

Hogyan befolyásolja a beporzók ritkulása a mezőgazdasági hozamokat a világban és Magyarországon?

Székács Anna¹ és Takács-Sánta András^{2,3}

- ¹ *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C*
- ² *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Társadalomtudományi Kar,
Társadalomkutatások Módszertana Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A*
- ³ *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,
Környezettudományi Centrum,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C*

Összefoglaló: Az elmúlt két évtized egyre gyakrabban emlegetett problémája a beporzók egyedszámának és sokféleségének csökkenése. Míg e jelenség tényét illetően igen nagy az egyetértés a szakirodalomban, a csökkenés mezőgazdaságra gyakorolt hatásának mértéke vitatott. Vagyis nem tudjuk pontosan, mennyire függ a világ mezőgazdasága a beporzástól, mint ökoszisztéma szolgáltatástól. Cikkünkben áttekintjük azokat a kutatási eredményeket, amelyek a beporzók megritkulásának a mezőgazdaságra gyakorolt hatásáról szólnak. Ezek alapján mind globálisan, mind pedig Magyarország esetében megállapíthatjuk, hogy noha az élelmiszer-össztermelés szempontjából legfontosabb haszonnövényeinket nem állatok porozzák be, sok, a kiegyensúlyozott és egészséges táplálkozáshoz fontos termény esetében nélkülözhetetlenek, de legalábbis termés csökkenéshez vagy minőségromláshoz vezet a hiányuk.

Kulcsszavak: beporzók, biológiai sokféleség csökkenése, mezőgazdasági hozamok, haszonnövények, ökoszisztéma szolgáltatások, pollináció, pollinátorok

A beporzók megritkulása és ennek okai

Bár sokszor nehéz felismerni a beporzók számának csökkenését a ritka előfordulás, az adathiány és a beporzók tér- és időbeli varianciája miatt, már minden lakott kontinensről érkezett jelentés e csökkenésről (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Hiányos ismereteink ellenére biztosak lehetünk benne, hogy a jelenség mind a vadon élő, mind pedig a házasított beporzókat érinti (Winfree 2008), illetve hatással van a vadnövényekre és a mezőgazdasági terményekre is (pl. Allen-Wardell *et al.* 1998, Aizen *et al.* 2009).

A vadnövények mintegy 80%-a közvetlenül profitál valamilyen mértékben a rovarok beporzó tevékenységéből a maghozam vagy a termés hozam

növekedésén keresztül (Klein *et al.* 2007, Potts *et al.* 2010). Kifejezetten sebezhetőek azok a fajok, amelyek kizárólag egy bizonyos beporzóra támaszkodnak. Habár a teljesen specializált növény-beporzó kapcsolatok ritkák, az egyetlen beporzótól függő fajok egyedszám-csökkenése széles körben megfigyelhető jelenség (Potts *et al.* 2010). Bár általánosságban meglehetősen kevés a konkrét adat, sok információ áll rendelkezésre a vadnövényekre vonatkozóan az Egyesült Királyságból és Hollandiából, ahol a beporzók egyedszáma, sokfélesége és eloszlása az utóbbi néhány évtizedben jelentősen megváltozott (Biesmeijer *et al.* 2006 cit. Kluser & Peduzzi 2007). Ez többek között abban nyilvánul meg, hogy a viszonylag ritka fajok még ritkábbá váltak, a gyakoribbak pedig még szélesebb körben elterjedtté (Kluser & Peduzzi 2007).

Az egyedszám-csökkenésre vonatkozóan a legtöbb adat nem meglepő módon a háziméhről (*Apis mellifera* Linnaeus, 1761) áll rendelkezésre (Klein *et al.* 2007, Aizen & Harder 2009). Az Amerikai Egyesült Államokban, ahol a háziméhek pusztulása a legjelentősebb, az 1947 és 2005 közötti időszakban a tenyésztett méhek kolóniáinak száma 59%-kal csökkent (Goulson *et al.* 2015). Egyedül 2007-2008 telén a kolóniák 19%-a pusztult el (van Engelsdorp *et al.* 2008).¹ Aizen & Harder (2009) a FAO (*Food and Agriculture Organization*) jelentése alapján megállapították, hogy ugyan egyes országokban jelentős a csökkenés, a háziméhek száma globálisan nem lett kisebb, ugyanis a méhpusztulást ellensúlyozta a kaptárak számának növekedése. Európában a legnagyobb jelentőségű beporzók a méhek, itt a vadon élő méhek számának csökkenése jelentősebb, mint a háziméheké (Aizen & Harder 2009).

Ahogy arra sok kutatás rávilágít (pl. Allen-Wardell *et al.* 1998, Kearns *et al.* 1998, Richards 2001, Díaz *et al.* 2005, Kluser & Peduzzi 2007), a beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésének elsődleges okozója az ember élőhely-átalakítási tevékenysége. Az átalakítás következményeként megváltozik a beporzók szempontjából létfontosságú fészkelőhelyek és virágos területek kiterjedése és eloszlása (Kremen *et al.* 2007). A monokultúrák létrehozása kiemelkedően káros: a rájuk jellemző alacsony biológiai sokféleség következményeként kevés beporzó fajnak adnak otthont. A monokultúrák terjeszkedése miatt a természetes élőhelyek feldarabolódása is nagyobb mértékű lesz, az egyes élőhely-fragmentumok távol kerülnek egymástól. A táj homogénebbé válásának eredményeként csökken a beporzók sokfélesége (Holzschuh *et al.* 2007, Kremen *et al.* 2007).

1 Ez a kolóniaösszeomlás jelensége, lásd alább.

A növényvédő szerek túlzott használata szintén káros a beporzókra nézve, egyrészt mivel sok nem kártevő élőlény (pl. beporzó) is elpusztul alkalmazásukkor, másrészt mert használatuk csökkenti a mezőgazdaság számára jelentéktelen virágos növények egyedszámát és sokféleségét. Több kutatás bizonyítja, hogy pozitív korreláció figyelhető meg a beporzók sokfélesége és a virágos növények sokfélesége, illetve a beporzók egyedszáma és a virágborítottság között (Spira 2001, Holzschuh *et al.* 2007, Kremen *et al.* 2007); továbbá hogy a növényvédő szerek alkalmazásakor csökken a méhek sokfélesége és egyedszáma (pl., Kremen *et al.* 2002, Winfree *et al.* 2009, Kovács-Hostyánszki *et al.* 2011, Gill *et al.* 2012).

Az eddigiek mellett a beporzókra nézve negatív hatással van az idegenhonos fajok megjelenése is (Spira 2001, Fraizer *et al.* 2007 cit. Kluser & Peduzzi 2007). Az idegenhonos faj kiszoríthatja természetes élőhelyéről az őshonosat. Az üvegházi haszonnövények megporzásáért tartott földi poszméh (*Bombus terrestris* Linnaeus, 1758) kifejezetten agresszív ilyen szempontból. Elfoglalja az őshonos fajok fészkeit, ugyanakkor nem feltétlenül látogatja ugyanazokat a növényeket, amelyeket az őshonos faj poroz. Erről a problémáról többek között Japánból érkezett jelentés (Kearns *et al.* 1998). A mezőgazdasági termények legjelentősebb beporzóját, a háziméhet is az ember terjesztette el az Óvilágból világszerte. Habár a faj nem tekinthető invazívnak, sok, az invazív fajokra jellemző tulajdonsággal bír. A rendelkezésre álló erőforrások kiaknázásában versenytársa az őshonos beporzóknak (Paini 2004). Az amerikai kontinensen problémát jelent, hogy a háziméhek európai alfajának (*Apis mellifera linguistica*) és afrikai alfajának (*Apis mellifera scutellata*) 1956 óta létező hibridje, az afrikánizált méh (*A. m. scutellata* x *A. m. linguistica*) kiszorítja az őshonos beporzókat. A fentiek a beporzók sokféleségének csökkenését eredményezhetik (Kearns *et al.* 1998).

Az elmúlt évszázadban a háziméh-populációkban a legnagyobb károkat okozó paraziták, a *Varroa jacobsoni* Anderson & Trueman, 2000 és az *Acarapis woodi* Rennie, 1921; mindkettő az atkák közé tartozik. A *V. jacobsoni* Ázsiából terjedt el, az 50-es évekre Európába, a 70-es évekre Afrikába és Dél-Amerikába, 1987-re pedig Észak-Amerikába jutott. Az *A. woodi*-ről az első feljegyzések 1921-ből, Angliából származnak, mára világszerte elterjedté vált (Kearns *et al.* 1998).

Az elmúlt években a háziméhek szempontjából különösen nagy jelentőségű a kaptárelhagyás (CCD, *Colony Collapse Disorder* – kolóniaösszeomlás). A jelenséget legerőteljesebb formában 2006-2007-ben, az Amerikai Egyesült Államokban figyelték meg, amikor a tenyésztett méh-

kolóniák harmada pusztult el. A CCD háttere egyelőre ismeretlen, a lehetséges okok között legtöbbször a viasz- és táplálékraktárak vegyszerrel történt szennyeződését, illetve a paraziták jelenlétét említik (Frazier *et al.* 2007 cit. Kluser & Peduzzi 2007).

Az éghajlatváltozás beporzókra gyakorolt hatásai bizonytalanok. A legfőbb hatás a beporzók szempontjából a növények és beporzók közötti mutualista kapcsolatok esetleges leromlása. Memmott *et al.* (2007) vizsgálatai szerint a beporzók számára elérhető virágok száma jelentősen csökkenhet, az alkalmazott modelltől függően 17-50%-kal. Ennek hátterében az élőlények életciklusának megváltozása áll (Hegland *et al.* 2009), különös tekintettel a növények fenológiai változásaira és az állatok aktív periódusának módosulására. Leginkább a specializált, szűk táplálékspektrumú beporzók sebezhetőek (Spira 2001). Amennyiben teljesen megszűnik az átfedés a tápnövény virágzása és a beporzó aktív periódusa között, a faj táplálékforrás híján kihal. Ez a veszély mégis ritkán fenyeget, nem gyakoriak ugyanis a specialista kapcsolatok (Díaz *et al.* 2005). Egy beporzófaj kihalása nem jelenti feltétlenül a tápnövényfaj kihalását, viszont az sem valószínű, hogy a beporzó kihalása következmények nélkül járna. Feltehetőleg csökken a tápnövény egyedszáma, ami negatívan hat a tápnövény többi beporzójára. A klímaváltozás sok lehetséges hatására vonatkozóan nem végeztek még kutatásokat, például hogy miként befolyásolja a beporzó lárvális állapotát, illetve hogy miként hat a migrációra (Memmott *et al.* 2007).

A beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésének hatása a mezőgazdasági hozamokra

A beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésének mezőgazdasági következményeit és jelentőségét illetően különböznek a vélemények a szakirodalomban. Sokan vélik a jelenséget súlyos problémának, és többen minősítik krízisnek (Kearns *et al.* 1998, Kremen & Ricketts 2000, Westerkamp & Gottsberger 2002, Aizen *et al.* 2009). Ghazoul (2005a, lásd még Ghazoul & Koh 2010) véleménye szerint, bár sok bizonyíték van a csökkenésre, túlzás krízisről beszélni. Európából és Észak-Amerikából is érkeztek jelentések a beporzók egyedszámának és sokféleségének visszaeséséről, ám Európában nincs szó a terméshozamok csökkenéséről, az Egyesült Államokban pedig Ghazoul (2005a) szerint a hozamcsökkenés az egy-két fajtól való túlzott függőségre vezethető vissza, sőt, később e függést is vitatja (Ghazoul 2005b). Steffan-Dewenter *et al.* (2005) sze-

rint ugyanakkor Ghazoul alábecsüli a helyzet súlyosságát, figyelmen kívül hagyja ugyanis, hogy mezőgazdasági terményeink nagy része állati-, főleg rovarbeporzású. Aizen *et al.* (2009) különbséget tesznek beporzócsökkenés (a beporzók populációméretének vagy sokféleségének csökkenése) és beporzóhiány (a beporzók nyújtotta ökoszisztéma szolgáltatás nem elégíti ki a mezőgazdasági igényeket) között. A szakirodalomban föllelhető adatok alapján rengeteg a bizonyíték a csökkenésre, beporzóhiányról azonban egyelőre csak ritkán érkeznek jelentések (de lásd pl. Tang *et al.* 2003). Ugyanakkor miközben növekszik azon termőterületek aránya, ahol beporzóktól függő növényeket termesztnek, a beporzók populációmérete egyes régiókban csökken. Fönnáll tehát a veszélye annak, hogy a beporzócsökkenés a jövőben beporzóhiányhoz vezet (Bauer & Wing 2010).

A mezőgazdasági termények megporzásával a beporzók közvetlenül járulnak hozzá az élelemtermeléshez. Közvetettnek nevezhetők a mezőgazdaságban a beporzók azon tevékenységei, amelyek során olyan haszonnövények fennmaradását vagy hozamnövekedését teszik lehetővé, amelyeket az emberiség azután élelemtermelésre használ. Erre példa a takarmánynövények megporzása.²

A szakirodalomban némileg eltérőek a vélemények arról, hogy a globális mezőgazdasági termelés mennyire függ a beporzóktól. A beporzóktól függő termények arányát a mezőgazdasági termelés összhozamának minimum 15 (Kremen *et al.* 2002), maximum 35%-ára (Klein *et al.* 2007, Aizen *et al.* 2009) becsülik. Azok a haszonnövények, amelyek valamilyen mértékben függenek az állatok megporzó tevékenységétől, a világ vezető haszonnövényeinek minimum 70, maximum 85%-át teszik ki (Klein *et al.* 2007).³

Aizen *et al.* (2009) fölhívja a figyelmet arra, hogy a beporzók egyedszámának és sokféleségének csökkenése hatással van ugyan a gyümölcs- és magminőségre, illetve ezek mennyiségére, de nem tartják evidensnek, hogy a csökkenésnek hatása van a globális mezőgazdasági hozamokra.

2 Habár a beporzók mezőgazdaságban betöltött szerepéből, mint ökoszisztéma szolgáltatásból az emberiség közvetlenül és közvetve is profitál, rendkívül fontos a beporzók további, mezőgazdaságon kívüli jelentőségét is figyelembe venni. Erre hívja fel a figyelmet Kremen *et al.* (2007). A növénytermesztésen túl az egyéb ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtó növényfajok 60–90%-ának van szüksége beporzókra (Kremen *et al.* 2007). Ezen ökoszisztéma szolgáltatásokból az emberiség nagymértékben profitál. Ha a beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésének következtében az ökoszisztéma szolgáltatások hatékonysága csökken, pótlásuk – ha megoldható ez egyáltalán – mindenképpen nehéz és költséges feladat elé állítja az emberiséget.

3 Az eredmények függenek a vizsgált növények számától. Klein *et al.* (2007) kutatásukban először a vezető 57 növényt vizsgálták, ebből adódott a 70%. A vezető 107 haszonnövényt vizsgálva kapták a 85%-os eredményt.

Több szerző is egyetért abban, hogy a beporzók a globális élelemtermelésben nem játszanak jelentős szerepet, az állati beporzású termények az élelmiszer mennyiségének szempontjából nem túl nagy jelentőségűek, és csupán kis területen termesztik őket (Richards 2001, Ghazoul 2005a, Aizen *et al.* 2009). A globális élelemtermelés mindössze 2%-a származik a beporzóktól teljesen függő haszonnövényektől és a beporzók teljes hiányából adódó közvetlen hozamcsökkenés várhatóan csupán 3-8% lenne (Aizen *et al.* 2009).

A beporzóktól függő, illetve a tőlük független növények nem alkotnak élesen elkülöníthető csoportot, e két kategória a beporzóktól való függőség mértékének két szélső értékét képviseli (Richards 2001, Ghazoul 2005a, Klein *et al.* 2007). Klein *et al.* (2007) a FAO adatbázisa alapján készített vizsgálata és kategorizálása jól példázza ezt. Kutatásukban a világ vezető 107 terményét vizsgálták, amelyek 146 ország élelmének 90%-át adják. Eredményeiket az 1. táblázat foglalja össze.

A szerzők kutatásukban nem térnek ki arra, hogy miként változik az eredmény a globális összhozamokat vizsgálva. Egy olyan kutatás, amely ugyanezen kategorizálásban azt vizsgálná, mekkorák az összhozamok az egyes kategóriákban szereplő haszonnövények esetében, más megvilágításba helyezhetné az eredményeket (Klein *et al.* 2007).

A három legnagyobb mennyiségben termesztett haszonnövény, a búza (*Triticum aestivum* L.), a kukorica (*Zea mays* L.) és a rizs (*Oryza sativa* L.) vagy szélbeporzásúak, vagy nincs szükségük a magtermeléshez idegen megtermékenyítésre. A fő termények között kevés az állati beporzású, ezeket pedig jellemzően nem intenzív körülmények között termesztik (Ghazoul 2005a). Ahogy a 2. táblázat is mutatja, a búza, kukorica és rizs mellett össztermelés szempontjából nagy jelentőségű a burgonya (*Sola-*

1. táblázat. A világ vezető 107 terményének függése a beporzóktól – Klein *et al.* (2007) adatai alapján.

Függés a beporzóktól	Beporzók hiányában a terméshozam visszaesése (%)	Vizsgált termények (db)	Vizsgált termények (%)
maximális	>90	13	12
nagymértékű	40–90	30	28
közepes mértékű	10–40	27	25
kismértékű	0–10	21	20
egyáltalán nincs	0	7	7
adathiányos	adathiányos	9	8

2. táblázat. Az állati beporzásból nem profitáló főbb haszonnövények globális termésmennyiség-átlaga (2000–2009) – FAOSTAT (2010) alapján.

Haszonnövény	Tudományos név	Átlagos termésmennyiség (t/év)
ananász	<i>Ananas sp.</i>	17 547 289
földimogyoró	<i>Arachis hypogaea</i>	806 725
közönséges spárga	<i>Asparagus officinalis.</i>	6 287 786
káposztafélék	<i>Brassica spp.</i>	65 572 570
vetési kender	<i>Cannabis sativa</i>	69 140
citrusfélék	<i>Citrus spp.</i>	7 111 072
répa	<i>Daucus carota.</i>	24 977 476
komló	<i>Humulus lupulus</i>	125 347
lencse	<i>Lens culinaris</i>	3 319 637
kasszava	<i>Manihot esculenta</i>	206 767 657
banán	<i>Musa sp.</i>	78 764 077
rizs	<i>Oryza sativa</i>	625 640 144
borsó	<i>Pisum sativum</i>	8 113 126
burgonya	<i>Solanum tuberosum</i>	321 392 723
spenót	<i>Spinacia oleracea</i>	12 450 417
búza	<i>Triticum aestivum</i>	615 071 964
kukorica	<i>Zea mays</i>	703 969 333

num tuberosum L.) és a kasszava (más néven manióka, *Manihot esculenta* Crantz). E kettőnek sincs állati beporzókra szüksége, mivel vegetatív úton szaporodnak (Richards 2001).

Speciális esetet jelentenek azok a haszonnövények, amelyek az általunk hasznosított növényi rész képzéséhez egyáltalán nem igényelnek megporzást, ugyanakkor a magképzéshez fontos számukra a beporzók jelenléte. A genetikai variancia tehát kizárólag beporzók jelenlétében növekszik. Ilyen növény például a répa (*Daucus carota* L.), a retek (*Raphanus sativus* L.), a közönséges spárga (*Asparagus officinalis*) és a fent említett burgonya (*Solanum tuberosum* L.). Vagyis noha szűkebb értelemben véve nem profitálnak a beporzásból, a következő nemzedék létrejöttében mégis lényeges szerepet játszik.

Számos haszonnövényünk azonban képtelen volna beporzók nélkül szaporodni. Erre példa az alma (*Malus sp.*), a cseresznye (*Prunus avium* L.), az őszibarack (*Prunus persica* L.), a málna (*Rubus idaeus* L.), a mandula (*Prunus amygdalus* Mill.) vagy egyes kávéfajok (*Coffea sp.*). Ha-

szonnövényeink közül néhány számára nem létfontosságú a beporzók tevékenysége, de jelenlétük jelentősen megnöveli a termés hozamot és/vagy javítja a termésminőséget. Ebbe a csoportba tartozik sok igen jelentős hasznónövény, mint például a repce (*Brassica napus* L.), a napraforgó (*Helianthus annuus* L.), a gyapot (*Gossypium* spp.), a szója (*Glycine max* (L.) Merr.), a földieper (*Fragaria x ananassa*), a paprika (*Capsicum annuum* L.), a paradicsom (*Lycopersicon esculentum* L.), vagy a szőlő (*Vitis vinifera* L.) (Richards 2001, Ghazoul 2005a). A 3. táblázatban állati beporzásból profitáló termények és azok éves átlag termésmennyisége láthatók.

Ugyancsak fontos figyelembe venni, hogy bár a globálisan nézve legjelentősebb hasznónövényeink hozamát nem csökkentené a beporzók hiánya, sok olyan termény hozamára hat pozitívan a beporzók jelenléte, amelyek bizonyos régiókban nagy jelentőséggel bírnak (Richards 2001, Aizen & Harder 2009). Továbbá számos olyan termény számára fontos a beporzók jelenléte, amelyek nélkülözhetetlen mikro- és makroelemeket, illetve vitaminokat tartalmaznak (Klein *et al.* 2007, Eilers *et al.* 2011). Vitamintartalom szempontjából az állatok porozta termények közül fontos például a sütőtök és a zöldpaprika az A-vitamin, a zöldpaprika és a csipkebogyó (*Rosa canina* L.) a C-vitamin, a paradicsom a K₁-vitamin, a hüvelyesek pedig a B₁-vitamin tartalmuk miatt. Mikroelemek tekintetében nagy jelentőségűek a hüvelyesek cink-, króm-, molibdén- és réztartalmuknak, a paradicsom pedig szeléntartalmának köszönhetően. A hüvelyesek makroelem-tartalma is figyelemre méltó, ugyanis foszfor- és magnéziumforrásul szolgálnak. Összességében elmondható tehát, hogy noha a kalória-mennyiség szempontjából nem fenyeget jelentős csökkenés veszélye, sok olyan termény hozama csökkenne beporzók hiányában, amelyek a tápanyagtartalom tekintetében lényegesek (Bauer & Wing 2010).

A Klein *et al.* (2007) által kiválasztott 107 termény közül 71 méhbeporzású, néhány továbbinak a megporzásában pedig egyéb rovarok működnek közre, például tripszek, darazsak, legyek, bogarak, lepkék (Kluser & Peduzzi 2007). Összesen mintegy 20 élőlénycsoport vesz részt a 107 legfontosabb mezőgazdasági termény beporzásában a háziméhen kívül (Nabhan & Buchmann 1997). A rovarokon túl fontos szerepet játszanak a megporzásban egyes gerinces csoportok is, köztük elsősorban egyes madarak és denevérek (legalább 45 faj – Allen-Wardell *et al.* 1998).

Bár a médiában a legtöbb szó a háziméhről esik, ez a faj sok esetben nem elég hatékony beporzó, nem helyettesíti a vadon élő pollinátorokat (Garibaldi *et al.* 2011, 2013, Tylianakis 2013). Ugyan az állati beporzású termények 96%-ánál növeli a termés hozamot (Klein *et al.* 2007), és mesterséges

3. táblázat. Az állati beporzásból profitáló főbb haszonnövények termésmennyiség-átlag (2000–2009) – FAOSTAT (2010) alapján.

Haszonnövény	Tudományos név	Átlagos termésmennyiség (t/év)
kivi	<i>Actinidia deliciosa</i>	1 136 590
hagyma	<i>Allium sp.</i>	65 168 702
cukorrépa	<i>Beta vulgaris</i>	243 066 832
repce	<i>Brassica napus</i>	46 235 309
paprika	<i>Capsicum annuum</i>	24 938 541
papaja	<i>Carica papaya</i>	8 678 077
görögdinnye	<i>Citrillus lanatus</i>	90 156 290
kókusz	<i>Cocos nucifera</i>	56 074 242
kávé	<i>Coffea sp.</i>	7 778 219
sárgadinnye	<i>Cucumis melo</i>	25 549 852
uborka	<i>Cucumis sp.</i>	40 867 012
tök	<i>Cucurbita sp.</i>	20 074 650
olajpálma	<i>Elaeis guineensis</i>	168 229 257
hajdina	<i>Fagopyrum esculentum</i>	2 243 580
füge	<i>Ficus carica</i>	1 084 007
földieper	<i>Fragaria x ananassa</i>	3 670 973
szója	<i>Glycine max</i>	202 621 535
gyapot	<i>Gossypium spp.</i>	63 583 714
napraforgó	<i>Helianthus annuus</i>	28 074 144
len	<i>Linum usitatissimum</i>	2 171 136
paradicsom	<i>Lycopersicon esculentum</i>	125 067 188
alma	<i>Malus sp.</i>	62 816 121
mangó	<i>Mangifera indica</i>	30 346 507
lucerna	<i>Medicago sativa</i>	463 109 898
európai olajfa	<i>Olea europea</i>	17 050 019
avokádó	<i>Persea americana</i>	3 294 866
mandula	<i>Prunus amygdalus</i>	1 894 238
kajszibarack	<i>Prunus armeniaca</i>	3 167 423
cseresznye	<i>Prunus avium</i>	1 849 737
meggy	<i>Prunus cerasus</i>	1 164 752
szilva	<i>Prunus domestica</i>	9 602 594
őszibarack	<i>Prunus persica</i>	16 425 044
körte	<i>Pyrus sp.</i>	18 817 060
málna	<i>Rubus idaeus</i>	474 741
padlizsán	<i>Solanum melanogena</i>	31 043 550
szőlő	<i>Vitis vinifera</i>	65 266 799

tenyésztése is olcsó (Westerkamp & Gottsberger 2000), az adott terület őshonos beporzói sokszor hatékonyabbak (Spira 2001). Ennek ellenére a mezőgazdaság egyre nagyobb mértékben támaszkodik a háziméh beporzó tevékenységére elsősorban a méhészeti termékekkel szerezhető haszon miatt. A mezőgazdaság kiszolgáltatottságának mértékét növeli, hogy a 20-30 ezer méhfajból világszerte csupán 11-et tenyésztenek a szabadföldi területek és az üvegházak haszonnövényeinek megporzására. Így ezek elvesztése vagy megporzó tevékenységük hatékonyságának csökkenése nagy hatással lenne a mezőgazdaságra (Kremen *et al.* 2002). Egyes agrártársulások számára már a beporzók egyedszámának, ezáltal a beporzás hatékonyságának kismértékű csökkenése is végzetes lehet (Heard *et al.* 2007).

A mezőgazdaság függése a beporzóktól megnövekedett az elmúlt időkben. Ez a trend szembetűnőbb az ipari szempontból kevésbé fejlett országokban, mint az iparilag fejlettekben (Aizen *et al.* 2009). Aizen & Harder (2009) a FAO adatai alapján megállapította, hogy az elmúlt fél évszázadban megduplázódott a beporzóktól független termények hozama. Ez körülbelül kielégítette a népességnövekedésnek köszönhető többletigényt. Ezzel szemben a beporzók tevékenységéből valamilyen mértékben profitáló termények hozama megnégyszereződött, ami az egy főre jutó kereslet növekedését mutatja. Százalékosan kifejezve a beporzók tevékenységéből valamilyen mértékben profitáló termények hozama a mezőgazdasági termelés 3,6%-áról 6,1%-ára növekedett 1961 és 2006 között (Aizen & Harder 2009). Lehetséges ugyanakkor, hogy ez a hozamnövekedés a kereskedelmi- és gazdaságpolitikának köszönhető, és nem feltétlenül tükröz valós igénynövekedést (Aizen & Harder 2009). A mezőgazdaság függését a beporzóktól az is növeli, hogy állatok által beporzott haszonnövényeket (pl. hüvelyeseket és gyümölcsöket) egyre gyakrabban termesztnek intenzív módszerekkel. A termények sűrűségének növelése nagymértékben fokozza az igényt az állati beporzókra (Ghazoul 2005b).

A beporzók mezőgazdasági jelentősége Magyarországon

A beporzók helyzete hazánkban

A Kárpát-medencére vonatkozóan nagyon kevés adat áll rendelkezésünkre a beporzók helyzetéről, a legtöbb a hártványasszárnyúak rendjére vonatkozik. Ezen belül is Sárospataki *et al.* (2004, 2005) munkásságának köszönhetően a poszméhekre vonatkozóan kifejezetten sok adat létezik. A hazai 25 poszméhfaj közül 9 ritkának, 6 pedig mérsékelten ritkának tekinthető. 4 faj

gyakori, további 3 pedig tömeges. 3 fajra vonatkozóan nem álltak rendelkezésre megfelelő adatok. Az előfordulási gyakoriságok időbeli változásának vizsgálataiból kiderül, hogy 10 fajra csökkenő tendencia jellemző, 8 faj trend nélküli fluktuációt mutat, és csupán 3 jellemezhető növekvő előfordulási gyakorisággal. A maradék 4 fajból 2 kihaltnak tekinthető, 2-re pedig nincsenek megfelelő adatok (Sárospataki *et al.* 2004, 2005).

A témában ugyancsak fontosak Tanács *et al.* (2009, 2010) kutatásainak eredményei. Vizsgálataik a lucernások beporzófaunájára vonatkoznak. Az elmúlt, hozzávetőlegesen 50 évben jelentős változások tapasztalhatók e téren. Az 1950-es években, a növényvédő szerek széleskörű használata előtt a lucernások beporzásában résztvevő méhfajok nagy gazdagsága volt jellemző: csaknem 200 méhfaj vett részt a megporzásban. A növényvédő szerek bevezetése óta drasztikus változások következtek be, elsősorban az *Eucera* és *Tetralonia* fajok egyedszámának nagymértékű csökkenése figyelhető meg. Az 1950-es évek óta megnövekedett viszont egyes vadméhek (pl. *Melitta leporina*, *Rhopitipoides canus*) egyedszáma, a lucernások területének növekedésével párhuzamosan. Ez a tendencia a 2000-es évek elejéig figyelhető meg, azóta e fajok egyedszáma is csökken. Napjainkra új trend a lucernásokban a poszméhfajok széleskörű elterjedése, és ezzel párhuzamosan a többi vadméhcsoport egyedszámának általános csökkenése, ami a beporzófauna elszegényedését jelenti.

A magyar mezőgazdaság függése a beporzóktól

A FAO (FAOSTAT 2010) adatai alapján Magyarország teljes termés mennyiségének éves átlaga 2000 és 2009 között 28 860 650 tonna volt. Ebből 10 383 224 tonna termelésében játszott szerepet valamilyen mértékben az állatok, elsősorban a rovarok megporzó tevékenysége – ez a teljes termés mennyiségnek hozzávetőlegesen 36%-a. Az állati beporzásból nem profitáló termények átlagos termés mennyiségét a 4. táblázat foglalja össze.

Magyarországra is igaz tehát a megállapítás, miszerint a beporzók az élelemtermelésnek hozzávetőlegesen a harmadában játszanak szerepet. Ez az élelem mennyiség már tömeg szempontjából sem elhanyagolható, és ehhez hozzájön a korábban már említett tápérték tényezője is. Ahogy az 5. táblázatból látható, az állati beporzásból valamilyen mértékben profitáló haszonnövények között sok gyümölcs- és zöldségféle található, amelyek fontos szerepet játszanak a magas tápértékű, egészséges táplálkozásunkban.

4. táblázat. Az állati beporzásból nem profitáló főbb haszonnövények termésmennyiség-átlaga Magyarországon (2000–2009) – FAOSTAT (2010) alapján.

Haszonnövény	Tudományos név	Átlagos termésmennyiség (t/év)
földimogyoró	<i>Arachis hypogaea</i>	114,1
közönséges spárga	<i>Asparagus officinalis</i>	4 322,9
zabfélék	<i>Avena spp.</i>	143 021,4
káposztafélék	<i>Brassica spp.</i>	162 162,8
kender	<i>Cannabis sativa</i>	756,3
szelídgesztenye	<i>Castanea sativa</i>	546,5
sárgarépa	<i>Daucus carota</i>	114 778,7
árpa	<i>Hordeum vulgare</i>	1 128 342,7
lencse	<i>Lens culinaris</i>	596,9
rizs	<i>Oryza sativa</i>	9 838,4
zöldborsó	<i>Pisum sativum</i>	101 576,8
egyéb takarmány (<i>Poaceae</i>)	<i>Poaceae</i>	702 412,3
rozsa	<i>Secale cereale</i>	96 713,3
burgonya	<i>Solanum tuberosum</i>	691 896,0
spenót	<i>Spinacia oleracea</i>	4 757,1
tritikalé	<i>Triticale</i>	414 167,5
búza	<i>Triticum aestivum</i>	4 524 870,0
kukorica	<i>Zea mays</i>	10 062 666,5

Magyarországon nagy szükség lenne a beporzásban szerepet játszó állatok egyedszámának, sokféleségének, valamint előfordulási gyakoriságának, illetve elterjedési területének átfogó vizsgálatára, feltérképezésére. Hasznos lenne továbbá összevetni a Magyarország egyes régióiban előforduló beporzók demográfiai adatait azzal, hogy az adott régióra jellemző haszonnövények termesztésében mekkora jelentőséggel bírnak a beporzók. Ezen kutatások eredményeiből kiderülne, hogy melyek hazánkban azok a területei, amelyek a mezőgazdaság szempontjából leginkább megkívánják a beporzók egyedszámának és sokféleségének csökkenését. Értelemszerűen ezeken a területeken a lesürgetőbb a csökkenést lassító vagy megszüntető intézkedések foganatosítása.

5. táblázat. Az állati beporzásból profitáló főbb haszonnövények termésmennyiség-átlagja Magyarországon (2000–2009) – FAOSTAT (2010) alapján.

Haszonnövény	Tudományos név	Átlagos termésmennyiség (t/év)
hagyma	<i>Allium spp.</i>	111 749,8
cukorrépa	<i>Beta vulgaris</i>	2 146 562,8
repce	<i>Brassica napus</i>	333 127,1
kerekrépa	<i>Brassica rapa</i>	192 666,7
paprika	<i>Capsica annuum</i>	148 522,5
görögdinnye	<i>Citrillus lanatus</i>	189 632,0
sárgadinnye	<i>Cucumis melo</i>	12 293,9
uborkafélék	<i>Cucumis spp.</i>	77 519,7
tök	<i>Cucurbita spp.</i>	145 598,0
egyéb pillangósok	<i>Fabaceae</i>	986 791,3
hajdina	<i>Fagopyrum esculentum</i>	485,7
eper	<i>Fragaria x ananassa</i>	6 524,5
szója	<i>Glycine max</i>	60 615,6
napraforgó	<i>Helianthus annuus</i>	1 014 428,8
saláta	<i>Lactuca sativa</i>	9 683,8
len	<i>Linum usitatissimum</i>	1 303,2
paradicsom	<i>Lycopersicon esculentum</i>	225 585,5
alma	<i>Malus spp.</i>	576 446,1
lucerna	<i>Medicago sativa</i>	3 241 924,1
bab	<i>Phaseolus spp.</i>	27 789,1
mandula	<i>Prunus amygdalus</i>	280,5
kajszibarack	<i>Prunus armeniaca</i>	34 451,3
cseresznye	<i>Prunus avium</i>	9 798,8
meggy	<i>Prunus cesarus</i>	56 660,4
szilva	<i>Prunus domestica</i>	58 162,0
őszibarack	<i>Prunus persica</i>	52 319,9
körte	<i>Pyrus spp.</i>	22 694,4
ribizlifélék	<i>Ribes spp.</i>	11 989,7
áfonya	<i>Rubus idaeus</i>	9 674,6
padlizsán	<i>Solanum melanogena</i>	1 008,7
herefélék	<i>Trifolium spp.</i>	28 234,1
szőlő	<i>Vitis vinifera</i>	602 596,2

Lehetőségek a problémák enyhítésére

A beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésével párhuzamosan csökkenhet az állati megporzásból profitáló haszonnövények hozama. A hozamsökkenést kompenzálандó megnőtt a beporzóktól függő termények aránya a mezőgazdasági termelésbe vont területeken (Garibaldi *et al.* 2009).

A természetes beporzást helyettesítő mesterséges módszerek meglehetősen költségesek (Westerkamp & Gottsberger 2002), így önmagukban nem jelentenek hosszú távon és széles körben alkalmazható megoldást. Mindenképpen a beporzók nyújtotta ökoszisztéma szolgáltatást támogató módszereket kell tehát keresni.

A modern mezőgazdasági módszerek káros hatásait kiküszöbölendő megoldást jelenthet az áttérés az ökológiai (organikus) gazdálkodásra. Itt a virágok elérhetőségének növekedésével nő a beporzók, elsősorban a méhek egyedszáma és sokfélesége (Holzschuh *et al.* 2007). Az egyedszám és a sokféleség összefügg a környező természetközeli élőhelyek jellemzőivel (távolságával, méretével, növényzetével). Ezek az élőhelyek fészkelőhelyet biztosítanak és nektárforrássul szolgálnak a beporzók számára (Kremen *et al.* 2007). Így az agrárterületeket szegélyező természetközeli élőhelyek megőrzése kifejezetten fontos (Spira 2001).

A fészkelőhelyek és virágos területek megőrzése, a természetközeli élőhelyek közötti kapcsolat fenntartása vagy kialakítása, valamint a növényvédő szerek alkalmazásának visszafogása a nem organikus gazdaságokban is jelentősen javíthatja a beporzók helyzetét (Klein *et al.* 2007). Annak érdekében, hogy ezen intézkedések gyorsabban elterjedjenek, az ezeket alkalmazó gazdákat támogatással vagy kompenzációval lehetne motiválni (Kluser & Peduzzi 2007).

A beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésének mérsékléséhez szükség lenne bizonyos beporzófajok védelem alá vonására. Mindezzel párhuzamosan fontos e fajok élőhelyének fenntartása és védelme is (Ghazoul 2005b).

Minthogy az éghajlatváltozás hatással van a beporzók és a növények mutualista kapcsolataira, az azt mérséklő intézkedések (leginkább az üvegházhatású gázok kibocsátásának visszafogása) a beporzók helyzetére is jótékonyan hathatnak.

Az invazív fajok visszaszorítását célzó próbálkozások az ökoszisztémák összetettsége miatt sokszor sikertelenek. A leghatékonyabb intézkedés az invazív fajokkal szemben a megelőzés. A kereskedelem és a turizmus so-

rán fokozott figyelmet kell fordítani a fajok behurcolásának elkerülésére. E két tevékenység mértékének csökkentése jelentené a leghatékonyabb megoldást. A beporzók szándékos behurcolásánál kifejezetten körültekintően kell eljárni, mérlegelve azt, hogy valóban szükséges-e az adott faj behurcolása, illetve hogy elkerülhető-e a faj kiszökése.

A témában további kutatásokra van szükség mind globális, mind helyi léptékben, ökológiai és mezőgazdasági szempontok alapján is. A meglévő ismeretek terjesztése és elérhetővé tétele, például adatbázisok létrehozásával, nagyban elősegítené a megfelelő intézkedések megtalálását (Kearns *et al.* 1998, Westerkamp & Gottsberger 2000, Richards 2001, Hegland *et al.* 2009, Potts *et al.* 2010).

Mindezek megvalósításához egyrészt a természettudományi és társadalomtudományi területek kutatóinak, másrészt a világban működő regionális és nemzetközi mezőgazdasági kutatóintézeteknek, harmadrészt pedig a törvényhozóknak és a gazdáknak az összefogására, együttműködésére van szükség (Matson *et al.* 1997, Kearns *et al.* 1998, Potts *et al.* 2010).

Következtetések

Összességében elmondható, hogy bár az élelmiszer-össztermelés szempontjából legfontosabb haszonnövényeinket nem állatok porozzák be, sok fontos termény esetében nélkülözhetetlenek, vagy legalábbis termésnövekedéshez vagy minőségromláshoz vezet a hiányuk.

A teljes élelemmenyiség legfeljebb harmadának előállításában kap szerepet az állatok megporzó tevékenysége globálisan. Bár ez a mennyiség már önmagában sem elhanyagolható, a helyzetet sok egyéb, többek között minőségi szempont még tovább árnyalja. A beporzóktól függő növények között sok olyan termény fordul elő, amely fontos szerepet játszik a minőségi, vagyis a kiegyensúlyozott és egészséges táplálkozásban.

Haszonnövényeink függése a beporzóktól széles skálán változik, a maximálisan függőtől a beporzástól teljesen függetlenig. Az, hogy nem különíthetők el egyértelműen két csoportba a megporzásból profitáló és nem profitáló termények, tovább árnyalja a helyzetet. Mindenesetre az össztermelésnek csupán 2%-a származik olyan haszonnövényektől, amelyeket beporzók hiányában egyáltalán nem lehetne termesztetni. Ezek azonban lehetnek regionálisan nagy jelentőségűek, illetve az egészséges táplálkozás szempontjából kifejezetten fontosak.

A tápérték szempontjából fontos és regionálisan jelentős haszonnövé-

nyek esetében szükséges lenne annak megállapítása, hogy az adott haszonnövény beporzóinak eltűnése esetén mekkora mértékű lenne a növény terméshozam-csökkenése. E téren egyelőre elég nagy a bizonytalanság, a beporzók terméshozam-növelő hatására vonatkozóan sok növény esetében eltérő adatokat hoznak a források. Egyes terményeknél az is vitatott, hogy az adott haszonnövény természetében szerepet játszik-e egyáltalán az állatok megporzó tevékenysége, vagy sem.

Beporzók hiányában mindenképpen a mezőgazdasági termények sokféleségének elszegényedése várható, a beporzók tevékenységéből valamilyen szinten profitáló termények mennyiségcsökkenésének és az állati beporzástól független termények szélesebb körű elterjedésének köszönhetően (Kearns *et al.* 1998, Klein *et al.* 2007). Ez többek között kiszolgáltatottabbá teszi a mezőgazdaságot az egyes haszonnövényeket érintő esetleges károkkal szemben, mint például egy kártevő-invázió. Sokféle haszonnövény termesztése esetén ugyanis kevésbé érinti súlyosan az embereket, ha egy adott növény hozama valamilyen oknál fogva (időjárási viszonyok, kártevők elszaporodása) átmenetileg visszaesik.

A beporzók egyedszám- és sokféleség-csökkenésének a világ mezőgazdaságára gyakorolt hatásán túl a regionális következményeket is fontos vizsgálni. A hazánkra vonatkozó adatokból látható, hogy ismereteink a beporzók helyzetét illetően csekélyek, így további vizsgálatokra volna szükség. Sok olyan haszonnövényünk profitál az állatok megporzó tevékenységéből, amelyek a kiegyensúlyozott táplálkozás szempontjából fontosak. Emiatt hazánkban sem elhanyagolható feladat a beporzók nyújtotta ökoszisztéma szolgáltatás állapotának javítása, illetve az ezekkel kapcsolatos kutatások erősítése.

Köszönetnyilvánítás – A cikk két szakmai lektora számos értékes észrevétellel javította a szöveg minőségét, köszönet értük.

Irodalomjegyzék

- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A. & Klein, A. M. (2009): How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. – *Annals of Botany* **103**: 1579–1588.
- Aizen, M. A. & Harder, L. D. (2009): The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. – *Current Biology* **19**: 1–4.
- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J., Cox, P. A., Dalton, V., Feinsinger, P., Ingram, M., Inouye, D., Jones, C. E., Kennedy, K., Kevan, P., Koopowitz, H., Medellin, R., Medellin-Morales, S., Nabhan, G. P., Pavlik,

- B., Tepedino, V., Torchio, P. & Walker, S. (1998): The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. – *Conservation Biology* **12**: 8–17.
- Bauer, D. M. & Wing, I. S. (2010): Economic Consequences of Pollinator Declines: A Synthesis. – *Agricultural and Resource Economics Review* **93**: 368–383.
- Díaz, S., Tilman, D. & Fargione, J. (2005): *Biological Regulation of Ecosystem Services*. – In: Millennium Ecosystem Assessment – Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Vol. 1. World Resources Institute, Washington DC, USA, pp. 297–329.
- Eilers, E. J., Kremen, C., Greenleaf, S. S., Garber, A-K. & Klein, A. M. (2011): Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. – *PLoS ONE* **6**(6): e21363. doi:10.1371/journal.pone.0021363.
- van Engelsdorp, D., Haynes, J. Jr., Underwood, R. M. & Pettis, J. (2008): A survey of honey bee colony losses in the U. S., fall 2007 to spring 2008. – *PLoS ONE* **3**: e4071. doi: 10.1371/journal.pone.0004071
- FAOSTAT (2010). *ProdSTAT Database*. – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> Version updated: Sept 02, 2010.
- Garibaldi, L. A., Aizen, M. A., Cunningham, S. A. & Klein, A. M. (2009): Pollinator shortage and global crop yield. Looking at the whole spectrum of pollinator dependency. – *Communitive & Integrative Biology* **2**(1): 37–39.
- Garibaldi, L. A. *et al.* (2011): Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. – *Ecology Letters* **14**: 1062–1072.
- Garibaldi, L. A. *et al.* (2013): Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. – *Science* **339**: 1608–1611.
- Ghazoul, J. (2005a): Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. – *Trends in Ecology and Evolution* **20**: 367–371.
- Ghazoul, J. (2005b): Response to Steffan-Dewenter *et al.*: Questioning the global pollination crisis. – *Trends in Ecology and Evolution* **20**: 652–653.
- Ghazoul, J. & Koh, L. P. (2010): Food security not (yet) threatened by declining pollination. – *Frontiers in Ecology and the Environment* **8**: 9–10.
- Gill, R. J., Ramos-Rodriguez, O. & Raine, N. E. (2012): Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. – *Nature* **491**: 105–108.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C. & Rotheray, E. L. (2015): Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flower. *Science* **347**: 1435–1444.
- Heard, M. S., Carvell, C., Carreck, N. L., Rothery, P., Osborne, J. L. & Bourke, A. F. G. (2007): Landscape context not path size determines bumble-bee density on flower mixtures sown for agri-environmental schemes. – *Biology Letters* **3**: 638–641.
- Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A. L. & Totland, Ø. (2009): How does climate warming affect plant-pollinator interactions? – *Ecology Letters* **12**: 184–195.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. & Tscharntke, T. (2007): Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. – *Journal of Applied Ecology* **44**: 41–49.

- Kearns, C. A., Inouye, D. W. & Waser, N. M. (1998): Endangered mutualism: the conservation of plant-pollinator interactions. – *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **29**: 83–112.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. – *Proceedings of the Royal Society B* **274**: 303–313.
- Kluser, S. & Peduzzi, P. (2007): *Global Pollinator Decline: A Literature Review*. – UNEP/GRID-Europe. UNEP, Geneva, Switzerland, 2007.
- Kovács-Hostyánszki, A., Batáry, P. & Báldi, A. (2011): Local and landscape effects on bee communities of Hungarian winter cereal fields. – *Agricultural and Forest Entomology* **13**: 59–66.
- Kremen, C. & Ricketts, T. (2000): Global perspectives on pollination disruption. – *Conservation Biology* **14**: 1226–1228.
- Kremen, C., Williams, N. M. & Thorp R. W. (2002): Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **99**: 16812–16816.
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenleaf, S. S., Keitt, T. H., Klein, A. M., Regetz, J. & Ricketts, T. H. (2007): Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. – *Ecology Letters* **10**: 299–314.
- Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G. & Swift, M. J. (1997): Agricultural intensification and ecosystem properties. – *Science* **277**: 504–509.
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M. & Price, M. V. (2007): Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. – *Ecology Letters* **10**: 710–717.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. – World Resources Institute, Washington DC, USA.
- Nabhan, G. P. & Buchmann, S. L. (1997): *Services provided by pollinators*. – In: Daily, G. C. (eds.): *Nature's Services; Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Convelo, CA, USA, ISBN 1-55963-476-6, pp. 133–150.
- Paini, D. R. (2004): Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: A review. – *Austral Ecology* **29**: 399–407
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, J. C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W. E. (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. – *Trends in Ecology and Evolution* **25**: 345–353.
- Richards, A. J. (2001): Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? – *Annals of Botany* **88**: 165–172.
- Sárospataki, M., Novák, J. & Molnár, V. (2004): Hazai poszméhfajok (*Bombus spp.*) veszélyeztetettsége és védelmük szükségessége. – *Természetvédelmi Közlemények* **11**: 481–489.
- Sárospataki, M., Novák, J. & Molnár, V. (2005): Assessing the threatened status of bumble bee species (*Hymenoptera: Apidea*) in Hungary, Central Europe. – *Biodiversity and Conservation* **14**: 2437–2446.

- Spira, T. P. (2001): Plant-pollinator interactions: a threatened mutualism with implications for the ecology and management of rare plants. – *Natural Areas Journal* **21**: 78–88.
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S. G. & Packer, L. (2005): Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. – *Trends in Ecology and Evolution* **20**: 651–652.
- Tanács, L., Benedek, P. & Móczár, L. (2009): Changes in lucerne pollinating wild bee assemblages in Hungary from the pre-pesticide era to 2007. – *Beitr. Ent.* **59**(2): 335–353.
- Tanács, L. & Benedek, P. (2010): Changing diversity of lucerne pollinating wild bee populations and synbiological evaluation in the last six decades in Hungary. – *Lucrari Stiintifice-Seria I-Management Agricol* **12**: 161–168.
- Tang Y., Xie J. S. & Chen K. M. (2003): Hand pollination of pears and its implications for biodiversity conservation and environmental protection – A case study from Hanyuan County, Sichuan Province, China. Report submitted to the International Center for Integrated Mountain Development. Moziqiao: Sichuan University.
- Tylianakis, J. M. (2013): The global plight of pollinators. – *Science* **339**: 1532.
- Westerkamp, C. & Gottsberger, G. (2000): Diversity pays in crop pollination. – *Crop Science* **40**: 1209–1222.
- Westerkamp, C. & Gottsberger, G. (2002): *The costly crop pollination crisis*. – In: Kevan P., Imperatriz Fonseca, V. L. (eds.): *Pollinating Bees – The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, Ministry of Environment, Rio de Janeiro, Brasilia, pp. 51–56.
- Winfree, R. (2008): Pollinator-dependent crops: an increasingly risky business. – *Current Biology* **18**: 968–969.
- Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, D. P., LeBuhn, G. & Aizen, M. A. (2009): A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. – *Ecology* **90**: 2068–2076.

How does the decreasing biodiversity of pollinators affect agricultural yields in the world and in Hungary?

Anna Székács¹ & András Takács-Sánta^{2,3}

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

² *Eötvös Loránd University, Faculty of Social Sciences,
H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A, Hungary*

³ *Eötvös Loránd University, Faculty of Science,
H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C, Hungary*

A problem discussed more and more frequently in the last two decades is the decline in the number and diversity of pollinators. While the literature is unequivocal on this phenomenon, it is debated how much this decline affects agriculture. That is, the degree of dependence of world's agriculture on pollination (as an ecosystem service) is not known exactly. In our article we survey the results of research concerning how the decline of pollinators affects agriculture. These show us that, both globally and in Hungary, the crops most important in total food production are not pollinated by animals. Nevertheless, in the case of many other crops, which are important for the balanced and healthy diet, their presence is essential, or at least their absence results in decreased yield or reduced quality.

Keywords: pollinators, pollination, decreasing biodiversity, agricultural yields, crops, ecosystem services