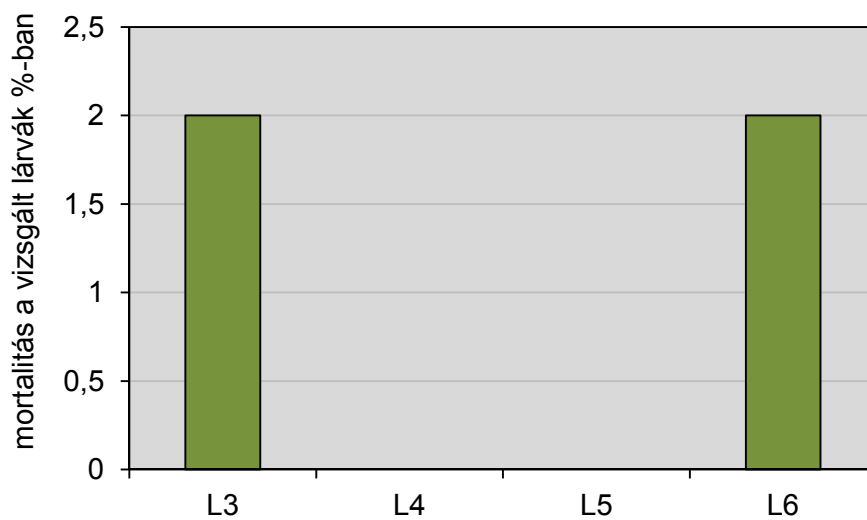
Az apácalepke mesterséges táptalajon történő nevelését, korábban Odell & Rollinson módosított módszerével Gripma és munkatársai (1987) végezték. A módszer eltéréseit jól szemlélteti, hogy a korábban alkalmazott módszer során a mortalitás aránya az adult állapotig 28 %-ig emelkedett, míg vizsgálataimban 10% alatt maradt az elpusztult lárvák aránya. A bábok mortalitása nem volt számottevő. További különbség volt, hogy az Odell & Rollinson módszerrel nevelt lárvák hosszabb idő alatt érték el az imágó állapotot. A hímek 61, míg a nőstények 70 nap alatt fejlődtek ki. A vizsgálataimban alkalmazott módszer az eredmények alapján jobbnak bizonyult.

Az apácalepke lárvák nevelése során a legtöbb hernyó L₅ stádiumban pusztult el (38. ábra). A mortális lárvák nagy része már a stádium kezdetén gyengült állapotban volt, és kisebb részük a vedlés előtt hirtelen gyengült le és pusztult el. Az egészséges lárvák nagyarányú kifejlődése és jó fejlődési mutatóik bizonyítják, hogy az újonnan kifejlesztett és az apácalepke nevelésére használt táptalaj megfelel a faj vizsgálatához.

A gypjaslepke mortalitása kisebb arányú volt, mint az apácalepke, kísérlet alatt elért mortalitása (39. ábra). A gypjaslepkénél a pusztulás zömmel a fejlődési periódus végén következett be. Az apácalepkénél az L₄ L₅ és L₆ stádiumban is nagyobb számban pusztultak el egyedek.

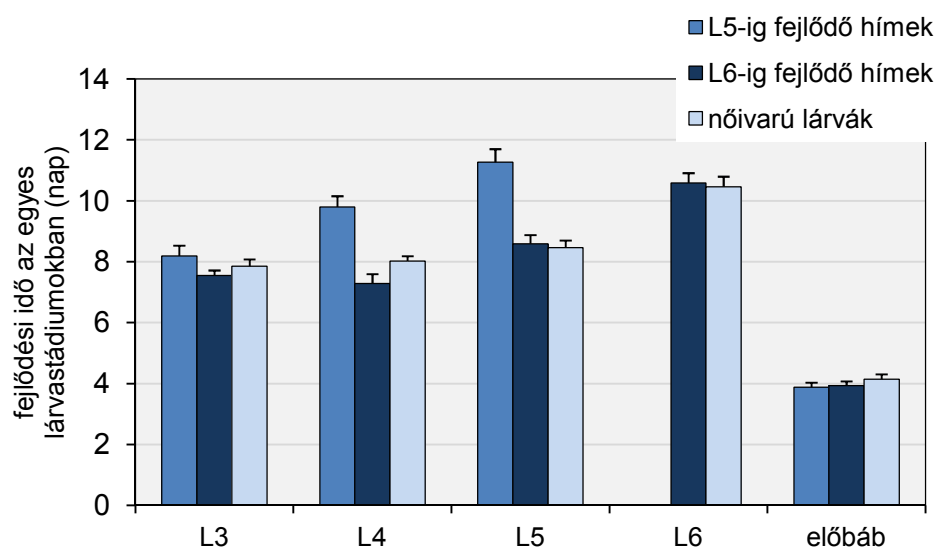


38. ábra A *Lymantria monacha* mortalitása a vizsgált lárvák %-ban az egyes lárvastádiumokban

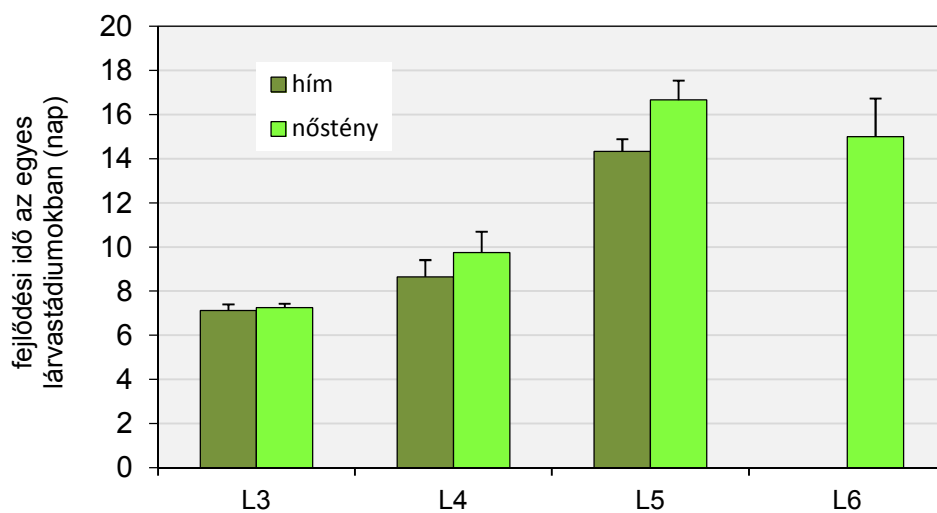


39. ábra A *Lymantria dispar* mortalitási %-a az egyes lárvastádiumokban

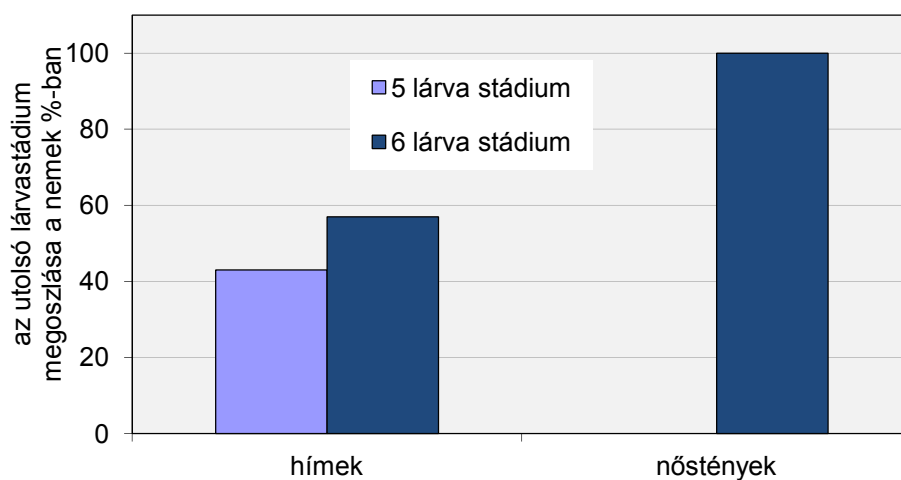
A lárvák fejlődési idejét nemenként és lárvastádiumonként elemeztem. A kifejlődéséhez szükséges időben, az egyes stádiumok között csak kis szórás volt tapasztalható az apácalepkénél, míg a gyapjaslepkénél a fejlődés során egyre hosszabb idő alatt érte el a vedlés állapotát a hernyó, és az L₅ és L₆ stádiumú lárvák vedléséhez, vagy bábozódásához több napot igényelt, mint az apácalepke. A gyapjaslepke nagyobb testtömeg mellett bábozódik, de kifejlődése is hosszabb időt vesz igénybe (40. és 41. ábra).



40. ábra Az apácalepke lárvastádiumainak hossza (nap)



41. ábra A gyapjaslepke lárvastádiumainak hossza (nap)



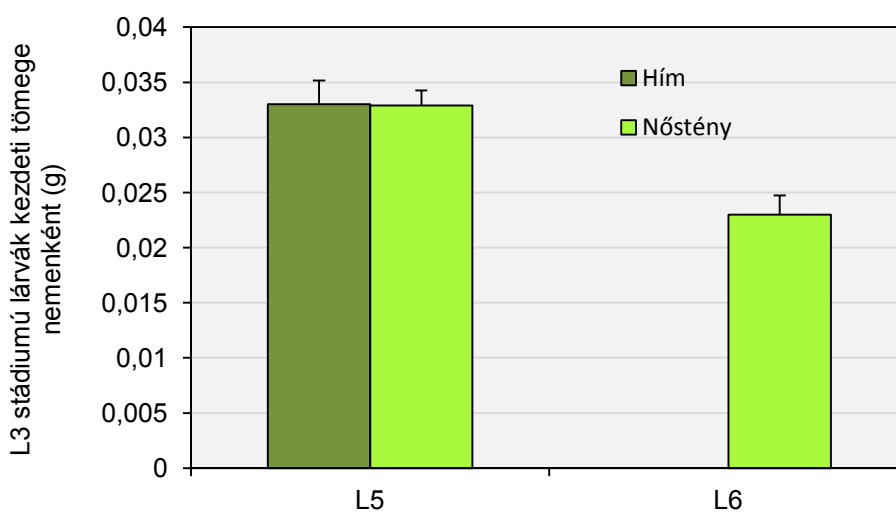
42. ábra Az utolsó lárvastádium megoszlása a hím és nőstény apácalepkék egyedszámának arányában (%)

Az apácalepke lárváinak fejlődési ideje a bábozódásig 35-40 napot vesz igénybe és az L₅ és az L₆ stádiumokban több napos különbséget mutat, amiből látható, hogy az utolsó L₆ állapotban a lárvák 5-6 napig táplálkoznak. Az L₆ fejlettségű hím és nőtény lárvák fejlődési ideje között csak 1-2 nap eltérés volt megfigyelhető (40. ábra).

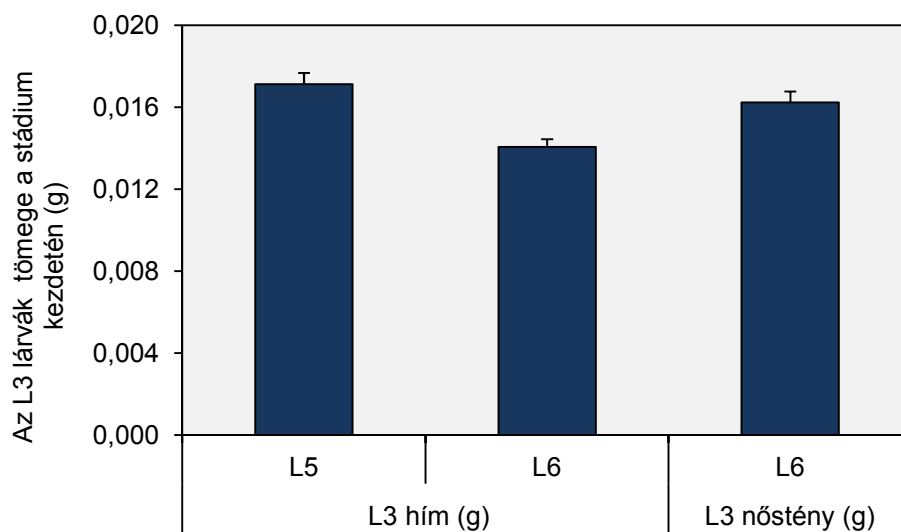
A vizsgálatok megerősítették azt a korábbi megállapítást, miszerint az apácalepke nőtény lárvája hat stádiumon keresztül fejlődik és csak azok után bábozódik (42. ábra). A hímek között is nagyobb arányban bábozódik az L₆ stádium után a lárvá, mint az L₅ stádium után (Keena 2008). A gyapjaslepke fejlődésénél viszont a hím lárvá fejlődési stádiumainak száma 5 és az L₆ stádiumba már nem vedlik, hanem előtte bebábozódik (Varga 1975; McManus et al. 1989; Keena and ODell 1994).

A gyapjaslepke és az apácalepke lárvák kezdeti tömegének összehasonlításakor az L₃ stádiumban nem láthatók azok a különbségek, amelyek a fejlődés végén az L₅ és L₆ stádium után bábozódó lárvák, vagy a hím és nőivarú lárvák között megállapítható (43. és 44. ábra).

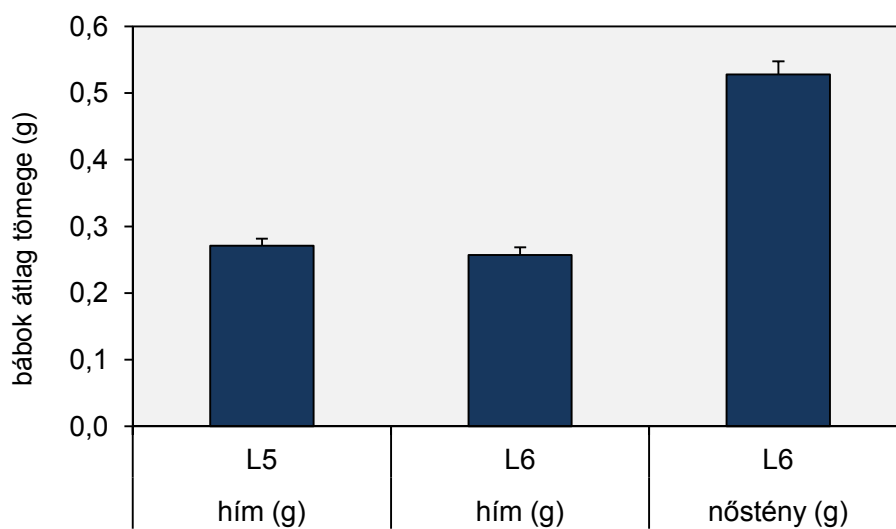
A gyapjaslepke és az apácalepke bábtömegeinek vizsgálatakor viszont, nagyságrendi eltérést mutattunk ki. Az apácalepke L₅ és L₆-os hímnemű bábjai 200-300 mg tömeg között fejlődtek ki, míg a gyapjaslepkénél ez a tömeg magasabb volt, mint 500 mg. Az apácalepke L₅ stádiumig fejlődő hím lárvái nagyobb tömegű bábbá fejlődtek, mint az L₆-ig fejlődő hím lárvák. A gyapjaslepke nőnemű bábok tömege többszöröse volt az apácalepke nőnemű bábok tömegének (45. ábra).



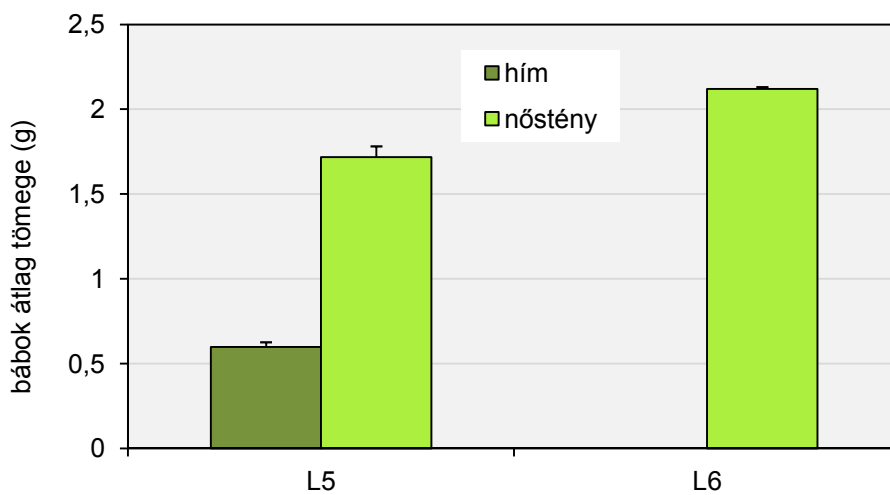
43. ábra A gyapjaslepke L3 stádiumú lárváinak átlag tömege a stádium elején



44. ábra Az apácalepke L_3 stádiumú lárváinak átlag tömege (g) a stádium elején

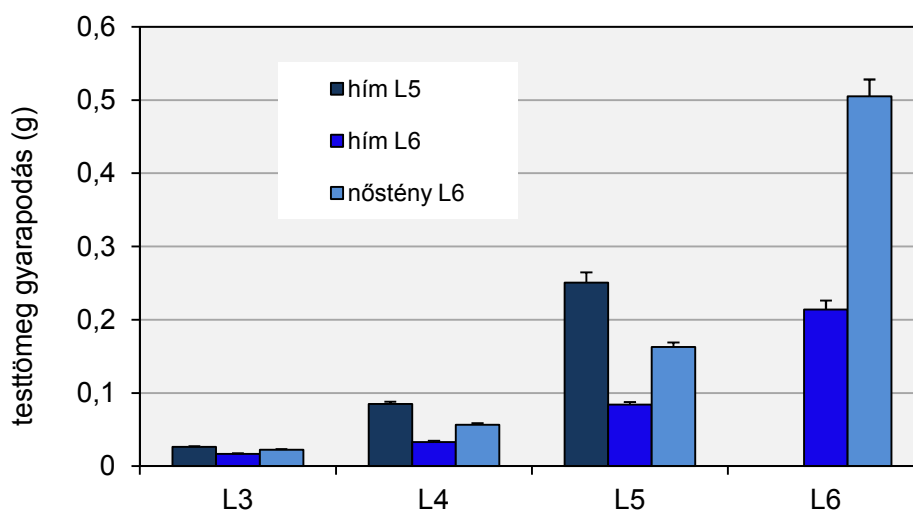


45. ábra Az apácalepke bábok átlag tömege (g)

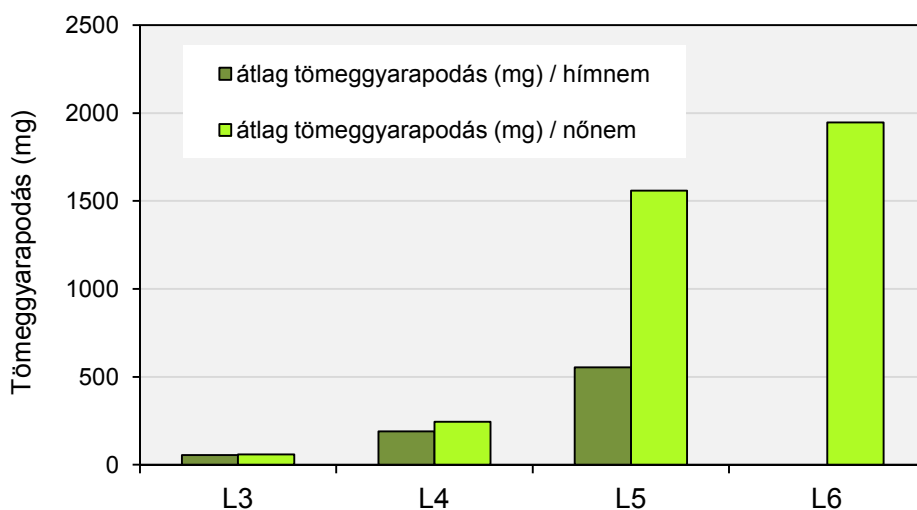


46. ábra A gyapjaslepke bábok átlag tömege az L_5 és az L_6 stádiumok után (g)

A következő elemzésben, a hernyók táplálkozásával és a táplálék hasznosításával kapcsolatos eredmények és mutatószámok olvashatók. A lárvastádiumonkénti tömeggyarapodás vizsgálata mindegyik fajnál lineáris növekedést eredményezett, de a természetes tápnövényen fejlődő lárvákhoz hasonlóan a gyapjaslepke hernyói nagyobb tömeget értek el. A nőtények testtömeg gyarapodása az egyes lárvastádiumokban az apácalepkénél kisebb volt, mint az ugyan abban a stádiumban fejlődő, hím lárvák testtömeg gyarapodása, ha a hímek 5 stádium után bábozódtak. A gyapjaslepkénél elmondható, hogy a nőtény lárvák tömeggyarapodása mindig meghaladta a hímekét. A legnagyobb gyarapodást az apácalepke és a gyapjaslepke is az L₅ és az L₆ stádiumban érte el (47. és 48. ábra).

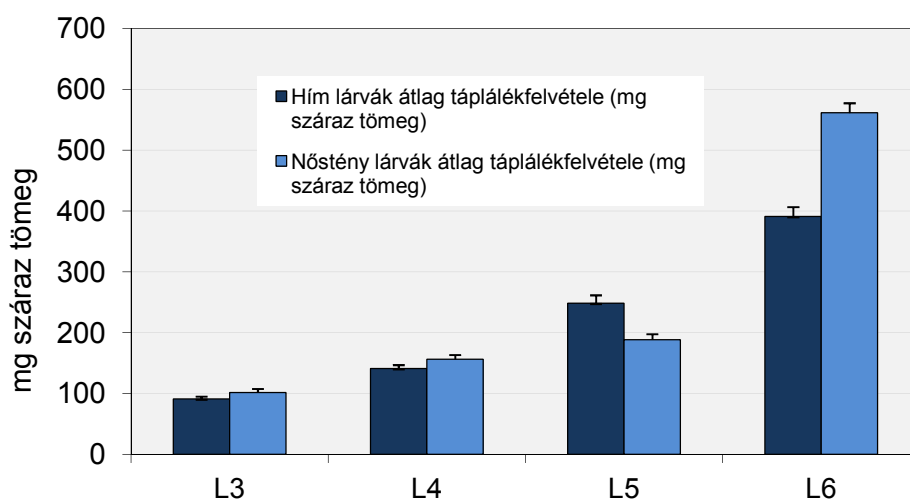


47. ábra Az apácalepke tömeggyarapodása lárvastádiumonként (g)

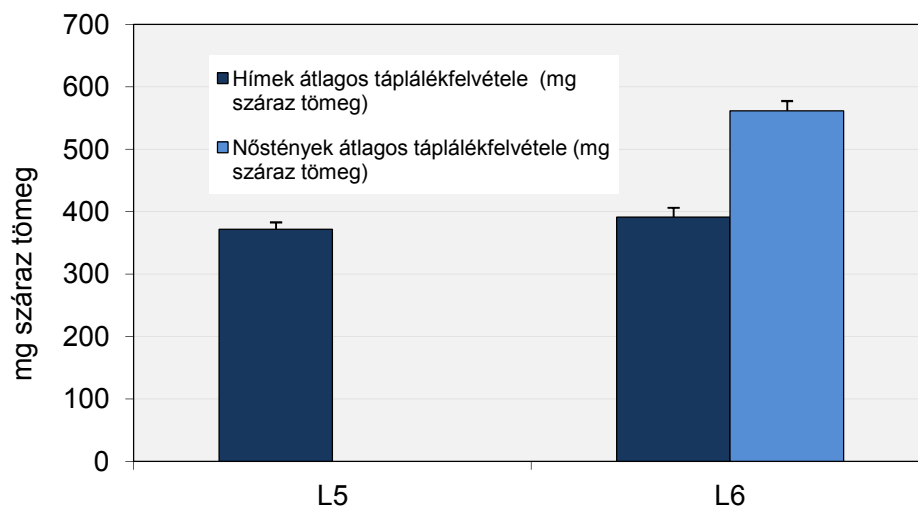


48. ábra A gyapjaslepke tömeggyarapodása lárvastádiumonként (mg)

A felvett táplálék mennyiségét, a keletkezett ürülék mennyiségét a táplálkozási és táplálék hasznosulási mutatókat lehetőségeim szerint már csak az apácalepke lárváin vizsgáltam. A táplálék felvétele a fejlődés előre haladtával lineárisan nőtt a hím és a nőstény hernyók esetében is. A hímek táplálékfelvétele a lárvák testömegével arányosan nőtt, de a nőstényeknél a felvett mesterséges táplálék mennyisége kis ütemben emelkedett a lárvák fejlődésével. Ennek következtében az L₅ stádiumban a hímek eredménye meghaladta a nőstényekét. Az ugrásszerű változás L₆ állapotban következett be, ahol a nőstény lárvák korábbi stádiumaiban felvett táplálék mennyisége többszöröződött meg (49. és 50. ábra).

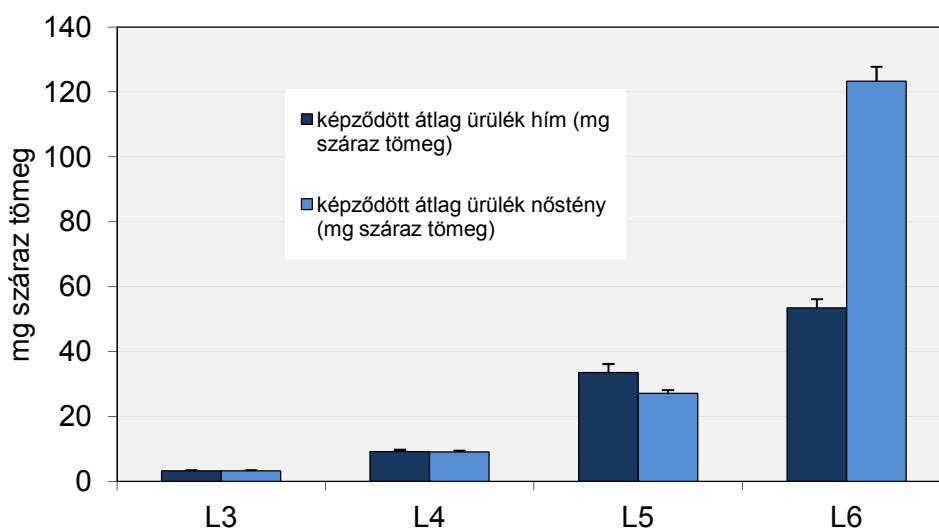


49. ábra Az apácalepke hernyók átlagos táplálékfelvétele (mg száraz tömeg) lárvastádiumonként

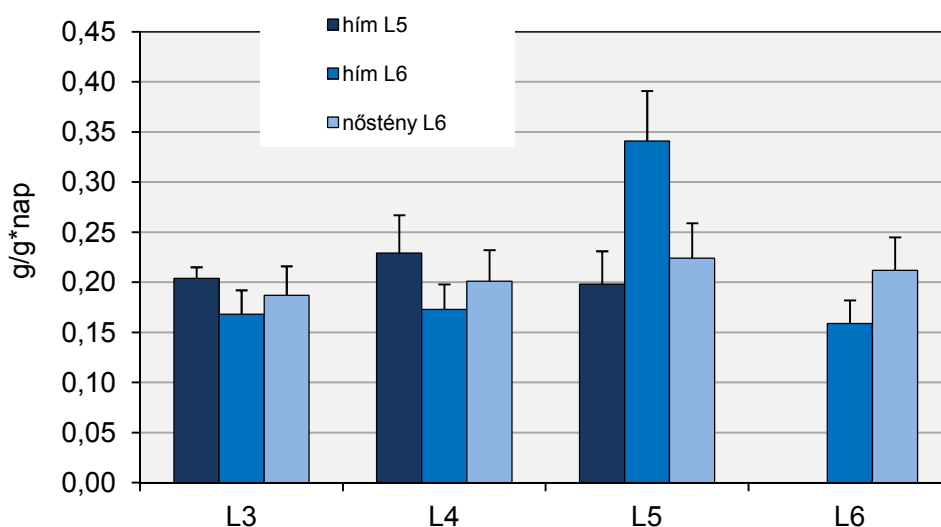


50. Az apácalepke hernyók táplálékfelvétele az utolsó lárvastádiumban (mg száraz tömeg)

A hernyók ürülék képződésének vizsgálatakor a száraz tömeget fejeztem ki minden egyes lárvastádiumban a lárvák átlagában. Az adat segítségével a táplálék hasznosulás is számítható volt. Az ürülék képződése minden lárvastádiumban összhangban volt a lárvák átlagos táplálékfelvételével, amit a száraz tömegre vetítve használtam fel a mutatószámok számításakor (51. ábra).



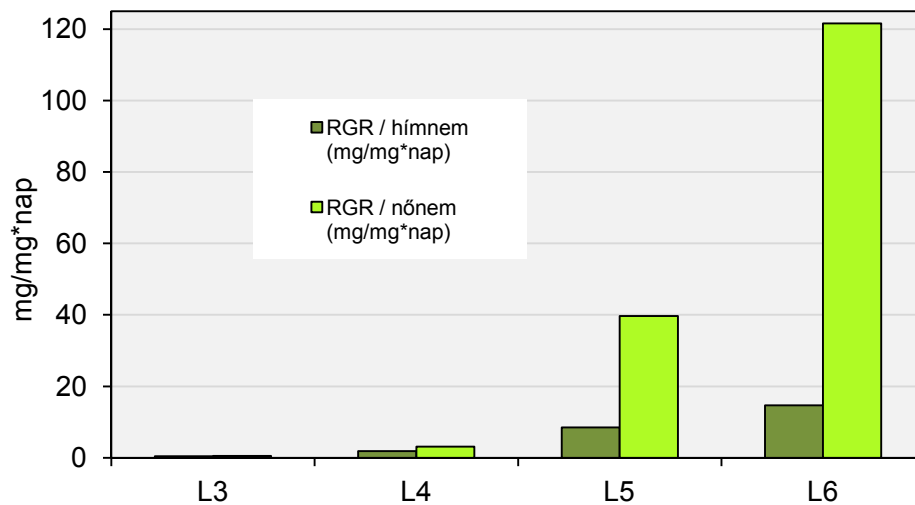
51. ábra Az apácalepke ürülékképződése lárvastádiumonként (mg száraz tömeg)



52. ábra Az apácalepke relatív növekedési erélye RGR (g/g*nap)

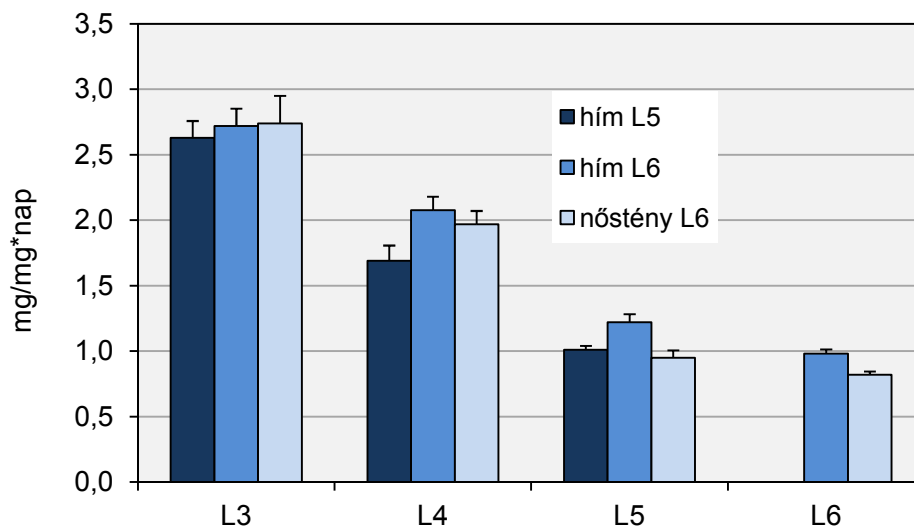
A relatív növekedési erély kifejezi a táplálkozási időszak alatt elért testtömeggyarapodást a kezdeti testtömeghez képest. Ezt a mutatószámot az apácalepkénél és a gyapjaslepkénél is

kifejeztem. Számítása: a rovar testtömegváltozása / kezdeti rovertömeg * a táplálkozási periódus napokban.

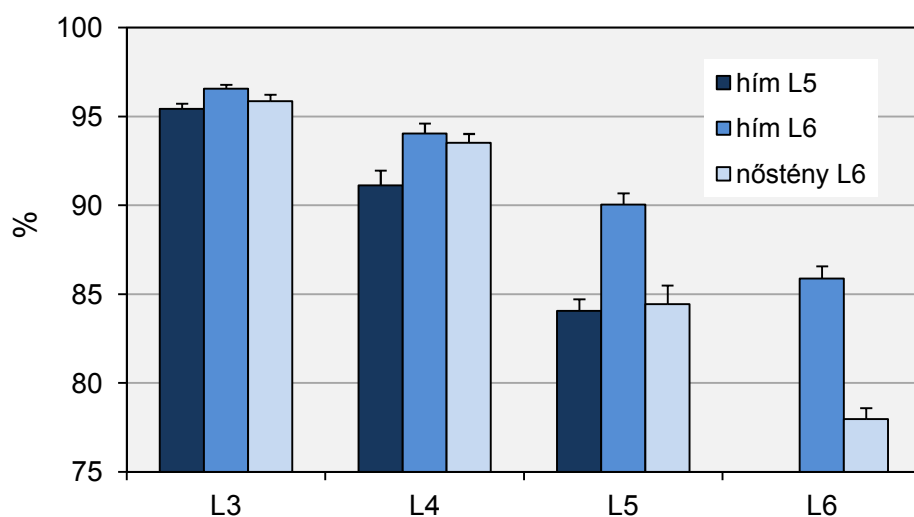


53. ábra A gyapjaslepke relatív növekedési erélye RGR (mg/mg*nap)

A mutatószám, amely a rovarfejlődés egyik legjobb mérőszáma, magas volt az apácalepkénél és alig változott az L₆ állapotig. Az L₆ lárvák növekedési erélye csökkent, különösen a hím lárvák esetében, és a nőtény lárvák mutatószáma az 5. stádiumig fejlődő hím lárvák kivételével, mindig magasabb volt, mint a hímeké (52. ábra). A gyapjaslepkénél a növekedési erély lineárisan nőtt a fejlődés előrehaladtával. A gyapjaslepke növekedési erélye az L₃ és L₄ stádiumokban nagyon gyenge volt, majd a fejlettebb stádiumokban emelkedni kezdett, de egyik stádiumban számolt mutató sem érte el az apácalepke adott stádiumra vonatkozó mutatószámát (53. ábra).



54. ábra Relatív táplálkozási erély (RCR) (mg) az apácalepke lárvastádiumaiban



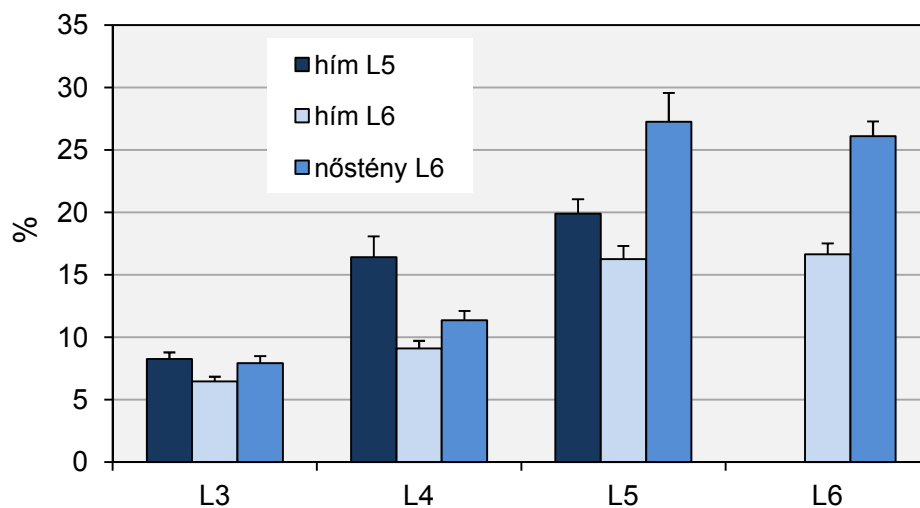
55. ábra A táplálék hasznosulási % (AD) az apácalepke lárvastádiumaiban

A hernyók testömegéhez viszonyított táplálékfelvétel, egységnyi idő alatt jelentős csökkenést mutatott a lárvafejlődés előrehaladásával az apácalepke lárvastádiumaiban. A táplálkozási erély (RCR) a nőstényeknél kezdetben erős, majd az L_4 - L_6 stádiumokban gyengébb volt a hímekhez képest (54. ábra). A táplálék hasznosulását (AD) a felvett táplálék és a keletkezett ürülék viszonyításával határoztam meg. A mutatószámok szerint, a hernyó fejlődése során gyengén csökkenő mértékben hasznosítja táplálékát. A legjobb hasznosulási aránya az L_3 stádiumban felvett tápláléknak van. (55. ábra).

Az apácalepke fejlődését és a fajra jellemző táplálék hasznosítást a táplálékfogyasztás hatékonyság arányszámával (ECI) jellemezhetjük. Számítása az alábbi módon történik:

$(\text{testtömeg gyarapodás} / \text{elfogyasztott táplálék tömege}) * 100$

Az alábbi ábra a stádiumonkénti átlag hatékonyságot fejezi ki (56. ábra).



56. ábra Az apácalepke táplálékfogyasztásának hatékonysága az egyes lárvastádiumokban (%) (ECI)

5. Összefoglalás, következtetések, javaslatok

A gyapjaslepke tömegszaporodása során olyan vizsgálatokat végeztem 2003-2006 között, amely a károsító tulajdonságait, természetes ellenségeit, a tápnövények reakcióját valamint a populációk helyváltoztatásának, táplálékválasztásának feltételezett okait elemezte. A vizsgálatok mintavételeit a gradáció elsődleges gócaiként nyilvántartott erdőterületeken, Veszprém megyében hajtottam végre. Az első években a Balaton-felvidék, majd a Bakony és a Keszthelyi-hegység keleti része adták a helyszínt a minták begyűjtéséhez, vizsgálataim megkezdéséhez. A vizsgálatok alkalmával figyelemmel kísértem a populációk gyengülését okozó hatásokat, tényezőket. A kártétel mértékének és helyének előrejelzéséhez meghatározó adatokat szolgáltatott az első vizsgálat, amely a petecsomók életképességét elemezte. Megállapítottam, hogy a minták között mind a petecsomók méretében, mind a csomókból kikelt lárvák számában, az egy fán 3 m magasságig lerakott petecsomók számában különbség volt, a mintaterületek között. 2005. évre a 2004-ben, a Balaton-felvidéken kifejlődő populációk legyengültek és a helyben táplálkozó egyedek peteszáma elmaradt az északabbra fekvő mintákhoz képest. Az eredmények szerint, a tápnövények erős hatással voltak a rajtuk táplálkozó egyedekre, valamint a tölgyön erősebb populáció fejlődött ki, mint akácon. A kelési erélyek között nem volt kimutatható számottevő különbség, a mintaterületek között, azaz hasonlóan keltek a lárvák a megye déli részén és az északi részén vett mintákból. Meghatározó különbséget találtam a 2005-ben kifejlődő életképes egyedek számában a vizsgált területek összehasonlítása során.

A petecsomók fagyűrését azért elemeztem, mert 2005 év telén több napon keresztül mélyen fagypont alatt maradt a hőmérséklet. Az eredmények megkönnyítik a gyapjaslepke várható egyedszámának előrejelzését, amely szerint a hideghatás mértékétől függően a petecsomók telelésének első harmadában a peték mortalitása nő. Megállapítottam, hogy minél hosszabb és minél alacsonyabb a hőmérséklet, várhatóan annál kevesebb lesz a tavasszal kikelő peték száma. A telelés végén a vizsgálatom szerint az alacsony hőmérséklet nem befolyásolja a petéket. Sem a tartós, több napig tartó, sem a rövid, pár órás enyhe hideg nem hat a peték életképességére. Kedvező hőmérséklet mellett, tavasszal a hideghatásnak kitett embriók - feltehetően a tápanyag hiányában - korábban kelhetnek ki, mint a hideghatásnak nem kitett egyedek.

A populációk természetes szabályozó mechanizmusai közül a bábparazitoidok és a peteparazitoidok előfordulását kineveléssel figyeltem meg. Összehasonlítottam két

gradációs év parazitáltság arányának változását és az adott években előforduló fajok összetételét.

A populációszabályozó tényezők közül a parazitoidok mellett a növényi kémia fontos szerepet tölt be a gyapjaslepke tömegszaporodásában. A tápnövényekben a gyapjaslepke rágás hatására bekövetkező változások - amelyet kémiai analízissel mutattunk ki – igazolják, hogy a növényi fenolok fontos szerepet töltenek be a növény védekezési folyamataiban. Ez a változás lehet az oka a lárvák helyválttatásának és annak, hogy a kártevő lárvája nem szívesen táplálkozik azon a növényen, ahol az előző évben volt rágáskár. Táplálkozásának helyéül olyan fafajokat választ elsődlegesen, amelyek a fő tápnövényei. Másodsorban a növényben meglévő kémiai anyagok, másodlagos metabolitok aránya dönti el, hogy a rágást folytatja-e azon a növényen tovább. Ha a gyapjaslepke lárvák legyengültek, akkor nem tud a populáció új tápnövényt keresni, viszont a kényszerű táplálkozás a megváltozott tápnövényen a fejlődésében, és a fekunditás mutatóiban is romlást eredményez, az összeomlás gyorsabban bekövetkezik. A jövőben javasolom megvizsgálni, hogy a változások a növényben a rágást követően mennyi idő elteltével mérhetők először, valamint a megváltozó kémiai tulajdonságok mennyi ideig állnak fenn a növényben, továbbá a rovarrágáson kívül mely stressztényezők indukálhatják ezeket a változásokat hazai viszonyok között.

A vizsgálataim következő lépéseként a tápnövényben meglévő 3 fenoltípus, a mennyiségi változásának hatását vizsgáltam mesterséges táptalajon. Kimutattam, hogy a növényi fenolok közül a tölgy fajokban normál esetben meglévő ellaginsav 0,5%-os koncentrációemelkedése veti vissza leginkább a lárvák fejlődését. További kutatást igényel azonban annak a vizsgálata, hogy természetes körülmények között és a hazai viszonyok mellett, a teljes fenolkoncentráción belül mely fenoltípus aránya változik a rovarkártétel hatására a növényben leginkább.

A gyapjaslepke és az apácalepke nevelésénél alkalmazott táptalaj alkalmasnak bizonyult a fajok fejlődésének vizsgálatára. A különbség az apácalepke és a gyapjaslepke fejlődésében több tulajdonságban is megmutatkozott a nevelés során. A vizsgálatom eredményei lényegi információk a fajok összehasonlításában, főként az apácalepke és a gyapjaslepke fejlődésének ismeretében, a környezetben ható tényezők kiszűrésével. A kapott adatok az európai tömegszaporodás szignalizációjában, a védekezési döntések meghozatalában adnak segítséget, valamint az apácalepke megtelepedésének kockázatelemzéséhez járulnak hozzá új ismeretekkel.

6. Tézisek

6.1.

A gyapjaslepke rajzásának, tömegszaporodásának és kártételének előrejelzése érdekében folytatott kutatás során a szerző kimutatta, hogy az elvándorló hernyókból fejlődő imágók új tápnövényeken nagyobb számú petét raknak, ahol a peték száma a tápnövénytől is függ. A petecsomókból kelt lárvák számának vizsgálata rámutatott arra, hogy az összeomlás évében a csomókban fejlődő életképes embrió, vagy lárvaszám attól függ, hogy a peterakó generáció mely tápnövényen táplálkozott, valamint függ attól, hogy milyen a tápnövény fiziológiai állapota és az elmúlt években károsította-e lombkártevő. Megállapította, hogy a petecsomók környezetében felszaporodtak a petéket pusztító természetes ellenségek.

6.2.

A disszertáció foglalkozik a hideghatás elemzésével a petecsomók telelésének több időszakában. A szerző több különböző ideig tartó fagypon alatti hőmérsékleti tartományban vizsgálta a peték hideggel szembeni ellenállóságát. Megállapította, hogy a telelés első harmadában az embriók nagy arányban pusztultak el a több napos $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, és $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hideghatás mellett. A hideghatás időtartamának növekedésével csökkent az egységnyi idő alatt kikelt lárvák száma. A telelés utolsó harmadában a több napig tartó fagypon alatti hőmérséklet, valamint a pár órás hideghatás sem befolyásolta jelentősen a lárvák kelését, csupán a hideg hatására a lárvakelés időben eltolódott. Az eredmények rámutatnak arra, hogy a tartós hideg hatására, ha az a telelés első harmadában következik be, annak időtartamától függően csökken az áttelelő populáció életképessége.

6.3.

A gyapjaslepke bábok parazitáltságának vizsgálatában 2004 és 2005 években a meghatározó kinevelt parazitoid fajok a *Brachymeria intermedia* syn.: *Brachymeria tibialis* és a *Theronia atalantae* voltak. A petékből az *Ooencyrtus kuvanae* és az *Anastatus japonicus* fajok fejlődtek ki.

6.4.

Az értekezésben a szerző bizonyította, hogy a rovarrágás hatására a gazdanövényben olyan kémiai reakciók indukálódnak, amelyek a lombfogyasztó kártevők táplálkozását befolyásolják. Vizsgálataiban a szerző igazolta

- a csertölgyben, a gyapjaslepke rágás hatására bekövetkező változásokat, amely a másodlagos metabolitok, ezen belül a mérhető teljes fenoltartalom mennyiségének növekedését jelentette.
- azonos termőhelyi viszonyok között vett csertölgy lombzatának mintáiban megközelítőleg megduplázódott a fenolkoncentráció a nem károsított lombzathoz képest.

További kutatás célja lehet megállapítani, hogy a megváltozott kémiai tulajdonságok a növényben meddig maradnak fenn, valamint a változásokat a rovarrágáson kívül mely tényezők befolyásolhatják.

6.5.

A szerző a gyapjaslepke lárvájának mesterséges táptalajon nevelésével hasonlította össze a csertölgyben legnagyobb arányban előforduló galluszsav, ellaginsav, valamint a tannin, kétféle koncentrációjának hatását a lárvák fejlődésére. A gyengébb fejlődési erély, a nagyobb mértékű mortalitás és torz fejlődés jellemezte a kisebb fenol koncentrációjú táptalajon nevelést. A fenolok közül a legnegatívabb hatása az ellagin savnak és a tanninnak volt. Az 1,0% fenolkoncentrációban beállított táplálékhoz az eddigi tapasztalatoknak megfelelően a hernyók alkalmazkodtak. Az adaptáció a gyorsabb növekedésben, a hernyók nagyobb átlagtömegében, valamint a kisebb mortalitásban nyilvánult meg a kis fenolkoncentrációjú táptalajon táplálkozó egyedekhez képest. A fekunditás vizsgálata során a szerző rámutatott, hogy a tannin a többi fenol típustól eltérően nem akadályozta meg az életképes imágók kifejlődését, de szaporodási mutatóikban ez a csoport is jelentősen elmaradt a kontroll egyedekéhez képest.

6.6.

Az apácalepke és a gyapjaslepke fejlődésének vizsgálata során elsőként az apácalepkére kifejlesztett mesterséges táptalaj tesztelésére került sor. Az apácalepke esetében elsőként alkalmazta a szerző ezt a módszert eredményesen. Lárvanevelései során a két faj összehasonlításakor a természetben meglévő befolyásoló tényezők kiszűrésével, fajonkénti fejlődési mutatókat állapított meg. Eredményei segítséget nyújthatnak a fajok túlszaporodásakor az Európában már veszélyeztetett országokban, a kártevők fellépésének kockázatelemzésében, védekezési döntések meghozatalában és intézkedési tervek kidolgozásában.

7. Köszönetnyilvánítás

Értekezésem végén szeretnék köszönetet mondani azoknak, akik segítettek munkámat, szakmai és emberi támogatásukkal álltak mellettem. Elsősorban a témavezetőmnek Prof. Dr. Varga Szabolcsnak köszönöm segítségét, aki sok hasznos tanáccsal volt segítségemre és támogatott az Ausztriában zajló vizsgálataim megvalósításában. Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Csóka György igazgató úrnak, aki a kezdetektől ösztönözte munkámat.

A kutatómunkámban nyújtott támogatásáért és türelméért, köszönet illeti Dr. Christa Schafellner asszonyt és Dr. Axel Schopf intézet igazgató urat, akik a Bécsi Egyetem BOKU Intézetében, a több lépcsőben zajló vizsgálataimhoz maximális szakmai segítséget és ösztönzést nyújtottak és biztosították vizsgálataim helyszínét és eszközeit.

Hálásan köszönöm Prof. Dr. Csizmadia G. Imre, a Szegedi Tudományegyetem JGYTF Kémia Tanszék vendégprofesszorának baráti és szakmai támogatását, aki kitartóan kísérte utamat és tudásával, elkötelezettségével mutatott példát számomra.

Köszönet illeti meg a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar Erdőművelési és Erdővédelmi Intézet igazgatóját Prof. Dr. Lakatos Ferencet és az intézet dolgozóit akik minden segítséget megadtak és ösztönzően támogattak munkám során.

Munkahelyemen a Veszprém Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságán mind az idő, mind a vizsgálati hely biztosításában nyújtott segítségéért, elhunyt igazgatómat, Bíró István urat illeti a köszönet, aki megértő hozzáállással támogatta munkáim megvalósítását. Továbbá minden kedves kollégámnak köszönöm a fotók elkészítésében és a minták gyűjtésében nyújtott segítségüket.

Végezetül külön köszönöm páromnak, Markó Péternek és családom minden tagjának, hogy kitartó türelmükkel mellettem álltak és ösztönzésükkel segítettek munkám során.

Markóné Nagy Krisztina

Veszprém, 2013.03.20.

8. Kivonat

A szerző a gyapjaslepke Magyarországon minden eddignél nagyobb kártételi területre kiterjedő tömegszaporodását vizsgálta 2003 és 2006 között. A vizsgálatokat a gradáció egyik legnagyobb kiindulási góca, Úrkút környékén, Veszprém megyében kezdte meg majd a megyére kiterjedően folytatta. A tömegszaporodás összeomlásának első jelei 2005-ben jelentkeztek.

A gyapjaslepke populációk életképességének, és várható kártételük mértékének becsléséhez a szerző több vizsgálatának eredményei nyújtanak segítséget. Az életképesség és a hidegtűrés elemzését a szerző a petecsomókon végezte el. Az életképesség, ezen belül a petecsomókból kelt lárvák száma, a tömegszaporodás csúcsát követően azoknál a mintáknál volt alacsonyabb, amelyek a gradáció kiindulási gócaiból származtak. A hidegtűrés vizsgálata arra a tulajdonságra világított rá, miszerint a petecsomók áttelelésére az alacsony hőmérséklet akkor van negatív hatással, ha a hideg a telelés első harmadában és tartósan áll fenn. Ellenkező esetben a fagypont alatti hőmérséklet nem okoz számottevő pete mortalitást. Az értekezés ezen megállapításai hozzájárulnak a gradáció állapotának, és az abiotikus tényezők hatásának helyes megítéléséhez.

Az abiotikus hatások, és a kártevő természetes ellenségi, báb és peteparazitoidjai mellett, a tápnövény gyapjaslepkére gyakorolt hatására hívja fel a figyelmet a szerző. Eredményeivel igazolta, hogy a gyapjaslepke lárvák rágására a növények másodlagos metabolitok termelésével reagálnak. Az így termelt fenolok torz lárvafejlődést, nagyfokú mortalitást okozhatnak a lárvákon, valamint hatásukra romlik a populáció fekunditása. Megállapítást nyert, hogy a lárvákra gyakorolt negatív hatás a csertölgyben meglévő három fő fenol típus közül az ellagin sav és a tannin típusú fenolok lombozatban történő 0,5% koncentráció emelkedése hatására a legerőteljesebb.

Az apácalepke mesterséges táptalajon történő vizsgálatában a fejlődés lényeges tulajdonságainak elemzésére került sor. Az adatok új információk a faj biológiájáról, élettani tulajdonságairól. A gyapjaslepke és az apácalepke fajok összehasonlításakor a már jól ismert különbségek a természetben meglévő befolyásokat kiszűrve is látható volt. A fejlődési időket, növekedési erélyt, táplálékhasznosítást elemezve a kapott adatok felhasználásával a veszéllyel fenyegető apácalepke és a gyapjaslepke kockázatelemzése hajtható végre.

Abstract

Analysis of the gradation (2003-2006) of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) and nutrition investigations on the gypsy moth and nun moth (*Lymantria monacha* L.)

The gradation of the gypsy moth that reached the biggest damaged area till this year was examined by the author. Decrease of vitality of the populations was demonstrated mainly by populations whose generations were feeding on the same area and on the same hosts. The vitality and the state of populations of the gypsy moth were analyzed among others with the number of egg masses, the number of larvae that hatched from each egg mass and hatching rate of larvae. In the examination of low temperature tolerance of *Lymantria dispar* eggs, they were manipulated under 0 °C degree. Mortality of eggs, which were gathered in the first third of wintering increased the most when the temperature was quite low (-10 and -20 °C) and its duration was long. In any other case the effect of low temperature did not influence significantly the vitality of eggs.

The author examined the change of plant phenols in Turkey-oak leaves after gypsy moth gradation. In oak leaves (*Quercus cerris*) the total phenol concentrations were higher after defoliation by gypsy moth than in oak leaves which were not damaged.

Effects of plant phenols as gallic acid, ellagic acid, and tannin were analyzed in the artificial diet. According to results, if phenol level increases in host plants, it could cause defect in larva development, high mortality and decrease in populations fecundity. In the investigation of nutrition, diets, which contained the ellagic acid or the tannin in 0,5% concentration had the most negative effect on larval development.

A new artificial diet was used in the investigation of the nutrition of *Lymantria monacha*, which was adapted to the examination of this species. Results of development give useful information about the biological and physiological features of the nun moth. With the analysis of the development time, the relative growth rate, the relative consumption rate and biology data of the gypsy moth and the nun moth, a risk analysis for both species can be carried out.

9. Irodalomjegyzék

- APHIS (2003): Asian gypsy moth. Factsheet of Animal and Plant Health Inspection Service.
http://www.aphis.usda.gov/publications/plant_health/content/printable_version/fs_phasiangm.pdf
- Awmack, C. S. and Leather, S. R. (2002): Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. Annual Review of Entomology. Annual Reviews Inc., Palo Alto, USA: 47: 817-844.
- Barbehenn, R. V. and Constabel, C. (2011): Tannins in plant-herbivore interactions. Phytochemistry 72 (13): 1551-1565.
- Barbosa, P.; and Capinera, J. L. (1977): The influence of food on developmental characteristics of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.). Canadian Journal of Zoology, 55 (9): 1424-1429.
- Barkócziné Sápi M. és Szabó L. (1988): Új preparátumok *Lymantria dispar* L. elleni biológiai hatékonyságának vizsgálata. Növényvédelem 24 (12): 547-548.
- Barkócziné Sápi M. Gyulai P. és Szabó L. (1988): Az erdő integrált növényvédelmi technológiájának kidolgozása. Növényvédelem 24 (5): 211.
- Bedő A. (1892): Az erdőket pusztító apácarovarról. Erdészeti Lapok 31: 137-156.
- Bell, R. A., Owens, C.D., Shapiro, M., and Tardif, J. R. (1981): Development of mass-rearing technology. US Dept. Agric. Tech. Bull. 1584. pp.: 599-633.
- Benkevich, V. I. (1963): Forecasting the mass emergence of the gypsy moth, *Ocneria dispar* L. (Lepidoptera, Liparidae). IV. Forecasting emergences of the moth in eastern Siberia. Entomol. Rev. 41: 22-27.
- Berryman, A. A. (1982): Biological control, thresholds, and pest outbreaks. Environmental Entomology 11 (3): 544-549.
- Bess, H. A. (1961): Population ecology of the gypsy moth *Porthetria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). Conn. Agric. Exp. Stn. Bull. 646. p.: 43.
- Bognár S.; Járfás J.; Viola M. (1987): Aktivitási és táplálkozásbiológiai megfigyelések az erdei gyapjaspille (*Lymantria dispar*) fejlődési alakjain. Növényvédelem 23 (3): 105-112.
- Bohus K. (1907): A közönséges gyapponcz károsításai. Az Erdő 1 (12)

- Campbell, R. W. (1975): The gypsy moth and its natural enemies. In: Elkinton J. S. and Liebhold A. M. (1990): Population Dynamics of gypsy moth in North America. Annual Review Entomol. 35: 571-596.
- Campbell, R. W. and Podgwaite, J. D. (1971): The disease complex of the gypsy moth. I. Major components. Journal of Invertebrate Pathology 18: 101-107.
- Campbell, R. W. and Sloan, R. J. (1977): Natural regulation of innocuous gypsy moth populations. Environmental Entomology Vol. 6. (2): 315-322.
- Cardinal, J. A. and Smirnoff, W. A. (1973): Experimental introduction of the nuclear polyhedral virus of *Porthetria dispar* L. (Lepidoptera: Limntriidae) in the forest. Phytoprotection 54: 48-50.
- Chernel I. 1899: Magyarország madarai - különös tekintettel gazdasági jelentőségökre. Magyar Ornithologiai Központ, Budapest
- Coulson, R., and Witter, J. (1984): Forest entomology, ecology, and management. Book. New York: John Wiley. 669 pp.
- Csóka Gy. (1995): Lombfogyasztó lepkék tömeges fellépései tölgyeseinkben az 1961-1993 közötti időszakban. Erdészeti Lapok, CXXX. Évf. 11: 331-333.
- Csóka Gy. és Traser Gy. (1995): Hasznos károsítók Erdészeti Lapok 130 (3): 80-81.
- Csóka Gy. (1996): Aszályos évek- fokozódó rovarkárok erdeinkben. Növényvédelem 32 (11): 545-551.
- Csóka, Gy. (1997): Increased insect damage in Hungarian forests under drought impact. Biologia (Bratislava) 52 (2): 1-4.
- Csóka Gy. (1998): A Magyarországon honos tölgyek herbivor rovar együttese. Erdészeti Kutatások 88: 311-318.
- Csóka Gy. (2005): A rettegett gyapjaslepke. Élet és Tudomány 60 (17): 527-532.
- Csóka Gy. és Hirka A. (2007): A gyapjaslepke kártételt követő kárláncolatok. Agroinform Kiadó Budapest.
- Csóka Gy. és Hirka A. (2009): Gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) legutóbbi tömegszaporodása Magyarországon. Növényvédelem, 45 (4): 196-201.
- Csóka Gy. és Nádor G. (2006): A gyapjaslepke kártétel monitorozása távérzékeléssel Veszprém, Somogy, és Nógrád megye területén 2005-ben. Agrofórum 17 (6): 4-10.
- Csóka Gy.; Hirka A.; Koltay A. Szabóky Cs. (2005): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) életmódja és kártétele. Erdészeti Lapok CXL. évf. (1): 16-18.
- Csóka Gy., Hirka A. és Szabóky Cs. (2008): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) életmódja és kártétele Magyarországon. Az Erdészeti kutatások digitális, ünnepi

- különszáma az OEE 139. Vándorgyűlésének tiszteletére. Cikkgyűjtemény: 117-134.
- Csóka Gy.; Lakatos F. és Hirka A. (2010): Szemelvények a magyar erdészeti rovartan történetéből. *Növényvédelem* 46 (12): 654-666.
- Doane, C. C. (1967): Pathogens of the gypsy moth. *Proc. Int. Colloq. Insect Pathol. Microb. Control.* 1966. 6: 200-203.
- Doane, C. and McManus, M. L. (1981): The gypsy moth: Research toward integrated pest management. Forest Service Science and Education Agency, Animal and Plant Health Inspection Service. Technical Bulletin.
- Dudonné, S.; Vitrac, X.; Coutière, P.; Woillez, M. and Mérillon, J. M. (2009): Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (5): 1768-1774.
- Dufek E. (1877): Hernyófalás a Dunántúlon. *Erdészeti Lapok.* 16: 609-611.
- Faeth, S. H. (1992): Do defoliation and subsequent phytochemical responses reduce future herbivory on oak trees? *Journal of Chemical Ecology* 18 (6): 915-924.
- Felton, G.W. et al. (1992): Impact of oxidized plant Phenolics on the nutritional quality of dietary protein to a noctuid herbivore, *Spodoptera exigua*. *J. Insect Physiology.* Vol. 38. (4): 277-285.
- Fichman, A. M. (2003): Effects of nitrogen on tannin concentrations in oaks and on palatability of oak forests. Press Releases, Undergraduate Students to Present Results of Research at Symposium 2003.
- Firn, R. D. and Jones, C. G. (1995): Plants may talk, but can they hear? *Tree* 10 (9): 371.
- Forbush, E. H. and Fernald, C. H. (1896): The gypsy moth: *Porthetria dispar* (Linn.). Part II. Wright and Potter Printing Co., Boston. p.: 244.
- Földes J. (1908): A gyapjaspille (*Ocneria dispar*) 1908. évi károsításai. *Erdészeti Lapok.* 47: 1026-1032.
- Fuhrer, E. (1998): Oak decline in Central Europe: a synopsis of hypotheses. USDA Forest Service. General Technical Report NE-247. pp.: 7-24.
- Furuta, K. (1977): Evaluation of Spiders, *Oxyopes sertatus* and *O. badius* (*Oxyopidae*) as a Mortality Factor of Gypsy Moth, *Lymantria dispar* (*Lepidoptera* : *Lymantriidae*) and Pine Moth, *Dendrolimus spectabilis* : *Lepidoptera* : *Lasiocampidae*. *Applied Entomology and Zoology* 12 (4): 313-324.

- Glowacka, B. (1996): The control of the nun moth (*Lymantria monacha* L.) in Poland: a comparison of two strategies. IUFRO Conference in Slovakia Aug. 18-23, 1996.
- Gombály Zs. (2008): Kémia az erdőkben, Növényvédelem az erdőkben.
Évfolyamdolgozat. ELTE Kémiai Intézet
- Gottschalk, K. W. (1993) Silvicultural. Gen. Tech. Rep. NE-171. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station 49 p.
- Grijpma, P.; Belde, J. J. M. and Werf, D. C. (1987): Artificial diets and rearing of the nun moth, *Lymantria monacha*. Entomol. Exp. Appl. 45: 219–225.
- Grijpma, P. (1989): Overview of research of Lymantriids in eastern and western Europe.
In: McManus, M. and Csóka, Gy. (2007): History and impact of gypsy moth in North America and comparison to recent outbreaks in Europe. Acta Silvatica Lign. Hung., 3: 47-64.
- Gschwantner, T.; Hoch, G.; Schopf, A. (2002): Impact of predators on artificially augmented populations of *Lymantria dispar* L. pupae (Lep.: Lymantriidae). Journal of Applied Entomology 126: 66-73.
- Györfi J. (1941): A *Lymantria dispar* L. pusztítása után fellépő másodlagosan káros rovarok. Erdészeti Lapok 80 (3): 120-123.
- Györfi J. (1957): Erdészeti rovartan. Akadémiai Kiadó Bp.
- Györfi J. (1958): A gyapjaspile kártétele. Az Erdő. 7 (9): 350-353.
- Györfi J. (1960): Adatok a gyapjaspile (*Lymantria dispar* L.) táplálkozási biológiájához. Erdészeti Kutatások 56 (1-3): 279-291.
- Györfi J. (1961): The parasites of *Lymantria dispar* L. according to newest researches. Erdészeti Kutatások 57 (1-3): 275-285.
- Gyulai I. (2005): Nagyon sokat fogunk még hallani a gyapjaslepke kártételéről. Internetes közlemény. Forrás: http://www.greenfo.hu/hirek/hirek_item.php?hir=27413/
- Gyulai P. (1988): A paraziták jelentősége és szerepe a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) populációk szabályozásában és az integrált védekezési technológiában. Növényvédelem. XXIV. évf. (9): 395-398.
- Harborne, J. B. (1988): The flavanoids: Advances in research since 1980. Chapman, Hall, London
- Harborne, J. B. (1994): Do natural plant phenols play a role in ecology? International Symposium on Natural Phenols in Plant Resistance 1994 Weißenstephan, Germany

- Harinder, P. S.; Makkar, H. P. S.; Rajinder, K. D.; Bhupinder, S. (1987): Changes in tannin content, polymerisation and protein precipitation capacity in oak (*Quercus incana*) leaves with maturity. Cab Abstracts
- Hartmann, G. C. and Wasti, S. S. (1974): Infection of the gypsy moth, *Porthetria dispar*, with the entomogenous fungus *Conidiobolus coronatus*. Entomophaga 19: 353-360.
- Higashiura, Y. (1989): Survival of eggs in the gypsy moth, *Lymantria dispar* L. Predation by birds. Journal of Animal Ecology 58: 403-412.
- Hirka A. (2004): 2004 évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2005-ben várható károsítások. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft. p: 81-88.
- Hirka A. (2006): 2005 évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2006-ban várható károsítások. Növényvédelem 42 (5): 247-251.
- Hirka A. (2010): 2010 évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2011-ben várható károsítások. Kiadó: MgSzH Központ Erdészeti Igazgatósága és az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály
- Hirka A. (2011): 2011 évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2012-ben várható károsítások. Kiadó: MgSzH Központ Erdészeti Igazgatósága és az Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály
- Hoch, G.; Zubrik, J.; Novotny, J. and Schopf, A. (2001): The natural enemy complex of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) in different phases of its population dynamics in eastern Austria and Slovakia – comparative study. Journal of Applied Entomology 125 (5): 217-227.
- Ivanović, J. and Nenadović, V. (1998): Significance of physiological investigations for studies of the cause of gypsy moth *Lymantria dispar* L. overpopulation. In: The gypsy moth outbreaks in Serbia. Acta Entomologica Serbica. Spec. Issue. pp. 61-71.
- Jermy T. (1969): A biológiai védekezés lehetőségei hazánkban. Növényvédelem 5: 3-6.
- Johnson, D. M.; Liebhold, A. M.; Bjornstad, O. N.; McManus, M. L. (2005): Circumpolar variation in periodicity and synchrony among gypsy moth populations. Journal of Animal Ecology 74: 882-892.
- Johnson, D. M.; Liebhold, A. M. and Bjornstad, O. N. (2006a): Geographical variation in the periodicity of gypsy moth outbreaks. Ecography 29: 367-374.
- Johnson, D. M.; Liebhold, A. M.; Tobin, P. C. and Bjornstad, O. N. (2006b): Alle effects and pulsed invasion by the gypsy moth. Nature 444. (16): 361-363.

- Jones, G. G.; Ostfeld, R. S.; Richard, M.P.; Schaubert, E.M.; Wolf, J.O. (1998). Chain reactions linking acorns to gypsy moth outbreaks and Lyme disease risk. *Science* 279:1023-1026.
- Kabina J. (1907): A gyapjas pille petéinek pusztítása. *Erdészeti Lapok*. 46: 567-569.
- Kamalak, A.; Canbolat, O.; Ozay, O.; Aktas, S. (2004): Nutritive value of oak (*Quercus* spp.) leaves. *Small Ruminant Research*. Vol. 53. (0,5): 161-165.
- Keena, M. A. and ODell, T. M. (1994): Effects of laboratory rearing on gypsy moth (*Lepidoptera: Lymantriidae*) USDA Forest Service General Technical Report NE-181.
- Keena, M. A. and Shields, K. (1998): Nun moth: Potential new pest (Pest Alert). NA-PR-95-98. Newtown Square, PA: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northern Area State and Private Forestry
- Keena, M. A. (2003): Survival and development of *Lymantria monacha* (*Lepidoptera: Lymantriidae*) on North American and introduced eurasian tree species. *J. Econ. Entomol.* 96 (1): 43-52.
- Keena, M. (2008): Proactive quarantine-based research on nun moth: Preventing introduction and establishment in North America. Second Meeting of IUFRO Work Unit on Invasive Species in International Trade, 27-30. May. Shepherdstown.
- Kolk, A. and Starzyk, J. R. (1996): The atlas of forest insect pests. The Polish Forest Research Institute. Multico Warszawa. pp: 705.
- Kollwentz Ö. (1969): A kárláncolatok hatása az erdő életére. *Az Erdő* 18 (4): 159-161.
- Kononova, N. E. (1964): Survival of leaf-devouring insects in relation to the condition of the plant. *Zool. Zh.* 43 (1): 37-42.
- Kovács A.; Tavaszi J.; Nádasy M. (2005): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* Linnaeus) elterjedésének vizsgálata a Bakony és a Balaton-felvidék területén. 10. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar. 2005. október 18-20. Debrecen.
- Kristen A. (1908): Az *Ocneria dispar* (Gyapjas pille). *Erdészeti Lapok* 67: 489-499.
- Lacey, L. A.; Frutos, L.; Kaya, H. K. and Vai, P. (2001): Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biological Control* (21): 230–248.
- Lautenschlager, R. and Podgwaite, J. (1979): Passage rates of nucleopolyhedrosis virus by avian and mammalian predators of the gypsy moth. *Environmental Entomology* 8:210–214.

- Lazarevic, J.; Perić-Mataruga, V.; Vlahović, M.; Mrdaković, M. and Cvetanović, D. (2004): Effects of rearing density on larval growth and activity of digestive enzymes in *Lymantria dispar* L. (*Lepidoptera: Lymantriidae*) Folia Biologica-Krakow, 52 (1-2): 105-112.
- Lengyel L. (2005): Új lehetőség a gyapjaspille elleni védekezésben. XXVI. Integrált termesztés a kertészeti és szántóföldi kultúrákban. Budapest, Növény-, és Talajvédelmi Központi Szolgálat
- Lengyel L.; Szalay-Marzsó L.; Leskó K. (1995): A környezetkímélő szerek használatáról és a BEFAG RT. területén végzett *Lymantria dispar* L. elleni védekezésről. Erdészeti Lapok 130 (4): 111-115.
- Lenhárd A. (1907): Az *Ocneria dispar*. Erdészeti lapok 46: 964-965.
- Leskó K. (1981): Feromon alkalmazása a *Lymantria dispar* L. elleni védekezésben. Erdészeti Kutatások 74: 361-368.
- Leskó K. (1988): Néhány megfigyelés a szél útján elsodródott *Lymantria dispar* L. hernyókról. Növényvédelem 24: 302-305.
- Leskó K. (1989): Környezetkímélő védekezés a gyapjas-, az aranyfarú kártétele ellen. Az Erdő 38 (4): 162-168.
- Leskó K., Szentkirályi F. és Kádár F. (1994): Gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) populációinak fluctuációs mintázatai 1963-1993 közötti időszakban Magyarországon. Erdészeti Kutatások 84: 163-176.
- Leskó K. (1996): Az 1996 évi biotikus és abiotikus károk, valamint az 1997-ben várható károsítások. Kiadó: Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály
- Leskó K. (2003): A 2003 évi biotikus és abiotikus károk, valamint az 2004-ben várható károsítások. Kiadó: Erdészeti Tudományos Intézet Erdővédelmi Osztály
- Liebhold, A., Halverson, J. and Elmes, G. (1992): Quantitative analysis of the invasion of gypsy moth in North America. Journal of Biogeography 19 (5): 513-520.
- Liebhold, A.; Elkington, J.; Williams, D.; Muzika, R.M. (2000): What causes outbreaks of the gypsy moth in North America? Population Ecology 42: 257-266.
- Lipa, J. (1996): Present status of noxious Lymantriidae in Europe and Poland, pp 13-31. In: McManus, M. and Csóka, Gy. (2007): History and impact of gypsy moth in North America and comparison to recent outbreaks in Europe. Acta Silvatica Lign. Hung., 3: 47-64.
- Lucza Z. és Tóth M. (2005): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) elleni védekezőtechnológia fejlesztése. Integrált termesztés a szántóföldi és kertészeti

- kultúrákban. XXVI. Konferencia Kiadvány. Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat Budapest. p: 14.
- Lucza, Z.; Molnár, I.; Toth, E.; and Somlyay, I. (2006): Gradation situation and possible chemical control of gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) in Hungary. Ecdysone Workshop Ghent, Belgium
- MacLeod, A., Evans, H. F. and Baker, R. H. A. (2002): An analysis of pest risk from an Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis*) to hardwood trees in the European Community. Crop Protection 21 (8): 635-645.
- Madl, M. (2008): Zur Kenntnis der Familie Chalcididae (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Österreich. Entomofauna 29 (4): 69-80.
- Makkar, H. P. S.; Dawra, R. K.; Singh, B. (2006): Tannin levels in leaves of some oak species at different stages of maturity. Journal of Science of Food and Agriculture Vol. 54. (4): 513-519.
- Maksimović, M. (1954): Numbers of eggs in the gypsy moth clusters in 1953. Zast. Bilja 26: 1-4.
- Maksimović, M. (1963): Experimental research on the influence of temperature upon the development and the population dynamics of the gypsy moth. U.S. Dept. Agric. and Nat. Sci. Found. OTS 61-11203.
- Maksimović, M.; Janković, M. and Marović, R. (1962): Effect of abiotic factors upon the development of the gypsy moth in the locality of Jakovački Ključ in 1960. Zast. Bilja 67/68: 113-124.
- Marcu, O. (1971): Gypsy moth egg weight – an important prediction index. Brasov Rum. Inst. Politeh. Bul. Ser. B. Econ. For. 13: 111-118.
- Marović, R. (1971): A study of the effect of low winter temperature on gypsy moth eggs (*Lymantria dispar*). Zast. Bilja 22 (115/116): 369-376.
- McManus M. L.; Houston D. R.; and Wallner W. E. (1979): Gypsy moth handbook. United States Department of Agriculture Combined Forest Pest Research and Development Program Home and Garden Bulletin.
- McManus, L. M.; Schneeberger, N.; Reardon, R. and Mason, G. (1989): Gypsy moth. USDA Forest Service Forest Insect and Disease Leaflet 162.
- McManus, L. M., and Solter, L. (2003): Microsporidian pathogens in european gypsy moth populations. in: Ecology Survey and Management of Forest Insects USDA Forest Service General Technical Report.

- McManus, M. and Csóka, Gy. (2007): History and impact of gypsy moth in North America and comparison to recent outbreaks in Europe. *Acta Silvatica Lign. Hung.*, 3: 47-64.
- Miller, D. R.; Mo, T. K.; Wallner, W. E. (1989): Influence of climate on gypsy moth defoliation in southern New England. *Environmental Entomology* 18: 646-650.
- Molis, S. (1970): Some data on the biology of *Ocneria dispar* L. in South Lithuania. *Acta Entomol. Litu.* 1: 91-98.
- Molnár M., Lakatos F. (2008): Pusztuló bükköseink. (Természet világa) Forestpress. (www.forestpress.hu/jie_hu/)
- Muesbeck, C. F. W. (1931): *Monodontomerus aereus* Walker, both a primary and secondary parasite of the brown-tail moth and the gypsy moth. *J. Agric. Res.* 43: 445-460.
- Nagy S. (1883): Az *Ocneria dispar* hernyójáról. *Erdészeti Lapok* 22: 664-665.
- Netherer, S. and Schopf, A. (2010): Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—General aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management.* 259 (4): 831-838.
- Pánczél O. (1914): Tölgyerdők pusztulása. *Erdészeti Lapok* 53: 718-721.
- Pilarska, D., McManus, M., Pilarski, P., Georgiev, G., Mirchev P., and Linde, A. (2006): Monitoring the establishment and prevalence of the fungal entomopathogen *Entomophaga maimaiga* in two *Lymantria dispar* L. populations in Bulgaria *Journal of Pest Science* 79 (2), 63-67.
- Platnick, N. I. (2013): The world spider catalog, version 13.5. (American Museum of Natural History)
- Podgwaite, J. D. and Campbell R. W. (1972): The disease complex of the gypsy moth. II. Aerobic bacterial pathogens. *J. Invert. Pathol.* 20: 303-308.
- Reardon, R. C.; Podgwaite, J. D. and Zerillo, R. (2009): Gypchek - bioinsecticide for the gypsy moth. The Forest Health Technology Enterprise Team Handbook.
- Reichart G. (1959): A gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) tojásait pusztító madarak. *Aquila* 66: 283-287.
- Reineke, A. and Zebitz, C. P. W. (1998): Flight ability of gypsy moth females (*Lymantria dispar* L.) (Lep., Lymantriidae): a behavioural feature characterizing moths from Asia? *Journal of Applied Entomology* 122 (1-5): 307–310.

- Ristić, M.; Sisojević, P. and Brajković, M. (1998): Parasitoids, hyperparasitoids and predators of gypsy moth *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) in Yugoslav countries. Acta Ent. Serb. Special Issue pp.: 1-200.
- Rossiter M.C., Schultz J.C., Baldwin I.T. 1988. Relationship among defoliation, red oak phenolics, and gypsy moth growth and reproduction. Ecology, Vol. 69, (1): 267-277.
- Saeidi, K. (2011): Preliminary studies on natural enemies of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.)(Lepidoptera: Lymantriidae) in Yasooj, Iran. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science Vol. 1(5): 151-156.
- Salminen, J. P.; Roslin, T.; Karonen, M.; Sinkkonen, J.; Pihlaja, K.; Pulkkinen, P. (2004): Seasonal variation in the content of hydrolyzable tannins, flavonoid glycosides, and proanthocyanidins in oak leaves. J. Chem. Ecology 30 (9): 1693-1711.
- Savotikov, I. F.; Smetnik, A. I. and Orlinskii, A. D. (1995): Situation of the Asian form of gypsy moth (*Lymantria dispar*) in Russia and in the world. EPPO Bulletin 25 (4): 617–622.
- Schlyter, P.; Stjernquist, I.; Bärning, L.; Jönsson, A. M. and Nilsson, C. (2006): Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. Climate Research 31 (1): 75-84
- Schultz, J. C. and Baldwin, I. T. (1982): Oak leaf quality declines in response to defoliation by gypsy moth larvae. Science (217): 149-151.
- Schultz, J. C. (1988): Many factors influence the evolution of herbivore diets, but plant chemistry is central. Ecology 69 (4): 896-897.
- Simmonds, M. S. J. (2001): Importance of flavonoids in insect – plant interactions: feeding and oviposition. Phytochemistry 56 (3): 245-252.
- Svestka, M.; Hluchy, M. és László Gy. (2005): Feromon-légtérítéssel a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) ellen: egy új, szelektív védekezési módszer tesztelése Csehországban. Integrált termesztés a kertészeti és szántóföldi kultúrákban XXVI. Konferencia kiadvány. Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat, Budapest pp.: 52-55.
- Szabó L.; Varga Z. és Lakatos Gy. (1983): A lombfogyasztó lepkehernyók szerepe a síkfőkúti cseres-tölgyes ökoszisztémában. Állatani Közlemények 70: 73-81.
- Szeőke K. (2004): A gyapjaslepke 2004. évi Balaton-felvidéki tömegszaporodása. Mezőgazdasági Tanácsok, 13 (7): 40-42.

- Szontagh P. (1975): A fénycsapdák szerepe az erdészeti kártevő prognózisban. *Növényvédelem* 11 (2): 54-57.
- Szontagh P. (1977): *Lymantria dispar* L. gradációs viszonyai Magyarországon 1962-1975 között. *Állattani Közlemények*, 64 (1-4): 165-172.
- Szontagh P. (1985): Tölgy nagylepke károsítóinak populációdinamikája, és a másodlagos károsító rovarok okozta kárláncolat. *Erdészeti Kutatások* (76-77): 305-314.
- Szontagh P. (1987): Tölgyeseink rovarok okozta problémái. *Erdészeti Kutatások* (79): 243-245.
- Szontagh P. (1992): A kocsánytalan tölgyek pusztulásában szerepet játszó fitofág rügy- és hajtáskártevők. *Állattani Közlemények* (78): 109-115.
- Tadić, M. D. (1959): Numerical frequency of gypsy moth egg parasites *Anastatus disparis* R. and *Ooencyrtus kuwanae* How. in some localities of the P. R. of Macedonia in 1958-1959. *Zast. Bilja* (56): 27-31.
- Tanaskovic, S.; Milenkovic, S.; Sretenovic, D. (2005): Grading of Gypsy moth *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantridae) in Cacak basin (Serbia). *Internacionalna Konferencija TEMPO HP, 4, Cacak (Serbia) 6-8 Oct 2005*
- Tallós P. (1966): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) kártételének előrejelzéséről. *Az Erdő*. 15 (12): 549-552.
- Tóth J. (1999): Erdészeti rovartan. Agroiinform Kiadó. p.: 391-392.
- Tóth J. és Csóka Gy. (1999): Az integrált erdővédelem főbb vonalai és lehetőségei Magyarországon. *Erdészeti Kutatások* (89): 163-168.
- Tóth J. és Kocsis J. (1974): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) elleni védekezés a Tanulmányi Állami Erdőgazdaság területén. *Növényvédelem* (10): 462-464.
- Tóth S. (1988): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) fürkészlégy parazitái (*Diptera: Tachinidae*) II. *Fol. Mus. Hist.-Nat. Bakonyiensis* 7: 151-154.
- Turčáni, M.; Liebhold, A. McManus, M. Novotný, J. (2003): Preliminary results on predation of gypsy moth egg masses in Slovakia. *Ecology, Survey and Management of Forest Insect GTR-NE-311*.
- Turčáni, M.; Novotný, J.; Zúbrik, M.; McManus, M.; Pilarska, D. and Maddox, J. (2001): The Role of Biotic Factors in Gypsy Moth Population Dynamics in Slovakia. In: Liebhold, A.M.; McManus, M.L.; Otvos, I.S.; Fosbroke, S.L.C., eds. (2001): *Integrated management and dynamics of forest defoliating insects* Victoria, BC. Gen. Tech. Rep. NE-277 pp. 152-167.

- Ubrizsy G. és Reichart G. (1958): Termesztett növényeink védelme. Mezőgazda Kiadó Budapest.
- Újhelyi J. (1926): A gyapjaspille (*Ocneria dispar*) természetes ellenségei. Erdészeti Lapok 65: 427-428.
- Ulrich É. (2008): Gyapjaslepke kártétele után jelentkező kárláncolat a Mecseki Erdészeti Zrt. Sásdi Erdészetének területén. Diplomadolgozat. Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar.
- Vanhanen, H., Veteli, T. O., Päävinen, S., Kellomäki, S. and Niemelä, P. (2007): Climate change and range shifts in two insect defoliators: gypsy moth and nun moth – a model study. *Silva Fennica* 41 (4): 621-638
- Varga F. (1965): Vizsgálatok a gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) táplálkozása és peterakása közötti összefüggésre. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei (1-2): 223-238.
- Varga F. (1975a): A gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) táplálékának hatása a szaporodóképességre. MTA-VEAB Értesítő (1): 34-35.
- Varga F. (1975b): A gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) táplálkozás-biológiája és kártétele Magyarországon. Egyetemi Doktori disszertáció.
- Varga F. (1988): A táplálék minőségének szerepe a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) erdei kártételében. p. 210-210. In: Bartha Sándor (szerk.): I. Magyar Ökológus Kongresszus. Budapest, 1988.04.27.-1988.04.29. MTA
- Varga F. (2001): Erdővédelemtan. Szaktudás Kiadó Ház Budapest.
- Varga F. és Palotás K. (1982): A gyapjaspille (*Lymantria dispar* L.) kiváltotta kárláncolatok hatása kocsányos tölgyesekben. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei (1): 57-65.
- Varga, M.; Oltean, I.; Bunescu, H.; Bodis, I. and Florian, T. (2009): Monitoring of *Lymantria monacha* L. species, in Cugir (Romania). 44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture February 16-20 2009 Opatija, Croatia
- Varga Z. (1996): A lombfogyasztó rovarok populációdinamikája. In: Mátyás Cs. (1996): Erdészeti Ökológia. Mezőgazda Kiadó. pp: 204-206.
- Vasić, K. and Salatić, S. (1959): A new contribution to the knowledge of the parasitic hymenoptera of the gypsy moth: parasitic hymenoptera of gypsy moth in 1958. *Zast. Bilja* (52/53): 45-50.
- Vasiljević, L. (1958): Influence of the temperature oscillations in the nature upon the development of the polyhedry among gypsy moths. *Zast. Bilja* (41/42): 57-66.

- Viskolcz B. (2005): Dunántúli tölgy levélminták „fenoltartalmának” meghatározása spektrofotometriásan. Szegedi Tudományegyetem JGYTF Kémia Tanszék jelentése
- Vörös G., Lucza Z., Tóth M., Thuróczy Cs. (2005): Gyapjaslepke (*Lymantria dispar* Linnaeus, 1958) tojáscsomók előzetes parazitáltsági adatai a Tolna megyei erdőkben. XV. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum.
- Waldinger G. (2006): A gyapjaslepke elleni védekezési kísérlet cseres-tölgyesben a Bakonyerdő Rt. területén. Diplomadolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem EMK.
- Wallner, W. E. and Walton, G. S. (1979): Host defoliation: a possible determinant of gypsy moth population quality. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 72: 62-67.
- Watkins, R. et al. (2007): Useful chemicals from the main tree species in the UK. Forestry Commission (<http://tree-chemicals.csl.gov.uk>)
- Weiser, J. (1963): Protozoan diseases of the gypsy moth. in: Ludvik et al. (1963): Progress in protozoology. Academic Press, New York. 497-499.
- Williams, D. W.; Fuester, R. W. Metterhouse, W. W.; Balaam, R. J.; Bullock, R. H.; Chianese, R. J. and Reardon, R. C. (1990): Density, size and mortality of egg masses in New Jersey populations of the gypsy moth (Lepidoptera: Limantriidae). *Environmental Entomology* 19 (4): 943-948.
- Winks, M. (1999): Function of Plant SMs and their exploitation in biotechnology. Sheffield Academic Press, Sheffield
- Wisconsin Department of Natural Resources (2003): Gypsy moth fast facts. Treatments: NPV (<http://dnr.wi.gov/forestry/fh/gm/pesticide.htm>)
- Withers, T. M. and Keena, M. (2001): *Lymantria monacha* (nun moth) and *L. dispar* (gypsy moth) survival and development on improved *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 31 (1): 66-77.
- Wold, E. N. and Marquis, R. J. (1997): Induced defenses in white oak: Effects on herbivores and consequences for the plant. *Ecology* 78 (5): 1356-1369.
- Yarnes, C. T. and Boecklen, W. J. (2005): Abiotic factors promote plant heterogeneity and influence herbivore performance and mortality in Gambel's oak (*Quercus gambelii*). *Entomologia Experimentalis et Appliata* (114): 87-95.
- Internet cím a természetes populáció szabályozó mechanizmusokat taglaló fejezetben a taxonómia forrása: <http://www.faunaeur.org/>

10.A szerzőnek a témában készített publikációi, előadásai

Publikációk:

1. Györffyné Molnár, J. és Nagy, K. (2004): Gyapjaslepke invázió Magyar Mezőgazdaság 6. p: 28.
2. Nagy, K. (2006): A gyapjaslepke gradációjának vizsgálata Veszprém megyében Gyakorlati Agrofórum 17. (6): 10 - 12.
3. Markóné Nagy, K. (2010): A tápnövény, mint meghatározó tényező a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) tömegszaporodásában. Növényvédelem 46. (11): 532-539.
4. Markóné Nagy, K. and Schafellner, C. (2013): Growth and development of *Lymantria monacha* (*Lepidoptera: Noctuidae*) larvae reared on a meridic diet. Journal of General and Applied Entomology (lektorálás alatt).

Előadások

1. Nagy, K. (2004): A gyapjaslepke gradáció megfigyelései 2004 – ben Keszthelyi Környezetvédő Egyesület Fóruma Keszthely
2. Vaspöri, F., Nagy, K. (2005): Hernyóinvázió – A gyapjaslepke tömegszaporodása Veszprém megyében 2004 – 2005. A Balatonfüzői Civil Társaskör fóruma Balatonfüző
3. Nagy, K. (2005): Tapasztalatok a gyapjaslepke felszaporodásáról. Zala Megyei Szakmai Fórum és Sajtótájékoztató Keszthely
4. Nagy, K. (2005): A gyapjaslepke gradációjának elemzése Veszprém megyében 2003 – 2005. A Bakonyerdő Rt. és a Crompton Ltd. nemzetközi szakembertalálkozója Bakonybél – Huszárokölőpuszta
5. Nagy, K., Thuróczi, Cs. és Viskolcz, B. (2005): A gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) gradációjának elemzése Veszprém megyében (2003-2005) XXVI. Integrált termesztés a kertészeti és a szántóföldi kultúrákban Tanácskozás Budapest
6. Nagy, K. (2006): A gyapjaslepke tömegszaporodásának elemzése MTA PAB, MTA VEAB, és a MAE A régió fiatal kutatóinak bemutatkozása tudományos ülés Pannon Egyetem GMTK Keszthely

7. Nagy, K. and Schafellner, C. (2009): A fenolok különböző típusainak hatása a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) fejlődésére. Poszter 55. Növényvédelmi Tudományos Napok Konferencia, MTA.
8. Nagy, K. és Schafellner, C. (2010): A lombrágó károsítók és a gazdanövényeik közötti interakciók, különös tekintettel a gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) fejlődésére XX. Növényvédelmi Fórum Keszthely kiadványa p: 112.
9. Markóné Nagy, K. (2010): Tömegszaporodó kártevők előrejelzése 2010-2011. Bayer Szakmai Tanácskozás Balatonfüred
10. Markóné Nagy, K. és Schafellner, C. (2011): Az apácalepke (*Lymantria monacha*) és a gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) fejlődésének összehasonlítása és tulajdonságaik. Poszter 57. Növényvédelmi Tudományos Napok Konferencia MTA Budapest
11. Markóné Nagy, K. (2012): Wintering of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) eggs, cold effects analysis. 8th International Conference of PhD Students University of Miskolc, Hungary. 6-10 August 2012.
12. Markóné Nagy, K. (2013): Cold effect and plant reaction as influential factors in population density of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.). International Scientific Conference for PhD Students the University of West Hungary Győr, Hungary, March 19-20, 2013 Talentum Project TÁMOP 4. 2. 2. B – 10/1 – 2010 – 0018

11. Ábrák jegyzéke

1. ábra Az araszoló hernyók és a gyapjaslepke éves kártételi területeinek alakulása 1961 és 1986 között (ha).
2. ábra Az araszoló hernyók és a gyapjaslepke éves kártételi területeinek alakulása 1987 és 2011 között (ha).
3. ábra A gyapjaslepke nőtény lepke peterakás közben és a gyapjaslepke hernyója
Fotó: Nagy Krisztina és Morvai Szilveszter
4. ábra A tölgyerdő aránya az erdőterület nagyságában néhány európai országban (millió ha) Forrás: McManus and Csóka (2007)
5. ábra A tavaszi bársonyatka gyapjaslepke petecsomón táplálkozik
Fotó: Nagy Krisztina
6. ábra Az *Ooencyrtus kuwanae* peteparazitoid
Forrás: <http://fubyss.ento.vt.edu>
7. ábra *Parasetigena silvestris* parazitoid a gyapjaslepke lárva testén
Fotó: Nagy Krisztina
8. ábra A sejtmag poliéder vírus hatására pusztuló hernyó
Fotó: <http://www.forestryimages.org>
9. ábra Légi növényvédelem erdőben
Forrás: www.fvm.hu
10. ábra Az *Agrilus angustulus* és az *Agrilus biguttatus*
Forrás: <http://www.kerbtier.de>
11. ábra A gyapjaslepke és az apácalepke hernyója
Fotó: Nagy Krisztina
12. ábra A petecsomók átlag darabszáma/fa, 3 m magasságig
13. ábra Az életképesség vizsgálatok mintaterületei (piros jelzéssel)
14. ábra A petecsomók átlag hosszúsága és átlag szélessége
15. ábra Egy petecsomóból kelt átlagos lárvaszám
16. ábra A kelési erély (%) változása a vizsgált területeken
17. ábra A keltetés első 10 napján kikelt lárvák száma a két ismétlés átlagában
18. ábra A keltetés első 19 napján kikelt lárvák száma a két ismétlés átlagában

19. ábra A petében telelő gyapjaslepke embrió
Fotó: Nagy Krisztina
20. ábra A petecsomónként kelt átlagos lárvaszám a 4 napos -15 °C hőmérsékletű kezelést követően, a 9. napon
21. ábra Bábparazitoid fajok előfordulása a vizsgált bábok %-ban
22. ábra *Brachymeria intermedia*
Forrás: <http://aramel.free.fr>
23. ábra Két mintasorozat száraz leveleinek tömege
24. ábra Két mintasorozat relatív nedvessége
25. ábra A levélminták a szűrés és a hígítás utáni állapotban
Fotó: Viskolcz Béla
26. ábra Az fotometriás méréshez előkészített oldatok
Fotó: Viskolcz Béla
27. ábra Két mintasorozat teljes fenoltartalma galluszsav egyenértékben kifejezve
28. ábra A mortalitás változása a kísérlet folyamán (%/nap)
29. ábra A mortalitás alakulása az egyes csoportokban (%)
30. ábra A hím lárvák tömeggyarapodása a kísérlet időtartama alatt (g)
31. ábra A nőstény lárvák tömeggyarapodása a kísérlet időtartama alatt (g)
32. ábra A bábozódásig eltelt idő napokban, a nőstény lárváknál
33. ábra A bábozódásig eltelt idő napokban, a hím lárváknál
34. ábra Az L₃-as stádiumú lárvák tömeggyarapodása (g)
35. ábra A relatív növekedélyi erély változása L₄ stádiumban az egyes csoportokban (mg/mg testtömeg/nap)
36. ábra Bábok átlag tömege / nőstény (g)
37. ábra Bábok átlag tömege / hím (g)
38. ábra A *Lymantria monacha* mortalitása a vizsgált lárvák %-ban az egyes lárvastádiumokban
39. ábra A *Lymantria dispar* mortalitási %-a az egyes lárvastádiumokban
40. ábra Az apácalepke lárvastádiumainak hossza (nap)
41. ábra A gyapjaslepke lárvastádiumainak hossza (nap)
42. ábra Az utolsó lárvastádium megoszlása a hím és nőstény apácalepkék egyedszámának arányában (%)
43. ábra A gyapjaslepke L3 stádiumú lárváinak átlag tömege a stádium elején
44. ábra Az apácalepke L₃ stádiumú lárváinak átlag tömege (g) a stádium elején

- 45. ábra Az apácalepke bábok átlag tömege (g)
- 46. ábra A gyapjaslepke bábok átlag tömege az L₅ és az L₆ stádiumok után (g)
- 47. ábra Az apácalepke tömeggyarapodása lárvastádiumonként (g)
- 48. ábra A gyapjaslepke tömeggyarapodása lárvastádiumonként (mg)
- 49. ábra Az apácalepke hernyók átlagos táplálékfelvétele (mg száraz tömeg)
lárvastádiumonként
- 50. ábra Az apácalepke hernyók táplálékfelvétele az utolsó lárvastádiumban (mg száraz
tömeg)
- 51. ábra Az apácalepke ürülékképződése lárvastádiumonként (mg száraz tömeg)
- 52. ábra Az apácalepke relatív növekedési erélye RGR (g/g*nap)
- 53. ábra A gyapjaslepke relatív növekedési erélye RGR (mg/mg*nap)
- 54. ábra Relatív táplálkozási erély (RCR) (mg) az apácalepke lárvastádiumaiban
- 55. ábra A táplálék hasznosulási % (AD) az apácalepke lárvastádiumaiban
- 56. ábra Az apácalepke táplálékfogyasztásának hatékonysága az egyes
lárvastádiumokban (%) (ECI)

Mellékletek

- 1. ábra A gyapjaslepke mesterséges táptalajon nevelése
- 2. ábra Fejlett gyapjaslepke lárva
- 3. ábra Az apácalepke nevelése klímaszekrényben, a tápkockák és az ürülék szárítása a
táplálék hasznosulás vizsgálatában

12. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat A gyapjaslepke mortalitását okozó biotikus faktorok fenológia szerint, a gradáció különböző fázisaiban (Turcáni et al. 2001)
2. táblázat A 2004 év végén végzett petecsomó vizsgálat összefoglalása
3. táblázat A 2006 év elején végzett petecsomó vizsgálat összefoglalása
4. táblázat A bábparazitáltság vizsgálat mintázási helyei és ideje
5. táblázat A fagyasztást követő 10 napos lárvakelés varianciatáblázata
6. táblázat A fagyasztást követő 19 napos lárvakelés varianciatáblázata
7. táblázat A várpalotai minta varianciatáblázata F-próbával
8. táblázat A hétházpusztai minta varianciatáblázata F-próbával
9. táblázat A csetényi minta varianciatáblázata F-próbával

Melléklet

1. táblázat Az európai gyapjaslepkén identifikált patogén (*Microsporidia*) kórokozók
2. táblázat Gyapjaslepke kártételt követően fellépő másodlagosan káros rovarok (Györfi 1941)
3. táblázat A gyapjaslepke és az apácalepke fejlődésének elemzésekor használt mutatószámok
4. táblázat Csertölgy minták teljes fenol-tartalma galluszsav egyenértékben kifejezve

13. Melléklet

Ábrák



1. ábra A gyapjaslepke mesterséges táptalajon nevelése



2. ábra Fejlett gyapjaslepke lárva



3. ábra Az apácalepke nevelése klímaszekrényben, a tápkockák és az ürülék szárítása a táplálék hasznosulás vizsgálatában

A mellékletben látható fotókat a szerző készítette.

Táblázatok

1. táblázat Az európai gyapjaslepkén identifikált patogén (*Microsporidia*) kórokozók

Faj neve	Előfordulása	Szerző neve
<i>Nosema lymantriae</i>	Csehszlovákia	Weiser (1957)
<i>Nosema muscularis</i>	Csehszlovákia	Weiser (1957)
<i>Nosema muscularis</i>	Spanyolország	Romanyk (1966)
<i>Nosema muscularis</i>	Szovjetúnió, Ukrajna	Zelinskaya (1980)
<i>Nosema serbica</i>	Jugoszlávia	Weiser (1964)
<i>Nosema serbica</i>	Szovjetúnió, Ukrajna	Zelinskaya (1981)
<i>Nosema serbica</i>	Bulgária	Pilarska and Vavra (1991)
<i>Thelohania disparis</i>	Oroszország	Timofejeva (1956)
<i>Thelohania similis</i>	Csehszlovákia	Weiser (1957)
<i>Nosema portugal</i>	Portugália	Maddox et al. (1999)
<i>Nosema</i> sp.	Portugália	Cabral (1977)
<i>Nosema</i> sp.	Jugoszlávia	Sidor (1979)
<i>Nosema</i> sp.	Románia	Saftoiu et al. (1978)
<i>Endoreticulatus</i>	Portugália, Bulgária, Magyarország	Solter et al. (1997)

2. táblázat Gyapjaslepke kártételt követően fellépő másodlagosan káros rovarok (Györfi 1941)

Rend	Család	Faj
Coleoptera	Buprestidae	<i>Dicerca alni</i> Fisch
		<i>Lampra rutilans</i> Fisch
		<i>Chrysobothris affinis</i> Fisch
		<i>Coraebus bifasciatus</i> Olivier
		<i>Agrilus biguttatus</i> Fisch
		<i>Agrilus viridis</i> Linnaeus
		<i>Agrilus angustulus</i> Illiger
	Eucnemidae	<i>Melasis buprestoides</i> Linnaeus
	Cerambycidae	<i>Aegasoma scrabricorne</i> Scopoli
		<i>Rhagium mordax</i> Degeer
		<i>Cerambyx scopolii</i> Fuessly
		<i>Rhopalopus insubricus</i> Germar
		<i>Pyrrhidium sanguineum</i> Linnaeus
		<i>Callidium variabile</i> Linnaeus
		<i>Xylotrechus arvicola</i> Olivier
		<i>Clytus arietis</i> Linnaeus
		<i>Clytus tropicus</i> Panzer
		<i>Plagionotus arcuatus</i> Linnaeus
		<i>Plagionotus detritus</i> Linnaeus
		<i>Liopus nebulosus</i> Linnaeus
		<i>Haplocnemia nebulosa</i> Fabricius
		<i>Saperda scalaris</i> Linnaeus
	Curculionidae	<i>Cryptorrhynchus lapathi</i> Linnaeus
		<i>Gasterocercus depressirostris</i> Fabricius
	Ipidae	<i>Xyleborus monographus</i> Fabricius
		<i>Xyleborus dryographus</i> Ratzeburg
		<i>Anisandrus dispar</i> Fabricius
	Platypodidae	<i>Platypus cylindrus</i> Fabricius
Hymenoptera	Siricidae	<i>Xiphydria longicollis</i> Geoffroy
		<i>Xiphydra prolongata</i> Geoffroy
Lepidoptera	Cossidae	<i>Zeuzera pyrina</i> Linnaeus
	Sesiidae	<i>Trochilium sphecoforme</i> Denis & Schiffermüller

3. táblázat A gyapjaslepke és az apácalepke fejlődésének elemzésekor használt mutatószámok

a mutatószám neve	jele	a számítás módja
relatív növekedési erély	RGR	a rovar testtömegváltozása / kezdeti rovertömeg * a táplálkozási periódus napokban
táplálkozási erély	RCR	az elfogyasztott táplálék tömege / kezdeti rovertömeg * a táplálkozási periódus hossza napokban
táplálék hasznosulási %-a	AD	{(az elfogyasztott táplálék tömege - az ürülék tömege)/ az elfogyasztott táplálék tömege} * 100
táplálékfogyasztás hatékonysága	ECI	(testtömeggyarapodás/táplálékfogyasztás)*100
az emésztett táplálék hasznosulás hatékonysága	ECD	ECI / AD

4. táblázat Csértölgy minták teljes fenol-tartalma galluszsav egyenértékben kifejezve

Sorszám	A minta µg / g	B minta µg / g
1	8.534	6.275
2	9.088	5.481
3	7.299	6.710
4	9.203	3.129
5	11.630	5.910
6	9.739	6.276
7	8.236	4.746
8	7.788	2.766
9	7.504	4.555
10	7.425	4.795
11	6.311	2.583
12	10.011	1.416
13	9.944	1.913
14	10.266	4.931
15	9.246	3.256
16	9.664	1.408
17	9.499	1.593
18	8.186	1.761
19	6.639	0.774
20	11.841	3.850
21	7.442	4.452
22	7.629	3.788
23	8.391	4.600
24	6.985	2.679
25	7.541	4.218
26	7.499	2.866
27	6.483	5.555
28	8.534	4.715
29	7.744	4.553
30	9.310	3.325
31	9.637	4.511
32	7.618	4.405
33	7.000	7.822
34	9.682	5.133
35	8.593	5.847
36	7.470	4.963
37	10.050	2.645
38	7.658	2.557
39	6.057	5.769
40	4.745	5.162
41	7.834	2.635
42	5.920	2.917
43	8.098	3.248
44	8.548	2.544
45	9.671	3.689
46	6.918	6.840
47	6.978	3.956
48	6.150	6.029

Sorszám	A minta µg / g	B minta µg / g
49	8.244	6.849
50	10.394	5.015
51	7.546	6.935
52	7.672	5.379
53	6.882	5.853
54	10.971	6.296
55	7.288	8.205
56	9.926	7.444
57	10.850	5.878
58	10.908	11.369
59	7.743	8.645
60	9.743	6.737
ÁTLAG	8.37	4.67
SZÓRÁS	1.54	2.03