

SZIE-ÁOTK
Ökológia Tanszék

**Pollinátorok és a beporzás hatékonysága eltérő
lineáris tájelemek mentén**

Pálfy Anna

Témavezető: Dr. Báldi András
MTA-MTM Állatökológiai Kutatócsoport

Konzulens: Kovács Anikó
SZIE Környezettudományi Doktori Iskola

2011.

Tartalomjegyzék

Bevezetés és irodalmi áttekintés	2. oldal
Anyag és módszertan	8. oldal
A vizsgálat helyszíne	8. oldal
Mintavétel	11. oldal
Statisztikai elemzés	12. oldal
Eredmények	14. oldal
Diskusszió	19. oldal
Konklúzó	23. oldal
Összefoglalás	24. oldal
Summary	26. oldal
Köszönetnyilvánítás	27. oldal
Irodalomjegyzék	28. oldal

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A Föld túlnépesedése miatt a megfelelő élelmezés biztosítása kulcsfontosságúvá vált (Jaggard *et al.*, 2010). A megnövekedett élelmezési igény kielégítése a mezőgazdaság intenzifikálódását vonta magával, mely a 20. század második felétől Észak-Amerikában, valamint az Európai Unió régi tagállamaiban, így Nyugat- és Észak-Európában volt a legerőteljesebb (Benton *et al.*, 2003). Az intenzív művelési technikák megjelenésével, a nagyobb birtokok kialakulásával, a tájszerkezet homogenizálódásával, degradálódásával és a különféle vegyszerek alkalmazásával a biodiverzitás még soha nem látott mértékben csökkent (Tilman *et al.*, 2002). Közép- és Kelet-Európában az extenzívebb művelési technikák a jellemzőbbek, ám e régióból is egyre több ország, köztük Magyarország is csatlakozott az Európai Unióhoz. Magyarország kétharmada mezőgazdasági terület, mely számos növény-és állatfaj számára meghatározó élőhely (Ángyán *et al.*, 2003; Szép - Nagy 2006). Az EU Közös Agrárpolitikájának (KAP) hazánkra való kiterjesztése esetleges intenzifikációhoz vezethet, mely természetvédelmi szempontból aggodalomra adhat okot (Kovács *et al.*, 2007).

Az agrárintenzifikáció következtében világszerte nemcsak a biodiverzitás csökkent, hanem ezzel összefüggésben sok ökoszisztéma szolgáltatás is sérült. Ökoszisztéma szolgáltatásnak az élővilág azon javait nevezzük, melyeket az ember élete során közvetlenül vagy közvetve felhasznál, így az jelentősen hat életminőségére is (Tscharntke *et al.*, 2005). Négy alapvető típusként ellátó, szabályozó, fenntartó és kulturális szolgáltatásokat különböztetünk meg. Ezen szolgáltatások minőségét gyakran az adott élőhely biodiverzitása nagyban meghatározza (Hector - Bagchi, 2007). Az egyik legalapvetőbb ökoszisztéma szolgáltatás a pollináció (beporzás), hiszen mai zárvatermő növényeink 60-90 %-nak beporzását állati pollinátorok biztosítják (Kremen *et al.*, 2007). Sok esetben kölcsönösen egymásra utalt viszonyról van szó, mivel rovarfajaink 20%-a (legalább egy bizonyos életszakaszában) kizárólag a virágok biztosította nektáron és pollenen él, vagyis ettől függ a fennmaradásuk is (Kearns - Inouye, 1997). A pollináció nélkülözhetetlen a mezőgazdaságban és élelmezési ellátásban is (Costanza *et al.*, 1997; Klein *et al.*, 2007). Kultúrnövényeink 84%-nak megporzása (Corbett *et al.*, 1991) és a mezőgazdasági termelés harmada állati pollinátoroktól függ (Klein *et al.*, 2007).

A pollinátorok számának drasztikus csökkenésére, és ennek következményére, a „megporzási krízisre” már évekkel ezelőtt felhívták a figyelmet (Kearns *et al.* 1998). A méhek

a legfontosabb beporzók közé tartoznak (Steffan-Dewenter - Tschamntke 1999; Kremen *et al.*, 2002). Európában és Észak-Amerikában számuk jelentősen csökkent az utóbbi évtizedekben (Williams, 1982; Westrich, 1996; Buchmann - Nabhan, 1996; Bismeyer *et al.*, 2007). Ennek egyik okaként a mezőgazdasági területek vegyszerezése, és így táplálékul szolgáló kulcsfajaik, különösen a Fabaceae és Lamiaceae családba tartozó gyomnövények visszaszorulása említhető (Carvell *et al.*, 2001). A területek kezelésén túl a mezőgazdaság táji szintű hatásai is jelentősek. Az emberi tevékenység miatt bekövetkező élőhely vesztés és feldarabolódás az egyik fő okozója a biodiverzitás csökkenésnek. A fasorokat és sövényeket kivágják, az útszéleket beszántják vagy lekaszálják, pedig ezen lineáris elemeknek igen nagy szerepe van a diverzitás fenntartásában, élőhelyet biztosítanak, és ökológiai folyosóként szolgálnak (Wilcove *et al.*, 1998; Benton *et al.*, 2003; Van Geert *et al.*, 2010). Angliában és Hollandiában az intenzív termesztési technológiák a 20. század második felében már jelentős csökkenéshez vezettek a méhek esetében (Bismeyer *et al.*, 2006). A legerősebb negatív hatás az élőhelyükben vagy tápnövényeikben specialista fajoknál volt érzékelhető. De a méhek eltűnésével a természetes vegetáció is sérült. Populációik csökkenésével párhuzamosan a méhek által beporzott vadnövények is csökkenő tendenciát mutattak.

A legelterjedtebb gazdaságilag használt pollinátor a háziméh (*Apis mellifera*). Jelentős szerepe van számos kultúrnövény beporzásában, azonban az elmúlt években egyre több országból jelentették tömeges pusztulását. Az Egyesült Államokban észlelték először a kaptár összeomlás jelenségét (Colony Collapse Disorder, CCD), melynek során a kifejlett dolgozók hirtelen, minden előjel nélkül eltűntek a kaptárakból, a lépet, mézet és lárvákat hátrahagyva. A lehetséges okokról több elmélet is született, és feltehetőleg komplex folyamatról van szó. Vannak, akik a neonikotinoid peszticideknek tulajdonítják a problémát (Desneux *et al.*, 2007), ám ezeket Európában is használják, ahol a probléma egyelőre kisebb mértékű. Egyesek a *Varroa destructor* néven ismert atkát okolják (Conte *et al.*, 2010), míg mások az amerikai méhészetek intenzív gazdálkodását teszik felelőssé (Oldroyd *et al.*, 2007).

A felmerülő környezeti problémák kezelésére Európa szerte agrár-környezetvédelmi programokat vezettek be, melyek mintájára Magyarország 2002-ben elindította a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programot (NAKP). A 2253/1999. (X.7.) kormányhatározat alapján: „A Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program elsődleges célkitűzése olyan mezőgazdasági gyakorlat kialakítása, amely a természeti erőforrások fenntartható használatán, a természeti értékek, a biodiverzitás megőrzésén, a táj értékeinek megóvásán és egészséges termékek

előállításán alapszik.” A program főbb hatásterületei közé tartozik a természet- és tájvédelem (Ángyán *et al.*, 2003; <http://www.foek.hu>).

Főként Nyugat-Európában a méhek diverzitását és abundanciáját veszélyeztető, a mezőgazdasági termelésből fakadó negatív hatások mérséklésére az agrár-környezetvédelmi programok már több megoldási lehetőséget kínálnak (Pywell *et al.*, 2006). Az egyik célprogramban pár méteres szegélyeket kell kivonni a művelt területekből, és engedni e sávokban a természetes vegetációt, így számos jó pollen- és nektárforrásként szolgáló gyomfaj növekedését (Carvell *et al.*, 2004; Pywell *et al.*, 2005). A felmerülő anyagi veszteségeket a program nyújtotta kompenzációs támogatások fedezik. Egy másik eljárás keretében az intenzíven művelt területek között virágos foltokat létesítenek, mely szintén elősegítheti a méhek számának növekedését, a megfelelő táplálék mennyiség és minőség biztosításával (Bäckman – Tianien, 2005; Pywell *et al.*, 2005). Bár a magkeverék költséges, valamint sok faj számára nehéz biztosítani és fenntartani egy termékeny, előzőleg mezőgazdasági művelés alá vont földet (Pywell *et al.*, 2003), az Egyesült Királyságban sikerrel alkalmazták az utóbbi eljárást, és a poszméhek fajszerkezetének növekedését figyelték meg (Pywell *et al.*, 2006).

Azt, hogy a program elérte-e célját országosan, még senki sem vizsgálta Magyarországon. A monitorozási protokoll módszertanának egy része már elkészült (Horváth - Szitár, 2007). Említést érdemel egy-két előzetes, nem publikált vizsgálat, elsősorban az úgy nevezett Érzékeny Természeti Területeken, valamint néhány, esetenként még nem publikált, tanulmány (Báldi *et al.*, 2005; Kovács *et al.*, submitted). A gazdálkodás intenzitásának hatásáról képet ad az EASY (Evaluating current European Agri-environment Schemes to quantify and improve nature conservation efforts in agricultural landscapes) EU FP5-ös keretprogram, melynek során négy európai uniós országban, valamint Svájcban és Magyarországon vizsgálták az extenzíven és intenzíven művelt területek közötti különbséget, egységes protokoll segítségével (Báldi *et al.*, 2005). Magyarországon az extenzíven kezelt gyepterületek biodiverzitása kiemelkedően magas volt, az intenzíven legeltetetteké alacsonyabb, bár ez taxon és specializáció függő volt (Báldi *et al.*, 2007; Batáry *et al.*, 2007). További intenzifikáció, például műtrágyázás egyértelműen és erőteljesen negatívan hatott (Verhulst *et al.*, 2004). Ezen felmérés eredményeiből tudjuk azt is, hogy hazánkban a méhek fajgazdagsága, valamint a ritka fajok aránya jóval magasabb a nyugat-európai országokéhoz viszonyítva (Sárospataki *et al.*, 2009).

A beporzás hatékonyságának mérése: phytométerek használata

Egy adott területen előforduló méhek faj-és egyedszáma sokszor már önmagában értékes információ, azonban szerepük, azaz az általuk végzett beporzás hatékonysága, az ökoszisztéma szolgáltatásokban betöltött kulcspozíciójuk, sokkal hatékonyabb mérőszám lehet. Pollinációs siker mérésére többféle módszer létezik, pl.: egy adott növény egyes virágainak letakarásával megakadályozhatják a pollinációt, majd összehasonlítják terméseiket a le nem takart egyedekével (Jacobs *et al.*, 2009). Ebben az esetben azonban a felmérés menete, körülményei nagyban determináltak az elérhető növények, virágok függvényében. Erre jelenthet megoldást egy, szintén részben a pollinációs siker mérésére alkalmazott újabb módszer, a phytometer növények használata (Pálfy *et al.*, 2010).

A phytometerek olyan növények, melyeket különböző ökológiai hatások mérésére alkalmaznak, pl.: növények közti kompetíció vizsgálatára (Leicht-Young *et al.*, 2007), talaj minőség és talaj toxicitás vizsgálatára (Rajan *et al.*, 1988), a herbivória mértékének vizsgálatára (Scherber *et al.*, 2006), valamint, a jelen vizsgálathoz hasonlóan pollinációs hatékonyság mérésére.

A pollinációs hatékonyság méréséhez nem önbeporzó, rovarporozta növényekre van szükség (*Raphanus sarivus*, *Campanula glomerata*, *Hypochaeris radicata*, *Trifolium pratense*, *Brassica kaber*, *Petunia sp.*), melyeket kontrollált, standard körülmények között nevelnek fel, és virágzáskor helyezik ki őket a vizsgálandó területre.

A szakirodalomban közölt kutatási eredmények alapján a beporzást phytométerekkel tizenhárom tanulmány vizsgálta (Web of Science). A közölt kutatási eredmény áttekintése alapján pollinációs hatékonyság vizsgálata és ennek keretében phytometerek alkalmazása számos kérdés megválaszolására nyújtott lehetőséget: milyen messzire képesek szállítani a növényi pollent a beporzó rovarok (Albrecht *et al.*, 2009; Schulke *et al.*, 2001); az egyes növényi populációkban milyen tényezők hatnak a pollinátorok táplálékválasztására (Kunin *et al.*, 1997; Bosch - Waser, 2001; Lazaro - Totland, 2010); van-e hatása a rovarölőknek a pollinációra (Brittain *et al.*, 2010a; Brittain *et al.*, 2010b); van-e kompetíció egyes növények közt a pollinátoraikért (Campbell - Motten, 1985; Campbell *et al.*, 1985); van-e különbség az eltérően kezelt területek pollinációs hatékonyságában (Albrecht *et al.*, 2007; Brittain *et al.*, 2010b; Diekötter *et al.*, 2010); a jó minőségű élőhelyektől a pollinátorok milyen mértékben távolodnak el (Kohler *et al.*, 2008).

A phytometerek alkalmazási módja a vizsgálat céljától függően igen változó lehet. Pollenterjedési kísérletek esetében, az adott forráspopulációtól egyre távolodva helyezték el az azonos fajhoz tartozó phytometer növényeket. A kihelyezett növények közül a kísérlet időtartama alatt, minden esetben csak egy növényt látogathattak beporzóik, a többi letakarták, megakadályozva a kihelyezett cserepek közötti beporzást. Így a rovarok a beporzáshoz szükséges pollent minden esetben csak a forráspopulációból tudták a phytometer növényhez szállítani.(Albrecht *et al.*,2009; Schulke - Waser, 2001). A pollinátorok táplálékválasztását vizsgáló kísérletek esetében változtatták a növényi foltok méretét, denzitását, valamint egyes kísérletekben azok összetételét is (Kunin, 1997; Bosch - Waser, 2001; Lazaro - Totland, 2010). Rovarölő szerek pollinátorokra gyakorolt hatásának vizsgálatához inszekticiddel kezelt és nem kezelt területekre helyezték ki a phytometer növényeket (Brittain *et al.*, 2010a; Brittain *et al.*, 2010b). Az agrár-környezetvédelmi programokba bevont legelők, valamint az intenzíven kezelt területek összehasonlítása során az eltérő területek közepére helyezték ki a phytometereket.

A phytométerek alkalmazásával lehetőség nyílik mind a pollinátorok, mind a pollinációs siker mérésére, nyomkövetésére. A phytométert látogató pollinátorok megfigyelése során leggyakrabban azok fajsámát és abundanciáját figyelték meg, valamint pollinációs rátát számoltak, mely a növényt látogató pollinátorok abundanciájának, és a növényen lévő virágok számának aránya. A pollinációs siker mérésekor sok vizsgálatban figyelembe vették a magszámot, a termésszámot, a magok tömegét, a termések és virágok arányát. A megfigyelések és mérések alapján következtetni lehet a pollináció sikerére az adott területen, a pollinátorok mozgáskörzetére, a pollinátorok mennyiségére, milyen összetételű, méretű, denzitású foltok vonzzák a pollinátorokat és arra, hogy pollinátorok mennyire távolodnak el a jó minőségű élőhelytől.

Hazánkban ezt a módszert még senki nem alkalmazta sikerrel.

Kutatásomban azt vizsgáltam, hogy a különböző típusú lineáris elemek mentén miként alakul a lágyszárú növények beporzása. Hogyan befolyásolja a pollinációs sikert a vegetációstruktúra, a virágzó növények fajgazdagsága és a virágok abundanciája a lineáris elem mentén, és milyen a szomszédos kultúra hatása. Hipotéziseim szerint (1) a különböző típusú lineáris elemek, szomszédos kultúrák, valamint a vegetáció maga, hatással vannak a pollinátorokra és ezáltal a pollinációs sikerre; (2) több pollinátor magasabb pollinációs sikert

eredményez; (3) a különböző típusú lineáris elemek különböző pollinátor csoportoknak kedveznek; (4) a szomszédos kultúrák hatással vannak a pollinátor közösségekre és ezáltal a pollinációs hatékonyságra.

Anyag és módszer

A vizsgálat helyszíne

Munkámat Pest-megye déli részén, Kakucs környékén végeztem 2010 nyarán. A Turján-vidék négy kistáj, a Pesti hordalékkúp síkság, a Csepeli-sík, a Pilis-Alpári homokhát és a Kiskunsági homokhát találkozásában helyezkedik el. Jellemzője a homokhátságba mélyedő teknőrendszer, mely a Duna egykori hordalékán alakult ki. A változó méretű és alakú mélyedések gazdag lápvilágnak adnak otthont, míg a homokhátak száraz környezeti adottságai közt pusztagyeppek alakultak ki. A Turján-vidék vegetációját állandóan ható, részben spontán, részben emberi hatások következményeként jelentkező folyamatok alakítják. A területen jellegzetes hidrogeológiai képződmények az emberi beavatkozás, elsősorban a kavicsbányászat (ócsai kavicsbányató) és a tőzegkitermelés (Ócsai Öregturján, kakucsi lápok) következtében kialakuló lápteknők és állóvizek (<http://www.tankonyvtar.hu/mezogazdasag/vedett-erzekeny-080906-117>).

A térség jellegzetes agrártáj, különböző méretű mezőgazdasági művelés alá vont területekkel. Alapvetően szántóföldek és gyeppek dominálnak, de emellett néhány gyümölcsös is előfordul. Az erdők aránya alacsony, viszonylag elszórva található fasorok, bokorsorok.

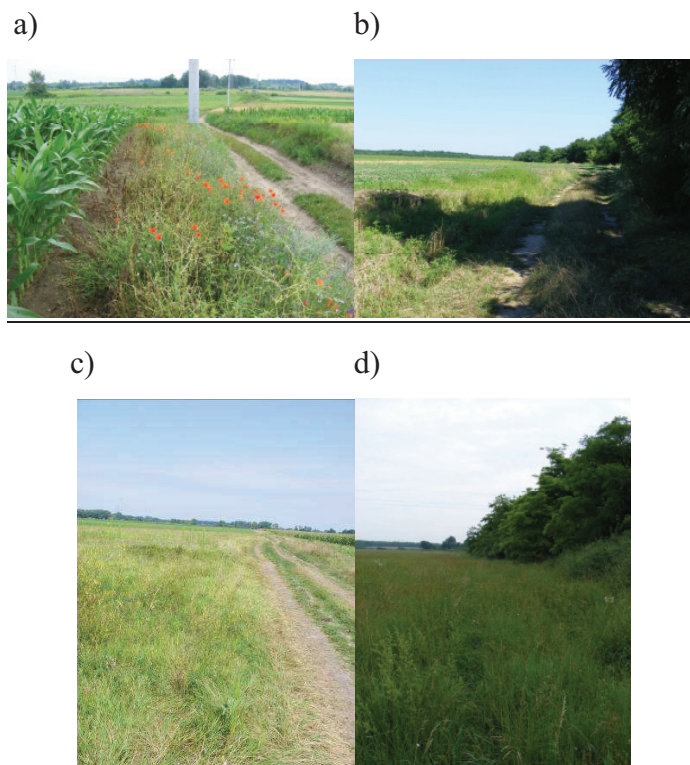
Területeim nagy része a Turjánvidék ÉTT-n helyezkedett el. Hazánkban a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program zonális célprogramjának keretében országszerte 15 Érzékeny Természeti Területet (ÉTT) hoztak létre (Ángyán *et al.*, 2003). Az 1996. évi LIII., a természet védelméről szóló törvény (8.1. melléklet) vezeti be a fogalmat. A törvény 53/3/c pontja szerint „*érzékeny természeti terület az olyan extenzív művelés alatt álló terület, amely a természetkímélő gazdálkodási módok megőrzését, fenntartását, ezáltal az élőhelyek védelmét, a biológiai sokféleség fennmaradását, a tájképi és kultúrtörténeti értékek megővését szolgálja*”. A szabályozás alapján a védett területeken és a védett természeti érték megőrzése érdekében természetkímélő gazdálkodást folytatók anyagi támogatásra számíthatnak.

Mintavételi területeim négy típusba tartoztak, három ismétlésben: földút menti gyepsávok, melyet szántóföldek határoltak; földút menti gyepsávok, melyet egyik oldalról szántóföldek másik oldalról gyep határolt; fasorok, melyet szántóföldek határoltak, valamint fasorok szomszédos gyepvel (1. és 2. ábra). A fasorok átlagos magassága 7,6 ($\pm 2,7$) m,

szélességük $8,7 (\pm 3,2)$ m volt. A gyepsávok átlagos magassága $0,7 (\pm 0,4)$ m, szélességük $2,3 (\pm 2)$ m volt.



1. **ábra:** Transztektek elhelyezkedése: földút menti gyepsáv (zöld) és fasor (narancssárga) szántók között, földút menti gyepsáv (ciklámen) és fasor (kék) egyik oldalról szántófölddel, másik oldalról gyepvel határolva.



2. **ábra:** A transztektek típusai: földút menti gyepsáv és fasor szántók között (a,b), földút menti gyepsáv és fasor egyik oldalról szántófölddel, másik oldalról gyepvel határolva (c,d).

Mintavétel

Transzekt menti felmérés

A választott lineáris habitatok mentén egy-egy 100 méter hosszúságú transzektet jelöltem ki. A transzekt mentén júliusban két, augusztusban három alkalommal 15 perces megfigyelés keretében végighaladva felmértem az ott észlelt főbb pollinátor csoportok abundanciáját (méhek, poszméhek, zengőlegyek, lepkék). A felmérések során a hőmérséklet 22-32 °C között alakult. Minden esetben, napos időben, szélcsendben vagy enyhe szellő mellett végeztem a vizsgálatot. A transzekt mentén egy méteres sávban feljegyeztem a felmérés során virágzó növények fajszerkezetét és abundanciáját. Lemértem a gyepsávok szélességét és magasságát, és megbecsültem a faszorok szélességét és magasságát. A gyepsávok és a faszorok sűrűségét egy arányskála szerint becsültem 1-től 3-ig. 1-es számot a ritkán, 2-est a közepesen, míg 3-ast a nagyon sűrű vegetáció esetén adtam.

Phytométeres vizsgálat

A vizsgálathoz olyan növényfajokat kerestem melyek nem önbeporzók, viszonylag kisméretűek, olcsók, magjuk nagy mennyiségben vásárolható. Ezen szempontok figyelembe vételével került a választás a hónapos retekre (*Raphanus sativus*) és a kerti orozzlánszárjára (*Antheridium majus*).

Márciusban 160 cserép hónapos retket, májusban 160 cserép retket, és 160 cserép orozzlánszárjat vetettem. Céлом a két időpontbeli vetéssel a vizsgálat időbeli kiterjesztése volt, míg két külön növényfaj bevonásával a pollinátorok szélesebb skálájának vizsgálata volt a cél. A vetés során minden cserépbe több magot tettem, hogy biztosabb legyen a felnövő egyedek megfelelő száma.

Az első kör (márciusban vetett) retket szúnyoghálóval takartam le a kihelyezés előtt, hogy megakadályozzam az idő előtti beporzást. Sajnos a szúnyogháló fényszűrése túl erősnek bizonyult, így a kihelyezés idejére a retek levelei etioláltak lettek, és bár a növények kihelyezésre kerültek, bimbóik néhány napon belül leszáradtak.

A második kör (májusban vetett) retek esetében váratlan problémával kellett számolnom. A növények gumóját hernyók támadták meg, így csak 60 egyedet tudtam kihelyezni. Itt már nem alkalmaztam szúnyoghálót, hanem a növények még bimbós

állapotban kerültek kihelyezésre. A megmaradt 60 darab retket augusztusban helyeztem ki, transzektenként öt cserepet. Hatvan kihelyezett retekéből 28 elpusztult, így adataim 32 retek megfigyeléséből származnak. A megmaradt növényeken három alkalommal 15 percen abundancia becslést végeztem a retkeket látogató pollinátor csoportokra (méhek, poszméhek, zengőlegyek, lepkék), a már transzekt menti felmérésben leírt időjárási körülmények között. A kihelyezésnél megszámoltam, hogy egy növényen hány bimbó van, valamint a bimbók, virágok és termések számát megszámoltam a pollinátor megfigyelések előtt, és a retkek beszedésekor is.

Az oroszlánszajak esetén szintén probléma lépett fel. Egységesen, azonos színű növényeket szerettem volna kihelyezni, így a cserépbe több magot vetettem, és megvártam az összes egyed virágzását, majd a megfelelő szín mellől eltávolítottam az eltérő színű egyedeket. Ez a beavatkozás nagyon megviselte a megtartani kívánt egyedeket is, a növények pár napon belül elhervadtak, így nem kerültek kihelyezésre.

Statisztikai elemzés

A transzektmenti pollinátor megfigyelés adatainak kiértékelése során függő változóként kezeltem a pollinátor összegyedszám, valamint az egyes pollinátor csoportok egyedszám adatait. A júliusi két alkalom és az augusztusi három alkalom megfigyelés adatait összevontam, így az időbeli összevetést a kora nyári és a késő nyári időpont között végeztem. A tesztelt magyarázó változók a fasorok megléte, gyepek megléte, megfigyelés ideje, vegetációsűrűség, vegetáciomagasság, vegetációszélesség, famagasság, fasűrűség, virágban lévő növények fajszáma és egyedszáma voltak. A területet random faktorként vontam be az elemzésbe, figyelembe véve ezzel az azonos transzekt mentén végzett felmérések közti nem teljes függetlenséget.

Az abundancia értékek normalitásának tesztelésére QQ-ábrát (quantile-quantile plot) és Shapiro-Wilks-tesztet alkalmaztam (Sokal - Rohlf, 1981). Ez alapján szükséges volt az összegyedszám, valamint a méhek egyedszám értékeknél 10-es alapú logaritmus transzformációt végezni, hogy teljesüljön a normalitásra vonatkozó feltétel. A zengőlegyek és a poszméhek egyedszám értékei esetén, a logaritmus transzformációval sem sikerült adataim normál eloszlásúvá alakítani. A fentebb felsorolt magyarázó változók hatásának mérésére

általános lineáris kevert modelleket alkalmaztam. Ahol a normalitás feltétel logaritmus transzformációval sem teljesült, ott quasipoisson modellt használtam.

A phytométeres eredmények kiértékelése során kiszámítottam a pollinációs rátát, a virágokat látogató pollinátorok abundanciáját elosztva a növényen található virágok számával. A kis mintaelemszámra való tekintettel a pollinációs rátát transzektenként átlagoltam és a három megfigyelés adatait összevontam. Másik magyarázó változó a termésátlag volt, melyet az egy transzektről begyűjtött növények termésszámainak átlagolásával kaptam. A kis mintaelemszám miatt adatainkra csupán Wilcoxon tesztet végeztünk, és adatainkat grafikusán ábráztuk.

Az elemzéseket R 2.6.2. statisztikai szoftverrel (R Development Core Team, 2006) és nlme (Pinheiro *et al.*, 2010), MASS (Venables - Ripley, 2002) és gplots programcsomagokkal végeztem (Warnes).

Eredmények

A pollinátorok felmérése során összesen 1455 pollinátort észleltem. Júliusban 685, augusztusban 770 egyedet.

Általános lineáris kevert modellt alkalmazva a fasorok megléte, valamint a fasorok sűrűsége a pollinátorok összabundanciájára pozitívan hatott. A fasorok szélességének és magasságának marginálisan szignifikáns pozitív hatása volt a pollinátorok összegyedszámára. A szomszédos gyepeknek nem volt szignifikáns hatása (3. ábra) (I. táblázat).

I. Táblázat: Az általános lineáris modellek eredményei az összegyedszám tekintetében (szignifikáns p értékek vastagon szedettek)

	df	Összegyedszám	
		F	p
Fasor megléte	10	10,11	0,010
Gyep megléte	10	0,84	0,380
Megfigyelés ideje	11	0,01	0,981
Virág fajszám	11	0,14	0,719
Virág abundancia	11	0,04	0,840
Vegetáció szélesség	10	0,18	0,680
Vegetáció magasság	11	0,49	0,500
Vegetáció sűrűség	11	0,12	0,731
Fasor szélesség	10	4,76	0,054
Fasor magasság	10	3,67	0,084
Fasor sűrűség	10	7,36	0,022

A pollinátorokat külön csoportonként vizsgálva, a méhek és a lepkék esetén általános lineáris modellt alkalmazva, míg poszméhek és zengőlegyek esetén quasipoisson modellt alkalmazva, fasorok hatását vizsgálva a lepkék egyedszámában kaptam szignifikáns pozitív eltérést, a többi csoport esetében nem. A szomszédos gyepek megléte a méhek és a zengőlegyek egyedszámára hatott marginálisan pozitívan szignifikánsan, más esetben nem volt szignifikáns hatása (II-III. táblázat).

II. Táblázat: Az általános lineáris modellek eredményei a méhek és a lepkék tekintetében (szignifikáns p értékek vastagon szedettek)

	df	Méhek		Lepkék	
		F	p	F	p
Fasor megléte	10	0,07	0,802	37,13	<0,001
Gyep megléte	10	3,61	0,087	0,12	0,736
Virág fajszám	10	1,13	0,310	5,01	0,047
Virág abundancia	10	0,45	0,518	0,54	0,479
Megfigyelés ideje	11	0,04	0,854	0,77	0,399
Vegetáció szélesség	11	1,10	0,318	0,03	0,868
Vegetáció magasság	11	0,02	0,878	0,02	0,895
Vegetáció sűrűség	11	0,53	0,484	0,11	0,745
Fasor szélesség	11	0,10	0,759	18,24	0,002
Fasor magasság	11	0,08	0,785	10,11	0,010
Fasor sűrűség	10	0,03	0,856	21,43	<0,001

A megfigyelés ideje a pollinátorok összábundanciájára nem volt szignifikáns hatással. A csoportokat külön vizsgálva a zengőlegyek és poszméhek tekintetében kaptam szignifikáns eltérést, zengőlegyek esetében júliusban, poszméhek esetében augusztusban figyeltem meg több egyedet (4. ábra) (III. táblázat).

III. Táblázat: A quasipoisson modellek eredményei poszméhek és a zengőlegyek tekintetében (szignifikáns p értékek vastagon szedettek)

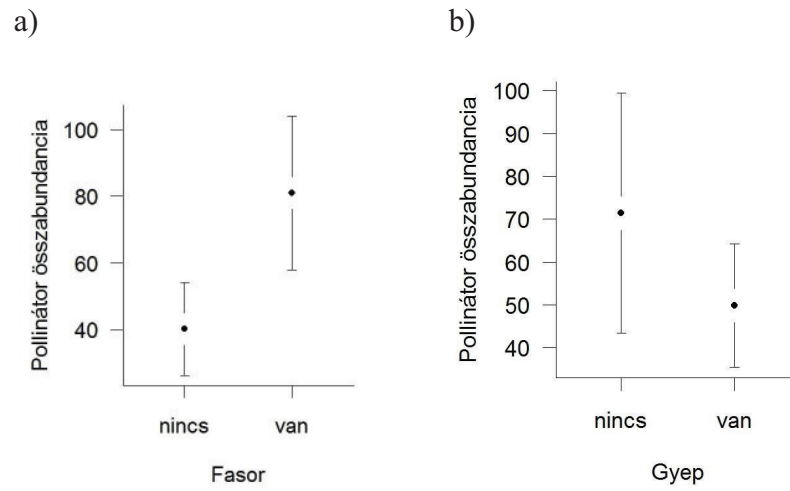
	df	Poszméhek		Zengőlegyek	
		t	p	t	p
Fasor megléte	10	0,68	0,515	-0,07	0,949
Gyep megléte	10	-1,57	0,148	-1,82	0,099
Virág fajszám	11	-2,58	0,026	2,19	0,051
Virág abundancia	11	-2,94	0,013	0,14	0,890
Megfigyelés ideje	11	2,44	0,033	-2,58	0,025
Vegetáció szélesség	10	-0,29	0,778	0,10	0,921
Vegetáció magasság	11	-0,52	0,612	1,02	0,329
Vegetáció sűrűség	11	0,53	0,533	1,68	0,121
Fasor szélesség	10	0,65	0,528	-0,75	0,470
Fasor magasság	10	-0,78	0,451	0,05	0,960
Fasor sűrűség	10	1,71	0,119	0,17	0,521

A vegetációs paraméterek hatását vizsgálva poszméheknél a virágok fajszáma és abundanciája, a lepkéknél a faszor szélessége, magassága és sűrűsége esetén kaptam szignifikáns eltérést, zengőlegyek egyedszáma esetén a virágfajszám marginálisan szignifikáns hatású volt (II. és III. táblázat.).

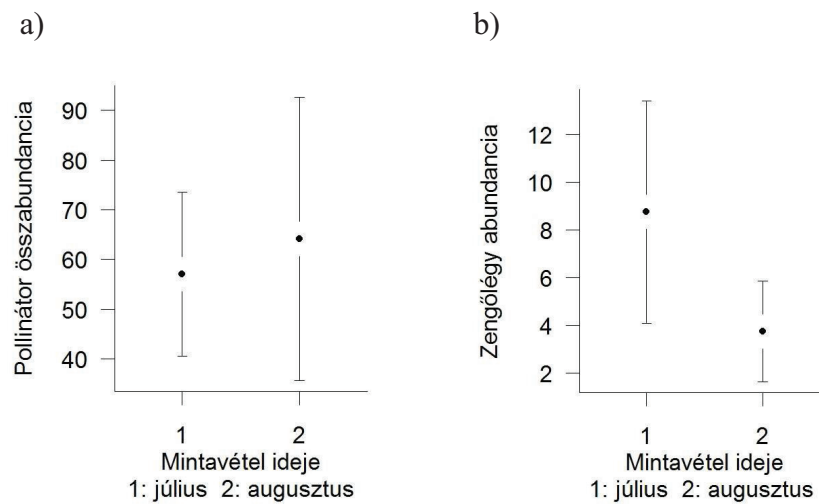
A phytométeres eredményeimet grafikusán ábrázolva a retkek termésátlaga magasabb volt a faszorok mentén, a pollinációs ráta faszor meglétekor valamivel alacsonyabb volt, gyepek mellett magasabb. A Wilcoxon teszt eredményei alapján a termésátlagra és a pollinációs rátára, a gyepek és a faszorok megléte sem hatott (5. ábra) (IV. Táblázat).

IV. Táblázat: A Wilcoxon teszt eredményei

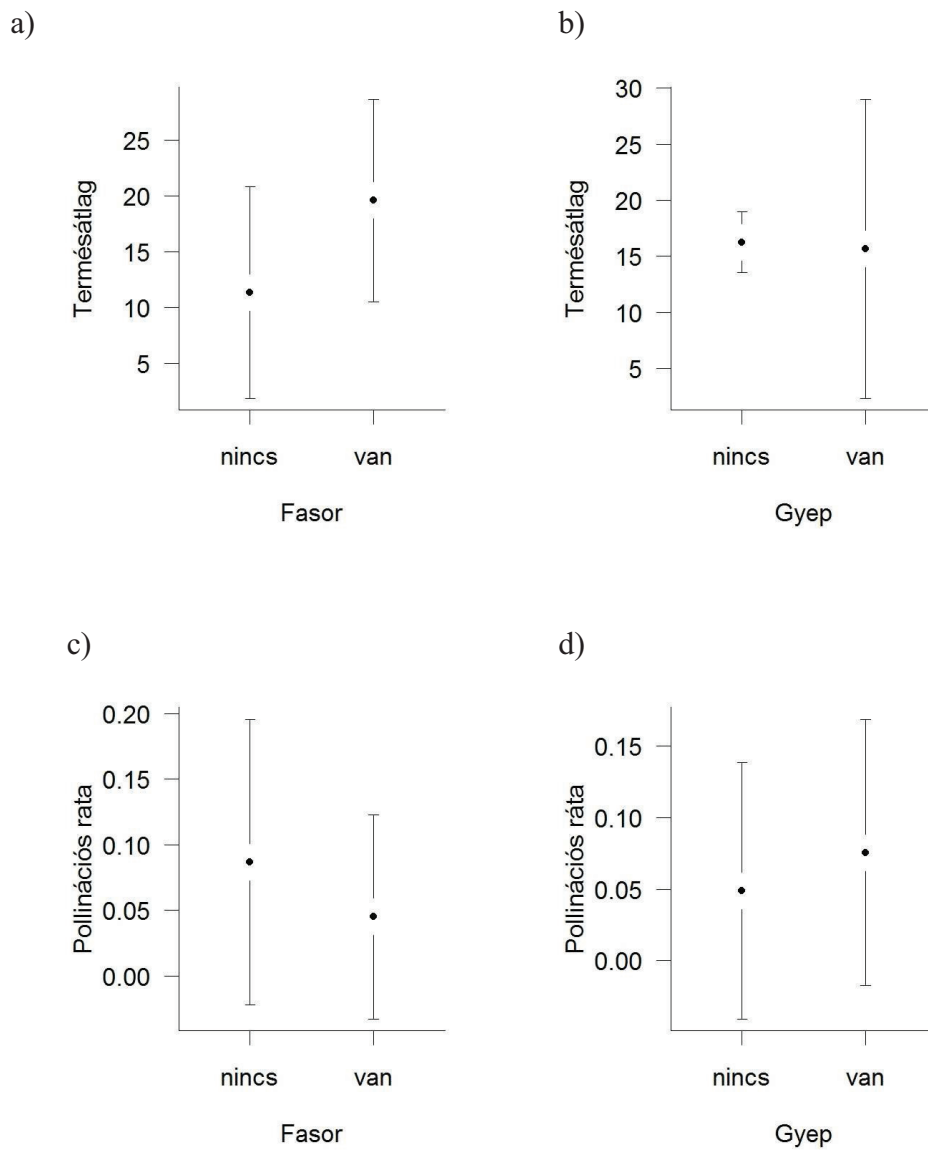
	Termésátlag		Pollinációs ráta	
	W	p	W	p
Gyep	12	0,73	11	0,893
Faszor	4	0,19	9,5	1



3. ábra: A pollinátorok összabundanciájának alakulása fasorok (a), valamint útminti gyepsávok mentén (b) (átlag és 95%-os konfidencia intervallum)



4. ábra: Az összpollinátorok (a) és zengőlegyek abundanciájának (b) alakulása a két mintavételi időpontban (átlag és 95%-os konfidencia intervallum)



5. ábra: A retkek termésátlagának és pollinációs rátájának alakulása, ha a lineáris elem mellett fasorok (a,c) valamint gyep (b,d) voltak, valamint ha ezek nem fordultak elő (átlag és 95%-os konfidencia intervallum)

Diszkusszió

Transzekt menti felmérés

Vizsgálatomban arra voltam kíváncsi, hogy agrártájban levő, különböző típusú lineáris elemeknek mekkora szerepe van a rovarok általi pollinációban nélkülözhetetlen fontosságú rovarok megőrzésében, valamint hogyan befolyásolja a szomszédos kultúra, a vegetációstruktúra, növényi fajgazdagság és abundancia ezen habitatok pollinátor közösségeit, valamint a pollinációs sikert. Eredményeink rávilágítanak a fasorok fontosságára a mezőgazdasági területeken, melyek feltehetően eltérő mikroklímájuk és vegetációösszetételükne köszönhetően, fontos szerepet játszanak számos beporzó rovar megőrzésében (Gustaffson – Hansson, 1997).

A vizsgált lineáris elemek melletti gyepeknek nem volt szignifikáns hatása a pollinátorok összesített egyedszámára, az egyes csoportok vizsgálatakor is csak a méhek és a zengőlegyek tekintetében tudtam marginálisan pozitív szignifikáns eltérést kimutatni; a poszméhek, lepkék esetében nem volt hatás. A gyepek melletti lineáris elemekben a pollinátorok összabundanciája valamivel alacsonyabb volt, holott a féltermészetes élőhelyek fenntartása szántóterületek között a legtöbb élőlény számára általában kulcsfontosságú (Öckinger - Smith, 2007). A zombékos, magasfüvű gyepek biztosítják a legjobb minőségű élőhelyet azon élőlények számára, melyek igénylik a sűrű és védett vegetációt, mint például az áttelelő méh-félék, pókok, kismélsők és madarak (Svensson *et al.*, 2000; Marshall - Moonen, 2002; Kells - Goulson, 2003; Pywell *et al.*, 2005). Valószínűleg a hazai agrártájak, különösen gyepeink, még olyan fajgazdagsággal rendelkeznek, hogy kevésbé érvényesül a nyugat-európai intenzív területeken kialakult mintázat, miszerint a szántókon minimális a biodiverzitás, mely leginkább csak a féltermészetes maradvány élőhelyeken fordul elő. Nálunk, ahogyan egy kiskunsági vizsgálat is kimutatta, a szántók és gyepek több taxon esetében is közel hasonló diverzitással rendelkeztek (Batáry *et al.*, 2007).

A megfigyelés ideje (kora nyár – késő nyár) a pollinátor összabundanciára nem volt hatással. A csoportokat külön vizsgálva a zengőlegyek és poszméhek tekintetében kaptunk szignifikáns eltérést. Zengőlegyekből augusztusban kevesebb volt, míg poszméhből több. Feltehetőleg ez összefügg populációdinamikájukkal. A zengőlegyek szezon elején, tavasszal általában még kisebb számban vannak jelen, aztán van egy erős egyedszám növekedés, utána pedig ismét egy csökkenő fázis. Ennek a folyamatnak az időzítése függ az adott évtől,

időjárástól is, de általában júliusban érik el a maximális populáció nagyságot, majd augusztusban már csökken a számuk (Dziocck, 2006). A poszméheknek az áttelelő anya minden évben új kolóniát létesít. A poszméh kolóniának nyár végén, ősz elején legnagyobb a létszáma, ekkor a legtöbb a dolgozók száma, egészen ősz végéig, amikor a kolónia összeomlik (Goulson, 2003).

A virágfajszám és abundancia, mely általában nagyban befolyásolja a pollinátorok jelenlétét és mennyiségét (Kleijn-Langevelde, 2006; Kohler *et al.*, 2008, Batáry *et al.*, 2010), a mi esetünkben a poszméhekre hatott szignifikánsan pozitívan, valamint a zengőlegyekre marginálisan szignifikánsan. A lepkéknél a fásor szélessége, magassága és sűrűsége esetén kaptunk szignifikáns pozitív eltérést, ezen elemeknek fontos szerepe van egy lepkepopuláció fennmaradásában. A lepkelárvák tápnövényei gyakran találhatóak fásorok mentén, így azok a lepkék fejlődéséhez igen fontosak (Balmer - Erhardt, 2000).

Fásorok mentén a pollinátorok, elsősorban a lepkék abundanciája nagyobb volt, mindez a fásorok fontos szerepére utalhat a pollinátorok megőrzésében. A mezőgazdasági területekhez kötődő élőlényeknek a fásorok élőhelyet, táplálékot biztosítanak, valamint ökológiai folyosóként szolgálnak, így elősegítik a biológiai sokféleség megőrzését (Benton *et al.*, 2003). Az agrár-környezetvédelmi programokban is ezen élőhelyek megőrzését és fenntartását javaslom célul kitűzni, legalábbis a pollinátorok tekintetében.

Phytométeres vizsgálatok

A phytométeres vizsgálat alapján a termésátlagra és a pollinációs rátára sem hatott a gyepek és a fásorok jelenléte. Trendszerűen a retkek termésátlaga valamivel magasabb volt a fásorok mentén, mely összefüggésben lehet a magasabb pollinátorszámval ezeken a területeken. Sajnos a phytométeres vizsgálataink terepi részében több problémám is adódott, így adataimat kis minta elemszám és nagy szórás jellemzi, emiatt megalapozott következtetések levonására nem alkalmas.

Bár esetünkben a pollinációs siker mérése sajnos számos nehézségbe ütközött, a phytometerek alkalmazása, mint módszer több korábbi tanulmány alapján megfelelőnek bizonyult. Egy hasonló svájci phytométeres vizsgálatban kimutatták, hogy az agrár környezetvédelmi előírások alapján kezelt legelőkön több és nehezebb termést és magot hoztak a phytometerek, mint az intenzíven kezelt legelőkön, valamint a magszám korrelált a növényt látogató méhek egyedszámával és fajszámával (Albrecht *et al.*, 2007).

A phytométerek használata kevésbé volt sikeres annak megállapításában, hogy a pollinátorok milyen mértékben távolodnak el a jó minőségű élőhelyektől. A negatív kapcsolat a termésben lévő magok száma valamint jó minőségű élőhely távolsága között csak marginálisan volt szignifikáns, érdekes módon a virágokra jutó magok száma és a távolság között már szignifikáns kapcsolat volt (Kohler *et al.*, 2008). Szintén további vizsgálatok szükségesek, azon kérdés megválaszolására, hogy milyen messzire képesek szállítani a növényi pollent a beporzók. Minden esetben arra jutottak, hogy a forráspopulációtól a pollent 200 valamint 400 méternél is nagyobb távolságokra el tudják juttatni a pollinátorok (Albrecht *et al.*, 2009; Schulke - Waser, 2001).

Phytométereket különböző eredményességgel tudták használni azon kutatásokban, melyeknek célja az volt, hogy megállapítsák az egyes pollinátorokat mi befolyásolja a táplálékválasztásban. Kunin vadrepce (*Brassica kaber*) fajjal végzett kísérletei során megállapította, hogy sem a vadrepce-populáció mérete, sem a denzitása nincs hatással a beporzás mértékére (Kunin, 1997). A gyermekláncfű (*Taraxacum officinale*) foltokba helyezett más phytométer fajokkal (*Salvia farinacea*, *Tagetes bonanza*), manipulálva a folt összetételét, arra az eredményre jutottak, hogy elsődlegesen a kedvelt növény elérhetősége befolyásolja a pollinátorok táplálékválasztását, másodlagosan a folt mérete és denzitása (Lazaro – Totland, 2010). Két ritka növényfaj esetén (*Delphinium nuttallianum*, *Aconitum columbianum*) phytométerek elhelyezésével a foltok denzitását befolyásolták. *A. columbianum* esetében a nagyobb denzitású folton nagyobb volt a pollinációs siker, míg *D. nuttallianum* esetében nem kaptak ilyen összefüggést (Bosch - Waser, 2001).

Phytométer növényeket sikerrel használtak, pollinátorokért folyó kompetíció kimutatására: *S. pubera* foltokat manipulálva *C. virginica* phytométerekkel, *S. puberának* romlott a pollinációs hatékonysága, kevesebb magot tudott kinevelni (Campbell - Motten, 1985; Campbell *et al.*, 1985). Az inszekticidek hatását vizsgálva szőlősökben, petúnia (*Petunia*) fajokon nem kaptak eltérést az inszekticiddel kezelt és nem kezelt növények pollinációs hatékonysága között (Brittain *et al.*, 2010a; Brittain *et al.*, 2010b).

A fenti vizsgálatok tapasztalatai alapján elmondhatjuk, hogy a phytometer növények használatával több ökológiai kérdés is vizsgálható, így például sikerrel mérhető a pollinációs ráta is. További, hasonló vizsgálatokat valószínűleg hazánkban is sikerrel lehetne végezni, melyekhez jelen kutatásunk számos hasznos tapasztalattal szolgálhat.

A jövőbeli hazai vizsgálatok során ismételten lehetne alkalmazni phytométerként a hónapos retket, ám a kerti orozlánszaj helyett, saját tapasztalatokból okulva, másik növény bevonása (pl. petúnia) megfelelőbb lehetne. Mindenképp növelni kell az elültetendő növények számát, hogy az esetleges problémák felmerülése esetén is maradjon elegendő növény a megfelelő mintaelemszám biztosítására. Ha nem bimbós, hanem már virágzó növényeket kívánnak kihelyezni, javaslom pollinátormentes üvegház használatát.

Konklúzió

Vizsgálatom alapján a fasoroknak, mint az agrártájban húzódó lineáris elemeknek nagy szerepe van a pollinátorok megőrzésében. A gyepek, mint féltermészetes élőhelyek szerepét a pollinátorok fenntartásában nem tudtam igazolni. Valószínűleg komplexebb vizsgálatokat kellene végezni, illetve elképzelhető, hogy az adott régió általánosan magas biológiai sokfélesége miatt nem lehetett kimutatni a hatást.

Sajnos a phytometeres vizsgálat során, előre nem látható terepi problémák merültek fel, így annak megismétlésére lenne szükség a megfelelő mintaszám eléréséhez, és ezáltal megalapozott következtetések levonásához. Figyelembe véve a jelenlegi, egyre több országot sújtó pollinációs krízist (Kearns *et al.*, 1998), javaslom a pollinátor felmérés és a phytometeres vizsgálatok magyarországi széleskörű alkalmazását, más alföldi régiókra és tájakra való kiterjesztését.

Remélhetőleg e tanulmány felhívja a figyelmet ezen új módszer lehetőségeire, melyet akár az agrár-környezetvédelmi programok hatástanulmányának egyik elemeként is fel lehetne használni.

Összefoglalás

A pollináció (beporzás) alapvető ökoszisztéma szolgáltatás. A mai zárwatermő növényeink 65%-a rovarbeporzású. Rovarfajaink 20%-a (legalább egy bizonyos életszakaszában) kizárólag a virágok biztosította nektárral és pollennel táplálkozik, vagyis ettől függ a fennmaradásuk is. A rovarok általi pollinációnak nemcsak vadonélő növényeink fennmaradásában van jelentősége, hanem nélkülözhetetlen a mezőgazdaságban is. Kultúrnövényeink 84%-nak megporzása és a mezőgazdasági termelés harmada állati pollinátoroktól függ. A jelenlegi "pollinációs krízisnek", a pollinátorok (elsősorban a méhek) számában jelentkező drámai csökkenés az oka. A csökkenésnek a mezőgazdasági területek táji szintű változásai is fontos okai, ezért a beporzásra ható táji tényezők vizsgálata és megértése alapvető lépés a pollinációs krízis megállításában.

A pollinációs vizsgálatok zöme a pollinátorokra koncentrál, és nem magára a pollináció sikerességére. Én egy erre szolgáló hatékony módszert alkalmaztam. Ennek lényege, hogy rovarporozta növényeket (phytométereket) helyeznek ki például különböző minőségű mezőgazdasági területekre, vagy eltérő táji kontextusba. Megfigyelik beporzóikat, vizsgálják, hogy az egyes növényeken hány virágból lesz termés, megszámlálják a magok számát, lemérik száraztömegüket. Ezen adatok alapján következtetnek a területen élő pollinátorok számára, az egyes területek pollinációs sikerére. Ám e módszert hazánkban még senki nem alkalmazta sikerrel.

Kutatásomban azt vizsgáltam, hogy az eltérő lineáris elemekben hogyan alakul a pollinátorok egyedszáma. A pollinációs hatékonyság mérésére phytometer növényeket helyeztem ki Kakucs környékén, 2010 júniusa és augusztusa között, két különböző típusú lineáris elem mentén, három ismétlésben: földút mentén melyet csak szántóföldek határoltak, földút mentén melyet gyep is határolt, fasor mentén melyet szántóföldek határoltak, illetve gyep is határolt. Ezen elemeken jelöltem ki a 100 méter hosszúságú transzektet, melyek mentén júliusban két, augusztusban három alkalommal 15 perces vizsgálat keretében végighaladva felmértem az ott észlelt pollinátorok abundanciáját. Augusztusban három hétre transzektenként öt virágzó hónapos retket (*Raphanus sativus*) helyeztem ki phytometer növényként. Általános lineáris kevert modellt alkalmazva a fasorok megléte, valamint a fasorok sűrűsége és mérete a pollinátorokra pozitívan hatott. A gyepek meglétének nem volt szignifikáns hatása. A retkek termésátlaga magasabb volt a fasorok mentén, ám csak

marginális szignifikáns értékkel. Eredményeink rávilágítanak a faszorok fontosságára a mezőgazdasági területeken a pollinátorok, és feltehetően a pollináció hatékonyságának megőrzésében.

Summary

Pollination is one of the most important ecosystem services. Sixty-five percent of our angiosperms are pollinated by insects. Twenty percent of insects require obligately nectar and pollen of flowers at least in a certain period of their life cycle. Pollination is not only crucial in the maintenance of wild-growing plants, but it is irreplaceable in the agricultural production as well. The pollination of eighty-four percent of the cultivated plants and the third of the agricultural production depends on animal pollinators. The cause of the current 'pollination crisis' is the dramatic decrease in the number of pollinators, primarily bees. This reduction is caused partly by landscape-level changes; therefore investigation of environmental factors influencing the pollination at landscape level has considerable importance.

The majority of pollination examinations concentrate on the pollinators and not on the success of the pollination. I used insect-pollinated plants, grown under controlled circumstances (phytometers). These phytometers are placed at different agricultural areas or into different landscape context and allow us to observe and sample pollinator insects and measure pollination success on the basis of the number and dry mass of fruits and seeds evolving from the flowers. According to these data, we can make conclusions regarding the number of pollinators, and the pollination success of certain areas.

I examined the number of pollinators and pollination success at different linear landscape elements in the area surrounding Kakucs, between June and August 2010. Four different types of linear elements were assigned, in three replications: grassy margins and tree lines next to dirt roads adjacent to grasslands and arable fields. On these sites I established 100 m long transects, where I assessed the abundance of pollinators (bees, bumblebees, flies and butterflies) in 15 minutes, two times in July and three times in August. To measure the pollination success, I placed five three-week-long flowering radishes (*Raphanus sativus*) as phytometer plants in each transect. According to the general linear mixed models the presence of tree-lines and the density of tree-lines increased the abundance of pollinators. The presence of adjacent grasslands had no effect on the studied insect groups. Average radish fruit set was higher next to tree-lines than in grassy margins, however, this difference was not significant. My results suggest the importance of tree-lines in agricultural areas in the conservation of pollinators, and supposedly in the pollination of several plant species.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőmnek Báldi Andrásnak és konzulensemnek, Kovács Anikónak, hogy minden segítséget megadtak munkámhoz. Köszönet Sipos Dórának, Péntes Juditnak és Balogh Mártonnak a terepi munkában nyújtott segítségükért. Továbbá köszönet mindazoknak, akik bármilyen módon hozzájárultak a munkámhoz.

Irodalomjegyzék

- Albrecht, M., Duelli, P., Müller, C., Kleijn, D., Schmid, B.: The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. In: *Journal of Applied Ecology*, 44. (2007) 4.sz. 813-822.p.
- Albrecht, M., Duelli, P., Obrist, M. K., Kleijn, D., Schmid, B.: Effective Long-Distance Pollen Dispersal in *Centaurea jacea*. In: *PLoS ONE*, 4. (2009) 8.sz. 6751.p.
- Ángyán, J., Tardy, J., Vajnáné-Madarassy, A. (szerk.): Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Bp., Mezőgazda Kiadó. 2003.
- Bäckman, J-P. C., Tiainen, J.: Habitat quality of field margins in a Finnish farmland area for bumblebees (Hymenoptera: *Bombus* and *Psithyrus*). In: *Agriculture Ecosystems and Environment*, 89. (2005) 53-68.p.
- Báldi, A., Batáry P., Erdős, S., Kisbenedek, T., Orci, K. M., Orosz, A., Podlussány, A., Rédei, D., Rédei, T., Rozner, I., Sárospataki, M., Szél, Gy., Szűts, T.: Legelés intenzitásának hatása alföldi gyepek biodiverzítására. In: *Természetvédelmi Közlemények*, 13. (2007) 249-258.p.
- Báldi, A., Batáry, P., Erdős, S.: Effects of grazing intensity on bird assemblages and populations of Hungarian grasslands. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108. (2005) 251-263.p.
- Balmer, O., Erhardt, A.: Consequences of Succession on Extensively Grazed Grasslands for Central European Butterfly Communities: Rethinking Conservation Practices. In: *Conservation Biology*, 14. (2000) 3.sz. 746-757.p.
- Batáry, P., Báldi, A., Erdős, S., Kisbenedek, T., Orci, K.M., Orosz, A., Podlussány, A., Rédei, D., Rédei, T., Rozner, I., Sárospataki, M., Szél, G., Szűts, T.: Tájszerkezet és legeltetés hatása alföldi gyepek biológiai sokféleségére. In: *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest. (2007) 341-348.p.
- Batáry, P., Báldi, A., Sárospataki, M., Kohler, F., Verhulst, J., Knop, E., Herzog, F., Kleijn, D.: Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136 (2010) 35–39.p.

- Benton, T. G., Vickery, J. A., Wilson, J. D.: Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? In: Elsevier Science, 18. (2003) 4. sz. 182-188.p. (doi:10.1016/S0169-5347(03)00011-9)
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemu" ller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A. P., Potts, S. G., Kleukers, R., Thomas, C. D., Settele, J., Kunin, W. E.: Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. In: Science, 313. (2006)
- Bosch, M., Waser, N. M.: Experimental manipulation of plant density and its effect on pollination and reproduction of two confamilial montane herbs. In: Oecologia, 126. (2001) 1.sz. 76-83.p.
- Brittain, C., Bommarco, R., Vighi, M., Barmaz, S.: The impact of an insecticide on insect flower visitation and pollination in an agricultural landscape. In: Agricultural and Forest Entomology, (2010a)
- Brittain, C., Bommarco, R., Vighi, M., Settele, J.: Organic farming in isolated landscapes does not benefit flower-visiting insects and pollination. In: Biological Conservation, 143. (2010b) 8.sz. 1860-1867.p.
- Buchmann, S. L., Nabhan, G. P.: The Forgotten Pollinators. Washington DC., Island Press. 1996.
- Campbell, D. R., Motten, A. F.: The Mechanism of Competition for Pollination between Two Forest Herbs. In: Ecology, 66. (1985) 2.sz. 554-563.p.
- Campbell, D. R.: Pollinator Sharing and Seed Set of *Stellaria pubera*: Competition for Pollination. In: Ecology, 66. (1985) 2.sz. 544-553.p.
- Carvell, C., Meek, W. R., Pywell, R. F., Nowakowski, M.: The response of foraging bumblebees to successional change in newly created arable field margins. In: Biological Conservation, 118. (2004) 327-339.p.
- Carvell, C., Pywell, R. F., Smart, S., Roy, D.: Restoration and management of bumblebee habitat on arable farmland: literature review. In: Report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs (BD1617). Huntingdon, Centre for Ecology and Hydrology. 2001.
- Conte, Y. L., Ellis, M., Ritter, W.: Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses? In: Apidologie, 41. (2010) 3.sz. 11.p.

- Corbet, S. A.: Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community. In: *Bee World*, 72. (1991) 47-59.p.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M.: The value of the world's ecosystem services and natural capital. In: *Nature*, 387. (1997) 253-260.p.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.: The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52. (2007), 1.sz. 81-106.p.
- Diekötter, T., Kadoya, T., Peter, F., Wolters, V., Jauker, F.: Oilseed rape crops distort plant-pollinator interactions. In: *Journal of Applied Ecology*, 47. (2010) 209-214.p.
- Dziock, F.: Life-History Data in Bioindication Procedures, Using the Example of Hoverflies (Diptera, Syrphidae) in the Elbe Floodplain. In: *International Review of Hydrobiology*, 91(4). (2006) 4.sz. 341-363.p.
- Goulson, D.: *Bumblebees, their behaviour and ecology*. New York, Oxford University Press. 2003.
- Gustafsson, L., Hansson, L.: Corridors as a Conservation Tool. In: *Ecological Bulletins*, (1997) 46.sz. 182-190.p.
- Hector, A., Bagchi, R.: Biodiversity and ecosystem multifunctionality. In: *Nature*, 448. (2007) (doi:10.1038/nature05947)
- Horváth, A., Szitár, K.: *Agrártajak növényzetének monitorozása. A hatás-monitorozás elméleti alapjai és gyakorlati lehetőségei*. Vácrátót, MTA ökológiai kutatóintézet. 2007.
- Jacobs, J. H., Clark, S. J., Denholm, I., Goulson, D., Stoate, C., Osborne, J. L.: Pollination biology of fruit-bearing hedgerow plants and the role of flower-visiting insects in fruit-set. In: *Annals of Botany*, 104. (2009) 7.sz. 1397-1404.p.
- Jaggard, K. W., Qi, A., Ober, E. S.: Possible changes to arable crop yields by 2050. In: *The Royal Society*, 365. (2010) 2835-2851.p. (doi:10.1098/rstb.2010.0153)
- Kearns, C. A., Inouye, D. W., Waser, N. M.: Endangered mutualisms: The Conservation of Plant-Pollinator Interactions. In: *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29. (1998) 1.sz. 83-112.p.
- Kearns, C. A., Inouye, D. W.: Pollinators, Flowering Plants, and Conservation Biology. In: *BioScience*, 47. (1997) 5.sz. 297-307.p.

- Kells, A. R., Goulson, D.: Preferred nesting sites of bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae) in agroecosystems in the UK. In: *Biological Conservation*, 109. (2003) 165-174.p.
- Kleijn, D., van Langevelde, F.: Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. In: *Basic and Applied Ecology*, 7. (2006) 201-214.p.
- Klein, A-M., Vaissie`re, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tscharntke, T.: Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. In: *Proc. R. Soc. B* (2007) (doi:10.1098/rspb.2006.3721)
- Kohler, F., Verhulst, J., Van Klink, R., Kleijn, D.: At what spatial scale do high-quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes? In: *Journal of Applied Ecology*, 45. (2008) 3.sz. 753-762.p.
- Kovács, A., Batáry, P., Báldi, A.: A tájszerkezet hatása őszi vetésű gabonaföldek flórájára és ízeltlábú faunájára. In: *Tájökológiai lapok* 5. (2007) 152-160.p.
- Kremen, C., Williams, N. M., Thorp, R. W.: Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. In: *PNAS*, 99. (2002) 26. sz.
- Kunin, W. E.: Population Size and Density Effects in Pollination: Pollinator Foraging and Plant Reproductive Success in Experimental Arrays of Brassica Kaber. In: *Journal of Ecology*, 85. (1997) 2.sz. 225-234.p.
- Lazaro, A., Totland, O.: Local floral composition and the behaviour of pollinators: attraction to and foraging within experimental patches. In: *Ecological Entomology*, 35. (2010) 5.sz. 652-661.p.
- Leicht-Young, S., Silander, J., Latimer, A.: Comparative performance of invasive and native *Celastrus* species across environmental gradients. In: *Oecologia*, 154. (2007) 2.sz. 273-282.p.
- Marshall, E. J. P., Moonen, A. C.: Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89. (2002) 5-21.p.
- Oldroyd, B. P.: What's Killing American Honey Bees? In: *PLoS Biol*, 5. (2007) 6.sz. 168.p. (doi:10.1371/journal.pbio.0050168)

- Öckinger, E., Smith H. G.: Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. In: *Journal of Applied Ecology*, 44. (2007) 50-59.p. (doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01250.x)
- Pálfy, A., Báldi, A., Kovács, A.: Phytometer-vizsgálatok a beporzás hatékonyságának mérésére. In: Kőrösi, Á. (szerk.) *Program; előadások és poszterek összefoglalói*, 4. Szünzoológiai Szimpózium, Budapest, 23.p. 2010.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., R Development Core Team: *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-97. 2010.
- Pywell, R. F., Bullock, J. M., Roy, D. B., Warman, E. A., Rothery, P.: Plant traits as predictors of performance in ecological restoration schemes. In: *Journal of Applied Ecology*, 40. (2003) 65-77.p.
- Pywell, R. F., Warman, E. A., Carvell, C., Sparks, T. H., Dicks, L. V., Bennet, D., Wright, A., Critchley, C. N. R., Sherwood, A.: Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. In: *Biological Conservation*, 121. (2005) 479-494.p.
- Pywell, R. F., Warman, E. A., Hulmes, L., Hulmes, S., Nuttall, P., Sparks, T. H., Critchley, C. N. R., Sherwood, A.: Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. In: *Biological Conservation* 129. (2006) 192-206.p.
- R Development Core Team: a language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing. Vienna, 2006. URL: <http://www.R-project.org>
- Rajan, A., Lovett, J. V., Andrews, A. C.: Evaluation of Potential Sources of Allelochemicals in Lalang. (1988) Available at: <http://psasir.upm.edu.my/2596/> [Elérés Október 26, 2010].
- Sárospataki, M., Báldi, A., Batáry, P., Józán, Z., Erdős, S., Rédei, T.: Factors affecting the structure of bee assemblages in extensively and intensively grazed grasslands in Hungary. In: *Community Ecology*, 10. (2009) 2.sz. 182-188.p.
- Scherber, C., Milcu, A., Partsch, S., Scheu, S., Weisser, W. W.: The effects of plant diversity and insect herbivory on performance of individual plant species in experimental grassland. In: *Journal of Ecology*, 94. (2006) 5.sz. 922-931.p.
- Schulke, B., Waser, N. M.: Long-distance pollinator flights and pollen dispersal between populations of *Delphinium nuttallianum*. In: *Oecologia*, 127. (2001) 2.sz. 239-245.p.
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J.: *Biometry*. San Francisco, 1981.

- Steffan-Dewenter, I., Tschamtker, T.: Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. In: *Oecologia*, 121. (1999) 432-440.p.
- Svensson, B., Lagerlo, F. J., Svensson, B. G.: Habitat preferences of nest-seeking bumble bees (Hymenoptera: Apidae) in an agricultural landscape. In: *Agriculture Ecosystems and Environment*, 77. (2000) 247-255.p.
- Szép, T., Nagy, K.: Magyarország természeti állapota az EU csatlakozáskor az MME Mindennapi Madaraink Monitoringja (MMM) 1999-2005 adatai alapján. In: *Természetvédelmi Közlemények*, 12. (2006) 5–16.p.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., Polasky, S.: Agricultural sustainability and intensive production practices. In: *Nature*, 418. (2002) 671-677.p.
- Tschamtker, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C.: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. In: *Ecology Letters*, 8. (2005) 857–874.p. (doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x)
- Van Geert, A., Van Rossum, F., Triest, L.: Do linear landscape elements in farmland act as biological corridors for pollen dispersal? In: *Journal of Ecology*, 98. (2010) 1.sz. 178-187.p.
- Venables, W. N., Ripley, B. D.: *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition, New York, Springer. 2002. ISBN 0-387-95457-0
- Verhulst, J., Báldi, A., Kleijn, D.: The relation between land-use intensity and species-richness and abundance of birds in Hungary. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104. (2004) 465-473.p.
- Warnes, G. R.: Includes R source code and/or documentation contributed by Ben Bolker and Thomas Lumley (). *gplots*: Various R programming tools for plotting data. R package version 2.6.0.
- Westrich, P., Matheson A., Buchmann S. L., O>Toole C., Williams I. H. (Szerk.): The problems of partial habitats. In: *The Conservation of Bees*, Linnean Society Symposium Series, Academic Press. 1996. 18.sz.
- Wilcove, D. S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A., Losos, E.: Quantifying threats to imperiled species in the UnitedStates. In: *BioScience*, 48. (1998) 607-615.p.
- Williams, P. H.: The distribution and decline of British bumblebees (*Bombus Latr.*). In: *Journal of Agricultural Research*. 21. (1982) 4. sz. 236-245.p.

www.foek.hu

www.tankonyvtar.hu/mezogazdasag/vedett-erzekeney-080906-117