

Tájszintű és növényzeti változók hatása szántók és gyepek pollinátor közösségeire

Szirák Ádám¹, Kovács-Hostyánszki Anikó², Földesi Rita²,
Mózes Edina¹ és Báldi András²

¹ ELTE TTK, Biológiai Intézet,

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

² MTA Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet,

„Lendület” Ökoszisztéma Szolgáltatás Kutatócsoport

2163 Vácrátót, Alkotmány út 2–4.

e-mail: szirakadam@gmail.com

Összefoglaló: Az ökoszisztéma kutatások egyik fontos területe az állatok általi növényi beporzás (pollináció) mint szabályozó szolgáltatás. A mezőgazdasági művelés miatt rohamosan elszegényedő pollinátor (elsősorban méh- és zengőlégy) közösségek vizsgálata ezért kiemelten fontos. Kutatásunkban különböző táji és növényzeti változók hatását vizsgáltuk szántók és gyepek pollinátor közösségeire erdélyi mintaterületeken, május-július hónapokban (2012). Az észlelt pollinátor csoportok egyedszámát a topográfiai komplexitás, területi heterogenitás és fás borítottság mint környezeti, és a virágos növények fajszáma, valamint a virágszám mint növényzeti változók függvényében, általános lineáris kevert modellekkel elemeztük. Gyepeken több vadméhet és lepkét, míg a szántókon több poszméhet és zengőlegyet figyeltünk meg. Nagyobb fás borítottságú területeken nagyobb lepkeabundanciát tapasztaltunk. Alacsonyabb topográfiai komplexitású területeken szignifikánsan magasabb volt az észlelt lepkék egyedszáma, míg a területi heterogenitás nem okozott szignifikáns eltérést. A parlagokon a legtöbb pollinátor csoport abundanciája magas volt, míg a tarlókon a többi kultúrához képest alacsony. Eredményeink rámutatnak a táji környezet és a területek virágos flórájának együttes fontosságára a pollinátorok élőhely használatában.

Kulcsszavak: lepke, ökoszisztéma szolgáltatás, pollináció, táji heterogenitás, topográfia, vadméh, zengőlégy

Bevezetés

Az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapott az ökológiai kutatásokban az a szemlélet, mely szerint az ember által felhasznált természeti javakat, szolgáltatásokat mérhetővé, pénzben kifejezhetővé tegyük, így illesztve be a természetvédelem ügyét elanyagiasodott világunkba (Balvanera *et al.* 2006, Gallai *et al.* 2009, Báldi 2011). A természet számos ponton járul hozzá az emberi jólét biztosításához, mely közvetve vagy közvetlenül felhasznált javakat összefoglalóan ökoszisztéma

szolgáltatásoknak nevezzük (Norberg 1999, Millennium Ecosystem Assessment 2005). Az ökoszisztéma szolgáltatásokat újabban három nagy kategóriába sorolják: ellátó, szabályozó és fenntartó, illetve kulturális szolgáltatások (Haines-Young & Potschin 2013). Kutatásunkban az egyik legfontosabb szabályozó szolgáltatással, a növények állatok általi megporzásával, a pollinációval foglalkozunk.

A zárwatermő növények több, mint 87%-nak – köztük sok mezőgazdasági kultúrnövény szaporodásának – is szüksége van valamilyen szinten állatok közreműködésére (Ollerton *et al.* 2011). Eddig kevés olyan átfogó vizsgálat született, ami globálisan vizsgálta a pollináció gazdaságilag fontos növényeinkre gyakorolt hatásait. Klein és munkatársainak (2007) tanulmánya szerint a globálisan legalább évi 4 millió tonna produkciójú mezőgazdasági terményeink mintegy 70%-ának termésátlagát jelentősen befolyásolja a pollinátorok jelenléte. A FAO 2004-es adatai alapján (FAOSTAT 2005) legfontosabb termesztett élelmisznövényeink közül 13 számára elengedhetetlen, és további 30 számára kiemelkedően fontosak a beporzó szervezetek. Ennek fényében tehát könnyű belátni, hogy a beporzó állatok eltűnése, illetve számuk csökkenése és így az általuk végzett beporzó folyamatok sérülése komoly gazdasági károkat okozhat (Gallai *et al.* 2009).

Napjaink egyik legnagyobb gazdasági kihívása és a földi ökoszisztémákat fenyegető egyik fontos probléma a Föld növekvő népességének élelmiszer ellátása. A növekvő igény kielégítésére a mezőgazdaság is fokozódó termelési intenzitással igyekszik reagálni, ami táji és helyi léptékben is jelentős hatással van a természetes élőhelyekre (Tilman *et al.* 2002). Az újabb és újabb területek művelésbe vonása, a monokultúras gazdálkodás, valamint a fokozott vegyszer és műtrágya felhasználás következtében rohamosan csökken a növény és ezzel együtt a pollinátor diverzitás, ami a megporzás mint ökoszisztéma szolgáltatás jelentős károsodását eredményezi (Garibaldi *et al.* 2013).

Adott területen, egy közösség funkcionális diverzitásának a mértékét több tényező is befolyásolhatja. Táji léptékben a területek topográfiai komplexitása, így domborzati viszonyai, kiettsége, az élőhelyek változatossága, természetes és féltermészetes élőhelyek aránya, szűkebb térbeli léptékben az élőhelyek heterogenitása, mozaikossága, fás vegetációval való borítottsága, az egyes élőhelyek vegetációja, így a virágzó növényfajok diverzitása és borítása hatnak a pollinátor közösségekre (Steffan-Dewenter *et al.* 2002, Kleijn & van Langevelde 2006, Ebeling *et al.* 2008, Carre *et al.* 2009, Fründ *et al.* 2010). A közösségeket alkotó csoportok közül a mérsékelt övi éghajlaton kiemelkedő jelentőséggel bírnak a vadméhek (Apoidea), a zengőlegyek (Syrphidae), illetve a lepkék (Lepidoptera).

Kutatásunkban különböző táji, illetve lokális szintű környezeti változókat, valamint a növényzet faji összetételét és ugyanott a pollinátor közösségek szerkezetét vizsgáltuk. Hipotéziseink szerint (i) a magasabb topográfiai komplexitású, mezőgazdasági művelésbe kevésbé bevont élőhelyek fajokban és egyedekben gazdagabb növény- és pollinátor közösségekkel bírnak, mint a nyíltabb, szántóföldek által dominált régiók; továbbá a topográfiaileg komplexebb régiókban kisebb a különbség szántók és gyepek pollinátor egyedszámában, mint az intenzívebb, táji szinten kevesebb forrást nyújtó alacsonyabb topográfiájú régiókban; (ii) a féltermészetes gyepek, kaszálók több növényfajt tartalmaznak és több pollinátort tudnak eltartani, mint a szántóföldi monokultúrák, valamint a homogén tájban a virágzó növényfajokban gazdagabb élőhelyek attraktívabbak a beporzó rovarok számára, így ott magasabb egyedszámok várhatók; (iii) az egymást követő hónapokban a növényfajok és a pollinátorok számának változása várható.

Módszerek

Mintavételi területek

Vizsgálatunkat az Erdélyi medencében végeztük 2012-ben, Segesvár 50 kilométeres körzetében lévő falvak körül. Nyolc alacsony és 11 magas topográfiai komplexitású falut választottunk (1. függelék az Online Függelékben [OF]). Az osztályozásnál a domborzati magasság szórása, az erdő- és szántóterületek nagysága, aránya volt a fő szempont. A magas komplexitással rendelkező területek változatos domborzatúak, jellemzőek a kiterjedt erdőségek és a kevés művelés alá vont terület. Ezzel szemben az alacsony topográfiai komplexitású falvak sík területen fekszenek, kiterjedtebbek a szántóföldek, és kisebb az erdőborítás (Dorresteijn *et al.* 2013). Az egyes falvak körül 3–5 mintavételi területet jelöltünk ki, átlagosan két szántót és két gyepet falvanként (összesen 76 mintaterület, ebből 38 szántó és 38 gyep). A mintavételi területek művelési ág szerinti kategorizálását két lépésben értelmeztük. Durvább felbontásban szántókat és féltermészetes gyepeket különítettünk el, majd finomabb léptékű hatásvizsgálat céljából összesen nyolc mezőgazdasági kultúra típust különböztettünk meg: cserjés legelő (n = 7), legelő (marha- és birkalegelők, n = 24), kaszálórét (n = 10), parlag (ide sorolva az előző évről maradt, beszántatlan kukoricatarlókat is, n = 4), lucerna (n = 15), gabona (árpa és búza, n = 8), kukorica (n = 8) és a lekaszált/learatott területek (eredeti kultúrától függetlenül, n = 14). A mintavételi területek száma (76) és a mezőgazdasági kultúra szerinti bontás ($\Sigma n = 90$) közötti eltérés abból adódik, hogy a lekaszált/learatott területek eredeti

vegetációtól függően más kategóriákba is beletartoznak a különböző mintavételi időpontokban.

Minden területet két, háromértékű intervallum skálán értelmezett környezeti változóval jellemeztünk, melyek közül az első a terület heterogenitását mutatta meg. Egyes értéket kaptak az alsó (alacsony), kettőt a közepeső (köztes), hármast a felső kvantilisbe tartozó területek (magas heterogenitás, 2. függelék az Online Függelékben [OF]). Hasonlóképpen értelmezett a fás borítottság értéke is ugyanazon a területegységen nézve (Dorresteijn *et al.* 2013). A mintavételi területek határait a területet jelölő GPS koordinátától számított 100 m-es sugarú kör jelölte ki.

Mintavétel

Pollinátor mintavétel

A mintavételre három kéthetes periódusban került sor 2012 május második, június első és július második felében, lefedve ezzel a kétszikű növények virágzási időszakának jelentős részét. A viráglátogató rovarok vizsgálata transzekt menti egyeléses mintavétellel történt. A területeinken két, 100 m hosszú jobbra-balra 2 m széles transzektet jelöltünk ki úgy, hogy azok a lehető legjobban reprezentálják a terület adottságait, párhuzamosan futva, legalább 50 méter távolságban egymástól és legalább 20 méterre a szegélytől. A két transzekten a két mérőpáros a megfogott pollinátorok hálóból való kivételét és egyéni mintatartó fiolába való helyezésének kezelési idejét nem számítva párhuzamosan, egyénileg mérve nettó 20 percen keresztül, a transzekt mentén egy irányba haladva végezte a mintavételt, melynek során az észlelt vad- és házi méhek (*Apis mellifera* L. 1758), illetve zengőlegyek kerültek megfogásra. Feljegyeztük a területen észlelt nappali lepkéket is, de azokat nem fogtuk meg. A mintavételt kizárólag a pollinátor aktivitás számára megfelelő időjárási körülmények között végeztük (napsütés, gyenge szél, minimum 20 °C). A mintavételt úgy időzítettük az egyes peridusokban, hogy lehetőség szerint mindegyik területről legyen délelőtti és délutáni időszakban is adatunk, kontrolálva ezzel az egyes pollinátorok potenciális napszak preferenciáját.

A pollinátorokat funkcionális, és morfológiai alapon négy kategóriába soroltuk: poszméhek (*Bombus* spp.), egyéb vadméhek (innentől vadméhek), zengőlegyek, lepkék. A házi méhet külön kategóriába sorolva tárgyaltuk, de jelenlétének az embertől való erős függése miatt az elemzésben nem szerepelnek. A poszméhek általában nagyobb testméretűek, hosszú nyelvűek, így más virágokat preferálnak és terjedési képességük is nagyobb, ezáltal jelentősen különböznek

a többi, rendszerint magányosan fészkelő (szoliter) vadméh fajtól (Greenleaf *et al.* 2007). A vadméhek közé soroltunk a poszméheken kívül minden más méhet. A zengőlegyek és a lepkék különválasztását taxonómiai és morfológiai különbségük tette indokolttá.

Botanikai mintavétel

A pollinátor mintavétellel egyidejűleg minden egyes transzekten botanikai mintavételre is sor került. A transzekt mentén 10 méterenként egy 1 m²-es kvadrátban faji szinten rögzítettük a rovarok számára a pollen- és nektárforrásul szolgáló virágzó növényeket és nyíló virágaik számát. A növényzet átlagmagasságát és az átlagos növényzeti borítást az adott szántóra vagy gyepre vonatkoztatva becsültük.

A virágzó növények fajszámára és az átlagos virágszámra a mezőgazdasági művelési ág és a kultúra típusa szignifikáns hatással volt. Mindkettő minden esetben a szántókon volt alacsonyabb a gyepekhez képest. A három mintavételezési időszaknál a növények fajszáma és a virágszám között is szignifikáns eltérés mutatkozott. Mindkét esetben magasabb értékek jelentkeztek júniusban és júliusban, mint májusban. Ezen eredmények részletes kifejtését Mózes Edina OTDK dolgozata (2013) tartalmazza.

Statisztikai elemzés

Az egyes pollinátor funkcionális csoportok egyedszámának a környezeti változók függvényében való változását általános lineáris kevert modellekkel vizsgáltuk. Függő változónak tekintettük az egyes transzekteken észlelt pollinátor csoportok (poszméhek, egyéb vadméhek, zengőlegyek, lepkék) egyedszámát az egyes mintavételi periódusokban. Magyarázó változóink közül a topográfiai komp-

1. táblázat. Az elemzéshez használt általános lineáris kevert modellek építésénél, a pollinátor csoportok abundanciájának változásainak vizsgálatakor alkalmazott magyarázó változók és random faktorok.

	Magyarázó változók	Random faktorok
1. Modell	topográfia, művelési ág, területi heterogenitás, fás borítottság	periódus, falu, terület
2. Modell	mezőgazdasági kultúra	periódus, falu, terület
3. Modell	mintavételi periódus	falu, terület
4. Modell	növény fajszám	periódus, falu, terület
5. Modell	átlagos virágszám	periódus, falu, terület

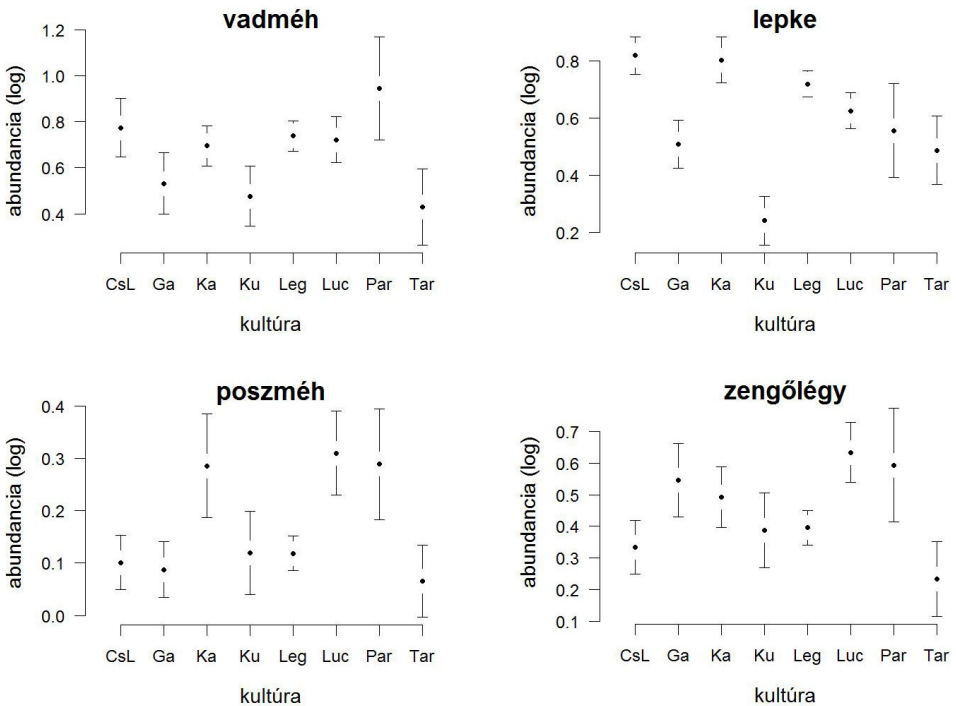
lexitás mint kétszintű faktoriális változó (alacsony és magas topográfiai régió), a táji heterogenitás és fás borítottság mint háromértékű folytonos magyarázó változók szerepeltek a modellekben. A mintavételi területek vegetáció szerinti kategorizálásának durvább felbontásában a művelési ágot mint kétszintű faktoriális változót vettük, illetve finomabb felbontásban a kultúrát egy nyolcszintű faktoriális változóként illesztettük bele a modellekbe. Vizsgáltuk az egyes transzekteken megfigyelt virágzó növények fajszámának és a virágok átlagos számának hatását, valamint a pollinátor csoportok egyedszámainak különbségét az egyes mintavételi periódusok között (1. táblázat). Az egyes magyarázó változók közti szignifikáns korreláció miatt a felsorolt magyarázó változók hatását öt különböző modellben teszteltük (1. táblázat). Amennyiben a modellreziduálisok nem követték a normális eloszlást, a függő változót logaritmus transzformáltuk (\log_{10}). Az adott mintavételi periódusban, adott faluhoz tartozó területeken kijelölt transzsekt párok közti térbeli függetlenség hiányát random faktorok alkalmazásával ellensúlyoztuk: periódus/falu/terület (a mintavételi periódus hatásának tesztelésekor csak falu/terület; 1. táblázat). A kategoriális magyarázó változók

2. táblázat. A táji és lokális környezeti változók hatása az egyes pollinátor csoportokra az általános lineáris kevert modellek eredményei alapján (szabadsági fok (df), F- és p-érték a modell ANOVA alapján). A növényfajszám a területen virágzó növények fajszámát jelenti. A szignifikáns hatásokat félkövér betűtípus jelzi. GY: gyepek, SZ: szántók, A: alacsony topográfia, +: pozitív hatás, a számok az egyes hónapokat jelölik (1 = május, 2 = június, 3 = július), a közöttük lévő reláció szignifikáns különbségeket.

	Vadméh			Poszméh		Zengőlégy		Lepke		
	df	F	p	F	p	F	p	F	p	
<i>1. Modell</i>										
topográfia	52	1,10	0,298	0,01	0,925	0,04	0,846	8,60	0,005	A
művelési ág	150	9,96	0,002	GY	6,95	0,010	SZ	13,34	<0,001	GY
heterogenitás	150	0,39	0,535		0,25	0,616		0,08	0,379	
fás borítottság	150	2,39	0,124		0,01	0,920		1,29	0,254	
<i>2. Modell</i>										
kultúra	146	9,03	<0,001	+	5,80	<0,001	+	6,45	<0,001	+
<i>3. Modell</i>										
periódus	337	43,80	<0,001	1<2<3	8,51	<0,001	2>1,3	9,92	<0,001	1,2<3
<i>4. Modell</i>										
növényfajszám	205	67,90	<0,001	+	19,57	<0,001	+	2,96	0,090	
<i>5. Modell</i>										
átlagos virágszám	205	29,74	<0,001	+	6,24	0,013	+	9,88	0,002	+

szignifikáns hatása esetén az egyes szintek közti különbséget Tukey post-hoc teszttel vizsgáltuk.

Egyes magyarázó változók közötti interakciók teszteléséhez további három lineáris kevert modellt alkalmaztunk. Külön modellekben vizsgáltuk a (i.) topográfia, heterogenitás és a művelési ág; (ii.) a topográfia, heterogenitás és növény fajszám, valamint (iii.) a topográfia, heterogenitás és átlagos virágszám közötti interakciókat. A nem szignifikáns interakciókat backward szelekcióval eltávolítottuk a modellekből. Az elemzésekhez az R statisztikai szoftvert (R Development Core Team, 2012), az „nlme” (Pinherio *et al.* 2012) és a „gplots” (Warnes *et al.* 2012) programcsomagokat használtuk.



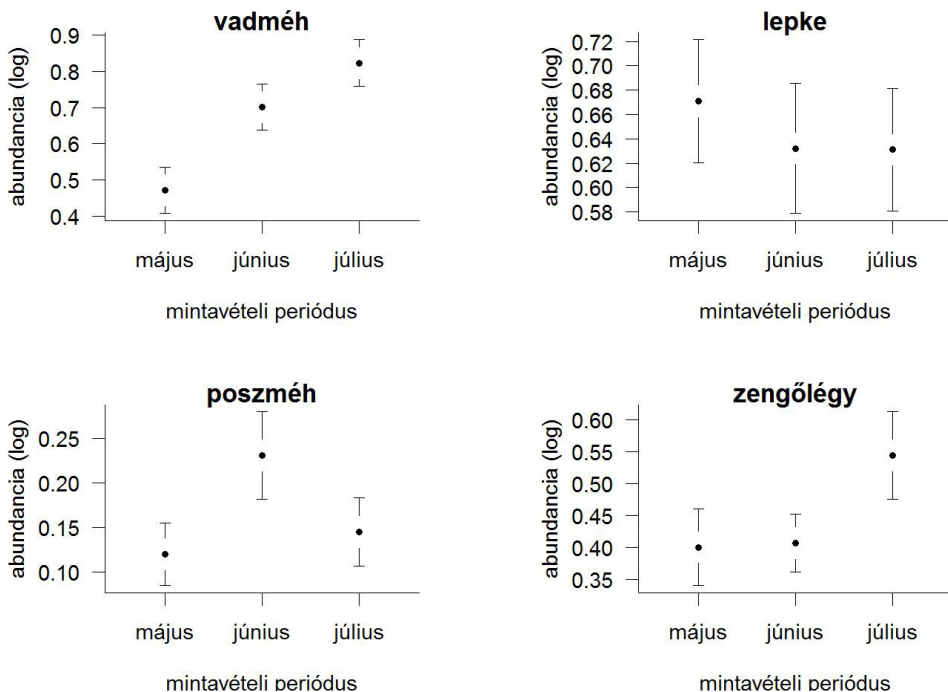
1. ábra. Az egyes kultúrák hatása a pollinátor csoportokra (átlag \pm 95%-os konfidencia intervallum). Az y-tengelyen a pollinátorok abundancia értékei logaritmus skálán értelmezve, az x tengelyen a különböző kultúrák szerepelnek: CsL: cserjés legelő; Ga: gabona; Ka: kaszálórét; Ku: kukorica; Leg: legelő; Luc: lucerna; Par: parlag; Tar: tarló.

A nem átfedő konfidencia intervallumok szignifikáns különbséget jelentenek az egyes kultúrák között.

Eredmények

A topográfiai komplexitás és a fás borítottság csak a lepkék egyedszámára volt szignifikáns hatással: az alacsony topográfiájú területeken észlelt lepkék egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt, mint a magas komplexitásúakon, míg a fás borítottság pozitívan befolyásolta az egyedszámot (2. táblázat). A művelési ág mind a négy csoportra szignifikáns hatással volt. A vadméhek és a lepkék esetében a gyepeken észleltünk nagyobb abundanciát, míg a poszméhek és a zengőlegyek száma a szántókon volt magasabb.

A mezőgazdasági kultúra hatása minden pollinátor csoport esetében szignifikáns különbségeket fedett fel bizonyos kultúrák között (1. ábra). A poszméhek a kaszálóréteken, lucernákon és parlagokon mutattak kiugró értéket, a lepkék a cserjés legelőkön és a kaszálóréteken voltak abundánsabbak. A vadméhek általában a gyepterületeken (cserjés legelő, kaszálórét, legelő), lucernákon és parlagokon



2. ábra. Az egyes pollinátor csoportok egyedszámának változása a három mintavételi időpont során (átlag \pm 95%-os konfidencia intervallum). A nem átfedő konfidencia intervallumok szignifikáns különbséget jelentenek az egyes kultúrák között.

fordultak elő magasabb számban. A zengőlegyek a cserjés legelőket és a lekaszált/learatott területeket kivéve mindenhol hasonló számban voltak jelen, ezeken a területeken egyedszámuk alacsonyabb volt.

Az egyes mintavételi periódusok között a legtöbb csoport esetében szignifikáns különbségek mutatkoznak (2. táblázat, 2. ábra). Lepkék kivételével a legalacsonyabb egyedszámokat májusban találtuk. A vadméhek esetében egy folyamatos abundancia növekedés volt tapasztalható májustól júliusig (május–június: $p < 0,001$; június–július: $p = 0,017$), míg a poszméhek júniusban voltak a legnagyobb számban jelen. A zengőlegyek egyedszáma júliusban mutatott szignifikáns pozitív eltérést az első két hónaphoz képest (május–június: $p = 0,002$; május–július: $p = 0,003$). A lepkék egyedszáma nem mutatott szignifikáns eltérést egyik hónapban sem (május–június: $p = 0,571$; május–július: $p = 0,555$; június–július: $p = 0,999$). A virágzó növények fajszáma és az átlagos virágszám szignifikáns pozitív hatást mutatott mind a négy pollinátor csoportban (2. táblázat).

Az interakció tesztelesek során mindössze egy esetben találtunk szignifikáns kapcsolatot két magyarázó változó között. A poszméhek egyedszámának esetében a táji heterogenitás és a virágzó növényfajok száma között szignifikáns negatív interakció volt ($df = 203$; $F = 13,49$; $p < 0,001$).

Értékelés

Kutatásunk alapján a topográfiai komplexitás, a mintavételi területek szűkebb környezetben mért táji heterogenitás, valamint a fás borítottság a lepkék kivételével (magasabb egyedszám az alacsonyabb komplexitású régióban) nem volt hatással az egyes pollinátor csoportok abundanciájára. A táji heterogenitás és a területen megfigyelhető átlagos virágszám közötti interakció a poszméhek esetében a virágokban gazdag kultúrák kiemelkedő szerepére hívja fel a figyelmet az intenzívebb agrártájban. A topográfiaileg komplexebb, valamint a kisebb térléptékben heterogénebb táj több, különböző vegetációval, mikroklimatikus adottsággal rendelkező élőhelytípus kialakulására nyújt lehetőséget, ami több faj, egyben több specialista, adott esetben kisebb egyedszámú faj megtelepedését teszi lehetővé (Tschamntke & Brandl 2004, Fahrig *et al.* 2011). Ezzel szemben a kisebb táji heterogenitás az élőhelyek sokféleségének csökkenését, generalista fajok elszaporodását eredményezheti. Feltételezzük tehát, hogy a hasonló faj- és egyedszám értékek mögött az egyes pollinátor csoportokban eltérő faji összetétel rejlik, amit fajszintű adatok hiányában jelenleg még nem tudunk értelmezni, a

sok egyeddel jelen lévő fajok és a sok, kis egyedszámú faj nem különböztethetők meg. A faji adatok későbbi részletes ismerete lehetővé teszi majd számunkra a kérdés pontosabb megválaszolását.

A gyepeken észlelt egyedszámok poszméhek és zengőlegyek esetében alacsonyabbak, egyéb vadméhek és lepkék esetében magasabbak voltak, mint a szántóföldeken. Gyepek közül a kaszálórétek, szántók közül a legtöbb csoport esetében a parlagok és a lucernások voltak pollinátorokban a leggazdagabbak. A virágos növények diverzitása és száma nagyban befolyásolja a terület pollinátor faunáját (Ebeling *et al.* 2008). Gyepeken és bizonyos szántóföldi kultúrákban a virágos növények nagy száma bővebb táplálékforrást kínál az ott élő beporzó rovarok számára (Ebeling *et al.* 2008), melyet a vizsgálatunkban talált, a növény fajszám és virágszám, valamint az egyes pollinátor csoportok közti erős pozitív összefüggés is igazol.

A vegetáció természetes szezonális szukcessziója során változik a növényzet, a tavasszal domináns növényfajokat idővel más fajok váltják fel, ami magával hozza a hozzá kapcsolódó pollinátor fauna változását; a pollinátorok követik fő táplálék-növényeik virágzását (Basilio *et al.* 2006). Májusban, amikor az első mintavételt végeztük, a későbbiekhez képest még lényegesen kevesebb virágzó növényfajt és ehhez mérten kevesebb pollinátort is figyeltünk meg. Június és július hónapokban jelentősen megnő a virágzó növényfajok száma, amit a pollinátorok általunk is észlelt egyedszámbeli növekedése követett. A poszméhek esetében tavasszal először az áttelelő királynők jelennek meg és kezdenek el kolóniát alapítani, mely júniusra már lényegesen magasabb egyedszámhoz vezet (O’toole & Raw 1999). A vadméhek már kora tavasztól megjelennek, ezért májusban a virágzási periódus elején is magasabb egyedszámokban vannak jelen. Az egymást követő hónapokban különböző genusok válthatják egymást, és a kikelt dolgozók újabb generációi is részt vehetnek a megporzásban (O’Toole & Raw 1999). A zengőlegyek szaporodási periódusának a csúcspontja nyár közepére tehető, ami összefüggésbe hozható az egymást követő hónapokban növekvő számukkal (Meyer *et al.* 2009, Földesi 2011).

A pollinációban kiemelkedő jelentőséggel bíró vadméhek fokozottabb jelenléte a gyepterületeken és alacsonyabb abundanciája a szántókon arra figyelmeztet, hogy az intenzívebbé váló mezőgazdasági kezelés negatívan hat mind a növények, mind a viráglátogatók – leginkább a vadméhek – diverzitására. Minél több pollinátor van jelen egy területen, ez a rendszer annál ellenállóbb a külső károsító hatásokkal szemben, az intenzív mezőgazdasági kezelés azonban negatívan befolyásolja a növények és a pollinátorok diverzitását. A probléma kezelésére leggyakrabban

alkalmazott módszer a házi méhek kaptárainak kihelyezése, ami viszont nem minden esetben a legjobb megoldás. Egyrészt a házi méh sok növényfaj esetében nem a leghatékonyabb megporzó, másrészt rosszabb időjárási körülmények között (sok vadméhfajjal ellentétben) aktivitásuk jelentősen csökken, valamint sok országban nagy gondot okoz a mesterségesen betelepített méhek biodiverzitásra gyakorolt hatása is (Goulson 2003). Fontos tehát a művelt területekkel, szántókkal mozaikoló gyepek, féltermészetes habitatok, illetve extenzíven, akár organikus módon művelt, s ezáltal gazdagabb gyomnövény vegetációt megengedő farmok létrehozása, ahol a fajgazdag pollinátor fauna mesterséges beavatkozás nélkül is hatékonyan el tudja látni a megporzás feladatát. A pollinációs rendszerek stabilitásának biztosítása jelentősen hozzájárul a biológiai sokféleség megőrzéséhez és a természetlag növekedésével jelentős gazdasági haszonnal is bír.

Köszönetnyilvánítás – A szerzők köszönetüket fejezik ki Schubert Zoltánnak a botanikai mintavételezésben, Bereczki Krisztinának a terepi mintavételezésben, dr. Hartel Tibornak a terepi logisztikában nyújtott segítségével, valamint Prof. dr. Joern Fischernek és Yan Hanspach-nak a mintavételi területek adataiért, valamint két anonim bírálónak értékes tanácsaikért. A kutatás a MTA Lendület program keretében valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Báldi, A. (szerk.) (2011): Biodiverzitás és ökoszisztéma szolgáltatás. – *Magyar Tudomány* 7: 770–801.
- Balvanera, P., Pfisterer, A. B., Buchmann, N., Jing-Sen, He., Nakashizuka, T., Raffaelli, D. & Schmid, B. (2006): Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. – *Ecology letters* 9: 1146–1156.
- Basilio, A., Medan, D., Torretta, J. P. & Bartoloni, N. J. (2006): A year-long plant-pollinator network. – *Austral Ecology* 31: 975–983.
- Carre, G., Roche, P., Chifflet, R., Morison, N., Bommarco, R., Harrison-Cripps, J., Krewenka, K., Potts, S. G., Roberts, Stuart, P. M., Rodet, G., Settele, J., Steffan-Dewenter, I., Szentgyörgyi, H., Tscheulin, T., Westphal, C., Woychiechowski, M. & Vaissiere, B. E. (2009): Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. – *Agriculture, ecosystem and environment* 133: 40–47.
- Dorresteyn, I., Hartel, T., Hanspach, J., von Wehrden, H. & Fischer J.: The conservation value of traditional rural landscapes: the case of woodpeckers in Transylvania, Romania. – *PLoS ONE*, 8: e65236.
- Ebeling, A., Klein A. M., Schumacher, J., Weisser, W. W. & Tscharrntke, T. (2008): How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits? – *Oikos* 117: 1808–1815.

- Fahrig, L., Baudry, L., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., Sirami, C., Siriwardena, G. M. & Martin, J. L. (2011): Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. – *Ecology letters* **14**: 101–112.
- FAOSTAT (2005): Adatok elérhetők: <http://faostat.org>; Agriculturaldata/Agriculturalproduction/Cropsprimary
- Földesi, R., (2011): A zengőlegyek (Diptera: Syrphidae) szerepe a beporzásban és a biológiai védekezésben. – *Természetvédelmi Közlemények* **17**: 31–41.
- Fründ, J., Eduard, K. L. & Blüthgen, N. (2010): Pollinator diversity and specialization in relation to flower diversity. *Oikos* **119**: 1581–1590.
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J. & Vaissiere, B. (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. – *Ecological Economics* **68**: 810–821.
- Garibaldi L. A., Steffan-Dewenter I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., Carvalherio, L.G., Harder, L. D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Freitas, B. M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., Hipólito, J., Holzschuh, A., Howlett, B., Isaacs, R., Javolek, S. K., Kennedy, C. M., Krewenka, K., Krisnan, S., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Motzke, I., Munyuli, T., Nault, B. A., Otieno, M., Petersen, J., Pisanti, G., Potts, S. G., Rader, R., Ricketts, T. H., Rundölf, M., C. L. Seymour, Shüegg, C., Szentgyörgyi, H., Taki, H., Tschranke, T., Vergara, C. H., Viana, B. F., Wanger, T. C., Westphal, C., Williams, N. & Klein, A. M. (2013): Wild pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. – *Science* **339**: 1608-1611.
- Goulson, D. (2003): Effects of Introduced Bees on Native Ecosystems. – *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **34**: 1–26.
- Greenleaf, S. S., Williams, N. M., Winfree, R. & Kremen, C. (2007): Bee foraging ranges and their relationship to body size. – *Oecologia* **153**: 589–596.
- Haines-Young, R. & Potschin, M. (2013): Common International Classification of Ecosystem Servicec (CICES): Konzultáció a 4. változatról, 2012 augusztus-december. EEA framework contact No *EEA/IEA/09/003*
- Klein, A. M., Vaissere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham S., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. – *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* **274**: 303–313.
- Kleijn, D. & van Langevelde, F. (2006): Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. – *Basic and Applied Ecology* **7**: 201–214.
- Meyer, B., Jauker, F. & Steffan-Dewenter, I. (2009): Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. – *Basic and Applied Ecology* **10**: 178–186.
- Millenium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystem and Human Well-being: Biodiversity Synthesis* – World Resources Institute, Washington DC.
- Norberg, J. (1999): Linking Nature ’ s services to ecosystems : some general ecological ’ concepts. – *Ecological Economics* **29**: 183–202.
- O’Toole, C. & Raw, A. (szerk.) (1999): *Bees of the World*. – Blandford Pr., London, 192 pp.
- Ollerton, J., Winfree, R. & Tarrant, S. (2011): How many flowering plants are pollinated by animals? – *Oikos* **120**: 321–326.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar D. & R Development Core Team (2012): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3. 1–106.

- R Development Core Team (2012): R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>.
- Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Carsten, C., Thies, C. & Tschranke, T. (2002): Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. – *Ecology* **83**: 1421–1432
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P. A., Naylor, R. & Polasky, S. (2002): Agricultural sustainability and intensive production practices. – *Nature* **418**: 671–677.
- Tscharntke, T. & Brandl, R. (2004): Plant-insect interactions in fragmented landscapes. – *Annual review of entomology* **49**: 405–430.
- Warnes, G. R., Bolker, B. & Lumley, T. (2012): gplots: Various R programming tools for plotting data. R package version 2.6.0

Függelék

A cikkhez tartozó Online Függelékek a folyóirat honlapján találhatóak.

Függelék 1: a vizsgálat helyszínéül szolgáló falvak Google Earth formátumban

Függelék 2: a mintavételi területek képei

Landscape and agricultural management effects on pollinator communities of pastures and arable fields

Ádám Szirák¹, Anikó Kovács-Hostyánszki², Rita Földesi², Edina Mózes¹
and András Báldi²

¹*Eötvös Loránd University, Faculty of Science, Institute of Biology,
H-1117, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C, Hungary*

²*MTA ÖK Centre for Ecological Research,
„Lendület” Ecosystem Services Research Group
H-2163 Vácrátót, Alkotmány út 2-4, Hungary
e-mail: szirakadam@gmail.com*

Recently, one of the most important areas of the ecosystem related studies is pollination ecology, a regulatory ecosystem service. The study of pollination systems, exposed to growing agricultural pressure as a result of global biodiversity loss, is outstanding, since the third of the agriculturally and economically important crops is pollinated by animals. We studied the effects of topographical complexity, landscape heterogeneity and wood cover on pollinator communities in arable fields and grasslands in Szászföld, Transylvania in a three months long sampling period. We tested the effects of landscape variables, the number of flowering plant species and flower units on the abundance of different pollinator groups, sampled by transect walking method using general linear mixed effect models.

The observed wild bees and butterflies were more abundant in pastures, while bumblebees and hoverflies were more common in arable fields. The greater the wood cover was, the higher was the abundance of butterflies, while the lower topographic complexity areas showed higher butterfly abundance. Regarding temporal dynamics, the abundance of pollinators was the highest in July and the lowest in May. Our results demonstrate the vegetation preference of the different pollinator groups. Our findings clearly illustrate the importance of landscape and flower resources in the habitat preference of the pollinator groups.

Keywords: butterfly, ecosystem services, hoverfly, pollination, spatial heterogeneity, topography, wild bee