

TALAJMŰVELÉSI MÓDOK AGROÖKOLÓGIAI ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

BÁDONYI KRISZTINA¹, HEGYI GERGELY², BENKE SZABOLCS¹,
MADARÁSZ BALÁZS¹, KERTÉSZ ÁDÁM¹

¹MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Természetföldrajzi Osztály
1112 Budapest, Budaörsi út 45. E-mail: Bad8379@iif.hu

²ELTE Állattrendszertani és Ökológiai Tanszék
1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/C

Kulcsszavak: hagyományos talajművelés, kémélő talajművelés, földigiliszták, madarak

Összefoglalás: Magyarország területének közel felén (48,5%) folyik szántóföldi művelés. Ezek a területek nemcsak a termelés színterei, hanem fontos élőhelyei számos vadonélő növény- és állatfajnak. E tanulmány áttekintést nyújt a SOWAP Projekt eredményeiről, melynek során összehasonlítottuk a hagyományos és a talaj-kímélő művelés (sekély talajművelés tárcsázással, szármaradványok felszínen való hagyásával) földigilisztákra és madarakra gyakorolt hatását. Ez a két állatcsoport az egészséges talaj, illetve az egészséges mezőgazdasági táj fontos bioindikátora. Az élővilágra gyakorolt hatások vizsgálatára a Balaton Nyugati-vízgyűjtőterületén, Zala megye dombsági mezőgazdasági területén, Dióskál határában jelöltünk ki 107 hektáron 12 parcellapárt (12 hagyományos, 12 kémélő, egyenként 3,5 hektáros parcella). A kísérlet 2003 és 2005 folyt, kukorica és őszi búza kultúrában. A földigiliszták mintavételére évente két alkalommal került sor, a földön táplálkozó madarak heti gyakorisággal kerültek feljegyzésre a két téli terepidőszakban. A hagyományos művelésű parcellákhoz képest a kémélő művelésűn szignifikánsan több giliszta fordult elő, és a tömegük is szignifikánsan nagyobb volt, mindkét évben, mindkét vetésváltás esetén. A talajkímélő művelésű parcellák két téli periódusban, kétféle vetésváltás esetében is előnyösebbek voltak a hagyományos művelésűeknél, mégpedig elsősorban a kistestű énekesmadarak számára, mint a mezei pacsirta, mezei veréb, fenyőpinty, tengelic, zöldike, citromsármány. Mindkét téli periódus majd mindegyik mintavételi időpontjában (15 mintavételi időpont közül 12-ben) szignifikáns hatással volt a művelési mód a kistestű énekesmadarak előfordulására, a kémélő művelés javára. Fajok szintjén vizsgálódva, a 12 elemezhető faj közül 7-re szignifikánsan hatott a művelés. Mind a hét faj a talaj-kímélő módon művelt parcellákon fordult elő többször. A fajok egy kisebb csoportjában azt is megvizsgáltuk, hogy az észlelésenkénti egyedszámok eltértek-e a kétféle művelésű terület között. A fácán, a mezei pacsirta és a mezei veréb a talajkímélő művelésű parcellákon fordult elő nagyobb egyedszámban. Eredményeink azt mutatják, hogy intenzív mezőgazdálkodási gyakorlatban is van lehetőség a talaj védelme mellett a biodiverzitás megőrzésére talajkímélő művelés alkalmazásával.

Bevezetés

Az ember különböző tevékenységeivel állandóan formálta, alakította környezetét. Ez a folyamat mára olyan méreteket öltött, hogy gyakorlatilag alig akad olyan hely a bolygónkon, ahol a maga eredetiségében fennmaradt természetes tájakról beszélhetnénk. Az átalakított tájak legnagyobb hányada mezőgazdasági jellegű, így az agrártevékenységek tájalakító szerepének vizsgálata kiemelten fontos. E tájak egyik legfontosabb jellemzője, hogy a vegetációs periódus során különböző módon többször erőteljesen beavatkoznak életükbe (talajművelés, növényvédelem, műtrágyázás, vetés, betakarítás stb.). Mindezen beavatkozások következtében a mai agrártáj elvesztette biológiai változatosságát, erősen erodálódott, kemikáliákkal szennyeződött (SZABÓ et al. 2001). Éppen ezen beavatkozások módja és mértéke az, amely a táj alakulását, fejlődését, jellemzőit alapvetően meghatározza.

A mezőgazdasági művelés alatt álló területek nem csak a termelés színterei, hanem fontos élőhelyei számos vadonélő növény- és állatfajnak. Az agrártáj biodiverzitásának csökkenése hosszú távon az ökoszisztémák stabilitását, azok „szolgáltatásainak” (talajképződés, vízháztartás, biológiai kontroll stb.) fennmaradását veszélyeztetik (BÁLDI 2005). A természetvédelem mezőgazdasággal való együttműködése tehát elengedhetetlenül szükséges az agrárkörnyezetre jellemző vadonélő fajok fennmaradása szempontjából. A lokális, passzív és utólagos szankcionálásra épülő természetvédelem önmagában már nem járható út, szükség van a gazdálkodók tevékeny közreműködésére, a gazdálkodás folyamatába beépülő védelmi szempontok érvényesítésére is (FÜLÖP és SZILVÁCSKU 2000). Ilyen védelmi célokat (is) szolgáló gazdálkodási forma a talajkímélő művelés, melynek az erózió (JAKAB és SZALAI 2005, JAKAB 2006) és defláció elleni védelem, a talajszerkezet és -nedvesség megőrzése, a talaj szervesanyag-tartalmának növelése, a talajélet védelme mellett egyik előnye az élővilág sokszínűségéhez való hozzájárulás.

Itt ismertetésre kerülő munkánk célja az volt, hogy összehasonlítsuk a hagyományos és a talajkímélő művelési rendszerek élővilágra gyakorolt hatásait. Munkánkat a SOWAP (Soil and Surface Water Protection Using Conservation Tillage in Northern and Central Europe – Talaj- és felszíni vízvédelem környezetkímélő talajművelés alkalmazásával Észak- és Közép-Európában) projekt keretén belül végeztük 2003 és 2005 között.

A talajművelési módok állatvilágra kifejtett hatásainak indikátoraiként a földigilisztákat és a madarakat választottuk.

A földigiliszták a hasznos talajfauna igen jelentős hányadát alkotják, szerepük nélkülözhetetlen a talajok termékenységében és az ökoszisztéma működésében. A jó talajállapotot jelző szerepük miatt kiváló bioindikátornak tekinthetők. A talajművelés kétféle úton is befolyásolja a földigiliszták egyedszámát, életfeltételeit, aktivitását. A közvetlen hatást a mechanikai károsítás jelenti, míg a közvetett hatást a szerves anyag hiánya a szármadaradványok eltávolítása illetve a talajerózió miatt, valamint a talajborítás hiánya okozta kedvezőtlenebb talajnedvesség-viszonyok a giliszták aktív periódusának ideje alatt. Tehát a talajművelés szempontjából is fontos indikátorok.

ZICSÍ (1960, 1967) kimutatta, hogy a mélyművelésnél az időjárás és a talajművelés együttes hatása közel 50%-kal csökkentette a giliszták mennyiségét, és számuk a következő évben alig 20%-kal emelkedett. Ezzel szemben a sekélyművelésnél az időjárás és a művelés következtében alig 20%-kal csökkent a giliszták száma, a következő évben pedig ehhez a számhoz viszonyítva közel 50%-os emelkedés mutatkozott. A sekélyművelés előnye a gilisztapopuláció kímélése szempontjából különösképpen száraz időben jut kifejezésre. BIRKÁS et al. (2004) kutatásai alapján a giliszták a direkt vetésű parcellán fordultak elő a legnagyobb számban, míg a rendszeres szántás miatt tömörödött réteggel rendelkező parcellán a gilisztatevékenység megszűnt. EMMERLING (2001) vizsgálatai szintén azt támasztják alá, hogy a kímélő talajművelés szignifikánsan növelte mind a gilisztaszámot, mind pedig a biomasszát.

A madárfajok a környezet állapotának kiváló indikátorai, a fajösszetétel és egyedsűrűség érzékenyen jelzik a környezeti változásokat. A madarak állományának változása jóval előbb és nagyobb léptékben figyelmeztet a természeti erőforrások nem fenntartható használatának veszélyeire, mint bármely növény vagy más állatsoporté. A madarak a megfelelő táplálkozó-, pihenő- és fészkelőhelyet biztosító, heterogén szerkezetű tájakat

részesítik előnyben. A mezőgazdaság intenzívvé válásával, a táj degradálódásával párhuzamosan megfigyelhető a madárfauna csökkenése. Ez számos okra vezethető vissza, ezek közé tartozik a szegélyterületek csökkenése, új, addig nem termesztett növények bevezetése, a legelők műtrágyázása, a megnövekedett vegyszerhasználat, a tavaszi helyett őszi vetésre való átállás, a hagyományos vetésforgók megszűnése, a másodvetésű növények elhagyása, a vegyes, állattartó gazdaságok megszűnése és nem utolsósorban a talajművelés (BÁDONYI 2006).

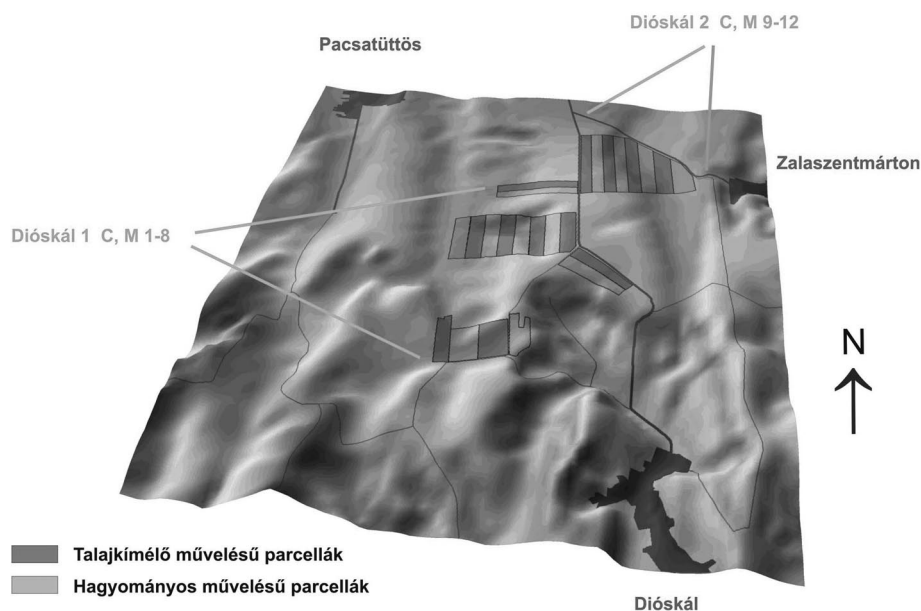
A madarak számának csökkenése a téli táplálékbázis (különösen a gyommagvak és a gabonaszemek) beszűkülésével köthető össze (SRIWARDENA et al. 2000). A téli időszakban az egy adott térségben tartózkodó madaraknak, ha nem találnak elegendő táplálékot, nagyobb távolságokat kell berepülniük. Ezáltal a felhalmozott zsírkészletük jelentős részét felélhetik, így legyengülhetnek, betegségekkel szembeni ellenállóképességük és végső soron túlélési esélyük is csökkenhet. A magevő madarak elkerülik a szántott földeket, mivel itt nem találnak táplálékot, helyettük a tarlón hagyott részeket látogatják (WILSON et al. 1996, MOORCROFT et al. 2002). Ennek alapján feltételezhető, hogy a talajkímélő módon művelt (tarlólántott) területek, legalábbis részben, képesek a madarak táplálékszükségletét kielégíteni. A talajművelés tehát közvetve – a táplálék biztosításán keresztül – hat a madárfaunára, így a madarak a művelés szempontjából is indikátor csoportnak tekinthetők.

Észak-Amerikában megfigyelték, hogy a talajkímélő parcellákon több a kipergett gabonaszem és a gyommag, mint a szántott parcellákon, következésképpen azok több madarat vonzanak (BALDASSARRE et al. 1983). A forgatás hiányának és a több szerves anyagnak köszönhetően a földigiliszták száma megnövekszik, ami nagyobb számban és többféle fajt vonz (CASTRALE 1985), elsősorban rigókat, seregélyeket és búbiceket. Európában kevés megfigyelés történt ez idáig, mivel a talajkímélő műveléssel foglalkozó kutatások kis léptéke nem tette lehetővé, hogy annak a madárvilágra kifejtett kedvező hatását bizonyítsák (HOLLAND 2004). A különböző művelési rendszerek madárvilágra gyakorolt hatásáról a legtöbb tanulmány Európán belül Nagy-Britanniában született. CUNNINGHAM et al. (2005) kimutatta több termény esetében is, hogy a magevő madarak előfordulása nagyobb volt a talajkímélő parcellákon, mint a szántott parcellákon. A talajkímélő parcellák azonban alulmaradnak a tarlón hagyott parcellákkal szemben.

Anyag és módszer

Az ökológiai vizsgálatok mintaterülete

Mintaterületül a Balaton nyugati vízgyűjtőterületén, Zala megyében található, dombosági mezőgazdasági területet választottunk. A Dióskál és Zalaszentmárton közötti 107 ha-os területen összesen 24 parcellát jelöltünk ki („Dióskál 1”: 8 hagyományos és 8 talajkímélő művelésű váltakozva, „Dióskál 2”: 4 hagyományos és 4 talajkímélő művelésű váltakozva), amelyek mérete 3 és 5 ha között mozgott. A parcellák méretét a madártani megfigyelés módszere határozta meg (1. ábra).



1. ábra Az ökológiai vizsgálatok parcellapárjai Dióskál határában
 Figure 1 Plot pairs of the ecological study at Dióskál

Alkalmazott művelési módok

A kétféle parcellatípus mindkét mintaterületen csak a talajművelés tekintetében tért el, tehát ugyanazt a növényfajtát vetettük, ugyanannyi műtrágyát juttattunk ki (300 kg/ha/év N, 200 kg/ha/év NPK), és a művelés iránya is ugyanaz volt. A hagyományos művelésű parcellákon az őszi mélyszántás során 25–30 cm mélyen műveltük a talajt, míg a kémélő művelésű parcellákon csak 8–10 cm mélységig tárcsáztunk. Az alkalmazott vetésváltás: őszi búza – kukorica (Dióskál 1); kukorica – őszi búza (Dióskál 2). Különbség, hogy a Dióskál 1-es területen, 2004-ben a kémélő művelésű parcellákon a búza learatása után repcét vetettünk talajvédő, szerkezetjavító növényként. A hagyományos parcellák ezalatt tarlóhántott állapotban voltak. A kémélő művelésű parcellákon a betakarító géppel szemben elvárás volt, hogy minél alacsonyabb tarlót hagyva vágja le a szarát és a felszecsckázott szarát minél tökéletesebben terítse szét a felszínen. A kémélő művelés esetén növényi maradványokkal való 30%-os fedettséget biztosítottunk, és a menetek számát is igyekeztünk csökkenteni, pl. a vetést és a műtrágyázást kombinált gép használatával oldottuk meg.

Földigiliszták mintavétele

A földigiliszták mintavételéhez a Harper Adams University College módszerét alkalmaztuk (Harper Adams University College 2003). A mintavételkor egy 10 cm átmérőjű és ugyanekkora magasságú talajszagatóval vettünk talajmintát, Dióskál 1 és 2 minta-

területen (6+4 parcellapár, összesen 20 parcella), parcellánként 9 pontban, évente két alkalommal (április, október). A mintákat hosszszelvények mentén vettük: a parcella határától 1 m-re, 8 m-re, illetve a parcella közepén, a parcella hosszabbik oldalával párhuzamosan jelöltük ki a szelvényeket, amelyek mentén 3–3 pontban, egymástól 5 m-re vettük a talajmintákat. A mintavételt követő egy héten belül a talajból kézzel válogattuk ki a gilisztákat, amelyeket ezután megszámloltunk, majd 70%-os etanolban konzerváltunk. A fölösleges nedvesség felitatása után mintánkénti összsúlyukat 0,01 g pontossággal megmértük. Konzerválásakor általában testtömegük 10–20%-át veszítik el, amely megegyezik a beltartalom súlyával, így nincs szükség az adatok korrigálására. A mérést követő 24 órán belül 4%-os formalinba helyeztük át őket, majd 1–2 hét múlva újra 70%-os etanolba.

Madármegfigyelés módszere

A madármegfigyelést heti gyakorisággal, havonta minimum 3 alkalommal, 2003 novemberétől 2005 szeptemberéig végeztük. A megfigyelés a parcellák hosszabbik oldalával párhuzamos szelvények mentén történt (PERKINS et al. 2000; BRADBURY és ALLEN 2003), ezek egymástól való távolsága 20 m volt, amely a vegetáció magasságának és sűrűségének növekedésével csökkent. A bejárás útvonala fordított volt két egymást követő megfigyeléskor. A földön táplálkozó madarak száma és faja került feljegyzésre. A dupla számolást elkerülendő, a parcella más részére átrepült egyed nem került jegyzőkönyvbe. A megfigyelést napfelkelte után minimum egy órával lehetett megkezdeni és naplemente előtt minimum egy órával kellett befejezni, mivel a korábbi és későbbi órákban az éjszakázó helyükről érkehetnek, vagy oda távozhatnak a madarak. A megfigyelés szünetelt nagy esőben, erősen szeles időben, és amikor a látási viszonyok nem tették lehetővé a megfigyelést. Mivel a madarak szempontjából a szűkös táplálékbázisú téli időszakok különösen kritikusak, ezért részletesen a 2003/2004-es és a 2004/2005-ös, októbertől márciusig tartó féléves időszakokkal foglalkozunk.

A gilisztafauna mérési adatainak statisztikai feldolgozása

A SAS program GLIMMIX makrójának segítségével elemeztük a gilisztaszámokat (SAS Institute Inc. 1999). A mintánkénti gilisztaszámok elemzésekor diszkrét független változóként a mintavételi évet/terepidőszakot, a mintavételi időt (tavasz, illetve ősz), Dióskál 1, 2 mintaterületet (erre a különböző vetésváltás miatt volt szükség), a művelést (hagyományos, illetve talajkímélő) és a parcellát (random faktor) használtuk, a fix faktorok közötti összes lehetséges két- és háromutas kölcsönhatás figyelembevételével. Általánosított lineáris kevert modellt (generalized linear mixed model) alkalmaztunk, Poisson hibaeloszlás és log link beállításával. A mintánkénti átlagos gilisztatömeg elemzésére általános lineáris kevert modellt (general linear mixed model) futtattunk a SAS program MIXED moduljának segítségével. A modell szerkezete a fentihez hasonló volt. A gilisztatömeg esetében logaritmikus (10) értékekkel számoltunk, ezzel normális eloszlásúvá alakítottuk ezt a változót. A számítások megbízhatóságát backward stepwise modellszelekcióval növeltük.

A madárfauna megfigyelési adatainak statisztikai feldolgozása

A különböző madárfajok előfordulási adatai nem tekinthetők független megfigyeléseknek, tehát összevont analízisük könnyebbé teheti az általános érvényű következtetések levonását. Morfológia, táplálkozás és társas viselkedés alapján számos csoportosítás lehetséges, mi azonban nem előzetesen megállapított kategóriákat alkalmaztunk. Ehelyett olyan csoportosítást kerestünk, amely jól tükrözi az előfordulási mintázatokat, hogy ezáltal a fajok hasonlóságának a vizsgálatainkat leginkább érintő vonatkozását vehessük figyelembe. A Statistica program Factor Analysis moduljának segítségével (STATSOFT 2000) főkomponens analízist végeztünk arra a 12 fajra, amelyet legalább 15 alkalommal észleltünk. Ezután általános lineáris kevert modellt (general linear mixed model) Satterthwaite korrekcióval futtattunk a SAS program MIXED moduljának segítségével. Függő változónak az első főkomponenst, diszkrét független változónak a terepi időszakot (2003/2004 és 2004/2005), Dióskál 1, 2-t (erre a különböző vetésváltás miatt volt szükség), a művelést (hagyományos, illetve talajkímélő), a mintavétel idejét (mivel heti gyakorisággal történt a megfigyelés, ez egy hét észlelési adatait jelenti) és a parcellát (random faktor) vettük. A fix faktorok közötti összes lehetséges két- és háromutas kölcsönhatást teszteltük. Mivel a két terepi időszak mintavételi időpontjaiban eltérés tapasztalható (míg az első terepi időszakban csak 15 mintavétel volt, addig a másodikban 20), ezért az elemzésből kihagytuk a második terepi időszak első négy és a 15. mintavételi időpontjait, így hozva fedésbe a két adatsort. A statisztikai számítás megbízhatóságát backward stepwise modellszelekcióval növeltük.

A főkomponens analízisek kiegészítéseként a fajonkénti előfordulásokat (van/nincs) is megvizsgáltuk, mintavételenkénti bontásban. A vizsgálathoz log-lineáris analízist végeztünk a Statistica program segítségével. A vizsgált hatások a terepidőszak, a művelés, illetve ezek kölcsönhatása voltak. Mivel ezt az analízist a 12 fajra egyenként számoltuk, tehát egy kérdést több teszttel válaszoltunk meg, ezért szigorúbb szignifikancia kritériumot alkalmaztunk: a kritikus valószínűséget elosztottuk az azonos kérdésre futtatott tesztek számával (Bonferroni-korrekció, $=0,05/12=0,0042$).

Végül a fajok egy kisebb csoportjában azt a kérdést is megválaszolhattuk, hogy az észlelésenkénti egyedszámok eltértek-e a kétféle művelésű terület között. Azokat a fajokat választottuk erre az elemzésre, amelyeket legalább 15-ször észleltek (két terepi időszak összevont észlelési adatai alapján), észlelésenként 1-nél nagyobb egyedszámban észleltek, valamint mind a négy terepidőszak-művelés kombinációban legalább kétszer észleltek. A SAS program GLIMMIX moduljának segítségével általánosított lineáris modellt (generalized linear model) futtattunk, Poisson hibaeloszlással és log link függvény alkalmazásával. A függő változó a megfigyelt egyedszám, a diszkrét független változók pedig a terepidőszak, a művelés, és ezek kölcsönhatása voltak.

Eredmények és értelmezésük

A talajművelési módok hatása a földigiliszta-faunára

Az átlagos gilisztaszám és -tömeg az 1. táblázatban látható. A mintaterületen megtalált 6 faj: *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica*, *Octolasion lacteum*, *Lumbricus rubellus*, *Proctodrilus tuberculatus*, aktív állapotban mind a talaj felső 20 cm-es rétegében tartózkodik. Az adtafeldolgozás során arra kerestük a választ, hogy a művelés mennyiben hatott a giliszták számára és tömegére. A gilisztaszámok esetében a művelésnek ($P < 0,001$) és a parcellának volt szignifikáns hatása ($P = 0,044$), az interakciók közül pedig az év x mintavételi idő ($P < 0,001$), az év x Dióskál 1-2 ($P = 0,006$) és az év x művelés x Dióskál 1-2 ($P = 0,008$) volt szignifikáns (2. táblázat). Sem az év, sem a mintaidő, sem pedig Dióskál 1-2 hatása nem volt szignifikáns.

1. táblázat Átlagos (SE) gilisztaszám és -tömeg a mintavételi időpont és művelés függvényében
Table 1 Mean (SE) earthworm number and weight in relation to sampling time and tillage

Minta	Művelés	2004. ápr.		2004. okt.		2005. márc.		2005. okt-nov.	
		G. szám (db/m ²)	G. tömeg (g/m ²)	G. szám (db/m ²)	G. tömeg (g/m ²)	G. szám (db/m ²)	G. tömeg (g/m ²)	G. szám (db/m ²)	G. tömeg (g/m ²)
Dióskál 1	C	32,8 (10,1)	9,6 (4,6)	49,2 (13,1)	5,3 (1,8)	35,2 (10,8)	9,1 (4,5)	39,9 (9,9)	9,9 (4,0)
	M	53,9 (12,8)	18,7 (6,7)	91,4 (16,9)	25,5 (8,4)	234,4 (22,1)	85,4 (13,2)	157,1 (23,9)	44,1 (9,0)
Dióskál 2	C	45,7 (17,6)	14,3 (6,8)	35,2 (15,6)	3,7 (2,4)	31,7 (15,4)	5,7 (2,7)	35,2 (10,8)	10,1 (4,2)
	M	80,9 (22,1)	28,0 (12,8)	126,6 (23,7)	44,3 (11,5)	112,5 (23,5)	25,3 (9,0)	28,1 (11,4)	3,7 (2,0)

C – hagyományos, M – talajkímélő

2. táblázat Gilisztaszám az év, mintavételi idő, művelés, farm és parcella függvényében. Általánosított lineáris kevert modellek Satterthwaite korrekcióval és backward stepwise modellszelekcióval.

Table 2 Effects of field season, sampling time, tillage, farm and plot on earthworm abundance. Generalized linear mixed models with Satterthwaite correction and backward stepwise model selection.

	Gil. szám	df1	df2
Év (F)	0,31	1	694
Mintaidő (F)	0,05	1	694
Művelés (F)	22,44***	1	694
Dióskál 1-2 (F)	0,81	1	694
Parcella (Z)	1,71*		
Év × Mintaidő (F)	12,36***	1	694
Év × Művelés (F)	2,71	1	694
Év × Dióskál 1-2 (F)	7,61**	1	694
Mintaidő × Művelés (F)	0,48	1	693
Mintaidő × Dióskál 1-2 (F)	2,20	1	693
Művelés × Dióskál 1-2 (F)	0,68	1	694
Év × Mintaidő × Művelés (F)	2,24	2	692
Év × Mintaidő × Dióskál 1-2 (F)	1,22	2	692
Év × Művelés × Dióskál 1-2 (F)	3,98**	3	694
Mintaidő × Művelés × Dióskál 1-2 (F)	0,92	3	691

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$

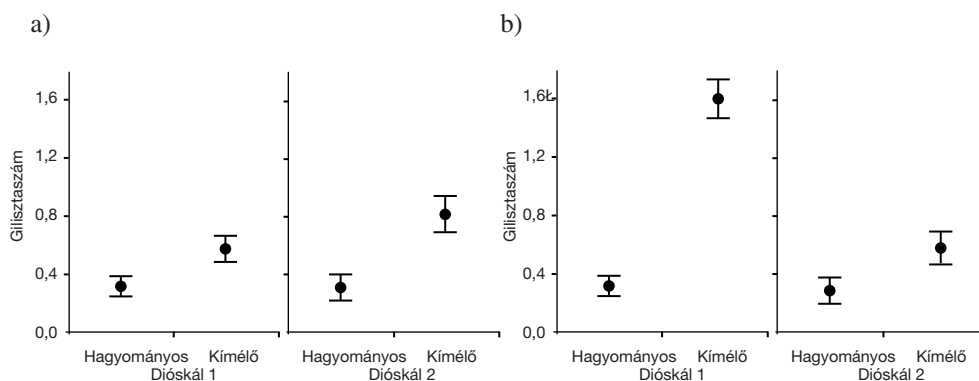
Mivel az évek között eltért mind a mintaidő, mind a mintaterület hatása, ezért egy újabb teszttel vizsgáltuk külön-külön a két évet. A mintavételi időnek mindkét évben szignifikáns hatása volt (első év $F_{1,339}=4,51$; $P=0,034$; második év $F_{1,355}=8,51$; $P=0,004$), de ellentétes irányban. Míg az első évben ősszel volt magasabb a giliszták száma mindkét művelési mód mellett, addig a második évben tavasszal volt magasabb. Ezt valószínűleg a mintavétel időpontjának időjárása is befolyásolta. A második év őszén szeptemberben esett le az utolsó csapadék, így a talaj felső rétege meglehetősen száraz volt a november eleji mintavételkor, a giliszták többsége ezért a mélyebb rétegekbe húzódott.

A mintaterület hatása viszont az első évben nem volt szignifikáns ($F_{1,339}=0,55$; $P=0,46$), míg a második évben Dióskál 1 gilisztaszáma magasabbnak bizonyult, mint Dióskál 2-é ($F_{1,355}=8,64$; $P=0,004$). Ez két okra vezethető vissza. Egyrészt a második évben tavasszal, a kukorica vetése előtt Dióskál 1-n a kémélő művelésű parcellán az őszi-telei időszakban másodvetésű védőnövényként vetett repce volt, ami igen kedvezően hatott a gilisztákra (talaj jobb fizikai és kémiai tulajdonságai). Másrészt ősszel Dióskál 1-n a kukorica betakarítása után, október elején, azonnal megvettük a mintákat, minden-nemű talajmunka előtt, míg Dióskál 2-n csak később került sor a mintavételre. Itt a búza learatása után a mintavételig tarlóhántott állapotban voltak a parcellák. A fent említett októberi csapadékszegény időszaknak köszönhetően a giliszták száma lecsökkent a talaj felső rétegében. Ez a kettő együtt eredményezhette a szignifikáns kölcsönhatást.

Egy további teszttel vizsgáltuk a második évben a két mintaterület és a művelés kölcsönhatását, mivel ez csak ebben a terepidőszakban volt szignifikáns. Dióskál 1-n igen jelentős különbség volt a kétféle művelési mód hatása között, a talajkímélő művelés javára ($F_{1,213}=60,09$; $P<0,001$). Dióskál 2-n is szignifikánsan hatott a művelés ($F_{1,141}=5,00$; $P=0,027$), itt is a talajkímélő művelés bizonyult kedvezőbbnek a giliszták számára, azonban a két művelési mód hatásának különbsége nem volt olyan jelentős, mint Dióskál 1 esetében (2. ábra – az átláthatóság kedvéért az első terepidőszakot is ábrázoltuk, bár itt nem volt szignifikáns sem a mintaterület hatása, sem a mintaterület x művelés interakció). A vetésváltás a két terület esetében ugyanaz volt, csak fordított, de csak Dióskál 1 esetében volt másodvetésű védőnövény a második terepidőszakban a talajkímélő művelésű parcellákon. Véleményünk szerint ez utóbbi okozta ezt a kiugró különbséget Dióskál 1-en. Dióskál 2 ebből a szempontból reálisabb különbséget mutat a művelési módok között.

A gilisztatömeg esetében csak a művelésnek ($P<0,001$) és a mintavételi időnek ($P=0,028$) volt szignifikáns hatása (3. táblázat). Sem az évnek, sem a mintaterületnek, sem a parcellának, sem pedig az interakciónak nem volt szignifikáns hatása. A tavaszi mintavételezéskor vett giliszták átlagos tömege volt nagyobb, műveléstől, évtől, mintaterülettől függetlenül. Az 3. ábrán a művelés hatása látható: a talajkímélő művelési területeken volt magasabb a giliszták átlagos tömege, évtől, mintavételi időponttól, mintaterülettől függetlenül.

Összefoglalva, a kémélő talajművelés jótékony hatással volt a földgiliszták aktivitására és fejlődésére. Ez köszönhető egyrészt a kisebb mértékű mechanikai bolygatásnak, másrészt a több szerves anyag jelenlétének, harmadrészt pedig a nagyobb talajnedvességnek (a feltalajban mindkét évben, mind a tavaszi, mind pedig az őszi mintavételkor 2–4%-kal magasabb volt a talajnedvesség tartalom a kémélő művelés esetében). A hagyományos művelésű parcellákhoz képest a kémélő művelésűn szignifikánsan több



2. ábra A művelés hatása a gilisztaszámra a farm és terepidőszak függvényében (átlag \pm SE)

a) 1. terepidőszak, b) 2. terepidőszak

Figure 2 Effect of tillage on earthworm abundance in relation to farm and field season (means \pm SE)

a) 1st field season, b) 2nd field season

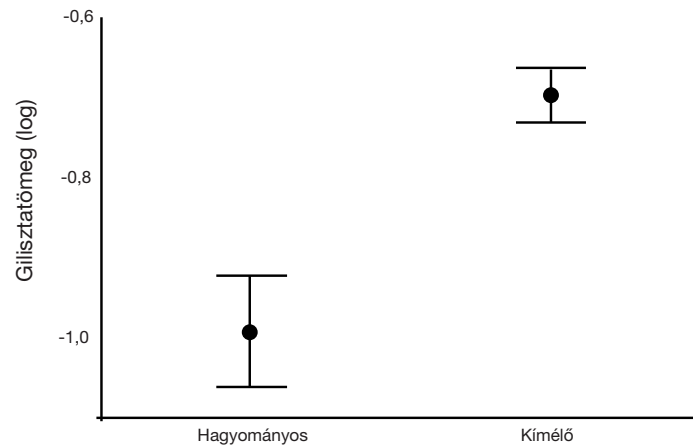
3. táblázat Gilisztatömeg az év, mintaidő, művelés, farm és parcella függvényében. Általános lineáris kevert modellek Satterthwaite korrekcióval és backward stepwise modellszelekcióval.

Table 3 Effects of field season, sampling time, tillage, farm and plot on earthworm weight. General linear mixed models with Satterthwaite correction and backward stepwise model selection.

	<i>G. tömeg</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>
Év (F)	3,25	1	247
Mintaidő (F)	4,86*	1	248
Művelés (F)	15,82***	1	248
Dióskál 1-2 (F)	0,03	1	247
Parcella (Z)	0,09		
Év \times Mintaidő (F)	0,06	1	246
Év \times Művelés (F)	1,40	1	246
Év \times Dióskál 1-2 (F)	0,32	1	245
Mintaidő \times Művelés (F)	0,00	1	247
Mintaidő \times Dióskál 1-2 (F)	0,72	1	246
Művelés \times Dióskál 1-2 (F)	2,90	1	246
Év \times Mintaidő \times Művelés (F)	0,96	4	243
Év \times Mintaidő \times Dióskál 1-2 (F)	0,26	2	242
Év \times Művelés \times Dióskál 1-2 (F)	1,71	4	242
Mintaidő \times Művelés \times Dióskál 1-2 (F)	1,12	4	243

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

giliszta fordult elő, és a tömegük is szignifikánsan nagyobb volt, mindkét évben, mindkét vetésváltás esetén. A kapott eredmények megegyeznek az irodalmi adatokkal. A mintavételi időpontok és a mintaterületek hatását befolyásolta a Dióskál 2-n az időjárási viszonyok miatt nem a legszerencsésebb időpontban elvégzett mintavétel. A kiugró különbségeket feltehetően a repce védőnövény jelenléte okozta. Ez megmutat-



3. ábra A gilisztatömeg a művelés függvényében (átlag \pm SE)
 Figure 3 Effect of tillage on earthworm weight (means \pm SE)

kozik egyrészt a második terepidőszak tavaszi mintavételi időpontjának, másrészt a második terepidőszak Dióskál 1-es kímélő parcelláinak szignifikánsan nagyobb giliszta-számában.

A talajművelési módok hatása a madárfaunára

Az első terepi időszakban összesen 26 faj 1738 egyede volt megfigyelhető, ebből 11 faj 190 egyede (11%) a hagyományos, 26 faj 1548 egyede (89%) a talajkímélő parcellákon. A második terepi időszakban 36 faj 5749 egyede volt megfigyelhető, ebből 28 faj 957 egyede (17%) a hagyományos, 31 faj 4792 egyede (83%) a talajkímélő parcellákon. Meg kell jegyezni azonban, hogy a második terepi időszak 5 megfigyeléssel hosszabb volt, így a számok nem összehasonlíthatóak. Ha fedésbe hozzuk a két adatsort, akkor a második terepi időszakban 31 faj 3417 egyede volt megfigyelhető, ebből 20 faj 754 egyede (22%) a hagyományoson, 29 faj 2663 egyede (78%) a talajkímélő parcellákon. Ezek a számok azonban még így is torzítják a valós képet, mivel bizonyos fajoknak a teljes megfigyelési időszakban csak egy egyedét sikerült észlelni, míg más fajok igen nagy egyedszámú csapatokban táplálkoztak a területen, tehát az egyedek nem kezelhetők egymástól független adatpontokként. Pl. Dióskál 1 M4-es parcellán 2004. október 11-én kb. 1000 fős nyári lúd csapat táplálkozott, az M1-es parcellán ugyanekkor 1 mezei pacsirta. Célszerű volt ezért az egyes fajok észlelésszámával számolni. Ehhez az adattáblázatot binárisá alakítottuk. Így a 0 érték azt jelenti, hogy az adott faj egyetlen egyedét sem lehetett észlelni, míg az 1-es érték azt jelenti, hogy észlelték. Az igen ritkán észlelt fajok adatai kevés statisztikailag értékelhető információt hordoznak a művelés hatásáról, ezért csak a 15 vagy annál több alkalommal észlelt fajok (két terepi időszak összevont adatai alapján) adatait elemeztük. A legalább 15-ször észlelt fajok észlelésszámait a 4. táblázat mutatja. Az észlelésszám bevezetésével és a küszöbérték (legalább 15 alkalommal észlelt fajok) meghatározásával a 0 értékek száma is csökkent az adatmátrixban, így annak értelmezhetősége jelentősen megnőtt.

4. táblázat A 15 vagy annál több alkalommal észlelt madárfajok észlelésszámai
 Table 4 Detection numbers of bird species observed at least 15 times

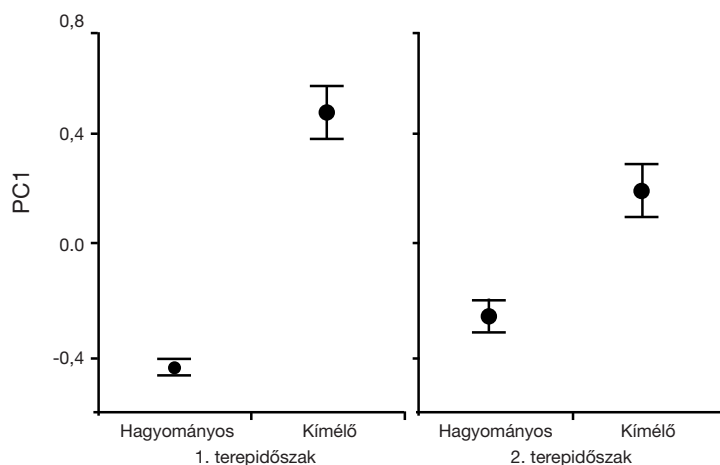
Fajok Magyar név	Latin név	2003–2004		2004–2005		Összes
		D 1-2 C	D 1-2 M	D 1-2 C	D 1-2 M	
kékes rétihéja	Circus cyaneus	0	3	0	12	15
egerészölyv	Buteo buteo	3	7	4	18	32
fácán	Phasianus colchicus	11	13	7	4	35
mezei pacsirta	Alauda arvensis	12	75	22	28	137
barázdabillegető	Motacilla alba	6	6	5	2	19
dolm./kormos varjú	Corvus cornix	3	17	10	37	67
seregély	Sturnus vulgaris	2	6	3	7	18
mezei veréb	Passer montanus	2	15	4	10	31
fenyőpinty	Fringilla montifringilla	0	4	3	11	18
tengelic	Carduelis carduelis	0	34	7	10	51
zöldike	Carduelis chloris	0	7	4	9	20
citromsármány	Emberiza citrinella	0	24	1	16	41

D 1-2 - Dióskál 1-2, C - hagyományos parcellák, M - talajkímélő parcellák

A főkomponens analízist a legalább 15-ször észlelt 12 fajra végeztük. Az első főkomponens a Cohen féle medium effect size 0,3-as konvencionális korrelációs küszöbértéke fölött (COHEN 1988) 6 fajjal korrelál, minddel pozitívan. Ezek a következők: mezei pacsirta, mezei veréb, fenyőpinty, tengelic, zöldike, citromsármány (mind kistestű énekesek). Következő lépésként arra kerestük a választ, hogy az évek között hogyan változott a művelés hatásának időbeni mintázata.

Az elemzés után megállapítható, hogy Dióskál 1 és 2-nek és a terepi időszaknak nem volt hatása a parcellákon táplálkozó 6 faj előfordulásának alakulására. Ezzel ellentétben mind a művelésnek ($P < 0,001$), mind a mintavétel időpontjának ($P < 0,001$), mind pedig a parcellának ($P = 0,005$), továbbá két interakciónak (terepi időszak x művelés ($P = 0,001$), mintavételi időpont x művelés ($P < 0,001$)), szignifikáns hatása volt (5. táblázat). A 4. ábrán látható, hogy mindkét terepidőszakban szignifikáns különbség volt a kétféle művelési mód között, a talajkímélő művelés javára, és ez a különbség jóval nagyobb volt az első terepszezonban ($F_{1,20.1} = 23,48$; $P < 0,001$), mint a másodikban ($F_{1,20} = 6,61$; $P = 0,018$).

A művelés hatásának időbeni mintázatát (szignifikáns mintavételi időpont x művelés interakció) a 15 mintavételi időpontra egyenként vizsgálva pedig megállapítható, hogy csak az első három időpontban (november 2–3 és december 1) nem volt szignifikáns a művelési hatás, az összes többi időpontban igen (6. táblázat, 5. ábra). Ez a következő okokra vezethető vissza. A második terepidőszakban Dióskál 1-en, az őszi talajmunkák előtti megfigyelési periódusra jellemző, hogy a kétféle művelésű parcellán nem mutatkozott nagy különbség a megfigyelt madarak számát illetően. A kímélő művelésű parcellákon elvetett repce fokozatos fejlődésével a kistestű énekesek egyre inkább a



4. ábra A madárfajok előfordulási mintázatának első főkomponense (PC1) a terepidőszak és a művelés függvényében (átlag \pm SE)

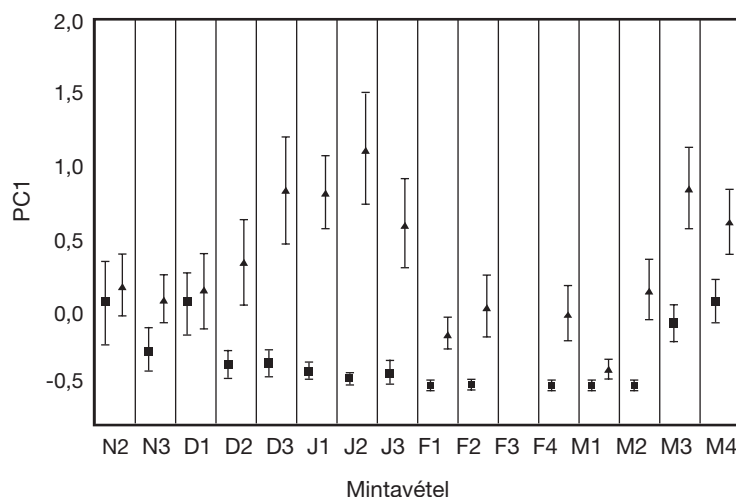
Figure 4 The first principal component (PC1) of the occurrence pattern of birds in relation to field season and tillage (means \pm SE)

5. táblázat A madárfajok előfordulási mintázatának első főkomponense (PC1) a terepidőszak, farm, művelés, mintavétel és parcella függvényében. Általános lineáris kevert modellek Satterthwaite korrekcióval és backward stepwise modellszelekcióval.

Table 5 The first principal component of the occurrence pattern of bird species (PC1) in relation to field season, farm, tillage, sampling time and plot. General linear mixed models with Satterthwaite correction and backward stepwise model selection.

	PC1	df1	df2
Terepidőszak (F)	0,56	1	600
Dióskál 1-2 (F)	0,02	1	19,1
Művelés (F)	19,69***	1	20
Mintavétel (F)	4,50***	14	600
Parcella (Z)	2,57**		
Terepidőszak \times Dióskál 1-2 (F)	0,94	2	35,2
Terepidőszak \times Művelés (F)	11,38***	1	600
Terepidőszak \times Mintavétel (F)	1,17	14	586
Dióskál 1-2 \times Művelés (F)	0,01	1	18,1
Dióskál 1-2 \times Mintavétel (F)	0,39	15	186
Mintavétel \times Művelés (F)	3,10***	14	600
Parcella \times Művelés (Z)	0		
Terepidőszak \times Dióskál 1-2 \times Művelés (F)	1,14	4	33,3
Terepidőszak \times Dióskál 1-2 \times Mintavétel (F)	0,81	43	346
Terepidőszak \times Mintavétel \times Művelés (F)	1,46	28	572
Dióskál 1-2 \times Művelés \times Mintavétel (F)	0,50	30	176

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001



5. ábra A madárfajok előfordulási mintázatának első főkomponense (PC1) a mintavételi időpont és a művelés függvényében (átlag \pm SE). Az F3 mintavételi időpont az összehasonlításból kimaradt, mert az első terepidőszakból ekkor nincsenek adatok. Négyzetek: hagyományos művelés; háromszögek: talajkímélő művelés.

Figure 5 The first principal component (PC1) of the occurrence pattern of birds in relation to sampling time and tillage (means \pm SE). The F3 sampling date is omitted from the comparison due to lack of data from the first field season. Squares, conventional plots; triangles, conservation plots.

6. táblázat A madárfajok előfordulási mintázatának első főkomponense (PC1) a művelés függvényében, az egyedi mintavételi időpontokban. Általános lineáris kevert modellek Satterthwaite korrekcióval és backward stepwise modellszelekcióval. További független változók a modellben: terepi időszak, parcella.

Table 6 The first principal component of the occurrence pattern of bird species (PC1) in relation to tillage, at each individual sampling time. General linear mixed models with Satterthwaite correction and backward stepwise model selection. Further independent variables in the model were field season and plot.

Művelés	F	df1	df2	Művelés	F	df1	df2
N2 (November 2)	0,77	1	32	F1 (Február 1)	7,31*	1	20
N3 (November 3)	3,00	1	40	F2 (Február 2)	6,82*	1	42
D1 (December 1)	0,08	1	40	F4 (Február 4)	9,55**	1	40
D2 (December 2)	5,55*	1	42	M1 (Március 1)	4,22*	1	42
D3 (December 3)	10,23**	1	42	M2 (Március 2)	7,20*	1	20
J1 (Január 1)	23,21***	1	42	M3 (Március 3)	9,55**	1	42
J2 (Január 2)	16,56***	1	42	M4 (Március 4)	4,19*	1	42
J3 (Január 3)	8,33**	1	20				

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

hagyományos parcellákat részesítették előnyben, ahol is az őszi mélyszántásra viszonylag későn, december elején került sor. A repce nagy felszínborításának és magasságának köszönhetően a madarak nagyobb biztonságban tudtak táplálékot szerezni a hagyományos parcellákon (ragadozók észlelése). A szántást követően a helyzet megváltozott, a madarak elkerülték a hagyományos parcellákat, és a kímélő művelésű parcellák kevésbé borított részein táplálkoztak. Ugyanebben a három időpontban volt szignifikáns

a művelési hatás évek közötti különbsége is ($N_2-F_{1,32}=5,45$; $P=0,026$; $N_3-F_{1,40}=8,81$; $P=0,005$; $D_1-F_{1,40}=6,50$; $P=0,015$), amely szintén azt mutatja, hogy ebben a három mintavételi időpontban a második terepidőszak tompította a két művelés hatása közti összevont különbséget.

Az első előfordulási főkomponens a sokdimenziós tér adatpontjainak változatosságát csak alacsony százalékban magyarázta (15,65%). Ennek okát részben az adatok bináris jellegében kereshetjük, de valószínű az is, hogy az egyes fajok előfordulását a művelésen kívül számos egyéb tényező befolyásolta (felhasznált táplálék minősége és mennyisége, időjárásra való érzékenység stb.), amely faktorok a különböző fajokra eltérően hatottak, így azok előfordulását nagymértékben függetlenné tették.

Következő lépésként tehát fajonként is vizsgáltunk. Megállapítottuk, hogy a 12 faj közül 7-re szignifikánsan hatott a művelés (7. táblázat). Ezek a következők: kékes réti-héja, egerészölyv, mezei pacsirta, dolmányos varjú, mezei veréb, tengelic, citromsármány. Mind a hét faj a talajkímélő módon művelt parcellákon fordult elő többször. A hét faj közül a mezei pacsirta és a dolmányos varjú megtalálási valószínűsége tért el szignifikánsan a két terepi időszak között. Míg a mezei pacsirta az első terepidőszakban volt gyakoribb, addig a dolmányos varjú a másodikban. Az első terepidőszakban a mezei pacsirták kisebb-nagyobb csapatokban kiteleltek az adott táplálékbázis mellett, folyamatosan megfigyelhetők voltak a területen. A második évben ugyanakkor csak az őszi szántás előtt, illetve februártól kezdődően voltak újra észlelhetők a területen. A pacsirták elvonulásának oka a kevesebb táplálék mellett a hidegebb időjárás lehetett. Míg az első szezonban 29 volt a hótakarásos napok száma, addig a második szezonban 49, és számos északról érkező faj is nagyobb számban volt jelen a területen (fenyőpinty, süvöltő). Végül a mezei pacsirta és a tengelic esetében a művelés megtalálási valószínűsége gyakorolt hatása eltért az évek között. Ezt a különbséget a pacsirták esetében az okozta, hogy az első terepidőszakban sokkal többször észlelték őket és jelentősebb volt a különbség a kétféle művelés hatása között, a talajkímélő parcellák javára, mint a második évben. A tengelicek pedig az első szezonban csak a talajkímélő módon művelt parcellákon voltak megfigyelhetők, a második szezonban viszont Dióskál 1 hagyományos parcelláin is. Ez a szezonális eltérés mindkét faj esetében valószínűleg a repce jelenlétének köszönhető a második évben, a talajkímélő parcellákon.

A fajok egy kisebb csoportjában (fácán, mezei pacsirta, barázdabillegető, dolmányos varjú, seregély, mezei veréb) azt is megvizsgálhattuk, hogy az észlelésenkénti egyedszámok eltértek-e a kétféle művelésű terület között. Négy faj esetében észleltünk műveléshatást (fácán, mezei pacsirta, mezei veréb és seregély) (8. táblázat, 6. ábra). A facán, a mezei pacsirta és a mezei veréb a talajkímélő művelésű parcellákon fordult elő nagyobb egyedszámban. A seregély az egyetlen faj, amelynek egyedszáma nem a várt irányú különbséget mutatja, de itt szignifikáns kölcsönhatást is megfigyelhetünk a terepidőszak és a művelés között ($F_{1,14}=4,93$; $P=0,043$). A faj az első terepidőszakban a hagyományos parcellán fordult elő nagyobb számban ($F_{1,6}=6,42$; $P=0,044$), míg a második évben nem szignifikáns a különbség ($F_{1,8}=0,86$; $P=0,381$). 2003 őszének enyhe időjárása hatására nem vonult el az összes seregély, így fordulhatott elő, hogy december elején egy 45 fős csapat tartózkodott a Dióskál 1-es mintaterületen. Valószínűsíthetően rovarok után kutattak a hagyományos művelésű parcellán, melyen röviddel azelőtt fejeződött be a szántás.

7. táblázat A terepidőszak és a művelés hatása a 15 vagy annál több esetben észlelt madárfajok előfordulására

Table 7 Effects of field season and tillage on the occurrence of bird species observed at least 15 times

Magyar név	Latin név	Terepidőszak	Művelés	Terepidőszak × Művelés
kékes rétihéja	Circus cyaneus	5,020*	16,412***	0,382
egerészölyv	Buteo buteo	4,321*	10,620**	0,701
fácán	Phasianus colchicus	5,282*	0,029	0,931
mezei pacsirta	Alauda arvensis	14,783***	46,045***	21,884***
barázdabillegető	Motacilla alba	1,372	0,445	0,736
dolmányos varjú	Corvus cornix	11,856***	29,400***	0,118
seregély	Sturnus vulgaris	0,16	3,393	0,038
mezei veréb	Passer montanus	0,376	12,228***	1,354
fenyőpinty	Fringilla montifringilla	5,198*	7,993**	0,436
tengelic	Carduelis carduelis	6,778**	31,053***	16,766***
zöldike	Carduelis chloris	1,582	7,160**	2,25
citromsármány	Emberiza citrinella	1,501	46,002***	1,026

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

kiemelve P<0,0042 (Bonferroni-korrekció után is szignifikáns)

8. táblázat A terepidőszak és művelés hatása a megfigyelésenkénti egyedszámra.

Általánosított lineáris modellek backward stepwise modellszelekcióval. Az F értékek, illetve zárójelben a szabadsági fokok kerülnek bemutatásra.

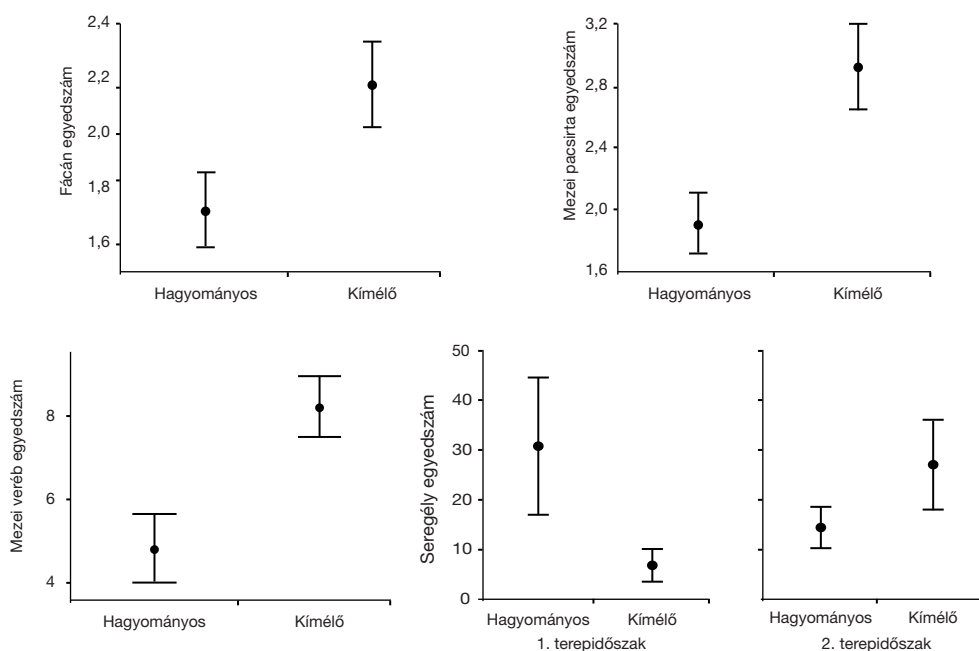
Table 8 Effects of field season and tillage on the number of birds per observation. Generalized linear models with backward stepwise model selection. F values are shown with degrees of freedom in parentheses

Magyar név	Latin név	Terepidőszak	Művelés	Terepidőszak × Művelés
fácán	Phasianus colchicus	0,02 (1,32)	4,90* (1,33)	2,08 (1,31)
mezei pacsirta	Alauda arvensis	0,65 (1,134)	5,25* (1,135)	0,02 (1,133)
barázdabillegető	Motacilla alba	2,19 (1,17)	0,22 (1,17)	0,91 (1,15)
dolmányos varjú	Corvus cornix	0,06 (1,65)	0,30 (1,65)	2,23 (1,63)
mezei veréb	Passer montanus	1,33 (1,28)	5,00* (1,29)	0,09 (1,27)
seregély	Sturnus vulgaris	0,38 (1,14)	0,76 (1,14)	4,93* (1,14)

*P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001

Következtetések

A két terepi időszakban összesen 37 fajt regisztráltunk. 76%-uk (28 faj) védett, tehát természetvédelmi szempontból is igen fontosak a mezőgazdasági területek. A madárfajok európai természetvédelmi jelentőségének (SPEC – Species of European Conservation Concern, SPEC 1 – világszerte veszélyeztetett faj; SPEC 2 – Európában veszélyez-



6. ábra A fácán, mezei pacsirta, mezei veréb és seregély megfigyelésenkénti egyedszámának változása a művelés függvényében (átlag ± SE)

Figure 6 The number of Pheasants, Skylarks, Tree Sparrows and Starlings per observation in relation to tillage (means ± SE)

tetett, és állományának nagy része a kontinensünkön él; SPEC 3 – Európában veszélyeztetett, de állományának nagy része földrészünkön kívül fordul elő; SPEC 4 (Non-SPEC) – olyan faj, mely állományának több mint fele Európában található, és nem veszélyeztetett) értékelésére nemzetközi osztályozási rendszert fejlesztettek ki, ami figyelembe veszi azok globális és európai állományának helyzetét, valamint azt is, hogy milyen az európai állomány aránya a faj teljes világállományához viszonyítva. Az általunk regisztrált fajok közül egy a SPEC 2-es kategóriába tartozik (kenderike *Carduelis cannabina*), tíz faj pedig a SPEC 3-as kategóriába (barátcinege *Parus palustris*, búbos pacsirta *Galerida cristata*, cigánycsuk *Saxicola torquata*, fűj *Coturnix coturnix*, kékes rétihéja *Circus cyaneus*, mezei pacsirta *Alauda arvensis*, mezei veréb *Passer montanus*, nagy őrgébics *Lanius excubitor*, seregély *Sturnus vulgaris*, vörös vércse *Falco tinnunculus*), tehát a megfigyelt fajok 30%-a bír európai természetvédelmi jelentőséggel (BirdLife International 2004).

A fajok 60%-ának (22 faj) táplálékában szerepelnek a magvak, ezért lényeges, hogy a téli kritikus időszakban e területek képesek legyenek biztosítani élelemszükségletüket. Összességében megállapítható, hogy a talajkímélő művelésű parcellák két téli periódusban, kétféle vetésváltás esetében is előnyösebbek voltak a hagyományos művelésűeknél, mégpedig elsősorban a kistestű énekesmadarak számára (mezei pacsirta, mezei veréb, fenyőpinty, tengelic, zöldike, citromsármány). A talajkímélő művelés alkalmazásával potenciálisan csökkenthető a mezőgazdaság madárfaunára gyakorolt káros hatása, mivel a téli időszakban nagyobb táplálékbázis biztosítható általa, így a madarak túlélési esélyét növeli.

A projekt során a művelés és a madarak előfordulása közötti közvetett kapcsolat mellett vizsgáltuk a közvetlen kapcsolatot is, tehát a rendelkezésre álló táplálékbázist is összehasonlítottuk a kétféle művelésű parcellákon. A kémélő művelésű parcellákon nagyobb számban és többféle gyommag fordult elő. A keserűfűfélék (*Polygonaceae*) családjából a szulák keserűfű (*Polygonum convolulus*); a tátogatófélék (*Scrophulariaceae*) családjából a borostyánlevelű veronika (*Veronica hederifolia*) magszáma jelentősen több a kémélő művelésű parcellákon a hagyományos művelésűekhez képest (nem publikált adat). Mindkét család fajainak magja fontos madártáplálék (MARSHALL et al. 2003).

Mindkét téli periódus majd mindegyik mintavételi időpontjában szignifikáns különbség volt a két művelési mód kistestű énekesmadarak előfordulására gyakorolt hatása között. A másodvetésű védőnövényként vetett repce nagy felszínborításának és magasságának köszönhetően a második terepidőszak elején tompította ezt a különbséget. Ezen fajok számára nem volt előnyös a repce jelenléte. Számos más fajnak ezzel szemben kimondottan kedvezett: a libafélék (*Anseriformes*) közül a nyár lúd (*Anser anser*), a vetési lúd (*Anser fabalis*) és a nagy lilik (*Anser albifrons*) az őszi vetések megerősödéséig, illetve a kukoricaaratásig rendszeresen látogatták a repcevetést, mivel más táplálékforrás nem állt rendelkezésükre. A ragadozó madaraknak, elsősorban a kékes rétihéjának (*Circus cyaneus*) és az egerészölyvnek (*Buteo buteo*) szintén kedvezett a repcevetés, valószínűleg azért, mert táplálékállataik a kémélő művelésű parcellákon elszaporodtak (feltételezhetően szintén a repce jelenlétének köszönhetően).

Dióskál 2 mintaterület 2003/2004-es terepidőszakának adatai alapján elmondható, hogy az őszi vetésű növények betakarítása és a megfelelő időben elvégzett tarlóhántás után a kémélő művelésű parcellákon felnövő gyomok maghozó képessége elegendő a madarak átteleléséhez. (A tavasszal végzett gyomszabályozás esetén ezek a gyomok nem jelentenek problémát a természetett növények számára). Ha a tarlóhántás után védőnövény vetésére kerül sor, célszerű még a tél beállta előtt betárcsázni, így a talajvédő funkciója megmarad, ugyanakkor a kistestű énekesek biztonságosan tudnak táplálkozni a területen, továbbá a tavaszi betárcsázásnak nem esnek áldozatul a földön fészkelő madárfajok fészekaljai. A beavatkozások megfelelő időben történő elvégzése tehát több szempontból is fontos. Ehhez nélkülözhetetlen az adott területen gazdálkodók megfelelő szakmai ismerete és hozzáállása, hiszen csak ezek birtokában lehetséges a növénytermesztést és a talaj-, illetve természetvédelmi szempontokat összehangolni.

A szezonális változást az agronómián kívül az időjárás, a szegélyterületek változása, illetve a környező táj változása is okozhatta. A második periódusban például a C2–M5 parcelláktól délre, illetve az M7–C8 parcelláktól északra eső, szántó művelési ágba tartozó, jelenleg szőlővel betelepített, de elhanyagolt terület magas gyomborítottsága sok madarat eltérített a megfigyelt parcellákról. Hasonlóan az M12–C9 parcelláktól ÉK-re eső napraforgó vetés területe (2004) is nagyobb táplálékkészlettel rendelkezhetett, mint a megfigyelt terület, így sok madarat elvonzott.

Az Európai Unió Közös Agrárpolitikájának reformját jelenti, hogy a termeléshez kötődő támogatások csökkenése mellett a hangsúly az agrár-környezetvédelmi és vidékfejlesztési kifizetésekre tevődik át. A támogatások mértéke a gazdálkodás rendszerétől, annak minőségétől, biztonságától, környezeti és társadalmi teljesítményétől függ. Növekszik tehát azon gazdálkodási formáknak a versenyképessége, amelyek kevesebb anyagot, energiát használnak fel, a környezetre kedvező hatással vannak és a biodiverzitás fenntartására törekcszenek. A két éves kísérleti eredményeink azt mutatják, hogy intenzív

mezőgazdálkodási gyakorlatban is van lehetőség a biodiverzitás megőrzésére szintvonalmenti sekély talajművelés alkalmazásával és a szármaradványok részbeni bedolgozása, részbeni felszínen hagyása mellett. A talajkímélő művelés jövedelmezősége hasonlóképpen alakult a hagyományos műveléséhez. A művelés összes költségével számolva átlagosan 5%-nyi költségcsökkenés volt elérhető a talajkímélő műveléssel (elsősorban a kisebb gépi művelési költségeknek köszönhetően). Az átlagosan 4-5%-kal kisebb hozamok eredményezte árbevétel kiesést az alacsonyabb költségek kiegyenlítették.

Irodalom

- BALDASSARRE G., WHYTE R., QUINLAN E., BOLEN E. 1983: Dynamics and quality of waste corn available to post-breeding waterfowl in Texas. *Wildl. Soc. Bull.* 11: 25–31.
- BÁDONYI K. 2006: A hagyományos és a kímélő talajművelés hatása a talajerózióra és az élővilágra. *Tájökológiai Lapok* 4: 1–16.
- BÁLDI A. 2005: Az agrár-környezetvédelmi programok ökológiai kutatásának szükségességéről. *A Falu*, 20: 61–65.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004: Birds in the European Union: a status assessment. BirdLife International, Wageningen, The Netherlands.
- BIRKÁS M., JOLÁNKAI M., GYURICZA CS., PERCZE A. 2004: Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil & Tillage Research* 78: 185–196.
- BRADBURY R. B., ALLEN D. S. 2003: Evaluation of the impact of the pilot UK arable stewardship scheme on breeding and wintering birds. *Bird Study* 50: 131–141.
- CASTRALE J. S. 1985: Responses of wildlife to various tillage conditions. *Trans. N. Am. Wildl. Nat. Resources Conf.* 50: 142–156.
- COHEN J. 1988: Statistical power analysis for the behavioural sciences. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
- CUNNINGHAM H., BRADBURY R., CHANEY K., WILCOX A. 2005: Effect of non-inversion tillage on field usage by UK farmland birds in winter. *Bird Study* 52: 173–179.
- EMMERLING C. 2001: Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Applied Soil Ecology* 17: 91–96.
- FÜLÖP GY., SZILVÁCSKU Zs. (szerk.) 2000: Természetkímélő módszerek a mezőgazdaságban. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Eger.
- HARPER ADAMS UNIVERSITY COLLEGE 2003: Earthworm soil core standard operating procedure. Crop and Environment Research Centre, Newport, UK.
- HOLLAND J. M. 2004: The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103: 1–25.
- JAKAB G., SZALAI Z. 2005: Barnaföld erózióérzékenységének vizsgálata esztétetással a Tetves-patak vízgyűjtőjén. *Tájökológiai Lapok* 3: 177–189.
- JAKAB G. 2006: A vonalas erózió megjelenési formái és mérésének lehetőségei. *Tájökológiai Lapok* 4: 17–33.
- MARSHALL E. J. P., BROWN V. K., BOATMAN N. D., LUTMAN P. J. W., SQUIRE G. R., WARD L. K. 2003: The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *European Weed Research Society, Weed Research* 43: 77–89.
- MOORCROFT D., WHITTINGHAM M. J., BRADBURY R. B., WILSON J. D. 2002: Stubble field prescriptions for granivorous birds – The role of vegetation cover and food abundance. *J. Appl. Ecol.* 39: 535–547.
- PERKINS A. J., WHITTINGHAM M. J., MORRIS A. J., BARNETT P. R., WILSON J. D., BRADBURY R. B. 2000: Habitat characteristics affecting use of lowland agricultural grassland by birds. *Biological Conservation* 95: 279–294.
- SAS INSTITUTE INC. 1999: SAS System for Windows, Version 8.2. Cary, NC, USA.
- SIRIWARDENA G. M., BAILLIE S. R., CRICK H. Q. P., WILSON J. D. 2000: The importance of variation in the breeding performance of seed-eating birds in determining their population trends on farmland. *J. Appl. Ecol.* 37: 128–148.
- STATSOFT 2000: Statistica 5.5, Tulsa, Oklahoma.

- SZABÓ M., BARCZI A., TURCSÁNYI G. 2001: A környezet állapota és használatának néhány szempontja Magyarországon. In: ÁNGYÁN J., PODMANICZKY L., SZABÓ M., VAJNÁNÉ MADARASSY A. (szerk.): Az Érzékeny Természeti Területek (ÉTT) rendszere. Tanulmányok Magyarország és az Európai Unió természetvédelméről. TEMPUS Institutional Building Joint European Project. ELTE-TTK, SZIE-KGI, KÖM-TvH, Budapest-Gödöllő-Berlin-Madrid-Thessaloniki. pp. 19–87.
- WILSON J. D., TAYLOR R., MUIRHEAD L. B. 1996: Field use by farmland birds in winter: an analysis of field type preference using re-sampling methods. *Bird Study* 43: 320–332.
- ZICSI A. 1960: Ökológiai, faunisztikai és rendszertani tanulmányok Magyarország földgilizsfaunáján. Kandidátusi értekezés. MTA Talajzoológiai Kutatócsoport, Budapest. p. 193.
- ZICSI A. 1967: Die Auswirkung von Bodenbearbeitungsverfahren auf Zustand und Besatzdichte von einheimischen Regenwürmern. In: GRAFF, SATCHELL (eds.): *Progress in Soil Biology*. Braunschweig. pp. 290–298.

COMPARATIVE AGROECOLOGICAL STUDY OF TILLAGE METHODS

K. BÁDONYI

Department for Physical Geography, Geographical Research Institute, HAS
H-1112 Budapest, Budaörsi út 45. E-mail: Bad8379@iif.hu

Keywords: conventional tillage, conservation tillage, earthworms, birds

In Hungary, 48.5% of the land is under agricultural crop production, so it is important to consider these areas also as habitats. In the SOWAP project – under the EU Life-Environment Programme and in cooperation with Syngenta – we tested whether conservation tillage (disk instead of plough, crop residues left on soil surface) is beneficial for earthworms and farmland birds in comparison to conventional tillage. These taxa are important bioindicators of good soil health and healthy countryside, respectively. The study site (Dióskál) is in a hilly agricultural region in Zala County, southwest of Lake Balaton. The experiment was carried out on 12 pairs of plots (12 conventional, 12 conservation, each between 3–5 ha in size, in total 107 ha), in maize-wheat crop rotation, between 2003–2005. Earthworms were sampled twice a year, and feeding birds were recorded weekly within two winter periods, along transects. Comparing to conventional tilled plots, the number of earthworms was significantly higher on the conservation tilled plots, and their weight was also significantly higher, in both years and in case of both crop rotations. Conservation tillage was beneficial during two winter periods, in both crop rotations, and principally so for seed eating small songbirds such as Skylark, Tree Sparrow, Brambling, Goldfinch, Greenfinch and Yellowhammer. At nearly all sampling dates (12 out of 15) of both winter periods there was a significant effect of tillage on the occurrence of small songbirds, for the benefit of conservation tillage. At species level tillage had a significant effect on 7 out of the 12 species that could be examined. All of these were recorded more frequently on the conservation tilled plots. In a smaller group of the species we also explored whether the number of birds by observations differed at the two tillage types. Pheasants, Skylarks and Tree Sparrows were detected in significantly greater numbers on the conservation plots. We conclude that using conservation instead of conventional tillage, besides protecting soil resources, may also promote biodiversity within an intensive agricultural system.