

## Európai uniós agrár-környezetgazdálkodási programok hatékonyságát növelő indikátor protokollok fejlesztése

### Bevezetés

Az agrártájban lezajló intenzifikáció és következményei nagyban befolyásolják bolygónk fenntartható állapotban tartását, a növekvő emberi populáció igényeinek kiszolgálását. Az ellentét az egyre növekvő igények pillanatnyi kielégítése, és ökológiai tőkénk felélése közt feszül. Európában az intenzifikáció táji szinten az intenzívebb művelésben, a táj homogenizációjában, az élőhely diverzitás csökkenésében jelentkezik, melyek következménye a biodiverzitás és az ökoszisztéma szolgáltatások drámai csökkenése (Benton et al., 2002). Az Európai Unió közös agrárpolitikájával próbálja megőrizni az agrártájak diverzitását és funkcionalitását. Ennek legfőbb eszközei az agrár-környezetgazdálkodási programok, melynek során a termelőket kifizetésekkel a különféle extenzív, természetközeli, a környezet és az élővilág diverzitását inkább megőrző termelési gyakorlatra ösztönzik (Kleijn & Sutherland, 2003). Hazánkban legnagyobb területen a gyakoribb élőhelyeket, gyepeket, szántókat célzó ún. horizontális agrár-környezetgazdálkodási (AKG) programokat alkalmazzák a termelők, amely közül az integrált szántó program a legelterjedtebb viszonylag könnyen teljesíthető előírásokkal „low-input” művelési előírást jelent (Földművelésügyi Minisztérium, 2009).

Ugyanakkor az táji intenzifikáció folyamatának, illetve azt ellensúlyozó AKG programok hatásának monitorozása nincs megnyugtató módon megoldva. Pedig fontosak lennének olyan kutatások, illetve monitorozó eljárások, amelyek biztosítanák, hogy az e célra fordított források a környezeti célok szempontjából minél hatékonyabban hasznosulhassanak. Ez a monitorozás, ráadásul az EU által előírt kötelezettség is. A monitorozás kidolgozásához potenciális indikátor csoportokat kell kiválasztani, amelyek reprezentatívak az ökoszisztéma szolgáltatásokra (pl. biológiai kontrol, pollináció, „negatív szolgáltatások”, mint kártevők, patogének és vektoraik) és természeti értékességre, illetve alap kutatások szükségesek, amelyek pontosítják, kalibrálják ezen csoportok skálafüggő reakcióit a lokális élőhelyek illetve táji környezet megváltozására.

A pályázat megírása óta eltelt közel 6 évben Európa-szerte számos kutatás folyt jelen pályázattal párhuzamosan, ezek közül egy göttingeni kutatócsoporttal jelen OTKA kutatások hivatalos együttműködés keretében összehangoltan folytak (Batary et al., 2012; Kormann et al., 2015). Ugyanakkor az EU-s előírások szerint hazánkban is meg kellett kezdeni a monitorozást. Ehhez OTKA résztvevők társszerzőségével háttér tanulmány született (Samu et al., 2013b), melynek nyomán 2013-14-ben megtörtént a hazai AKG-s programok első monitoringja, amelyben szintén voltak OTKA résztvevők és a jelen pályázatban vizsgált indikátorok közül többet is tartalmazott (indikátor rovarok (=pókok) diverzitás, özönnövény fertőzöttség). Ez a program alkalmat adott a pályázat során elért részeredményeink alkalmazására, eredményeink, munkahipotéziseink tesztelésére. Az országos program első kísérleti monitorozó évének során elért eredményeinek előzetes kiértékelése jelenleg zajlik (Ambrus et al., 2015).

### A pályázat célkitűzései

Pályázatunk alapkérdése az volt, hogy az agrár intenzifikáció hogyan hat a biodiverzitásra és az ökoszisztéma szolgáltatásokra az agrártáj különböző térbeli skálaszintjein, különös tekintettel a tájban található AKG területekre. Célunk olyan indikátorok keresése volt, amelyek érzékenyek a különböző skálaszinteken érvényesülő környezeti változásokra, és kellően egyszerű módszertan mellett képesek ezeket kimutatni.

### Kísérleti terv

Kísérleteinket a Mezőföldön kívántuk folytatni, amely egy viszonylag homogén, zömmel intenzív, nagyparcellás szántóföldi műveléssel jellemezhető táj, amelybe vegyülnek természetes elemek, oly módon, hogy ezek variációját kihasználva különféle tájökológiai kísérleti szituációk tervezhetők. Az ily módon, kísérleti tervezéssel kialakított tájhasználati gradiens mentén 8 indikátor vizsgálatát terveztük OTKA pályázatunkban: 1. rovar terjesztette vírusok kockázata; 2. pajzstetű fertőzés; 3. „farmland bird” felmérés; 4. kukorica bibe faunula teszt; 5. beporzó rovarok eloszlása; 6. inváziós gyomokkal szembeni ellenálló képesség; 7. indikátor molyfajok; 8. pókok diverzitása, közösségük tulajdonság-alapú paraméterei. Vállalt feladatunk volt a fenti indikátorok esetében a mintavételi stratégia és a mintavételezés technikájának kidolgozása, az indikátorok térbeli érzékenységének vizsgálata, és annak kimutatása, hogy mennyiben alkalmasak a lokális hatások és a tájhasználati intenzitás mérésére, beleértve a tájban az AKG-s művelés arányát. A tájhasználati gradienst megvalósító kísérleti terv és az indikátorokkal kapcsolatos konkrét mintavételezési metodika a pályázat kezdetén nyitott volt, ezek kidolgozása is a pályázat részét képezte.

## Megvalósulás

Az volt a feladatunk, hogy tervezzünk egy olyan kísérleti felállást, amely megjeleníti a tájhasználati változatosságot, beleértve a AKG-s földek arányát, és ez kellő ismétlésszámot is biztosítson az indikátorok teszteléséhez. Logisztikai és az eredmények összevethetőségének okából is igyekeztünk egy közös kísérleti elrendezést létrehozni az indikátorok számára. Ez a tájat más skálaszinten használó madarak és a kifejezetten szántóföldhöz kötött kukorica bibe faunula vizsgálatok esetében nem volt lehetőség, ezért ezeket kezdetől saját kísérleti elrendezés szerint vizsgáltuk, bár az utóbbi kötődött az általános kísérleti elrendezéshez.

A többi 6 indikátor esetében a 2010-es „próba” évhez mintavételi helyszíneket jelöltünk ki, amelynek alapját 4 mezőföldi fás mezsgye képezte (Seregélyes, Igar, Ozora és Simontornya térségében, összesen 11 km hosszban). A mezsgyék 750 m-es pufferében a teljes táji környezet dokumentálásra került, táji változókat számítottunk ki; a fentiekhez digitalizálással állapítottuk meg az élőhelyfoltokat. A mezsgyékben összesen 115 mintavételi ponton folytattunk bagolylepke, poszméh és pajzstetű csapdázást, illetve végeztünk botanikai felvételezést. A mezsgyék mindegyike egy tájhasználati gradienst próbált megjeleníteni, amennyiben egy természetes élőhely komplexumtól (lőszvölgy) indulva ment az a szántóföld dominálta „agrártájba”, majd a másik vége egy település közelében végződött. A „próbaév”, amely a tervek közt is szerepelt, alkalmas volt a konkrét indikátor protokollok (csapda típusok, csalogató anyagok) kipróbálására. Az adatok elemzésével azonban be kellett látnunk, hogy nem sikerült megfelelő táji gradienseket kialakítanunk, illetve a mezsgyék lokálisan túl heterogén táji objektumok, a helyi változók nagy varianciája, esetlegessége gyakorlatilag lehetetlenné tette a táji hatások kiértékelését.

Az első éves terepi tapasztalatokra építve, végül is egy radikálisan különböző kísérleti elrendezés mellett döntöttünk, ahol viszonylag homogén majdnem pontszerű táji objektumokat próbáltunk úgy kiválasztani, hogy a körülöttük lévő táji diverzitás és AKG-s arány egy elég széles gradienst képezzen. A táji objektumok lőszgyepfoltok voltak, amelyek egy-egy természetközeli élőhelykomplexumban, egy-egy lőszvölgyben voltak beágyazva. 14 gyepfoltot jelöltünk ki, melyek a lőszvölgyekben széli szituációban helyezkedtek el, minden esetben művelt szántóval szomszédosan (1. táblázat). A kiválasztásnál szempont volt, hogy gyepek fele komplex táji környezetben helyezkedtek el, vagyis kiterjedt völgyrendszer része volt, a másik része pedig izoláltabb volt, ezek szántóföldi környezetbe ágyazott kis kiterjedésű völgyek részei voltak. A gyepfoltok tágabb táji környezetében különböző arányban voltak jelen akg-s programban részvevő szántók (2. táblázat). Mintavételezés gyepfoltonként 3-3 lokalitásban a folt belsejében és a szegélyben történt, a jelzett indikátorok esetében, a vírus vektor indikátor esetében a gyepben és a mellette lévő táblában, a kukorica bibe faunula indikátor esetében pedig a gyep melletti kukorica táblában, kiegészítve azt távolabbi táblákkal (lásd indikátor leírásnál). A munka során mintegy 250 faj 120 000 egyedét gyűjtöttük be, illetve észleltük. Az elvégzett feldolgozásokat, a mintavételek eredményeként begyűjtött egyedszámokat a 3. táblázat foglalja össze.

### 1. táblázat. Az indikátorok teszteléséhez kiválasztott 14 lőszgyepfolt a Mezőföldön.

Település	Gyep karakter	Szélesség (É)	Hosszúság (K)	Völgy területe (ha)	Gyepfolt mérete (ha)
Székesfehérvár	mesophile	47°14'28.51"	18°26'16.95"	0.5	0.50
Székesfehérvár	xeromesophile	47°14'40.38"	18°25'41.14"	136.0	0.22
Aba	xeromesophile	47°6'25.05"	18°32'16.22"	331.0	0.61
Aba	mesophile	47°6'55.91"	18°31'13.86"	27.1	2.36
Dég	xeromesophile	46°50'35.37"	18°25'22.98"	50.4	0.27
Előszállás	xerophile	46°49'18.85"	18°48'24.46"	143.6	1.28
Igar	mesophile	46°47'17.21"	18°30'19.14"	102.7	0.27
Igar	mesophile	46°47'18.54"	18°32'2.29"	89.9	0.33
Mezőszilas	mesophile	46°47'16.00"	18°28'18.47"	35.4	0.38
Sárbogárd	xeromesophile	46°55'27.13"	18°39'0.12"	5.2	0.20
Sárbogárd	xeromesophile	46°54'54.89"	18°39'17.01"	64.8	0.36
Seregélyes	xeromesophile	47°7'40.25"	18°32'36.92"	27.3	0.29
Vértesacsza	xerophile	47°23'27.55"	18°33'48.88"	144.1	0.53
Vértesboglár	xerophile	47°24'47.65"	18°31'48.19"	23.9	0.27

### 2. táblázat. Digitalizált fő élőhely típusok, és táji arányuk és eloszlásuk 3 kiemelt skálaszinten.

Élőhely	Rövidítés	50 m			500 m			2000 m		
		Átlag	S.D.	tartomány	Átlag	S.D.	tartomány	Átlag	S.D.	tartomány
szántó	Arabl	0.24	0.18	0-0.74	0.71	0.16	0.42-0.97	0.81	0.09	0.65-0.92
gyep	Meadw	0.69	0.20	0.26-1	0.17	0.11	0.02-0.42	0.06	0.06	0-0.25
vizes terület	Wetl	-	-	-	0.01	0.01	0-0.04	0.02	0.02	0-0.07
fás terület	Wood	0.06	0.10	0-0.36	0.11	0.08	0-0.29	0.05	0.04	0.01-0.17
AKG szántó	AES_Arabl	-	-	-	0.13	0.25	0-0.70	0.12	0.13	0-0.36

**3. táblázat.** A pályázat különböző szakaszaiban és a különböző indikátorok kapcsán elvégzett mérések, feldolgozások mennyisége, valamint a gyűjtött állatcsoportoknál a gyűjtött egyedszám (nagy számoknál kerekítve), zárójelben fajszám.

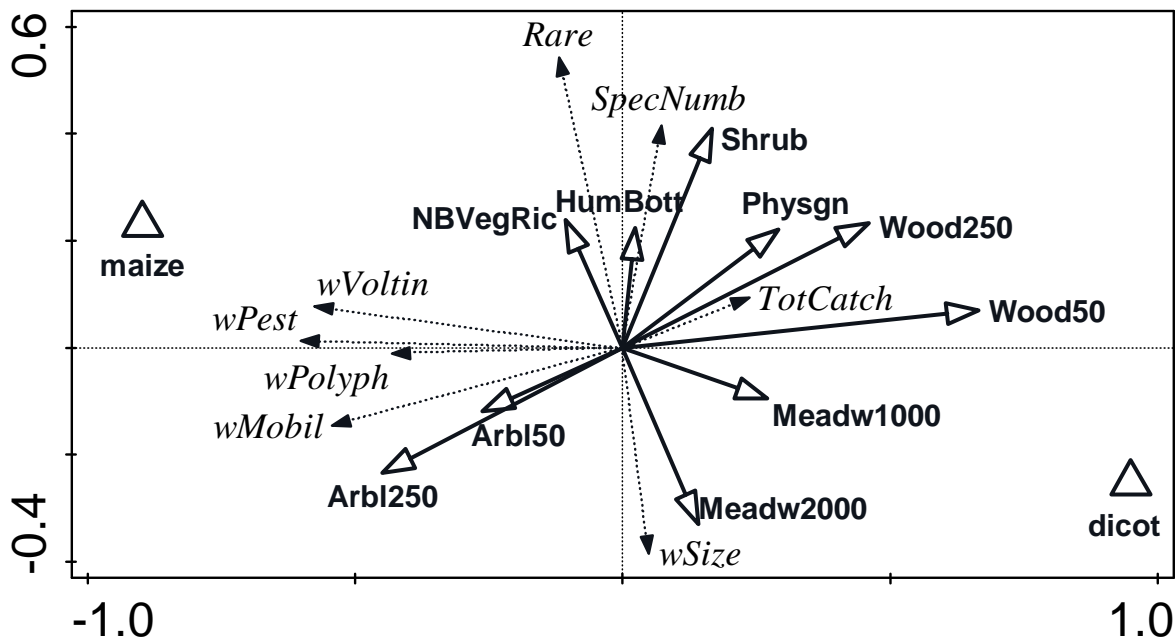
indikátor/feldolgozás	2010 mezsgyék	2011-2014 gyepek	2011-2013 szántók
mintavételi pontok	115	56	55
botanikai felvételezés	115	56	
GIS feldolgozás (km <sup>2</sup> )	17	176	128
szántókon termény térképezés (km <sup>2</sup> )	450		700
pajzstetvek	43000 (2)	12600 (2)	
madarak szántókon			844 (25)
madarak összes észlelés			4800 (40)
lepkék	11700 (98)	31000 (101)	
pókok	1700 (76)	11800 (94)	760
<i>Orius</i> sp.			1610
<i>Bombus</i> sp.	39 (5)	419 (7)	
<i>Psammotettix</i> sp.		247(4)	2416(4)
Cicadellidae spp.		3212	480
WDV kimutatás növényi mintából, ELISA	38	350	91
WDV kimutatás növényi mintából, PCR		15	16
WDV kimutatás vektorból, PCR		74	209

## Az indikátorok vizsgálatában elért részletes eredmények

### Indikátor molyfajok

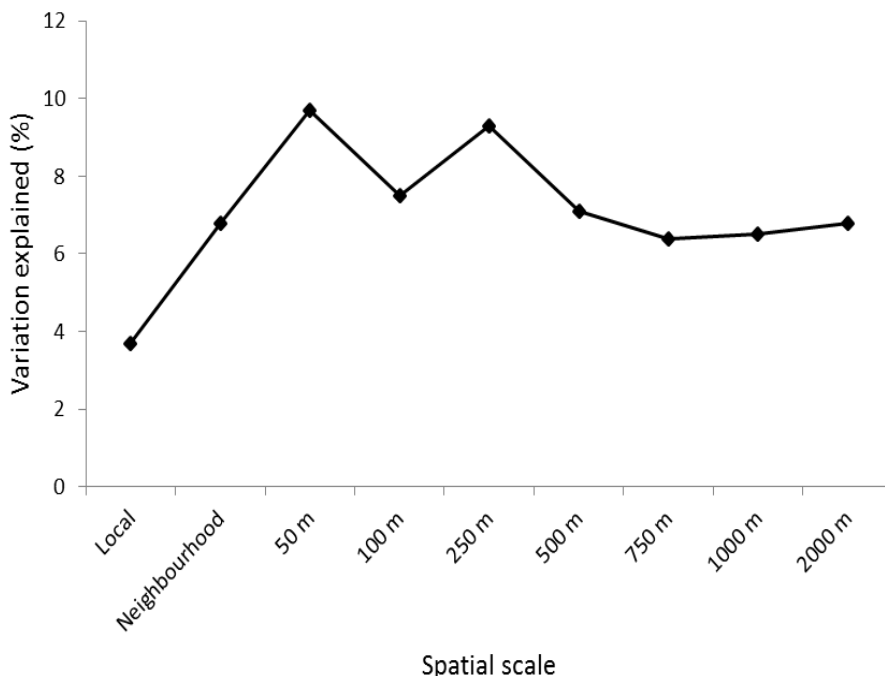
A lepkék egy fajgazdag, a madarakkal együtt a társadalmi érdeklődés tekintetében előkelő helyen álló, mind természetvédelmi szempontból, mind pedig az általuk nyújtott pozitív (pl. pollináció) és adott esetben negatív (pl. kártevő fajok) ökoszisztéma szolgáltatások miatt is fontos csoport, indikátor szerepük vizsgálata mindenképpen indokolt. A kidolgozott protokoll csalogatóanyagok helyett egy szélesebb fogási spektrummal rendelkező, első sorban a bagolylepkék (Noctuidae) hatásos 3 komponensű, iso-amyl alkoholból, isobutanolból és ecetsavból álló keverék volt (Tóth et al., 2010). A vizsgálatokat a 2010-es próbaév után 14 gyepfoltban standard 3 gyepbelső és 3 szegély lokalitásban végeztük két mintavételi kampány során (2011 és 2012 őszén). A befogott 30966 egyed 8 család 101 fajába tartozott, amelyből a fajok 87% volt bagolylepke. Adatainkat a multitaxon adatbázisban rögzítettük (Samu, 2014), és ugyanitt elvégeztük a fajok tulajdonság alapú (trait-based) besorolását 6 kategóriában, amelyek a fogott egyedszámmal és fajszámmal együtt az egyes lokalitásokban mintázott közösségek 8 paraméteren alapuló, 5 esetben abundanciával súlyozott tulajdonság alapú jellemzését adták. Ezeket többváltozós analízisben elemeztük a lokális és táji változók függvényében. Eredményinkből nemrégiben kéziratot nyújtottunk be az Agriculture, Ecology and Environment folyóirathoz, ahol jelenleg elbírálás alatt van. A kézirat részletesen tartalmazza a mintavételezés módszertanát, a feldolgozási eljárások leírását, az alábbi linket letölthető:

<https://www.dropbox.com/s/lzqj2tutsmldx0s/AGEE-S-15-00938.pdf?dl=0> . Az alábbiakban az eredményeket csak röviden ismertetjük.



1. ábra. Moly közösség tulajdonság változóinak parciális RDA elemzése.

A térbeliségre és az évre kontrolálva parciális RDA analízisben, a molyközösségek tulajdonságaira fő ható tényezők közt egyaránt voltak lokális és táji változók (1. ábra). Az ordinációs diagram jól mutatja, hogy a lokális tényezők (vegetáció szintezettsége, bokrosodás, völgyalj nedvessége) az átlagos ritkasággal és a fajszámmal álltak kapcsolatban, míg fás vegetáció aránya a fogott egyedszámmal, a szántók aránya és a vetemény milyensége (kukorica) pedig a kártevő státusszal, több generációs voltinizmussal, polifágiával és nagyobb migrációs, mobilitási hajlammal jellemezhető tulajdonság komplexummal. Szintén parciális RDA analízisekből összetevődő variancia partícionálással kideríthető az egyes skálaszintek unikális hozzájárulása a közösség tulajdonságainak magyarázatához. A 2. ábra szerint a lokális változók szerepe kisebb, és két skálaszint az 50 és a 250 m-es kiemelkedő jelentőségű.



2. ábra. Különbféle skálaszintek hatása molyközösségek tulajdonságaira, variancia partícionálás.

Eredményeink alapján szignifikáns interakció mutatkozott a lokális és táji skálaszint között, amely különösképpen a ritkaság tulajdonságra volt hatással; a ritka fajok egyszerre igényelték a kedvező lokális és táji tulajdonságok meglétét. Ugyanakkor a tájban található AKG-s szántók arányának nem volt szignifikáns hatása moly közösségekre.

## Beporzó rovarok eloszlása

A pollináció az egyik legfontosabb és leginkább veszélyben lévő ökoszisztéma szolgáltatás, ezért az ezt jellemző indikátor bevétele mindenképpen indokolt, ha a tájhasználat intenzitását és az AKG művelés hatását akarjuk monitorozni (Sárospataki et al., 2005; Klein et al., 2007). Bár volumenében a legnagyobb beporzó tényező kétség kívül a házi méhek, a vadméheknek is nagyon fontos szerepe van még a kultúrnövények beporzásában is (Brittain et al., 2013), ugyanakkor fokozottan sérülékenyek az intenzifikációval járó hatásokkal szemben (EASAC, 2015).

A poszméhek gyűjtését két szezonban (2011. és 2012) végeztük a 14 természetközeli gyepfoltban. A gyepfoltok belsejében, és ezzel párhuzamosan a szántókkal határos szegélyében kijelölt, 100 méter hosszúságú transekttek mentén 3-3 illatanyag-csalis (anethol-eugenol 9:1) sárga varsa csapdát helyeztünk ki. A poszméheket a 2 hétig tartó csapdázás mellett 3 alkalommal egyeléssel is gyűjtöttünk. Az adatok elemzését R statisztikai programcsomaggal (ANOVA, GLMM) végeztük. Eredményeinket kéziratként az Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae folyóirathoz nyújtottuk be, jelenleg elbírálás alatt áll. A kézirat letölthető: [https://www.dropbox.com/s/4of10nye6bd9f0a/Sarospataki\\_Bumblebee\\_ActaZool.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/4of10nye6bd9f0a/Sarospataki_Bumblebee_ActaZool.pdf?dl=0)

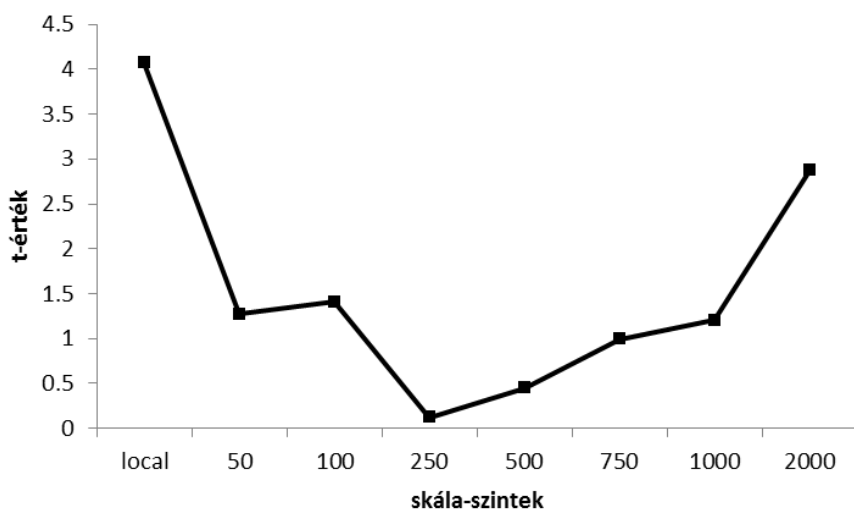
A vizsgálat fő kérdése az volt, hogy hogyan hat a poszméhek faj és egyedszáma egyrészt az adott gyepfolt növényi összetétele és minősége, másrészt a különböző tájelemek, többek között az agrár-környezetvédelmi programba bekapcsolódott mezőgazdasági területek megléte illetve hiánya.

A két év alatt 7 poszméhfaj 419 egyedét gyűjtöttük be, az egyedszám mintegy háromnegyedét a földi poszméh (*Bombus terrestris*) tette ki. A fajokat és relatív dominanciájukat az 4. táblázat mutatja.

### 4. táblázat A befogott fajok, és relatív dominancia értékeik

Faj	dominancia (%)
<i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus 1758)	73.5
<i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus 1758)	10.2
<i>Bombus ruderarius</i> (Müller 1776)	8.4
<i>Bombus hortorum</i> (Linnaeus 1761)	5.8
<i>Bombus sylvarum</i> (Linnaeus 1761)	1.3
<i>Bombus pascuorum</i> (Scopoli, 1763)	0.4
<i>Bombus pratorum</i> (Linnaeus, 1761)	0.4

A poszméhek fajszáma és egyedszáma egyaránt szignifikánsan magasabb volt a gyepfoltok belsejében, mint a széleken. Ugyanakkor a gyepfolt komplex, vagy izolált helyzete nem mutatott szignifikáns hatást sem a faj-, sem az egyedszámokra. A lokális elemek közül a gyomosság igen erős negatív hatást mutatott mind a fajszáma, mind az egyedszámra. Ez azt mutatja, hogy a gyepfoltok természetessége és fajgazdagsága (ami a gyomosság ellentétének tekinthető) fontos a poszméhek számára.



3. ábra. Az összes poszméh szám függése különböző skálaszintek változójától. t-értékek abszolút értéként vannak feltüntetve.

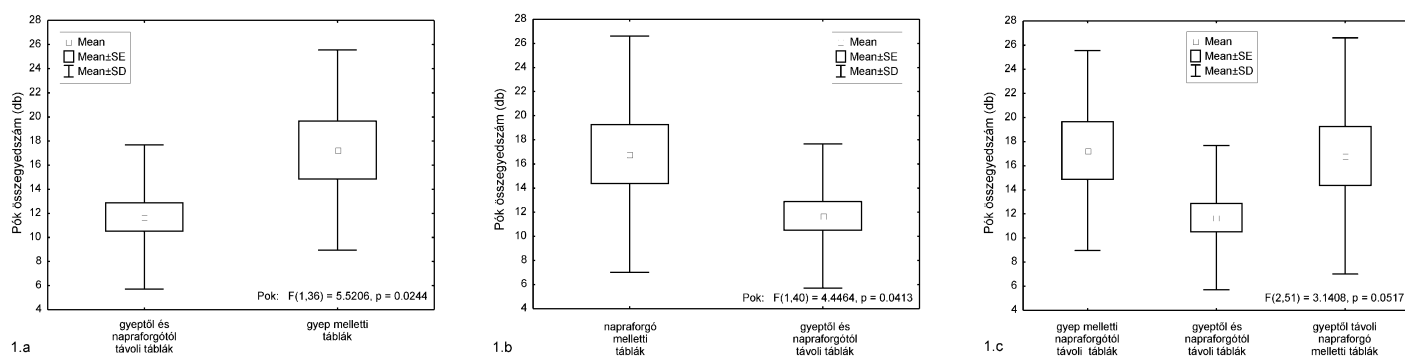
A tájleptékű faktorok kisebb távolságokon nem mutattak szignifikáns hatást az egyedszámokra, bár a fás vegetációjú foltoknak közepes léptéknél némi pozitív hatása észlelhető. A fajgazdagságra kis léptéknél szintén nem volt hatása a táji változóknak, de 250 m-től kezdődően a nagyobb távolságokon a füves élőhelyek magasabb arányának egyértelmű pozitív hatása volt a fajgazdagságra. Ugyanakkor a 2 km-es távolságon jelentős negatív hatása volt a szántók magas arányának a fajgazdagságra (3. ábra).

Eredményeink azt mutatják, hogy mivel a poszméhek általában nagyobb távolságok megtételére is képesek, a kis léptékű táji komplexitás nem befolyásolja őket nagyon erősen, ugyanakkor a nagyobb térléptékben mért táji változatosság (gyepek jelenléte, erdős foltok megjelenése) jelentős hatást gyakorolhat a poszméh együttesekre.

### Kukorica bibe faunula teszt

A kukorica bibe faunula teszt arra tesz kísérletet, hogy a szántó szintjén próbálja a táji intenzifikációs hatásokat mérni. Ehhez a minden kukoricatáblában egységesen megtalálható, mindenütt azonos mikrohabitat szerkezetet, illetve forrást kínáló kukorica bibék mini-életközösségeit (faunula) próbáltuk felhasználni. A kísérleti felállás az első év előzetes eredményei alapján a következő volt: (1) löszgyep melletti kukoricatábla (14 gyepek közül, amelyek mellett aktuálisan kukorica volt), (2) napraforgó tábla melletti, de löszgyeptől távol eső kukoricatábla, (3) löszgyeptől és napraforgótáblától egyaránt távol eső kukoricatábla. A táblák kiválasztása évente a releváns táji részlet veteményeinek terepi bejárásával történő felmérésén alapult (3. táblázat). Kukorica bibe faunula felvételezés összesen 55 táblában történt. Függő változóként a kukorica bibe faunula következő morfortaxon elemeit vizsgáltuk: pók egyedszám (780 egyed), *Orius* sp. (ragadozó poloska) egyedszám (1610 egyed), ragadozó katicabogár egyedszám (243 egyed), összesített ragadozó ízeltlábú egyedszám (2633 egyed). Az adatelemzéshez a helyszínen felvett lokális változókat (év, gyepek közelsége, napraforgó közelsége, gyomosság, kukorica magassága, *Diabrotica*-fertőzöttség, *Helicoverpa* fertőzöttség, izoláció) és a mintavételi helyek különböző skálaszinteken számolt tájleptékű változókat használtuk, a digitalizált térkép alapján nem lefedett paraméterek esetén a Corinne adatbázis adatait vettük figyelembe. A lokális és táji változók hatását a kukorica bibe faunula egyes taxon-elemeinek abundanciájára (pók, *Orius* spp., katicabogár és összes ragadozó) külön vizsgáltuk. A lokális változók hatását ANOVA segítségével elemeztük, míg a táji léptékű változók hatását GLMM (General Linear Mixed Model) segítségével modelleztük. Az évet, random faktorként vettük be a modellbe minden vizsgált morfortaxon esetén.

A vizsgált lokális változókra a pókok bizonyultak legérzékenyebbek: a gyepek közelsége ( $F = 5.52$ ,  $p = 0.0244$ ) és a napraforgótáblák közelsége ( $F = 4.45$ ,  $p = 0.0413$ ) egyaránt pozitív szignifikáns hatással volt az egyedszámokra, míg a két paramétert együttesen vizsgálva marginálisan szignifikáns összefüggés mutatkozott ( $F = 3.14$ ,  $p = 0.0517$ ), ami arra utal, hogy a természetes élőhelyek mellett a virágzó kétszikű monokultúrák is forráshabitatként szolgálhatnak (4. ábra). Az izolált gyepek táji környezetében található kukoricatáblák pókabundanciája szignifikánsan kevesebb a komplex gyepek környezetében található kukoricatáblákhoz képest. A többi morfortaxon esetén nem kaptunk szignifikáns összefüggést.



**4. ábra.** Gyepek és napraforgótáblák közelségének és a pók összegyedszám összefüggései. a – gyeptől való távolság vizsgálata a napraforgó melletti táblák kizárásával; b – napraforgótól való távolság vizsgálata a gyepek melletti táblák kizárásával; c – a gyeptől és napraforgótól való távolság együttes vizsgálata.

A GLMM modell alapján összességében elmondható, hogy a táj heterogenitása kis és nagy léptékben is pozitívan hat a kukorica bibe faunula abundanciájára több ízeltlábú csoport esetében is. Pókok esetén kis léptékben a fás területek közelsége (100 m), nagy léptékben a vizes élőhelyek (750 m) és kistáblás parcellák (1000 m) növelik az egyedszámot a kukoricatáblák bibe faunulájában. *Orius* fajoknál kis léptékben a mesterséges területek közelsége (50 m) negatív, nagy léptékben a kistáblás parcellák (1000 m) pozitív hatással vannak az egyedszámra. A ragadozó katicabogarak számára a mezsgyék közelsége (250 m), ill. nagy léptéknél a gyepek (1000 m) jelenléte hatott pozitívan az abundanciára. Az összes ízeltlábú ragadozó morfortaxon egyedszámát tekintve a modell alapján a mesterséges területek közelsége (50 m) negatívan érinti a kukorica bibe faunulájának ezen komponensét. Az *Orius* fajok mintegy 60 %-át teszik ki az összes ragadozó ízeltlábúnak, ezért e paraméter fontossága összefügghet ezzel. A kistáblás

parcellák (1000 m) és a vizes élőhelyek (1000 m) nagyobb tájléptéknél jelentkező hatása arra utal, hogy a táj diverzitása kiemelkedően fontos a ragadozó ízeltlábú fajok számára, hiszen e paraméterek a monokultúras agrártájban diverz élőhelyet képviselnek.

### „Farmland bird” felmérés

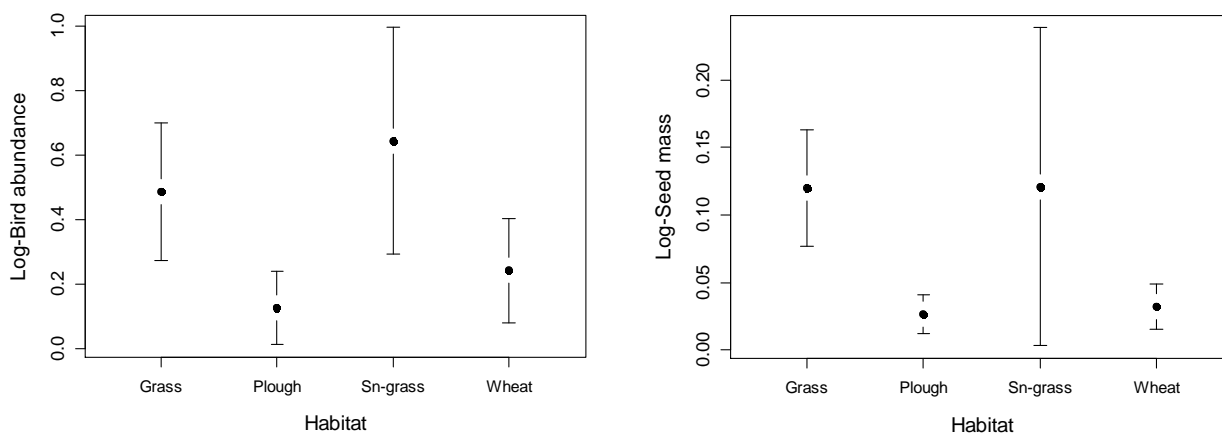
Az európai vidéki tájban, a pollinációt végző rovarok populációváltozása mellett, a legdrámaibb csökkenés az e tájat jellemző madarakat, amiket „farmland birds” néven említ a szakirodalom, érinti, még ha az aktuális trendek Magyarországon valamelyest kedvezőbbek, mint Nyugat-Európában (Baldi & Batary, 2011a; Baldi & Batary, 2011b). A pályázatunkban szereplő „farmland bird” felmérés az egyetlen, amely területileg nem kapcsolódott a többi indikátorhoz. Ennek oka a madarak eltérő léptékű területhasználata, ami miatt a vizsgálatok nagyobb kiterjedésű élőhely-foltokban folytak. 2011 az első teljes terepi szezont tartalmazó évnek számít. A Paks és a Lajoskomárom melletti mezőgazdasági területeken madarakat számoltunk a költési szezonban pontszámlálással gabona, repce, szántó (kukorica illetve napraforgó, ami az áprilisi számláláskor még csak csupasz talaj volt), vetett gyepek és féltermészetes löszgyepek területeken. Eredményeinkből kéziratot nyújtottunk be a Polish Journal of Ecology-hoz, amely jelenleg elbírálás alatt áll. A kézirat letölthető:

[https://www.dropbox.com/s/rcmksxod0qrp44o/Baldi\\_Winter%20farmland%20birds%20in%20Hungary.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/rcmksxod0qrp44o/Baldi_Winter%20farmland%20birds%20in%20Hungary.pdf?dl=0)

A terepi munka során összesen 75 ponton történt számlálás. Leggyakoribb a mezei pacsirta volt, utána a gyurgyalag (bár ez néhány csapatot jelent csak, mivel csapatosan mozog), a fűj, a zöldike és a citromsármány. A mezei pacsirta és a fűj elkerülte a legjobbnak tartott löszgyepeket; egyszerűen e gyep mérete, illetve völgyalji, vagy oldali elhelyezkedése miatt e nyílt tájat kedvelő fajok nem telepedtek meg, hanem a mezőgazdasági területeken fordultak elő. Fontos következtetésünk, hogy a nyílt mezőgazdasági területek madarainak nem megfelelőek a különben igen jelentős természeti értékekkel bíró kisebb kiterjedésű löszgyepek területek.

Az intenzíven művelt mezőgazdasági régióban a madarak számára különösen fontos a téli időszakban rendelkezésre álló táplálék mennyisége. Vizsgálatunkban 2011/2012 telén – Paks és Lajoskomárom térségében – a legjellemzőbb élőhely típusokban (tarlókon, szántókon, őszi búza táblákon, kezelt gyepekben és természetközeli löszgyepekben) mértük fel a telelő madár együtteseket és a hozzáférhető magmennyiséget, amely sok madár számára a téli táplálékforrást biztosítja. A madarakat három alkalommal sávzámlálással mintavételeztük, a kiválasztott táblákat és gyepkeket először a szélükről, takarásból vizsgáltuk át, majd átlós transzektben végigmentünk rajtuk. A magok mennyiségét a transzekt mentén felvett 10 darab 50x50 cm-es kvadrátból becsültük. A kvadrátok felső 0,5-1 cm-es talajrétegének 500 cm<sup>3</sup>-ét 0,5 mm lyukátmérőjű szitán átmostuk, majd a visszamaradó törmelékből a magokat mikroszkóp alatt kiválogattuk és mintánkénti együttes tömegüket lemértük.

A téli madárszámlálás során 40 faj 4800 egyedét észleltük, melyek közül 22 faj 946 egyede fordult elő a táblákban, leggyakoribbnak a fenyőrigó, a tengelic, mezei veréb, nádi sármány és a zöldike bizonyult. Elemeztük a 2011/2012 tél folyamán végzett felmérések adatait. GLMM segítségével kimutattuk a négy élőhely madárközösségeinek különbségét mind fajszám, mind abundancia tekintetében. A természetközeli élőhelyek bizonyultak gazdagabbnak (5. ábra). A dátum (december, január, február) jelentős hatását mutattuk ki. A rendelkezésre álló táplálék (talajban levő magbank) pozitív hatását csak a decemberi számlálásra tudtuk kimutatni, ami egyéb tényezők hatását sejteti.



**5. ábra.** Magkészlet és madarak gyakorisága a vizsgált mezőföldi élőhelyeken. (Grass – vetett gyepek, Plough – felszántott szántó, Sn-Grass – természetközeli gyepek, Wheat – búza)

A nemrég szántott területeken (szántó, őszi búza) kevés a rendelkezésre álló táplálék, ezért kevés madár látogatja ezeket. A mezőgazdasági táblák közül a tarlókon, ugarokon a legnagyobb a hozzáférhető magmennyiség, de ez csak ideiglenesen áll rendelkezésre, mert az intenzíven művelt tájon legtöbbjüket az őszi-téli időszakban beszántják. A vetett gyepekben viszonylagos fajszegénységére magyarázat lehet az, hogy a természetes gyepek sokkal több növényfaj magvait tartalmazzák, ezért többféle madár számára biztosíthatnak táplálékot. A természetes gyepekben jelentős lehet a cserjeborítás, ami szintén hozzájárul a teelő madár együtteseik gazdagságához menedék illetve táplálékforrás (bogyósok) biztosításával. Ezért ezek fenntartása az agrártájban a teelő madár együttesek szempontjából kiemelkedő fontosságú.

A fentiekben túl madárszámlálási módszertani vizsgálatot végeztünk a 2013 költési szezonban. Ennek során a Mezőföld területén 5 féle élőhelyhez tartozó 45 pont hatszori mintavételezését végeztük el a Mindennapi Madaraink Monitoringja országos programhoz hasonló pontszámlálással, de 10 perces számlálási idővel pontonként. A 100 méteres körön belül 47 faj 1497 egyede került a számlálásba. Az adatok feldolgozás alatt vannak.

### **Pajzstetű fertőzés**

A kaliforniai pajzstetű (*Diaspidiotus perniciosus*) és az eperfa-pajzstetű (*Pseudaulacaspis pentagona*) széles körben elterjedt, eredetét tekintve Európába a távol keletről behurcolt, polifág gyümölcskártevők. Kártételük a múlt század közepéig szinte megoldhatatlan problémát jelentett a legtöbb hazai gyümölcsösben, míg napjainkba már teljesen belesimult mindkét faj a pajzstetű faunába. Országszerte szórványosan fellelhetőek természetközeli és mezőgazdasági élőhelyeken egyaránt. Mindkét faj igényli a meleg és enyhén esős nyári időjárást, mivel ez kedvez a felszaporodásuknak (viszont a szélsőségesen forró vagy igen csapadékos nyári időjárás nem kedvező!).

A kísérleti beállításoknak megfelelően első évben négy kijelölt mezsgye mentén végeztük el a kaliforniai és az eperfa-pajzstetű két nemzedékének a feromoncsapdás monitoringját. Az esős tavasz sajnos nem kedvezett a két faj első nemzedékének felszaporodásának. Az eperfa-pajzstetű második nemzedéke esetében a táji változók közül a gyepek közelsége 50, 100, 500 méteres sugarú körben negatív hatású, míg a települések közelsége (250 m) valamint a gyümölcsösök aránya 750 m-es sugarú körben pozitív hatással van a fogásszámra. Az eperfa-pajzstetű parazitoidjainak egyedszám változására pozitív táji szintű hatásokat mutattunk ki a következő esetekben: 100 m-es körzetben a kisparcellás szántóföldek aránya; 250 és 500 m-es sugarú körben gyümölcsösök aránya. Negatív hatással volt a parazitoidokra a szántók aránya 750 m-es körzetben. A kaliforniai pajzstetű esetében nem voltak kimutathatók tájszintű, releváns összefüggések.

Az első év vizsgálatait azt bizonyították, hogy az eperfa-pajzstetű populációk, egy természetközeli élőhelyfoltokban gazdag tájban (hangsúly jelen esetben, a gyepekben gazdag táji jelleg van) kevésbé tudnak felszaporodni és megmaradni. A helyi populációkat kontrollálni képes parazitoidok egyedszámára viszont a homogénebb, szántóföldek dominálta táj negatív hatású. Mindezek a biológiai kontroll ökoszisztéma szolgáltatás és a természetes táji elemek összefüggését támasztják alá.

A vizsgálatok második és harmadik évében, a kijelölt 14 helyszínen végeztük el a kaliforniai és eperfa-pajzstetű évi két nemzedékének a feromoncsapdás monitoringját. Mindkét vizsgálati évben az első nemzedék csapdáinak fogásszámai nem voltak értékelhetőek, ez elsősorban a téli mortalitásnak és a tavaszi hektikus időjárási viszonyoknak tudható be.

A kaliforniai pajzstetű második nemzedéke esetében a lokális változók esetében a növényzet fiziognómiája és a cserjésedés volt szignifikáns hatással a fogásszámra. A terepi adottságok (lejtés/kitettség) valamint a gyepek közelsége nem befolyásolták a fogásszámot. A fásterületek 50, 100 méter sugarú körben, míg a mezsgyék 50 méteres sugarú körben pozitív szignifikáns hatásúak a fogásszámokra. A cserjésedés, mezsgyék és fás területek fogásszám növelő „hatása”, azzal magyarázható, hogy a kaliforniai pajzstetű potenciális tápnövényei: gyümölcsfák (alma, körte, cseresznye, szilva stb.) magányosan, míg a cserjék (galagonya, kökény, rózsza, berkenye) összefüggő foltokban fellelhetőek a mintavételi helyszínekhez közeli mezsgyékben, valamint a gyepeket szegélyében.

A kaliforniai pajzstetű parazitoidjának egyedszáma esetében a térbeli elhelyezkedés és a terepi adottságok közül a kitettség volt szignifikáns hatással a fogásszámokra. A terepi adottságok kimutatható hatása arra utal, hogy a pajzstetű és parazitoid kölcsönhatás kifejezetten helyi tényezők határozhatják meg, mivel a parazitoid a gazdaszervezetet elsősorban feromonok útján találja meg. A tájszintű változók esetében viszont nem volt kimutatható hatást.

Az eperfa-pajzstetű második nemzedéke esetében, a lokális változók szempontjából a térbeli elhelyezkedésnek és a növényzet fiziognómiájának volt szignifikáns hatása a fogásszámra. A tájszintű változók esetében a fás területek 250 méteres sugarú körben pozitív szignifikáns hatásúak a fogásszámokra. Az eperfa-pajzstetű parazitoidjainak egyedszáma esetében a növényzet fiziognómiája és a terepi adottságok közül a kitettség volt szignifikáns hatással a fogásszámra. A tájszintű változók esetében a szántók 250 méteres körzetben negatív hatással, míg a fásterületek 100 méteres, a gyepek 250 méteres sugarú körben pozitív hatással voltak a parazitoidok számára.



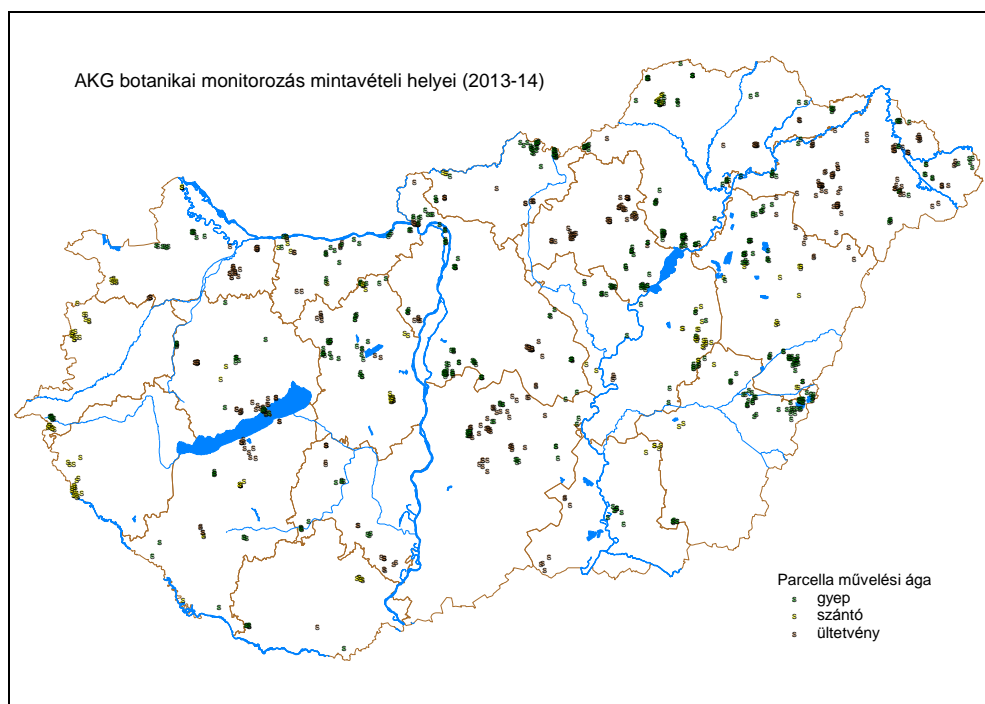
A három év összesített eredményei azt mutatják, hogy mindkét pajzstetű faj esetében kedvező hatású a fás/mezsgye tájelemekben gazdag, valamint elmondható, hogy a mezsgyék elősegítik az eperfa-pajzstetű települések közötti lassú terjedését. A parazitoidok szempontjából a természetes elemekben gazdag táj növelheti az egyedszámot. Eredményeink ebben a kísérleti beállításban is alátámasztják az ökoszisztéma szolgáltatás és a táji elemek összefüggését. Vizsgálatainkból eddig egy faunisztikai közlemény jelent meg (Fetykó et al., 2014), és két cikk megírása van folyamatban: egy magyar (*Növényvédelem*) és egy angol nyelvű (*Acta Phytopathologica Hungarica*).

### **Inváziós gyomokkal szembeni ellenállóképesség**

Az elmúlt évi eredményeink, illetve más tájegységek tájhasználat intenzitása és az inváziós fajok elterjedtsége közötti összefüggések ismeretének birtokában (Bartha et al., 2014) az alábbi hipotézist alkottuk meg: a tájhasználat intenzitásának függvényében az inváziós fajok előfordulása maximumgörbe szerinti összefüggést mutat. Nem, vagy alig művelt tájban, illetve folyamatos intenzív művelés alatt álló tájban az inváziós fertőzöttség általában kicsi, míg a művelés intenzitásának köztes stádiumaiban megnő a természetközeli gyepek inváziós fertőzöttsége.

A hipotézis teszteléséhez az AKG programok biodiverzitás monitorozásának 2013-14. évi adatait használtuk fel. A botanikai felmérés a 2013. és a 2014. év vegetációs időszakában összesen 1133 mintavételi helyszínen zajlott. Mintavételi helyek az ország minden megyéjében voltak, de a megyék mezőgazdasági területeinek arányától függően eltérő mennyiségben (ld. 6. ábra). A mintavételi helyszínek közül csak azokat vettük figyelembe, amelyek valamely AKG célprogramban részt vettek (tehát egyike sem ún. kontroll parcella), illetve művelési águk az AKG támogatási időszakban nem változott. Összesen 920 ilyen mintavételi helyszín (parcella) volt (5. táblázat).

A parcella művelésének intenzitását az AKG célprogram alapvetően meghatározza, ezért a tájhasználat intenzitásának különböző szintjeit a célprogramok alapján határoztuk meg (1. táblázat). A legerősebb hatás a művelési ág, eszerint a szántó – ültetvény – gyepek sorrendben csökken a művelés intenzitása. A művelési ágakon belül a művelés intenzitását a célprogramok előírásainak száma dönti el. Csak azokat az előírásokat vettük figyelembe, amelyek a növényzetre közvetlen vagy közvetett hatást gyakorolnak, így pl. az adminisztratív előírásokkal nem számoltunk. E két tényező (művelési ág és előírások száma) alapján az AKG célprogramokat sorrendbe állítottuk, így képeztük a tájhasználat intenzitásának csökkenő sorrendjét (5. táblázat). Bár természetesen az egyes előírások hatásának nagysága eltérő a növényzetre, az előírások száma jól közelíti a kialakított sorrendben egyre csökkenő művelési intenzitást.



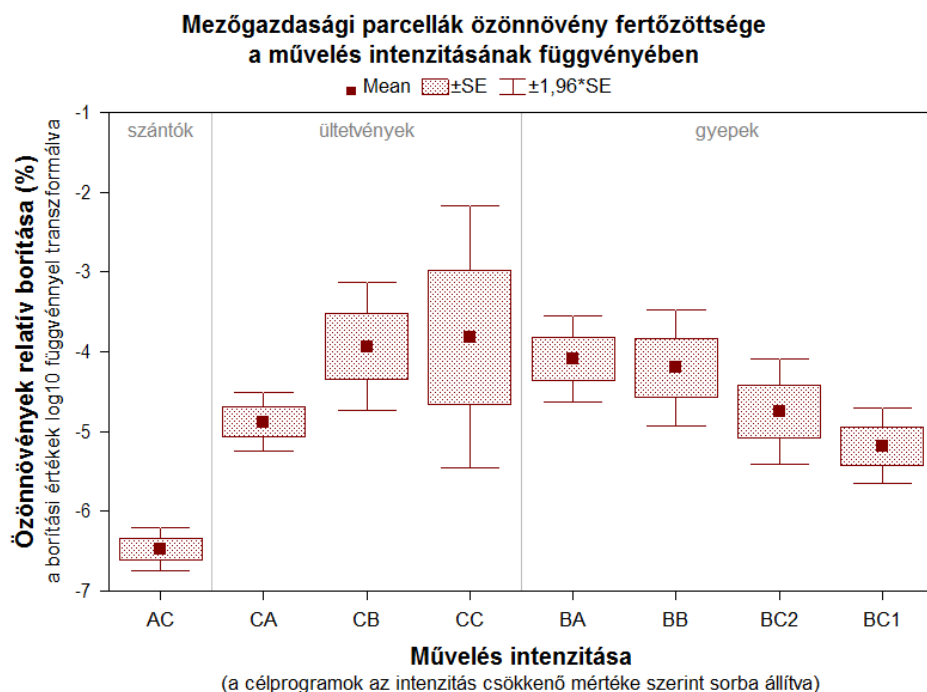
**6. ábra.** A botanikai monitorozás mintavételi helyei.

**5. táblázat.** A célprogramok sorrendje a művelés intenzitásának csökkenő mértékében.

	kód	célprogram neve	művelési ág	a növényzetre ható előírások száma	parcellák száma (esetszám)
1	AC	Ökológiai szántóföldi növénytermesztés	szántó	7	141
2	CA	Integrált gyümölcs- és szőlőtermesztés	ültetvény	5	241
3	CB	Ökológiai gyümölcs- és szőlőtermesztés	ültetvény	8	61
4	CC	Hagyományos gyümölcsstermesztés	ültetvény	9	12
5	BA	Extenzív gyepgazdálkodás	gyep	11	145
6	BB	Ökológiai gyepgazdálkodás	gyep	12	72
7	BC2	Gyepgazdálkodás élőhely-fejlesztési előírásokkal	gyep	19	98
8	BC1	Gyepgazdálkodás tűzok élőhely-fejlesztési előírásokkal	gyep	21	150
		összesen:			920

Az elemzésekben függő változóként a botanikai indikátorváltozók közül az özönnövény fertőzöttség, azaz a parcella reprezentatív részterületén belül előforduló özöngyomok relatív borításainak összege szerepelt. Az indikátorváltozó értéke 0% és 100% között változhat, a mintában előforduló legkisebb, de nullánál nagyobb értéke 0,000001, legnagyobb értéke pedig 90. Annak érdekében, hogy a változó túlnyomóan 1-nél kisebb értékei is elegendő súlyt kapjanak, a változót tízes alapú logaritmikus transzformációnak vetettük alá (a zérus értékeket 0,0000001 értéknek tekintettük).

Az 5. táblázatban szereplő sorrend szerint sorba állított célprogramokhoz tartozó parcellák özönnövény fertőzöttségének átlagát, standard hibáját és a standard hiba 1,96-szorosát a 7. ábrán tüntettük fel. A kapott eredmény megerősítette a hipotézist, miszerint a tájhasználat intenzitásának magas illetve alacsony értékénél az özönnövény fertőzöttség kicsi, míg a tájhasználat intenzitásának közepes értékeinél az özönnövény fertőzöttség megnő.



**7. ábra.** Mezőgazdasági parcellák özönnövény fertőzöttsége a művelés intenzitásának függvényében.

## Rovar terjesztette vírusok kockázata

A mezőgazdasági tájban számos negatív ökoszisztéma szolgáltatás is működik („ecosystem disservices”, Lyytimäki & Sipilä, 2009), melyek károsak az emberi jólétre, gazdálkodásra, és amelyeket sokszor épp a „pozitív” ökoszisztéma szolgáltatások tudnak egyensúlyozni. A negatív szolgáltatások közé sorolhatjuk a kártevő populációk és a növényi betegségek, illetve azok patogénjeinek kártételét. E téma kutatásának fontossága csak az utóbbi időben kezd elfogadottá válni (von Doehren & Haase, 2015). A „Rovar terjesztette vírusok kockázata” indikátorunk egy fontos negatív szolgáltatás, egy gabonavírus és a kórokozó vektorának környezeti függését kívánta vizsgálni.

A Homoptera alrendbe számos fontos kártevő faj tartozik, hiszen ezen rovarok a vektorai a növényi vírusok közel 90%-ának (Fereses & Moreno, 2009). Ennek oka, a nagymértékben specializált táplálkozásukban keresendő; növényi nedveket szívogatnak, melyek eléréséhez a szájszerüket a növényi szövetekbe szúrják (ezt nevezzük penetrációnak). A penetrációt kísérő nyálszekréció biztosítja a vírusok bejuttatását a növényi szövetekbe. A vírusok elterjedését döntően befolyásolja a vektor fajok mezőgazdasági tájban történő vándorlása, míg az egyes növényegyedek fertőzése a penetráció során következik be. A tájhasználat változásából eredő hatások nagy valószínűséggel befolyásolják a vírusokat terjesztő rovarok eloszlását és ezen keresztül a vírusok terjedését. Indikátorunk kiválasztásánál törekedtünk arra, hogy olyan vírus-vektor fajtát találjunk, mely hazánkban általánosan előfordul, mezőgazdaságilag fontos kártevő, viszont kártétele fluktuálva jelenik meg, hiszen ez utal arra, hogy a környezeti faktorok változása – mint például a tájhasználat intenzitása - hatással lehet a vírus terjedésére. A fenti szempontok alapján, kísérleteink alanya a csíkos gabonakabóca (*Psammotettix alienus*) és a kizárólag általa terjesztett búza törpülés vírus (Wheat Dwarf Virus, WDV) fajtájára volt (Manurung et al., 2004). Az indikátor választás során kiemelt szempont volt, hogy a vektor faj viselkedését befolyásoló biológiai tényezőket képesek legyünk elkülöníteni a tájhasználat által kifejtett hatásoktól. Ennek érdekében a csíkos gabonakabóca tápnövény elfogadását, valamint predációs stresszre adott válaszát laborkísérletekben is megvizsgáltuk.

A csíkos gabonakabóca oligofág faj, mely a Poaceae növény család tagjain táplálkozik. Ugyanakkor, korábbi munkáinkban mi is, valamint más szerzők is leírták tömeges megjelenését egyéb növény családba tartozó fajokon. Annak eldöntésére tehát, hogy hogyan képes tápnövénynek nem tekinthető növényfajokon a túléléshez szükséges módon táplálkozni az állat, laborkísérleteket végeztünk két, nem tápnövény fajtával, a molyhos sással (*Carex tomentosa*) és az ürömlevelű parlagfűvel (*Ambrosia artemisiifolia*). Eredményeink azt mutatják, hogy a penetráció ezeken a növényeken is bekövetkezik, ugyanakkor az állatok nem képesek huzamosabb ideig ezeken a növényfajokon túlélni. Ennek oka az, hogy nem képesek elegendő tápanyagot felvenni ezekből a növényekből. Az elsődleges tápanyag-felvételi hely ezeknél az állatoknál a floém nyaláb, melyet csak a tápnövényen történő penetráció során érnek a csíkos gabonakabóca egyedek. Ugyanakkor a nem tápnövényeken is megfigyelhető a xilém elemekből történő szívás, mely a folyadék-utánpótlást szolgálja. A munkából készült közlemény az Entomologia Experimentalis et Applicata folyóiratban jelent meg (Tholt et al., 2015).

A terepi mintagyűjtések során szembeötlő volt, hogy a csíkos gabonakabóca és egy agrobiont predátor, a sovány karolópók (*Tibellus oblongus*) sok esetben együtt fordul elő, az éves egyedszám maximumaik egyszerre jelennek meg. Ezért megvizsgáltuk a pókfaj fenológiáját, valamint lehetséges predátor szerepét. Megállapítottuk, hogy a kabóca ideális tápláléka lehet a póknak, mely nagy valószínűséggel fontos természetes ellensége a kabócának. Eredményeinket a Biological Control folyóiratban jelentettük meg (Samu et al., 2013a). Mezőgazdasági kísérletben megvizsgáltuk a kabóca viselkedésében megmutatkozó változásokat a pókfaj jelenlétében. Eredményeink azt mutatják, hogy a pók változásokat indukál a kabóca mozgási rátájában és táplálkozási frekvenciájában. A kísérlet részletes ismertetését tartalmazó kézirat a következő linkről tölthető le:

<https://www.dropbox.com/s/dwvvg9kwghx5oud3/PONE-S-15-10002.pdf?dl=0>, a kézirat jelenleg „major revision” döntés után átdolgozás alatt áll a Plos One folyóiratnál.

A növényi vírus jelenlétét igazoló indikátor fejlesztése több lépcsőben zajlott. 2010 és 2011 során cserepekbe kiültetett rozs csapdanövényeket helyeztünk el a 14 gyeppoltban, majd a növények vírusfertőzöttségét ELISA módszerrel teszteltük. Mivel a módszer határfoka alacsonynak bizonyult (a kihelyezett növények jelentős részét nem tudtuk visszagyűjteni), a 2012-es évben növényi átlagmintákat gyűjtöttünk azokról a gyepekről és szomszédos táblákról, ahol gabonát vetettek. A begyűjtött mintákat részben ELISA, részben PCR módszerrel teszteltük, a WDV jelenléte két mintavételi területen, a minták kevesebb mint 10%-ánál volt egyértelműen kimutatható.

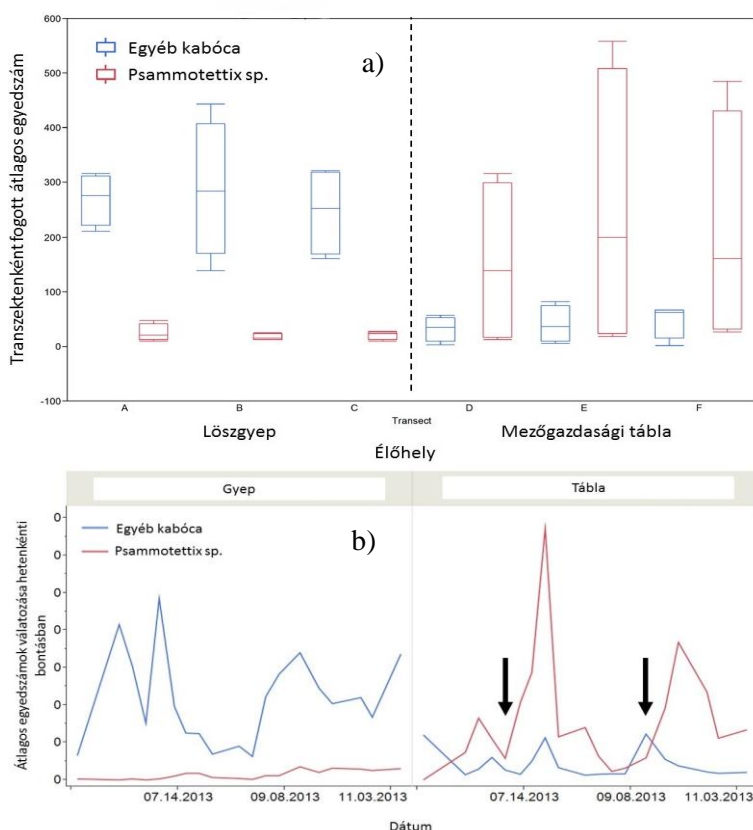
A 2013-as évben nem a növények vírusfertőzöttségére koncentráltunk, hanem azt vizsgáltuk meg, hogy a vektor faj egyedei mekkora abundanciában fordulnak elő különböző terményekben és gyepekben, valamint az egyedek milyen arányban vírus hordozók. Négy mintavételi területen, a két székesfehérvári és a két abai helyszínen, májustól novemberig heti rendszerességgel, motor rovarszívóval gyűjtöttünk mintákat. Az egyes mintavételi pontokon, a gyepekben, valamint a velük szomszédos táblákban 3-3, a szegéllyel párhuzamos, 50 m hosszú transzektek mentén mintavételeztünk. A táblákban a következő növényeket vetették az adott évben: Aszalvölgy izolált (Székesfehérvár): gabona, Aszalvölgy komplex: kukorica, Belsőbáránd (Aba) kazlas völgy: gabona, Belsőbáránd Tátorjános völgy: napraforgó. A gyűjtött állatokat szétválogattuk, a mezeikabócákat (Cicadellidae) család szinten, a

*Psammotettix* egyedeket faji szinten azonosítottuk. A *P. alienus* egyedek vírustartalmát PCR módszerrel ellenőriztük.

A begyűjtött egyedek összesített számát és élőhely szerinti eloszlását a 3. táblázatban adtuk meg. Mivel a *Psammotettix* fajok csak a hímek ivarszerve alapján különíthetők el, valamint a *P. alienus*-tól eltérő fajok elenyészően csekély egyedszámban voltak megtalálhatók a mintákban, a továbbiakban *Psammotettix*-ként hivatkozunk az egyedszámokra, melyekbe beleértjük a nőstény egyedeket is. Eredményeink megmutatták, hogy a *P. alienus* elsődlegesen preferált élőhelyei a mezőgazdasági táblák, Cicadellidae családba tartozó többi fajtól eltérően, melyek jellemzően a gyepekben találhatóak meg (8a. ábra). A hetenkénti egyedszám változások (8b. ábra) jól tükrözik a táblák növényzetében bekövetkezett változásokat, az egyedszám döntően függ a táblában megtalálható ideális tápnövényektől (gabona, egyszikű gyomok, árvalakés). Az, hogy a vetemény alkalmas tápnövény-e a kabócáknak, szintén döntően befolyásolja az egyedszámot, mind a táblában, mind a szomszédos gyepekben. A maximum heti egyedszám a gabona árvalakésben volt megfigyelhető 525 egyeddel.

A PCR-rel tesztek alapján, átlagosan a fogott kabócák 75%-a volt vírushordozó egyed, a gabonában magasabb arányban voltak jelen vírushordozó kabócák. Ez annak tükrében is jelentős megfigyelés, hogy a mintavételezett gabonákban nem volt megfigyelhető a vírus által okozott tünet. A terepi vizsgálatok eredményei a későbbiekben kerülnek majd publikálásra.

Eredményeink alapján a megállapítható, hogy a csíkos gabonakabócák táj szintű előfordulását az ideális a tápnövények jelenléte határozza meg, elsősorban a mezőgazdasági táblákban. A tápnövények megjelenése (pl. árvalakés) után az adott területen heteken belül nagyságrendekkel nő a kabócák száma (8b. ábra). Ez arra utal, hogy az állatok aktívan vándorolnak a táblák között. A penetrációs kísérletek megmutatták, hogy képesek az állatok nem tápnövényeken is szívásokat folytatni, onnan folyadékot pótolni. Megmutattuk, hogy a kabócák viselkedését befolyásolják az élőhelyen megtalálható természetes ellenségek, jelenlétükben változik a táplálkozás és mozgás frekvenciája, ezáltal a vírusátvitel hatékonyságára is hatással lehetnek. Az, hogy a vizsgált kabóca egyedek nagy arányban vírushordozók voltak arra utal, hogy a WDV folyamatosan jelen van a kabóca populációkban. Feltehetőleg, a WDV okozta tünetek és károk megjelenését inkább a környezeti (pl. hőmérsékleti) viszonyok befolyásolják, mint az, hogy jelen van-e a vírus az adott terület *P. alienus* populációjában.



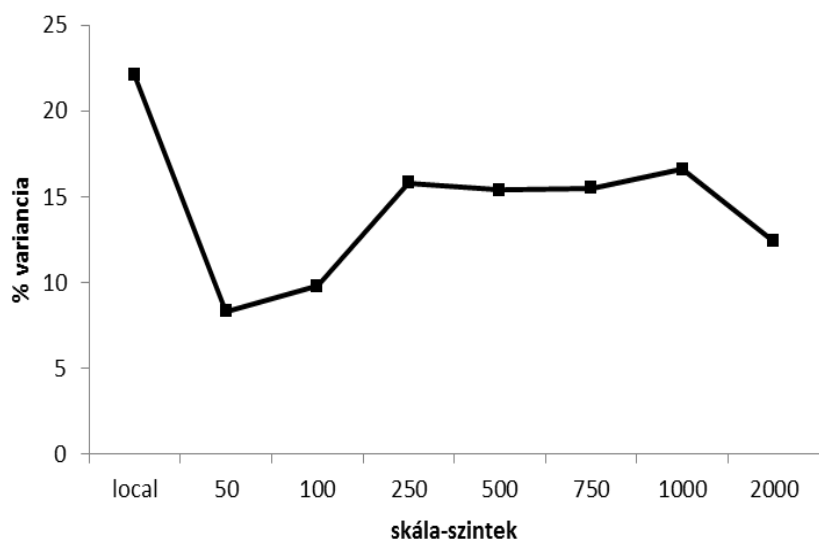
**8. ábra.** a) A gyűjtött kabócák egyedszámainak transzekt és élőhely szerinti megoszlása; b) A kabócák élőhelyenkénti átlagos egyedszámainak változása hetenkénti bontásban. A felirat nélküli nyilak a gabona árvalakés megjelenését jelölik.

## Pókközösségek, mint a lokális élőhelyminőség indikátorai

A pályázat tervezetében a pókok nem szerepeltek, mint külön kidolgozandó indikátor csoport, viszont gyűjtésüket terveztük, azt a szerepet szánva nekik, hogy közösségeik minőségi mutatóival, a botanikai paraméterekkel együtt, jellemezzék a lokális habitatfoltok minőségét, amely a táji tényezőkkel együtt befolyásolhatja a többi indikátor értékét. A pókokat (a próbaéven túl) a 14 mintavételezésre került gyepfoltban gyűjtöttük a többi indikátorral megegyező kísérleti elrendezésben, motoros rovarszippantó segítségével, évente több alkalommal 2011-12 és 2014-es években. Összesen 11000 pókegyed került begyűjtésre, ezek 94 fajhoz tartoztak.

Adataink feldolgozása során fontos szempont volt, hogy csakúgy, mint több másik indikátor csoport esetében is a fajokhoz ökológiai tulajdonságokat rendelhessünk. Ezt a pályázat keretében igyekeztünk a teljesség igényével megoldani, és szinte a teljes magyar pókfafaunára megállapítani 16 ökológiai indikátor értékét. Ezt részben saját a NEKIFUT programban regisztrált adatbázisunkra (Samu, 2014) építve, valamint cseh kollégákkal együtt működve, az ő Közép-Európai fajbesorolásait (Buchar & Růžicka, 2002; Ruzicka & Buchar, 2004) adaptálva (és engedélyükkel használva) rögzítettük egy fajtulajdonság táblában. Az ökostátus-rendszerünket több pók indikációval foglalkozó cikkben felhasználtuk (Batary et al., 2012; Rákóczi & Samu, 2012; Szinetar & Samu, 2012; Rákóczi & Samu, 2014; Kormann et al., 2015).

A fenti fajtulajdonság-adatbázis felhasználásával a vizsgált pókegyütteseket az abundanciákkal súlyozott tulajdonságok alapján sokváltozós elemzésnek vetettük alá, részben a lokális indikációra való alkalmasság bizonyítására. A variancia partícionálás alapján elmondható, hogy a lokális vegetáció és domborzat befolyásolta leginkább a pókegyüttesek tulajdonságait. A táji hatások elég széles skálaszinten, 250-1000 m-ig kb. 15%-ban magyarázták a teljes varianciát, amely az elvégzett Monte Carlo szimulációk alapján szintén szignifikáns volt (9. ábra).



9. ábra. Különböző skálaszintek hatása pókközösségek tulajdonságaira, variancia partícionálás.

A pókoknál a táji környezet hatásai közül az AKG-s programban részt vevő integrált szántók aránya is szignifikánsnak bizonyult. Az integrált szántók pozitívan befolyásolták a teljes pókabundanciát és fajgazdagságot, míg egyéb, konzervációbiológiai szempontból fontos tulajdonságokat, pl. a ritkaság átlagos értékét, inkább a helyi változók, köztük kiemelten a vegetáció fajgazdagsága befolyásolt. Közben, jelen pályázattal párhuzamosan, megkezdődött az AKG programok kísérleti monitorozása, és az első kísérleti év értékelése. Ebben a pókok szintén szerepeltek, mint indikátorok. A fenti eredmények alapján első sorban a lokális különbségek indikációjára használtuk különböző AKG-s előírásoknak megfelelő gyepterületek és a kontrol területek értékelésére. Ezen előzetes, jelenleg még publikálatlan analízis alapján (Ambrus et al., 2015) nincs olyan szintetikus „pókmutató”, amely egyformán ki tudná mutatni az eleve különböző élőhely típusú területeken érvényesülő különböző AKG-s kezelési előírások hatékonyságát, viszont kezelésként többnyire tudunk olyan tulajdonság-, vagy családösszetétel kombinációt találni, amely erre képes volt.

## Lehetséges hasznosulás

Pályázatunkban a mezőgazdasági intenzifikáció hatásainak, illetve azt ellensúlyozni hivatott AKG-s programok táji hatásainak monitorozását segítő indikátorok fejlesztését és vizsgálatát vállaltuk. Ehhez 8 különböző indikátort vizsgáltunk. Az indikátorok fejlesztése kiterjedt az optimális mintavételi protokollok megalkotására. Ebben modern és

hatékony módszereket igyekeztünk felhasználni: beporzó rovarok és lepkék esetében csalogatóanyagot varsás csapdákat, a pajzstetveknél ragacslos feromoncsapdákat, a pókokat és kabócákat motoros rovorszippantóval gyűjtöttük, és újdonság értékű a kukorica bibe faunula vizsgálata is. Technikai szempontból a protokollok beváltották a hozzájuk fűzött reményeket, használatukat a konkrét publikációkban dokumentáljuk/dokumentálni tervezzük, illetve egy esetben a vírusok vizsgálatára tervbe vett csapdanövény kihelyezés esetében bebizonyosodott az alkalmatlanság.

Indikátoronként megvizsgáltuk az agrár intenzifikáció kimutatásának hatékonyságát és skála-függését. A lokális élőhely minősége, a növényzet fajgazdagsága, természetessége fontos pozitív hatást gyakorolt a beporzásban fontos szerepet játszó poszméheknél és a biológiai kontrollban is szerepet játszó pókoknál, de a madarak is kritikusan függtek a helyi magkészlétől, amit viszont a művelési mód befolyásolt. Az özönnövények esetében a közepes művelési intenzitás hozta a legnagyobb fertőzöttséget, amely jelenséget országos mintán bizonyítottunk. A táji diverzifikációra szinte minden csoport pozitívan reagált, eredményeink feltárták ennek pontos skálafüggését. A pókok a tájban található integrált művelésű szántók arányára is reagáltak, csakúgy mint a szántók diverzifikálására, különösen a virágos vetemények meglétére. Nemzetközileg is kevés kutatás foglalkozik a negatív ökoszisztéma szolgáltatásokkal, amiket (legalább is részben) két indikátorunk is képviselt. Mind az invazív eperfa pajzstetű populációknak, mind pedig a kártevő molyfajoknak kedvezett ha a táj homogén módon szántókból állt, és negatívan hatott rájuk a táji diverzifikáció.

A legkevésbé szerencsésen induló rovar terjesztette vírusok kockázatát vizsgáló protokollunk esetében, bár eredeti elképzelésünk nem vált valóra, rengeteg hasznos mellékeredményt (és publikációt) kaptunk, amelyek egyfajta „spin-off” eredményként értelmezhetők. Ezek közé sorolható, hogy molekuláris módszerekkel kimutattuk, hogy a WDV vírusok vektorállatainak háromnegyede vírus hordozó és természetes gyepállományok is lehetnek vírusrezervoárok, vagyis e nagymértékű fertőzöttség mellett a tünetek időnkénti megjelenésének okait egyéb tényezőkben kell keresni. Ide sorolható egy természetes ellenség – vírus vektor rovar modellrendszer dokumentációja, és felhasználása ragadozás és non-konzumptív hatások viselkedésokológiai vizsgálatára. Szintén spin-off eredményként értelmezhető két állatcsoportban részletesebb tulajdonság-alapú (trait-based) besorolások létrehozása és alkalmazása, végezetül pedig két indikátornak, a pókoknak és az özönnövényeknek országos monitorozás keretében való tesztelése.

Munkánk a 8 indikátorral, illetve közülük kettőnek országos tesztelésével azt bizonyította be, hogy egyik sem tekinthető közülük a táji hatások és az AKG-s programok általános indikátorának. Viszont a publikált/publikálandó indikátor leírásokból konkrétan kiderülnek az itt vizsgált indikátorok specificitásai térbeli érzékenysége, amely segítheti, hogy egy konkrét feladatra megfelelő indikátort lehessen választani.

## Referenciák

- Ambrus, A., Biró, Z., Centeri, C., Horváth, A., Lóránt, M., Marticsek, J., Nagy, K., Nagy, Z., Rákóczi, A., Samu, F., Skutai, J., Szemethy, L., Szép, T. & Tóth, P. (2015) Az AKG hatásindikátor monitorozó rendszer keretében gyűjtött indikátor adatok értékelése (1. verzió, kézirat).Körtáj Tervező Iroda Kft., Pilisszentlászló.
- Baldi, A. & Batary, P. (2011a) The past and future of farmland birds in Hungary. *Bird Study* 58: 365-377.
- Baldi, A. & Batary, P. (2011b) Spatial heterogeneity and farmland birds: different perspectives in Western and Eastern Europe. *Ibis* 153: 875-876.
- Bartha, S., Szentés, S., Horváth, A., Hazi, J., Zimmermann, Z., Molnár, C., Dancza, I., Margóczi, K., Pal, R. W., Purger, D., Schmidt, D., Ovari, M., Komoly, C., Sutyinszki, Z., Szabo, G., Csathó, A. I., Juhász, M., Penksza, K. & Molnár, Z. (2014) Impact of mid-successional dominant species on the diversity and progress of succession in regenerating temperate grasslands. *Applied Vegetation Science* 17: 201-213.
- Batary, P., Holzschuh, A., Orci, K. M., Samu, F. & Tscharrntke, T. (2012) Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture Ecosystems & Environment* 146: 130-136.
- Benton, T. G., Bryant, D. M., Cole, L. & Crick, H. Q. P. (2002) Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* 39: 673-687.
- Brittain, C., Williams, N., Kremen, C. & Klein, A. M. (2013) Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 280: 20122767.
- Buchar, J. & Růžička, V. (2002) Catalogue of spiders of the Czech Republic. pp. 349. Peres, Praha.
- EASAC (2015) Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids.
- Fereres, A. & Moreno, A. (2009) Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. *Virus Research* 141: 158-168.
- Fetykó, K., Konczné Benediczy, Z. & Szita, É. (2014) Adatok Simontornya és környékének pajzstetű faunájához (Hemiptera: Coccoidea). In: Szita, É., Fetykó, K., Kovács, T., Horváth, A. (eds.), Simontornya ízeltlábú. In memoriam Pillich Ferenc. pp. 81-86. Budapest, Magyar Biodiverzitás-kutató Társaság.

- Földművelésügyi Minisztérium (2009) Környezetkímélő gazdálkodás: Tájékoztató az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program agrár-környezetgazdálkodási támogatásáról [http://www.umvp.eu/sites/default/files/akg\\_tajekoztato\\_fuzet.pdf](http://www.umvp.eu/sites/default/files/akg_tajekoztato_fuzet.pdf) pp. 28. New Hungary Rural Development Program, Budapest.
- Kleijn, D. & Sutherland, W. J. (2003) How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology* 40: 947-969.
- 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. *Proc Biol Sci* 274: 303-313.
- Kormann, U., Rösch, V., Batáry, P., Tscharntke, T., Orci, K. M., Samu, F. & Scherber, C. (2015) Local and landscape management affects trait-mediated biodiversity of nine taxa on small grassland fragments. *Diversity and Distributions*
- Lyytimäki, J. & Sipilä, M. (2009) Hopping on one leg - The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban Forestry & Urban Greening* 8: 309-315.
- Manurung, B., Witsack, W., Mehner, S., Grüntzig, M. & Fuchs, E. (2004) The epidemiology of Wheat dwarf virus in relation to occurrence of the leafhopper *Psammotettix alienus* in Middle-Germany. 100: 109-113.
- Rákóczi, A. M. & Samu, F. (2012) Természetvédelmi célú orgonairtás rövidtávú hatása pókegyüttesekre [The short term effect of *Syringa* eradication conservation management on spider assemblages]. *Rosalia* 8: 141-149.
- Rákóczi, A. M. & Samu, F. (2014) Coexistence patterns between ants and spiders in grassland habitats. *Sociobiology* 61: 171-177.
- Ruzicka, V. & Buchar, J. (2004) Notes to the Catalogue of spiders of the Czech Republic. In: Samu, F., Szinetár, C. (eds.), *European Arachnology 2002*. pp. 221-224. Budapest, Plant Protection Institute & Berzsényi College.
- Samu, F., Beleznai, O. & Tholt, G. (2013a) A potential spider natural enemy against virus vector leafhoppers in agricultural mosaic landscapes – Corroborating ecological and behavioral evidence. *Biological Control* 67: 390-396.
- Samu, F., Tóth, P., Bereczki, K. & Horváth, A. (2013b) Az AKG programok környezeti hatásmonitoring rendszere – I. Az akc programok ökoszisztéma szolgáltatásokra gyakorolt hatása: elméleti alapozás és nemzetközi kitekintés. MTA Ökológiai Kutatóközpont, Vácrátót.
- Samu, F. (2014) Multitaxonú biodiverzitás és térinformatikai adatbázis -regisztrált kutatási infrastruktúra. <https://regiszter.nekifut.hu> NEKIFUT Regiszter, Budapest.
- Sárospatoki, M., Novak, J. & Molnar, V. (2005) Assessing the threatened status of bumble bee species (Hymenoptera : Apidae) in Hungary, Central Europe. *Biodiversity and Conservation* 14: 2437-2446.
- Szinetar, C. & Samu, F. (2012) Intensive grazing opens spider assemblage to invasion by disturbance-tolerant species. *Journal of Arachnology* 40: 59-70.
- Tholt, G., Samu, F. & Kiss, B. (2015) Feeding behaviour of a virus-vector leafhopper on host and non-host plants characterised by electrical penetration graphs. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 155: 123-136.
- Tóth, M., Imrei, Z. & Szöcs, G. (2000) Ragacsmentes, nem telítődő, nagy fogókapacitású új feromonos csapdák kukoricabogárra (*Diabrotica virgifera virgifera*, Coleoptera: Chrysomelidae) és gyapottok-bagolylepkére (*Helicoverpa (Heliothis) armigera*, Lepidoptera: Noctuidae) [Non-sticky, non-saturable, high capacity new pheromone traps for *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Helicoverpa (Heliothis) armigera* (Lepidoptera: Noctuidae)]. *Integrált Termesztés a Kertészeti és Szántóföldi Kultúrákban* 21: 44-49.
- Tóth, M., Szarukán, I., Dorogi, B., Gulyás, A., Nagy, P. & Rozgonyi, Z. (2010) Male and female noctuid moths attracted to synthetic lures in Europe. *Journal of Chemical Ecology* 36: 592-598.
- von Doehren, P. & Haase, D. (2015) Ecosystem disservices research: A review of the state of the art with a focus on cities. *Ecological Indicators* 52: 490-497.