

**Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Taxonomy, distribution and ecology of *Melitaea ornata*  
(Lepidoptera: Nymphalidae)**

**A *Melitaea ornata* (Lepidoptera: Nymphalidae)  
taxonómiája, elterjedése és ökológiája**

Tóth János Pál

Témavezető: Dr. Varga Zoltán



DEBRECENI EGYETEM  
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola  
Debrecen, 2012

## **A *Melitaea ornata* (Lepidoptera: Nymphalidae) taxonómiája, elterjedése és ökológiája**

### **1. Bevezetés**

Az elmúlt évszázad végére komoly kihívássá vált a biodiverzitás csökkenése. Közösségi irányelvek, mint például az Élőhelyvédelmi Irányelv (92/43/EEC), és nemzetközi egyezmények, mint az EU Fenntartható Fejlődés Stratégia (2001) vagy a Johannesburgi Konvenció a biológiai diverzitásról (2002) foglalkoztak a témával, és célul tűzték ki a folyamat megállítását. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökségnek a 10. Biodiverzitási Konvenció Konferencia (2010. október 18-29., Nagoya) számára készített jelentése azonban megerősítette, hogy Európa nem tudta megvalósítani a kitűzött célt, a biológiai sokféleség csökkenésének megállítását.

A rovarok a legdiverzebb élőlénycsoport, amely az ismert növény- és állatfajok együttes fajszerkezetének több mint 60%-át teszik ki. Bár a nappali lepkék alkotják a rovarokon belül az egyik leginkább vizsgált taxont, mégis az elmúlt évtizedben több rejtett fajt fedeztek fel a tudományos módszerek fejlődésének köszönhetően. Ilyen például a *Zerynthia cassandra* Olaszországban (Dapporto 2010), a *Polyommatus*

*celina* Spanyolországban és Észak-Afrikában (Wiemers 2003; Wiemers et al. 2010), vagy a *Leptidea juvernica*, ami meglepő módon egész Európában előfordul, kivéve Spanyolországot, ahol a *L. reali* váltja fel (Dinca et al. 2011).

Bár a *Cinclidia* subgenus (*Melitaea*) első jelentős taxonómiai revízióját Higgins már 1941-ben leköszölte, a csoport még mindig az egyik legproblematisabb taxonnak számít. Nemrégiben újra a figyelem középpontjába került (Wahlberg & Zimmermann 2000; Russell et al. 2005, 2006, 2007; Varga et al. 2005; Varga 2007; Leneuve et al. 2009).

A legjobban ismert faj ebben a csoportban a *Melitaea phoebe* ([Denis & Schiffermüller], 1775) (TL: Bécs, Ausztria), melynek elterjedési területe szinte folyamatosan tart Észak-Afrikától Dél- és Közép-Európán keresztül egészen Északkelet Kínáig. Ennek a politipikus fajnak számos alfaját írták le, főként a szárny színének mintázata és színezete alapján. Nemrégiben a leírt alfajok közül néhányat önálló fajként kezdtek el kezelni.

A *Melitaea telona* Fruhstorfer, 1908 (TL: Jeruzsálem, Izrael) faji rangját nemrég ismerték fel (Russell et al. 2005; Russell et al. 2007). A faj ismert áréája diszjunkt: a Levantei régiótól Kis-Ázsián és a Balkán-félszigeten át Olaszországig, a Kárpát-medencéig és a Podóliai Platóig terjed (Russell et al.

2005, 2007; Varga et al. 2005; Varga 2007). A *M. telona* és a *M. phoebe* elkülönítése nagyrészt a lárvák morfológiáján alapul (Russell et al. 2005, 2007). A *Melitaea telona* lárvák feje téglavörös a negyedik lárvastádiumtól kezdve. Mono- vagy oligofágok, regionálisan különböző Asteraceae fajokon táplálkoznak. Ezzel szemben a *M. phoebe* oligofág, amely gyakran különböző tápnövényeket szimultán használ (*Centaurea*, *Cirsium*, *Carduus*), és a lárváinak mindig fekete a fejkapszulája.

A *Melitaea punica* Oberthür, 1876 (TL: Lambessa, Algéria) faji rangját már maga Oberthür (1914) is javasolta, de genitália vizsgálatok nélkül. Később a „*punica*” nevet mint *M. phoebe* alfajt használták (Higgins 1941) vagy külön fajként, a „*telona*”-val kombinálva (Gorbunov and Kosterin 2007), a *M. phoebe telona* szinonimájaként. Russel és mts. (2005) rámutattak arra, hogy ezek a kombinációk helytelenek, és a *M. telona* félrehatározásán alapulnak, mivel a *M. punica* kizárólag É-Afrikában fordul elő. Ezeket a megállapításokat később a molekuláris eredmények is megerősítették: két nukleáris és egy mitokondriális gén vizsgálata különböző *Melitaea*-fajokban (Leneveu et al. 2009), illetve enzim elektroforézis vizsgálat a *M. telona kovacsi* és a *M. phoebe* esetében (Pecsenye et al. 2007).

Sok szerző a *Melitaea scotosia* Butler, 1878-t (TL: Japan) és a *M. sibina*- Alphéraky, 1881-t (TL: Kuldja, China) önálló fajoknak tekinti. Az újabb molekuláris kutatások azonban nem találtak szignifikáns különbséget a *M. phoebe*, a *M. scotosia* és a *M. sibina* között (Wahlberg & Zimmermann 2000). Ebből azt a következtetést vonták le, hogy az említett taxonok ugyanannak a fajnak a különböző populációi vagy a környezet által befolyásolt formái. (Leneveu et al. 2009).

A dolgozat (Tóth & Varga 2011) egyik eredményeként kimutattuk, hogy a *Melitaea telona* Fruhstorfer, 1908 és a *M. ornata* Christoph, 1893 konspecifikus (v. ö. Eredmények és értékelés), így a prioritás elvét követve a következő részekben a *M. ornata* nevet használom.

A tézis három fő témakörben tárgyalja az igen érdekes „*M. phoebe*-csoport” néhány vonatkozását:

(i) Palearktikus szintű genitália morfometriai vizsgálatokat végeztünk a „*Melitaea phoebe*-csoport” taxonómiájának tisztázása érdekében. Ugyanakkor elkülönítő diagnosztikus bélyegeket kerestünk a genitáliákon és a szárnyakon a megbízható határozáshoz.

(ii) Többet szerettünk volna tudni a *Melitaea ornata* elterjedéséről és történetéről. Ennek a kutatásnak a főbb

célkitűzései az alábbiak voltak: (1) a potenciális elterjedés prediktálása klímamodellek segítségével, (2) a lehetséges refúgiumok azonosítása az utolsó glaciális maximum idején, (3) a különböző klímamodellek összehasonlítása a 2080-ra prediktált elterjedési területek alapján és a klíma kockázat becslése.

(iii) Mivel a *Melitaea ornata* előfordul Magyarországon, lehetőségünk volt rá, hogy terepi vizsgálatot tervezzünk a faj alapvető populációökológiai vonatkozásainak felderítésére, úgymint a (1) faj diszperziós képessége, (2) a különböző távolságra levő élőhely-foltok közötti kapcsolat erőssége, illetve (3) a lárvális tápnövény és a fő nektárforrás kapcsolata a populációmérettel.

## 2. Módszerek

### 2.1 Taxonómia

365 hím és 203 nőstény egyedet vizsgáltunk a Magyar Természettudományi Múzeum, a Münchener Állami Zoológiai Gyűjtemény és a Debreceni Egyetem (Varga Z.) gyűjteményéből. A példányok a Palearktiszi számos pontjáról származnak. A *M. ornata* minták gyakorlatilag a faj teljes ismert elterjedését lefedik, ráadásul néhány új helyről is sikerült egyedeket bevonni az analízisbe. A fajok azonosításához egy egyszerű határozókulcsot készítettünk a hátsó szárny fonákán található jellegek alapján.

A genitália preparátumok készítésénél a standard protokollt követtük. A potrohot eltávolítottuk, majd 15%-os KOH oldatban hevítettük. A genitáliát ezután megtisztítottuk, etanollal dehidratáltuk, Euparal-ba ágyaztuk, majd a tárgylemezen lefedett tartós preparátumot digitalizáltuk.

A hímeknél landmark alapú geometriai és tradicionális morfometriai vizsgálatokat végeztünk, hogy számszerűsíteni tudjuk a genitália alakjában fellépő varianciát. Mivel a nőstény genitáliákon nem találtunk jó landmarkokat, tradicionális morfometriát használtunk.

## 2.2 Elterjedés

Mivel a *M. ornata*-ról eddig nem készültek megbízható elterjedési térképek, elterjedési modellt használtunk a potenciális area becslésére. Az elemzésekhez 255 duplikáció nélküli jelenlét adatot használtuk fel. A jelenlegi klímára vonatkozó információkat, a paleoklimatikus szimulációkat és a jövőre vonatkozó klímaszenáriókat a WorldClim adatbázis 1.4-es verziójából kölcsönöztük ((Hijmans et al. 2005); <http://www.worldclim.org>). A *Melitaea ornata* elterjedését különböző idősíkokban analizáltuk a MaxEnt programkörnyezet segítségével (<http://www.cs.princeton.edu/~shapire/Maxent>). A genitália morfometria eredményeit és a prediktált refúgiumokat felhasználva rekonstruáltuk a lehetséges rekolonizációs utakat, ugyanakkor a potenciális area változását is prediktáltuk 2080-ra.

## 2.3 Ökológia

2009. május 15. és 25. között 3, ill. 4 alkalommal végeztünk jelölés-visszafogás vizsgálatot tíz 50×40 m-es mintavételi területen. Egy időben 5 területen dolgoztunk egyszerre, 9:00 és 13:00 között 3 órán keresztül, megfelelő időjárási körülmények esetén. Az elfogott lepkéket vízálló XF filctollal jelöltük meg.

Ez a jelölés lehetővé tette az egyedek elkülönítését, így visszafogáskor következtetni lehetett a mozgási mintázataikra.

A mintavételi területeket GPS segítségével bemértük, majd Google Earth szatellitképekre illesztettük fedvények formájában. A mintavételi területek közepét egy egyenessel kötöttük össze, ezek adták a mintavételi területek közötti távolságot. A mozgásmintázatokat a terepnapló adatai alapján rajzoltuk meg.

A jelzés-visszafogás vizsgálat után megbecsültük a *Cirsium pannonicum* (lárvális tápnövény) és a *Dianthus ponederae* (fő nektárforrás) denzitását. Öt db (2×2 m) random kvadrátot jelöltünk ki minden mintavételi helyen. Ezekben a kvadrátokban mindkét növényt leszámoltuk, majd a kapott értékekből kiszámítottuk a m<sup>2</sup>-re eső tőszámot. A növények és a megfigyelt egyedszámok közötti kapcsolatot Pearson-féle korrelációs teszttel vizsgáltuk.

### 3. Eredmények és értékelésük

#### 3.1 Taxonómia

A hátsó szárny fonákán alapuló határozókulcs hasznosnak bizonyult (lásd: II. közlemény). A genitália morfometria megbízható eredményeket mutatott a „*phoebe*-csoport” fajainak elkülönítésében. A hímeknél a processus posterior alakja értékes jellegnek bizonyult a fajok határozásában. A nőtényeknél a posterior lamella bizonyult jó karakternek, bár ez alapján nem lehetett elkülöníteni a *M. punica*-t a *M. phoebe*-től és a *M. ornata*-tól. Összevetve a hím és a nőtény genitálián alapuló eredményeket elmondható, hogy a nőtény genitália kevésbé megbízható.

Egyes szerzők a *M. telona*-t a *M. punica* alfajának tekintették (Hesselbarth et al. 1995; Abadjiev 2001), míg mások a *M. ornata*-t hozták a *M. punica*-val összefüggésbe (Korshunov & Gorbunov 1995). Az eredményeink viszont azt mutatják, hogy a *M. ornata* a *M. punica*-tól eltérő faj. Ezzel szemben, a *Melitaea ornata* (eredetileg *Melitaea phoebe* var. *ornata* Christoph, 1893; Iris VI: 87) konspecifikus a *M. telona* Fruhstorfer, 1908-val, így a prioritás elvét követve az előbbieken *M. telona*-ként említett faj érvényes neve *Melitaea ornata* Christoph, 1893 (stat. revid.).

A Zagrosz hegységből származó *Melitaea* egyedek karakterisztikus szárnymintázatuk alapján új fajnak bizonyultak a hím és a nőstény genitália alapján egyaránt. *Melitaea zagrosi* sp. n. néven írtuk le (lásd: II. közlemény).

### 3.2 Elterjedés

A *Melitaea ornata* jelenre prediktált elterjedése jól illeszkedik az eddigi ismereteinkhez, kivéve az Ibériai-félszigetet és Észak-Afrikát, ahol a faj nem fordul elő. A predikció alapján elmondható, hogy a nem-mediterrán közép-európai területek kevésbé alkalmasak a faj számára.

Az Utolsó Glaciális Maximum (LGM) idejére (~21 000 éve) prediktált elterjedési területek nagyrészt egybeesnek a széles körben elfogadott kelet-mediterrán refúgiumokkal (pl. Reinig 1950; de Lattin 1967; Bennett et al. 1991; Hewitt 2000). Európa rekolonizációja valószínűleg két fő területről történt meg: az Appennini-félszigetről és a Balkánról, utóbbi valószínűleg kapcsolatban állt az Anatóliai refúgiumokkal. A levantei régió és az Elburz hegység populációi nem mutatnak jelentős expanziót. További vizsgálatok szükségesek a prediktált közép-ázsiai refúgiumok tisztázására.

A 2080-ra vonatkozó predikciók a faj észak felé terjedését mutatják, és ezzel egy időben extinkciót valószínűsítene a

Mediterránemuban. Dél-Oroszországban, a Kárpát-medencében és esetleg még a Provence régióban, Franciaországban azonosítottunk olyan gócterületeket, amelyek a faj túlélése és terjedése szempontjából fontos szerepet játszhatnak a jövőben. A prediktált északi irányú area-eltolódás azonban csak akkor lehetséges, ha sikerül megőriznünk a potenciális „leading edge” populációkat és élőhelyeiket.

### 3.3 Ökológia

A *Melitaea ornata* mérsékelten helyhez kötött. A faj képes elérni az egymástól több száz méterre levő élőhely-foltokat. A *M. phoebe* minden mintavételi területen előfordult, sőt néhány mintavételi helyen nagyobb egyedszámban fordult elő, mint a *M. ornata*. Ezek olyan területek voltak, amelyek növényzete a „jó” *ornata*-élőhelyekhez képest degradált volt. A *M. phoebe* képes ugyan kifejlődni a *Cirsium pannonicum*-on is, de figyelemre méltó, hogy azokon a helyeken, ahol az említett növény denzitása magas volt, a *M. phoebe* kis egyedszámban volt jelen.

Az adataink azt mutatják, hogy a lárvális tápnövény fontosabb az élőhely választásban, mint a nektárforrás.

#### 4. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik segítettek ennek a munkának az elkészítését. Elsősorban témavezetőmnek, Varga Zoltánnak a munka koordinálásáért és hasznos tanácsaiért, amivel segítette a dolgozat elkészítését. Köszönöm szerzőtársaim, Bereczki Judit, Nigel Spring, Végvári Zsolt és Varga Katalin együttműködését. Köszönet illeti Bálint Zsoltot (Magyar Természettudományi Múzeum) és Axel Hausmann-t (Zoological State Collection in Munich), amiért lehetővé tették a vizsgálatokhoz szükséges múzeumi példányok kölcsönzését. Nagyon köszönöm Boldogh Sándornak, Huber Attilának és Farkas Rolandnak, az Aggteleki Nemzeti Park munkatársainak a terepi munka szervezésében nyújtott segítségét. Köszönöm Nigel Spring-nek és Kathy Henderson-nak (European Conservation Action Network), hogy támogatták a nemzetközi konferenciákon való részvételemet. Nagyra értékelem Leonardo Dapporto, Thomas Schmitt és az anonim bírálók hasznos javaslatait és javításait az értekezésem alapjául szolgáló kéziratokon. Köszönöm Tanszékünk vezetőjének, Barta Zoltánnak, hogy támogatásával lehetővé tette a dolgozat befejezését. A vizsgálatok anyagi feltételeinek biztosítása a K84071 OTKA-pályázat alapján volt lehetséges.

# **Taxonomy, distribution and ecology of *Melitaea ornata* (Lepidoptera: Nymphalidae)**

## **1. Introduction**

The decline of biodiversity has become a serious challenge for nature conservation at the end of the last century. Community directives as the Habitats' Directive (92/43/EEC) and international agreements such as the EU Sustainable Development Strategy (2001) or the Johannesburg Convention on Biological Diversity (2002) has been addressed to halt this process. However, the report of the European Environmental Agency for the 10th meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (18-29 October 2010, Nagoya, Japan) has confirmed that Europe has not achieved its target of halting biodiversity loss by 2010.

The insects form the most diverse group of animals which contribute to more than 60% of the number of known plant and animal taxa. Despite the fact that butterflies constitute one of the most intensively surveyed groups, several cryptic species has been discovered in Europe in the past decades, owing to the improvement of scientific methods. For example, *Zerynthia cassandra* in Italy (Dapporto 2010), *Polyommatus celina* in Spain and North Africa (Wiemers 2003; Wiemers et al. 2010),

*Leptidea juvernica* which occur surprisingly in most part of Europe and is replaced by *L. reali* in Spain (Dinca et al. 2011).

However, since the first significant taxonomic revision of the subgenus *Cinclidia* (*Melitaea*) published by Higgins in 1941, it has remained one of the most problematic groups in terms of taxonomic relatedness. Recently, it has become the focus of interest again (Wahlberg & Zimmermann 2000; Russell et al. 2005, 2006, 2007; Varga et al. 2005; Varga 2007; Leneveu et al. 2009).

The best known species in the group is *Melitaea phoebe* ([Denis & Schiffermüller], 1775) (TL: Wien, Austria) which occupies an almost continuous area from North Africa across southern and Central Europe to North-Eastern China. This polytypic species shows considerable variation with several described subspecies. Diagnostic characters used for identification are mostly the colouration and pattern of the upper side of wings. Moreover, some of the subspecies have recently been claimed to be distinct species.

The species rank of *Melitaea telona* Fruhstorfer, 1908 (TL: Jerusalem, Israel) has only been recognised recently (Russell et al. 2005; Russell et al. 2007). Its known area is disjunct ranging from the Levant across Asia Minor, the Balkans to southern Italy and Sicily as well as the Carpathian Basin and the

Podolian plateau on the north (Russell et al. 2005; Russell et al. 2007; Varga et al. 2005; Varga 2007). The distinction between *M. telona* and *M. phoebe* is predominantly based on larval characters (Russell et al. 2005; Russell et al. 2007). Larvae of all *M. telona* subspecies have brick red head from the 4th larval instar onwards, which feed mono- or oligophagously on regionally different Asteraceae. In contrast, *M. phoebe* is oligophagous often using different food plants simultaneously (*Centaurea*, *Cirsium*, *Carduus*). Its larvae always have black head capsulae. Some external morphological differences also recognised (Varga 1967).

The species rank of *Melitaea punica* Oberthür, 1876 (TL: Lambessa, Algeria) has already been suggested by Oberthür (1914), although without surveying genitalia characteristics. Later the name ‘*punica*’ was either used as a distinct subspecies of *M. phoebe* (Higgins 1941) or in combination with ‘*telona*’ (Gorbunov & Kosterin 2007) as a synonym of *M. phoebe telona*. Russell et al. (2005) have pointed out that this combination was based on the misidentification of *Melitaea telona*. Namely, *M. punica* occurs exclusively in North Africa. These results have also been confirmed by genetic surveys analysing one mitochondrial and two nuclear genes in several *Melitaea* species (Leneveu et al. 2009) as well as by enzyme

electrophoresis in *M. telona kovacsi* and *M. phoebe* (Pecsenye et al. 2007).

Many authors consider *Melitaea scotosia* Butler, 1878 (TL: Tokyo, Japan) and *Melitaea sibina* Alphéraky, 1881 (TL: Kuldja, China) to be distinct species. However, recent molecular surveys could not find any significant difference between *M. phoebe*, *M. sibina* and *M. scotosia* (Wahlberg & Zimmermann 2000). Therefore, it has been suggested that they may represent populations or environmental forms of one species rather than separate species (Leneveu et al. 2009).

Recently, we have pointed out that *Melitaea telona* is conspecific with *M. ornata* Christoph, 1893. Therefore, according to the priority rule, we will use the name *M. ornata* for this species in the following parts of this thesis (see: Results and Discussion).

To answer some of the questions concerning this fascinating ‘*phoebe* group’ three main topics are discussed in my thesis:

(i) A Palearctic-level morphological and morphometric survey has been applied to genital structures to clarify the taxonomy of the ‘*Melitaea phoebe* group’. We were also searching for reliable characters for genitalia and wing pattern showing differential diagnostic traits among species.

(ii) We aim to obtain more information on the distribution of *Melitaea ornata* and on the history of this species. The main objectives of this investigation were to (1) predict the potential distribution using climatic models, (2) identify possible refugia during the Last Glacial Maximum and combine them with the results of morphometrical studies and (3) compare the consistency of models predicting future distribution areas for 2080 and derive conclusions for climatic risk assessment.

(iii) Since *Melitaea ornata* (as *M. ornata kovacsi* Varga, 1967) occurs in Hungary it was possible to plan a field survey to study some basic population ecological concerns: (1) the dispersion ability of the species and (2) the strength of the connection between the habitat patches at different distances apart (3) the relationship between the supply of the larval food plant, the main nectar sources and the population size.

## 2. Methods

### 2.1 Taxonomy

365 male and 203 female individuals were analysed from the material of the Hungarian Natural History Museum, the Zoological State Collection, Munich and the collection of the University of Debrecen (Z. Varga). The specimens involved in this study originated from many locations of the Palaearctic region. *M. ornata* samples cover almost the entire known distribution area of the species. In addition, we also have individuals from new localities. To identify the species, a simple key was constructed on the basis of the characters of the underside of wings.

We followed the standard way of genital preparation. The abdomen was removed and boiled in 15% KOH solution. Genitalia were cleaned and dehydrated in ethanol and mounted in Euparal between microscope slides and cover slips. Genital slides were digitalized.

Landmark-based geometric morphometric analysis and traditional morphometrics were used to quantify the variation in the shape of the male genitalia. We could not find good landmarks on female genitalia thus traditional morphometrics was applied in the case of them.

## 2.2 Distribution

Since there is no reliable distribution map available for *M. ornata* we used the species distribution modelling approach to predict the potential area. To do so, we used 255 non-duplicate observations of *Melitaea ornata*, with maximum one record in each 2.5 arc minutes cell. Information on current climate, paleoclimatic simulation data of the LGM and future climate scenarios were obtained from the WorldClim database, version 1.4 ((Hijmans et al. 2005); [http:// www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)). The distribution of *M. ornata* was analysed on different time scales by MaxEnt software ([http://www.cs.princeton.edu/\\_shapire/Maxent](http://www.cs.princeton.edu/_shapire/Maxent)). Using the results of genitalia morphometry and the predicted potential refugia during the Last Glacial Maximum (LGM), the probable re-colonisation routes have been reconstructed. We also predicted changes in the potential area for 2080.

## 2.3 Ecology

Our data were collected through capture-recapture surveys on three or four occasions in 2009 15-25 May from ten sample quadrats (sample sites) with dimensions of 50×40 m. We worked on five sites simultaneously between 9:00 and 13:00 for three hours, only in optimal weather conditions. Captured

butterflies were marked with a water resistant XF marker pen. This code enabled us to recognise butterflies during recapture and to derive their movement patterns.

The coordinates of the sample sites were recorded by GPS equipment, which were consequently overlaid on Google Earth satellite image. The centres of the sample quadrats were connected with lines and we measured these. The value was used as the distance between the quadrats. Movement patterns were drawn from the field sheets data.

After the capture-recapture survey, we estimated the density of *Cirsium pannonicum* (the larval food plant) and *Dianthus pontederæ* (the most important nectar source). Five quadrates (2×2 m) were marked randomly at each sample site, and the two plant species were counted in these quadrats. We calculated the density of plants per m<sup>2</sup>. The relation between the observed numbers of butterflies and the density of the nectar source and the larval food plant were analysed using Pearson's correlation.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1 Taxonomy

The identification key based on the underside of the hind wing proved to be useful (see: Study II). Genital morphometry yielded reliable results in the separation of the species of the ‘*phoebe* group’. In males, the shape of the processus posterior proved to be a valuable character in species identification. In females, the shape of the posterior lamella was a plausible character although it could not separate *M. punica* from *M. telona* and *M. phoebe*. Comparing the results of males and females, we concluded that female genitalia provided less power to characterise the differentiation among the given taxa.

Some authors suggested that *M. telona* is a subspecies of *M. punica* (Hesselbarth et al. 1995; Abadjiev 2001). Others (Korshunov & Gorbunov, 1995) used *M. ornata* as subspecies of *M. punica*. We demonstrated that *M. ornata* is not conspecific with *M. punica*. On the contrary, *M. ornata* (originally *Melitaea phoebe* var. *ornata* Christoph, 1893; Iris VI:87) proved to be conspecific with *M. telona* Fruhstorfer, 1908, hence *Melitaea ornata* Christoph (stat. revid.) is the valid name according to the priority rule for the species mentioned earlier as *M. telona*. A *Melitaea* sample from the Zagros Mts. (Iran) with characteristic wing pattern elements proved to be a

distinct species on the basis of both male and female genitalia. We described it as *Melitaea zagrosi* Tóth & Varga, 2011 (sp. n.).

### 3.3 Distribution

The predicted present distribution of *Melitaea ornata* fits well the known occurrence data except for the Iberian Peninsula and North-Africa where the species is missing. Based on our predictions, extra-Mediterranean European areas seem to be less suitable for the species.

Predicted distribution during the LGM (~21 000 years ago) mainly fits to widely accepted eastern Mediterranean refugia (e.g. Reinig 1950; de Lattin 1967; Bennett et al. 1991; Hewitt 2000). Europe was probably re-colonised from two main sources, from the Apennine peninsula and from the Balkans which has been probably connected to the Anatolian refugia. Populations of the Levant region and also of the Elburs Mts. do not show any significant expansion. Further studies are necessary in the case of the predicted Central Asian refugia.

Predictions for 2080 show a possible northward shift and some extinction events in the Mediterranean region. Core areas are identified which might have a potential for expansion including southern Russia, Pannonian region and possibly

Provence in France. Predicted northward area shifts are only possible if the potential leading edge populations and habitats of the species can be preserved.

### **3.2 Ecology**

*M. ornata* is moderately localized: the species is able to reach habitat patches in distances of several hundred metres. *M. phoebe* occurred in all sample sites. Moreover, in some quadrats, greater numbers of *M. phoebe* were recorded than in *M. ornata*. These were the sites with degraded vegetation compared with the strongly populated habitats of *M. ornata*.

*M. phoebe* has the ability to develop on *Cirsium pannonicum* as well, but interestingly *M. phoebe* tends to be found in lower numbers where this plant is abundant. Our data suggest that the density of the larval food plant in the habitat selection of *M. ornata* is more important than the abundance of nectar sources.

## 4. Acknowledgements

I am extremely grateful to all the people who helped me to finish this work. First of all, I would like to thank my supervisor Zoltán Varga and co-authors Judit Bereczki, Nigel Spring, Zsolt Végvári and Katalin Varga. Many thanks to Zsolt Bálint (Hungarian Natural History Museum) and Axel Hausmann (Zoological State Collection in Munich) for borrowing valuable museum specimens for our studies. Many thanks go to Sándor Boldogh, Attila Huber and Roland Farkas, the members of Aggtelek National Park who helped us to organize the field works in Aggtelek National Park. I am also grateful to Nigel Spring and Kathy Henderson (European Conservation Action Network) who supported the participation at international conferences. Useful suggestions and corrections of Leonardo Dapporto, Thomas Schmitt and anonymous referees on the articles are highly appreciated. Thanks a lot the head of our department, Zoltán Barta who supported the research in the last year. Our surveys were supported by the OTKA (K84071).

## Irodalom – References

- Bennett KD, Tzedakis PC, Willis KJ (1991) Quaternary refugia of North European trees. *J Biogeogr* 18 (1):103-115.
- Dapporto L (2010) Speciation in Mediterranean refugia and post-glacial expansion of *Zerynthia polyxena* (Lepidoptera, Papilionidae). *J Zool Syst Evol Res* 48 (3): 229-237.
- de Lattin G (1967) Grundriss der Zoogeographie, vol 54. vol 1. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Dinca V, Lukhtanov VA, Talavera G, Vila R (2011) Unexpected layers of cryptic diversity in wood white *Leptidea* butterflies. *Nat Commun* 2.
- European Environment Agency, Assessing Biodiversity in Europe: The 2010 Report (European Environment Agency, Copenhagen, 2010).
- Gorbunov P, Kosterin O (2007) Butterflies (Hesperioidea & Papilionoidea) of North Asia (Asian part of Russia) in nature, vol 2. Valery Koreshkov, Moscow.
- Hewitt GM (2000) The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature* 405 (6789): 907-913.
- Higgins LG (1941) An illustrated catalogue of the Palearctic *Melitaea* (Lep. Rhopalocera). *Trans R Entomol Soc Lond* 91 (7):175-365.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25 (15):1965-1978.
- Leneuve J, Chichvarkhin A, Wahlberg N (2009) Varying rates of diversification in the genus *Melitaea* (Lepidoptera: Nymphalidae) during the past 20 million years. *Biol J Linn Soc* 97: 346-361.
- Oberthür C (1914) *Etudes de lépidoptérologie comparée*, vol 10. Oberthür, Rennes.

- Pecsénye K, Bereczki J, Tóth A, Meglécz E, Peregovits L, Juhász E, Varga Z (2007) Connection of the population structure and genetic variability in some protected butterfly species. [A populációstruktúra és a genetikai variabilitás kapcsolata védett nappalilepke-fajainknál.]. In: Forró L (ed) The genesis of the wildlife of the Carpathian basin. The zoological values and faunal genesis. [A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. A Kárpát-medence állattani értékei és faunájának kialakulása.]. Hungarian Natural History Museum [Magyar Természettudományi Múzeum], Budapest, pp. 241-260.
- Reinig W (1950) Chorologische Voraussetzungen für die Analyse von Formenkreisen. In: Peus F (ed) Syllogomena biologica Festschrift zum 80. Geburtstage von Herrn Pastor Dr. Med. h.c. Otto Kleinschmidt, Lutherstadt Wittenberg, am 13. Dezember 1950. Geest & Portig, Leipzig, pp. 471.
- Russell P, Pateman J, Gascoigne-Pees M, Tennent WJ (2005) *Melitaea emipunia* (Verity, 1919) stat. nov: a hitherto unrecognised butterfly species from Europe (Lepidoptera: Nymphalidae). Ent Gaz 56 (2): 67-70.
- Russell P, Tennent WJ, Hall D (2006) Observations on the biology of the nominal taxon *punica* Oberthür, 1876, in the Anti Atlas, Morocco, with comments on its relationships to *Melitaea phoebe* ([Denis & Schiffermüller], 1775) and *M. emipunica* Verity, 1919 (Lepidoptera: Nymphalidae). Ent Gaz 57: 215-222.
- Russell P, Tennent WJ, Pateman J, Varga Z, Benyamini D, Pe'er G, Bálint Z, Gascoigne-Pees M (2007) Further investigations into *Melitaea telona* Frushstorfer, 1908 (=ogygia Frushstorfer, 1908 =emipunica Verity, 1919) (Lepidoptera: Nymphalidae), with observations on biology and distribution. Ent Gaz 58:137-166.

- Varga Z (1967) A *Melitaea phoebe* délkelet-európai populációinak taxonómiai elemzése, két új alfaj leírásával. *Acta Biol Debrecina* 5:119-137.
- Varga Z (2007) The Kovács' Fritillary (*Melitaea telona kovacsi* Varga, 1967) in the Carpathian basin. [A Kovács-tarkalepke (*Melitaea telona kovacsi* Varga, 1967) a Kárpát-medencében.]. In: László F (ed) The genesis of the wildlife of the Carpathian basin. The zoological values and faunal genesis. [A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. A Kárpát-medence állattani értékei és faunájának kialakulása.]. Hungarian Natural History Museum [Magyar Természettudományi Múzeum], Budapest, pp. 143-152.
- Varga Z, Szabó S, Kozma P (2005) *Melitaea ogygia kovacsi* Varga, 1967 (Lepidoptera, Nymphalidae) in the Pannonian region: taxonomy, bionomy, conservation biology. *Studies on the Ecology and Conservation of butterflies in Europe*, vol 2. UFZ Leipzig-Halle.
- Wahlberg N, Zimmermann M (2000) Pattern of phylogenetic relationships among members of the tribe Melitaeini (Lepidoptera: Nymphalidae) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Cladistics* 16: 347-363.
- Wiemers M (2003) Chromosome differentiation and the radiation of the butterfly subgenus *Agrodiaetus* (Lepidoptera: Lycaenidae: *Polyommatus*) – a molecular phylogenetic approach. Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.
- Wiemers M, Stradomsky BV, Vodolazhsky DI (2010) A molecular phylogeny of *Polyommatus* s. str. and *Plebicula* based on mitochondrial COI and nuclear ITS2 sequences (Lepidoptera: Lycaenidae). *Eur J Entomol* 107 (3): 325-336.

## **Az értekezés alapjául szolgáló referált folyóiratok - Publication in peer-reviewed journals related to the thesis**

**Tóth JP**, Varga Z (2010) Morphometric Study on the Genitalia of Sibling Species *Melitaea phoebe* and *M. telona* (Lepidoptera: Nymphalidae). Acta Zool Acad Sci H 56 (3): 273-282. IF: 0.5

**Tóth JP**, Varga Z (2011) Inter- and intraspecific variation in the genitalia of the '*Melitaea phoebe* group' (Lepidoptera, Nymphalidae). Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology 250 (3): 258-268. IF: 1.7

**Tóth JP**, Bereczki J, Spring N, Varga Z (2011) Dispersal ability and habitat selection in *Melitaea telona kovacsi* Varga, 1967 and *M. phoebe* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Nymphalidae) in steppe grassland. Nota Lepidopterologica 33 (2): 199-207.

**Tóth JP**, Varga K, Végvári Zs & Varga Z (2012) Distribution of the Eastern knapweed fritillary (*Melitaea ornata* Christoph, 1893) (Lepidoptera: Nymphalidae): past, present and future. Journal of Insect Conservation DOI: 10.1007/s10841-012-9503-2. IF: 1.7

## Egyéb publikációk – Other publications

### Cikkek

Berezcki J, **Tóth JP**, Tóth A, Bátori E, Pecsénye K & Varga Z (2011) Genetic structure of phenologically differentiated Large Blue (*Maculinea arion*) populations (Lepidoptera: Lycaenidae) in the Carpathian Basin. European Journal of Entomology 108: 519-527. IF: 0.913

Bátori E, Pecsénye K, **Tóth JP**, Varga Z (2012) Patterns of genetic and morphometric differentiation in *Melitaea* (*Mellicta*) *athalia* (Lepidoptera: Nymphalidae) Biological Journal of the Linnean Society (in press)

### OTDK

OTDK A *Maculinea rebeli* (Lepidoptera: Lycaenidae) populációjának vizsgálata a Nagymezőn (Bükk-fennsík) 2004 Pécs

### Előadások

#### Hazai:

**Tóth JP** (2005) A *Maculinea rebeli* populációjának helyzete a Nagymezőn (Bükk-fennsík).

Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület Nappali Lepke és Szitakötő Védelmi Szakosztály 2005. januári ülésén.

**Tóth JP** (2008) A Kovács-tarkalepkével (*Melitaea telona kovacsi* Varga, 1967) kapcsolatos újabb eredmények.

Tudományos Szeminárium, 2008. november 26. DE Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék.

## **Nemzetközi:**

**Tóth JP** & Varga Z (2009) Morphometric survey on the genitalia of sibling species *Melitaea phoebe* ([Denis & Schiffermüller], 1775) and *M. telona* Fruhstorfer, 1908.

ESF-LESC ClimFraGen workshop, 29 January-1 February 2009, Debrecen.

## **Poszterek**

## **Nemzetközi:**

Korompai T, **Tóth JP**, Kozma P, Kapusi F, Varga Z (2006) Conservational Status of *Dioszeghyana schmidtii* (Dioszeghy, 1935) in Northeastern Hungary (Lepidoptera, Noctuidae).

1<sup>st</sup> European Congress of Conservation Biology, 22-26 August 2006, Eger.

**Tóth JP** & Varga Z (2010) Morphometric study on the *Melitaea phoebe* species group.

9th European Congress of Entomology, 22-27 August 2010, Budapest.

**Tóth JP**, Bereczki J, Nigel S, Varga K, Végvári Zs & Varga Z (2012) FAQ (?) about “data deficient” species *Melitaea ornata* Christoph, 1893 (Eastern Knapweed Fritillary).

The future of the Butterflies in Europe, 28-31 March 2012, Wageningen.

## **Oktatási anyagok**

**Tóth JP** (2008) Alacsonyabb rendűek: Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertinea, Nematomorpha, Nematoda, Rotatoria, Annelida, Insecta: Entognatha (Parainsecta), Pterygota: Trichoptera, Lepidoptera („nappali” lepkék). In: Rácz IA (szerk): Állatrendszertani gyakorlatok, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.