

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Biró Éva

Keszthely

2021

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
GEORGIKON CAMPUS, KESZTHELY
Festetics Doktori Iskola



Sallangvirág (*Himantoglossum*) fajok szaporodási sikere - különböző tájhasználati módok mellett

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS

Tézisfüzet

DOI: 10.54598/000730

Biró Éva

Keszthely

2021

A doktori iskola megnevezése: Festetics Doktori Iskola

Iskolavezető:

Dr. habil. Anda Angéla

egyetemi tanár, az MTA doktora

MATE-Georgikon

Környezettudományi Intézet, Környezeti Fenntarthatóság Tanszék

Témavezető:

Dr. Bódis Judit

egyetemi docens, PhD

MATE-Georgikon

Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Természetvédelmi Biológiai Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1. A KUTATÁS HÁTTERE ÉS CÉLKITŰZÉSEI	6
2. ANYAG ÉS MÓDSZER	9
3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	12
4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	14
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	15
6. IDÉZETT IRODALMAK.....	16
7. TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉG ADATAI.....	20

1. A KUTATÁS HÁTTERE ÉS CÉLKITŰZÉSEI

Bevezetés

Az orchideák impozáns megjelenésű, ugyanakkor sérülékeny növények. A több mint 25000 fajt számláló Orchidaceae család a ma élő virágos növények legnagyobb és legfajgazdagabb családjának számít (Dressler 1993, Pridgeon *et al.* 2005, Swarts és Dixon 2009). Mégis a kosborfélék ökológiai specializációja nagymértékű fenyegetést is okoz a fajok számára (Cribb *et al.* 2003). Világméretű elterjedésük és extrém alkalmazkodó képességük ellenére a fajok jelentős része veszélyeztetett, megőrzésük egyre nagyobb kihívást jelent (Kull és Hutchings 2006, Swarts és Dixon 2009).

Az utóbbi néhány évtizedben fokozódó biodiverzitás krízis a kosborféléket is érzékenyen érintette (Kull és Hutchings 2006). Több fajuk is adaptálódott másodlagosan kialakult élőhelyekhez, kaszálókhoz, legelőkhöz. Emiatt a tájhasználatban bekövetkező változások több szinten is kifejtik hatásukat a kosborokra: egyrészt az élőhelyek megszűnésével elvesztik életterüket (Kull és Hutchings 2006), másrészt a megporzó rovarok számának csökkenése miatt a még túlélő egyedek termékenysége is csökken (Molnár V. 2011). A természetvédelmi szempontból legveszélyeztetettebb fajok túlélése a megporzó rovarok jelenlétén keresztül összekapcsolódik a rovarmegporzású természetű növények termés hozamával, a pollinációs krízis globális fenyegetést jelent a biodiverzitásra és közvetlenül az élelmiszerellátásra is (Aguilar *et al.* 2006, Klein *et al.* 2007).

A megporzók „jutalmazásának” elmaradása, azaz a megtévesztés nem ritka az orchideák körében, becslések szerint a kosborfajok egyharmada alkalmazza a „csalás” valamilyen formáját, nem termelnek nektárt, hanem valamilyen megtévesztő mechanizmussal csalogatják a megporzókat (Dafni 1984, Ackerman 1986, Jersáková *et al.* 2006). A nektártermelő fajokkal ellentétben a megtévesztő orchideák virágainak általában nagyon alacsony a látogatottsága, amely alacsony termésképzési sikert eredményez (Dafni és Ivri 1979, Gill 1989, Neiland és Wilcock 1999, Harder és Johnson 2008). Gill (1989) szerint a „csaló” orchideákon megfigyelhető alacsony termés szám nem feltétlenül kudarc, hanem egy összetett megporzási stratégia, amely maximalizálja az átkeresztezést, ha a megporzók bőséggel állnak rendelkezésre (Jersakova *et al.* 2006).

A populációk hosszú távú fennmaradását a magtermelés sikeressége minden esetben jelentősen befolyásolja (Hegland *et al.* 2009). Ez fokozottan igaz azon fajok esetében, melyek kizárólag vagy szinte kizárólag ivaros úton szaporodnak. A reprodukív siker ezekben az esetekben a növények

fitneszének egyik legfontosabb mérőszáma, amely biztosítja az adott populáció túlélését (Kindlmann és Jersáková 2006).

A szakirodalomban több publikáció is foglalkozik kosborfajok szaporodási sikerével, valamint az azt befolyásoló tényezőkkel, a rendelkezésre álló információk azonban sokszor ellentmondásosak. Ugyanakkor kevés információ áll rendelkezésre a táplálékkal megtévesztő megporzású sallangvirágok esetében a termésképzési sikerre ható tényezőkről, valamint, hogy a környező növényzet hogyan befolyásolja az orchideák szaporodási sikerét. A sallangvirág nemzetségen belüli rokonsági kapcsolatokat intenzíven kutatják (Sramkó *et al.* 2014; Bateman *et al.* 2017, Niketic *et al.* 2018), ám még mindig vannak tisztázatlan kérdések azzal kapcsolatosan, hogy egyes taxonokat faji vagy alfaji szinten különböztessenek meg. Két *Himantoglossum* taxon közösségi jelentőségű és a nemzetség európai szinten is kiemelt természetvédelmi jelentőséggel bír. Mindkét hazánkban előforduló sallangvirág ritka, hazai és európai uniós védelem alatt áll, míg a harmadik vizsgált taxon egy szűk elterjedésű, endemikus alfaj.

A kutatás célja

A kutatás három sallangvirág taxon szaporodási sikerének vizsgálatát tűzte ki célul. A vizsgálatok elsősorban az adriai sallangvirág (*Himantoglossum adriaticum* Baumann) populációira koncentrálnak, azonban egyes esettanulmányok a szélesebb kitekintés érdekében határon túli populációk, valamint rokntaxonok, a Janka-sallangvirág (*Himantoglossum calcaratum* (G.Beck) Schltr. subsp. *jankae* (Somlyay, Kreutz és Óvári) Bateman, Molnár és Sramkó) és a sarkantyús sallangvirág (*Himantoglossum calcaratum* (G.Beck) Schltr. subsp. *calcaratum*) egyes állományainak vizsgálatát is célozza.

A szerző a disszertációban három esettanulmányban mutatja be a sallangvirágok termésképzési sikerét vizsgáló kutatásait. Az első esettanulmány a „Hazai adriai sallangvirág állományok virágzási jellemzői, reprodukív sikere és a tájhasználat összefüggései” címet viseli, mely a háttértényezőkre koncentrálnak. Mivel a termésképzési sikert befolyásoló tényezők felderítése kulcsfontosságú feladat a populációk megőrzése érdekében, a szerző ezzel foglalkozik a második és harmadik esettanulmányban „A háziméh szerepe az adriai sallangvirág termésképzésében”, valamint a „Sallangvirág fajok szaporodási sikerét befolyásoló tényezők (növény méret és környező növényzet)” címmel.

A vizsgálatok az alábbi célkitűzések mentén folytak 2013 és 2017 között:

- A kutatás az adriai sallangvirág hazai állományainak felmérését alapvetőnek tekintve a populációk olyan térbeli és időbeli összehasonlító vizsgálatát célozta, mely a virágzó egyedek felmérésére koncentrált. Célul tűzte ki az állományváltozások detektálását, a faj virágzási jellemzőinek, valamint reprodukív sikerének vizsgálatát és populációnkénti összehasonlítását.
- Mivel a tájhasználat fontos információkkal szolgálhat az állományok alakulására, valamint az élőhely szerkezetét is meghatározza, a szerző célja volt a tájhasználati és élőhelyi vonatkozások, különbségek megállapítása.
- A disszertáció célja volt a házi méh jelentőségének értékelése az adriai sallangvirág szaporodási sikerére, továbbá arra is kereste a választ, hogy az egyedi reprodukív siker és a kaptáraktól való távolság között volt-e összefüggés?
- Számos irodalmi forrás igazolta, hogy a növénymagasság, vagy virágok száma befolyásolja a szaporodási sikert, így a kutatás célul tűzte ki a *Himantoglossum* fajok méretváltozóinak termésképzési sikerre gyakorolt hatásának vizsgálatát.
- Sabat és Ackerman (1996) kutatásai szerint a virágzás ideje volt a legfontosabb tulajdonság, amely a termésképzést befolyásolta, ezért a célkitűzések egyike volt a virágzás időzítésének vizsgálata.
- A legközelebbi szomszéd távolság (NND: Nearest Neighbour Distance) a legtöbb nem-jutalmazó orchidea reprodukációs sikerére hatással van (Jacquemyn *et al.* 2002; Tremblay *et al.* 2005, Machaka-Houri *et al.* 2012), ezért a vizsgálatok célozták a *Himantoglossum* fajok sűrűségének hatását.
- A kutatás célozta a környező növényzet megporzás alakulásában játszott szerepét, mely igazolni kívánta azt az ismeretet, miszerint az árnyékban növekvő példányok termésképzése alacsonyabb a fátlan, napos területen virágzókéval szemben (Bódis 2017, Jacquemyn *et al.* 2010).
- A sűrű nektártermelő növényzetben a növényfajok versenyt folytatnak a megporzók figyelméért (Ratchke 1983, Bell *et al.* 2005). Ugyanakkor a nektártermelő növények fokozhatják más fajok meglátogatását (Paulus 2005, Johnson *et al.* 2003, Juillet *et al.* 2007), így a szerző célja volt a nektártermelő fajok esetében a színbeli vagy morfológiai hasonlóság hatásának vizsgálata a sallangvirágok megporzásra.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

1. Hazai adriai sallangvirág állományok virágzási jellemzői, reprodukív sikere és a tájhasználat összefüggései

Az első esettanulmány vizsgálatai az adriai sallangvirág mind a négy legnagyobb, hazai populációját (Kőszeg, Nagytevel, Sümeg, Keszthely) érintették, ahol vizsgáltuk a virágzó állomány nagyságát 2013–2017 között. Minden állományban törekedtünk az összes virágzó egyed felmérésére. 1903 hajtás esetében rögzítettük a virágzási jellemzőket: mértük a virágzó hajtások magasságát és a virágzat hosszát, számoltunk a virágaikat, valamint a képződött terméseket. Számszerűsítettük a szaporodási sikert [termésképzési arány (fruit-set) = termések száma/virágok száma], melyet a populációk és az egyedek szintjén is számoltunk.

A statisztikai elemzések során egy- és kéttényezős varianciaanalízist, Tukey-tesztet és Kruskal-Wallis próbát használtunk (SPSS 13.1). Az egyes lelőhelyek tájhasználati összehasonlítását ArcGIS 10.2. programban a Corine felszínborítás (Copernicus program) alapján végeztük.

2. A háziméh szerepe az adriai sallangvirág termésképzésében

A második esettanulmány során 2013-ban *H. adriaticum* mind a négy legnagyobb hazai állományában, valamint Horvátországban az Isztriai-félszigeten, összesen 8 állomány valamennyi példányán vizsgáltuk a szaporodási sikert a háziméh jelentőségének megállapításához. Az adriai sallangvirág nagyteveli populációjához közel méhkaptárak kerültek kihelyezésre, e populáció termésképzési sikerét hasonlítottuk össze a rendelkezésünkre álló más élőhelyekről és korábbi évekből is származó termésképzési adatokkal. A populációk összehasonlításához Bódis Judit 1992 és 2011 között populációdinamikai vizsgálatai során gyűjtött, 20 évet felölelő adatsorát, összesen 905 példány adatait használtam fel.

A különböző populációk reprodukív sikereinek összehasonlításához kvázibinomiális általánosított lineáris modellt (GLM) alkalmaztunk. Erre a megközelítésre azért volt szükség, mert a reprodukív siker mértéke egy binomiális változó, 0 és 1 közötti értéket vesz fel, és a minták nem oszlanak meg egyenletesen ezen intervallumon belül (több populációban a legtöbb növény 0-ás termésképzési aránya volt). A kvázibinomiális modellek figyelembe veszik az adatok túlzott szórtságát. A kaptárak és a termésképzési siker közötti összefüggést is kvázibinomiális GLM alkalmazásával értékeltük. A GLM elemzéseket az R statisztikai környezetben hajtottuk végre (R Core Team 2013).

3. Sallangvirág fajok szaporodási sikerét befolyásoló tényezők (növényméret és környező növényzet)”

A disszertáció a harmadik esettanulmányban három taxon, a *Himantoglossum adriaticum*, a *Himantoglossum calcaratum* subsp. *jankae* és a *H. calcaratum* subsp. *calcaratum* vizsgálatát mutatja be, mely 2013–2014 között összesen 12 helyszínen zajlott (1. táblázat).

1. táblázat: A vizsgálat helyszínei és állományadatok

Taxon	Ország	Lelőhely	n 2013	n 2014	Geokoordináták
<i>H. adriaticum</i>	Magyarország	Keszthely	34	53	N 46.794°, E 17.277°
<i>H. adriaticum</i>	Magyarország	Kőszeg	37	171	N 47.375°, E 16.526°
<i>H. adriaticum</i>	Magyarország	Nagytevel	41	81	N 47.264°, E 17.598°
<i>H. adriaticum</i>	Magyarország	Sümege	47	179	from N 46.972°, E 17. 356° to N 46.945°, E 17.373°
<i>H. adriaticum</i>	Horvátország	Letaj I.	14	64	N 45.255°, E 14.121°
<i>H. adriaticum</i>	Horvátország	Letaj II.	12	20	N 45.255°, E 14.132°
<i>H. adriaticum</i>	Horvátország	Paz	7	19	N 45.277°, E 14.104°
<i>H. adriaticum</i>	Horvátország	Učka	100	84	N 45.317°, E 14.175°
<i>H. calc.</i> subsp. <i>jankae</i>	Magyarország	Érd	9	15	N 47.349°, E 18.940°
<i>H. calc.</i> subsp. <i>jankae</i>	Magyarország	Gyulaifirátó	34	42	N 47,175.°, E 17.934°
<i>H. calc.</i> subsp. <i>jankae</i>	Magyarország	Szava	101	130	N 45.882°, E 18.194°
<i>H. calc.</i> subsp. <i>calcaratum</i>	Bosznia- Hercegovina	Sutjeska	67	142	from N 43.496°, E 18.736° to N 43.308°, E 18.656°

A vizsgált populációkban az első felmérés során a virágzó példányok felvételezése, valamint a különböző változók és környezeti jellemzők felmérését történt meg. A második látogatás során meghatároztuk a termésképzési sikert: a termést fejlesztő virágok arányát százalékában kifejezve. A vizsgálatba csak az ép, sérülésmentes töveket vontuk be, ez alapján a két év alatt összesen 1502 növény felmérési adatával számoltunk.

A szerző az alábbi változók termésképzési sikerre gyakorolt hatását vizsgálta:

- mértváltozók (cm): hajtás magassága, virágzat hossza
- virágzatonkénti virágszám
- virágzási sorrendet, vagyis hogy az egyes virágzatokban az összes virághoz képest mennyi volt már nyílásban
- sallangvirág-sűrűség: az öt legközelebb (m) eső egyed mediánja
- az egyes tövek virágzatainak a környező növényzetből való kiemelkedése (cm)
- a gyep, cserje és fásszárú szintek borítását (%) az adott tő körül 1*1 m-es négyzetben
- a nektártermelő fajok virágzó hajtásainak száma az egyes tövek körüli 2,5 m-es sugarú körben

Az adatfeldolgozás során az orchideák körül előforduló virágos növényfajokat publikált források alapján növénycsaládok, nemzetségek (Király 2009), virágszín (Arnold *et al.* 2010) és virág alak (Vamosi *et al.* 2014) szerint csoportosítottuk. Az előzetes vizsgálatok eredményei alapján az elemzések során a nektártermelő fajok szín és növénycsalád szerinti csoportosítása helyett a virágmorfológia szerinti kategorizálást használtuk. Így a forrás elérése és a virágok alakja szerint korlátozó (zászlós, szűk és mély tölcséres, fejceskés, sarkantyús, csöves) és nem korlátozó (harang, tányér, nyitott tölcsér) morfológiájú (azaz specialista, vagy generalista megporzókat fogadó) csoportba soroltuk a sallangvirágok körül virágzó növényfajokat.

A sallangvirág taxonok reprodukív sikerét befolyásoló tényezőket kevert általánosított lineáris modell (binomiális GLMM) alkalmazásával elemeztük. Először fajonkénti összehasonlítást végeztünk, de a megbízható eredmények érdekében az összesített adatok, azaz nagy mintaszámú elemzést is elvégeztünk. A binomiális GLMM-t a lme4 csomag lmer függvényével számoltuk R statisztikai környezetben (Bates *et al.* 2015, R Core Team 2017).

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

1. Hazai adriai sallangvirág állományok virágzási jellemzői, reprodukív sikere és a tájhasználat összefüggései

A vizsgált időszakban (2013–2017) összesen 1903 virágzó adriai sallangvirág egyedet mértünk, az egyes állományokban évenként 34 (Keszthely, 2013) és 179 (Sümeg, 2014) között változott a virágzó tövek száma. Megbízhatóan Kőszegen és Sümegen volt a legtöbb virágzat, valamint Keszthely és Nagytevel mutatott hasonló tendenciát az állomány nagyság alakulásában.

Megállapítottuk, hogy a magasság és a virágzathossz egymással erősen korrelálnak: termőhelyenként és évenként, valamint az évek és helyek kölcsönhatása is szignifikáns volt. A magasság és a virágszám közötti összefüggés gyengébb. A virágszám esetében csak a termőhely és az évhatás volt szignifikáns, a kölcsönhatásuk nem. A virágzathosszban mind a négy állomány szignifikánsan eltért egymástól, míg a virágszám volt a legkisebb változékonyságot mutató tényező. Vagyis az adriai sallangvirág reprodukív egyedei megbízhatóan azonos virágszámmal virágoznak, ám a termésképzés sikerét többek között az adott hely és az adott év környezeti tényezői befolyásolják.

A termésszám és a termésképzési siker az évek között és a helyek között is szignifikánsan eltért. A legalacsonyabb értékeket a keszthelyi és sümegi állomány esetében figyeltünk meg, míg Kőszegen és Nagytevelen arányaiban nagyobb volt a magas termésképzési arányt elérő egyedek relatív gyakorisága. A tájhasználati és élőhelyi jellemzők tekintetében a keszthelyi és a sümegi állományok erdős, illetve erdős-cserjés területen fordulnak elő, míg a kőszegi és a nagyteveli állományok rét, illetve komplex művelésű területen (zártkert) nőnek, mely párhuzamba hozható a termésképzésben mutatkozó különbségekkel.

2. A háziméh szerepe az adriai sallangvirág termésképzésében

A telepített méhkaptárak jelentőségét igazolja a sallangvirágok megporzásában, hogy Nagytevelen 2013-ban a *H. adriaticum* populáció átlagos reprodukív sikere szignifikánsan magasabb volt, mint a többi vizsgált állományé (három kivételtől eltekintve: Nagytevel 2010, Keszthely 2004 és Sümeg 2003). A szerző igazolta a háziméhek szerepét a kiemelkedő termésképzési sikerben: a nagyteveli populációban az egyedek reprodukív sikere szignifikánsan csökkent a kaptároktól való távolság növekedésével.

3. Sallangvirág fajok szaporodási sikerét befolyásoló tényezők (növényméret és környező növényzet)

A *Himantoglossum* taxonok összesített vizsgálata során megállapítottuk, hogy a legnagyobb hatásméretű befolyásoló tényező a virágzat hossza (0,426), valamint a fásszárú (-0,508) és a cserjeszint borítása (-0,367). A legközelebbi *Himantoglossum* egyedek távolságának növekedése és a relatív virágzás, azaz késői virágzás negatívan befolyásolta a termésképzés sikerét. A termésképzési siker szignifikánsan pozitív összefüggést mutatott mind a korlátozó, mind a nem korlátozó morfológiájú nektártermelő virágok számával.

A taxonok közötti összehasonlítás során is igazoltuk a virágzat hossz pozitív, valamint a fásszárú és a cserjeszint borítás negatív hatását (*H. calcaratum* subsp. *calcaratum*-nál csak a fásszárú borításnak volt kimutatható hatása). Azonban detektálhatók voltak eltérések: *H. adriaticum* esetében a nem korlátozó morfológiájú, azaz a generalista megporzókat fogadó nektártermelő fajok számának volt pozitív hatása a termésképzés alakulására, míg *H. calcaratum* subsp. *jankae* és *H. calcaratum* subsp. *calcaratum* tekintetében a korlátozó morfológiájú, azaz a specialista megporzókat fogadó nektártermelő fajok számának pozitív hatását tapasztaltuk. Adriai és Janka-sallangvirágnál az évhatás is kimutatható volt.

Összesen 170 nektártermelő növényfajt (137 fajcsoportba rendezve) figyeltünk meg a sallangvirág tövek körül, de átlagosan $6,7 \pm 3,6$ faj fordult elő, többnyire taxonként különböző fajok voltak jellemzőek.

Az előzetes vizsgálatok során azt találtuk, hogy egy eset kivételével valamennyi a méhek által érzékelt szintartomány pozitív hatással volt a termésképzés alakulására, valamint több nektártermelő család jelenléte is pozitívan befolyásolta a termésképzési sikert, azonban ezek statisztikai támogatottsága alacsony volt. Vagyis a vizsgálatok nem erősítették meg, hogy egy-egy szín, vagy taxon kiemelt jelentőséggel bírt volna a sallangvirágok termésképzése szempontjából.

A *Himantoglossum* taxonok összesített vizsgálata során kapott eredmények alapján arra következtethetünk, hogy minél több virágos növény fordult elő a sallangvirágok körül, annál sikeresebb a termésképzés.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az adriai sallangvirág négy hazai populációjának vizsgálata során megállapításra került a virágzó állományok egyedszáma, mely az évek és a helyek között különbözött. A keszthelyi és nagyteveli állomány generatív töveinek száma ideális időjárási körülmények közt sem emelkedett a vizsgálat évei (2013–2017) alatt 100 tő fölé, míg a kőszegi és sümegi populációk egyedszáma megközelítette a 200 virágzó tövet.
2. A hazai populációk termésképzési sikere 9,2 és 61,7% között változott a vizsgálat öt éve során. A Nagytevelen tapasztalt 61,7%-os termésképzési arány, mely elérte a nektárral jutalmazó orchideák átlagos termésképzési szintjét, a *H. adriaticum* legmagasabb publikált populációs szintű reprodukciós sikere.
3. 2013-ban a háziméhek hozzájárultak a nagyteveli populáció magas reprodukciós sikeréhez: az egyes virágok reprodukciós sikere negatív kapcsolatban állt a méhkaptártól való távolságukkal.
4. A vizsgált adriai sallangvirág populációk átlagos reprodukciós sikere független volt a populáció méretétől.
5. A virágzással kapcsolatban hozható morfológiai jellemzők (magasság, virágzathossz, virágszám) szignifikáns kapcsolatban állnak egymással, mely közül a virágzathossz mutatta a legnagyobb változékonyságot, a legkisebbet pedig a virágszám.
6. A sallangvirágok termésképzési sikerét befolyásoló tényezők:
 - a. szignifikáns pozitív kapcsolat mutatható ki a virágzat hosszával mind a fajonkénti, mind az összesített adatok alapján;
 - b. a termésképzési siker szignifikáns negatív kapcsolatban áll a fásszárú és a cserjeszint borításával, mind a fajonkénti, mind az összesített adatok alapján;
 - c. A legközelebbi *Himantoglossum* egyedek távolságának növekedése negatívan befolyásolta a szaporodási sikert;
 - d. a relatív késői virágzás hátrányosan hatott az egyedek termésképzésre;
 - e. a termésképzési siker szignifikánsan pozitív összefüggést mutatott mind a korlátozó, mind a nem korlátozó morfológiájú nektártermelő virágok számával, azaz a nektártermelő fajok sokféleségével
7. A szerző a vizsgált sallangvirágok esetében nem talált „mágnes fajt”. Minél több virágos növény fordult elő a sallangvirágok körül, annál sikeresebb volt a termésképzés.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A disszertáció eredményei alapján a hazai adriai sallangvirág populációiban a virágzási és termésképzési sikert nagymértékben befolyásolták a területek termőhelyi és élőhelyi körülményei.

A *Himantoglossum* fajok reprodukciós sikerére vonatkozó vizsgálatainkat összegezve a legerősebb befolyásoló tényező a disszertáció eredményei alapján a virágzathossz, valamint a cserje- és fatermetű növényzet, megerősítve a megtévesztő orchideákra vonatkozó más vizsgálatok eredményeit (Kindlmann és Jersakova 2006, Jersakova *et al.* 2006). Azaz a láthatóság növelése együtt jár a megporzó látogatások emelkedésével, mely élőhelyfenntartással: kaszálással, cserjeírtással támogatható. Így például az útszegélyek kaszálása a legkedvezőbb módszer az orchideák megőrzése szempontjából (Fekete *et al.* 2017), ahol aztán magas számban virágozhatnak (Bódis *et al.* 2019). Gyepterületeken a kaszálás növeli az újulatképzést (bár csökkenti a termésképzést) (Sletvold *et al.* 2010), ezért hosszútávon a terület természetvédelmi értékeit (termésérést) figyelembe vevő, extenzív gazdálkodási módok alkalmazása célravezető (a hazai állományokban ez részben megvalósul).

Az eredmények tükrében a fajgazdag élőhelyeken a nektártermelő fajok mellett a ritka, megtévesztő orchideák is – a fajok között fennálló versengés ellenére – magasabb szaporodási sikert érhetnek el. A méhközösségek fennmaradásához is elengedhetetlenek a jó minőségű, fajgazdag, féltermészetes élőhelyek (Brown és Paxton 2009), vagyis az extenzív művelés fenntartása az élőhelyek megőrzésével nemcsak a ritka és veszélyeztetett orchideák fennmaradását segíti, hanem táplálkozóhelyet biztosít a háziméheknek és más méhközösség tagjainak.

6. IDÉZETT IRODALMAK

1. Ackerman, J.D. (1986): Mechanisms and evolution of food-deceptive pollination systems in orchids. *Lindleyana*, 1: 108–113.
2. Aguilar, R., Ashworth, L., Galetto, L., Aizen, M.A. (2006): Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9(8): 968-980. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00927.x>
3. Arnold, S.E.J., Faruq, S., Savolainen, V., McOwan, P.W., Chittka, L (2010): FReD: The Floral Reflectance Database — A Web Portal for Analyses of Flower Colour. *PLoS ONE*, 5(12): e14287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014287>
4. Bateman, R.M., Molnar, A.V., Sramkó, G. (2017): In situ morphometric survey elucidates the evolutionary systematics of the Eurasian *Himantoglossum* clade (Orchidaceae: Orchidinae). *PeerJ*, 5:e2893; <https://doi.org/10.7717/peerj.2893>
5. Bell, J.M., Karron, J.D., Mitchell, R.J. (2005): Interspecific competition for pollination lowers seed production and outcrossing in *Mimulus ringens*. *Ecology*, 86: 762–771.
6. Bódis, J. (2017): Az adriai sallangvirág (*Himantoglossum adriaticum*) magyarországi állományai és lelőhelyeik tájhasználatának története [Hungarian localities of *Himantoglossum adriaticum* and its landuse history] *Kitaibelia*, 22(1): 84–94. <http://dx.doi.org/10.17542/kit.22.84>
7. Bódis, J., Biró, É., Nagy, T., Takács, A., Sramkó, G., Gilián, L., Illyés, Z., Tökölyi, J., Lukács, B. A., Csábi, M., Molnár V., A. (2019): *Biological flora of Central Europe Himantoglossum adriaticum* H. Baumann. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 40: 1-17. ISSN 1433-8319 <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2019.125461>
8. Brown, M.J., Paxton, R.J. (2009): The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40(3): 410-416.
9. Cribb, P.J., Kell, S.P., Dixon, K.W., Barrett, R.L. (2003): Orchid conservation: a global perspective. In: Dixon, K.W., Kell, S.P., Barrett, R.L., Cribb, P.J. (eds., 2003): *Orchid Conservation: a global perspective*. – Natural History Publications, Kota Kinabalu.
10. Dafni, A (1984): Mimicry and deception in pollination. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 15: 259–278
11. Dafni, A., Ivri, Y. (1979): Pollination ecology of, and hybridisation between, *Orchis coriophora* L. and *O. collina* Sol. ex Russ. (Orchidaceae) in Israel. *New Phytologist*, 83: 181–187. <https://www.jstor.org/stable/2433759>

12. Dressler, R. L. (1993): Phylogeny and classification of the orchid family. – Cambridge University Press, Cambridge.
13. Fekete, R., Nagy, T., Bódis, J., Biró, É., Löki, V., Süveges, K., Takács, A., Tökölyi, J., Molnár, V. A. (2017): Roadside verges as habitats for endangered lizard-orchids (*Himantoglossum* spp.): Ecological traps or refuges? *Science of the Total Environment*, 607–608: 1001–1008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.037>
14. Gill, D.E. (1989): Fruiting failure, pollinator inefficiency, and speciation in orchids. – In: Otte, D., Endler, J.A. (eds.) *Speciation and Its Consequences*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, pp. 458–481.
15. Harder, L.D., Johnson, S. D. (2008): Function and evolution of aggregated pollen in angiosperms. *International Journal of Plant Sciences*, 169: 59-78.
16. Hegland, S.J., Grytnes, J.-A., Totland, Ø. (2009): The relative importance of positive and negative interactions for pollinator attraction in a plant community. *Ecological Research*, 24: 929–936. <https://doi.org/10.1007/s11284-008-0572-3>
17. Jacquemyn, H., Brys, R., Hermy, M. (2002): Flower and fruit production in small populations of *Orchis purpurea* and implications for management. – In: Kindlmann, P., Willems, J. és Whigham, D. F. (eds): *Trends and fluctuations and underlying mechanisms in terrestrial orchid populations*. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 67–84.
18. Jacquemyn, H., Brys, R., Jongejans, E. (2010): Size-dependent flowering and costs of reproduction affect population dynamics in a tuberous perennial woodland orchid. *Journal of Ecology*, 98:1204–1215. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01697.x>
19. Jersáková, J., Johnson, S.D., Kindlmann, P. (2006): Mechanisms and evolution of deceptive pollination in orchids. *Biological Reviews*, 81: 219–235. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006986>
20. Johnson, S.D., Peter, C.I., Nilsson, L.A., Ågren, J. (2003): Pollination success in a deceptive orchid is enhanced by co-occurring rewarding magnet plants. *Ecology*, 84(11): 2919-2927. <https://doi.org/10.1890/02-0471>
21. Juillet, N., Gonzalez, M.A., Page, P.A., Gigord, L.D.B. (2007): Pollination of the European food-deceptive *Traunsteinera globosa* (Orchidaceae): the importance of nectar-producing neighbouring plants. *Plant Systematics and Evolution*, 265(1-2): 123-129.
22. Kindlmann, P., Jersáková, J. (2006). Effect of floral display on reproductive success in terrestrial orchids. *Folia Geobotanica*, 1(1): 47-60. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02805261>
23. Király, G. (szerk.) (2009): *Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok.* – Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő

24. Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B - Biological Sciences*, 274: 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
25. Kull, T., Hutchings, M.J. (2006): A comparative analysis of decline in the distribution ranges of orchid species in Estonia and the United Kingdom. *Biological Conservation*, 129: 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.046>
26. Machaka-Houri, N., Al-Zein, M.S., Westbury, D.B., Talhouk, S.N. (2012): Reproductive success of the rare endemic *Orchis galilaea* (Orchidaceae) in Lebanon. *Turkish Journal of Botany*, 36: 677-682. <https://doi.org/10.3906/bot-1104-4>
27. Molnár V., A. (ed., 2011): *Magyarország orchideáinak atlasza*. – Kossuth Kiadó, Budapest. 504 pp.
28. Neiland, M.R.M., Wilcock, C.C. (1998): Fruit set, nectar reward, and rarity in the Orchidaceae. *American Journal of Botany*, 85(12): 1657-1671.
29. Niketić, M., Tomović, G., Perić, R., Zlatković, B., Anačkov, G., Đorđević, V., Jogan, N., Radak, B., Duraki, Š., Stanković, M., Kuzmanović, N., Lakušić, D., Stevanović, V. (2018): Material on the Annotated Checklist of Vascular Flora of Serbia. Nomenclatural, taxonomic and floristic notes I. *Bulletin of the Natural History Museum*, 11: 101–180. <https://doi.org/10.5937/bnhmb1811101N>
30. Paulus, H.F. (2005): Zur Bestäubungbiologie der Orchideen. – In: AHO (ed.): *Die Orchideen Deutschlands*. Verlag des Arbeitskreise Heimische Orchideen Deutschlands, Uhlstädt-Kirchhasel. pp. 98-140.
31. Pridgeon, A. M., Cribb, P. L., – Chase, M.W., Rasmussen, F.N. (szerk.) (2005): *Genera Orchidacearum 4. Epidendroideae (Part one)*. – Oxford University Press, Oxford.
32. R Core Team (2013): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
33. R Core Team (2017): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
34. Ratchke, B. (1983): Competition and facilitation among plants for pollination. In: Real LA (ed.): *Pollination biology*. Academic Press, Inc., Orlando, FL, pp 305–329
35. Sabat, A.M., Ackerman, J. D. (1996): Fruit set in a deceptive orchid: the effect of flowering phenology, display size, and local floral abundance. *American Journal of Botany*, 1181-1186. <https://doi.org/10.2307/2446202>
36. Sletvold, N., Øien, D.I., Moen, A. (2010): Long-term influence of mowing on population dynamics in the rare orchid *Dactylorhiza lapponica*: the importance of recruitment and seed

production. *Biological Conservation*, 143: 747–755.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.017>

37. Sramkó, G., Molnár V, A., Hawkins, J.A., Bateman, R.M. (2014): Molecular phylogenetics and evolution of the Eurasian orchid genus *Himantoglossum* s.l. *Annals of Botany* ,114: 1609-1626 <https://doi.org/10.1093/aob/mcu179>
38. Swarts, N.D., Dixon, K.W. (2009): Terrestrial orchid conservation in the age of extinction. *Annals of Botany*, 104: 543-556. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp025>
39. Tremblay, R.L., Ackerman, J.D., Zimmerman, J.K., Calvo, R.N. (2005): Variation in sexual reproduction in orchids and its evolutionary consequences: a spasmodic journey to diversification. *Biological Journal of the Linnean Society*, 84(1): 1-54. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00400.x>
40. Vamosi, J.C., Moray, C.M., Garcha, N.K., Chamberlain, S.A., Mooers, A.Ø. (2014): Pollinators visit related plant species across 29 plant–pollinator networks. *Ecology and Evolution*, 4: 2303–2315. <https://doi.org/10.1002/ece3.1051>

7. TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉG ADATAI

A disszertáció témájában született szakcikk idegen nyelvű, impakt faktoros folyóiratban

	Folyóirat szakterülete/ helyzete	IF
Bódis, J., Biró, É. , Nagy, T., Takács, A., Sramkó, G., Bateman, R. M., Gilián, L., Illyés, Z., Tökölyi, J., Lukács, B. A., Csábi, M. Molnár, V. A. (2019): Biological flora of Central Europe <i>Himantoglossum adriaticum</i> H. Baumann. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 40: 1-17 https://doi.org/10.1016/j.ppees.2019.125461	Ecology 63/168 Q2 Plant Science 68/234 Q2	2,54
Fekete, R., Nagy, T., Bódis, J., Biró, É. , Löki, V., Süveges, K., Takács, A., Tökölyi, J., Molnár, V. A. (2017): Roadside verges as habitats for endangered lizard-orchids (<i>Himantoglossum</i> spp.): Ecological traps or refuges? Science of the Total Environment, 607–608: 1001–1008. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.037	Environmental Science 27/241 Q1	4,61
Biró É. , Bódis J., Nagy T., Tökölyi J., Molnár V. A. (2015): Honeybee (<i>Apis mellifera</i>) mediated increased reproductive success of a rare deceptive orchid. Applied Ecology and Environmental Research 13: 181-192. https://doi.org/10.15666/aeer/1301_181192	Ecology, Evolution, Behavior and Systematics Q4	0,5

Egyéb a disszertáció témájához szorosan nem kapcsolódó szakcikk idegen nyelvű, impakt faktoros folyóiratban

Bódis, J., Biró, É. , Nagy, T., Takács, A., Molnár, V. A., Lukács, B. A. (2018): Habitat preferences of the rare lizard-orchid. Tuxenia, 38: 329–345. https://doi.org/10.14471/2018.38.020	Plant Science, Ecology és Nature and Landscape Conservation Q3	1,267
Gilián, L. D., Bódis, J., Eszéki, E., Illyés, Z., Biró, É. , Nagy, J. Gy. (2018): Germination traits of Adriatic lizard orchid (<i>Himantoglossum adriaticum</i>) in Hungary. Applied Ecology and Environmental Research, 16(2): 1155–1171.	Ecology, Evolution, Behavior and Systematics Q4	0,689

A disszertáció témájában született szakcikk anyanyelven, lektorált folyóiratban

- Biró, É.**, Bódis, J. (2018): Adatok a hazai adriai sallangvirág állományok természetvédelmi kezeléséhez. Természetvédelmi Közlemények, 24: 25-33. ISSN 1216-4585
- Biró É.**, Bódis J. (2015): Sallangvirág (*Himantoglossum*) fajok virágzás-fenológiája és elterjedési mintázata. Kitaibelia 20 (1): 157–167. ISSN 2064-4507 (Online), ISSN 1219-9672 (Print)

Konferencia kiadvány összefoglaló kötetében megjelent előadás/poszter

- Biró É.**, Bódis J. (2017): Adatok a hazai adriai sallangvirág állományok természetvédelmi kezeléséhez. – In: Mizsei E., Szepesváry Cs. (szerk.): XI. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia „Sikerek és tanulságok a természetvédelemben”. Absztrakt-kötet. Eszterházy Károly Egyetem Eger; Magyar Biológiai Társaság, MTA Ökológiai Kutatóközpont, p. 47. (poszter)
- Fekete R., Nagy T., **Biró É.**, Bódis J., Takács A., Tökölyi J., Molnár V. A. (2016): Útszegélyek, mint orchidea élőhelyek. – A XI. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatások a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia, 2016. 02. 12-14. Budapest. Előadások és poszterek összefoglalói pp. 41-42.
- Biró É.**, Bódis J., Tökölyi J., Molnár V.A. (2015): A virággazdagság szerepe a deceptív sallangvirágok megőrzésében. LVII. Georgikon Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia. Agrárgazdaság a növekedéskor után. Keszthely 2015. október 1-2 p. 45.
- Biró É.**, Bódis, J., Nagy, T., Takács, A., Tökölyi, J., Molnár, V. A. (2015): Reproductive success of *Himantoglossum* species. In: Sven Wagner (ed.): *International Conference on temperate Orchids. Research and Conservation. TORC'15 programme and abstracts*. Samos Island, Greece, 13-19. April 2015, Sails-for-Science Foundation, Greece p. 75. (előadás)
- Biró É.**, Bódis, J., Molnár V., A. (2015): Why is the hybridization so rare between the species of the genus *Himantoglossum*? . In: Sven Wagner (ed.): *International Conference on temperate Orchids. Research and Conservation. TORC'15 programme and abstracts*. Samos Island, Greece, 13-19. April 2015, Sails-for-Science Foundation, Greece p. 105. (poszter)
- Bódis, J., **Biró É.**, Nagy T., Menyhárt L. (2015): The size and characteristics of *Himantoglossum adriaticum* populations in Hungary. In: Sven Wagner (ed.): *International Conference on temperate Orchids. Research and Conservation. TORC'15 programme and abstracts*. Samos Island, Greece, 13-19. April 2015, Sails-for-Science Foundation, Greece p. 124. (poszter)
- Biró É.**, Bódis J., Nagy T., Takács A., Tökölyi J., Molnár V. A. (2014): Sallangvirág fajok szaporodási sikere. In: Schmidt D., Kovács M., Bartha D. (eds.): X. Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia absztraktkötete. – Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, ISBN 978-963-334-153-7 pp. 96-97. (előadás)

További előadások

- Fekete R., Nagy T., Takács A., **Biró É.**, Bódis J., Óvári M., Tökölyi J., Molnár V.A. (2015): Orchideák úton-útfélen: kutatási jelentés és balkáni útbeszámoló. Diószegi Szeminárium. Debreceni Egyetem. 2015. 12.03. (előadás)
- Biró É.**, Bódis J., Molnár V. A., Sramkó G. (2014): Mikroszatellit régiók fejlesztése a sallangvirág (*Himantoglossum* s.str.) nemzetségben--taxonómiai és populáció genetikai implikációk. Botanikai Szakosztály 1460. szakülés, Magyar Természettudományi Múzeum, Semsey-terem, 1083 Budapest, Ludovika tér 2-6. 2014.03.17. (előadás)
- Biró É.**, Bódis J., Nagy T., Takács A., Tökölyi J., Molnár V. A. (2014): Mely növényi jellegek és környezeti tényezők befolyásolják a sallangvirágok szaporodási sikerét? Diószegi Szeminárium, Debreceni Egyetem TTK Növénytan Tanszék 2014.02.20. (előadás)
- Biró É.**, Bódis J., Nagy T., Takács A., Tökölyi J., Molnár V. A. (2013): Milyen tényezők befolyásolják a *Himantoglossum* fajok szaporodási sikerét? Botanikai Szakosztály 1458. szakülés, ELTE – Fűvészkert, 1083 Budapest, Illés u. 25. 2013.11.25. (előadás)

Biró É., Bódis J., Nagy T., Takács A., Tökölyi J., Molnár V. A. (2013): A méret a lényeg? Sallangvirágok reprodukív sikerét befolyásoló tényezők. II. Növénybiológiai Workshop Soó Rezső (1903-1980) születésének 110. évfordulóján. Debreceni Egyetem 2013.11.07. (előadás)

Biró É., Bódis J., Molnár V. A. (2013): *Himantoglossum* fajok elterjedési mintázata herbáriumi és digitális adatbázisok alapján. Botanikai Szakosztály 1456. szakülés, ELTE – Fűvészkert, 1083 Budapest, Illés u. 25. 2013.04.22. (előadás)

Könyvrészlet

Bódis J., **Biró É.,** Molnár V. A. (2014): Adriai sallangvirág *Himantoglossum adriaticum* Baumann. In: Haraszthy L. (szerk.): Natura 2000 jelölő fajok és élőhelyek Magyarországon. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, ISBN 978-963-08-8853-0 pp. 124-126.

Ismeretterjesztő közlemény

Biró É., Bódis J., Tökölyi J., Molnár V. A. (2014): Megtévészto stratégia. Mitől függ a sallangvirágok szaporodási sikere? Élet és Tudomány. 69(29): 912–914.

Biró É. (2013): „Mi virít” a Keszthelyi-hegységben?! Georgikon, a Pannon Egyetem Georgikon Karának hivatalos lapja. 2013/2 56: 20-21.