

Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar  
Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék

**Nektárnövény kínálat és fogyasztás a kis Apolló-lepkénél**  
*Parnassius mnemosyne*

**Készítette:** Szigeti Viktor

**Témavezetők:** Dr. Kis János (SZIE ÁOTK)

Dr. Nagy János (SZIE MKK)

Budapest

2012

## Tartalomjegyzék

<b>Bevezetés.....</b>	<b>3</b>
<b>Célkitűzések .....</b>	<b>7</b>
<b>Módszerek .....</b>	<b>7</b>
Kis Apolló-lepke .....	7
Helyszín és időszak .....	8
Kis Apolló-lepke felvételezése .....	9
Potenciális nektárnövények felmérése .....	9
Nektárnövény tulajdonságok .....	10
Adatelemzés .....	10
<b>Eredmények .....</b>	<b>12</b>
1. Kínálat, fogyasztás .....	12
2. Ivari különbségek a nektárnövény fogyasztásban .....	17
3. Virágzási és fogyasztási dinamika .....	19
4. Virágzás dinamikai módszerek .....	24
<b>Értékelés .....</b>	<b>26</b>
1. Kínálat, fogyasztás .....	26
2. Ivari különbségek a nektárnövény fogyasztásban .....	28
3. Virágzási és fogyasztási dinamika .....	29
4. Virágzás dinamikai módszerek .....	31
5. Élőhely védelem .....	32
<b>Konklúzió és kitekintés .....</b>	<b>33</b>
<b>Összefoglaló.....</b>	<b>34</b>
<b>Summary .....</b>	<b>36</b>
<b>Köszönetnyilvánítás .....</b>	<b>37</b>
<b>Irodalomjegyzék.....</b>	<b>37</b>
<b>Függelék .....</b>	<b>41</b>
<b>Nyilatkozat .....</b>	<b>44</b>

## Bevezetés

A nappali lepkék lárva és imágó kori táplálkozása, a táplálék mennyisége és minősége egyaránt jelentős lehet fitnessük növelésének szempontjából (Mevi-Schütz & Erhardt 2003). Az imágó kori táplálkozás növeli az élettartamot és a szaporodási sikert, elsősorban a hosszú élettartamú fajoknál és a nőstényeknél a tojástermelés miatt jelentős (Bąkowski & Boroń 2005; Wäckers et al. 2007; Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A táplálkozás hatása a fitnessre fajonként eltérő és jelentősen függ a felnőttkorban fogyasztott tápláléktól (Wäckers et al. 2007). A nappali lepkék többsége imágó korában növények nektárjával táplálkozik (Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A nektárnövény források minősége és mennyisége fontos szerepet játszik a lepke populációk méretében és dinamikájában (Bąkowski & Boroń 2005; Wäckers et al. 2007; Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A lepkék válogatnak a kínálatból, az adott pillanatban, vagy az adott helyszínen rendelkezésre álló forrásoktól függ, hogy mely növényeket választják (Bąkowski & Boroń 2005; Ezzeddine & Matter 2008; Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A táplálkozási szokások fajonként különbözőek és fajon belül, ivarok között is lehetnek fogyasztásbeli eltérések energia és tápanyag szükségleteik függvényében (Erhardt & Mevi-Schütz 2009).

A lepkék rendszeresen táplálkoznak ugyanazon nektárnövény fajon (Erhardt & Mevi-Schütz 2009). Mivel fontos beporzó rovarok (Erhardt & Mevi-Schütz 2009; Yurtsever et al. 2010) ez elsődleges a növények szempontjából, mert csak akkor történik meg a beporzás, ha egymás után azonos fajon táplálkoznak (Andersson 2003), és ez visszahat a következő évek növény eloszlására, nektár termelésre (Hardy et al. 2007).

A lepkéknek a helyes választás érdekében a növényeket meg kell tudniuk különböztetni nektár minőség, mennyiség szerint (Andersson 2003). A nektár- és tápnövény felkutatására vizuális és kémiai felismerést használnak. A repülés során keresik a táplálékforrást, azt először vizuálisan érzékelik, majd közelebb érve illat alapján bizonyosodnak meg afelől, hogy megfelelő növényre szálltak (Ômura et al. 1999; Bąkowski & Boroń 2005; Erhardt & Mevi-Schütz 2009).

A lepkék veleszületetten preferálnak különböző színeket (Bąkowski & Boroń 2005), fajonként eltérő színpreferenciával találkozhatunk (Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A veleszületett preferencia mellett a lepkék rendelkeznek tanulási képességgel is (Weiss & Papaj 2003), képesek új színekhez információt (pl.: táplálékforrást) társítani (Kinoshita et al.

1999). A lepkék képesek egyes források elkerülésére, valamint a megfelelő források felkutatására és képesek az élettartam alatti kínálatbeli változásokhoz alkalmazkodni (Yurtsever et al. 2010).

Számos lepke faj esetében bizonyították, hogy rendelkeznek valós színlátással, a színek között képesek különbséget tenni (Kinoshita et al. 1999; Yurtsever et al. 2010), emellett ultraibolya színtartományban is látnak (Briscoe & Chittka 2001). A növényfajok egy jelentős részének virágai UV fény visszaveréssel is rendelkeznek, egyes esetekben csak így észlelhető (pl. nektárhoz vezető) mintázatok is mutatnak (Gronquist et al. 2001).

Felnőtt lepkéknél kimutattak veleszületett preferenciát bizonyos szagokra, illatanyagokra is (Ômura et al. 1999; Andersson 2003). Viszont egyes egyedek nagyon gyengén reagáltak csak a szagra, ami a vizuális felismerésre való támaszkodást jelezheti, valamint azt, hogy az illatokat csak közlelről érzékelik a lepkék, és a közelebről való keresés során segít a választásban (Ômura et al. 1999). Az illat például jelezheti, hogy van-e a virágban annyi nektár, amiért érdemes lenne próbálkozni a táplálkozással. Ilse (1928) publikációjára is hivatkozva (Andersson 2003) arra a következtetésre jutott, hogy egyes fajok inkább támaszkodnak a látásra és kevésbé a szaglásra, míg más fajok inkább hagyatkoznak a szaglásra, mint a látásra. Poszméhek illatmintát, feromonnyomokat hagynak a fogyasztott virágokon, így a jelölt növényeket társaik elkerülik (Sahel et al. 2006). Nincs tudomásom arról, vajon a lepkék képesek-e ezeket a szagjeleket érzékelni és ez alapján optimalizálni táplálékkeresésüket.

A virágok eloszlása térben és időben heterogén. Emellett a termelt nektárok összetétele és mennyisége a növényfaj, a virág kora, a napszak, az időjárás, a táplálkozók száma és a terület függvényében is változik (Baker & Baker 1983; Tudor et al. 2004; Erhardt & Mevi-Schütz 2009).

A nappali lepkék alapvetően vizet, szénhidrátokat, fehérjéket, szterolokat, vitaminokat és ásványi anyagokat (pl.: nátrium, magnézium, kalcium, foszfor) igényelnek (Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A legfontosabb nektár összetevők a víz mellett a szacharóz, glükóz, és fruktóz, valamint kisebb mennyiségben aminosavak, zsírok és olykor toxikus alkaloidok, valamint antioxidánsok (pl. aszkorbinsav) (Baker & Baker 1975; Baker & Baker 1983). A növényfajok nektárjának szénhidrát arányai genetikailag meghatározottak, elsősorban szacharóz vagy glükóz többlet szerint szokták csoportosítani a nektárokat (Baker & Baker 1983). A nektár „ízét” a cukrok és aminosavak aránya határozza meg (Baker & Baker 1983).

A lepke porozta növények többnyire szacharózban gazdagok (Baker & Baker 1983), Erhardt (1992) szerint a lepkék a szacharóz és a fruktóz többletet tartalmazó oldatokat jobban kedvelik, mint a glükóz többlettel rendelkezőeket. A nektárfogyasztó lepkék fitnessének szempontjából – a lárvakori táplálkozás mellett (Pickens & Root 2008) – elsősorban a nektár cukortartalma fontos (Hill 1989), de emellett szerepe van az aminosavaknak is (Mevi-Schütz & Erhardt 2005). A nappali lepkék ivaronként eltérő nektár összetevőket preferálhatnak (Rusterholz & Erhardt 2000), a nőstények egyes fajoknál az aminosavban gazdagabb nektárokat fogyasztják (Goverde et al. 2008).

A növények szempontjából a nektár juttatásnak a célja a beporzás (Baker & Baker 1983), a lepkék célja az energianyerés (Ômura et al. 1999). Az eltérő virág-látogatóknak eltérő ízlésük van, mivel különböző tápanyagokra van szükségük (Baker & Baker 1983). Mindennek következtében feltételezzük, hogy koevolúciós kapcsolatok alakultak ki az egyes nektárfogyasztók és növények között (Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A különböző zárvatermő fajoknál egyedülálló virágtulajdonságok alakultak ki. Így a forma, szín, illat, nektártartalom és virágzási időszak meghatározza, hogy mely rovarfajoknak van lehetőségük táplálékhoz jutni adott növényfajokból (Ômura et al. 1999), illetve mely rovarok vesznek részt a beporzásban.

A nappali lepkék nektárnövény választásban szerepet játszik a lepke szín preferenciája, a tanulása, a pödörnyelv hossza, a lepke testtömege, a szárny terhelése, az energia szükségletek, a virág mérete, színe, mintája és illata, a nektár minősége és mennyisége (Corbet 2000; Tudor et al. 2004; Bąkowski & Boroń 2005; Erhardt & Mevi-Schütz 2009). A nappali lepkék által fogyasztott növények tulajdonságai, hogy nappal nyitva vannak, különböző színűek lehetnek (az ultraibolyától egészen az infravörös tartományig), viszonylag gyengén édes illatúak, többnyire radiális szimmetriájúak és hosszú csővel rendelkeznek, nektárjuk mérsékelt mennyiségű, gazdag szacharózban és aminosavakban (Erhardt & Mevi-Schütz 2009).

Egyes lepkék felnőttkori számát, tér és időbeni eloszlását a rendelkezésre álló nektárnövények mennyisége és minősége nagyobb mértékben befolyásolják, mint a lárvakori tápnövények (Wäckers et al. 2007), ez azt jelenti, hogy a faj gazdag lágyszárú növény társulások a felnőtt lepke közösségek egyik legfontosabb meghatározó elemei (Kitahara et al. 2007). Emellett kimutatták, hogy a nektárnövény fogyasztás specifikusságának mértéke

összefügg a lepke védettségével, ritkaságával (Hardy et al. 2007). A lepkék és növények, valamint a köztük fennálló kapcsolatok megismerése fontos mivel az emberek által előidézett környezeti hatások, változások veszélyeztetik ezeket a kapcsolatokat és így a lepkék számára megfelelő élőhelyek fennmaradását (Erhardt & Mevi-Shütz 2009), másrészt egyes esetekben akár növénypopulációk fennmaradását is.

Egyelőre még kevés információ áll rendelkezésre a lepkék természetbeni táplálkozásáról (Tudor et al. 2004; Ezzeddine & Matter 2008), és a repülési időszak alatt történő változásokról, dinamikáról (Bąkowski & Boroń 2005). A kis Apolló-lepke *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Papilionidae) nektárnövény fogyasztási szokásairól csak igen kevés ismeretünk van, néhány fogyasztott növényt említ Luoto et al. (2001) és Konvička et al. (2006). Egy rokon faj, az Apolló-lepke *Parnassius apollo* a nektárnövények szűk tartományát használja, csak néhány fajt fogyaszt nagy arányban (Baz 2002). A növények látogatásában különbségek voltak időszakok és területek között, valamint a hímek és nőstények fogyasztási viselkedésében is eltérést tapasztaltak, a hímek a hosszabb, míg a nőstények rövidebb szárú fajokon táplálkoztak (Baz 2002). Az Apolló-lepkéknél a fogyasztás függ a virágzási dinamikától is, a hímek a korai időszakban fogyasztott növényről váltanak, amint egy másik – későbbi virágzású – növény megjelenik (Baz 2002).

A lepkék táplálkozási viselkedésével foglalkozó tanulmányok között kevés a kínálatilag is megalapozott vizsgálat, emellett a nektárnövények felvételezéséhez, összehasonlításához az alapvető vizsgálati módszerek sincsenek kidolgozva (Frankl et al. 2005). Pedig fontos lenne vizsgálni a lepkék fogyasztási szokásai mellett a nektárnövény források térbeli és időbeli dinamikáját táji dimenzióban, hogy az okok és hatások között különbséget lehessen tenni (Frankl et al. 2005). Ilyen vizsgálatok nélkül a lepkék (köztük a kis Apolló-lepke) és a hozzájuk kötődő növények megfelelő védelme nehezen megvalósítható (Erhardt & Mevi-Shütz 2009).

## Célkitűzések

A szakdolgozat célja (1) felmérni a kis Apolló-lepke által fogyasztott nektárnövényeket és ezekből rendelkezésre álló kínálatot, (2) megismerni a nektárnövény kínálat és a kis Apolló-lepke fogyasztása közti összefüggéseket, (3) magyarázni a lepke növények közti válogatását, (4) ivarok, időszakok, és évek közti különbségek keresése és magyarázata, (5) mindemellett megfelelő nektárnövény felvételezési módszer kidolgozása, és a kis Apolló-lepke élőhely-védelméhez megfelelő háttér megalapozása.

## Módszerek

### Kis Apolló-lepke

A kis Apolló-lepke *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Papilionidae) egy nemzedékes faj, repülési időszaka Magyarországon késő áprilistól július elejéig tart (Ronkay 1997). A Berni Egyezmény által védett (United Nations Environment Programme), bár helyenként gazdag állományai fordulnak elő (Weiss 1999). A közelmúlthoz képest, a 20. században, valószínűleg csökkent állományainak száma (Weiss 1999), a természet közeli gazdálkodás (extenzív legeltetés, kaszálás) visszaszorulásának, és a természet közeli rétek, erdők csökkenésének következtében (Luoto et al. 2001). A kis Apolló-lepke lárvái monofágok, egyes keltike (*Corydalis*, Papaveraceae) fajokon táplálkoznak. A lárva által fogyasztott fajok Magyarországon: *Corydalis cava* és *C. solida*, Finnországban: *C. solida*, Norvégiában: *C. intermedia*, Csehországban: *C. solida*, *C. pumila* és *C. fabacea* (Meglécz et al. 1997; Luoto et al. 2001; Valimaki & Itamies 2003; Konvička et al. 2006). A kis Apolló-lepke megtalálható erdei sztyeppéken, gyér lombhullató erdőkben, erdei tisztásokon, folyók ártereiben, ott ahol a lárva tápnövénye nő és gazdag a nektárnövény kínálat (Kuusemets et al. 2005; Konvička et al. 2006). A fajnál ivarok közti dimorfizmus található színben és morfológiában (Weiss 1999) (1., 2. fénykép). A hímek nagyméretű erényövet (sphragis (1. fénykép)) készíthetnek a nőtényekre a párosodás során, ami a nőtényeket a további párosodásból nagy valószínűséggel kizárja (Orr 1995; Vlasanek et al. 2009). Mindkét ivar jelentős időt tölt táplálkozással (Konvička & Kuras 1999), feltehetőleg azért, hogy az élettartam növelése mellett fedezzék az erényöv, vagy a tojások készítésének költségét. A kis Apolló-lepkék egyes (köztük ritka/védett) növények gyakori beporzói

lehetnek (Dr. Kis János terepi megfigyelései). A hímek őrjáratozva repülnek, aktívan keresik a nőstényeket; míg a nőstények többnyire rejtőzködnek, az erdőszegélyekben keresik a peterakó helyet, feltehetően emiatt a megfigyelések hím túlsúlyt mutatnak (Konvička & Kuras 1999). Mindkét ivar egyedei napfény (meleg) kedvelők, napfényben repülnek (Luoto et al. 2001), borult időben félig csukott szárnyal pihennek, és ezzel összhangban elkerülik a zárt lombkoronájú erdőket (Konvička & Kuras 1999). A nektárnövényekben gazdagabb területek a kis Apolló-lepkék „hotspotjai” (Luoto et al. 2001).



### 1. fénykép

nőstény kis Apolló-lepke,  
erényövvvel; *Lychnis viscaria*-n



### 2. fénykép

hím kis Apolló-lepke; *Dianthus  
giganteiformis ssp. pontederiae*-n

### Helyszín és időszak

A vizsgálatok a Visegrádi-hegységben (47°44'23"N, 19°03'33"E), a Leány-kúti réten egy közel 1 hektár területű (150×100 méter), 300 méter magasan fekvő változatos nektárnövény borítással rendelkező, franciaperjés kaszálóréten (*Arrhenatheretalia*), 2008 és 2011 között a kis Apolló-lepke repülési időszakában folytak.



## Kis Apolló-lepke felvételezése (Dr. Kis János, Dr. Kőrösi Ádám, Danka Csilla)

A teljes repülési időszak alatt naponta az összes jelöletlen kis Apolló-lepkét elfogták és egyedileg (szín- és számkóddal) jelölték, feljegyezték az ivart és morfológiai adatokat, majd elengedték. A jelölés a lepke élete alatt nem kopik le és a lepke befogás nélkül, egyedileg azonosítható. Ezek után a rétet naponta többször végig pásztázták, és feljegyezték az észlelt lepke kódját a visszalátás dátumát, időpontját, helyét, a lepkék viselkedését, táplálkozás esetén a fogyasztott növényfajt.

## Potenciális nektárnövények felmérése

A réten található potenciális (rovar porozta), virágzó növény előfordulásának mértékét becsültem, 2011-ben, április 29-től június 3-ig, a kis Apolló-lepke repülési időszaka előtt 3 nappal kezdve, és 4 nappal utána befejezve, 2-5 naponta.

(i) A közel 1 hektár területű gyepen 36 darab 2×2 méteres állandó kvadrátot helyeztem el (Függelék, 1. térkép). A kvadrátok helyének kijelölése során a teljes füves terület mintázása érdekében, az egész rétet lefedve, azon elszórtan helyeztem el a kvadrátokat, de a taposást elkerülendő részben szisztematikusan. A taposás minimalizálása érdekében ösvényeket használtam (Függelék: 1. térkép). A randomizálás érdekében a kvadrátokat az ösvények mentén az egyes (előre rögzített, többnyire az ösvények kezdete) pontoktól véletlenszerű távolságon helyeztem el. A kvadrátot az ösvények szélétől 30 cm-re helyeztem el, az ösvény hatását és a további taposást kiküszöbölendő. Ellenkező esetben a rét kis mérete és a jelentős ember általi állandó jelenlét miatt közel egy hónap alatt jelentősen degradálódhatna. A taposás által nagymértékben megváltoztattuk volna – a lepkék számára is – az élőhelyi körülményeket, ennek érdekében volt szükség ösvények használatára, és ez alapján tervezett mintavételezésre. Az így kihelyezett, állandó kvadrátokban becsültem a potenciális nektárnövények **zöld borítását** %-os skálán és számoltam ezen növények **virágzó tőszámát**. A növényfajok neveit Simon (1992) szerint adom meg. A füveket, nektárt nem termelő növényeket és a repülési időszakon kívül virágzó növényeket a kb. 3 naponta történő felvételezések során nem becsültem (mivel ezeken a növényfajokon a felnőtt lepkék nem táplálkoznak). Egy alkalommal 12 darab (2×2 m) kvadrátban teljes növényzeti felmérést is végeztünk (Dr. Nagy János vezetésével és Tóth Zsuzsa közreműködésével).

(ii) Az eloszlásbecslés mellett a lepkék által (korábbi években) tömegesebben fogyasztott nektárnövények virágzási arányát, dinamikáját külön, részletesebben is vizsgáltam. Ehhez az adott növényfajt tartalmazó különböző méretű, állandó területeket jelöltem ki, törekedve ezeket a területen úgy elhelyezni, hogy a különböző behatások (árnyékoltság, kitettség) szerint több területről is mintázzak. Növény fajonként 1–3 mintavételi helyet jelöltem ki, melyekben fajonként 10–60 egyedet vizsgáltam. Ezeken a külön jelölt területeken a **virágzó és nem virágzó töveket** számoltam. Tövenként pedig egy előre rögzített skála szerint osztályoztam azok **virágzási mértékét**. A virágzási mérték becslési skálája: 0% = nincs kinyílt virág; 0–25%; 25–50%; 50–75%; 75–100% kinyílt virág; (az elvirágzott részek és a bimbós állapot nem számítottak kinyílt virágnak). A módszert Frankl et al. (2005) alapján alakítottam át, és a következő növényfajokat mintavételeztem: *Ajuga genevensis*, *Dianthus giganteiformis ssp. pontederae*, *Filipendula vulgaris*, *Fragaria viridis*, *Inula hirta*, *Lychnis viscaria*, *Polygala comosa*, *Thymus odoratissimus*, *Trifolium montanum*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca*. A *Fragaria viridis* ilyen vizsgálata a terület nem megfelelő kijelölése miatt nem volt eredményes.

(iii) Térképeztem a területen előforduló lepkék által a korábbi években tömegesebben fogyasztott nektárnövények előfordulási helyét. A „Google Maps” és helybeli rajzolás alapján készült térképen jelöltem egyes virágzó foltok előfordulási helyét a réten (Függelék 3. térkép), annak érdekében, hogy a kvadrátokban kevésbé megjelenő, a területen csak kisebb foltokban található, de a lepkék által előszeretettel fogyasztott növényekről jobb képünk legyen, valamint a jövőbeli nyomon-követéses munkákat megalapozandó, legyenek ismereteink a fogyasztott növények előfordulási helyeiről.

#### Nektárnövény tulajdonságok

Adatbázisból (BioFlor search system) kikerestem növényfajonként a virág színét, típusát, UV tartományban való visszaverését, nektártermelő képességét.

#### Adatelemzés

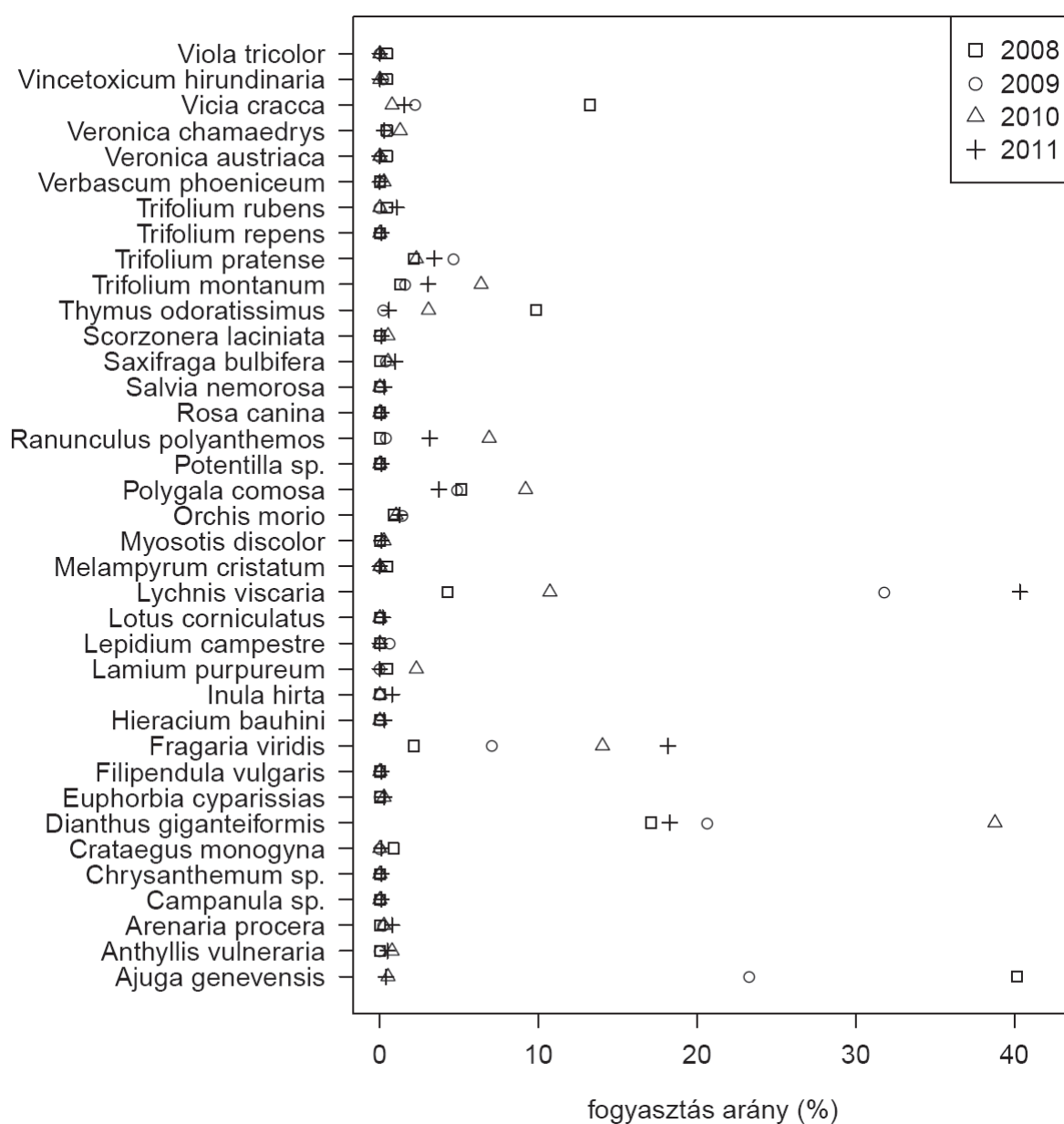
A lepkék táplálkozási adatainak kb. 70%-a állt rendelkezésemre, az elemzések idejében. Az adatok kiértékeléséhez R 2.14 statisztikai környezetet (R Development Core Team 2011), és lawstat (Noguchi et al. 2009), nlme (Pinheiro et al. 2011), valamint lme4

(Bates et al. 2011) csomagokat használtam. A kínálat és a fogyasztás adatok értékelését grafikus módszerekkel, pl. Lorenz-görbével végeztem. A Lorenz-görbe ebben az esetben a kumulatív fogyasztási arányt mutatja a kumulatív kínálati arány függvényében (3. ábra). A 45°-os egyenes mutatja a kínálatnak megfelelő fogyasztást, a sávozott terület a Lorenz-görbe eltérését ettől az egyenestől. Az eltérést a 0 és 1 között definiált Gini-index is mutatja, ami a sávozott terület aránya a 45°-os egyenes által bezárt háromszög területéhez képest, azaz magas értéke nagy fogyasztás–kínálat eltérést mutat. A virág színe és típusa szerint a fogyasztott, nem fogyasztott fajok számának eloszlását Fisher teszttel elemeztem. Az ivaronkénti fogyasztási adatokat lineáris kevert modellek készítésével végeztem a glmer-függvénnyel (lme4). A lineáris kevert modellre az egyedenkénti több megfigyelés (pszeudoreplikáció) hatásának kiküszöbölése miatt volt szükség. A célváltozó az adott növény faj fogyasztása / nem fogyasztása (binomiális), a magyarázó változó a lepke ivara (binomiális), a random változó a lepke egyed volt. Minden modell esetében az esélyhányados alsó 95%-os konfidencia határát adom meg alsó becslésként arra, hogy legalább mekkora a különbség két ivar fogyasztási esélyében egy adott nektárforráson.

## Eredmények

### 1. Kínálat, fogyasztás

A kis Apolló-lepkék jelentős időt töltöttek táplálkozással. A kis Apolló-lepke az általunk vizsgált területen 2008–2011 között összesen 37 növényfajt fogyasztott (1. ábra). A fogyasztásban évek között nagymértékű változatosság figyelhető meg. 14 fajt (3. fénykép) fogyasztottak 1%-nál nagyobb arányban, a négy év valamelyikében, tehát 23 fajon szinte alig táplálkoztak, azokat csak egyszer-egyszer „megkóstolták”.

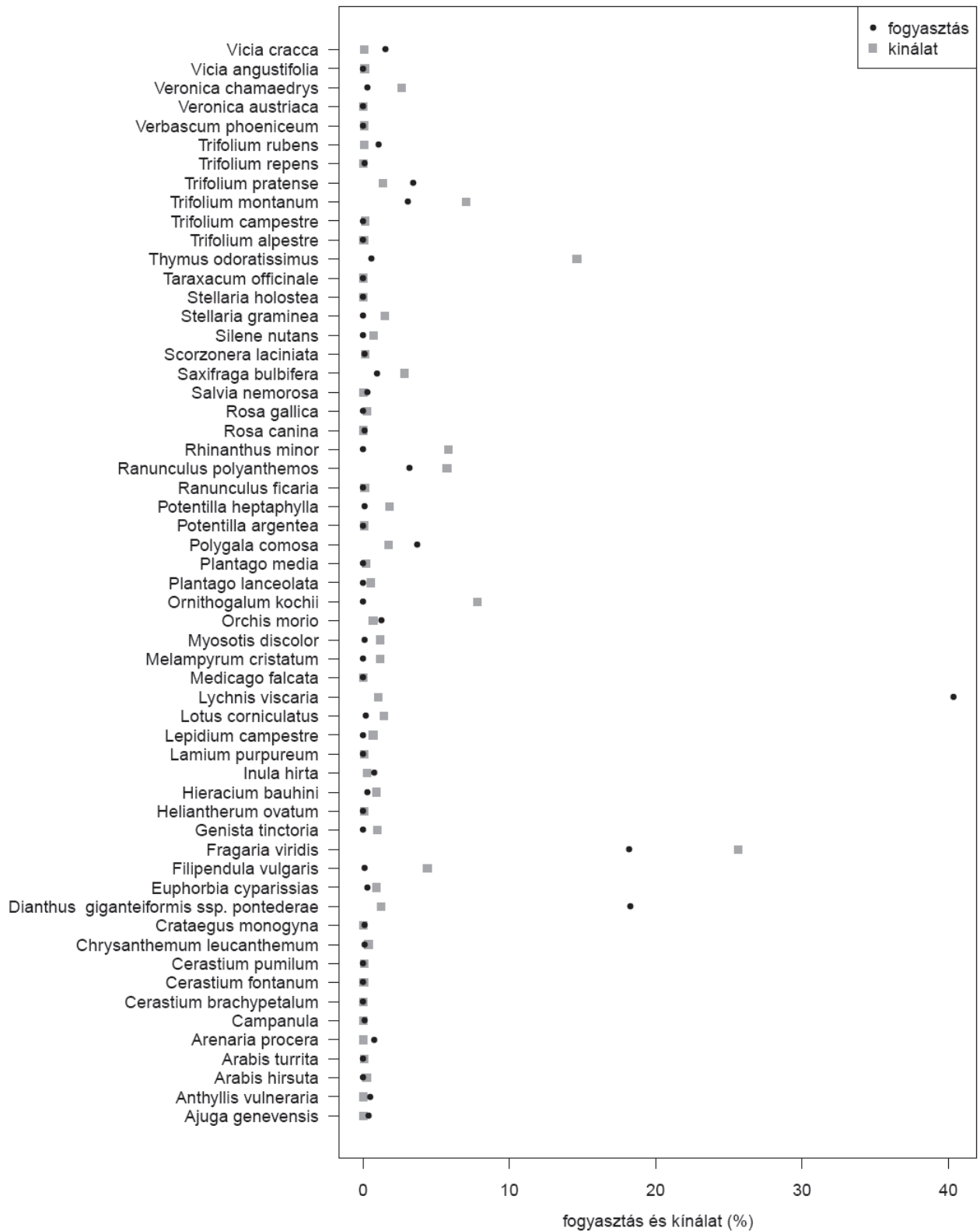


1. ábra Nektárnövény fogyasztás 2008–2011



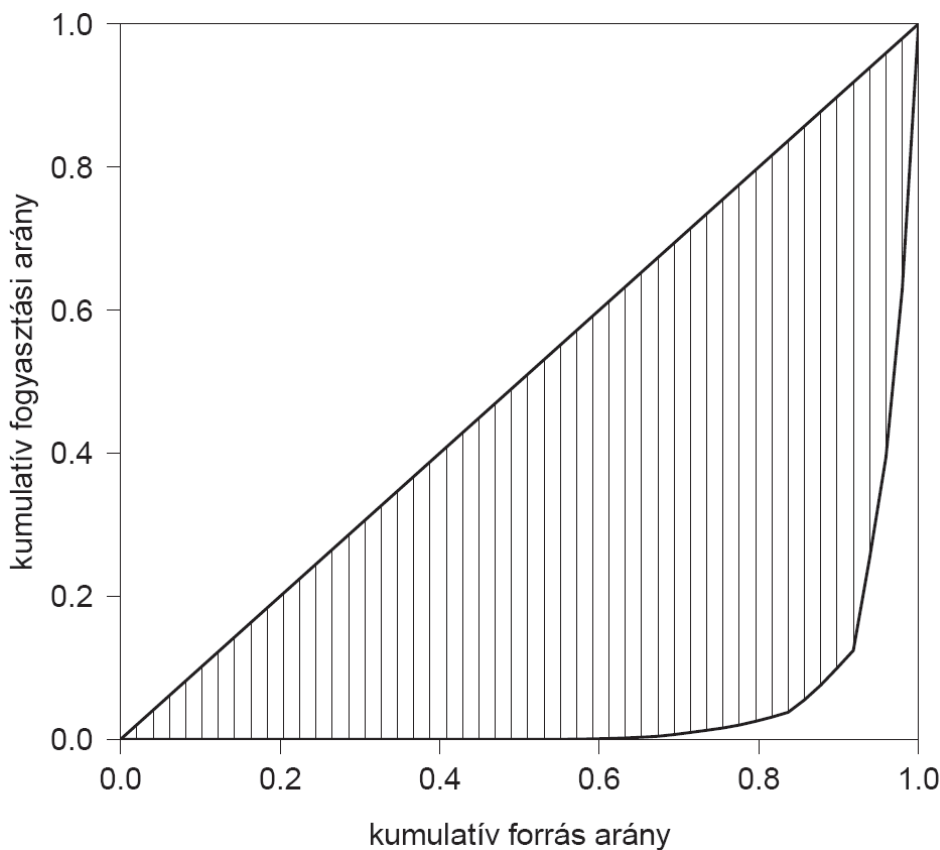
**3. fénykép** 1%-nál nagyobb arányban fogyasztott növényfajok (sorban: *Lychnis viscaria*, *Dianthus giganteiformis ssp. pontederiae*, *Fragaria viridis*, *Ajuga genevensis*, *Polygala comosa*, *Trifolium pratense*, *Ranunculus polyanthemos*, *Trifolium montanum*, *Vicia cracca*, *Thymus odoratissimus*, *Orchis morio*, *Veronica chamaedrys*, *Trifolium rubens*, *Lamium purpureum*)

A terület változatos, heterogén növényvilággal rendelkezik, a 2011-es év repülési időszakában 67 virágzó, rovarporozta növényfajt jegyeztünk fel, ezek közül 50 faj esett bele a kijelölt kvadrátokba, a többi rendkívül ritka volt. 2011-ben ezek közül 30 növényfaj fogyasztásáról van adatunk. A kínálat és fogyasztás arányai (2011) között jelentős eltérés található (2. ábra). Van néhány gyakori előfordulású, a lepke által fogyasztott (pl.: *Fragaria viridis*), emellett 2 gyakori, de egyetlen táplálkozási megfigyelés nélküli növény (*Ornithogallum kochii*, *Rinanthus minor*). Találunk a réten néhány ritka előfordulású, de nagy arányban fogyasztott (*Lychnis viscaria*, *Dianthus giganteiformis ssp. pontederiae*), emellett ritka előfordulású, kis arányban (pl.: *Arenaria procera*), vagy egyáltalán nem fogyasztott növényt is (pl.: *Cerastium sp.*) (2. ábra). A rét kis mérete ellenére is igen változatos, a gyakrabban fogyasztott, térképezett nektárnövények előfordulása is heterogén, egyes növények az egész réten előfordulnak, míg néhány faj, csak a rét egyes pontjain (pl.: *Ajuga genevensis* 2011-ben csak három helyen fordult elő, néhány tővel (Függelék: 3. térkép)).



**2. ábra** Fogyasztás és kínálat (2011); fogyasztás: az összes táplálkozási megfigyelés fajonkénti százalékos aránya, kínálat: az összes mintavételből származó virágzó tőszám alapján a fajonkénti százalékos megoszlás

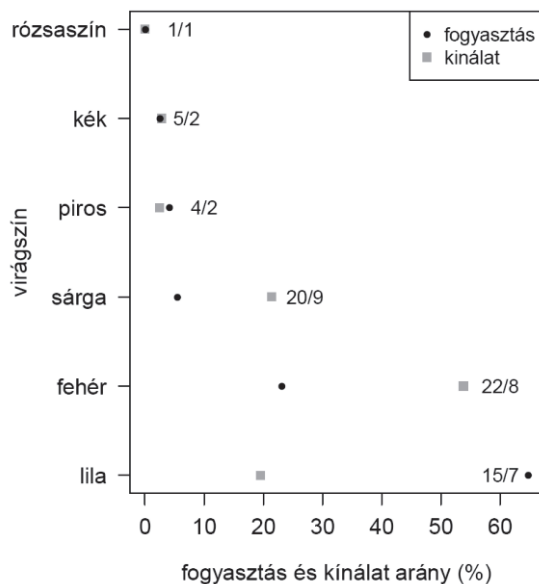
A lepke fogyasztása, (a különböző növényfajokon megfigyelt táplálkozás mennyiségének kumulatív eloszlása) igen távol esik a kínálattól (a növényfajok virágainak relatív gyakoriságának kumulatív eloszlásától), mivel a Lorenz-görbe távol esik a 45°-os egyenestől, amit a Gini-index (= 0.925) is jól mutat (3. ábra).



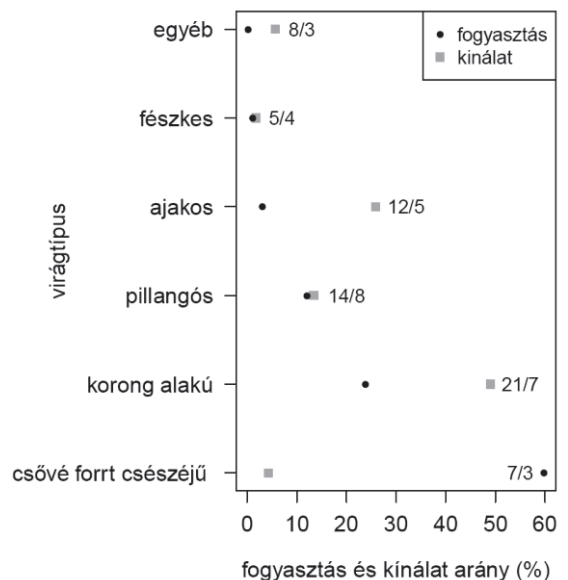
**3. ábra** Lorenz görbe, kumulatív fogyasztás és forrás aránya (2011)

A növényi választás megértésének érdekében, a növényeket tulajdonságaik alapján csoportosítva vizsgáltam (BioFlor search system) adatbázis alapján, annak adatain részben változtatva. A növényfajok **virág színének** szempontjából a lila-(kék)-(piros) színű virágok nagyobb arányú fogyasztási mintázata látható 2011-ben, annak ellenére, hogy ezek más (fehér, sárga) virág színű növényekhez képest kisebb arányban vannak jelen (4. ábra). Virág szín szerint a fogyasztott, nem fogyasztott fajok számának eloszlásában nem találtam szignifikáns eltérést (Fisher teszt,  $P=0.908$ ). A lila-(kék)-(piros) színű virágok közül csak a 2011-ben rendkívül ritkák és a repülési időszak kezdetén vagy végén virágzókon nincs táplálkozási megfigyelés, a vizsgált 4 év valamelyikében. Egy másik élőhelyen (Börzsöny, Nagy-Hideg-hegy) a Leány-kúti réten fogyasztott növények közül számos megtalálható, amit

a kis Apollók mindkét élőhelyen fogyasztanak. Ezek mellett a Nagy-Hideg-hegyen gyakran fogyasztották a lila színű *Geranium sanguineum*-ot és *Cirsium canum*-ot is, melyek a Leánykúti réten nem fordulnak elő. A fehér-sárga színezettel rendelkező virágok közül egyes fajokat igen, más fajokat nem fogyasztanak, a kínálati aránytól függetlenül. A színek elkülönítése nem minden növényfaj esetében egyértelmű. Egyes növényfajokat nem lehet egyetlen színnel jellemezni. A lepkék szemszögéből sokat számíthat a növény mintázata, UV tartománybeli visszaverése is, továbbá területenként és egyedenként is lehet kisebb mértékű színbeli változatosság, emellett nem teljesen egyértelmű az sem, hogy a lepkék ezeket a színeket miként és milyen szinten képesek elkülöníteni, Kinoshita et al. (1999) vizsgálatában a *Papilio xuthus* (Papilionidae) lepke a sárga és narancssárga színeket valószínűleg nem volt képes elkülöníteni.



**4. ábra** Színenkénti fogyasztás és kínálat összesített aránya 2011-ben: virágzó/fogyasztott fajok száma



**5. ábra** Virágtípusonkénti fogyasztás és kínálat összesített aránya 2011-ben: virágzó/fogyasztott fajok száma



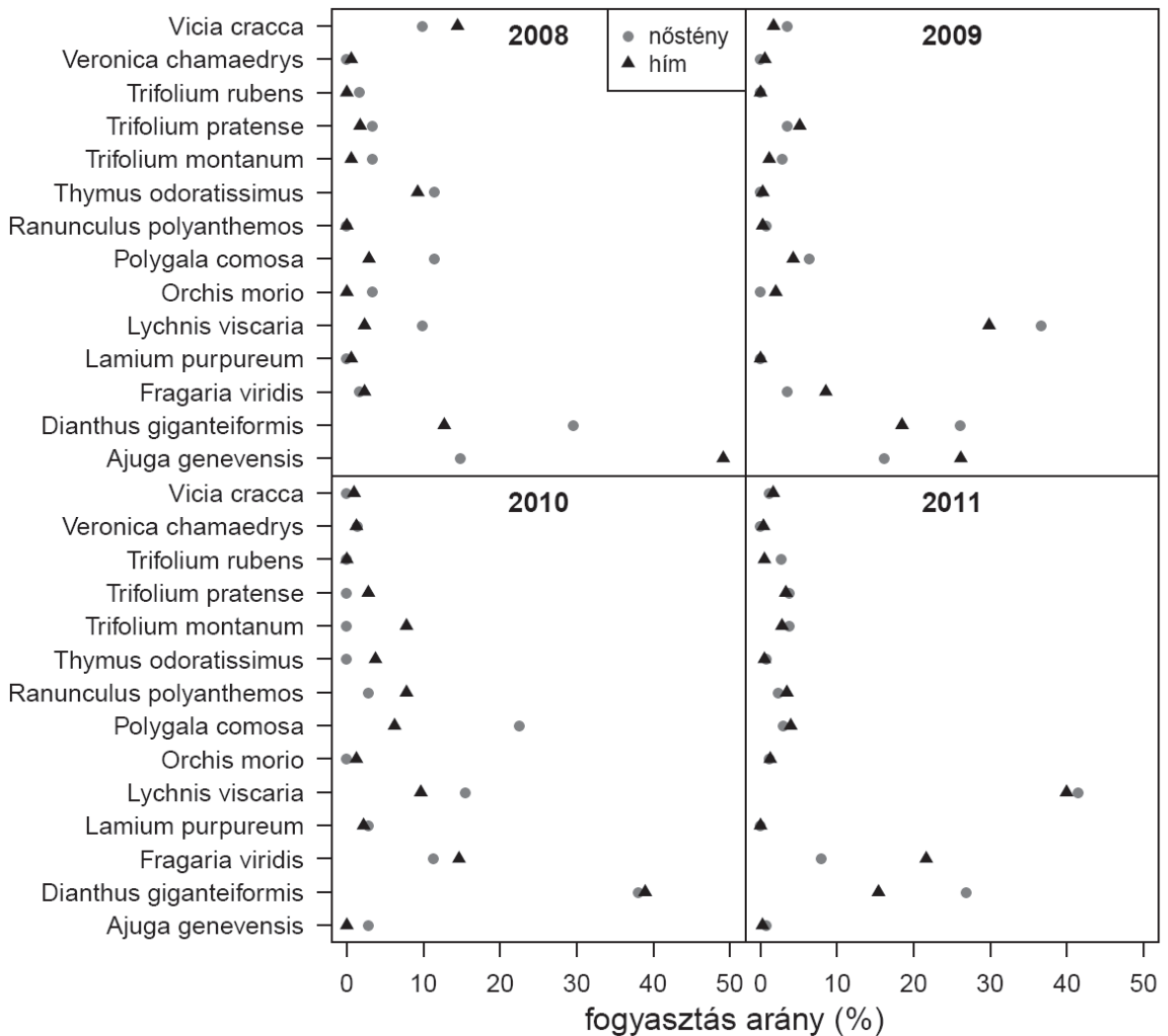
A **virágtípus** kínálati és fogyasztási adatok alapján a csővé forrt (csészéjű) virágtakarójú (stalk disk flower) növényeket nagyobb arányban fogyasztják (5. ábra), míg a korong (disk), ajakos (lip) és pillangós (flag) virágú növényeket azok kínálati arányához mérten kevésbé fogyasztják. A virág típus szerint a fogyasztott, nem fogyasztott fajok számának eloszlásában sem találtam szignifikáns eltérést (Fisher teszt,  $P=0.472$ ). A csővé forrt virágú, de nem fogyasztott négy növény közül egy csak az erdőben fordul elő, egy csak a repülési időszak elején és egy a legvégén van jelen, valamint található a réten még egy a repülési időszak alatt jelen lévő növény, a *Silene nutans*, mely szintén csővé forrt csészéjű, fehér virágú, és a kis Apolló-lepkék nem fogyasztják. A virágtípus összefügghet a nektártermelés mennyiségével, a nektárium rejtettséggel, a lepke és növény közti méretbeli összeférhetlenségekkel.

A virágok **ultra-ibolya visszaveréséről** nem áll rendelkezésre adat minden fajról, így ez nem értékelhető ki teljes mértékben. A gyakori előfordulású, de egyáltalán nem fogyasztott *Ornithogalum kochii* közeli rokonának, az *O. umbellatum*-nak az UV visszaverése a maximális tartományba esik, másik ilyen, erőteljes UV visszaveréssel rendelkező faj a réten nem található. Lehetséges, hogy a lepkék számára ez a szintű UV visszaverés taszító hatással van. A **növény juttatási** adatok alapján sem lehet egyértelműen magyarázni a mintázatot, mivel nagy, közepes és kevés mennyiségű nektárt termelő növényeket is fogyasztanak, vagy „kóstolnak meg”. Az adatbázis a nektártermelés mennyisége szempontjából 4 skálájú értékekkel jellemzi a fajokat, mely ilyen típusú vizsgálathoz nem elég részletes. A fajok virágainak méreteiről, és nektár összetevőiről nem áll rendelkezésre elegendő adat, viszont valószínű, hogy ezek jobban magyaráznák a válogatást.

## 2. Ivari különbségek a nektárnövény fogyasztásban

A fogyasztási adatokban egyes növényfajok esetében jelentősek, más fajoknál nem láthatóak ivarok közti különbségek. A különbségek mértékei évek között is nagy arányban változnak (6. ábra). A négy év adatait egyben elemezve, ivaronkénti eltérést találtam a következő fajok esetében: *Dianthus giganteiformis ssp. pontederae*, *Fragaria viridis* és *Polygala comosa*. A *D. giganteiformis ssp. pontederae*-n nőstények legalább  $1.370\times$  gyakrabban táplálkoztak, mint hímek ( $P=0.005$ ), *F. viridis* esetében a hímek legalább  $1.498\times$

gyakrabban táplálkoztak, mint nőtények ( $P=0.020$ ), míg *P. comosa*-n legalább  $1.153\times$  gyakrabban táplálkoztak nőtények, mint hímek ( $P=0.045$ ).



6. ábra Ivaronkénti fogyasztás 2008–2011 (1%-nál gyakrabban fogyasztott növények)

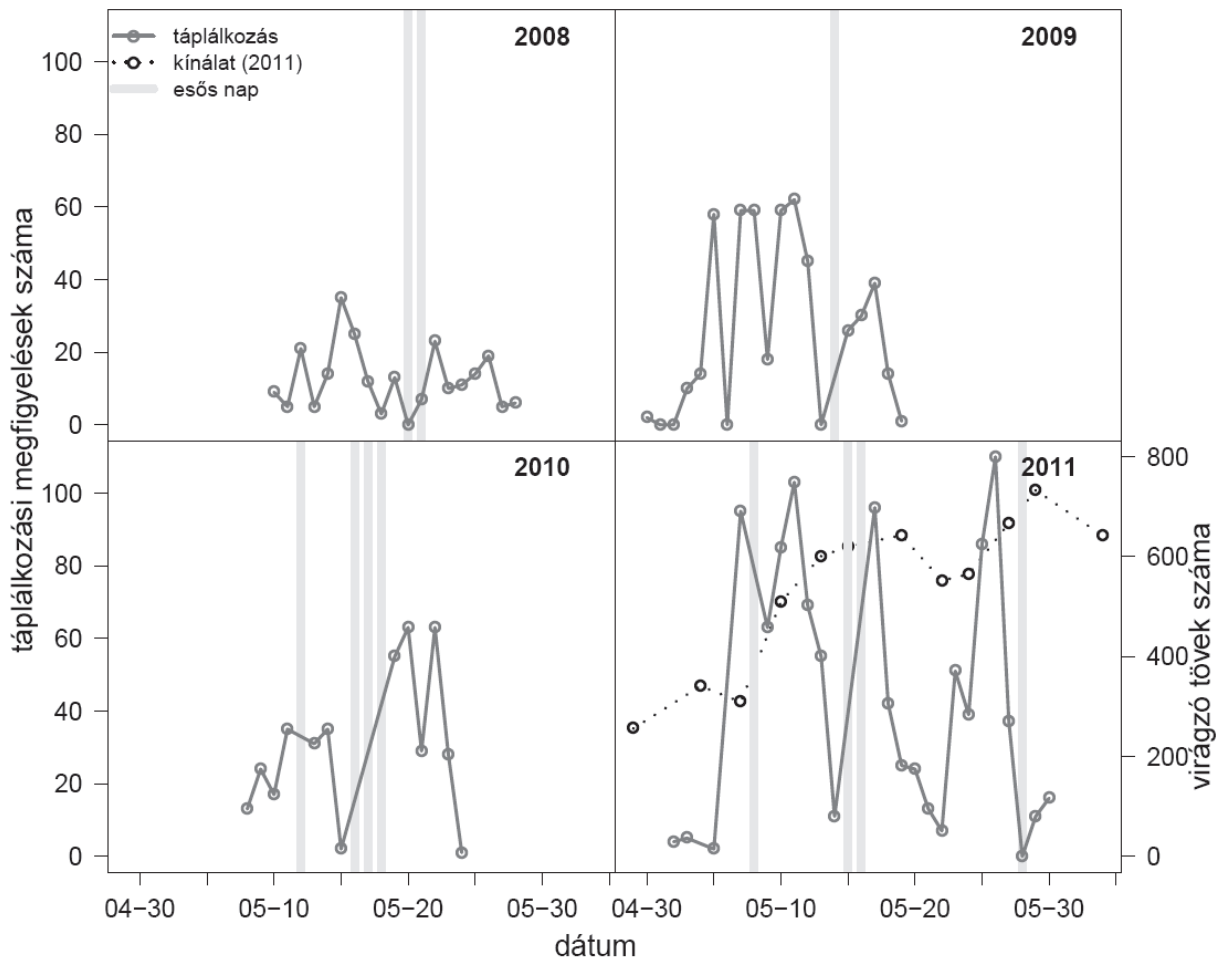
Az éveknek jelentős hatása lehet, emiatt szükséges az adatok évenkénti elemzése. Így szignifikáns eltérés csak *A. genevensis* és *D. giganteiformis ssp. pontederæ* esetében a 2008-as évben, valamint *P. comosa* fogyasztásában a 2010-es évben volt kimutatható. 2008-ban *A. genevensis*-en legalább  $4.691\times$  gyakrabban táplálkoztak hímek, mint nőtények ( $P<0.001$ ). *D. giganteiformis ssp. pontederæ*-n legalább  $2.024\times$  gyakrabban táplálkoztak nőtények, mint hímek ( $P=0.010$ ). *P. comosa*-n 2010-ben legalább  $2.503\times$  gyakrabban táplálkoztak nőtények, mint hímek ( $P=0.003$ ). Közel szignifikáns eltérés található *F. viridis* és *D. giganteiformis ssp. pontederæ* fogyasztásában 2011-ben és *P. comosa*-n 2008-ban. *F. viridis* esetében a hímek

legalább  $1.194\times$  gyakrabban táplálkoztak, mint nőtények ( $P=0.070$ ) és *D. giganteiformis ssp. pontederæ*-n legalább  $1.170\times$  gyakrabban táplálkoztak nőtények, mint hímek ( $P=0.052$ ) és *P. comosa*-n legalább  $1.277\times$  gyakrabban táplálkoztak nőtények, mint hímek ( $P=0.064$ ). *D. giganteiformis ssp. pontederæ*-n a 2008-as és *P. comosa*-n a 2008-as, 2010-es évben viszonylag kevés volt az évenkénti táplálkozási megfigyelés, ennek következtében az eltérés nem egyértelmű, az mintavételi hibából is adódhat. A modellek részletei a Függelék 1. táblázatában találhatóak.

### 3. Virágzási és fogyasztási dinamika

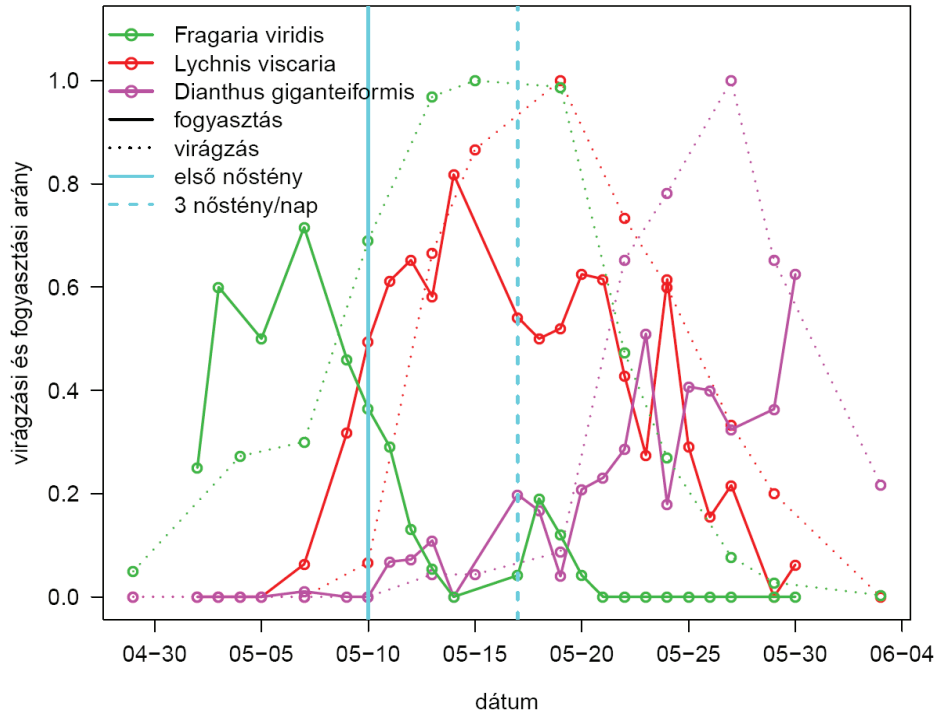
A naponta mintázott fogyasztási és a 2-5 naponta mintázott kínálati adatok alapján a rét virágzási és a kis Apolló-lepkék táplálkozási dinamikáját össze lehet hasonlítani. Évek közti jelentős változatosság tapasztalható a repülési időszak hosszában, első és utolsó napjában is (7. ábra). 2011-ben a teljes potenciális kínálat a repülési időszakra emelkedik meg jelentősen (7. ábra). Elképzelhető, hogy a teljes kínálat a kis Apolló-lepkék repülési időszaka alatt ér a csúcra. Mivel a repülési időszak előtt és után csak rövid időszakot mintavételeztem, ezért erre nincs kvantitatív adat, de terepi megfigyelések azt mutatják, hogy a réten a repülési időszak előtt még kevés növény virágzik, utána pedig szárazodik a rét és evvel együtt jelentősen visszaesik a teljes nektárnövény kínálat. A táplálkozások számában jelentős napi ingadozás figyelhető meg, ami nagy részben az időjárás, a napsütés mértékének függvénye lehet (7. ábra).

2011-ben a három legtöbbet fogyasztott növény virágzásának csúcsa egymástól eltérően, de a repülési időszakra esik (8. ábra). A három leggyakrabban fogyasztott faj esetében a fogyasztás dinamikája részben követi a virágzási dinamikát. A lepkék kezdetben *F. viridis*-t fogyasztanak, addig a pillanatig, amíg meg nem jelennek az első *L. viscaria* tövek, innentől hamar váltanak erre a növényfajra, annak ellenére, hogy a *F. viridis* virágzási csúcsa még később következik, valamint annak ellenére, hogy a *F. viridis*-ből jóval nagyobb mennyiség áll rendelkezésre. Később megjelenik a *D. giganteiformis ssp. pontederæ* is, és fokozatosan, a *L. viscaria* csökkenését és a *D. giganteiformis ssp. pontederæ* virágzási növekedését követve változik a fogyasztási dinamika, azaz a lepkék folyamatosan térnek át *L. viscaria*-ról *D. giganteiformis ssp. pontederæ*-re (8. ábra). A növényfajonkénti fogyasztásban nagyarányú napi változatosság észlelhető.

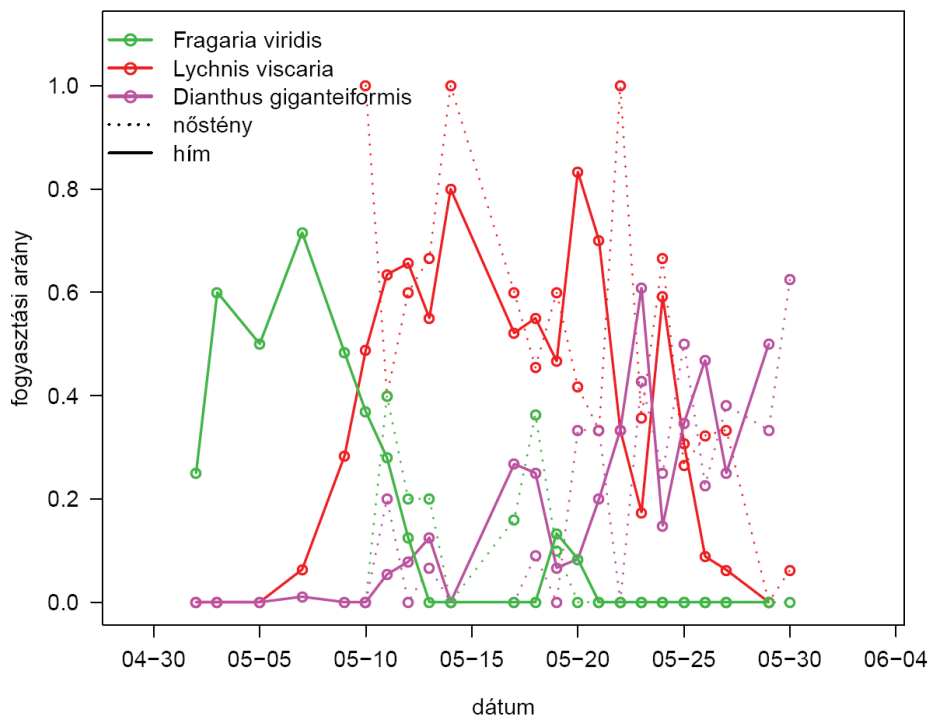


7. ábra Teljes táplálkozási (2008–2011) és kínálati (2011) dinamika

A kis Apolló-lepke protandriás faj, a hím lepkék a nőstények előtt megkezdik a repülést (Vlasanek et al. 2009), és így a táplálkozást, a 2011. évben 8 nappal az első nőstények előtt repültek már (8. ábra, világoskék vonal). Ebből következően elsősorban a hímek fogyasztják a *F. viridist* (9. ábra), mivel a repülési időszak kezdetén, a másik két előszeretettel fogyasztott növényfaj még nem áll rendelkezésre. Ebben az évben a nőstények repülése a *L. viscaria* virágzásának kezdetével esik egybe. A *L. viscaria* és a *D. giganteiformis ssp. pontederæ* között nem látható a virágzási dinamikának és az ivaronként eltérő repülési időszakok miatti egyértelmű eltérése (9. ábra).

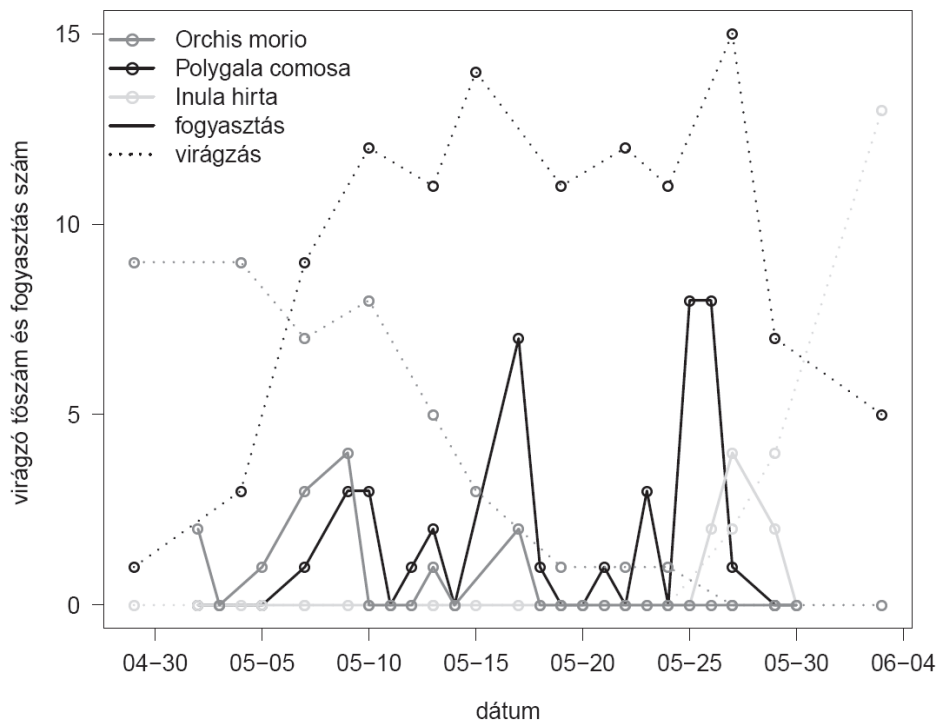


**8. ábra** Virágzási és fogyasztási dinamika 2011; virágzási dinamika: a 36 kvadrátban számolt virágzó tőszámokból, fajonként 0 és 1 közé skálázva; fogyasztási dinamika: növényfaj fogyasztása/ napi összes táplálkozás



**9. ábra** Ivaronkénti fogyasztási dinamika 2011; ivaronként növényfaj fogyasztása/ összes ivaronkénti táplálkozás

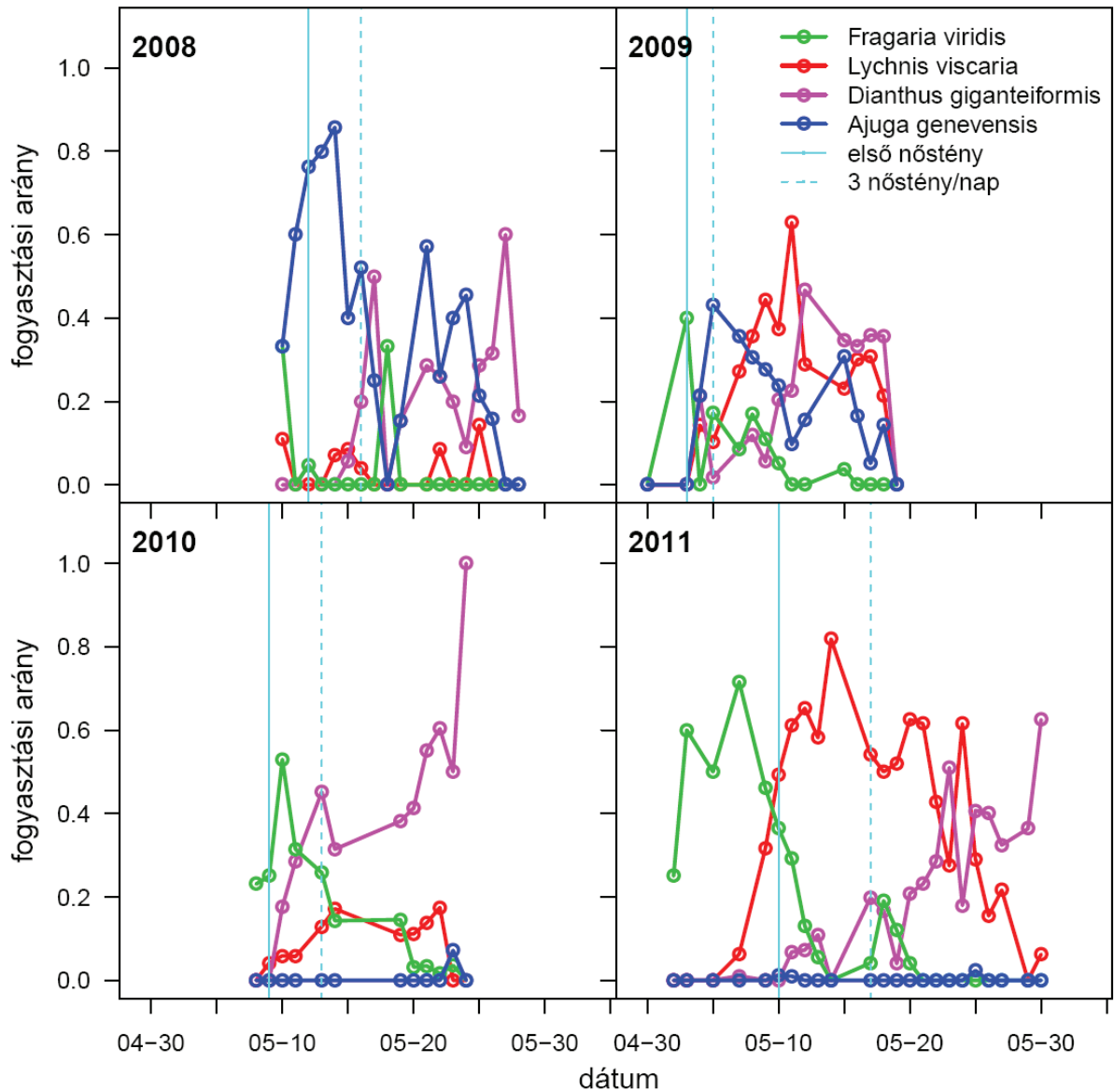
A ritkábban fogyasztott fajokat, amint megjelenik virágzó egyedük, fogyasztják. Nem látható jelentős változás a virágzási arány növekedésétől, csökkenésétől függően, amíg csak jelen vannak (10. ábra). A ritkábban fogyasztott növényfajok közül néhány csak a repülési időszak elején vagy végén virágzik, ilyen például az *Orchis morio* a 2011-es évben a repülési időszak elején virágzik csak, és a kezdettől csökkenő virágzási tendenciát mutat, míg az *Inula hirta* a repülési időszak végén jelenik meg, ugyanakkor viszont például a *Polygala comosa* a teljes repülési időszak alatt viszonylag egyenletesen elérhető (10. ábra).



**10. ábra** Virágzási és fogyasztási dinamika *Orchis morio*, *Polygala comosa* és *Inula hirta* növényfajoknál; virágzó tőszám: az összes mintakvadrátban virágzó tő száma naponta, fogyasztás szám: adott fajon megfigyelt táplálkozások száma naponta

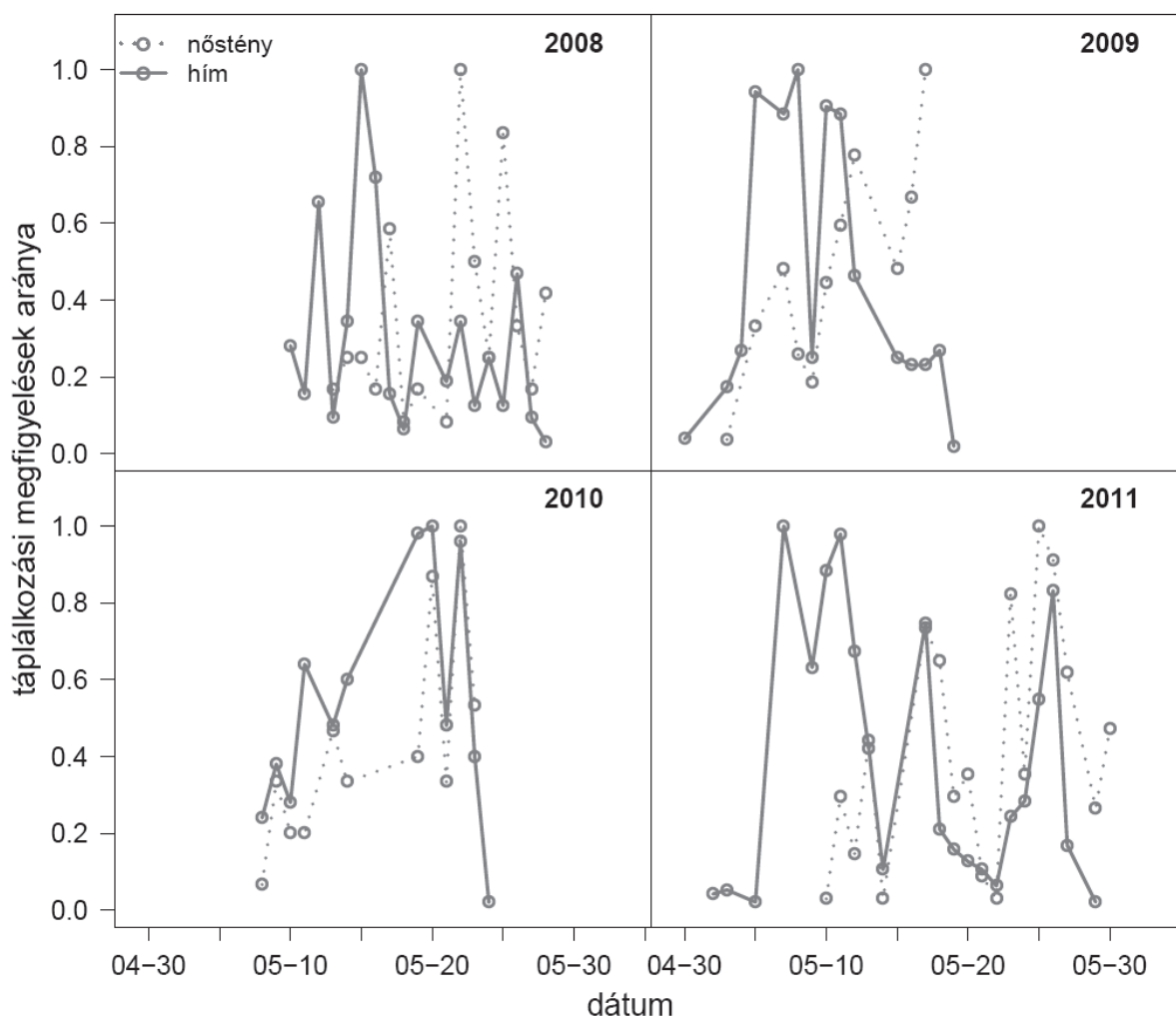
A korábbi évek négy legtöbbet fogyasztott növényfajának fogyasztási dinamikáját elemezve (11. ábra) nagy eltérés tapasztalható az évek között, ahogy már korábban is látható volt (2. ábra), a növényenkénti fogyasztási arányokban és dinamikákban is. Emellett a hímek és nőstények eltérően időzítik a repülési időszak kezdetét különböző években (11. ábra függőleges vonal). A 2008. és 2009. években jelentős táplálék volt az egész, de elsősorban a kezdeti időszakban az *A. genevensis*, míg a 2010. és 2011. években *A. genevensis*-en alig táplálkoztak, helyette a repülési időszak korai szakaszán elsősorban *F. viridis*-t, a repülési

időszakok középső felében, egyik évben *D. giganteiformis ssp. pontederae*-t, másik évben *L. viscaria*-t fogyasztottak. Az évek között jelentős lehet a kínálatbeli eltérés is (Dr. Kis János terepi megfigyelései).



**11. ábra** Legtöbbet fogyasztott 4 faj fogyasztási dinamikája 2008-2011

A táplálkozási megfigyelések arányában ivaronkénti eltérések, eltolódások tapasztalhatóak az egyes évek repülési időszaka alatt. Az ivaronkénti táplálkozás aránya a kezdeti protandria miatti hím eltolból, a repülési szezon végére nőstény eltolt lesz (12. ábra), kivételt a 2010-es év jelent, melyre magyarázat a szélsőségesen esős időjárás lehet.

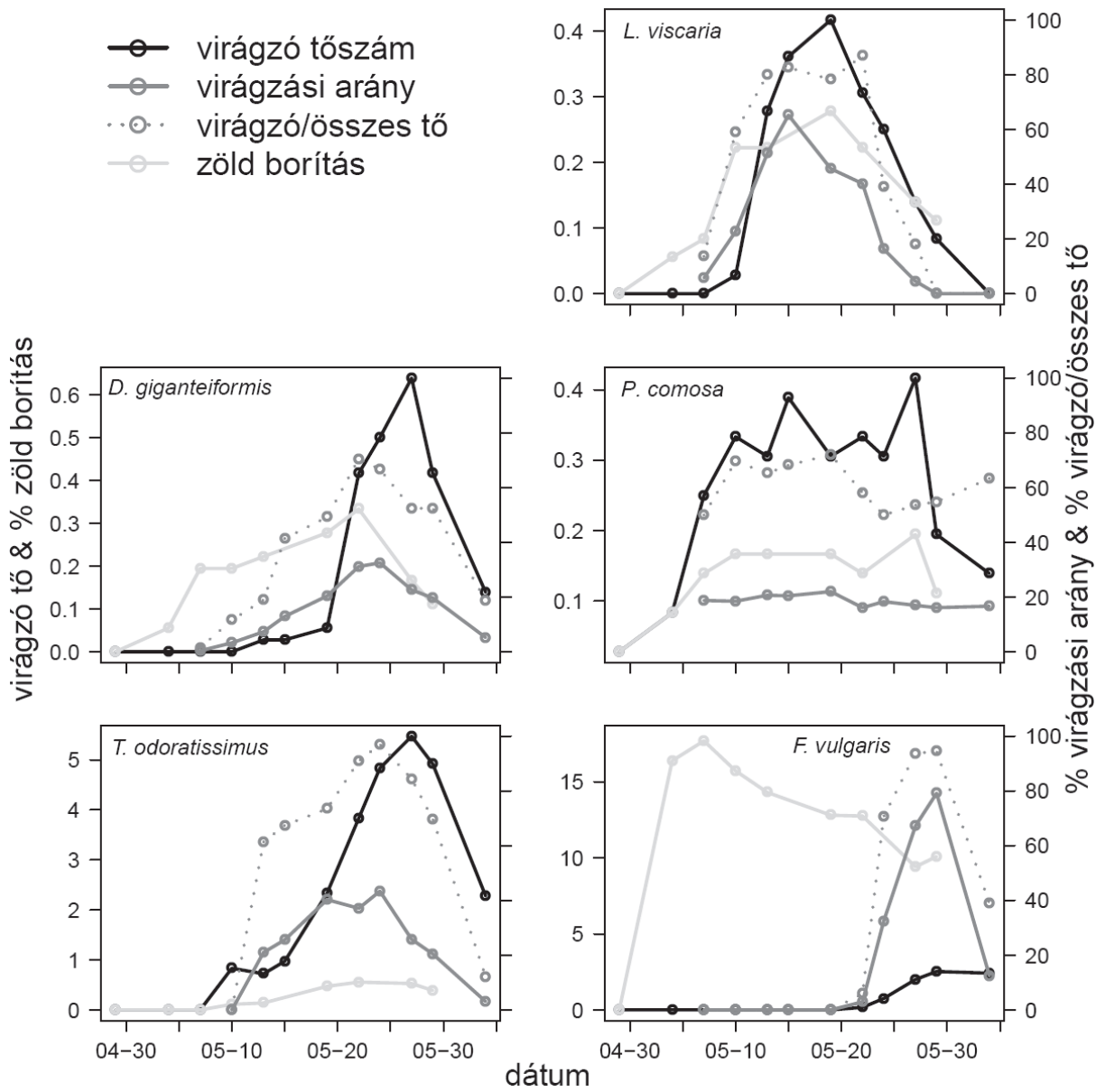


12. ábra Ivaronként táplálkozási megfigyelések aránya, ivaronként 0–1 közé skálázva

#### 4. Virágzás dinamikai módszerek

A virágzási dinamika becsléséhez a 36 kvadrátban számolt **virágzó tőszám** adatokból és a külön jelölt, kisebb területeken becsült **virágzási arányból** kapott dinamikai adatok között jelentős eltérések mutatkoznak (13. ábra, fekete és sötétszürke vonal). Emellett a zöld növény borítás mértéke egyes fajknál jelentős mértékben eltér a virágzás dinamikájától (13. ábra, világosszürke és fekete vonal). A virágzó tőszám és a virágzási arány alapján ábrázolt dinamika 2-5 napos elcsúszást mutat. A külön jelölt területeken becsült virágzási arány és a virágzó/összes tő arányából kapott virágzási dinamikák lefutásában nincs, a virágzás arányának mértékében viszont növényfajonként változó eltérés tapasztalható (13. ábra, sötétszürke folytonos és sötétszürke szaggatott vonal).





13. ábra 5 faj virágzási dinamikája különböző módszerek alapján; bal tengely: virágzó tőszám, zöld növény borítás (%), jobb tengely: virágzási arány (%), virágzó/összes tő százalékos aránya

## Értékelés

### 1. Kínálat, fogyasztás

A kis Apolló-lepke nőtények és hímek is jelentős időt töltenek táplálkozással, ahogy azt már Konvička & Kuras (1999) is kimutatta. A fogyasztásban jelentős az évek közti, valamint a repülési időszakon belüli változatosság. A 2011. évi adatok alapján a kínálatban is jelentős a repülési időszak alatti változás, emellett valószínűleg évek közti változatosság is tapasztalható, évenként egyes növények előfordulási aránya, megjelenésének időpontja jelentősen variál (Dr. Kis János terepi megfigyelései). A kis Apolló-lepkénél is, ahogy több más lepke fajnál (Rusterholz & Erhardt 2000; Baz 2002; Bąkowski & Boroń 2005), a jelenlévő nektárnövények közti válogatás tapasztalható. A faj nemcsak a lárvakori tápnövényre (Luoto et al. 2001; Konvička et al. 2006), hanem az imágók által használt nektárforrásokra is erősen specialista.

A kis Apolló-lepke évente 73–80 százalékban 4 növényfajt fogyaszt a vizsgálati területen, és évente változott, hogy melyik 4 fajt fogyasztották leggyakrabban. Az ilyen mértékű állandóság fontos a növények megporzásának szempontjából, valamint bizonyítja, hogy néhány növényfaj elsődleges a felnőttkori táplálkozásban. Egyes növényeken csak egy-két esetben volt táplálkozási megfigyelés, ami arra utal, hogy sok növényt „megkóstolnak”, kipróbálnak, de nagyobb állandósággal csak néhány fajt fogyasztanak, valószínűleg csak a megfelelő mennyiségű, minőségű nektárt juttató növényeket. Ez a lepkék alternatív forrás keresését, szükségés esetben a váltás képességét bizonyíthatja.

A kis Apolló-lepkék nektárnövény fogyasztási mintázata azt mutatja, hogy a lepkék az alacsony kínálat ellenére is elsősorban a lilához közeli színtartományú és a mélyebb típusú virágokon táplálkoznak, bár nem fogyasztanak minden hasonló tulajdonsággal rendelkező növényt.

A kis Apolló-lepkék által leggyakrabban fogyasztott növényfajoknak a repülési időszak alatt van a virágzási csúcuk. A leggyakrabban fogyasztott növények közül három (*Lychnis viscaria*, *Dianthus giganteiformis* ssp. *pontederiae*, *Ajuga genevensis*) mély virágú és ennek következtében valószínűleg több nektárt termelő, lila színű és ritka előfordulású. A gyakran fogyasztottak közül kivételt képez a *Fragaria viridis*, mely korong alakú, és fehér, viszont nagyon gyakori a réten.

A ritkábban, de 1%-nál gyakrabban fogyasztott növények közül 4 lila virágú (*Lamium purpureum*, *Polygala comosa*, *Thymus odratissimus*, *Trifolium rubens*), 2 kék (*Veronica chamaedrys*, *Vicia cracca*), 2 piros (*Orchis morchio*, *Trifolium pratense*), 1 faj fehér (*Trifolium montanum*) és 1 sárga (*Ranunculus polyanthemos*). A színek az adatbázisban elkülönülnek, de terepi megfigyelések alapján, nem egyértelműen különülnek el a piros, rózsaszín, lila és kék színek, különösen az UV tartomány miatt sem, továbbá kérdés, hogy a lepke a színeket pontosan miként érzékeli. Az 1%-nál gyakrabban fogyasztott növények ajakos vagy pillangós virágúak, ennek következtében valószínűleg a csövé forrt csészéjüeknél kevesebb, de (egyres rovarok számára) nehezebben elérhető nektárt termelők (kivétel: *R. polyanthemos* mely korong alakú és az adatbázis szerint elsősorban pollen termelő). Az 1%-nál ritkábban fogyasztott növények számos eltérő tulajdonsággal rendelkeznek, a fogyasztás mértéke arra utalhat, hogy ezeket a fajokat egyes kis Apolló-lepke egyedek „megkóstolják”, de nem hasznos számukra, így a továbbiakban nem fogyasztják azokat. A nem fogyasztott, de gyakori növényekre nem találtam közös, a fogyasztást kizáró tulajdonságot, elképzelhető, hogy ezeket és a ritka (nem fogyasztott) növényeket a ritkaság, vagy valamely növényi tulajdonságok miatt nem érzékelik (pl. erős UV visszaverés: *Ornithogalum kochii*), vagy lehetséges, hogy a virág, növény alak és méret miatt nem képesek táplálkozni rajtuk (ilyen lehet pl. a *Rinanthus minor*), tehát valamiféle összeférhetetlenség áll fenn lepke és növény között.

A leggyakrabban fogyasztott növények virág morfológiája alapján az látszik, hogy inkább a mélyebb virággal rendelkező növényeken táplálkoznak. Magyarázat erre az lehet, hogy valószínűleg több nektárt produkálnak, valamint más rövidebb szájszervvel rendelkező kompetitorok számára nehezebben elérhető a termelt nektár (Corbet 2000). Más lepkefajoknál, így a Lycaenidae család négy fajánál írták le a Fabaceae növény csoport és a sárga, valamint a lila színű virágok fogyasztásának mintázatát (Bąkowski & Boroń 2005). Emellett – labor körülmények között – a *Battus philenor* (Papilionidae) elsősorban szintén a sárga színt öröklötten preferálja (Weiss 1997). Egy rokon faj, a *Parnassius smintheus* esetében a sárga színű virággal rendelkező növények fogyasztását figyelték meg (Matter et al. 2009). Lehetséges, hogy létezik a kis Apolló-lepkénél is öröklött preferencia, a nektárnövény detektálás szempontjából, a lila színhez közeli színtartományra. Terepi megfigyelések alapján sejthető, hogy létezik öröklött fehér szín preferencia a társak detektálásának szempontjából. Az öröklött szín preferencia az alternatív források „kóstolása”, vagyis a ritkán fogyasztott növények esetén valószínűleg felülbíráldódik, ezt lehetséges, hogy például ezen növények

illatanyagainak vonzó hatása okozza a növényhez közelebbi tartózkodás esetén. Valamint egyszerre több növénytulajdonság is szerepet játszhat a választásban.

Az hogy a lepkék néhány növényt fogyasztanak nagy gyakorisággal és, hogy egyes növény tulajdonság (lila, hosszú csövű virágok) jellemző ezeknek a növényeknek a többségére a lepke és növények közti evolúciós kapcsolatot, koevolúciót is jelenthet. Mindezt alátámasztják még terepi megfigyelések, melyek alapján lehetséges, hogy a vizsgált területen egyes növényfajok egyik legfontosabb beporzója a kis Apolló-lepke. Mindez a lepke–növény kapcsolatok fontosságát hangsúlyozza.

Továbbra sem egyértelmű a válasz arra, hogy pontosan milyen növény tulajdonságok, külső, belső információk alapján válogat a kis Apolló-lepke. Erre kísérletes vizsgálatok adhatnának biztosabb választ. Laborban szaporított lepkéknek különböző színű, formájú, méretű és illatú növénymodelleken való táplálkozás alapján lehetne a táplálkozási viselkedést alapvetően meghatározó tulajdonságokról következtetéseket levonni, ahogy azt korábban több esetben, különböző lepke fajokon vizsgálták már. Így ki tudtak mutatni az öröklött szín- (Weiss 1997), illatanyag preferenciát (Andersson 2003), és tanulási képességet (Kinoshita et al. 1999; Weiss & Papaj 2003).

Mindemellett jelen vizsgálat alapján felmerül a kérdés, hogy a növényzeti szempontból kevésbé megalapozott vizsgálatokból pl.: (Bąkowski & Boroń 2005; Yurtsever et al. 2010) levonható-e a válogatást magyarázó növénytulajdonságokra irányuló következtetés.

## 2. Ivari különbségek a nektárnövény fogyasztásban

A kis Apolló-lepkénél ivarok között szignifikáns eltérés található egyes növényfajok fogyasztásában, erre a virágzási dinamika és a hímek, valamint nőtények repülési ideje közti eltérés (protandria) lehet a legvalószínűbb magyarázat (pl.: 2011, *F. viridis*). A repülési időszak végén virágzó növények esetében (pl.: *D. giganteiformis ssp. pontederæ*) is lehet hasonló magyarázat az ivarok közti eltérésre, ugyanis a repülési időszak végén több nőtény található a réten, így arányaiban több táplálkozási megfigyelés kerül feljegyzésre ekkor a nőtényekről; a hímekről a korai időszakokban van arányaiban több megfigyelés (12. ábra és 11. ábra összevetése). A kis Apolló-lepkénél a szezon során az ivararányok hím eltolttból nőtény eltolttá válnak (Konvička & Kuras 1999). Auckland et al. (2004) szintén a hím

túlsúly időben történő csökkenését tapasztalta *Parnassius clodius* esetében. Jelen vizsgálatban az ivaronkénti táplálkozási megfigyelések száma a szezon alatt változott (11. ábra). Az ivararányok változása mellett a fontos nektárforrások aránya is változik a repülési időszak alatt, így az egyes időszakokban történő megfigyelések aránya (a repülési időszak kezdetén arányaiban több a hím megfigyelés, később több a nőstény megfigyelés) torzíthatja a tényleges fogyasztás becslését.

A 2011-es év kivételével a korábbi évekből nincs részletes virágzásdinamikai adat, ezért továbbra sem biztos, hogy az ivarok közti fogyasztásbeli eltérésekre, minden évben, a virágzási dinamika és az ivaronkénti megfigyelésbeli eltolódások szolgálnak magyarázattal. A kis Apolló-lepkénél is lehetséges, hogy ivaronként eltérő nektárnövény preferencia található, a táplálék minősége, mennyisége (Erhardt & Mevi-Schütz 2009), vagy esetleg növény méret (Baz 2002) szerint. Lehetséges, hogy a hímeknek és nőstényeknek más-más tápanyagokra van szükségük, az erényövek vagy tojások termeléséhez. Ennek igazolásához szükséges lenne a fogyasztott növények nektárjának összetételét vizsgálni, mivel lehetséges, hogy a hímek vagy nőstények által többet fogyasztott növényekben más-más tápanyagok találhatóak meg nagyobb arányban. Viszont felmerül az is, hogy az ilyen irányú korábbi vizsgálatok szintén a virágzás dinamikai háttér hiányában téves magyarázatokkal szolgáltak az ivarok közti eltérésekre. Ezek együttes vizsgálatára, valamint forrás választás kísérletekre van szükség.

### 3. Virágzási és fogyasztási dinamika

A 2011. év adatai és terepi megfigyelések alapján feltételezhető, hogy a kis Apolló-lepke a potenciális növények virágzási csúcsára időzíti repülési időszakát. A leggazdagabb virágkínálat időtartama alatti repülés fontos lehet az imágóként sokat táplálkozó lepke szempontjából, mivel így több alternatív forrás közül válogathat. A repülési időszak kezdete többek között az időjárás és a lárva kori táplálkozás függvénye lehet (Vlasanek et al. 2009). Területenként változóan a repülési időszak vége valószínűleg az időjárástól, a táplálékforrás mennyiségétől, az élettartamtól, és a migrációtól is függ.

A virágzás és fogyasztás dinamikai adatok összevetéséből következtethetünk arra, hogy a *F. viridis* rosszabb forrás a 2011-es évben másik két nagy arányban fogyasztott növényhez képest, mivel amint a *L. viscaria* megjelenik, arra váltanak, annak ellenére, hogy a virágzó *F. viridis* jóval tömegesebb. Hasonló eredményre jutott Baz (2002) a rokon *Parnassius apollo*-nál. 2011-ben a hímek a korai repüléssel lehetséges, hogy feladják a jobb

táplálékot a szaporodási siker növelésének érdekében. Valószínűsíthető, hogy az első párzások járnak sikerrel, mivel a hímek erényöveget készíthetnek a nőtényekre, ami a további párzásból nagy arányban kizárja a nőtényeket. Így a szaporodási siker növelése érdekében a hímeknek érdemes lehet minél hamarabb megjelenni a réten, hogy az első nőtények megjelenésekor már biztosan jelen legyenek, esetleg még a jó táplálékforrások hiányában is. Alternatív magyarázat, hogy a hímek jobb forrásra számítanak, mint az egyes években a repülési időszak elejétől fogyasztott *A. genevensis*, ami extrém években (2010, 2011) nem jelenik meg, vagy nem akkor és ott, ahol szükséges.

A korábbi évek adatai alapján az *A. genevensis* 2008, 2009 egyik kedvenc nektárnövénye volt (fogyasztás: 40,2%, 23,3%). Ezzel szemben 2010, 2011-ben nagyon kis arányban fogyasztották (0,5%, 0,4%). *A. genevensis*-ből minden évben kevés tő fordult elő a réten, ami a 2010., 2011. évben tovább csökkent és a növény a rétről (a melegebb, napsütötte területekről) eltűnt, 2011-ben csak három előfordulási helye volt megtalálható (néhány tő), az erdő-rét határán, hűvösebb, árnyékosabb területen, ahol a kis Apolló-lepkék ritkán táplálkoznak, és 2011-ben ezek is viszonylag későn virágoztak, amikor már a *L. viscaria* és a *D. giganteiformis ssp. pontederae* bőségebben megtalálhatóak voltak a réten. Az *A. genevensis* rétről való eltűnésének oka lehet az időjárás (2011: száraz időszak), a vadhatás (2011-ben nagy arányú a vaddisznó által feltúrt terület (Függelék: 2. térkép)). Az *A. genevensis* fontos nektárnövény lehetett, valószínűleg elsősorban a kezdeti időszakok táplálkozásában, főleg a hímek esetében. A 2010., 2011. években a kezdeti időszakban elsősorban *F. viridis*-en táplálkoznak, a későbbi időszakban, a repülési időszakok középső felében, egyik évben a *D. giganteiformis ssp. pontederae*, másik évben a *L. viscaria* fogy jobban. A *F. viridis*-nél az *A. genevensis* jobb minőségű nektárforrás lehet, ezt támasztja alá a virágmorfológiai eltérések mellett az, hogy *A. genevensis*-ről való váltás sem olyan éles, mint a 2011-es évben a *F. viridis*-ről *L. viscaria*-ra váltás esetén. Mindez mutatja, hogy a kis Apolló-lepkék képesek generációnként részben fő táplálékforrást váltani, de felmerül a kérdés, hogy ez mekkora veszteséggel jár az egész populáció, valamint a hímek szempontjából (ugyanis a hímek 2010–2011-ben „kénytelenek” *F. viridis*-en táplálkozni, ami valószínűleg rosszabb táplálékforrás, így ez fitness romlással járhat).

Felmerül a kérdés, hogy a klímaváltozás milyen hatással lehet a növény-lepke kapcsolatokra. A klíma megváltozásának hatásai jelentősek lehetnek a növények fenológiájára, pl. virágzási dinamikájára és a rovarok megjelenésének dinamikájára is

(Menzel et al. 2006; Høye et al. 2007). Mivel a kis Apolló-lepkék csak néhány nektárnövény fajt fogyasztanak nagy arányban, ezek eltűnése, virágzási dinamikájának megváltozása erőteljes hatással lehet populációik fennmaradására. Kérdés, hogy ezeket a változásokat a lepkék milyen mértékben tudják majd követni. A kis Apollók mind déli, mind északi elterjedési határa Európa szerte néhány évtized alatt északra tolódott (Parmesan et al. 1999). Ennek oka nem ismert, de eredményeink alapján azt gondoljuk, hogy ilyen változást nem csak közvetlenül a lepkék fejlődésére, túlélésére ható időjárás változások okozhatnak, de a fontos nektárforrások előfordulásának tér és időbeli változásai is.

#### 4. Virágzás dinamikai módszerek

A különböző módszerek összehasonlításának eredményei azt mutatják, hogy a zöld növény borítás irreleváns a lepke szempontjából, mint a kínálatot jellemző érték. A 36 kvadrátban mért virágzó tőszám adatokból és a külön jelölt, kisebb területeken mért virágzási arányból kapott dinamikai adatok közötti jelentős eltérés valószínűleg mintavételi hiba eredménye, ugyanis a virágzás arányát kevés (1–3 külön jelölt) területen becsültem.

A szokásos cönológiai felmérés (zöld növény borítás) nem nyújt megfelelő háttérrel a lepkék táplálkozási viselkedéseinek megértéséhez, és a kevés jelölt területen való részletes virágzási arányok becslése sem megfelelő. A virágzó tövek számolása megfelelő módszer, a területen elérhető virágzó növények felmérésének szempontjából, melyet minél több kvadrátban és időpontban szükséges elvégezni, a taposás minimalizálása mellett. A kínálati arány becslése mellett a virágzásdinamikai becslésekhez is megfelelő lehet ugyanez a módszer, minél több alkalommal ismételve. A 3 naponta történő mintavételezés optimális a dinamikai változások észleléséhez. Emellett a nagyon ritka növények virágzási dinamikájának elemzéséhez szükség lehet külön jelölt, a ritka növényeket tartalmazó területeken a virágzó/nem virágzó egyedek számolása. Még pontosabb virágzás dinamikai becsléshez számos külön jelölt terület és minél szélesebb virágzási skála meghatározása szükséges, mindez viszont időigényes.

A vegetáció felmérése jelentős plusz feladat, megfelelő következtetés azonban nem vonható le a lepkék táplálkozásának terepi megfigyeléseiből a nektárnövény kínálat vizsgálata nélkül, továbbá a lepkék felnőttkori táplálkozásáról csak a teljes repülési időszak alatti megfigyelések alapján lehet megalapozott következtetéseket levonni.

## 5. Élőhely védelem

A kis Apolló-lepke lárva korban csak egyes *Corydalis sp.* fajokon táplálkozik, tehát tápnövény specialista. Dolgozatom arra enged következtetni, hogy a felnőttkori táplálkozás szempontjából is specialista. Ilyen szintű forrás specializáció a faj veszélyeztetettségét mutatja (Hardy et al. 2007). A kis Apolló-lepke lárvakori tápnövénye árnyékosabb helyeken, erdőkben nő, viszont az imágó szükségletei közé tartozó nektárnövények és a repüléshez szükséges megfelelő hőmérséklet, napfény a nyílt területeken, réteken található (Meglécz et al. 1999). A faj védelmének szempontjából élőhelyeinek megőrzése elsődleges. A lepke számára az erdő-rét határokkal rendelkező területek számítanak megfelelő élőhelynek, amennyiben azokon a területeken keltike és különböző nektárnövények megtalálhatóak (Luoto et al. 2001). A nem megfelelő táplálékforrású nyílt terület (pl.: intenzív mezőgazdasági terület) a hímek számára ökológiai csapda lehet (Konvička et al. 2006), viszont a nektárnövényben gazdag területek kis Apolló-lepke „hotspotok” (Luoto et al. 2001), így az erdők közelében lévő nyílt területek minősége sem közömbös a lepke szempontjából. Ennek következtében a változatos növényvilággal rendelkező erdei rétek megóvása fontos. Ezek a területek részben negatív, emberi behatás alatt állnak (kirándulók), valamint jelentős hatással lehet a megnövekedett vadállomány (vaddisznó túsók), és további negatív hatás lehet a beerdősülés, szukcessziós folyamatok (Konvička & Kuras 1999), vagy a mesterséges erdősítés. Ezek a behatások mind forráscsökkenést, és élőhely romlást vonhatnak maguk után, ami hasonló szükségletekkel rendelkező lepkék helyi eltűnéséhez vezethet (Konvička & Kuras 1999), és ez visszahathat egyes (védett) növényfajokra is, a fontos beporzó rovarok egyedszámának csökkenésével, eltűnésével. Az erdei rétek a kis Apolló-lepke szempontjából is kezelésre szorulhatnak, a nyílt területek megfelelő fenntartása, esetleg új rétek kialakítására is szükség lehet (Konvička et al. 2006), beerdősülés esetén az újulat irtására, megfelelően tervezett kaszálásra (csak a repülési időszak után (Konvička et al. 2006)), legeltetésre, valamint a vadállomány erőteljesebb visszaszorítására lehet szükség. A természetes erdők, erdei rétek megőrzése elsődleges a kis Apolló-lepke populációk megőrzésének érdekében, emellett a hosszú távú fennmaradás érdekében a nyílt területek optimális eloszlásának kialakítása is fontos, a nyílt területek közti távolságoknak lehetőleg kevesebbnek kell lennie, mint amit a lepke megtenni képes, ez a távolság átlagosan: 200-500 méter (Konvička & Kuras 1999), de ritkán elérheti a 4 kilométert is (Vlasanek et al. 2009). Ahhoz, hogy hosszú távon



fennmaradni képes metapopulációk alakuljanak ki, a kis Apolló-lepke számára megfelelő élőhelyeket folyosókkal kell összekötni (Konvička & Kuras 1999; Meglécz et al. 1999), az ökológiai csapdák megszüntetésére és a területek természet közeli kezelésére van szükség. A természetvédelmi beavatkozás során szem előtt kell tartani a lepke számára lényeges összes tényezőt, hogy egyik forrására se legyen negatív hatással a terület kezelése (Hardy et al. 2007).

### **Konklúzió és kitekintés**

A kis Apolló-lepkénél – az általunk vizsgált területen – eltérés található a fogyasztás és a kínálat között, a kis Apolló-lepke tehát válogat a kínálatból. A lepke néhány fajt fogyaszt nagy arányban, egyes növényeken egyáltalán nem táplálkozik, de viszonylag sokat megkóstolnak, utóbbi jelenthet váltásra és tanulásra való képességet. Fontos lenne több terület fogyasztását összevetni, a területenkénti kínálatok ismeretében.

A legtöbbet fogyasztott fajok valószínűleg a minél több/jobb nektárt nyújtó, elérhető mennyiségben jelenlévő nektárnövények. A kis Apolló-lepke nagyméretű lepke, így szüksége lehet a jó és nagyarányú táplálékra, mivel hosszú pödörnyelvvvel rendelkezik, a növényekben mélyen, más rovar számára nem elérhető táplálékot is tudja hasznosítani, de a pödörnyelv vastagság miatt lehetséges, hogy nem minden növényből tud táplálkozni. Fontos lenne a pödörnyelv méretet és a növényfajok virág méreteit mérni és vizsgálni, hogy e hipotézist alátámaszthassuk vagy cáfolhassuk. Emellett szükséges lenne a jövőben az egyes növények által termelt nektár mennyiséget, összetételét is vizsgálni.

A fogyasztott növényekben nagyfokú állandóság fedezhető fel, 73–80%-ban évente 4, összesen 7 növényt fogyasztanak a vizsgálati területen, ez a növények szempontjából is jelentős lehet a megporzás miatt. Az 1%-nál gyakrabban fogyasztott növényfajok közül kettő (a *Dianthus giganteiformis* ssp. *pontederæ* és az *Orchis morio*) védett. Azt a terepi megfigyelést, hogy a kis Apolló-lepkék az egyik leggyakoribb látogatói, és így valószínűleg beporzói is ezeknek a növényeknek, az egyes növényfajok beporzóinak megfelelően tervezett mintavételezésével, bizonyítani szükséges.

Jelentős az évek közti, és a repülési időszakon belüli változatosság a fogyasztásban. A fogyasztás mellett valószínűleg a kínálatban is jelentős az évek közti változatosság, fontos

lenne ennek kimutatása és annak vizsgálata, hogy a fogyasztás évek közti változatossága milyen mértékben a kínálat, esetleg az időjárás függvénye.

Eltérés található a fogyasztásban ivarok között, amit egyes esetben magyarázhat a virágzási dinamika és a protandria. Más növényfajok esetében még kérdéses az ivaronkénti különbségek magyarázata, valószínű, hogy erre szintén a virágzás és az ivarok közti repülési és az ebből fakadó mintavételi eltolódások szolgálhatnak magyarázattal. Ez azonban nem zárja ki, hogy a hímeknek és nőstényeknek esetleg más anyagokra van szükségük, ennek kimutatására a növények nektárjait cukor és aminosav összetevők szerint kellene elemezni. Labor körülmények között, szaporított egyedeken kísérletesen is vizsgálni lehetne, hogy mely anyagok szükségesek az életben maradáshoz, valamint tojás és erényöv készítéséhez. Izotópos vizsgálattal ki lehetne mutatni, hogy a felnőtt kori táplálkozásból jutnak-e és milyen anyagok a tojásba, vagy az erényövébe.

A lepkék nektárnövény fogyasztási szokásairól a kínálat megfelelő felmérése nélkül sok esetben nem vonható le a megfelelő következtetés. A vegetáció lepke szempontú felvételezéséhez megfelelő módszer a kvadrátokban történő virágzó tövek számolása (megfelelő számú és méretű kvadrát esetén), valamint fontos lehet a ritka, de fogyasztott növények térképezése és külön jelölt területeken való megfigyelése, az évek közti fogyasztásbeli eltérések megértésének érdekében.

Jelen vizsgálat alapján úgy látszik, hogy a kis Apolló-lepke képes alternatív forrásokat felkutatni és főbb nektárnövényt váltani generációk között, bár kérdés, hogy ez milyen hosszabb távú fitneszromlással jár, és meddig tolerálja a lepke a változásokat. Ennek ellenére, mivel a kis Apolló-lepke lárva korban monofág és felnőtt korban is csak néhány nektárnövényt fogyasztott nagy arányban, a vizsgált területen, így speciális, jó minőségű (rét-erdő határ) élőhelyet igényel. Az ilyen területek megóvása, megfelelő fenntartása elsődleges a fajvédelem szempontjából.

## **Összefoglaló**

A nappali lepkék egy részénél a lárvakori táplálkozás mellett az imágó kori táplálkozás is fontos a rátermettségük növelésében. Kevés ismerettel rendelkezünk a lepkék felnőttkori táplálkozásával kapcsolatban, emellett kevés a kínálatilag is megalapozott

vizsgálat, valamint a nektárnövények felvételezéséhez az alapvető vizsgálati módszerek sincsenek kidolgozva.

A Berni Egyezmény által védett kis Apolló-lepke, egynemzedékes, április végétől július elejéig tartó időszakban repül. Fontos beporzója lehet a domb- és hegyvidéki rétek tavaszi virágos növényeinek. E lepkénél jelentős az ivari dimorfizmus morfológiában és színezetben. A hímek nagy külső erényövet (sphragis) készíthetnek a nőstényekre a párosodás során. Mindkét ivar sok időt tölt táplálkozással, feltehetően az erényövek, illetve a tojások készítésének fedezésére. A kis Apolló-lepke nektárnövény fogyasztási szokásairól csak igen kevés ismeret áll rendelkezésre.

A szakdolgozat célja a kis Apolló-lepke táplálkozási mintázatának és a rendelkezésre álló kínálat monitorozása és összehasonlítása, a táplálkozással kapcsolatos ivari eltérések vizsgálata, valamint a nektárnövény felmérési módszer kidolgozása.

Vizsgálatainkat a Visegrádi-hegységben, egy – rovar porozta növényekben gazdag – kaszálórétben végeztük 2008–2011 között, a kínálat felmérése 2011-ben történt.

A vizsgált területen rendelkezésre álló számos (2011: 67 faj) nektárnövény faj csak egy részét (2008–2011: 37 faj) fogyasztja a kis Apolló-lepke. Az évente leggyakrabban fogyasztott 4 faj fogyasztási aránya minden évben legalább összesen 73% fölött van. Emellett kb. 10 fajt fogyaszt 1%-nál nagyobb arányban és 23 fajt ennél ritkábban. Nagy az évek közti, és repülési időszakon belüli változatosság. A fogyasztás aránya elsődlegesen nem kínálatfüggő: néhány tömeges növényt egyáltalán nem fogyasztottak, a legtöbbet fogyasztottak közül számos viszonylag ritka. A legtöbbet fogyasztott növények többsége lila színű.

Néhány növényfaj fogyasztása esetében eltérés található ivarok között, amit egyes esetekben a fajonkénti virágzási dinamika és az ivaronkénti repülési időszakok közti eltolódás magyarázhat.

A fogyasztási mintázat alapján a kis Apolló-lepke képes lehet a felnőttkori táplálékforrás váltásra. Mivel csak néhány fajt fogyaszt nagy arányban, ezek hosszú távú eltűnése, virágzásdinamikai változása erőteljes hatással lehet populációira. Így a faj élőhely szintű védelmének megalapozása céljából életmenetének és környezetének pontosabb megismerése fontos. Eredményeink többek között felhívják a figyelmet arra is, hogy a táplálkozási viselkedések elemzéséhez szükség van a táplálékkínálat megfelelő ismeretére.

# **Nectar plant sources and consumption in the Clouded Apollo butterfly**

## **(*Parnassius mnemosyne*)**

### **Summary**

The diet of larval and adult stages are important for several butterflies to increase their fitness. Little is known about the consumption of adult butterflies, and there is much less information available on nectar plant sources. Basic nectar plant sampling methods are to be investigated.

The Clouded Apollo butterfly is protected under the Bern Convention. The Clouded Apollo is an univoltine butterfly, flying from late April to early July in Hungary. They might be among the most frequent pollinators on colline and submontane meadows for spring flowering plants. These butterflies are sexually dimorphic in morphology and coloration. Males may produce large external chastity belts (sphragis) for females during mating. Both sexes spend much time on feeding, presumably for covering the costs of sphragis or egg production. Only little is known on their nectar source use.

The aims of this thesis is to monitor and compare potential nectar plant availability and the pattern of consumption by Clouded Apollos, and test sex differences in consumption, and find correct sampling techniques for measuring nectar plant availability.

Our study site was a small meadow rich in insect-pollinated plant species in the Visegrádi-Mountains, Hungary. Data were collected on butterfly feeding in 2008–2011, nectar plant availability was surveyed in 2011.

We found 67 nectar plant species in the study area in 2011, but Clouded Apollos used only 37 species (2008–2011) as nectar source. Consumption rate of the most commonly used four species was higher than 73% in all years. Apollos used only 10 species more than 1%, and 23 species less frequently. We found large among-year variation in consumption. Consumption rate did not primarily depend on the abundance of the nectar sources. Some frequent plants are not consumed at all; many of the most consumed are relatively rare. The majority of consumed plants are purple and stalk disk flower type.

Sexes seemed to consume some nectar species at different rate that may be explained by the flowering dynamics and shift in flight period between the sexes.

The Clouded Apollo butterfly is able to switch to different nectar sources, but they use only a few species, and this may strongly affect persistence of their populations. Extinction or considerable changes relative to the flight period in nectar source availability may involve serious population decline in Apollos. In order to make conservation plans we need further studies on the life history of the butterfly as well as ecological studies on its nectar sources.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Kis Jánosnak és Dr. Nagy Jánosnak a kutatási lehetőségért, az útmutatásért és a számtalan jó tanácsért. Köszönetemet szeretném kifejezni Danka Csillának (SZIE, ÁOTK, Biológiai Intézet) a terepi munkáért, adatbevitelért és számos további segítségért, Dr. Kőrösi Ádámnak (MTA, Ökológiai Kutatócsoport) a terepi munkában és irodalmazás terén nyújtott segítségért, Lang Zsoltnak (SZIE, ÁOTK, Biomatematikai és számítástechnikai tanszék) a statisztikai elemzésben nyújtott segítségért, Tóth Zsuzsának (SZIE, MKK, Növénytani és Ökofiziológiai Intézet) a terepi munkában nyújtott segítségért, Dr. Turcsányi Gábornak (SZIE, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék) és Dr. Turcsányiné Siller Irénnek (SZIE, ÁOTK, Biológiai Intézet) a korábbi évek növényfaj-listáinak rendelkezésre bocsájtásáért. Kutatási engedély száma: KTVF: 28512-2/2010. Köszönettel tartozom néhány ingyenes program használatáért: Google Maps, InkScape, RKWard, Zotero. Végül, de nem utolsó sorban köszönöm családomnak, barátnőmnek és barátaimnak a rengeteg segítséget, ösztönzést és támogatást.

## **Irodalomjegyzék**

- Andersson, S., 2003. Foraging responses in the butterflies *Inachis io*, *Aglais urticae* (Nymphalidae), and *Gonepteryx rhamni* (Pieridae) to floral scents. *Chemoecology*, 13(1):1–11.
- Auckland, J.N., Debinski, D.M. & Clark, W.R., 2004. Survival, movement, and resource use of the butterfly *Parnassius clodius*. *Ecological Entomology*, 29(2):139–149.
- Baker, H.G. & Baker, I., 1983. Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type. In *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Jones CE, Little TJ (eds), Van Nostrand Reinhold, 117–141.

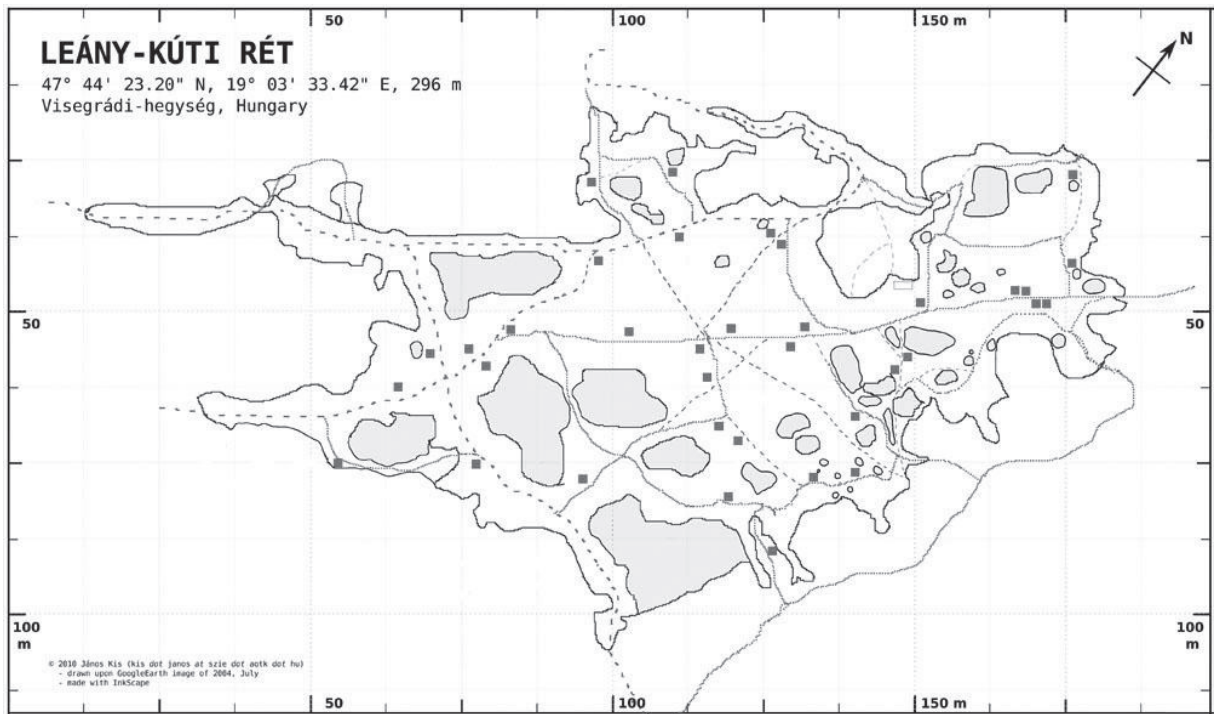
- Baker, H.G. & Baker, I., 1975. Studies of nectar-constitution and pollinator-plant coevolution. In *Coevolution of animals and plants*. Austin: Gilbert, L.E. and Raven, P.H. (eds), Univ. of Texas Press, 100–140.
- Bąkowski, M. & Boroń, M., 2005. Flower visitation patterns of some species of Lycaenidae (Lepidoptera). *Biological Lett.*, 42(1):13–19.
- Bates, D., Maechler, M. & Bolker, B., 2011. lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes.
- Baz, A., 2002. Nectar plant sources for the threatened Apollo butterfly (*Parnassius apollo* L. 1758) in populations of central Spain. *Biological Conservation*, 103(3):277–282.
- BiolFlor search system, BiolFlor search system. BiolFlor search system. Available at: <http://www2.ufz.de/biolflor/index.jsp>
- Briscoe, A.D. & Chittka, L., 2001. The evolution of color vision in insects. *Annual review of entomology*, 46(1):471–510.
- Corbet, S.A., 2000. Butterfly nectaring flowers: butterfly morphology and flower form. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 96(3):289–298.
- Erhardt, A., 1992. Preferences and non-preferences for nectar constituents in *Ornithoptera priamus poseidon* (Lepidoptera, Papilionidae). *Oecologia*, 90(4):581–585.
- Erhardt, A. & Mevi-Schütz, J., 2009. Adult food resources in butterflies. In *Ecology of Butterflies in Europe*. Cambridge University Press, 9–16.
- Ezzeddine, M. & Matter, S.F., 2008. Nectar flower use and electivity by butterflies in sub-alpine meadows. *Journal of the Lepidopterists Society*, 62(3):138–142.
- Frankl, R., Wanning, S. & Braun, R., 2005. Quantitative floral phenology at the landscape scale: Is a comparative spatio-temporal description of „flowering landscapes” possible? *Journal for Nature Conservation*, 13(4):219–229.
- Goverde, M. et al., 2008. Positive effects of cyanogenic glycosides in food plants on larval development of the common blue butterfly. *Oecologia*, 157(3):409–418.
- Gronquist, M. et al., 2001. Attractive and defensive functions of the ultraviolet pigments of a flower (*Hypericum calycinum*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(24):13745–13750.
- Hardy, P.B. et al., 2007. Specialism for larval and adult consumer resources among British butterflies: Implications for conservation. *Biological conservation*, 138(3-4):440–452.
- Hill, C., 1989. The effect of adult diet on the biology of butterflies 2. The common crow butterfly, *Euploea core corinna*. *Oecologia*, 81(2):258–266.
- Høye, T.T. et al., 2007. Rapid advancement of spring in the High Arctic. *Current Biology*, 17(12):449–451.
- Kinoshita, M., Shimada, N. & Arikawa, K., 1999. Colour vision of the foraging swallowtail butterfly *Papilio xuthus*. *Journal of Experimental Biology*, 202(2):95–102.

- Kitahara, M., Yumoto, M. & Kobayashi, T., 2007. Relationship of butterfly diversity with nectar plant species richness in and around the Aokigahara primary woodland of Mount Fuji, central Japan. *Biodiversity and Conservation*, 17(11):2713–2734.
- Konvička, M. & Kuras, T., 1999. Population Structure, Behaviour and Selection of Oviposition Sites of an Endangered Butterfly, *Parnassius Mnemosyne*, in Litovelské Pomoraví. Czech Republic. *Journal of Insect Conservation*, 3(3):211–223.
- Konvička, M., Vlasanek, P. & Hauck, D., 2006. Absence of forest mantles creates ecological traps for *Parnassius mnemosyne* (Papilionidae). *Nota Lepidopterologica*, 29(3/4):145–152.
- Kuusemets, V. et al., 2005. Habitat and landscape structure requirements of Clouded Apollo (*Parnassius mnemosyne*). *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe*, Vol. 1: General Concepts and Case Studies:18–21.
- Luoto, M. et al., 2001. Determinants of distribution and abundance in the clouded apollo butterfly: a landscape ecological approach. *Ecography*, 24:601–617.
- Matter, S.F. et al., 2009. Interactions between habitat quality and connectivity affect immigration but not abundance or population growth of the butterfly, *Parnassius smintheus*. *Oikos*, 118(10):1461–1470.
- Megléc, E. et al., 1997. Allozyme variation in *Parnassius mnemosyne* (L.)(Lepidoptera) populations in North-East Hungary: variation within a subspecies group. *Genetica*, 101(1):59–66.
- Megléc, E. et al., 1999. Genetic variations in space and time in *Parnassius mnemosyne* (L.)(Lepidoptera) populations in north-east Hungary: implications for conservation. *Biological Conservation*, 89(3):251–259.
- Menzel, A. et al., 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12(10):1969–1976.
- Mevi-Schütz, J. & Erhardt, A., 2005. Amino Acids in Nectar Enhance Butterfly Fecundity: A Long-Awaited Link. *The American Naturalist*, 165(4):411–419.
- Mevi-Schütz, J. & Erhardt, A., 2003. Larval nutrition affects female nectar amino acid preference in the map butterfly (*Araschnia levana*). *Ecology*, 84(10):2788–2794.
- Noguchi, K. et al., 2009. lawstat: An R package for biostatistics, public policy, and law.
- Ômura, H., Honda, K. & Hayashi, N., 1999. Chemical and chromatic bases for preferential visiting by the cabbage butterfly, *Pieris rapae*, to rape flowers. *Journal of Chemical Ecology*, 25(8):1895–1906.
- Orr, A.G., 1995. The evolution of the sphragis in the Papilionidae and other butterflies. In *Swallowtail butterflies: their ecology and evolutionary biology*. Scriber, J.M., Tsubaki, Y., Lederhouse, R.C. (eds), Scientific publishers, 155–164.
- Parmesan, C. et al., 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399(6736):579–583.
- Pickens, B.A. & Root, K.V., 2008. Factors affecting host-plant quality and nectar use for the

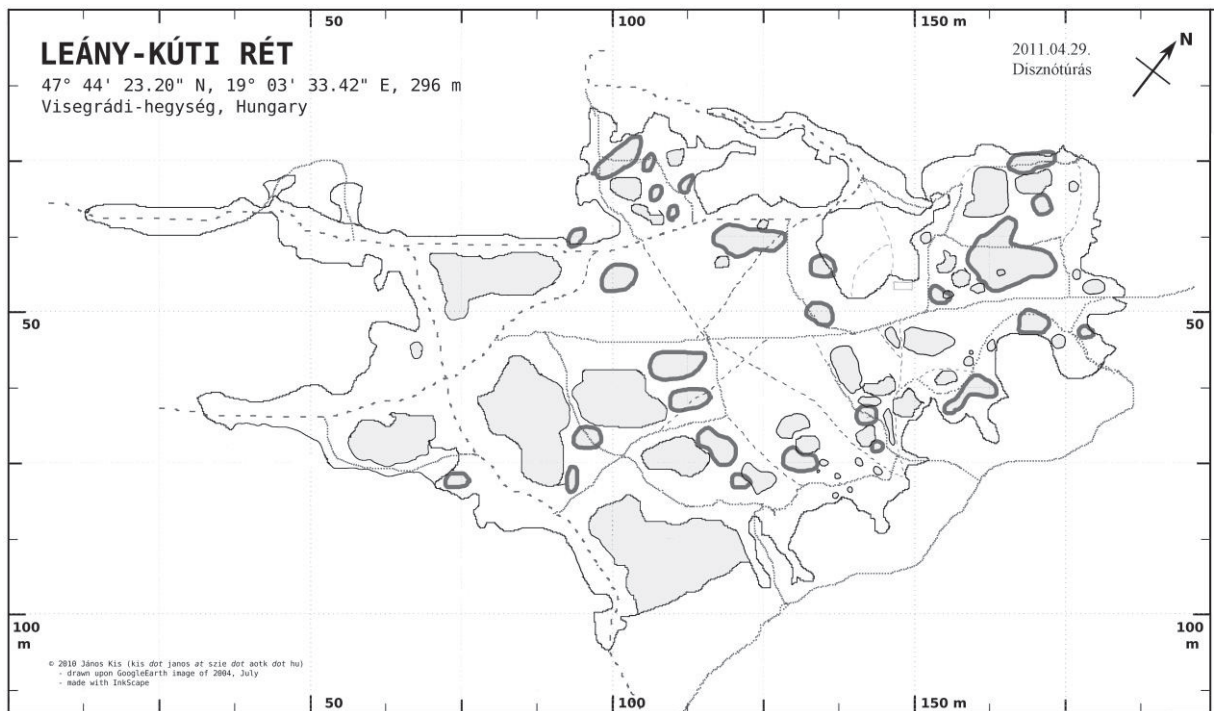
- Karner blue butterfly: implications for oak savanna restoration. *Natural Areas Journal*, 28(3):210–217.
- Pinheiro, J. et al., 2011. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models.
- R Development Core Team, 2011. R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*.
- Ronkay, L., 1997. *Nemzeti biodiverzitás monitorozó rendszer VII. Lepkék*, Budapest: Magyar Természettudományi Múzeum, 21–21.
- Rusterholz, H.P. & Erhardt, A., 2000. Can nectar properties explain sex-specific flower preferences in the Adonis Blue butterfly *Lysandra bellargus*? *Ecological Entomology*, 25(1):81–90.
- Sahel, N. et al., 2006. Facultative use of the repellent scent mark in foraging bumblebees: complex versus simple flowers. *Animal Behaviour*, (71):847–854.
- Simon, T., 1992. *A magyarországi edényes flóra határozója harasztok - virágos növények 5. javított kiadás, 2004.*, Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó Rt.
- Tudor, O. et al., 2004. Flower preferences of woodland butterflies in the UK: nectaring specialists are species of conservation concern. *Biological Conservation*, 119(3):397–403.
- United Nations Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre. Species Database *Parnassius mnemosyne*. Available at: <http://www.unep-wcmc-apps.org/isdb/Taxonomy/tax-species-result.cfm?displaylanguage=HUN&Genus=%25Parnassius%25&source=animals&speciesNo=16254&Country=&tabname=legal>
- Valimaki, P. & Itamies, J., 2003. Migration of the clouded Apollo butterfly *Parnassius mnemosyne* in a network of suitable habitats – effects of patch characteristics. *Ecography*, (26):679–691.
- Vlasanek, P., Hauck, D. & Konvicka, M., 2009. Adult Sex Ratio in the *Parnassius Mnemosyne* Butterfly: Effects of Survival, Migration, And weather. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 55(3):233–252.
- Wäckers, F.L., Romeis, J. & van Rijn, P., 2007. Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. *Annu. Rev. Entomol.*, 52:301–323.
- Weiss, J.C., 1999. The mnemosyne Group. In *The Parnassiinae of the World*. Canterbury, U.K.: Hillside Books, 177.
- Weiss, M.R., 1997. Innate colour preferences and flexible colour learning in the pipevine swallowtail. *Animal Behaviour*, 53, o.1043–1052.
- Weiss, M.R. & Papaj, D.R., 2003. Colour learning in two behavioural contexts: how much can a butterfly keep in mind? *Animal Behaviour*, 65:425–434.
- Yurtsever, S., Okyar, Z. & Guler, N., 2010. What colour of flowers do Lepidoptera prefer for foraging? *Biologia*, 65(6):1049–1056.



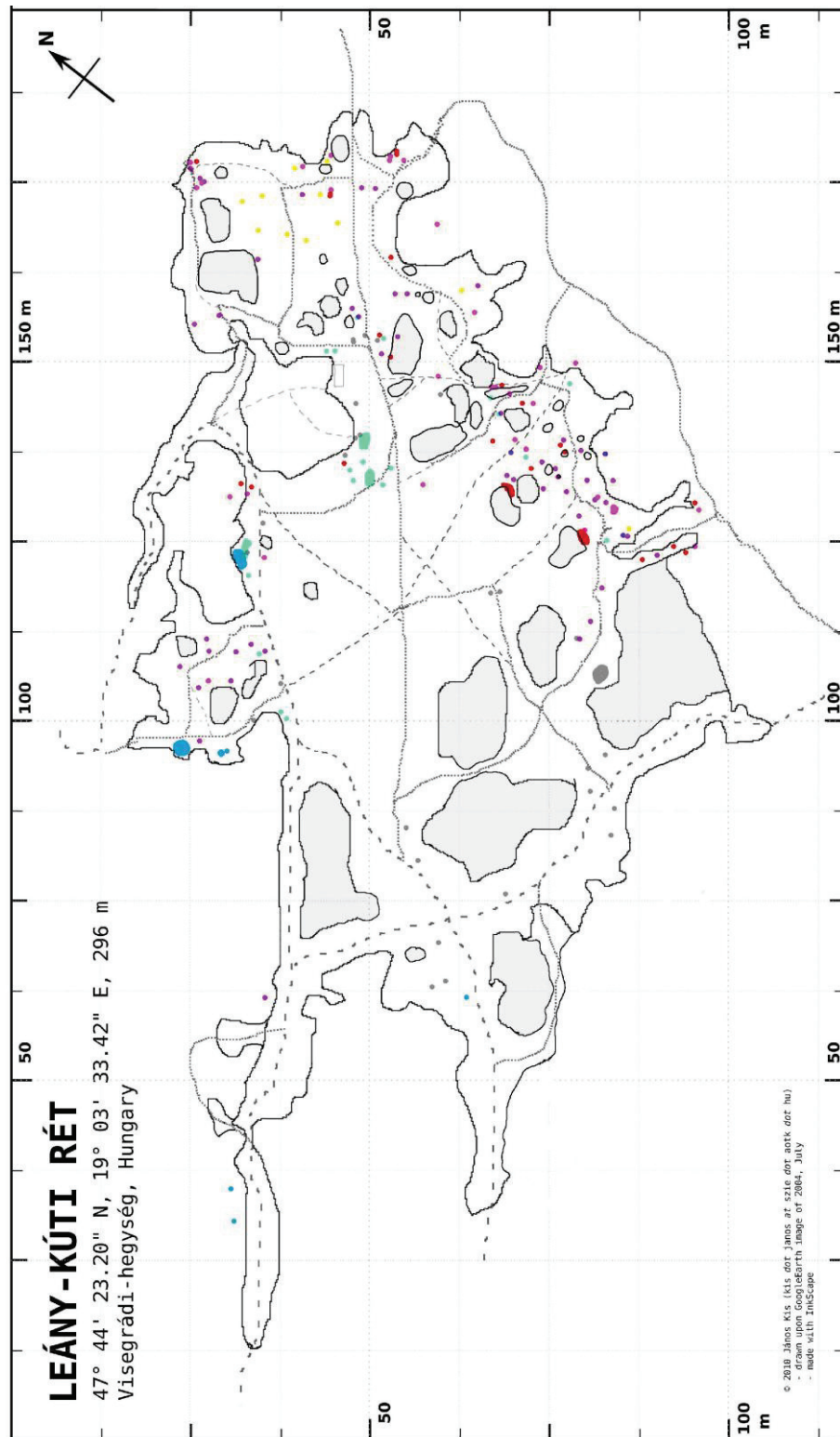
## Függelék



**1. térkép** Állandó 36 kvadrát helyei (nektárnövény becslés); folytonos vonal: rét-erdő határ, szaggatott vonal: ösvény, szürke: fa/cserje



**2. térkép** Vaddisznó túsás helyei (2011)



**3. térkép** Ritka előfordulású, korábbi években gyakran fogyasztott fajok előfordulása (2011); térképezett fajok: *Ajuga genevensis* ●, *Dianthus giganteiformis ssp. pontederæ* ●, *Lychnis viscaria* ●, *Inula hirta* ●, *Polygala comosa* ●, *Thymus odoratissimus* ●, *Trifolium pratense* ●, *Vicia cracca* ● (további a térképen nem szereplő térképezett fajok: *Filipendula vulgaris*, *Fragaria viridis*, *Trifolium montanum*, melyek az egész réten nagy számban fordulnak elő)

**1. táblázat** Fogyasztásbeli ivari eltérések statisztikai elemzése; félkövér: szignifikáns és közel szignifikáns ivarok közti eltérések; nőtények táplálkoztak többet: *D. giganteiformis ssp. pontederæ*, *P. comosa* hímek táplálkoztak többet: *A. genevensis*, *F. viridis* növény fajokon, az esélyhányadosokat e szerint kell figyelembe venni

növényfaj	év	táplálkozási megfigyelés száma	z	P	esélyhányados 95%-os egyoldali alsó konfidencia határa
<i>Ajuga genevensis</i>	2008-2011 (egyben)	217	1.560	0.119	0.951
	2008	94	4.314	<b>0.000016</b>	<b>4.691</b>
	2009	115	1.665	0.096	1.011
	2010	2	0.000	0.999	0.000
	2011	6	-0.391	0.696	0.002
<i>Dianthus giganteiformis ssp. pontederæ</i>	2008-2011 (egyben)	589	-2.806	<b>0.005</b>	<b>1.370</b>
	2008	41	-2.582	<b>0.010</b>	<b>2.024</b>
	2009	102	-1.711	0.087	1.027
	2010	154	-0.699	0.504	0.556
	2011	292	-1.941	<b>0.052</b>	<b>1.170</b>
<i>Fragaria viridis</i>	2008-2011 (egyben)	393	2.327	<b>0.020</b>	<b>1.498</b>
	2008	5	-0.019	0.985	0.000
	2009	35	1.224	0.221	0.587
	2010	55	0.800	0.424	0.601
	2011	298	1.812	<b>0.070</b>	<b>1.194</b>
<i>Lychnis viscaria</i>	2008-2011 (egyben)	888	-1.303	0.193	0.911
	2008	10	-0.651	0.515	0.057
	2009	157	-0.623	0.533	0.701
	2010	42	-0.151	0.880	0.356
	2011	679	-0.677	0.498	0.689
<i>Polygala comosa</i>	2008-2011 (egyben)	126	-2.003	<b>0.045</b>	<b>1.153</b>
	2008	12	-1.853	<b>0.064</b>	<b>1.277</b>
	2009	24	-0.912	0.362	0.665
	2010	36	-2.961	<b>0.003</b>	<b>2.503</b>
	2011	54	0.979	0.328	0.239
<i>Ranunculus polyanthemos</i>	2008-2011 (egyben)	82	1.239	0.215	0.735
	2008	0	0.000	1.000	0.000
	2009	2	-0.179	0.858	0.002
	2010	27	1.272	0.203	0.711
	2011	53	0.918	0.358	0.082

Szerzői jogi nyilatkozat

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozatról

Alulírott .....(név)

.....(évf., szak megnevezése)

#### **kijelentem, hogy**

.....  
.....  
.....

című szakdolgozatom saját kutató munkám eredménye. Hozzájárulok, hogy a szerzői jogok tiszteletben tartása mellett a SZIE Állatorvos-tudományi Könyvtárban és az egyetemi adattárban elhelyezett nyomtatott és elektronikus példányokat az érdeklődők felhasználják az alábbi feltételekkel: (Kérjük aláhúzással jelölni)

**Nyomtatott** másolható: részben / egészben

**Elektronikus** megjeleníthető: belső hálózaton / szabad hozzáféréssel,  
interneten

aláírás

Budapest, .....