

**PhD értekezés tézisei**

**VISELKEDÉS, MORFOLÓGIA ÉS ÖKOLÓGIAI  
KÉNYSZEREK NAPPALI LEPKÉKNÉL**

Vajna Flóra Mária

Témavezető: Dr. Kis János



Állatorvostudományi Egyetem  
Állatorvostudományi Doktori Iskola

Budapest, 2022

Témavezető:

Dr. Kis János

Állatorvostudományi Egyetem

Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék

## Tartalomjegyzék

Általános bevezetés és célok.....	3
Első fejezet: A kis apollólepke ( <i>Parnassius mnemosyne</i> (LINNAEUS, 1758)) nektárnövényfajok közti választása.....	6
Második fejezet: Lepkék pödörnyelv hosszának mérése - irodalmi áttekintés.....	8
Harmadik fejezet: Populációs pödörnyelv hossz változatosság befolyásolja a nektárnövény választást.....	10
Negyedik fejezet: A kis Apolló-lepke pödörnyelv hosszának és nektárnövényeinek kehely hosszának éves változatossága.....	12
Új tudományos eredmények.....	15
A szerző publikációi.....	16
1. Lektorált, impakt faktorral bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk.....	16
2. Lektorált, impakt faktorral nem bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk.....	17
3. Előadások hazai és nemzetközi konferenciákon.	17
4. Poszter prezentációk hazai és nemzetközi konferenciákon.....	20

## Általános bevezetés és célok

A növényeket és rovar beporzóikat bonyolult kapcsolatrendszerek fogják össze. Az egyes kapcsolatokat koevolúciós folyamatok formálják. Ezen kapcsolatok mozgatórugója, hogy a növények valamilyen jutalmat (általában nektárt és pollent, mint ételmezt) kínálnak látogatóinknak megporzásukért

cserébe. A lepkék fontos beporzók lehetnek: több mint 140 ezer lepkefajról feltételezhető, hogy virágokat látogatnak és potenciálisan be is porozzák azokat. A lepkék erősen specializálódott szájszervüket, a pödörnyelvüket használják a virágok nektárjának felszívására. A növény-beporzó kapcsolatok evolúciója részben a viráglátogatók nyelv hosszának és a látogatott virágok kehely hosszának arányán keresztül alakul.

Elsődleges célunk a kis Apolló-lepkék táplálkozási viselkedését befolyásoló növényi tulajdonságok vizsgálata volt, valamint a pödörnyelv szerepének értékelése a nektárnövény-választásban.

Először azt vizsgáltuk, hogyan befolyásolja a kis Apollók nektárnövény-választását a rovar beporzás jelentősége, a nektár mennyisége, a virág színe, típusa, illetve növényfaj gyakorisága, valamint a megfigyelés éve. Azt találtuk, hogy a virággyakoriságnak jelentős szerepe volt a választásban, míg a színnek és típusnak kisebb. A növények fajösszetétele, valamint relatív gyakoriságuk különbözött a két vizsgált helyszínen, ami kissé eltérő eredményhez vezetett.

Másodjára áttekintettük az elérhető pödörnyelv-mérési módszereket. Sokféle preparálási és

mérési módot találtunk., Sok vizsgálat elpusztult egyedek pödörnyelvét mérte, néhány élő példányokét, számos közlemény nem tisztázta a mért állatok állapotát. Az átnézett cikkek sok esetben nem közöltek részletes leírást az alkalmazott módszerekről. Ajánlásokat fogalmaztunk meg az alkalmazott mérési módszerek és a leíró statisztikák közléséhez. Kifejlesztettük saját módszereinket, amellyel élő lepkék pödörnyelvét, illetve *in situ* kehelyhosszokat lehet mérni. E módszerek nem invazívak, így elkerülhető a mért egyedek pusztulása és a nektárnövény-kínálat mérések miatt bekövetkező változása. Mindkét módszer megfelelően pontos és könnyen kivitelezhető nagy minták esetén is, ismételhetőek, és alkalmasak élő példányok mérésére.

Harmadjára egyedi és éves változatosságot találtunk a kis Apollók nyelv hosszában, valamint a leggyakrabban látogatott növényfajok kehelyhosszúságában, öt egymást követő év során. Azt találtuk, hogy az egyedi pödörnyelv hossz természetes körülmények között összefüggésben lehet a nektárnövény-választással egy olyan lepkefaj esetében, amelyik nem specializálódott egy adott

nektárnövényfajra, de ez a kapcsolat nem volt állandó évek és növényfajok között.

Összefoglalva, a kis Apolló-lepkék nektárnövény-választását egyszerre több tulajdonság befolyásolja. A kapcsolat, a nektárnövény-választás, a növény- és a lepkejellegek évről-évre változhatnak, jelezve, hogy hosszú távú vizsgálatok szükségesek mind a mintázatok leírásához, mind a megértésükhöz.

### **Első fejezet: A kis apollólepke (*Parnassius mnemosyne* (LINNAEUS, 1758)) nektárnövényfajok közti választása**

A lepkék jó modelljei lehetnek a táplálékforrás-választás tanulmányozásának, mert a kifejlett egyedek válogatnak a nektárforrás-kínálatból és képesek alkalmazkodni időben változó táplálékforrásaikhoz. Célunk a kis Apolló-lepke (*Parnassius mnemosyne* (LINNAEUS, 1758)) nektárnövényfaj választását befolyásoló virágtulajdonságok megismerése volt. A vizsgált populációk egyedeit jelölés-visszalátás módszerrel mintavételeztük 5, majd 2 éven keresztül két egymáshoz közeli réten a Visegrádi-hegységben. A virággyakoriságot bejárásos módszerrel becsültük. A

virágtulajdonságokat a Bioflor adatbázisból gyűjtöttük ki. Az évenkénti viráglátogatási arány változott a növényfajok között (A4.4 táblázat). Nagy változatosságot találtunk az elérhető növények tulajdonságaiban és a virágkínálatban az egyes évek és a két rét között (1.1 ábra, A1.1 táblázat). A lepkék választását a virágok gyakorisága, színe és típusa, valamint a rovar-beporzás szerepe befolyásolta az egyik (1.3 ábra), míg csupán a virággyakoriság és a virágszín a másik réten (1.4 ábra). A növények beporzók választását befolyásoló tulajdonságai egymástól valószínűleg nem függetlenek. A viráglátogatási mintázat mindkét élőhelyen arra utal, hogy a kis Apolló-lepkék választanak elérhető forrásaik közül. A két rét populációi közötti különbség azt sugallja, hogy a választás környezetfüggő. Valószínű, hogy az energiabefektetés-arányosan kinyerhető legtöbb és/vagy legjobb nektárt nyújtó fajokat látogatják a leggyakrabban. Ahhoz, hogy egy élőhely megfelelő legyen egy adott lepkefaj számára, elsődleges szempont a lárvális tápnövény jelenléte, ám az imágók táplálékát biztosító nektárnövények kellő mennyiségű előfordulása is nélkülözhetetlen lehet.

## **Második fejezet: Lepkék pödörnyelv hosszának mérése - irodalmi áttekintés**

A szájszerv morfológiája elválaszthatatlan a táplálkozástól. A növény-beporzó kapcsolatokban a szájszerv hossza fontos szerepet játszik a táplálkozás hatékonyságában, a forrásfelosztásban és a beporzásban, ezért fontos a nektárfogyasztó rovarok szájszervének morfológiai változatosságának mérése. A legtöbb kifejlett lepke nektárral táplálkozik és részt vesz a beporzásban. Bár számos tanulmány alkalmazott morfometriai méréseket a lepkék szájszervének (pödörnyelv) hosszára, a metódusokra vonatkozó általános ajánlások ritkák. Áttekintettük a lepkék pödörnyelv hossz mérési módszereit. Arra összpontosítottunk, hogy hogyan mérték a nyelvet, mennyire voltak pontosak a mérések, és hogyan korlátozta ezeket a mintavételi erőfeszítés; olyan kutatási cikkeket vizsgáltunk, melyekben lepkék nyelv hosszát mérték, és kikerestük belőlük a mérések céljaira, az előkészítésre és a mérési módszertanra, valamint a leíró statisztikákra vonatkozó ismereteket. Mind az előkészítéshez, mind a mérésekhez különböző módszereket alkalmaztak a tanulmányok szerzői. A 135



áttekintett cikk közül sokan nem adtak leírást az alkalmazott eljárásokról (2.3 ábra). A kutatási célok a tanulmányok között eltérőek voltak. A vizsgálatok 44%-a halott példányokon mért nyelv hosszát, 13%-a élő példányokon, 43%-a pedig nem volt egyértelmű. A tanulmányok 15%-a mért tolmérővel, 9%-a vonalzóval, 1%-a milliméteres skálával, 4%-a okuláris mikrométerrel, 3%-a rajzzal és 14%-a fénykép által mért; 55%-ról nem volt információ. Hangsúlyozzuk az alkalmazott módszerek részletes leírásának fontosságát. A jövőbeni mérésekhez iránymutatást (2.1 táblázat) adva arra ösztönözzük a méréseket tervező kutatótársakat, hogy vegyék figyelembe a minta előkészítési technikáinak az eredményekre gyakorolt hatását, határozzák meg a mérési végpontokat (landmark), vegyék figyelembe a műszerek felbontását, a pontosságot, tervezzenek megfelelő mintaelemszámot, és számoljanak be a mérési módszerek részleteiről.

### **Harmadik fejezet: Populációs pödörnyelv hossz változatosság befolyásolja a nektárnövény választást**

Az intraspecifikus morfológiai különbségek alapvetően befolyásolják a források egyéni hasznosítását. A növény-beporzó kapcsolatrendszerekben a virágmorfológia és a beporzók szájszervének eltérései befolyásolhatják a beporzók forrás-felhasználását. Ezt a kapcsolatot gyakran vizsgálták fajok között, de fajon belül, természetes körülmények között ritkán. A kis Apolló-lepkék, (*Parnassius mnemosyne*) viráglátogatását vizsgáltuk. (i) Megvizsgáltuk, hogy a szájszerv (pödörnyelv) hosszának változatossága befolyásolja-e az egyedi nektárnövény-választást egyetlen populáción belül. Feltételeztük, hogy a virágmélység és a nyelv hossz aránya befolyásolja a lepkék viráglátogatását. (ii) Vizsgáltuk, hogy az egyedi nyelv hossz korlátozta-e a táplálkozást az enyves szegfűvön (*Silene viscaria*), egy olyan fajon, amely sok nektárt termel és a látogatott nektárforrások közül legmélyebb virágkehellyel rendelkezik. Feltételeztük, hogy az enyves szegfűvet látogató egyedek hosszabb nyelvvel rendelkeznek, mint azok, amelyeket nem

figyeltünk meg ezen a nektárforráson. A kis Apollókat megfogtuk, majd megmértük az nyelvük hosszát. Az egyedileg jelölt kis Apollók nektárnövényfajokon való táplálkozást feljegyeztük. Összehasonlítottuk az nyelvhosszt a 6 leggyakrabban látogatott nektárnövény kehelyhosszával, és vizsgáltuk, hogy az egyedek nektárnövények látogatásai összefüggésben állnak-e az nyelvhosszal. Nagy populáción belüli eltérést találtunk a nyelvhosszban, és jelentős fajon belüli, valamint fajok közötti eltérést a 6 nektárnövény kehelyhosszában (3.1 ábra). Az enyves szegfű kehelyhossza nagymértékben átfedett kis Apollók nyelvhosszával, míg a másik 5 növény virágai rövidebbek voltak (3.1 ábra). A hosszabb nyelvvel rendelkező egyedek gyakrabban látogatták a enyves szegfű virágait, mint a rövid nyelvűek (3.2 ábra, 31. táblázat). Ezek az eredmények a morfológiai eltérések fontosságára utalnak a növények és a beporzók közötti kölcsönhatásban. Mi közöljük az első bizonyítékot arra, hogy a nyelv hosszának egyéni eltérései természetes körülmények között összefüggenek a lepkék viráglátogatásával. Azt sugalljuk, hogy a fajok közötti kölcsönhatások a növény-beporzó rendszerekben részben egyedileg eltérő,

folytonos tulajdonságokon alapulnak, nem pedig a különböző taxonok jól meghatározott, diszkrét tulajdonságain, ahogy azt a pollinációs szindróma hipotézis feltételezi.

**Negyedik fejezet: A kis Apolló-lepke pödörnyelvhozzának és nektárnövényeinek kehelyhozzának éves változatossága**

Kimutattuk a harmadik fejezetben, hogy a kis Apolló-lepkék pödörnyelvhozza befolyásolja egy hosszú kehelyű nektárnövényfajon történő viráglátogatásukat, egy egyéves vizsgálat során. Ha a fajon belüli kehelyhozz és/vagy kis Apolló nyelvhozz évek között változik, akkor ez hozzájárulhat a többéves viráglátogatási mintázat változatosságához. Különböző környezeti tényezők (pl. csapadék eloszlás) hatására a pödörnyelv-, és kehelyhozzok, valamint a virág abundanciák változhatnak, és ezek a tényezők az évek során fluktuálhatnak. Vizsgáltuk a pödörnyelv- és a kehelyhozz arányának viráglátogatásra gyakorolt hatását 5 éven keresztül. Kérdéseink voltak, hogy (i) egy adott növényfajt látogató kis Apollóknak hosszabb-e a nyelvük, mint az adott fajon meg nem figyelteknek és (ii)

mennyire konzisztens a látogatási gyakoriság virágfajonként éveken keresztül? Metodológiai változás történt a kehelyhossz mérésben (tolómérővel 2015-ben, makrofotókról 2016–19-ben). A 2015-ben használt részletes virágabundancia becslés (folytonos változó) a további években nem állt rendelkezésünkre, amikor a „bejárásos” módszerrel kategóriásan becsültük a virágkínálatot. Ez a durvább becslés 2015–19-ben állt rendelkezésünkre, és nem volt alkalmazható a viráglátogatás ~ nyelvhossz modellben. Egyedi változatosságot figyeltünk meg a nyelv- és kehelyhosszokban (4.1 & 4.2 ábrák). Éves változatosságot találtunk a nyelvhosszban és 4-ből 3 fontos nektárnövényfaj esetében a kehelyhosszban (4.2 ábra). A nyelvhossz két esetben volt kapcsolatban a táplálkozással: 2015-ben az enyves szegfű (*Silene viscaria*) és 2016-ban az erdei gyöngyköles (*Buglossoides purpureocaerulea*) esetében a hosszabb nyelvű egyedek nagyobb eséllyel látogatták az adott nektárnövény fajt (4.3 ábra, 4.2 táblázat). Utóbbi inkább a fajok fenológiájával magyarázható, mint a nyelv ~ kehely aránnyal: 2016-ban az erdei gyöngyköles kehelyhosszok mind rövidebbek voltak a

nyelv hosszoknál (4.2 ábra) és a virágok a lepkék repülési időszakának elején voltak gyakoriak (A4.1 ábra); ebben az időszokban inkább hosszabb nyelvű lepkék éltek (4.7 ábra). Ezzel ellentétben az enyves szegfű virágok hosszabbak voltak a legtöbb nyelvénél és a virágzási fenológia hasonló volt a kis Apollók fenológiájához (Figure A4.1). Ezek arra utalnak, hogy a kis Apollók csupán az enyves szegfűvön történő látogatását korlátozzák a kehelyhosszok, míg az a mintázat, hogy az erdei gyöngykölest a hosszabb nyelvű egyedek látogatták gyakrabban az inkább a lepkék és virágok fenológiájának kapcsolatával magyarázható. Ezek az eredmények nem támasztják alá azt a hipotézist, mely szerint csak azok a viráglátogató rovarok képesek nektárt fogyasztani, amelyeknek a szájszerve legalább olyan hosszú, mint maga a kehely. Ez a hipotézis nem vesz figyelembe más strukturális tényezőket, mint pl. a fej szélessége vagy a kehely átmérője, amelyek befolyásolhatják a nektárhoz való hozzáférés lehetőségét. A nyelv- és kehelyhosszokban észlelt éves változatosság hangsúlyozza a növény-beporzó kapcsolatok dinamikájának megértésben a többéves vizsgálatok jelentőségét.

## Új tudományos eredmények

1. A kis Apolló-lepkék nektárnövényfaj-választását elsősorban a növényfajok gyakorisága, a virágok színe és típusa befolyásolta. A befolyásoló tényezők hatása eltérő lehet élőhelyek között.
2. Áttekintettük a lepkék pödörnyelv hossz mérésének módszereit. Megállapítottuk, hogy az áttekintett cikkek jelentős része nem közölt részletes leírást az alkalmazott eljárásokról, ami megnehezíti a vizsgálat reprodukálhatóságát. Részletes ajánlásokat fogalmaztunk meg a lepkék nyelv hossz mérésének tervezésére, kivitelezésére és közlésére.
3. Nem invazív, ismételhető fényképes módszereket dolgoztunk ki élő kis Apolló-lepkék nyelv hosszának és a *in situ* mély kelyhű virágok kehely hossz mérésére.
4. Jelentős egyéni és éves eltérést találtunk a kis Apollók nyelv hosszában (4.1. ábra, A4.1. táblázat), valamint a leglátogatottabb nektárforrások kehely hosszában (4.2. ábra, A4.1. táblázat).
5. Megállapítottuk, hogy a nyelv hossz egyéni variációja természetes körülmények között összefügghet a nektárnövény-választással egy olyan faj esetében, amely nem specializálódott egyetlen nektárnövényre.

Több év vizsgálata azonban ellentmondásos, valószínűleg részben a kehelyhossz és a nyelv hossz nagy éves varianciája miatt. Eredményeink ellentmondanak annak a feltételezésnek, hogy a nektárhoz való hozzáféréshez az egyed nyelvének olyan hosszúnak vagy hosszabbnak kell lennie, mint a kehely hossza, amiből táplálkoznak. Javasoljuk egyszerre több morfológiai tulajdonság vizsgálatát mind a növény, mind a viráglátogató szempontjából.

## **A szerző publikációi**

### **1. Lektorált, impakt faktorral bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk**

Szigeti V., Vajna E., Kőrösi Á., Kis J.: Are all butterflies equal? Population-wise proboscis length variation predicts flower choice in a butterfly, *Animal Behaviour*, 163, 135-143, 2020, DOI: 10.1016/j.anbehav.2020.03.008, (IF<sub>2020-21</sub>: 2.844)

Vajna E., Szigeti V., Kis J.: Measuring proboscis length in Lepidoptera - a review, *Zoomorphology*, 140, 1–15, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00435-020-00507-z>, (IF<sub>2020</sub>: 1.18)



## **2. Lektorált, impakt faktoral nem bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk**

Vajna F., Szigeti V., Harnos A. Kis J.: A kis apollólepke (*Parnassius mnemosyne* (LINNAEUS, 1758)) nektárnövényfajok közti választása, Állattani Közlemények, 106, 1-27, 2021., DOI: 10.20331/AIKoz.2021.106.1-2.1

## **3. Előadások hazai és nemzetközi konferenciákon**

Vajna F.: Kis Apolló-lepkék (*Parnassius mnemosyne*) pödörnyelv hosszának kapcsolata nektárforrásaik pártacsóhosszával. SZIE-ÁOTK Tudományos Diákköri Konferencia. Budapest, 2015

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Kis Apolló-lepkék (*Parnassius mnemosyne*) pödörnyelv hosszának kapcsolata nektárforrásaik pártacsóhosszával. Magyar Etológus Konferencia. Dobogókő, 2015

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Kis Apolló-lepkék (*Parnassius mnemosyne*) pödörnyelv hosszának kapcsolata nektárforrásaik pártacsóhosszával. Akadémiai Beszámolók. Budapest, 2016

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Hogyan befolyásolja a kis Apolló-lepkék pödörnyelvének hossza, hogy milyen

virágokon táplálkoznak?. II. Élettudományi Liffbeszéd Fesztivál, Budapest, 2016

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Testméretfüggő táplálékválasztás kis Apolló-lepkéknél. Szünzoológiai Szimpózium. Budapest, 2016

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Virágmélység és pödörnyelv hossz kapcsolata a kis-Apolló lepkénél. II. Országos Lepkés Találkozó. Szögliget, 2016

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Kis Apolló-lepkék nektárnövény-látogatása egy hosszú pártacsövű virágfajon. Magyar Etológus Konferencia. Dobogókő, 2017

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Kis Apolló-lepkék nektárnövény-látogatása egy hosszú pártacsövű virágfajon, A Magyar Rovartani Társaság 860. előadójelentése. Budapest, 2018

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Kis Apolló-lepkék nektárnövény-látogatása egy hosszú pártacsövű virágfajon. Akadémiai Beszámolók. Budapest, 2019

Zorkóczy O., Kőrösi Á., Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Body size-related survival in a natural population of Clouded Apollo butterflies, *Parnassius mnemosyne*. Reproductive

strategies from genes to societies – Frontiers in animal and plant reproduction research. Debrecen, 2019

Gór Á., Lang Zs., Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Prolonged mate-guarding and male investment dynamics in Clouded Apollo butterflies, *Parnassius mnemosyne* (Papilionidae: Parnassiinae). Reproductive strategies from genes to societies – Frontiers in animal and plant reproduction research. Debrecen, 2019

Zorkóczy O., Kőrösi Á., Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Body size-related survival in a natural population of Clouded Apollo butterflies. Integrating social behaviour and population demography for conservation of wild populations, Debrecen, 2020

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Kis Apolló-lepkék nektárforrás-választása. Akadémiai Beszámolók. Budapest, 2020

Zorkóczy O., Kőrösi Á., Vajna F., Szigeti V., Kis J.: A testméret kapcsolata a túléléssel kis Apolló-lepkénél. Akadémiai Beszámolók. Budapest, 2020

#### **4. Poszter prezentációk hazai és nemzetközi konferenciákon**

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Virágmélység és pödörnyelv hossz kapcsolata a kis-Apolló lepkénél (*Parnassius mnemosine*). I. Országos Lepkésztalálkozó. Ispánk, 2015

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Virágmélység és pödörnyelv hossz kapcsolata a kis-Apolló lepkénél (*Parnassius mnemosine*). 10. Magyar Ökológus Kongresszus. Veszprém, 2015

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Kis Apolló-lepkék nektárnövény-látogatása egy hosszú pártacsövű virágfajon. XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia. Eger, 2017

Vajna F., Szigeti V., Kis J.: Proboscis length influences flower visitation on species with long corolla in Clouded Apollo butterflies, Student Conference on Conservation Science. Tihany, 2018