

Debreceni Egyetem
Természettudományi és Technológiai Kar
Növénytani Tanszék

A reprodukciós siker vizsgálata két hazai orchidea fajnál

Tudományos diákköri dolgozat

Készítette:

Sonkoly Judit

Témavezető:

Molnár V. Attila

Debrecen

2012

Tartalomjegyzék

TARTALOMJEGYZÉK	2
1. BEVEZETÉS ÉS TÉMAFELVETÉS	3
2. CÉLKITŰZÉS	5
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	6
3.1. A VIZSGÁLT FAJOK RÖVID JELLEMZÉSE	6
3.1.1. <i>Kétlevelű sarkvirág (Platanthera bifolia)</i>	6
3.1.2. <i>Széleslevelű ujjaskosbor (Dactylorhiza majalis)</i>	7
3.2. A TEREPI MUNKA	8
3.2.1. <i>A vizsgálat helye és ideje</i>	8
3.2.2. <i>A vizsgálat menete</i>	9
3.3. A LABORATÓRIUMI MUNKA	11
3.4. AZ ADATOK FELDOLGOZÁSA ÉS KIÉRTÉKELÉSE	12
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	12
4.1. A TERMÉSKÉPZÉSI ARÁNY	12
4.2. A TERMÉSENKÉNTI MAGSZÁM	13
4.3. A TERMÉSKÉPZÉSI ARÁNYT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	15
4.3.1. A KÖRNYEZŐ ÁLLOMÁNY SŰRŰSÉGÉNEK HATÁSA A TERMÉSKÉPZÉSI ARÁNYRA	15
4.3.2. A VIRÁGZÓ HAJTÁS MAGASSÁGÁNAK HATÁSA A TERMÉSKÉPZÉSI ARÁNYRA	15
4.3.3. A VIRÁGZAT HOSSZÁNAK HATÁSA A TERMÉSKÉPZÉSI ARÁNYRA	15
4.4. A VIRÁGZATBAN VALÓ ELHELYEZKEDÉS HATÁSA A TERMÉSKÉPZŐDÉS VALÓSZÍNŰSÉGÉRE ÉS A TERMÉSENKÉNTI MAGPRODUKCIÓRA	18
4.5. A FORRÁSLIMITÁCIÓ VIZSGÁLATA	19
5. ÖSSZEFOGLALÁS	20
6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	22
IRODALOMJEGYZÉK	22

1. Bevezetés és témafelvetés

Az embereket régóta lenyűgözi az orchideák szépsége, de megporzási folyamataik különlegességével és változatosságával először Charles Darwin foglalkozott behatóan. Az 1862-ben kiadott *On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects* c. könyvében már felmerült benne a gondolat, hogy az orchideák a pollinátoraikhoz alkalmazkodva fejlődtek (Jersáková et al., 2006).

Az orchideák egyik jellegzetessége, hogy sok fajuk nem kínál a megporzóknak sem pollent, sem nektárt. Körülbelül egyharmaduk tartozik ezek közé az ún. deceptív fajok közé (Girord et al., 2002). Renner (2005) szerint nem jutalmazó virágok legalább 32 zárvatermő családban előfordulnak, de a mintegy 7500 deceptív megporzású zárvatermő faj közül körülbelül 6500 az orchideák közé tartozik. Mindmáig nehezen megmagyarázható ennek a megporzási stratégiának az evolúciója, mivel sok nem jutalmazó faj reprodukív sikere alacsonyabb a jutalmazó fajokénál (Neiland & Wilcock, 1999). Egy vizsgálat szerint (Kindlmann & Jersáková, 2006) a jutalmazó fajok átlagos reprodukív sikere 66%, ami szignifikánsan nagyobb a deceptív fajok 31%-os átlagánál.

Két hipotézis szoktak említeni arra, hogyan növelheti a deceptív stratégia a növény fitnessét (Jersáková et al., 2006):

1. Nektártermelés helyett közvetlenül a magtermelésbe fektetheti a növény a rendelkezésre álló forrásait
2. Mivel a nektár nélküli növényeken kevesebb virágot látogat meg egy-egy megporzó rovar, csökken annak az esélye, hogy a megporzás egy egyed különböző virágai között megy végbe (geitonogámia)

Az első hipotézist látszik alátámasztani, hogy a virágzási idő alatt a fotoszintetikus produkció jelentős részét a nektártermelés emészti fel (Jersáková et al., 2006). Ugyanakkor a geitonogámia valószínűségének csökkentésére is számos bizonyíték van (Jersáková et al., 2006).

Az orchideák reprodukciós sikerének becslésére általában a termésképzési siker (megtermékenyülési arány, fruit set) vizsgálatát használják (Neiland & Wilcock, 1999). Ez a módszer azonban csak a virágzatban képződött termések számát veszi figyelembe, az egyes termésekben képződött magok számát nem, pedig a növény fitnessze szempontjából az utóbbi, és nem az előbbi számít (Kindlmann & Jersáková, 2006). A termésekben képződő

rendkívül apró és nagy számban termelődő magvak számának meghatározása azonban nem egyszerű feladat. Arditti & Ghani (2000) szerint eddig mindössze 16 európai faj esetében ismertettek tokonkénti magszámokat, de több esetben olyan kevés adat állt rendelkezésre, hogy még alapstatisztikát sem lehetett számítani.

Habár többen vizsgálták a kérdést, még mindig nem teljesen tisztázott, hogy milyen hatások befolyásolják az orchideák termésképzésének sikerességét. A virágzó egyedek száma a populációban, a környező állomány sűrűsége, a virágzat nagysága és az egyed nagysága egyaránt hatással lehet a reprodukciós sikerre. Az *Epidendrum exasperatum* esetében például szignifikánsan kisebb termésképzési arányt sikerült kimutatni a nagyobb virágzatú példányok esetében, és a *Lepanthes wendlandii* esetében is szignifikáns különbséget találtak a különböző méretű virágzatok között, de ebben az esetben nem sikerült egyértelmű tendenciát kimutatni (Calvo, 1990). Az autogám *Oeceoclades maculata*-nál viszont a virágzat mérete nem volt hatással a reprodukciós sikerre (Calvo, 1990). Habár a virágzat mérete nem befolyásolja egyértelműen a termésképzési arányt, Calvo (1990) szerint a nagyobb virágzattal rendelkező növényeknek nagyobb volt az esélye, hogy legalább egy termést hozzanak. A békakonty (*Listera ovata*) esetében is szignifikáns pozitív kapcsolatot sikerült kimutatni a virágzat nagysága és a termésképzési arány, valamint a lokális egyedsűrűség és a termésképzési arány között is (Brys et al., 2008). Semmilyen kapcsolatot nem sikerült azonban kimutatni a virágzat nagysága és a reprodukciós siker között a széleslevelű ujjaskosbor (*Dactylorhiza majalis*) esetében (Kindlmann & Jersáková, 2006). A raktározott tápanyagokkal rendelkező évelő orchideák esetében a növény mérete összefüggésben lehet az egyed azon képességével, hogy a megporzott virágokból termést érleljen (Alexandersson & Agren, 1996, cit. Mattila & Kuitunen, 2000). Ezt a felvetést támasztja alá például az, hogy Mattila & Kuitunen (2000) szerint a nagyobb kétlevelű sarkvirág (*Platanthera bifolia*) egyedek több termést érleltek, mint a kisebbek, akkor is, ha kézzel porozták be őket. A virágzó egyedek nagyobb száma a populációban szintén növelheti az orchideák reprodukciós sikerét (Jacquemyn et al., 2008), amit az is mutat, hogy a populáción belüli virágzó egyedek növekvő számával nő a termésképzési arány is (Tremblay et al., 2005, cit. Jacquemyn et al., 2008). A környező állomány sűrűsége is nagy befolyással lehet a megporzó rovarok viselkedésére (Bosch & Waser, 2001). A virágzó egyedek kisebb sűrűsége valószínűleg kisebb vonzerőt jelent a rovarok számára (Brys et al., 2008). Brys et al. (2008) cikke szerint szignifikáns összefüggés van mind a populáció nagysága, mind pedig a lokális egyedsűrűség és a termésképzési arány között. Minél kisebb a távolság az egyes növények között, és minél nagyobb a virágzó egyedek száma a populáción belül, annál nagyobb a termésképzési arány. Deceptív fajoknál

azonban ellentétes hatással is lehet a virágzó példányok nagy sűrűsége: elképzelhető, hogy egymáshoz közel található, nektárt nem termelő virágzatok esetében a megporzók hamarabb megtanulják elkerülni az adott fajt, és emiatt csökken a reprodukciós siker.

A virágzatban való elhelyezkedés alapján különbség lehet a termésképzési valószínűségben, és a magszámban is. A nektár nélküli fajok virágait főleg a fiatal, tapasztalatlan egyedek porozzák be (Juillet et al., 2007). Feltételezhető azonban, hogy a rovarok idővel megtanulják elkerülni ezeket a virágokat, ami azzal jár, hogy a virágzat felsőbb részén található, később nyíló virágoknak kisebb az esélye a megtermékenyülésre. Ezt a tendenciát sikerült kimutatni például az agárkosbor (*Orchis morio*) (Jersáková & Kindlmann 1998) vagy a bodzaszagú ujjaskosbor (*Dactylorhiza sambucina*) esetében (Nilson 1980, cit. Jersáková & Kindlmann, 1998). Vallius (2000) A foltos ujjaskosbor (*Dactylorhiza maculata*) esetében mutatta ki, hogy a reprodukciós siker csökken a virágzatban felfelé haladva. Stpiczyńska (2003) a zöldes sarkvirág (*Platanthera chlorantha*) nektártermelését és virágainak élettartamát vizsgálva azt találta, hogy az alsó helyzetű virágok nagyobb mennyiségű nektárt termeltek, és az alsó- és középső helyzetű virágok élettartama is hosszabb volt, mint a felsőké. Ez szintén egy magyarázatot jelenthet arra, hogy a felső virágok miért termékenyülnek meg kisebb valószínűséggel, mint az alsók. A felső termések általában kisebbek és kevesebb magot is tartalmaznak, ami viszont forráslimitáció eredménye is lehet.

A legtöbb orchidea fajra jellemző az alacsony megporzási, illetve termésképzési arány (Neiland & Wilcock, 1999). Ez a pollenlimitáció, a forráslimitáció vagy a kettő együttes hatása lehet (Mattila & Kuitunen, 2000). A fajok nagy részét főképp pollenlimitálnak tarják (Tremblay et al., 2005, cit. Brys et al., 2008), de a forráslimitáció hatása is jelentős lehet, erre utal például az is, hogy a nagyobb *Platanthera bifolia* egyedek több termést érleltek, akkor is, ha a pollenlimitációt kézi beporzással kiküszöbölték (Mattila & Kuitunen, 2000).

2. Célkitűzés

A kosborfélék minden hazai képviselője védett, több közülük ritka, veszélyeztetett növény. Hatékony védelmükhöz azonban elengedhetetlen reprodukciójuknak pontos, részletes ismerete, emiatt a téma természetvédelmi jelentőséggel is bír.

Az orchideák megporzása, termésképzése és magprodukciója még mindig számos kérdést vet fel. Kevés tapasztalati bizonyíték áll rendelkezésre például a populáció méretének, az egyedsűrűségnek és a virágzat nagyságának hatásairól (Brys et al., 2008). Ezekről

Tremblay et al. (2005, cit. Brys et al., 2008) adnak áttekintést. Vizsgálataim során tehát arra törekedtem, hogy minél többet tudjak meg az orchideák két képviselőjének szaporodásbiológiájáról.

Munkám során alapvetően a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Milyen termésképzési arány jellemzi a vizsgált fajokat?
2. Milyen termésenkénti magszám jellemzi a vizsgált fajokat?
3. Milyen tényezők befolyásolják a termésképzési arányt(környező állomány sűrűsége, virágzó hajtás magassága, virágzat hossza)?
4. Van-e különbség a termésképződés valószínűsége és a termésenkénti magprodukció szempontjából a virágzatban való elhelyezkedés alapján?
5. Van-e forráslimitáció?

3. Anyag és módszer

3.1. A vizsgált fajok rövid jellemzése

3.1.1. Kétlevelű sarkvirág (*Platanthera bifolia*)

A kétlevelű sarkvirág hazánk egyik viszonylag gyakori orchidea faja, mely egész Európában elterjedt. Nagy ökológiai alkalmazkodóképességének köszönhetően sokféle élőhelyen találkozhatunk vele, lombhullató és tűlevelű erdőkben, száraz és nedves réteken egyaránt előfordul. Síkvidéken is megtalálható, de hazánkban domb- és hegyvidékeken gyakoribb (1. ábra).

Viszonylag nagytermetű, akár 70 cm-es magasságot is elérő növény, mely jellemzően két, átellenesen álló ovális tölevelet fejleszt. A 15-30 fehér virágból álló laza virágzat 15-25 cm hosszú. A mézajak osztatlan, megnyúlt nyelv alakú, vége zöldes színű, és több cm hosszú nektárral teli sarkantyú tartozik hozzá. Nemzetségének másik hazai fajától, a zöldes sarkvirágtól (*Platanthera chlorantha*) a polliniumok alapján lehet legbiztosabban elkülöníteni, melyek a *P. bifolia*-nál párhuzamosak, míg a *P. chlorantha*-nál szöveget zárnak be

egymással. A virágok éjszaka kellemes vaníliához hasonló illatot árasztanak, és főként szenderek porozzák be őket. Májustól júliusig virágzik.

3.1.2. Széleslevelű ujjaskosbor (*Dactylorhiza majalis*)

Láprétek és hegyi rétek nagy nedvesség- és fényigényű orchideája. Európa nagy részén elterjedt, de kevésbé gyakori faj. A síkságoktól egészen a magasabb hegyvidékekig egyaránt előfordul, de az alacsonyabban fekvő területeken jelentősen visszaszorult, így inkább domb- és hegyvidékeinken találkozhatunk vele (2. ábra).

Jellegzetes barnásvörös foltokkal tarkított levelű, 25-45 cm magas növény. Sűrű virágzatát 10-30 bíborvörös virág alkotja. A vörös színű murvalevelek gyakran hosszabbak a virágoknál. A labellum háromkaréjú, sötétebb foltokból és vonalakból álló mintázattal. A sarkantyú nektárt nem tartalmaz. Május – júniusban nyíló virágait különböző méhek porozzák be.

1. ábra. Kétlevelű sarkvirág
(*Platanthera bifolia*)



2. ábra. Széleslevelű ujjaskosbor
(*Dactylorhiza majalis*)

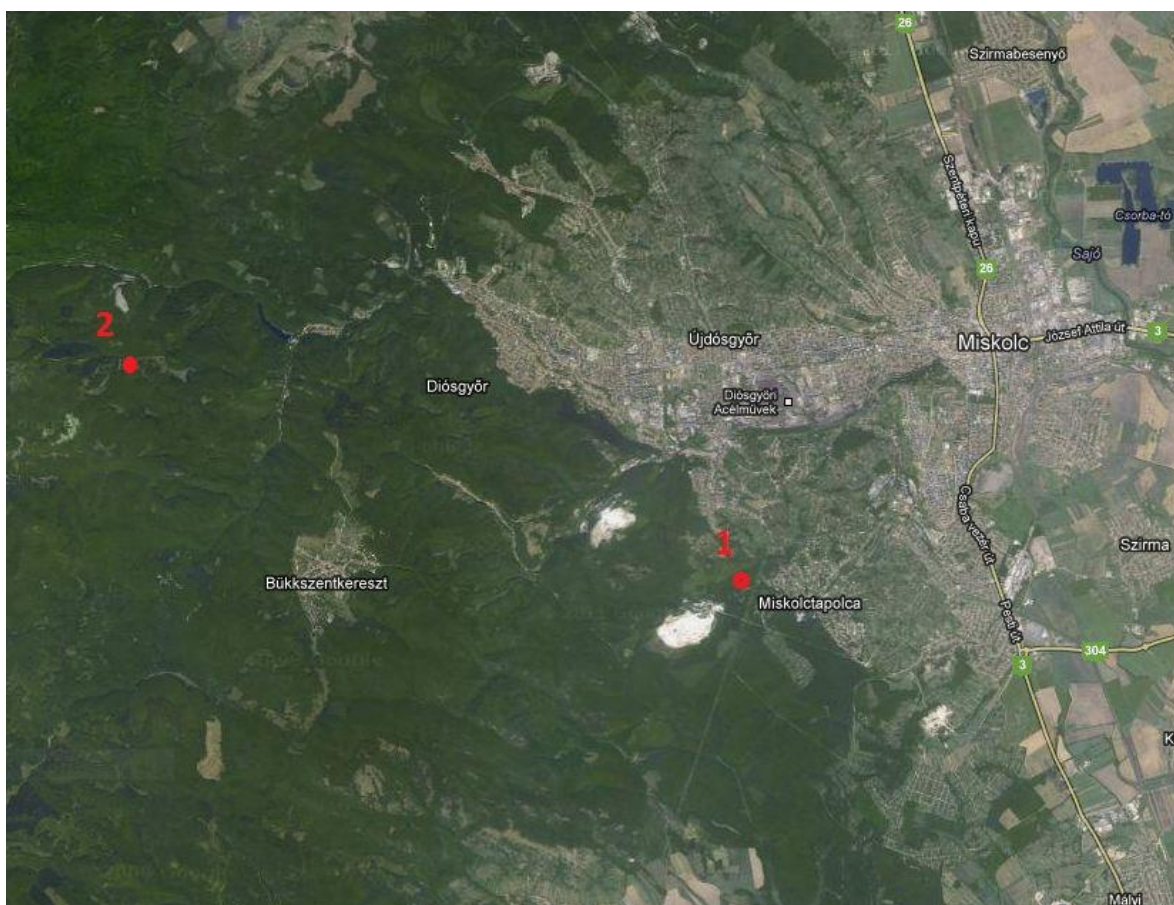


3.2. A terepi munka

3.2.1. A vizsgálat helye és ideje

A két faj összesen három természetes populációját vizsgáltam, mindhármát a Bükk-hegységben. A 3. ábrán láthatóak a vizsgálat helyei.

3. ábra. A vizsgálat két helyszínén zajlott: az 1-es a Miskolctapolca melletti helyszínt, a 2-es a létrás-tetői helyszínt jelöli



A *Platanthera bifolia* esetében egy Miskolctapolca melletti, és egy létrás-tetői populációt vizsgáltam. A két élőhely jelentősen különbözik egymástól. A miskolctapolcai populáció körülbelül 200 m-es tengerszintfeletti magasságon található, zárt gyertyános kocsánytalan tölgyesben és annak szegélyében (4. ábra). Ezen az élőhelyen a *P. bifolia*-n kívül a következő orchidea fajok fordulnak elő: madárfészek (*Neottia nidus-avis*), fehér és kardos madársisak (*Cephalanthera damasonium*, *C. longifolia*), széleslevelű nőszőfű (*Epipactis helleborine*), kislevelű nőszőfű (*E. microphylla*), és boldogasszony papucs (*Cypripedium calceolus*).

A létrástetői populáció körülbelül 580 m tengerszint feletti magasságban, mészkérülő üde hegyi réten és a mellette található nyíres erdőfolt szélén található (5. ábra). Ezen az élőhelyen a *P. bifolia*, *D. majalis* és békakonty (*Listera ovata*) orchidea fajok fordulnak elő.

4. ábra. A miskolctapolcai

P. bifolia élőhely



5. ábra. A létrástetői *P. bifolia* és

D. majalis élőhely



A *Dactylorhiza majalis* esetében egy létrástetői populációt, illetve ennek két szubpopulációját vizsgáltam, mindkettőt üde hegyi réten (5. ábra). Az egyik szubpopuláció a vizsgált *P. bifolia* állománnyal azonos helyen található, a másik termőhelyen pedig szúnyoglábbú bibircsvirággal (*Gymnadenia conopsea*) együtt fordul elő.

A vizsgálatokat 2010-ben és 2011-ben végeztem. Mindkét évben májusban, a *D. majalis* virágzásakor kezdődött a terepi munka, és augusztus elején ért véget, amikor a *P. bifolia* termései begyűjtésre alkalmassá váltak.

Terveztem a vizsgálatokat 2012-ben is folytatni, azonban a 2011-es és 2012-es csapadékszegény időjárás következtében mindkét fajból alig lehetett virágzó példányokat találni, így nem tudtam folytatni a vizsgálatot.

3.2.2. A vizsgálat menete

A *Platanthera bifolia* esetében összesen 81 példányt vizsgáltam (47-et 2010-ben és 34-et 2011-ben). Ezeknek összesen 178 termését gyűjtöttem be és vizsgáltam meg (143-at 2010-ben és 35-öt 2011-ben). A *Dactylorhiza majalis* esetében pedig összesen 52 példányt (28-at 2010-ben és 24-et 2011-ben), és ezeknek 117 termését gyűjtöttem be (85-öt 2010-ben és 32-t 2011-ben). Eredetileg mindkét faj esetében több példányt jelöltem meg, de ezeknek egy részét

terméséréskor nem sikerült újra megtalálni. Ennek részben az az oka, hogy a virágzásuk után a fű a nagyon magasra nőtt a területen, másrészt a termésben lévő példányokat már nagyon nehéz észrevenni. Néhány növényt állatok károsítottak.

Minden példányt egyedileg megjelöltem egy a növény mellé, a talajba szúrt számozott pálcikával (6. ábra). Tapasztalataim alapján érdemes –főleg viszonylag sűrű állományban- a vizsgálatba bevont egyedek virágzatának felső részére óvatosan egy darab színes cérnát kötni, hogy azok később könnyebben megtalálhatóak és felismerhetőek legyenek.

6. ábra. A megjelölésre használt számozott pálcika és a szúnyogháló zsák.



Munkám alapvetően a magprodukció és a termésképzés vizsgálatára irányult. A vizsgált fajokra jellemző termésképzési arány meghatározása céljából kontroll egyedeken meghatároztam a virágok számát, és az azokból képződött termések számát. A termésekben képződött magok számának vizsgálatához néhány héttel a virágzás után félérett, fel nem nyílt tokterméseket gyűjtöttem (általában 3-4 darabot) a virágzatok felső-, középső- és alsó részéről. A terméseket külön papírzacskókba gyűjtöttem, ezeken jelöltem a példány sorszámát, és azt, hogy alulról számolva hányadik virágból képződött termést tartalmazza (pl. 001/1). A *P. bifolia* esetében azt is feljegyeztem, hogy alulról felfelé számolva hányas számú virágokból képződött termés, és melyekből nem. Később a virágzatokat három egyenlő (alsó, középső és felső) részre osztottam, annak a vizsgálatára, hogy van-e különbség a virágzatban való elhelyezkedés alapján a termésképződés valószínűségében, illetve a termésenkénti magprodukcióban.

Annak vizsgálatához, hogy befolyásolja-e az állomány sűrűsége ill. az egyed magassága és a virágzat hossza a termésképzési arányt szintén csak a nem manipulált, kontroll egyedeket vettem figyelembe. Ehhez a vizsgálathoz minden példány esetében megmértem a hajtás teljes hosszát, ill. a virágzat hosszát. A vizsgált példányt körülvevő állomány sűrűségének jellemzése céljából megkerestem az adott tőhöz legközelebb eső öt virágzó példányt, és megmértem ezek távolságát a kérdéses egyedtől. Ezt az öt, méterben kifejezett értéket összeadtam, az így kapott szám pedig jellemzi adott helyen az állomány sűrűségét: értelemszerűen minél kisebb ez a szám, annál sűrűbb állományban helyezkedik el a vizsgált egyed. Meghatároztam a virágok számát, terméséréskor pedig – még a begyűjtésük előtt – a termések számát, a termésképzési arány kiszámításához.

A forráslimitáció vizsgálatára kétféle manipulációt végeztem. Virágzó hajtást fejlesztő egyedeket még bimbós állapotban letakartam egy szúnyoghálóból varrt kis zsákkal (5. ábra), amit a virágzat alatt megkötve rögzítettem. Ez azt a célt szolgálta, hogy a megporzó rovarok ne férjenek hozzá a virágokhoz. A virágok nyílásakor a zsákokat óvatosan eltávolítottam a virágzatokról, és kézzel végeztem el a beporzásukat. Erre a célra egy fogpiszkáló a legmegfelelőbb, amivel a pollínium könnyen kivehető a virágból és a ragadós bibefelületre helyezhető. Az egyedek egy részén sok virágot poroztam be, másik részén pedig keveset, és ilyenkor a többi, meg nem porzott virágot óvatosan eltávolítottam a virágzathoz. Ezután visszahelyeztem rájuk a zsákokat, hogy a pollinátorok később se férhessenek hozzájuk. A forráslimitáció hatását csak 2010-ben vizsgáltam.

3.3. A laboratóriumi munka

A laboratóriumi munka kezdeteként megmértem egyenként Eppendorf csövekbe helyeztem a terméseket, melyek oldalára alkoholos filctollal felírtam az adott termést azonosító számot. Ezután tartóba helyezve nyitva tároltam őket, hogy a tokok szobahőmérsékleten kiszáradhassanak, majd a száraz terméseket bonctűvel összetörtem, így minden csőbe egy-egy toktermés teljes tartalma került. Minden csőbe 1-1 ml 99,5%-os glicerint pipettáztam, a számolás előtt pedig összekevertem, hogy a magok egyenletes sűrűségben legyenek a glicerinben. A keverést végezhetjük rázógéppel, erre a célra a Disruptor GenieTM rázógép alkalmas. Azonban egyszerűbb és a gyakorlatban könnyebben kivitelezhető, ha a glicerint a számolás előtt az adott Eppendorf csőhöz használt pipettahegygel keverjük fel. Így is kellőképp homogén szuszpenziót nyerhetünk, és

megtakaríthatjuk a rázógépes keverés esetén szükséges néhány percnyi időt. Azért fontos glicerint használni erre a célra, mert elég nagy a viszkozitása ahhoz, hogy a felkevert magok néhány percig – a számolás idejéig – ne emelkedjenek fel a felszínre. Vízben az apró és könnyű magvak azonnal felemelkednének. A használni kívánt pipettahegyek végét ferdén levágtam, mivel enélkül nem jutnak be a magok a hegybe. Ezután 1-10 µl folyadék kimérésére alkalmas automata pipettával a gliceriből tízszer 4 µl-t pipettáztam egy tárgylemezre, majd fénymikroszkóp alatt (60-szoros nagyításon) minden cseppen megszámoltam a magokat. A kapott tíz számot átlagoltam, majd extrapolálással kaptam meg az adott termésben lévő összes mag számát.

3.4. Az adatok feldolgozása és kiértékelése

A vizsgálat során kapott minden adatot táblázatos formában rögzítettem és kezeltem. Elsőként minden vizsgált változó esetében kiszámítottam az átlagot, mediánt, szórást, minimumot és maximumot. Az R statisztikai programot használtam az eredmények további kiértékelésére. Az ábrákat is e program segítségével készítettem el.

Annak vizsgálatára, hogy hatással van-e a környező állomány sűrűsége, és a növény magassága, illetve virágzatának hossza a termésképzési arányra, korrelációs tesztet alkalmaztam (Pearson-korreláció és Spearman-korreláció). Két minta átlagának különbözőségét (például a termésenkénti magszámokat a különböző helyzetű termések esetében) Welch-próbával (Welch Two Sample t-test), ill. nem normál eloszlás esetén Wilcoxon-próbával vizsgáltam. Shapiro-Wilk tesztet (Shapiro-Wilk Normality Test) alkalmaztam a normalitás vizsgálatára.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. A termésképzési arány

Mindkét vizsgált faj esetében meghatároztam az átlagos termésképzési arányt (csak a manipulálatlan, kontroll egyedeket figyelembe véve). A termésképzési arány azt mutatja meg, hogy a virágok mekkora része porzódott be és termékenyült meg. Ez az arány a *Platanthera*

bifolia esetében átlagosan 0,534-nek adódott, ami nem különbözik szignifikánsan a *Dactylorhiza majalis* esetében talált 0,538-as átlagtól (p-érték: 0,8123) (1. táblázat). Ez az eredmény nem tükrözi azt a korábbi megállapítást, hogy a deceptív fajok alacsonyabb termésképzési aránnyal jellemezhetők, mint a nektártermelők (Neiland & Wilcock 1999).

A két évre jellemző értékek között egyik fajnál sem találtam szignifikáns különbséget (p-érték=0,7913 – *D. majalis*, p-érték=0,1598 – *P. bifolia*).

Szignifikáns különbséget találtam viszont a *P. bifolia* két populációjának (Miskolctapolca és Létras) termésképzési aránya között is (p-érték: 0,002317; szignifikancia szint: **) (3. táblázat).

1. táblázat. Termésképzési arány a vizsgált fajoknál (2010-ben és 2011-ben összesen)

	<i>Platanthera bifolia</i>	<i>Dactylorhiza majalis</i>
Átlag	0,571	0,572
Medián	0,574	0,560
Szórás	0,293	0,234
Minimum	0	0,05
Maximum	1	0,947

4.2. A termésenkénti magszám

Az egy termésben található magok számát tekintve már jelentősen eltér egymástól a két vizsgált faj. A *P. bifolia* átlagos termésenkénti magszáma 6262, a *D. majalis*-é pedig 9722. A két faj termésenkénti magszáma szignifikánsan különbözik egymástól (p-érték<0,0001; szignifikancia szint: ***) (2. táblázat).

Megvizsgáltam a *P. bifolia* két különböző állományára jellemző termésenkénti magszámokat is, de ebben az esetben nem találtam szignifikáns különbséget (p-érték: 0,1289) (3. táblázat).

A termésenkénti magszám szignifikánsan különbözött a két évben a *D. majalis* esetében (4. táblázat) (p-érték<0,0001 ***).

2. táblázat. Termésenkénti magszám a vizsgált fajoknál (2010-ben és 2011-ben összesen)

	<i>Platanthera bifolia</i>	<i>Dactylorhiza majalis</i>
Átlag	6381	9722
Medián	5784	9038
Szórás	3382	3475
Minimum	627	2844
Maximum	18485	21088

3. táblázat. Termésképzési arány és termésenkénti magszám a *P. bifolia* két populációjánál

	Termésképzési arány:		Magszám/termés:	
	Miskolctapolca	Létrás	Miskolctapolca	Létrás
Átlag	0,347	0,791	5771	6741
Medián	0,294	0,818	4290	6820
Szórás	0,311	0,169	3542	3216
Minimum	0	0,5	1759	1012
Maximum	0,9	1	13809	15111

4. táblázat. Termésképzési arány és termésenkénti magszám 2010-ben és 2011-ben

	<i>P. bifolia</i>		<i>D. majalis</i>	
	Termésképzési arány	Magszám/termés	Termésképzési arány	Magszám/termés
2010	0,624	6410	0,618	10622
2011	0,534	6262	0,538	7332

4.3. A termésképzési arányt befolyásoló tényezők

4.3.1. A környező állomány sűrűségének hatása a termésképzési arányra

A vizsgált egyedet körülvevő állomány sűrűségét a legközelebbi öt virágzó egyed méterben mért távolságának összegéből számítottam. Ez a szám a *P. bifolia* esetében átlagosan 6,5 volt (a miskolctapolcai állományánál átlagosan 5,8, a létrás-tetői populációnál 7,1), a *D. majalis* esetében pedig 17,4.

A *Platanthera bifolia* esetében nem sikerült kimutatni, hogy a környező állomány sűrűsége korrelál a termésképzési aránnyal. Azonban a *Dactylorhiza majalis* esetében szignifikáns pozitív korreláció figyelhető meg, minél sűrűbb az állomány egy egyed körül, annál nagyobb termésképzési arány várható (7. ábra, 5. táblázat). A *D. majalis* deceptív faj, a nagyobb állománysűrűség mégis pozitívan befolyásolja a termésképzési arányát, azaz a pollinátorok nem tanulják meg könnyebben elkerülni a nektárt nem termelő virágzatukat nagy állománysűrűség esetén.

4.3.2. A virágzó hajtás magasságának hatása a termésképzési arányra

A növény mérete többféleképpen is hathat a termésképzési arányra. Egyrészt elképzelhető, hogy a nagyobb méretű példányok több raktározott tápanyaggal rendelkeznek, és így több termés érlelésére jut forrásuk (Alexandersson & Agren, 1996, cit. Mattila & Kuitunen, 2000); másrészt a hosszú hajtás magasabbra emeli a virágzatot, jobban kiemelkedik a gyeptől, és így az a pollinátorok számára feltűnőbb lehet.

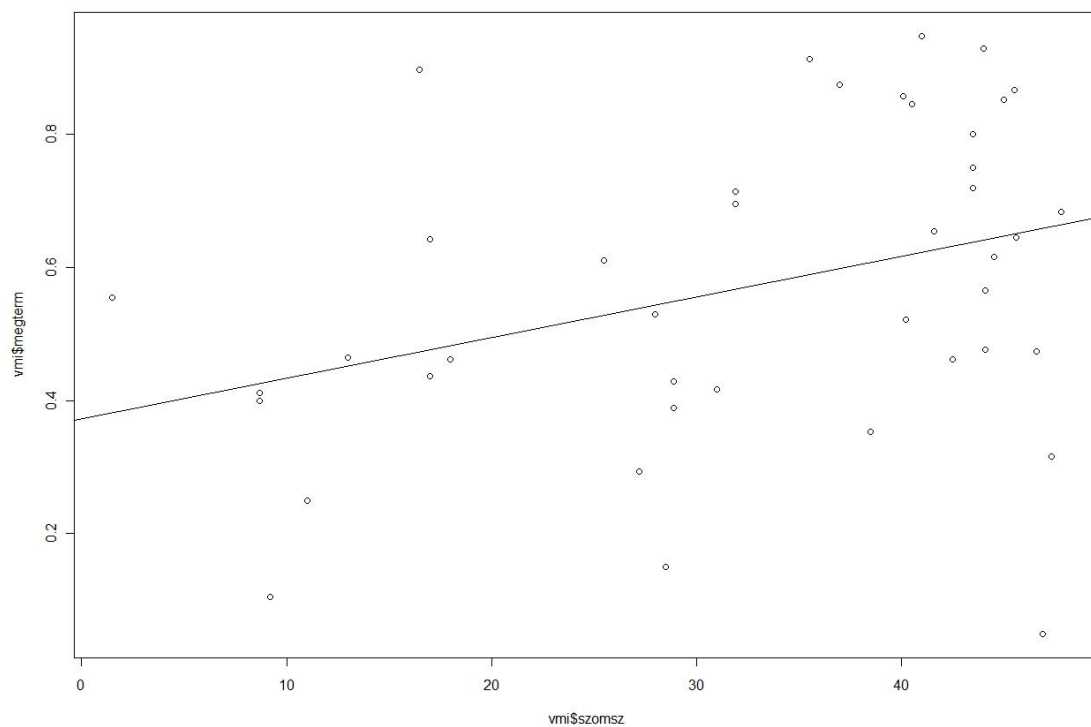
A korrelációs tesztek eredményei azonban egyik faj esetben sem erősítették meg, hogy az egyed magassága összefüggésben lenne a termésképzési arányra (5. táblázat).

4.3.3. A virágzat hosszának hatása a termésképzési arányra

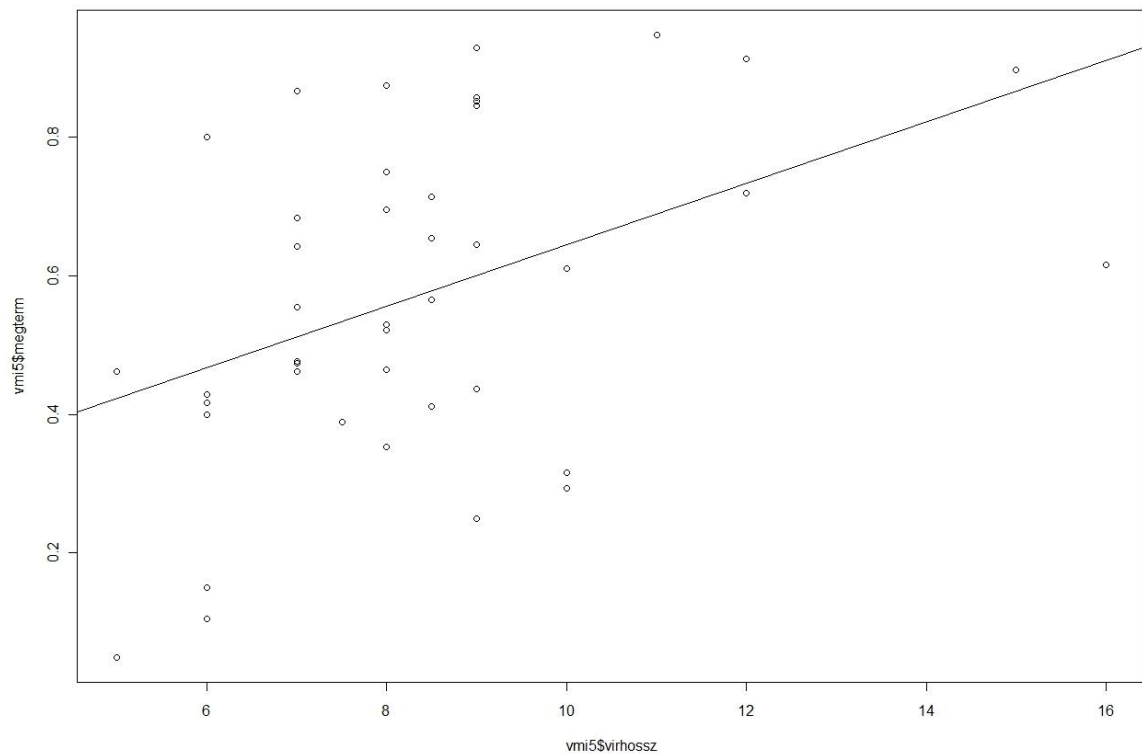
A virágzat hosszának növekedésével (és ezzel együtt a virágok számának növekedésével) a megporzó rovarok feltehetően egyre könnyebben észreveszik, és egyre vonzóbbnak találják a növényeket. Emiatt a hosszabb virágzat nagyobb termésképzési aránnyal járhat együtt, ahogy azt több faj esetében kimutatták.

A *D. majalis*-nál szignifikáns korrelációt sikerült kimutatni a virágzat hossza és a termésképzési arány között (8. ábra), és a *P. bifolia* esetében is közel szignifikáns a kapcsolat (5. táblázat). Az, hogy a *D. majalis* esetében összefüggést találtam a virágzat nagysága és a reprodukciós siker között, nem egyezik Kindlmann & Jersáková (2006) korábbi eredményével.

7. ábra. A környező állomány sűrűsége (x-tengely) és a termésképzési arány (y-tengely) összefüggésének szemléltetése a *D. majalis*-nál (A környező állomány sűrűségének számszerűsítési módszeréből – lásd Anyag és módszer – az következne, hogy az x-tengelyen az értékek növekedésével csökken az állomány sűrűsége, azonban ez az ábrázolásnál félrevezető lett volna. Emiatt minden értéket kivontam 50-ből és így ábrázoltam, így már az x-tengelyen az értékek növekedésével nő az állomány sűrűsége.)



8. ábra. A virágzat hosszának (x-tengely) és a termésképzési arány (y-tengely) összefüggésének szemléltetése a *D. majalis*-nál



5. táblázat. A termésképzési arány és különböző tényezők közötti korreláció vizsgálatának eredményei a fajoknál

	<i>P. bifolia</i>	<i>D. majalis</i>
A környező állomány sűrűsége	p-érték: 0,7431	p-érték: 0.02388 *
A virágzó hajtás magassága	p-érték: 0,9431	p-érték: 0,1131
A virágzat hossza	p-érték: 0,06105 .	p-érték: 0,003886 **

4.4. A virágzatban való elhelyezkedés hatása a termésképződés valószínűségére és a termésenkénti magprodukcióra

A virágzatban való elhelyezkedés szempontjából különbség lehet a termésképződés valószínűségében, és a termésenkénti magszámban is. Ezeknek több oka lehet, például hogy az alsó virágok általában nagyobbak és nagyobb termés is képződik belőlük, mint a felsőkből; illetve hogy deceptív fajoknál a korábban nyíló alsó virágokat nagyobb valószínűséggel porozzák be a tapasztalatlan pollinátorok stb. A virág helyzetének hatását a *P. bifolia* esetében vizsgáltam, 2010-ben.

Meghatároztam a különböző helyzetű virágok számát, és hogy ezeknek mekkora hányada fejlődött terméssé. Eredményeim szerint a *P. bifolia* esetében az alsó és középső helyzetű virágok azonos valószínűséggel fejlődnek terméssé, még a felsők lényegesen kisebb eséllyel (6. táblázat). Mivel a *P. bifolia* nektártermelő faj, ez az eredmény nem tudható be a megporzó rovarok tanulásának. A jelenségért vagy a forráslimitáció lehet felelős, vagy az, hogy az alsó virágok általában hosszabb életűek és több nektárt termelnek, (ahogy azt Stpiczyńska (2003) a *P. chlorantha* esetében kimutatta).

6. táblázat. A különböző helyzetű virágok terméssé fejlődésének valószínűsége a *P. bifolia* esetében

Alsó virágok	Darab	%
Terméssé fejlődött	114	74.50980392
Nem fejlődött terméssé	39	25.49019608
összesen	153	
Középső virágok		
Terméssé fejlődött	127	74.26900585
Nem fejlődött terméssé	44	25.73099415
összesen	171	
Felső virágok:		
Terméssé fejlődött	74	44.57831325
Nem fejlődött terméssé	92	55.42168675
összesen	166	

Minden begyűjtött és megvizsgált termésről tudtam, hogy alsó-, középső- vagy felső helyzetű volt-e. Ezért a magszámok meghatározása után összevetettem a különböző helyzetű termések adatait (7. táblázat). Ezeket t-tesztel összehasonlítottam, és minden esetben szignifikáns különbségeket találtam (8. táblázat). A felsőbb helyzetű termések jelentősen kisebb magszáma egybevág azzal a ténnyel, hogy ezek általában kisebb méretűek, mint az alsók. Ennek oka szintén lehet a forráslimitáció, mivel kevés rendelkezésre álló tápanyag esetén a virágzat/terméságazat felső részén kevesebb mag érlelésére jut forrás.

7. táblázat. A különböző helyzetű termések átlagos magszámai

	Átlagos magszám/termés
Alsó virágokból képződött termések	8372
Középső virágokból képződött termések	5813
Felső virágokból képződött termések	3387

8. táblázat. A különböző helyzetű termések magszáma között szignifikáns különbségeket találtam (a t-teszt eredményei)

	p-érték	Szignifikancia szint
Alsó - Középső	0,001859	**
Alsó - Felső	0,0000001072	***
Felső - Középső	0,0001648	***

4.5. A forráslimitáció vizsgálata

Kevés megporzódott virág esetén minden képződő termésre elegendő forrás juthat ahhoz, hogy nagyszámú mag képződjön benne. Sok termés esetén viszont a források kevésnek bizonyulhatnak ahhoz, hogy minden termésben sok mag érlelődhessen. Annak vizsgálatára, hogy az orchideák termésenkénti magprodukciónak a források mennyisége limitálja-e, egyes példányokon kevés, még másokon sok virágot poroztam be kézzel, majd vizsgáltam az így képződött termésekben a magok számát.

Ezzel a módszerrel mindkét vizsgált faj esetében sikerült kimutatni a forráslimitációt. Az eredményeket a 9. táblázat tartalmazza. A különbség a *P. bifolia* (p-érték: 0,02549; szignifikancia szint: *), és a *D. majalis* (p-érték: 0,02666; szignifikancia szint: *) esetében is szignifikáns.

9. táblázat. Átlagos termésenkénti magszámok sok, illetve kevés virág megporzása esetén a két vizsgált fajnál

	Átlagos magszám/termés
<i>P. bifolia</i>	
Kevés virág megporozva	6880
Sok virág megporozva	5591
<i>D. majalis</i>	
Kevés virág megporozva	13522
Sok virág megporozva	10154

5. Összefoglalás

Hazai orchideáink nem csak szépek és különlegesek, de védettek is, sőt, több közülük veszélyeztetett növény. Hatékony védelmükhöz azonban elengedhetetlenül fontos biológiájuknak, ezen belül is reprodukciós sajátosságaiknak minél pontosabb ismerete. Sokféle, és több esetben különleges megporzási stratégiájuk miatt a téma mindig foglalkoztatta a biológusokat, de továbbra is rengeteg kérdést vet fel szaporodásuk. Dolgozatomban a termésképzésükkel és magprodukciójukkal kapcsolatos néhány kérdésre kerestem a választ, két hazai faj, a kétlevelű sarkvirág (*Platanthera bifolia*) és a széleslevelű ujjaskosbor (*Dactylorhiza majalis*) bükki populációinak vizsgálatával.

Elsőként két alapvető reprodukciós sajátosságuk, a termésképzési arány és a termésenkénti magszám megismerésére törekedtem. Megállapítottam, hogy a két faj átlagos termésképzési aránya nem különbözik számottevően egymástól, annak ellenére, hogy egy deceptív és egy nektártermelő fajról van szó. A deceptív fajok ugyanis átlagosan alacsonyabb termésképzési aránnyal jellemezhetők, mint a nektártermelő fajok (Neiland & Wilcock, 1998).

Termésenkénti magszám tekintetében viszont szignifikáns különbséget sikerült kimutatnom a *D. majalis* javára. Ez az eredmény egybevág azzal a korábbi megállapítással (Mrkvicka, 1994), hogy az erdei fajok magjai általában nagyobbak. A *P. bifolia* ugyanis jellemzően erdei faj, még a *D. majalis* gyepi, így nem csoda, hogy az előbbinek kevesebb magja van egy termésben, mivel egy-egy magja viszont nagyobb. A *D. majalis* esetében szignifikánsan kevesebb mag termelődött 2011-ben, mint 2012-ben, ami feltételezhetően a csapadékszegény időjárás következménye lehetett. A *P. bifolia*-nál nem következett be jelentős változás a termésenkénti magszámban, úgy tűnik tehát, hogy a szárazság sokkal jobban megviselte a nedvesséigényes *Dactylorhiza majalis*-t.

A termésképzési arányra ható tényezők tartják az egyedek körülvevő virágzó példányok sűrűségét, a virágzat nagyságát és a növény magasságát. Vizsgálataim során sikerült kimutatnom, hogy pozitív összefüggés van a *D. majalis* termésképzési aránya és a környező állomány sűrűsége, valamint a virágzat hossza között is.

A *P. bifolia* esetében sikerült kimutatnom, hogy az alsó, illetve középső virágok nagyobb valószínűséggel termékenyülnek meg, mint a felsők. Mivel a *P. bifolia* nektártermelő faj, ezt az eredményt nem magyarázhatjuk azzal, hogy a megporzó rovarok idővel megtanulták elkerülni a fajt, és így a később nyíló felső virágoknak már kisebb volt az esélyük arra, hogy megtermékenyüljenek. Ez inkább annak tudható be, hogy az alsóbb helyzetű virágok, több nektárt termelnek, és hosszabb életűek, mint a felsők. Ez a tény azzal együtt, hogy a felső virágok átlagosan kisebbek, és kevesebb magot is tartalmaznak, megerősítheti azt a korábbi elképzelést, hogy a felső virágok inkább hím, még az alsók inkább női funkciójúak.

Mindkét faj esetében sikerült kimutatnom a források mennyiségének limitáló hatását a termésenkénti magprodukciónak. Abban az esetben, ha egy növénynek több termést kellett érlelnie, azokban szignifikánsan kevesebb mag képződött, mint ha kevesebb termésre kellett a forrásokat szétosztania. Ez természetesen nem zárja ki a pollenlimitáció lehetőségét, de szemben áll azzal az elképzeléssel, hogy az orchideák főleg pollenlimitáltak (Tremblay et al., 2005).

6. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni mindazoknak, akik bármilyen módon segítették a munkámat: Molnár V. Attilának, Tökölyi Jácintnak, Fülöpné Barabás Évának és Vojtkó Annának.

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalomjegyzék

- ARDITTI, J. , GHANI, A. K. A. (2000): Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. *New Phytologist* 145: 367– 421.
- BOSCH, M., WASER, N. M. (2001): Experimental manipulation of plant density and its effect on pollination and reproduction of two confamilial montane herbs. *Oecologia* 126: 76-83.
- BRYN, R., JACQUEMYN, H., HERMY, M. (2008): Pollination efficiency and reproductive patterns in relation to local plant density, population size, and floral display in the rewarding *Listera ovata* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 157: 713–721.
- CALVO, R. N. (1990): Inflorescence Size and Fruit Distribution Among Individuals in Three Orchid Species. *American Journal of Botany* 77(10): 1378-1381.
- GIRORD, LUC D. B., MACNAIR, M. R., STRIETESKY, M. & SMITHSON, A. (2002): The potential for floral mimicry in rewardless orchids: an experimental study. *The Royal Society* 269: 1389–1395.
- JACQUEMYN, H., BRYN, R., HONNAY, O., HERMY, M. (2008): Effects of coppicing on demographic structure, fruit and seed set in *Orchis mascula*. *Basic and Applied Ecology* 9: 392-400.
- JERSÁKOVÁ, J., JOHNSON, S. D., KINDLMANN, P. (2006): Mechanisms and evolution of deceptive pollination of orchids. *Biol. Rev.* 81: 219–235.
- JERSÁKOVÁ, J., KINDLMANN, P. (1998): Patterns of pollinator-generated fruit-set in *Orchis morio* (Orchidaceae). *Folia Geobotanica* 33: 377-390.
- JEŽEK, Z. (2008): Orchideák Enciklopédiája. Ventus Libro Kiadó, Budapest

- JUILLET, N., GONZALEZ, M. A., PAGE, P. A., GIRORD, 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: 123–129.
- KINDLMANN, P., JERSÁKOVÁ, J. (2006): Effects of floral display on reproductive success in terrestrial orchids. *Folia Geobotanica* 41.: 47-60.
- MATTILA, E., KUITUNEN, M. T. (2000): Nutrient versus pollination limitation *Platanthera bifolia* and *Dactylorhiza incarnata* (Orchidaceae). *OIKOS* 89: 360-366.
- MOLNÁR V. A. (2006): Kosborfélék. In: Ujhelyi P (Szerk.): *Élővilág Enciklopédia*. Kossuth Kiadó, Budapest, p.149-166.
- MRKVICKA, A. CH. (1994): Anatomie und Morphologie der Samen heimischer Orchideenarten. *Jour. Eur. Orch.* 26(2): 168–314.
- NEILAND, M. R. M., WILCOCK, C. C. (1999): Fruit set, nectar reward, and rarity in the Orchideaceae. *American Journal of Botany* 85: 1657-1671.
- RENNER, S. S. (2005): Rewardless Flowers in the Angiosperms and the Role of Insect Cognition in Their Evolution. *Plant Pollinator Interactions: From Specialization to Generalization*. 123-144.
- SIMON T. (2004): *A magyarországi edényes flóra határozója*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- STPICZYŃSKA, M. (2003): Floral Longevity and Nectar Secretion in *Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb. (Orchidaceae). *Annals of Botany* 92: 1-7.
- VALLIUS, E (2000): Position-dependent reproductive success of flowers in *Dactylorhiza maculata* (Orchidaceae). *Functional Ecology* (2000) 14: 573-579.