



Myrmecophily of *Maculinea* butterflies in the Carpathian Basin (Lepidoptera: Lycaenidae)

A *Maculinea* boglárkalepkék mirmekofíliája a Kárpát- medencében (Lepidoptera: Lycaenidae)

Abstract of the PhD Thesis

Tartally András

Department of Evolutionary Zoology and Human Biology
University of Debrecen
Debrecen, 2008.

1. Introduction

1.1. Myrmecophily of *Maculinea* butterflies

Myrmecophily is a well-known phenomenon in several insect taxa. The lycaenid butterflies are particularly interesting in this respect, because the caterpillars of most studied species are associated with ants. Facultative and obligate myrmecophily and the entire range from mutualism to parasitism can be observed among these butterflies.

The genus *Maculinea* is known as the best-known example of obligate parasitism, where after feeding on a host plant for the first three larval instars, the fourth instar caterpillar must complete its development in a host ant nest.

1.2. Why is it important to know the local host ant species?

Maculinea butterflies are often scored as globally endangered. Knowledge of the host ant species has been shown to be crucial for the protection of these endangered butterflies because the availability of host ants is usually more limiting to *Maculinea* populations than that of the food plants. Furthermore, the identification of the local host ant species can unravel the evolution of this type of parasitic interaction.

Initial publications suggested that each European *Maculinea* butterfly depends on a single host *Myrmica* ant (Hymenoptera: Formicidae) species, at least in a single habitat. Subsequent studies have refined this by demonstrating that host-ant specificity varies between regions and, in addition, multiple host ant use was observed in some regions. Therefore data should be collected over the geographical range of *Maculinea* butterflies.

1.3. The aim of this study

The aim of this study was to give a review on the host ant use of *Maculinea* populations in the Carpathian Basin because such knowledge has been missing so far. I supposed that the host ant use of *Maculinea* populations in the Carpathian

Basin is more similar to the host ant use found in central than in western Europe, and expected that these data would be suitable for testing some formerly published predictions on host ant specificity.

The mentioning of other taxa connected with the *Maculinea-Myrmica* associations recorded during my surveys might also be interesting because (as far as I know) no data on their host ant use or, what is more, on their occurrence in the Carpathian Basin were available before. Such new results for science will be mentioned as “first record” in the followings.

2. Materials and methods

2.1. Field surveys and determination

To understand the host ant usage of *Maculinea* butterflies, 1589 *Myrmica* nests were searched in 33 sites in the Carpathian Basin (30 in Hungary and 3 in Transylvania) between 2000 and 2007. Nests were searched exclusively within a 2 m radius circle around randomly selected host plants, this is the approximate foraging range of workers of the *Myrmica* genus. Nests found were carefully opened and checked for *Maculinea* specimens (for caterpillars and/or pupae and/or exuvia). I restricted searches to reduce disturbance in some of the sites, all of which are of high conservation value and most are protected by law.

Five to ten workers were collected from each ant nest and were preserved in ethanol for identification in the laboratory. When *Maculinea* specimens were found in a nest, I recorded their number and determined the species using a 20x magnifier lens. The other recorded taxa connected with the *Maculinea-Myrmica* association were determined by specialists.

2.2. Host ant specificity

Host ant specificity can be defined in different ways. In my disquisition the heterogeneity of the number of *Maculinea* specimens between nests of different species was compared using two methods. Fisher exact test was used to compare the observed number of infected nests with the number expected if they were infected at random. Chi-square statistic was computed to compare the number of *Maculinea* specimens observed with the number expected, based on the number of nests available. This gives a measure of the host specificity of the *Maculinea* at a site based on the observed distribution of *Maculinea* between nests, but the power of this test is sufficient only in cases of many investigated ant nests.

2.3. Laboratory experiments

For some experiments, caterpillars of *Maculinea alcon* and *M. 'rebeli'* were adopted and cultured by artificial *Myrmica* colonies.

3. New results on myrmecophily

3.1. The host ant use of predatory *Maculinea* butterflies

3.1.1. *Maculinea teleius* was recorded with six *Myrmica* species. *M. rubra* and *M. scabrinodis* were the most frequently used host ants. *M. rubra* appeared to be more suitable in the western while *M. scabrinodis* proved to be more important in the eastern sites. *M. salina* (first record) and *M. gallienii* were only locally important hosts on a few sites. *M. specioides* (first record) and *M. vandeli* were parasitized in only one case.

3.1.2. *Maculinea nausithous* was recorded exclusively with *Myrmica rubra* in western Hungary but exclusively with *M. scabrinodis* in Transylvania (where isolated and ecologically different populations from the other central European *M. nausithous* populations occur).

- 3.1.3. Although no parasitized nests by *Maculinea arion* were found, there were eight *Myrmica* species (*M. lobicornis*, *M. lonae*, *M. rubra*, *M. sabuleti*, *M. scabrinodis*, *M. schencki*, *M. specioides* and *M. vandeli*) known as potential host ants from *M. arion* sites.

3.2. The host ant use of cuckoo *Maculinea* butterflies

- 3.2.1. *Maculinea alcon* was recorded with three *Myrmica* species. *M. scabrinodis* was the general host. *M. salina* (first record) and *M. vandeli* were found only on a few sites where these species were used rather than *M. scabrinodis*.
- 3.2.2. *Maculinea 'rebeli'* was recorded with five *Myrmica* species. *M. schencki*, *M. sabuleti* and *M. scabrinodis* were the most important hosts. *M. lonae* (first record) and *M. specioides* were also used occasionally.
- 3.2.3. The laboratory observations confirmed the field results about the host ants of *Maculinea alcon* and *M. 'rebeli'*. Furthermore the potential host ants of *M. alcon* were augmented with *Myrmica gallienii*, *M. specioides* and *Manica rubida* (a closely related ant to *Myrmica* which has not been recorded as *Maculinea* host on the fields). The potential host ants of *Maculinea 'rebeli'* were completed with *Myrmica lobicornis*, *M. salina* and *Manica rubida*. Of course, it would be desirable to confirm these results also by field data.
- 3.2.4. Seven *Maculinea 'rebeli'* caterpillars pupated after only about a month from the adoption in artificial *Myrmica sabuleti*, *M. salina* and *M. scabrinodis* nests and two of them successfully eclosed. As far as I know, such an accelerated development has not been published before.

3.3. Other recorded taxa connected with the *Maculinea-Myrmica* relationship

- 3.3.1. *Neotypus melanocephalus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitized *Maculinea teleius* (first record).
- 3.3.2. *Ichneumon eumerus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitized *Maculinea teleius* (first record), *M.alcon* and *M. 'rebeli'* at more sites.
- 3.3.3. Larvae and pupae of *Microdon myrmicae* (Diptera: Syrphidae) were often found in *Myrmica scabrinodis* and sometimes in *M. rubra* (first record) and *M. gallienii* nests.
- 3.3.4. *Rickia wasmannii* (Ascomycetes: Laboulbeniales) were often found covering *Myrmica scabrinodis* and sometimes *M. salina*, *M. speciosoides* and *M. vandeli* specimens.

4. New scientific results and conclusions

4.1. Evolutionary and ecological aspects

- 4.1.1. My results confirm that the host ant use of *Maculinea* butterflies is more complex in central Europe than it was shown by the seminal works from western Europe.
- 4.1.2. The complexity of host use patterns can be interpreted by the geographical mosaic of coevolution between *Maculinea* butterflies and the local host ant species. For both *Maculineaalcon* and *M. 'rebeli'* sites a pattern of higher level infestation of *Myrmica scabrinodis* nests was found when this host was locally common, and lower levels of infestation when it was rare. This is exactly the pattern expected if there is local coadaptation with this host.
- 4.1.3. The multiple host ant use of *Maculineaalcon*, *M. 'rebeli'* and *M. teleius* found in the Carpathian Basin (which is different from the records from western Europe) is consistent with the hypothesis that

different selection forces may operate in central and peripheral populations. In addition, the drift may act as the dominant force forming the rapid genetic differentiation in peripheral populations. The host ant specificity of *Maculinea* butterflies could also show such variation because the genus *Maculinea* is thought to have evolved in continental East Asia and European, particularly western European, populations can be considered peripheral. Thus, it is not surprising that the number of host ant species of these butterflies declines to the direction of western Europe.

4.1.4. *Myrmica scabrinodis* (and probably *M. salina* too, according to the laboratory experiments) can be considered a mutual host of both *Maculinea alcon* and *M. 'rebeli'* in the Carpathian Basin, which is the first record for a common host ant species of these two closely related Alcon Blue butterflies within the same region. Moreover, there were two sample sites where the Alcon Blue population used both the “classical” *M. alcon* host plant *Gentiana pneumonanthe* (Dicotyledonopsida: Gentianaceae) and the “classical” *M. 'rebeli'* host plant *G. cruciata*. These records show that the ecological difference between the two Alcon Blues are less characteristic in central Europe than it was found in the earlier works from western Europe. This is in harmony with the recent literature which found overlapping variations between these two butterflies.

4.1.5. The host use of *Maculinea nausithous* is also of interest from an evolutionary point of view because the isolated Transylvanian populations used other host ant species (*Myrmica scabrinodis* exclusively) than other central European populations (*Myrmica rubra* exclusively). The recent literature shows the presence of two genetic forms of *M. nausithous* in Central Europe except for the isolated Transylvanian populations, where no genetic analyses were done, which should be supplied.

- 4.1.6. According to my data, the earlier hypothesis could not be confirmed that the host selection of the cuckoo *Maculinea* species is more restricted than of the predators (e.g. the predatory *M. nausithous* was rather host ant specific than the cuckoo *M. 'rebeli'*).
- 4.1.7. The use of the same host ant species by more myrmecophilous insects and fungus (e.g. *Myrmica scabrinodis* was infested by *Maculinea alcon*, *M. nausithous*, *M. teleius*, *Microdon myrmicae* and *Rickia wasmannii* in a Transylvanian site) raises several questions about competition which would be worth studying in more details.

4.2. Conservation biology

- 4.2.1. My data on the differences in host specificity between nearby populations are compatible with those of other studies and draw attention to the importance of host specificity studies on the local scale. The variation in host ant use at the local scale needs to be considered in the design and implementation of conservation management aimed to preserve threatened *Maculinea* butterflies from local extinction.
- 4.2.2. *Maculinea nausithous* was found to be the most restricted geographically and also the most host ant specific *Maculinea* butterfly in the Carpathian-Basin (though we do not have data on the host ant specificity of *M. arion* there) which means *M. nausithous* could be the most sensitive *Maculinea* butterfly to the change of *Myrmica* composition there. I suggest that – to be successful – the management of *Sanguisorba officinalis* (Dicotyledonopsida: Rosaceae) meadows for western Hungarian *M. nausithous* should include leaving a mosaic of scrub fragments and natural forest edges according to the ecological requirements of the general host ant *M. rubra*. However, *M. scabrinodis* using *M. nausithous* populations represent a specific life form in Transylvania that needs further investigation and careful protection. The

acuteness of this task is underlined by the low density of these populations.

- 4.2.3. The multiple host ant use of *M. teleius*, *M. alcon* and *M. 'rebeli'* found in the Carpathian Basin could suggest that these butterflies can easily adapt to some new host ant species when circumstances (e.g. because of human disturbance) change. However, we should be careful with such interpretations based on the currently limited amount of data available and need consider that usually not all the available *Myrmica* species were found to be infested by these vulnerable butterflies.
- 4.2.4. It should be also mentioned that *M. alcon* and *M. 'rebeli'* (the closely related Alcon Blues) are different from conservational aspects and therefore they require various treatments because not only their habitats, host ants and host plants can be different within the same region but also their phenology (because of the phenology of their different host gentians). These features practically can result in difficulties in the reintroduction programmes when *M. alcon* is introduced to *M. 'rebeli'* habitats or vice versa.
- 4.2.5. My results on rare and understudied species connected to the *Maculinea-Myrmica* relationship (*Ichneumon eumerus*, *Microdon myrmicae*, *Neotypus melanocephalus* and *Rickia wasmannii*) clearly support the earlier statements that *Maculinea* butterflies are suitable umbrella species for valuable sites.

1. Bevezetés

1.1. A *Maculinea* boglárkalepkék mirmekofíliája

A mirmekofília jelensége sok ízeltlábú taxonnál ismert. Ebből a szempontból a boglárkalepkék különösen érdekesek, mert a legtöbb vizsgált faj hernyója hangyákhoz kapcsolódva él; továbbá a fakultatív és az obligát mirmekofília, valamint a mutualizmus és a parazitizmus legkülönbözőbb átmeneti formái is előfordulnak náluk.

A *Maculinea* boglárkalepkék talán a legismertebb obligát paraziták. E lepkék hernyói a negyedik lárvális stádiumban elhagyják a tápnövényt, és utána csak egy megfelelő hangyafaj fészében tudják befejezni a fejlődésüket.

1.2. Miért fontos helyi szinten ismerni a hangyagazda fajokat?

A *Maculinea* boglárkalepkéket sokan globális szinten veszélyeztetettnek tartják. Konzervációbiológiai szempontból fontos, hogy az egyes hangyagazda fajokat megismerjük. A korábbi kutatások ugyanis rámutattak arra, hogy sokkal inkább limitáló tényező egy *Maculinea* populáció számára az, ha a hernyók nem találhatnak gazdafészket a tápnövény közelében, mint az, ha a lepkéknek sokat kell keresniük a tápnövényt. Ezen kívül a helyi hangyagazdák ismerete segíthet tisztázni bizonyos, a lepkék és a hangyák közötti kapcsolat evolúcióját érintő kérdéseket.

A korábbi publikációk szerint az európai *Maculinea* boglárkalepkék csak egy-egy *Myrmica* hangyafajt (Hymenoptera: Formicidae) használnak sikerrel gazdaként, legalábbis egy adott élőhelyen. A későbbi vizsgálatok azonban bebizonyították, hogy a hangyagazda fajok regionálisan különbözhetnek, ezen kívül megfigyeltek olyan *Maculinea* populációkat is, amelyek több hangyafajt is sikerrel használnak gazdaként. Mindezek miatt e lepkék hangyagazda fajait lokális szinten is fontos megismernünk.

1.3. Célkitűzések

Dolgozatom legfontosabb célja, hogy áttekintést adjak a kárpát-medencei *Maculinea* populációk ismert hangyagazda fajairól. Vizsgálataim kezdetén azt feltételeztem, hogy a kárpát-medencei *Maculinea* populációk hangyagazda használata inkább hasonlít majd a többi vizsgált közép-európai populációéhoz, mint a nyugat-európaiakéhoz; és bíztam abban, hogy eredményeim alkalmasak lesznek a korábbi közleményekben a hangyagazda specificitásáról megfogalmazott predikciók tesztelésére.

Mindezek mellett fontosnak tartom azoknak a vizsgálataim során megfigyelt fajoknak a megemlítését is, amelyek valamilyen módon függenek a *Maculinea*-*Myrmica* kapcsolat legalább egyik tagjától. E ritka fajok kárpát-medencei gazdahasználatáról, illetve egyáltalán az ottani előfordulásukról (tudomásom szerint) nem álltak adatok a rendelkezésünkre. A szakirodalom számára új adataimat a továbbiakban „első adat” formában említem.

2. Anyag és módszerek

2.1. Terepmunka és határozás

Összesen 1589 *Myrmica* fészket vizsgáltam meg 33 kárpát-medencei élőhelyen (harminc élőhelyen Magyarországon és három élőhelyen Erdélyben) 2000 és 2007 között, hogy ismereteket szerezzek a *Maculinea* boglárkalepkék hangyagazda használatáról. Mivel a *Myrmica* dolgozók legfeljebb körülbelül két méterre távolodnak el a fészküktől, ezért csak olyan fészkeket vizsgáltam, amelyek kétméteres körzetében előfordult a lepke tápnövénye. A fészkeket óvatosan felnyitottam, majd ellenőriztem, hogy találhatóak-e benne *Maculinea* hernyók és/vagy bábok és/vagy exuviumok (= „(*Maculinea*) példányok” a továbbiakban). Munkám során általában több szomszédos élőhelyfolt közül választottam ki néhányat és ügyeltem arra, hogy ne tegyem tönkre azokat, hisz e lepkék élőhelyei általában igen értékesek és védettek.

Fészkenként öt-tíz dolgozót alkoholba tettem, hogy később a laborban meghatározhassam azokat. Ha egy fészek fertőzött volt, akkor egy húszszoros nagyító segítségével meghatároztam a *Maculinea* példányokat, majd feljegyeztem azok számát. A *Maculinea-Myrmica* kapcsolathoz kötődő további fajokat specialistákkal határoztattam meg.

2.2. Hangyagazda specificitás

A hangyagazda specificitás többféle módon is definiálható. Vizsgálataim során kétféleképpen is összehasonlítottam a *Maculinea* példányok heterogenitását a különböző gazdafajok fészkei között. A fertőzött fészkek várt (random fertőzöttség esetén) és tapasztalt arányát a Fisher egzakt teszt; míg a fészekszámk alapján várt és a tapasztalt *Maculinea* egyedszámokat a χ^2 próba segítségével hasonlítottam össze. Ez utóbbi teszt rámutat a *Maculinea* populáció gazdaspecificitására a fészkek között tapasztalt eloszlások alapján. Meg kell jegyezni azonban, hogy ez a teszt kellően nagy mintaszámot feltételez.

2.3. Laboratóriumi vizsgálatok

Laboratóriumi vizsgálataim során *Myrmica* kolóniákkal adoptáltattam és neveltetem *Maculinea alcon* és *M. 'rebeli'* hernyókat.

3. A mirmekofíliával kapcsolatos új eredmények

3.1. A predátor *Maculinea* boglárkalepkék hangyagazda használata

3.1.1. *Maculinea teleius* példányokat hat hangyafajnál találtam, melyek közül a *Myrmica rubra* és a *M. scabrinodis* fészkei voltak a leggyakrabban fertőzöttek. Míg azonban a nyugati élőhelyeken a *M. rubra*, addig a keleti élőhelyeken a *M. scabrinodis* volt a fontosabb gazdafaj. Csak néhány élőhelyen, helyi szinten volt fontos gazda a *M.*

salina (első adat) és a *M. gallienii*, találtam továbbá egy-egy fertőzött *M. specioides* (első adat) és *M. vandeli* fészket is.

3.1.2. Míg a *Maculinea nausithous* a Dunántúlról kizárólag *Myrmica rubra*, addig Erdélyből (ahol a lepke egy, a többi közép-európai populációtól izolált, azoktól ökológiai igényeiben is különböző állománya él) csak *M. scabrinodis* fészkekből került elő.

3.1.3. Összesen nyolc *Myrmica* faj (*M. lobicornis*, *M. lonae*, *M. rubra*, *M. sabuleti*, *M. scabrinodis*, *M. schencki*, *M. specioides* és *M. vandeli*) került elő a *Maculinea arion* élőhelyeiről, mint lehetséges hangyagazda, azonban e lepke példányait egy fészekben sem találtam meg.

3.2. A kakukk *Maculinea boglárkalepkék* hangyagazda használata

3.2.1. A *Maculineaalcon* összesen három *Myrmica* fajnál fordult elő, amelyek közül a *M. scabrinodis* volt a leggyakoribb gazdafaj. Ugyanakkor viszont a *M. salina* (első adat) és a *M. vandeli* fészkei csak néhány élőhelyen voltak fertőzöttek, de ott nagyobb arányban, mint a *M. scabrinodis* fészkek.

3.2.2. *Maculinea 'rebeli'* példányokat összesen öt *Myrmica* faj fészkeiben találtam, melyek közül a *M. schencki*, a *M. sabuleti* és a *M. scabrinodis* volt a három legfontosabb gazdafaj. Kis számban fertőzöttek voltak a *M. lonae* (első adat) és a *M. specioides* fészkei is.

3.2.3. A laboratóriumi megfigyeléseim megerősítették a *Maculineaalcon* és a *M. 'rebeli'* hangyagazda használatával kapcsolatos fenti terepi tapasztalataimat, de valószínűsítik azt is, hogy a *Myrmica gallienii*, a *M. specioides* és a *Manica rubida* (a *Myrmica* fajok közeli rokona, amelyről terepen még nem bizonyosodott be, hogy *Maculinea* gazdafaj lehetne) is a *M.alcon* gazdafajai lehetnek. Hasonló módon a *Maculinea 'rebeli'* lehetséges gazdafájának bizonyult a *Myrmica lobicornis*, a *M.*

salina és a *Manica rubida* is. Fontosnak tartom azonban a jövőben e laboratóriumi eredményeket terepi adatokkal is alátámasztani.

- 3.2.4. Körülbelül egy hónappal az adaptáció után hét *Maculinea* ‘rebeli’ hernyó bebábozódott a laboratóriumi *Myrmica sabuleti*, *M. salina* és *M. scabrinodis* fészkekben és ebből két példány sikerrel lepkévé is fejlődött. Tudomásom szerint a *Maculinea* boglárkalepkék ilyen felgyorsult fejlődését az irodalomban elsőként publikáltam.

3.3. Egyéb megfigyelt fajok, amelyek kötődnek a *Maculinea-Myrmica* kapcsolathoz

- 3.3.1. Előkerült egy *Neotypus melanocephalus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) imágó egy *Maculinea teleius* bábból (első adat).
- 3.3.2. Az *Ichneumon eumerus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) több élőhelyen is és gyakran parazitálta a *Maculinea teleius* (első adat), a *M.alcon* és a *M. ‘rebeli’* bábjait.
- 3.3.3. Sokszor találtam *Myrmica scabrinodis* és néha *M. rubra* (első adat) és *M. gallienii* fészkekben *Microdon myrmicae* (Diptera: Syrphidae) lárvákat és bábokat.
- 3.3.4. Gyakran találtam olyan *Myrmica scabrinodis*, és ritkábban olyan *M. salina*, *M. specioides* és *M. vandeli* egyedeket, amelyeket megfertőzött a *Rickia wasmannii* (Ascomycetes: Laboulbeniales).

4. Új tudományos eredmények és következtetések

4.1. Evolúciós és ökológiai aspektusok

- 4.1.1. Az eredményeim megerősítik azt, hogy a *Maculinea* boglárkalepkék hangyagazda használata sokkal komplexebb Európa középső részein, mint ahogy azt a kontinens nyugati régióiból ismerték.
- 4.1.2. Nagyobb arányban találtam fertőzött *Myrmica scabrinodis* fészkeket a *Maculineaalcon* és a *M. ‘rebeli’* élőhelyein akkor, ha ez a hangya

gyakori volt, de kisebb arányban, amikor ez a faj ritka volt. Ez a mintázat akkor várható, ha feltételezzük, hogy a lepke helyi szinten alkalmazkodik ehhez a gazdafajhoz. Ezért ez a komplex hangyagazda használat a *Maculinea* boglárkalepkék és hangyagazdáik közötti koevolúció földrajzi mozaikosságával magyarázható.

4.1.3. Az a tény, hogy – eltérően a nyugat-európai viszonyoktól – a *Maculinea alcon*, a *M. ‘rebeli’* és a *M. teleius* a Kárpát-medencében több hangyagazdát is használ, megerősíti azt a hipotézist, hogy más evolúciós kényszerek érhetik a központi, és mások a periférikus helyzetű populációkat. E kis populációkban a drift lehet egy olyan domináns faktor, amely a peremhelyzetű populációk gyors genetikai elkülönüléséhez vezet. Mivel a *Maculinea* nemről feltételezték, hogy Kelet-Ázsiában alakult ki, és így az európai (különösen a nyugat-európai) populációik peremhelyzetűnek tekinthetők, ezért nem meglepő, hogy Európa nyugati régiói felé csökken a hangyagazda használatuk változatossága.

4.1.4. A *Myrmica scabrinodis* (és a laboratóriumi vizsgálataim alapján valószínű a *M. salina* is) a *Maculinea alcon* és a *M. ‘rebeli’* közös gazdájának bizonyult a Kárpát-medencében. Ez az első olyan, a szakirodalomban leírt eset, amikor e két közelrokon boglárkalepke közös hangyagazdát használ ugyanabban a földrajzi régióban. Ezen kívül két vizsgált élőhelyen is megállapítottam, hogy a lepkék rápétéztek a „klasszikus” *M. alcon* tápnövényként ismert kornistárnicsra (*Gentiana pneumonanthe*; Dicotyledonopsida: Gentianaceae), illetve a „klasszikus” *M. ‘rebeli’* tápnövényként ismert Szent László-tárnicsra (*G. cruciata*) is. Mindezek a megfigyelések rávilágítanak arra, hogy e két közelrokon boglárkalepke közötti ökológiai különbségek Európa középső részein kevésbé markánsak, mint ahogy ezt a nyugat-európai élőhelyeken találták. Megállapításaim összhangban vannak azokkal az újabb irodalmi adatokkal, amelyek szerint e két lepke genetikai

variabilitása átfedő, és hogy filogenetikailag sem különülnek el egymástól.

- 4.1.5. Érdekesnek bizonyult evolúciós szempontból a *Maculinea nausithous* hangyagazda használata is, mivel elszigetelt erdélyi populációi más gazdafajt használnak (kizárólag *Myrmica scabrinodis*-t), mint a többi közép-európai populációja (kizárólag *Myrmica rubra*-t). Európa középső területeiről a *M. nausithous* két genetikailag eltérő formája ismeretes, azonban még nem tisztázott az általam vizsgált elszigetelt erdélyi populációk helyzete.
- 4.1.6. Adataim nem támasztják alá azt a korábbi hipotézist, mely szerint a kakukk *Maculinea* fajok gazdahasználata korlátozottabb, mint a predátoroké (pl. a predátor *M. nausithous* gazdaspecifikusabb volt, mint a kakukk *M. 'rebeli'*).
- 4.1.7. Számos kérdést vet fel a kompetícióval kapcsolatban az, hogy több mirmekofil rovar és gomba gazdaként használja ugyanazt a hangyafajt (pl. a *Maculinea alcon*, a *M. nausithous*, a *M. teleius*, a *Microdon myrmicae* és a *Rickia wasmannii* is használta a *Myrmica scabrinodis*-t egy erdélyi élőhelyen). Ez a jelenség további vizsgálatokat érdemel.

4.2. Konzervációbiológia

- 4.2.1. A kárpát-medencei populációk hangyagazda használatával kapcsolatos adataim rávilágítanak annak fontosságára, hogy a hangyagazda specifikitást helyi szinten is vizsgálni kell. A populációk védelme és az élőhelykezelés szempontjából e helyi szintű ismeretek nélkülözhetetlenek.
- 4.2.2. A Kárpát-medencében földrajzilag a legbehátároltabb, és egyúttal a leginkább hangyagazda-specifikus lepkének a *Maculinea nausithous* bizonyult (habár nincsenek ismereteim a *M. arion* hangyagazdájáról), ami azt jelenti, hogy itt ez a *Maculinea* faj reagálhat a legérzékenyebben

a *Myrmica* közösség változásaira. Véleményem szerint a nyugat-magyarországi *M. nausithous* populációk sikeres védelme érdekében mozaikosan meg kell hagyni a cserjés részeket és/vagy természetes erdőszegélyeket a *Sanguisorba officinalis* (Dicotyledonopsida: Rosaceae) termőhelyek mentén, tekintettel a *Myrmica rubra* hangyagazda ökológiai igényeire. Ugyanakkor a *Myrmica scabrinodis*-t használó erdélyi *M. nausithous* populációk egyedi gazdahasználatuk miatt további vizsgálatokat és körültekintő védelmet igényelnek. E populációk kis egyedsűrűsége még sürgetőbbé teszi ezt a feladatot.

4.2.3. Az, hogy a Kárpát-medencében a *M. teleius*, a *M. alcon* és a *M. 'rebeli'* több hangyagazdát is használ, arra utalhat, hogy e fajok képesek alkalmazkodni az új gazdafajokhoz, amikor azt a változó körülmények megkívánják (pl. emberi zavarás hatására). Óvatosnak kell lennünk azonban az ilyen feltételezésekkel, mert számításba kell vennünk, hogy rendszerint nem az összes jelenlévő *Myrmica* fajt használták e sebezhető lepkék, és a rendelkezésre álló adatok is korlátozottak.

4.2.4. Meg kell még jegyezni, hogy a közelrokon *Maculinea alcon* és *M. 'rebeli'* különböznek konzervációbiológiai szempontból, és ezért eltérő kezelést igényelnek, hiszen nem csak az élőhelyük, a hangyagazdájuk és tápnövényük különbözhet egy régió belül, hanem a rajzási idejük is eltérhet (a tápnövényük eltérő fenológiájával összhangban). Ezek a sajátosságok azonban nehézségeket eredményezhetnek a gyakorlati védelemi programok során, amikor pl. *M. alcon*-t telepítenek *M. 'rebeli'* élőhelyre, vagy fordítva.

4.2.5. A *Maculinea*-*Myrmica* kapcsolathoz kötődő ritka és hiányosan kutatott fajokra (*Ichneumon eumerus*, *Microdon myrmicae*, *Neotypus melanocephalus* és *Rickia wasmannii*) vonatkozó adataim egyértelműen alátámasztják azokat az irodalmi megállapításokat, melyek szerint a *Maculinea* boglárkalepkék az értékes élőhelyeik ernyőfajainak tekinthetők.

1. List of publications

This thesis is based on the following papers

Peer reviewed articles in English

- I. TARTALLY, A. & VARGA, Z. 2008: Host ant use of *Maculinea teleius* in the Carpathian-basin (Lepidoptera: Lycaenidae) – Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 54 (in press) [IF: 0.511]
- II. TARTALLY, A. & VARGA, Z. 2005: *Myrmica rubra* (Hymenoptera: Formicidae): the first data on host-ant specificity of *Maculinea nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae) in Hungary. – Myrmecologische Nachrichten 7: 55-59.
- III. TARTALLY, A., RÁKOSY, L., VIZAUER, T.-C., GOIA, M. & VARGA, Z. 2008: *Maculinea nausithous* exploits *Myrmica scabrinodis* in Transylvania: unusual host ant species of a myrmecophilous butterfly in an isolated region (Lepidoptera: Lycaenidae; Hymenoptera: Formicidae). – Sociobiology 51 (in press) [IF: 0.590]
- IV. TARTALLY, A. 2005: *Myrmica salina* (Hymenoptera: Formicidae) as a host of *Maculinea alcon* (Lepidoptera: Lycaenidae). – Sociobiology 46: 39-43. [IF: 0.590]
- V. TARTALLY, A., NASH, D.R., LENGUEL, SZ., FÜRST, M.A. & VARGA, Z.: Patterns of host ant use by sympatric populations of *Maculinea alcon* and *M. 'rebeli'* in the Carpathian Basin. – Insectes Sociaux (under review) [IF: 1.618]
- VI. TARTALLY, A. 2005: Accelerated development of *Maculinea rebeli* larvae under artificial conditions (Lycaenidae). – Nota Lepidopterologica 27 (2004): 303-308.
- VII. TARTALLY, A. 2004: Is *Manica rubida* (Hymenoptera: Formicidae) a potential host of the *Maculinea alcon* (Lepidoptera: Lycaenidae) group? – Myrmecologische Nachrichten 6: 23-27.
- VIII. TARTALLY, A. 2005: *Neotypus melanocephalus* (Hymenoptera: Ichneumonidae): the first record of a parasitoid wasp attacking *Maculinea teleius* (Lycaenidae). – Nota Lepidopterologica 28: 65-67.

Other articles

- IX. TARTALLY, A., SZÜCS, B. & EBSSEN, J.R. 2007: The first records of *Rickia wasmannii* CAVARA, 1899, a myrmecophilous fungus, and its *Myrmica* LATREILLE, 1804 host ants in Hungary and Romania (Ascomycetes: Laboulbeniales; Hymenoptera: Formicidae). – Myrmecological News 10: 123. (published lecture Abstract)

Publications related to this thesis

Peer reviewed articles in English

ÁRNYAS, E., BERECKZI, J., TÓTH, A., VARGA, K., PECSENYE, K., TARTALLY, A., KÖVICS, GY., KARSA, D. & VARGA, Z.: Oviposition preferences of *Maculinea alcon* (Lepidoptera: Lycaenidae) influenced by food-plant specialized aphids (*Aphis gentianae*) and fungal infection by *Puccinia gentianae*. – Ecological Entomology (under review) [IF: 1.960]

Other articles

TARTALLY, A. & CSŐSZ, S. 2004: Adatok a *Maculinea* boglárkalepkék (Lepidoptera: Lycaenidae) kárpát-medencei hangyagazdairól. – Természetvédelmi Közlemények 11: 309-317.

Book chapters

BONELLI, S., WORGAN, A.D.P., EVERETT, S., NAPPER, E., ELMES, G.W., STANKIEWICZ, A.M., SIELEZNIEW, M., WARDLAW, J.C., CANTARINO, S., TARTALLY, A., BALLETO, E. & SCHÖNROGGE, K. 2005: Host specificity in *Microdon myrmicae*, a sympatric social parasite to the *Maculinea* in moist grassland ecosystems. In: SETTELE, J., KÜHN, E. & THOMAS, J.A. (Eds.) Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe Vol. 2: Species Ecology along a European Gradient: *Maculinea* Butterflies as a Model. – PENSOFT Publishers, Sofia-Moscow, pp. 69-71.

EVERETT, S., WORGAN, A.D.P., SIELEZNIEW, M., STANKIEWITZ, A., NASH, D.R., WYNNE, I., NOWICKI, P., TARTALLY, A., PEREGOVITS, L., TESAR, D., MAES, D., WYNHOF, I., ANTON, C., MUSCHE, M., BONELLI, S., WARDLAW, J.C., CSŐSZ, S., SIMCOX, D.J., ELMES, G.W., WOYCIECHOWSKI, M., VARGA, Z., SETTELE, J., THOMAS, J.A. & SCHÖNROGGE, K. 2005: Variation in chemical profiles of *Maculinea* and their *Myrmica* hosts across Europe. In: SETTELE, J., KÜHN, E. & THOMAS, J.A. (Eds.) Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe Vol. 2: Species Ecology along a European Gradient: *Maculinea* Butterflies as a Model. – PENSOFT Publishers, Sofia-Moscow, pp. 174-177.

LENGYEL, SZ., TARTALLY, A., SZITTA, E., BÍRÓ, M. & VARGA, Z. 2005: Behavioural aspects of adoption of *Maculinea* caterpillars by *Myrmica* ants. In: SETTELE, J., KÜHN, E. & THOMAS, J.A. (Eds.) Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe Vol. 2: Species Ecology along a European Gradient: *Maculinea* Butterflies as a Model. – PENSOFT Publishers, Sofia-Moscow, pp. 75-77.

TARTALLY, A. & VARGA, Z. 2005: Host-ant specificity of *Maculinea* species in Hungary, connections with parasitoids and host plants. In: SETTELE, J., KÜHN, E. & THOMAS, J.A. (Eds.) Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe Vol. 2: Species Ecology along a

European Gradient: *Maculinea* Butterflies as a Model. – PENSOFT Publishers, Sofia-Moscow, pp. 94-98.

Lectures

- CSÖSZ, S., TARTALLY, A., PEREGOVITS, L. & VÁLYI, N.M. 2005: *Maculinea* ant host studies in the Carpathian Basin. – MacMan Conference, Laufen
- LENGYEL, SZ., SZITTA, E., BÍRÓ, M. & TARTALLY, A. 2005: Experimental adoption of *Maculinea* caterpillars by *Myrmica scabrinodis* ants: behavioural aspects. – MacMan Conference, Laufen
- LENGYEL, SZ., TARTALLY, A. & SZITTA, E. 2004: Jól fogadják-e a *Maculinea* boglárkalepke-hernyók *Myrmica scabrinodis* hangyák általi befogadásának sikeressége a viselkedés alapján? – 9. Magyar Etológiai Konferencia, Göd, Abstract p. unnumbered
- SÍPOS, J.V., HORVÁTH, R., NAGY, A., RÁCZ I., TARTALLY, A. & VARGA, Z. 2005: *Maculinea alcon* and *Maculinea rebeli*: not two ESU's but two different units for conservation. – MacMan Conference, Laufen
- SZITTA, E., LENGYEL, SZ. & TARTALLY, A. 2004: Does behaviour predict adoption of „cuckooing” *Maculinea* caterpillars by *Myrmica scabrinodis* ants? – MacMan Mid-term Conference, Budapest
- TARTALLY, A. 2003: A *Maculinea* boglárkalepkék hangyagazdái; valamint e lepkék és hangyák parazitái a Kárpát-medencében. – Debreceni Egyetem Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, Tanszéki Szeminárium, Debrecen
- TARTALLY, A. 2005: The host ants of *Maculinea* butterflies recorded from Hungary. In: FROUZ, J. (Ed.): Central European workshop in myrmecology - České Budějovice, Czech Republic, 24-25th April 2005 – Institute of Soil Biology AS CR, České Budějovice, p. 14.
- TARTALLY, A. 2005: Multiple host ant use and parasitoids of *Maculinea* larvae in the Carpathian Basin. – MacMan Conference, Laufen
- TARTALLY, A. 2006: Host ant specificity of the endangered *Maculinea* butterflies in Hungary (Lepidoptera: Lycaenidae). – Einladung zu einem Myrmekologischen Abend in memoriam Stefan Schödl, Wien
- TARTALLY, A. 2006: A *Maculinea* boglárkalepkék hangyagazdái és parazitoidjai: evolúciós és ökológiai vonatkozások. – Debreceni Egyetem Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, Tanszéki Szeminárium, Debrecen
- TARTALLY, A. 2006: A hangyaboglárka fajok hangyagazdái és parazitoidjai: konzervációbiológiai szempontok. – Gerinctelen fajok érdekében végzett beavatkozások Magyarországon, Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Túrkeve
- TARTALLY, A. & SÁNDOR, CS. 2004: Data on the ant hosts of the *Maculinea* butterflies of the Carpathian Basin. – MacMan Mid-term Conference, Budapest

- TARTALLY, A., SZITTA, E. & LENGYEL, SZ. 2004: Jólható-e a *Maculinea* boglárkalepke-hernyók *Myrmica scabrinodis* hangyák általi befogadásának sikeressége a viselkedés alapján? – I. Kárpát-medencei Myrmekológiai Szimpózium, Szeged, Abstract p. 12.
- TARTALLY, A. & VARGA, Z. 2004: The variability of initial food-plants in the *Maculineaalcon-rebeli*-group. – MacMan Mid-term Conference, Budapest

Posters

- SZÜCS, B. & TARTALLY, A. 2007: Első adatok egy myrmekofil gombafaj (*Rickia wasmanni*) kárpát-medencei előfordulásáról és az ottani hangyagazdairól. – 3. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest
- TARTALLY, A. 2004: Data on the parasitoids of the *Maculinea* butterflies and on the social parasites of the butterflies host ants in the Carpathian Basin. – MacMan Mid-term Conference, Budapest
- TARTALLY, A. 2004: Adatok a *Maculinea* boglárkalepkék parazitoidjaihoz és a lepkék hangyagazdáinak szociálpazsitáikhoz a Kárpát-medencében. – 2. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, Abstract p. 81.
- TARTALLY, A. & CSÖSZ, S. 2002: Preliminary results about the host ants of the *Maculinea* sp. (Lepidoptera: Lycaenidae) butterflies and their parasites in the Carpathian Basin. – 2. MacMan Conference, Halle
- TARTALLY, A. & CSÖSZ, S. 2002: Kárpát-medencei adatok a *Maculinea* boglárkalepkék hangyagazdáikhoz. – I. Magyar Természetvédelmi Konferencia, Sopron, Abstract p. 141.
- TARTALLY, A., SZITTA, E. & LENGYEL, SZ. 2004: Can we predict the success of the adoption of cuckooing *Maculinea* (Lepidoptera: Lycaenidae) caterpillars to artificial *Myrmica scabrinodis* (Hymenoptera: Formicidae) colonies based on their behaviour? In: BAER-IMHOOF, B., CREMER, S., MATHIASSEN, S., NASH, D.R., POULSEN, M., THOMAS, J.M. & BOOMSMA, J.J. (Eds.): Closing Symposium: Integrated Studies of Social Evolution. – University of Copenhagen, Copenhagen, p. 55.
- TARTALLY, A. & VARGA, Z. 2005: *Myrmica rubra* (Hymenoptera: Formicidae) mint a *Maculinea nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae) hangyagazdája Magyarországon. In: LENGYEL, SZ., SÓLYMOS, P. & KLEIN, Á. (Eds.) A III. Magyar Természetvédelmi Konferencia Program és Absztraktkötete. – Magyar Biológiai Társaság, Budapest, p. 215. (presented in Eger)
- TARTALLY, A. & VARGA, Z. 2006: Host ant specificity of *Maculinea* butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae) in Hungary: results for local treatments. – 1st European Congress of Conservation Biology, 2006

Publications from other topics

Peer reviewed articles in English

- ESPADALER, X., TARTALLY, A., SCHULTZ, R., SEIFERT, B. & NAGY, CS. 2007: Regional trends and local expansion rate in the invasive garden ant, *Lasius neglectus* (Hymenoptera, Formicidae): the status of the year 2005. – *Insectes Sociaux* 54: 293-301. [IF: 1.618]
- GALLÉ, L., CSŐSZ, S., TARTALLY, A. & KOVÁCS, É. 1998: A check-list of Hungarian ants. – *Folia Entomologica Hungarica* 59: 213-220.
- HORNUNG, E., & TARTALLY, A. 2004: A *Platyarthus schoblii* Budde-Lund 1885 (Isopoda : Oniscidea) és a *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae) együttes előfordulása Magyarországon. – *Állattani Közlemények* 89: 17-22.
- HORNUNG, E., VILISICS, F. & TARTALLY, A. 2005: Occurrence of *Platyarthus schoblii* (Isopoda, Oniscidea) and its ant hosts in Hungary – *European Journal of Soil Biology* 41: 129-133. [IF: 0.830]
- SZATHMÁRY, E., HALTRICH, A. & TARTALLY, A. 2005: Data to the knowledge of the lachnid fauna (Homoptera: Lachnidae) of Hungary – *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 40: 403-408.
- TARTALLY, A. 2000: Notes on the coexistence of the supercolonial ant *Lasius neglectus* van Loon, Boomsma et Andrásfalvy 1990 (Hymenoptera: Formicidae) with other ant species. – *Tiscia* 32: 43-46.
- TARTALLY, A. 2006: Long term development of a supercolony of the invasive garden ant, *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae) – *Myrmecologische Nachrichten* 9: 21-25.
- TARTALLY, A., HORNUNG, E. & ESPADALER, X. 2004: The joint introduction of *Platyarthus schoblii* (Isopoda: Oniscidea) and *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae) into Hungary. – *Myrmecologische Nachrichten* 6: 61-66.

Other articles

- CSŐSZ, S. & TARTALLY, A. 1998: Adatok a Körös-Maros Nemzeti Park hangyafaunájához. – *Crisicum* 1: 180-194.
- TARTALLY, A. 2000: A Magyarországról leírt invazív *Lasius neglectus* VAN LOON, BOOMSMA et ANDRÁSFALVY, 1990 (Hymenoptera: Formicidae) újabb hazai lelőhelyei. – *Folia Entomologica Hungarica* 59: 298-300.
- TARTALLY, A. & CSŐSZ, S., 1999: Blaskovics-pusztai gyepek értékelése a rajtuk talált hangyaközösségek (Hymenoptera: Formicidae) alapján. – *Crisicum* 2: 133-140.

TARTALLY, A., SZÖVÉNYI, G., MOLNÁR, P. & PUKY, M. 2001: Az alpesi tarajos göte *Triturus carnifex* (Laurenti, 1768) előfordulása Magyarországon. – Folia Historico Naturalia Musei Matraensis 25: 309-314.

Book chapters

CSŐSZ, S., MARKÓ, B., KISS, K., TARTALLY, A. & GALLÉ, L. 2002: The ant fauna of the Fertő-Hanság National Park (Hymenoptera: Formicoidea). In: MAHUNKA, S. (Ed.): The fauna of the Fertő-Hanság National Park. – Hungarian Natural History Museum, Budapest, pp. 617-629.

TARTALLY, A. 2008: Hymenoptera. In: RÁCZ, I.A. (Ed.): Állatrendszertani Gyakorlatok I. – DE Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (in press)

TARTALLY, A. 2008: Amphibia. In: RÁCZ, I.A. (Ed.): Állatrendszertani Gyakorlatok II. – DE Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen (in press)

Lectures

CSŐSZ, S. & TARTALLY, A. 1997: Adatok a Körös-Maros Nemzeti Park hangyafaunájához. – Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság Kutatási Konferenciája, Szarvas

CSŐSZ, S. & TARTALLY, A. 1998: Hangyaszukcesszió vizsgálata a Blaskovics-pusztá gyepes élőhelyein. – Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság Kutatási Konferenciája, Szarvas

HORNUNG, E. & TARTALLY, A. 2001: A *Platyarhtrus schöbli* (Isopoda: Oniscidea) előfordulása Magyarországon. – Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának 912. ülése, Budapest

TARTALLY, A. 2000: A *Lasius neglectus* VAN LOON, BOOMSMA et ANDRÁSFALVY, 1990 (Hymenoptera: Formicidae) szuperkolóniáinak viselkedése magyarországi élőhelyeken. – Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, Abstract p. 35.

TARTALLY, A. & NAGY, CS. 2002: A *Lasius neglectus* (Hymenoptera : Formicidae) szuperkolóniák térbeli mintázatának időbeli alakulása. – Kvantitatív Ökológiai Szimpózium, Debrecen, Abstract p. 37.

Posters

HORNUNG, E. & TARTALLY, A. 2004: Establishment of *Platyarhtrus schöbli* and its ant host in Hungary. – 6th Integrated Symposium on the Biology of Terrestrial Isopods, Aviero/Portugal, Abstract p. 74.

NAGY, CS., HUFNAGEL, L. & TARTALLY, A. 2004: Az izeltlábu-közösség szerkezetének lehetséges változásai az invazív *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae) szuperkolóniájának hatására. – 2. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, Abstract p. 64.

- NAGY, CS., TARTALLY, A. & ESPADALER, X. 2006: Spreading of the invasive Garden Ant *Lasius neglectus* (Hymenoptera: Formicidae) in Hungary: local expansion rate and new colonies. – 1st European Congress of Conservation Biology, 2006
- NAGY, CS., TARTALLY, A. & HUFNAGEL, L. 2003: Az invazív *Lasius neglectus* VAN LOON, BOOMSMA et ANDRÁSFALVY, 1990 (Hymenoptera: Formicidae) szuperkolóniájának hatása az izeltlábúközösségre a budatétényi kolónia területén. – 6. Magyar Ökológus Kongresszus, Gödöllő, Abstract p. unnumbered
- PUKY, M., SCHÁD, P., SÍPOS, V. FODOR, A., SZÖVÉNYI, G., HAJDÚ, Á., MOLNÁR, P., TARTALLY, A., GÉMESI, D., TOMPA, F. & KÉRI, A. 2001: Intensive herpetofauna mapping in Hungary. – Biota, 2: 103-104.
- SZÖVÉNYI, G., TARTALLY, A., PUKY, M. & MOLNÁR, P. 2001: Occurrence of the alpine crested newt, *Triturus carnifex* in Hungary. – Biota, 2: 114-115.
- TARTALLY, A., NAGY, CS. & ESPADALER, X. 2005: Az invázív kerti hangya (*Lasius neglectus*) terjedése Magyarországon (Hymenoptera: Formicidae). In: LENGYEL, SZ., SÓLYMOS, P. & KLEIN, Á. (Eds.). A III. Magyar Természetvédelmi Konferencia Program és Absztraktkötete. – Magyar Biológiai Társaság, Budapest, p. 216. (presented in Eger)
- TARTALLY, A., NAGY, CS. & HUFNAGEL L. 2005: The influence of the type supercolony of *Lasius neglectus* on the arthropod community. In: Frouz, J. (Ed.): Central European workshop in myrmecology - České Budějovice, Czech Republic, 24-25th April 2005. – Institute of Soil Biology AS CR, České Budějovice, p. 23.
- TARTALLY, A. 2000: Az invazív *Lasius neglectus* van Loon, Boomsma et Andrásfalvy, 1990 (Hymenoptera: Formicidae) debreceni szuperkolóniájának növekedése két év alatt . – Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica, 11: 317.

Student competitions

- TARTALLY, A. 1999: Vizsgálatok a faunaidegen *Lasius neglectus* VAN LOON, BOOMSMA et ANDRÁSFALVY, 1990 (Hymenoptera: Formicidae) szuperkolóniáin. – OTDK Dolgozat, KLTE, Debrecen, 26+20 pp.
- TARTALLY, A. 2000: Az adventív *Lasius neglectus* VAN LOON, BOOMSMA et ANDRÁSFALVY, 1990 (Hymenoptera: Formicidae) terjedésének hatása az őshonos hangyaközösségekre. – OKDK Dolgozat, KLTE, Debrecen, 23+6 pp. **[awarded special prize]**

Master thesis

- TARTALLY, A. 2001: Az invazív *Lasius neglectus* VAN LOON, BOOMSMA et ANDRÁSFALVY, 1990 (Hymenoptera: Formicidae) terjedése és viselkedése az őshonos hangyaközösségekkel szemben Magyarországon. – Diplomamunka (Diploma thesis), DE, Debrecen, 36 pp. **[awarded by the Ministry of the Environment]**