

**Állatorvostudományi Egyetem
Állatorvostudományi Doktori Iskola**

**Nektárnövény kínálat és használat
kis Apolló-lepkéknél (*Parnassius mnemosyne*)**

PhD értekezés tézisei

Szigeti Viktor

2018

Témavezetők és témabizottsági tagok:

Dr. Kis János

Állatorvostudományi Egyetem,
Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék
témavezető

Dr. Harnos Andrea

Állatorvostudományi Egyetem,
Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék
társ-témavezető

Dr. Kőrösi Ádám

MTA-ELTE-MTM Ökológiai Kutatócsoport
témabizottsági tag

Dr. Nagy János

Szent István Egyetem,
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet
témabizottsági tag

Bevezetés

A növény-beporzó rendszerek fontos szerepet játszanak a legtöbb szárazföldi ökoszisztéma fenntartásában. A beporzók és a hozzájuk kötődő növények közti ökológiai, koevolúciós összefüggések a komplexitásuk miatt sokféle nézőpontból vizsgálhatóak és rendkívül izgalmas kérdéseket vetnek fel.

A beporzó rovarok a virágokban található – térben és időben rendkívül gyorsan változó – forrásokkal táplálkoznak. Egyedszámuk, diverzitásuk és viráglátogatási viselkedésük függ a növényfajok számától, a virágok mennyiségétől és sűrűségétől, a virágokban található táplálék mennyiségétől és minőségétől. A növények által nyújtott táplálék az egyik legerősebb hatás a beporzó rovar közösségek tér- és időbeli struktúrájára.

Mivel a táplálkozás jelentős hatással van a túlélésre és a szaporodási sikerre, így szükségleteik optimális kielégítésének érdekében a beporzó rovarok válogatnak a kínálatból. A növény-beporzó közösségekben található jelentős faj- és funkcionális diverzitás miatt számos növényi tulajdonsághoz kell igazítaniuk táplálkozási viselkedésüket, ami különbözhet fajok, populációk, generációk, ivarok, egyedek között, valamint változhatnak életkorral és fejlődési stádiummal.

A pollinációs kérdésekkel foglalkozó tanulmányok száma rohamosan nő, ehhez képest a terepi módszerek és elemzések terén még számos hiányosságot találhatunk. A természetes beporzó közösségeket meghatározó rengeteg eltérő növényi és állati tulajdonság, valamint környezeti tényező miatt az itt zajló folyamatok mintázatainak megértéséhez a rendszert különböző tér- és időléptéken, valamint szerveződési szintjein párhuzamosan, minél jobb

módszerekkel kellene mintavételezni. Számos megfigyeléses terepi vizsgálat nagy léptékben, alacsony felbontással vizsgálja a pollinációs hálózatokat, míg mások részletes felbontással, de kis léptéken, többségében kísérletesen vizsgálják a növény-beporzó kapcsolatokat. Noha számos hipotézis létezik, ami jól magyarázza a táplálkozás és források közti összefüggéseket, ritkák a hosszú-távú, részletes megfigyeléses adatsorok, amelyek természetes körülmények között követnék a beporzók teljes élettartam alatti viselkedését. A növény-beporzó rendszerekben zajló folyamatok megértéséhez jó minőségű, részletes terepi adatokra is szükség van, mert a megfelelő precizitással gyűjtött adatok elemzésével tárhatóak fel a háttérükben álló alapvető ökológiai folyamatok, és ezek az ismeretek szükségesek a kísérletes vizsgálatok és a konzervációs tervek megalapozásához is.

A beporzó rovarok táplálkozási stratégiáinak megértéséhez jó lehetőséget nyújt egyes – könnyebben mintavételezhető – lepkefajok viselkedésének tanulmányozása. Esetükben a lárvák herbivór táplálkozásának és az imágók nektár fogyasztásának eltérő forrásai biztosítják a megfelelő mennyiségű és minőségű táplálékot, így mindkét igen eltérő állapot egyaránt hatással lehet az élethosszokra és a szaporodási sikerükre. A lepkék növényfajok közti válogatásáról, a viráglátogatás idő-, és térbeli változásairól egyelőre viszonylag keveset tudunk. Ritkák a táplálkozási viselkedést több szinten, több szempontból tárgyaló tanulmányok.

Célkitűzések

Beporzó-táplálékforrás mintavétel

Az értekezésben arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a viráglátogató rovarok hogyan hasznosítják táplálékforrásaikat. A rendkívül komplex növény-beporzó rendszerek megismeréséhez pontos terepi adatokkal alátámasztott eredményekre van szükség, amihez a részvevők (növények és állatok) minél korrektebb mintavételezésére lenne szükség. Az alkalmazott mintavételi módszerek és a kivitelezés terén azonban még számos probléma és hiányosság található. Többek között nincs a beporzó rovarok táplálékforrásainak becslésére általánosan elfogadott, kiforrott módszer. Ezért egy módszertani irodalom áttekintés és egy módszertani esettanulmány keretében azt vizsgáltam, hogy milyen módszerekkel lehetne jól becsülni a virágforrásokat. A gyakran használt mintavételi eljárásokat áttekintő tanulmányban a korábbi pollinációs vizsgálatok mintavételeinek tér- és időbeliségét jellemző változóit gyűjtöttem ki, és a köztük található csereviszonyokat vizsgáltam. A módszertani esettanulmányban két, virágkínálatot mintavételező, módszert hasonlítottam össze, annak érdekében, hogy jobban átláthatóvá váljanak a virágkínálat mintavételezése során felmerülő nehézségek.

Kis Apolló-lepkék viráglátogatói mintázatai

Az értekezés második részében a kis Apolló-lepke (*Parnassius mnemosyne*, Linnaeus, 1758; Lepidoptera: Papilionidae) nektárnövényeken való táplálkozásának tér- és időbeli változásait vizsgáltam. A beporzó rovarok táplálkozási viselkedésének megértéséhez jó modellfajnak bizonyul a kis

Apolló-lepke, ugyanis jól mintavételezhetőek terepi körülmények között, sok időt töltenek táplálkozással, mialatt könnyen megfigyelhetőek, jól monitorozhatóak jelölés-visszalátás módszerrel, és kis területű zárt élőhelyein részletes egyedszintű táplálkozási megfigyelések is gyűjthetők róluk. Ennek ellenére kevés korábbi adat érhető el a nektárnövény használatukról. A fő kérdésem az volt, hogy a kis-Apolló-lepkék viráglátogatását milyen tényezők befolyásolják, a viráglátogatás és virággyakoriságok közti összefüggések hogyan változnak időben és térben, valamint populációs- és egyedszinten. Vizsgáltam, hogy a kis Apolló-lepkék élőhelyén milyen rovar-porozta növényfajok érhetőek el, mely fajokat látogatják és mely növénytulajdonságok meghatározóak a nektárnövény választásban. Az értekezésben bemutatom, hogy évről évre mennyire hasonló a virágkínálat, és mennyire hasonló a nektárnövény látogatás; a repülési időszakon belül és az évek között hogyan változnak a virágzás-fenológiai és a viráglátogatási dinamikák; a viráglátogatások hogyan függnek a virággyakoriságtól, és ezek az összefüggések változnak-e évek között, és különbözőek-e növényfajok között. Vizsgálati kérdésem volt továbbá, hogy az egyedek viráglátogatási mintázata változik-e az élettartamuk alatt, valamint hogy az egyedek viráglátogatási mintázatai jelentősen különböznek-e egymástól. Végül célom volt feltárni, hogy a kis Apolló-lepke imágók élőhelyen belüli térbeli előfordulását hogyan befolyásolja forrásainak térbeli előfordulása.

Módszerek

Beporzó-táplálékforrás mintavétel

A beporzó-táplálékforrások mintavételezési módszereinek áttekintése során 158 olyan vizsgálatból nyertük ki a módszereket jellemző változókat, melyekben rovarbeporzók vizsgálata során, mérsékelt égövi természetes területeken, nagy léptéken becsülték a virágokból elérhető forrásokat. Ehhez tudományos irodalmi adatbázisokban kulcsszavak segítségével kikerestük, majd válogattuk az alkalmas publikációkat. Megadtuk a kigyűjtött változók leíró statisztikáit. Vizsgáltuk, hogy a mintavételezések részletessége változott-e a publikálás évének függvényében. A mintavételt jellemző változók tér- és időbeli felbontásában csereviszonyokat kerestünk, amelyek megléte alátámasztja, hogy a kutatóknak korlátozott idő és munkaerő áll rendelkezésére a mintavétel során, amit meg kell osztaniuk a mintavétel eltérő komponensei között.

Egy módszertani esettanulmány keretében két általunk használt virágkínálatot becslő módszert hasonlítottunk össze, egy kis réten végzett terepi mintavétel esetében. A két alkalmazott módszer közül az egyik a teljes rét bejárása során virágzó fajok összeírásából és azok gyakoriságának kategóriás becsléséből állt. A másik módszer virágzó tövek leszámlálása volt kvadrátokban. A két módszert a következő szempontok szerint vetettük össze: megtalált növényfajok száma, a becsült virággyakoriság és a virágkínálat időbeli változásának becslése.

Kis Apolló-lepkék viráglátogatási mintázatai

A kis Apolló-lepkék nektárnövényeken való táplálkozását, annak tér- és időbeli változását a Visegrádi-hegységben a Leány-kúti réten 2009 és 2013 között, valamint a Hegyesden 2014-ben vizsgáltuk. A lepkéket jelölés-visszalátás módszerrel mintavételeztük. Visszalátáskor feljegyeztük az észlelt egyed színekódját, ivarát, az észlelés időpontját és a megfigyelés helyét. Mintavételeztük a potenciális nektárnövényforrások gyakoriságát. Adatbázisokból gyűjtöttük a növényfajok virágtulajdonságait, mértük a virágokban található nektárok mennyiségét és cukor tartalmát. Becsültük a lepke forrásainak (hernyókori tápnövény, nyílt-zárt foltok aránya, nektárnövény) térbeli előfordulását. Célunk elsősorban a mintázatok feltárása volt. Eredményeink terepi megfigyelésekre épültek, így a gyűjtött adatok jellege miatt elsősorban leíró jellegű elemzések készültek.

Eredmények

Beporzó-táplálékforrás mintavétel

A beporzó-táplálékforrás mintavételt tartalmazó publikációk áttekintése során számos különböző mintavételi módszert találtunk. Változatos volt a mintavételi egység és a leszámított változó típusa. Az alkalmazott mintavételi metodika nem minden esetben volt világosan leírva. A legtöbb publikációban nem fogalmazták meg, hogy miért az adott módon végezték a mintavételt. A mintavételi egység a legtöbb esetben kvadrát vagy transzekt volt. A vizsgált terület mintavételi egységekkel lefedett aránya nagyon alacsony (medián: 0,69%) volt. A vizsgálatok rövidtávúak (egy-néhány évesek) voltak, és a legtöbb esetben túl ritka (kb. 30 nap) volt a mintavétel időbeli ismétlése. A leszámított változó a legtöbb esetben durva becslése volt a virágok által nyújtott forrásoknak. A módszerek reprezentativitása nem változott pozitívan a publikálás évével. Csereviszonyokat mutattunk ki a mintavételek tér- és időbeliségét jellemző változókban. Például több terület vizsgálata esetén nőtt a mintavételi időköz, vagy amennyiben a mintavételi egység mérete kisebb volt, úgy többet helyeztek ki belőle vizsgálati területenként. Ezzel szemben a mintavételi fedettség csökkent a vizsgálati terület nagyobb méretével.

A módszertani esettanulmányunk keretében, a teljes rét bejárásán alapuló kategóriás becsléssel a virágzási fázisuk korábbi időpontjában találtuk meg a fajokat, valamint több rovar-porozta növényfajt találtunk, mint a kvadrátos mintavételezéssel. A két módszer és a két mintavételező személy által gyűjtött virággyakoriság értékek egyrészt korreláltak, másrészt viszonylag nagyok voltak az eltéréseik. A virággyakoriságokban a virágzási csúcshoz képest 6%-os napi

változást mutattunk ki.

Kis Apolló-lepkék viráglátogatási mintázatai

A kis Apolló-lepkék a rendelkezésre álló 71 növényfajból 35-t látogattak, néhány fajt nagy arányban, számos további ritkán, és voltak a réten igen gyakori növényfajok melyeket a lepkék egyáltalán nem látogattak. A növényfajok különböző tulajdonságokkal rendelkeznek (pl. virágszín, típus), és eltérő gyakorisággal vannak jelen. A kis Apolló-lepkék a nagyobb virággyakorisággal rendelkező, lila, kék, piros színű, mély kelyhű és korongfelszínű vagy pillangós fajokat látogatják nagyobb arányban.

Évek-közi korrelációt találtunk a virággyakoriságokban és a viráglátogatásokban, az összes növényfajt vizsgálva, de a virágzás és ennek következtében a viráglátogatás gyorsan változott a repülési időszak alatt, változtak a fenológiák évek között, és növényfajonként is eltértek kisebb-nagyobb mértékben, ha a hét leggyakrabban látogatott növényfajt vizsgáljuk. A kis Apolló-lepkék által leggyakrabban látogatott fajok esetében a növényfajonkénti viráglátogatások száma nőtt a virággyakorisággal.

A viráglátogatási mintázatokat részletesebben elemezve, az egyedek közt különbségeket, vagyis egyedszintű specializációt találtunk. Ennek egy részét az egyedek időbeli megjelenése közti jelentős különbségek (időbeli fragmentálódás) és a növényfajok virágzásának fenológiájában található gyors változások magyarázzák. A viráglátogatási mintázatok rávilágítanak arra is, hogy az egyedek képesek élettartamuk alatt váltani a növényfajok között.

A kis Apolló-lepkék térbeli előfordulását a virágok és a nyílt-

zárt foltok térbelisége magyarázza, de direkt nem befolyásolta a hernyókori tápnövény előfordulási gyakorisága. A virággyakoriság repülési időszak alatti térbeli változása befolyásolja a lepke élőhelyen belüli előfordulásának időbeli változását.

Diszkusszió

Beporzó-táplálékforrás mintavétel

A viráglátogatók táplálkozását vizsgáló tanulmányok sokszor nem megfelelő minőségű terepi adatokra támaszkodnak, például sok esetben egyáltalán nem mintavételezik a virágok nyújtotta forrásokat, vagy túl ritkán, túl kis térbeli borítással mintavételezik azt, a források elérhetőségének tér- és időbeli változásaihoz képest. Az értekezésben rávilágítottunk a korábban használt módszerek pozitívumaira és hiányosságaira. Az így gyűjtött tanulságok alapján ajánlásokat tettünk a beporzó-táplálékforrások mintavételi módszereivel kapcsolatban, a jövőbeli megfelelőbb adatgyűjtés érdekében.

Beporzók táplálkozásával, vagy azzal bármilyen szinten összefüggő kérdések vizsgálata esetén, táplálékforrásaik minőségének és mennyiségének, tér- és időbeli előfordulását, változásait érdemes mintavételezni. A módszernek a vizsgálat céljához és a vizsgált rendszer komplexitásához (térbeli heterogenitáshoz, szezonalitáshoz, a vizsgált beporzók számához és típusaihoz, stb.) jól kell illeszkednie. A virágkínálat mintavételezés megfelelő tervezéséhez érdemes ismerni a vizsgált beporzófajok fenológiáját és mozgáskörzetének méretét. A táplálékkínálat mintavétele során érdemes lenne minden szempontot figyelembe vevő, nagy felbontású, jó térbeli lefedettségű, megfelelő időközű mintavételt használni.

A legjobb mintavétel nektár- és pollen mennyiség direkt mérése lenne, de ez természetes körülmények között, táji léptéken a legtöbb esetben nem megoldható. Jó kompromisszum lehet, ha egy egyszerű leszámított változó (pl. tövek száma) használata mellett, fajonként néhány egyeden

mérnek virág tulajdonságokat, például, hogy hány virág van egy tövön, és virágonként mennyi nektárt tartalmaznak. Amennyiben a táplálékmennyiség ilyen típusú mérése sem kivitelezhető, úgy a beporzó szempontú virág-egység lehet alkalmas leszámított változó. Sok esetben a különböző módszerek kombinált használata lenne megfelelő.

A jövőben a távérzékeléses módszerek is segíthetnek a beporzó rovarok táplálékkínálatának mintavételezésében, de egyelőre ezek felbontása nem elég jó a virágkínálat jó becsléséhez, például képtelenek észlelni a vegetációban „rejtőzködő”, kis méretű virágokat. Ezért úgy gondoljuk, hogy a tradicionális mintavételi módszereket is érdemes még fejleszteni. Az irodalmi áttekintőnk és a két módszert összehasonlító esettanulmányunk kitekintő javaslata is az, hogy olyan átfogó terepi módszertani vizsgálatra lenne szükség, amiben közösség szinten számos beporzó-táplálékforrás mintavételi módszert, több protokoll szerint összehasonlíttatnának, és az előnyöket valamint hátrányokat kiértékelnék. Erre alapozva lehetne egy-egy jól kidolgozott módszert ajánlani.

Kis Apolló-lepkék viráglátogatási mintázatai

A kis Apolló-lepkék viráglátogatási mintázatainak eltérő időbeli léptékeken és szerveződési szinteken való vizsgálata részletes betekintést adott egy védett lepkefaj táplálkozási viselkedésébe. Kimutattuk, hogy a kis Apolló-lepkék válogatnak a rendelkezésre álló számos növényfaj közül: néhány fajt nagy arányban, számos továbbit alkalmanként látogatnak, és egyes, az élőhelyen gyakori fajokat elkerülnek. Fontos növényfajok közti választást befolyásoló tényező a virággyakoriság, a virágszín és típus, bár az egyes

növénytulajdonságok valószínűleg nem függetlenek egymástól, és a válogatást több tényező is befolyásolja egyszerre. A lepkék örökölt színpreferenciájának és tanulási képességeinek megértése érdekében labor kísérletekre lenne szükség, ahol csökkenteni lehet a terepen egyszerre felmerülő és egymással interakcióban lévő befolyásoló tényezőket.

A forrás elérhetősége gyorsan változik, ennek következtében pedig az is, hogy a kis Apolló-lepkék mely fajokat milyen arányban látogatták. A virággyakoriság tér- és időbeli változása fontos tényező a viráglátogatás populációk, és évek-közi változásaiban, az egyedszintű érendbeli különbségekben, valamint az élőhelyen belüli előfordulás alakításában is. Az adott pillanatban elérhető kínálatból valószínűleg a leggyakrabban látogatott fajok az aktuálisan optimális táplálékforrások. A szuboptimális növényfajok alkalmankénti látogatása pedig feltehetően a forráskínálat mintavételezése miatt fontos, ami segítheti a plasztikus források közti váltást. Az évek, a területek, valamint az egyedek közti viráglátogatásbeli különbségek valószínűleg a lepkefaj nektárnövény preferenciájának plaszticitásából adódnak, és nem a különböző térben és időben élő populációk (egyedek) erőteljes és eltérő specializációjából.

A populációs mintázatok az egyedszintű mintázatok vizsgálatával kiegészítve érthetőek meg. A repülési időszak alatti populációs források közti váltás abból adódik, hogy az egyedek élettartamuk alatt képesek plasztikusan váltani, és abból is, hogy az egyedek időbeli jelenlétében jelentős variabilitás van, ami miatt az eltérő időben élő egyedek eltérő forrásokon táplálkoznak. Az értekezésben arra mutattunk példát, hogy a relatíve rövid élettartamú fajknál is lehetnek olyan gyors változások, melyekre a viselkedésük

megváltoztatásával reagálnak.

A kis Apolló-lepkék viselkedését és előfordulását több szempontból is jelentősen befolyásolja a források térbeli előfordulása. Míg az általunk vizsgált élőhelyen belül, kis térléptéken a nyílt területek aránya és a nektárnövények gyakorisága jobban meghatározzák előfordulásuk gyakoriságát, mint a lárvális tápnövény előfordulása, addig nagyobb léptéken valószínűleg a lárvális tápnövény előfordulása és a klimatikus tényezők jobban prediktálják a kis Apolló-lepkék előfordulását.

A növény-beporzó rendszerek az emberi behatásoknak különösen kitett, sebezhető közösségek. Számos faj, köztük a legtöbb rovar ökológiai igényeiről alig van ismeretünk. A kis Apolló-lepke veszélyeztetett, a Berni Egyezmény által védett faj. A monofág lárvális táplálkozása mellett az imágókori szűk táplálékspektrum is támogatja a védettségi státusz jogosultságát. Az imágókori táplálékok elérhetőségének (pl. klímaváltozás okozta) változása erőteljes hatással lehet populációira, de a komplementer források és a jelen tanulmányban kimutatott plasztikus táplálkozási viselkedés együttesen enyhíthetik ezeket a problémákat. Kis léptékű térhasználattal kapcsolatos eredményei támogatják azt a korábbi hipotézist, hogy a kis Apolló-lepkék számára a jó élőhelyek az olyan mozaikos területek, ahol egymáshoz közel találhatóak nyílt (nektárforrás, napozó hely) és zárt (lárvális tápnövény) foltok. Továbbá, hogy a nyílt, de forráshiányos élőhelyek csapdaként funkcionálhatnak, és a betöltött élőhelyek beerdősülése pedig veszélyt jelenthet e fajra.

Magyarországon a dombsági és hegyvidéki rétek többek között a kis Apolló-lepke szempontjából is kiemelkedő értéket képviselnek. A mozaikos szegélyek jelenleg csak emberi

beavatkozással tarthatók fent, melynek hiányában nagy biodiverzitású élőhelyek tűnnek el. Véleményünk szerint a kis Apolló-lepke élőhelyein való beavatkozások mértékének megállapításához fontos, hogy minél több részletet tudjunk a faj ökológiai igényeiről. Ehhez a jövőben több élőhelyen, lokálisan adaptált, kis-léptéken kivitelezett természetvédelmi beavatkozásra lenne szükség, melyeket megfelelően részletes, a korábbi kutatási módszereket kombináltan használó monitoring vizsgálatokkal kellene nyomonkövetni, majd ennek eredményeiből lennének részletesebb természetvédelmi ajánlások levonhatóak.

A több, eltérő léptéken kapott eredményeink rávilágítanak arra, hogy a kis Apolló-lepkék „szekvenciális specialisták”, azaz egyed szinten, rövid időintervallumon (néhány napon) belül specialistaként az aktuálisan valószínűleg legtöbbet nyújtó forrást fogyasztják, míg a teljes életük során (valamint populációs és faj szinten) váltanak a forrásaik között, valószínűleg a források kifizetődésének függvényében, így tágabb időintervallumon generalisták. A beporzóknál valószínűleg a legtöbb esetben hasonló stratégiákat találhatnánk, amennyiben hasonló részletességű adatok állnának rendelkezésre. Az ilyen szelektivitás és plaszticitás a táplálkozási stratégiák terén fontos alkalmazkodási képesség olyan környezetben, ahol a források időben és térben gyorsan változnak. Olyan fajoknál, melyeknél a potenciálisan hasznosítható táplálékforrások tárháza változatos, valószínűleg nem az élettartam hossza határozza meg, hogy egy-egy faj egyedei generalisták, vagy specialisták, hanem az élettartam hosszának és a források változási sebességének egymáshoz viszonyított aránya.

Új tudományos eredmények

1. Áttekintettük a növény-beporzó kapcsolatokat vizsgáló tanulmányokban található beporzó-táplálékforrás mintavételi módszereket. Rávilágítottunk a módszertani hiányosságokra. Csereviszonyokat mutattunk ki a mintavételi módszerek tér- és időbeliségét jellemző változóknban.

2. Összehasonlítottunk két terepi beporzó-táplálékforrás mintavételi módszert. Kimutattuk, hogy a fajok megtalálása, a virággyakoriság- és a virágzási fenológiák becslése terén két különböző módszer és két személy egymáshoz képest nagy szórással becsli – az időben és térben heterogén – virágkínálatot. Ajánlásokat tettünk a beporzó-táplálékforrás mintavételi módszerekkel kapcsolatban, a jövőbeli megfelelőbb mintavételek kivitelezésének érdekében (pl. nagyobb figyelmet kellene szentelni a mintavételbe fektetett munka megfelelőbb elosztására: a vizsgált területek nagyobb mintavételi borítása, valamint gyakoribb mintavételezés lenne szükséges).

3. Kimutattuk, hogy a kis Apolló-lepkék válogatnak a nektárnövények között, amit a virággyakoriság, a virágszín és a virágtípus magyaráz leginkább a vizsgált változók közül.

4. Részletes terepi adatok alapján bemutattuk, hogy a növényfajok közti különbségek, a virággyakoriság évek közti és repülési időszak alatti változásai (elsősorban a leggyakrabban látogatott fajok esetén) befolyásolják a kis Apolló-lepkék viráglátogatását.

5. Eltérő viráglátogatási arányokat találtunk egyedek között. Ezt nagyrészt az egyedek különböző időben való jelenléte és a gyakran látogatott növényfajok virágzásának repülési időszakon belüli változása okozza, mert az időbeli kínálatváltozás következtében az egyedek eltérő forrásokkal találkoznak. Bemutattuk, hogy a viráglátogatás egy egyed élettartama alatt is változhat. A kapott mintázatok alapján a kis Apolló-lepkék szekvenciális specialisták: az egyedek rövid időablakban szemlélve egy-egy faj virágait látogatják, míg a teljes életük során, illetve populációs és faj szinten plasztikusan váltanak a forrásaik között.

6. A kis Apolló-lepke imágók élőhelyen belüli térbeli előfordulását a virággyakoriság és a nyílt területek aránya magyarázza. A virággyakoriság repülési időszak alatti térbeli változása befolyásolja a lepke élőhelyen belüli előfordulását.

A doktori kutatás eredményeinek közlései

Lektorált, impakt faktorral bíró tudományos folyóiratban

megjelent/elfogadott publikációk

Szigeti, V., Kőrösi, Á., Harnos, A., Nagy, J., Kis, J.: **Comparing two methods for estimating floral resource availability for insect pollinators in semi-natural habitats**, Annales de la Société entomologique de France (N.S.), 52. 289–299, 2016a.

Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A., Nagy J., Kis J.: **Measuring floral resource availability for insect pollinators in temperate grasslands – a review**, Ecological Entomology, 41. 231-240, 2016b.

Szigeti, V., Kőrösi, Á., Harnos, A., Kis, J. **Temporal changes in floral resource availability and flower visitation in a butterfly**, Arthropod-Plant. Inte., *in press*.

Lektorált, impakt faktorral nem bíró tudományos folyóiratban
megjelent/elfogadott publikációk

Szigeti V., Harnos A., Kőrösi Á., Bella M., Kis J.: **Kis Apolló-lepkék (*Parnassius mnemosyne*) élőhelyhasználata nektárforrásuk és lárvális tápnövényük függvényében**, Természetvédelmi Közlemények, 21. 311-320, 2015.

Konferencia prezentációk

Előadások

Vajna F., **Szigeti V.**, Kis J. **Virágmélység és pödörnyelvössz kapcsolata a kis Apolló-lepkénél**, II. Lepkésztalálkozó, Szögliget, 2016.

- Kis J., **Szigeti V.**, Kőrösi Á., Harnos A., Vajna F., Sáfrán N., Gőr Á. **Kedv, erények, lepkék: viselkedésbiológiai és ökológiai kutatások kis-Apolló lepkéknél (*Parnassius mnemosyne*)**, II. Lepkésztalálkozó, Szögliget, 2016.
- Vajna F., **Szigeti V.**, Kis J.: **Testméretfüggő táplálékválasztás kis Apolló-lepkéknél**, 6. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, 2016.
- Vajna F., **Szigeti V.**, Kis J. **Kis Apolló-lepkék (*Parnassius mnemosyne*) pödörnyelvhozzának kapcsolata nektárforrásaik pártacsóhosszával**, Magyar Etológiai Társaság XVII. Konferenciája, Dobogókő, 2015.
- Szigeti V.**, Kőrösi Á., Harnos A., Nagy J., Kis J. **Nektárnövény választás a Kis Apolló-lepkénél (*Parnassius mnemosyne*)**, A Magyar Etológiai Társaság XV. Kongresszusa Kivonat- és programfüzet, 35, 2013.
- Szigeti V.**, Danka Cs., Nagy J., Kőrösi Á., Kis J. **Nektárnövény fogyasztás és kínálat a kis Apolló-lepkénél *Parnassius mnemosyne***, 9. Magyar Ökológus Kongresszus Keszthely, Programfüzet előadások és poszterek összefoglalói, 98, 2012.

Poszterek

- Szigeti V.**, Kőrösi Á., Harnos A., Kis J. **Individual specialization in flower visitation in the Clouded Apollo butterfly (*Parnassius mnemosyne*)**, 3. Student Conference on Conservation Science, Hungary, Tihany, 2017
- Gőr Á., **Szigeti V.**, Kis J. **Kis Apolló-lepkék (*Parnassius mnemosyne*) táplálkozási stratégiái**, Magyar Etológiai Társaság XVIII. Kongresszusa, 2016.

- Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A., Kis J. Kis Apolló-lepkék egyedszintű élőhely használata, II. Lepkésztalálkozó, Szögliget, 2016.**
- Kis J., **Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A. Flower visit patterns in the Clouded Apollo butterfly *Parnassius mnemosyne*, Future 4 Butterflies in Europe, International Symposium, Wageningen, 2016.**
- Kőrösi Á., **Szigeti V., Harnos A., Kis J. Habitat use of Clouded Apollo butterflies is primarily related to their nectar sources, Future 4 Butterflies in Europe, International Symposium, Wageningen, 2016.**
- Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A., Kis J. Egyedszintű táplálkozási mintázatok a kis Apolló-lepkénél (*Parnassius mnemosyne*), 6. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, 2016.**
- Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A., Kis J. Egyedszintű táplálkozási mintázatok a kis Apolló-lepkénél (*Parnassius mnemosyne*), Magyar Etológiai Társaság XVII. Konferenciája, Dobogókő, 2015.**
- Vajna F., **Szigeti V., Kis J. Virágmélység és pödörnyelv hossz kapcsolata a kis Apolló-lepkénél (*Parnassius mnemosyne*), 10. Magyar Ökológus Kongresszus, Veszprém, Absztrakt-kötet, 157, 2015.**
- Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A., Nagy J., Kis J. Kis Apolló-lepkék (*Parnassius mnemosyne*) táplálkozási mintázata, IX. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia Absztrakt-kötet, 119, 2014.**

- Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A., Bella M., Kis J. Kis Apolló-lepkék élőhelyhasználata lárvális tápnövényük és nektárforrásuk függvényében, IX. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia Absztrakt-kötet, 118-119, 2014.**
- Szigeti V., Kőrösi Á., Harnos A., Nagy J., Kis J. Nectar-plant flowering and consumption in the Clouded Apollo butterfly (*Parnassius mnemosyne*), Behaviour 2013, The Sage Newcastle-Gateshead UK, Abstract Book, 156-157, 2013.**
- Szigeti V., Danka Cs., Nagy J., Kőrösi Á., Kis J. Nectar-plant choice and flowering dynamics in the Clouded Apollo butterfly (*Parnassius mnemosyne*) in a small colline meadow – a pilot study, 2nd Global congress on plant reproductive biology, Pécs, Conference Proceedings, 65, 2012.**
- Szigeti V., Danka C., Nagy J., Kőrösi Á., Kis J. Potential and used nectar plant resources and their flowering and consumption dynamics in the Clouded Apollo butterfly *Parnassius mnemosyne* in a small colline meadow – a pilot study, Kitaibela, 143, 2012.**