

Környezetkímélő
talajművelési
rendszerek
Magyarországon

– elmélet és gyakorlat –

Szerkesztette:
Madarász Balázs

2015

Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon

– elmélet és gyakorlat –

Szerkesztette

MADARÁSZ BALÁZS



MTA CSFK Földrajztudományi Intézet

Budapest, 2015

Szerkesztette
MADARÁSZ BALÁZS

A tanulmányokat lektorálták

BÁDONYI KRISZTINA

BÍRÓ BORBÁLA

JAKAB GERGELY

MADARÁSZ BALÁZS

SZALAI ZOLTÁN

TÓTH ADRIENN

ZACHÁRY DÓRA

A kötet kiadását támogatta

Syngenta Kft., BCE Kertészettudományi Kar, Nemzeti Kutatási,
Fejlesztési és Innovációs Hivatal

Felelős kiadó

ÁBRAHÁM PÉTER, főigazgató

Magyar Tudományos Akadémia
Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

© MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, 2015

www.mtafki.hu

ISBN 978-963-9545-46-5

TARTALOM

BARCZI ATTILA, HARRACH TAMÁS, NAGY VALÉRIA: A minimális talajbolygatás jótékony hatása a talajszerkezetre – Egy németországi tanulmányút tapasztalatai.....	4
BENKE SZABOLCS, MADARÁSZ BALÁZS, BÁDONYI KRISZTINA, KERTÉSZ ÁDÁM: A környezetkímélő talajművelés hatása a madárfaunára.....	15
BIRKÁS MÁRTA, KENDE ZOLTÁN, PÓSA BARNABÁS: A környezetkímélő talajművelés szerepe a klímakár-enyhítésben.....	32
BIRÓ BORBÁLA, HEGEDŰS ANTAL: <i>Pseudomonas</i> biotrágya környezetkímélő alkalmazási lehetőségeinek tanulmányozása árpa tesztnövényvel.....	41
CSORBA SZILVESZTER, BERÉNYI ÜVEGES JUDIT, FARKAS CSILLA, BIRKÁS MÁRTA: Talajfizikai indikátorok a talajművelés-hatás kimutatásában.....	50
DOMONKOS MÓNIKA, HORVÁTH ZOLTÁN, MADARÁSZ BALÁZS, BIRÓ BORBÁLA: Művelési módok összehasonlító értékelése mikrobiológiai és mikromorfológiai vizsgálatokkal.....	63
MADARÁSZ BALÁZS, CSEPINSZKY BÉLA., BENKE SZABOLCS., JUHOS KATALIN., BÁDONYI KRISZTINA.,KERTÉSZ ÁDÁM: Gyepes sávok szerepe a talajerózió elleni védekezésben.....	77
RÁDICS JÁNOS PÉTER, JÓRI J. ISTVÁN, FENYVESI LÁSZLÓ: A talajművelés hatása a talaj CO ₂ kibocsátására	86
SZABÓ ISTVÁN, BALÁZSY SÁNDOR, VÉGSŐ ZSANETT, JENS MICHELS, VAJDA PÉTER: A forgatás nélküli mulcsos talajművelés, mint a tarlómaradványok mikrobiális lebontásának leghatékonyabb technológiája.....	104
SZŰCS LILLA, TUBA GÉZA, CZIMBALMOS RÓBERT, ZSEMBELI JÓZSEF: A PRP-SOL talajkondicionáló szer hatása a talaj hidraulikus tulajdonságaira hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben.....	111
ZSEMBELI JÓZSEF, SZŰCS LILLA, TUBA GÉZA, CZIMBALMOS RÓBERT: Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon	122

A minimális talajbolygatás jótékony hatása a talajszerkezetre – Egy németországi tanulmányút tapasztalatai

¹BARCZI ATTILA, ²HARRACH TAMÁS, ³NAGY VALÉRIA

¹Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék, barczi.attila@mkk.szie.hu

²Justus-Liebig-Universität, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung

³Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Műszaki Intézet

Bevezetés

Magyarországon a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXIX. törvény értelmében a mezőgazdasági célú földterületek termőképességének fenntartása közös feladatunk, amelynek érdekében a földhasználónak a talaj tömörödésének megelőzésével vagy megszüntetésével meg kell akadályozni a káros vízbőség vagy belvíz kialakulását. A talaj feltételesen megújuló természeti erőforrás (VÁRALLYAY, 1994), amely egyben a mezőgazdasági termelés és erdőgazdálkodás alapvető termelőeszköze. Ilyen módon a talajvédelem elsősorban minőségi védelmet jelent: a minőség megóvása, javítása, de mindenekelőtt a fizikai, kémiai és biológiai romlás megelőzése. Mindez megfeleltethető az Európai Talajvédelmi Keretirányelvnek is.

A fenntartható talajművelés és a talajszerkezet terepi vizsgálata témakörben 2014. nyarán lehetőség nyílt ellátogatni a Giessen-i székhelyű Justus-Liebig Egyetemre (JLU), Németország egyik legjelentősebb agrártudományi, talajtani és talajvédelmi tudományterületeken tevékenykedő felsőoktatási intézményébe (JLU, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung), és terepi vizsgálatokkal egybekötve tanulmányutat folytatni a Giessen-i medence gazdaságaiba (BARCZI et al., 2014).

A németországi tanulmányút

A tanulmányút németországi háttere

Az 1970-es évek óta Németországban – részben racionalizációs céllal – jelentősen csökkent a talajbolygatás intenzitása, többnyire a forgatást is mellőzik. A minimált talajművelésnek többféle változata is elterjedt, de alapvetően a vegyes talajművelési rendszerek dominálnak, ugyanis a termesztett növényekre kidolgozandó növényvédelmi stratégia jelentős befolyással bír a talajművelési rendszerre. A gazdaságok nagy része ugyan használ még ekét, de nem rendszeresen, és sekélyebb forgatást végeznek, mint korábban. Csak bizonyos növények előtt szántanak növényvédelmi célból, a vetésforgó többi tagja előtt pedig kultivátoroznak. Egyre inkább növekszik azoknak a gazdaságoknak a száma, amelyek alapozó művelést kultivátorral végeznek és ekét egyáltalán nem használnak.

A talajbolygatás csökkentésével lényegesen javult a talajszerkezet, a tapasztalatok kielégítőek, a talajok fizikai és biológiai állapotának javulása talajfizikai és terepi vizsgálati módszerekkel is igazolható (ARSHAD et al., 1990). A talajszerkezet javulása összefüggést mutat a talajok biológiai aktivitásának fokozódásával. A forgatás nélküli talajművelés ugyanis kedvező életfeltételeket biztosít a földigilisztáknak (*Lumbricus terrestris*), hiszen szerves maradvány

(mulcs) formájában elegendő táplálékhoz jutnak a felszínen. Ennek eredményeként tevékenységük javítja a talajszerkezetet (ZICSI, 1969; LARINK & SCHRADER, 2000; BÁDONNYI et al., 2008; CAPOWIEZ et al., 2009; ROGER-ESTRADE et al., 2010). JONES et al. (1994) az organizmusokat – közöttük a földgilisztákat – sokrétű feladatuk miatt „ökoszisztéma mérnökök” névvel illette. A földgiliszták, mint a mérsékelt égövi mezőgazdasági területek egyik legfontosabb makrofauna csoportja, biztosítják a talajművelő eszközök megfelelő penetrációját, a gilisztajáratok vízelvezető csatornaként funkcionálnak, de szerepük lehet a levegőztetésben és a gyökérnövekedésben is (JOSCHKO et al., 1989; MADARÁSZ et al., 2011).

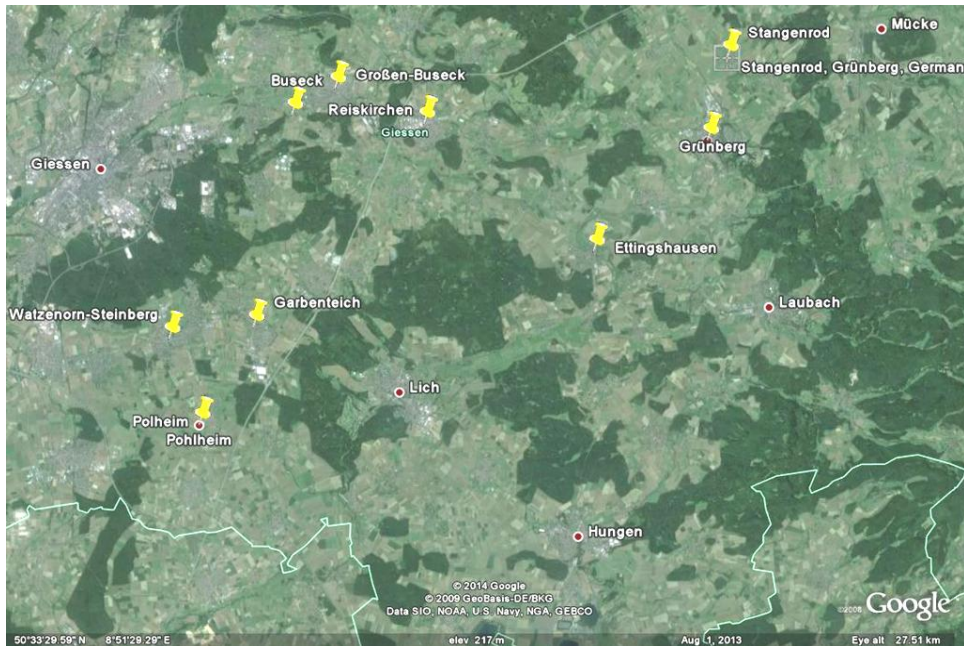
A fenntartható talajhasználat elősegítése/megteremtése érdekében feltétlenül indokolt volt a német talajművelési eljárásoknak és a talajok állapotának terepi összefüggés-vizsgálata. Az eredmények megosztásával hozzá lehet járulni a minimális talajbolygatás hazai népszerűsítéséhez, adaptálásához is. A célkitűzésnek megfelelő terepi tapasztalatgyűjtést vállaltuk fel a tanulmányút során.

A tanulmányút

A szakmai tanulmányút megvalósítását a B2/4H/12385 regisztrációs számon nyilvántartott Campus Hungary Ösztöndíj támogatta. Bepillantást nyerhettünk a fejlett gazdaságú Németország oktatási, kutatási struktúrájába. A jelentős innovációnak köszönhetően a hazai infrastruktúrális feltételekhez képest fejlettebb oktatási/kutatási technikával ismerkedhettünk meg a Justus-Liebig Egyetemen, ahol PhD képzés keretében kisebb, gyakorlati problémamegoldásokra irányuló témakutatásokat is végeznek. Ezek a valós problémák megoldására irányulnak, és az eredmények azonnal hasznosulnak az agrár- és környezetiparban. Az egyetem kutatási egységeiben egy adott területen azonos témában tevékenykedő, de különböző országokból érkező doktoranduszok és vendégprofesszorok dolgoznak együtt, ilyen módon kialakult az a nemzetközi és multidiszciplináris színtér, ahol lehetővé válik a kutatási, oktatási és szakmai tapasztalatok megosztása. Az elméleti kutatások fejlett laboratóriumi háttérre támaszkodnak. Azonban a gyakorlati ismeretek fontossága és alkalmazhatósága végett szükség volt bemutatóközpontok, gyakorlóközpontok létrehozására is a németországi felsőoktatásban. Ennek tökéletes példája látható a Triesdorf-i Hochschule Weihenstephan – University of Applied Sciences intézményben.

A terepi munka során Prof. Dr. Harrach Tamás szervezésével és vezetésével tanulmányozhattuk a német talajok állapotát a talajművelési módok és a talajművelő eszközök talajra gyakorolt hatásának feltárása céljából. Fontos alapelveként szögezhető le, hogy a talaj és talajművelő eszközök között kialakuló interaktív kapcsolat ismérveit terepi körülmények között lehet és kell tanulmányozni, hiszen növénytermesztés szempontjából a talaj tápanyagtartalma mellett a talajszerkezet is korlátozó tényező lehet (TEBRÜGGE et al., 1992; BESTE, 2002).

A terepmunka során az 1. ábrán feltüntetett német és bajor gazdaságokban (alapvetően a Giessen-i medencében és a Vorderer Vogelsberg kistájban) megismerkedhettünk az alkalmazott talajművelési módszerekkel, valamint a talajok állapotával. Az út során adott volt a kutatók és a helyi gazdálkodók közötti közvetlen tapasztalatcsere lehetősége is.



1. ábra. Giessen-i medence, Grünberg és környéke, Vorderer Vogelsberg (Google térkép)

A gazdálkodók aktív közreműködésével az 1. táblázatban felsorolt gazdaságok működésébe is betekintést nyerhettünk, illetve a birtokterületeiken talajfeltárásokat, talajdiagnosztikai vizsgálatokat végezhattünk a német kollégákkal.

1. táblázat. A meglátogatott gazdaságok főbb adatai

Gazdaság/ gazdálkodó elhelyezkedés	Táj, évi közép- hőmérséklet/ átlagos évi csapadék	Művelt terület nagysága (termesztett növények)	Főbb talajtípusok (talajok pontértéke a 100 pontos német rendszerben)	Talajművelés
Peter Fay Pohlheim, Watzernorn- Steinberg	Giesseni medence 8,9 °C / 600 mm	120 ha (vetésforgóban repce, őszi búza, rozs, tavaszi árpa)	sekély köves és agyagos talajok bazaltból (30–35), kitűnő lösztalajok (70–84)	kultivátorral - 10 év óta részben, 5 év óta teljesen szántás nélkül
Agrarservice Bank GmbH Oliver Jung Reiskirchen, Etlingshausen	Vorderer, Vogelsberg 8,0–9,0 °C / 600– 750 mm	700 ha (vetésforgóban repce, őszi búza, tavaszi árpa, tavaszi árpa)	sekély köves, illetve agyagos talajok bazaltból (30–35), kilúgozott lösztalajok (55– 68), kiváló lösztalajok (68– 74)	kultivátorral - a terület egy részén több mint 20 év óta teljesen szántás nélkül
Dr. Dietmar Schmidt Buseck, Großen- Buseck	Giesseni medence 8,8 °C / 600–650 mm	165 (vetésforgóban repce, őszi búza, őszi vagy tavaszi búza, őszi árpa)	részben sekély termőrétegű köves, illetve agyagos talajok bazaltból (45–65), nagyraoszt kiváló lösztalajok (68– 75)	kultivátorral, szántás nélkül

Gazdaság/ gazdálkodó elhelyezkedés	Táj, évi közép- hőmérséklet/ átlagos évi csapadék	Művelt terület nagysága (termesztett növények)	Főbb talajtípusok (talajok pontértéke a 100 pontos német rendszerben)	Talajművelés
Manfred Balsler Pohlheim, Garbenteich	Giesseni medence 8,8 °C / 600 mm	70 ha (vetésforgóban repce, őszi búza, rozs, tavaszi árpa, őszi árpa)	sekély köves, illetve agyagos talajok bazaltból (36–55), részben pszeudoglejes lősztalajok (55– 70)	kultivátorral, néha sekélyen tárcsával - 10 év óta részben, 5 év óta teljesen szántás nélkül
Reinhard Keil Reiskirchen, Ettingshausen	Vorderer, Vogelsberg 8,5 °C / 600–650 mm	260 ha (vetésforgóban repce, őszi búza, tavaszi árpa)	részben sekély termőrétegű köves, illetve agyagos talajok bazaltból (38–55), részben kilúgozott lősztalajok (55– 68)	hagyományos talajművelés szántással, de esetenként kultivátorral szántás nélkül
Henning Schäfer Grünberg, Stangenrod	Vorderer, Vogelsberg 8,1 °C / 750 mm	190 ha (vetésforgóban repce, őszi búza, őszi árpa, tavaszi árpa)	részben sekély termőrétegű köves talajok bazaltból (38–55), részben kilúgozott lősztalajok (55– 74)	kultivátorral - 12 év óta részben szántás nélkül, 4 év óta többnyire szántás nélkül

A terepi vizsgálatok módszerei

A német eredetű Packungsdichte fogalom azt a komplex, de egyszerű terepi módszert takarja, amely elsősorban a talaj lazaságát/tömődöttségét vizsgálja (DIN 19682-10, 2007). A Packungsdichte egyes fokozatai a talaj tömődöttségét határozzák meg, ami számos igen fontos talajállapot jelzőt foglal magában, úgymint az összporozitást, a növények gyökerező, a talaj szerkezetességét, vízbefogadó és vízáteresztő képességét. A talaj tömődöttsége igen sok tényezőtől függ: befolyásolják a talaj morfológiai, fizikai és kémiai tulajdonságai, de a talajt borító növényzet, a talajhasználat módja és az alkalmazott talajművelés is (WEYER & BOEDDINGHAUS, 2010).

A talajszerkezet helyszíni vizuális megítélésében az egyszerű és mindenkor alkalmazható „Spatendiagnose” („ásópróba”) módszer segíthet, valamint a folyamatos talajmintavételezés, növényvizsgálat és nem utolsósorban a terméshozam együttes összefüggés vizsgálata szolgálat megbízható és a gyakorlatban hasznosítható eredményeket (TEBRÜGGE et al., 1992). A terepi talajvizsgálat tulajdonképpen az elméleti talajtani és talajművelési kutatások metszéspontjaként értelmezhető. Az ásópróba ténylegesen a növény termőhelyének vizsgálatát jelenti, amely során a talaj szerkezetét, színét, a gyökérelroslást, a talajban lévő pórusokat és az átmeneti szinteket vizsgáljuk. Maga a módszer elnevezése és leírása Görbingtől származik (GÖRBING & SEKERA, 1947). Ásópróbával a felszíntől kb. 25–30 cm mélységig vizsgálható a talaj szerkezete, nedvességtartalma, a tömör réteg helye, megítélhető a talaj állapota, és ennek megfelelően a művelésre való alkalmasság (BIRKÁS, 2007; BIRKÁS, 2011). Gilisztajáratokat, gilisztákat általában egy ásónyomnyi mélységben is lehet találni. Kritikus esetben két ásónyomnyi mélységig érdemes a próbát elvégezni. A módszer előnye abban rejlik, hogy *in situ* információt kaphatunk a talaj állapotáról. Mivel a vizsgálat során kisebb „talajszelvényt” készítünk, abból a gyökérelroslást,

a makropórusok arányát is kiválóan meg tudjuk határozni. A problémát csak az jelentheti, ha a talaj túlságosan nedves, vagy túlságosan ki van száradva. Éppen ezért a felvételezés időpontját célszerű általában a tavaszi időszakra tenni. Az ásópróba egyben jó kiegészítő vizsgálata lehet a talajtömörödésnek.

Eredmények, tapasztalatok

A Justus-Liebig Egyetem Talajtani és Talajvédelmi Intézetének munkatársai elkötelezettek a természeti erőforrások – közöttük a talaj – fenntartható használata iránt, és már évekkel, sőt évtizedekkel ezelőtt felismerték, hogy ehhez a multidiszciplinaritás és a gazdálkodókkal történő élő kapcsolattartás elengedhetetlenül fontos. A tanulmányút során megtapasztaltuk azt az élő és konstruktív kapcsolatot, amely az oktató-kutató szféra és a gyakorlati mezőgazdálkodás között magától értetődően kialakult.

A helyi adottságokhoz, körülményekhez és igényekhez igazodó mezőgazdálkodás területén jelentős eredményeket tapasztaltunk, amelyhez hozzájárult az is, hogy a meglátogatott két felsőoktatási intézmény (A Justus-Liebig Egyetem és a Hochschule Weihenstephan) napjainkra nagyon erős kapcsolatokat hozott létre a gazdálkodókkal mind az alkalmazott kutatás, kísérleti fejlesztés, mind pedig az oktatás területén. Felismerték, hogy a bonyolultabb alkalmazott agrár jellegű kutatási feladatok megoldásának minden esetben a gazdálkodókkal együtt kell történnie, hiszen a felfedező és alkalmazott kutatások metszéspontja adja meg a problémákra a helyes választ. Ilyen módon az oktatás és kutatás (elmélet és gyakorlat) kapcsolódási pontjai messzemenően kielégítőek. Továbbá nagy hangsúlyt helyeznek az innovációra és az interdiszciplinaritásra. A Triesdorf-i Hochschule rendszeresen indít német nyelvű MBA képzéseket a mezőgazdálkodás területén, amelynek lényege, hogy a farmokon végzett gyakorlati munka és az elmélet magas szintű elsajátítása ötvöződik. A képzésben résztvevők napjaink nemzetközi szintjén is ismert és elismert oklevelet és tudást szerezhetnek, hiszen a képzés mögött komoly nemzetközi szintű akkreditáció húzódik. A fentiek alapján az oktatói, kutatói és hallgatói bázisra épülve több gépgyártó és gépkereskedő is biztosít gyakorlati körülményeket megvalósító gyakorlótereket az oktatói/kutatói tevékenység kiváló színvonalú végzéséhez.

A terepmunka keretében meglátogatott gazdaságok többsége szántás/eke nélküli talajművelést (növénytermesztést) folytat. E talajművelés egyik oka, hogy szántóföldjeik részben sekély termőrétegűek, hiszen a Vogelsberg hegység bazaltján alakultak ki. A talajok emiatt jelentős mennyiségben kemény bazaltot, kötőmelékot tartalmaznak. Azonban mind a sekély, rosszabb adottságú bazaltos talajokon, mind a termékenyebb löszvidékeken más szempont is érvényesül: a gazdálkodók az ökonómia mellett a talaj termőképességét nem csökkentő, hanem inkább növelő használatát tartják szem előtt. Mindkét ok motiváció és kihívás is egyben a gazdák számára.

A fentiek értelmében Németországban a minimális talajbolygatást eredményező talajművelés napjainkra jelentősen elterjedt. A talajművelés minőségét az alapján is értékelik, hogy milyen mértékben sikerül a talajbiológiai folyamatokat figyelembe venni. A német mezőgazdasági gépipar, többek között az élenjáró Horsch cég ezt belátva abszolút partnerségével elősegítette a körülményekhez és igényekhez alkalmazkodó talajművelés elterjedését (a hozzá kapcsolódó géppark folyamatos fejlesztésével). A meglátogatott gazdaságokban a talajművelés részben közös gépvásárlás és géphasználat keretében zajlik, amelynek alapja a megművelendő földterületek tulajdoni hányada.

A gazdaságokban talajkaténa nyitásával ellenőriztük a jelenlegi talajviszonyokat, és az uralkodó köves-sziklás vázталajok és agyagbemosódásos erdőtalajok mellett a korábbi erózió nyomait is megállapítottuk (földes kopár, lejtőhordalék talajok, kolluviálódás). Azonban a kutatók és a gazdák tapasztalata szerint, valamint a felszín vizsgálata és az elvégzett ásópróbák alapján a recens erózió ma már elhanyagolható mértékű. Ez a talajszerkezet javulásának, a gilisztaaktivitásnak, valamint a csökkentett számú munkaműveletnek, nem utolsósorban a jól megválasztott művelőeszköznek köszönhető (HARRACH, 2011). Mivel a túlzott művelés a talajszerkezet szétesésével jár együtt, a kevés bolygatás – elősegítve a talajbiológiai folyamatokat és a földgiliszták elszaporodását – a kiváló, stabil szerkezet kialakulásában kulcsszerepet tölt be (BEYLICH et al., 2010, TEMME & VERBURG, 2011).

A Németországban elterjedt minimális talajbolygatás tapasztalatai jók, dokumentált eredményeket értek el. Különösen kedvező a talajszerkezet és a biológiai aktivitás ott, ahol évek – sőt évtizedek – óta nem szántottak (CAPELLE et al., 2012). A szántás legnagyobb hátránya ugyanis – a nagy energiaigény és munkaóra mellett – a mélyebb forgatás. A szerves maradvány a mélybe (akár 20–40 cm) kerül és nem marad mulcs a felszínen, ezért a talaj pórusviszonyait javító és a talajszerkezet felépítésében kulcsszerepet játszó földgiliszták nem jutnak elegendő szervesanyagban gazdag táplálékhoz a felszínen. Szántás nélkül viszont a felszínen maradó mulcs biztosítja a földgiliszták életfeltételeit. (Itt megjegyzendő, hogy a mulcs egyenletes szétterítése nem igényel többletkapacitást, mert a gabonabetakarítással egy menetben történik.) Tehát minél kevesebb a talajbolygatás és minél több a mulcs, annál több földgiliszta van, és tevékenységük jobb talajszerkezetet eredményez (DERPSCH et al., 2010). A növényi maradványok, mint táplálék mellett fontos a talajok mésztartalma, mészmentes talajokon ezért rendszeresen meszezni kell, máskülönben a biológiai folyamatok romlanak, amely kedvezőtlenül hat a földgiliszták aktivitására (HARRACH, 2011).

A meglátogatott gazdaságok szántóterületein sehol nem tapasztaltunk „káros tömörödést”. Az egykor szántott feltalaj 18–25 cm mélyen kultivátorozott része kimondottan laza és morzsás szerkezetű, ami az alatta fekvő rétegekben már nem áll fenn. A korábbi években mintegy 32–35 cm mélyen szántottak. Az évek óta nem bolygatott feltalaj körülbelül 25–35 cm mélységében már nehezebben átható, és első benyomásra tömörödöttnek tűnik, viszont közelebről megtekintve megállapítható, hogy ezt az aránylag tömör szintet is sok biopórus járja át, főleg gyökércsatorna és gilisztajárat.

A 2. ábra egy ilyen, több éve forgatás nélküli talaj szerkezetét mutatja, ahol a talajfelszín közelében laza, morzsás szerkezet látható, és a mélyebb rétegekben sincs káros tömörödés. A nagyszámú függőleges biopórus biztosítja az infiltrációt, a légcserét és a gyökérfejlődést (3. ábra). A talaj ökológiai funkciói tehát sértetlenek, ilyen módon tehát a káros tömörödés kizárható. Ugyanakkor a tömörödöttség mátrix nagy stabilitással rendelkezik és a talajművelő eszközök terhelésekor védi az altalajt is tömörödéstől. Ezért a megvizsgált talajokban az egykor szántott szint alatt az altalajban sincs nyoma a káros tömörödésnek. Itt különösen sok biopórus látható szabad szemmel. Ebben az állapotban ezt a réteget nem érdemes bolygatni, mert a fennálló mérsékelt tömörödés nagy hordképességet biztosít. A szint lazítása viszont megsemmisítené a jelenlevő kimondottan stabil biopórusokat.



-
- kiválóan morzsás szerkezet
 - sok mély biopórus
 - laza

-
- sarkosabb aggregátumok
 - kissé tömődött, de elegendő biogén perforáció
 - gyökerekkel jól átszőtt

-
- gyengén tömődött
 - poliéderez szerkezetű
 - gyökerek még át tudják szőni

-
- tömörítetlen altalaj
-

2. ábra. Ideálisnak tekinthető talajszerkezet egykor szántott termőföldön



3. ábra. Biopórusok és a pórusokat átszövő gyökérzet a bolygatatlan talajban

A rossz talajszerkezet, káros tömörödés a talajfelszín cserepedésén, pangóvízen, talajeróziós jelenségeken és nem utolsósorban a növényállomány szuboptimális (hiányos) fejlődésén ismerhető fel. Különösen extrém időjárás esetén még inkább figyelni kell ezekre a jelekre. Ásópróbával azonban egyszerűen megállapítható, hogy melyik talajszintben káros a tömörödés. Különös figyelmet igényel, ahol hiányoznak a biopórusok (gyökércsatornák, gilisztajaratok). A károsan tömörödött szintet lazítani kell, mert erős tömörödés nem javítható csupán a biológiai folyamatok útján. Itt megjegyzendő azonban, hogy a lazított talaj stabilitása csekély, az újratömörödés veszélye nagy. Ezért csak indokolt esetben végezhető a beavatkozás, és csak olyan mélyen szabad a talajt bolygatni, amilyen mélyen ténylegesen szükséges. A lazítást csak megfelelő, „földnedves” állapotban szabad elvégezni.

A gazdák a talaj állapotának meghatározása céljából a mezőgazdasági munkálatokhoz igazodóan évente kb. 3–4 terepi felmérést végeznek/végeztetnek

(talajtani szakértő, terepi talajtani szakértő). E munkálatok elvégzése elemi érdekük, hiszen a termőföld után fizetett illeték megállapítása („adó”) alapvetően a talajok állapotának megőrzésén, illetve javításán alapszik, figyelembe véve a korábban megállapított pontszámot (az értékelés az ún. 100 pontos német talajértékelési rendszerben történik).

Összegzés, javaslatok

A tanulmányút keretében meglátogatott németországi gazdaságok példáján keresztül tökéletesen körvonalazódott, hogy az alkalmazkodó mezőgazdálkodás interdiszciplináris (agrár, agrárműszaki, növényvédelmi) jellege napjainkban egyre fontosabbá válik, továbbá az alap kutatás mellett nélkülözhetetlenek a gyakorlati tapasztalatok is, így a regionális mezőgazdasági kutató intézményekkel és a regionális gazdaságokkal karöltve látványos eredmények érhetők el.

A minimális talajbolygatásnak köszönhetően a talajszerkezet Németországban a szántóföldek jó részén nagyon jó állapotban van, legalábbis lényegesen jobb, mint 30-40 évvel ezelőtt. Ugyanez Magyarországon nem mondható el annak ellenére, hogy a 2010-ben közzétett Nemzeti Együttműködés Programjában foglaltak szerint a kormánycélok között helyet kapott a talajvédelem: *„Olyan sokrétű mezőgazdaság, környezet- és tájgazdálkodás megteremtése a cél, amely úgy állít elő értékes, a természetet a lehető legkevesébé terhelő, egészséges és biztonságos élelmiszereket, valamint helyi energiákat és különféle nyersanyagokat, hogy közben megőrzi talajainkat, ivóvízkészleteinket, az élővilágot, természeti értékeinket.”* (NEP, 2010)

A korábban hivatkozott, egyszerű ásópróba módszerrel megállapítható és bizonyítható a csökkentett talajbolygatás pozitív hatása a talaj szerkezetére az egész szelvényben. A mulcshagyás következtében elszaporodik a földgiliszta és javítja a talajszerkezetet és a porozitást. Ilyen gazdálkodás esetén alig fordul elő művelés által okozott talajtömörödés és pangó víz, nem cserepesedik a talajfelszín és csak nagyon ritkán fordul elő talajerózió. Amennyiben a növényvédelmi stratégia is sikeres, megfelelően fejlődnek a növényegyedek, amelyek még a tábla erősebben taposott fordulójában vagy a művelési utakban sem mutatnak a talajszerkezetre visszavezethető hiányosságot.

Természetesen nem szabad elhanyagolni azt a szempontot sem, hogy a talajművelési eljárásoknak más feladata is van. A „tisztá asztal” (*reiner Tisch*) valamikor fontos cél volt Németországban is. A szántás és a mélyebb tárcsázás növényvédelmi célokat (is) szolgál. A minimális talajbolygatás alkalmazóinak ezért vegyszerkijuttatással kell meggátolni a természetett kultúrnövények elgyomosodását, illetve megoldania növényvédelmét. A forgatás nélküli talajművelés bevezetésekor tehát a megfelelő növényvédelmi stratégia kidolgozása jelenti a legnagyobb kihívást (VAKALI et al., 2011).

Összességében a kedvező tapasztalatok mellett Németországban is sokat vitatott kérdés, hogy milyen mélyen kell a talajt művelni, hiszen a szántás és a vele járó sok kapcsolt munkaművelet többek között energiaigényes is. Ezért fokozódik az igény az ökonómiailag gazdaságosabb, kevesebb művelettel járó megoldások iránt. Egyetemes válasz azonban nincs a stratégiára, a helyi és egyedi adottságok, valamint tapasztalatok alapján kell a megfelelő talajművelési stratégiát kidolgozni, amelynek során több szempontot is figyelembe kell venni, mégpedig:

- Szántás nélküli művelés esetén elszaporodnak a giliszták és javítják a talajszerkezetet.
- Különös jelentőséggel bírnak a függőlegesen mélybe nyúló és a talajfelszínen nyílt gilisztajáratok. Minél nagyobb ezeknek a száma

négyzetméterenként, annál kedvezőbbek az infiltráció lehetőségei, tehát annál jobb a talaj víznyelő képessége.

- Az altalaj bolygatása csak akkor indokolt, ha a mélyebb szintben a tömörödést kell fellazítani.
- Az optimális talajszerkezet elérése céljából már betakarításkor gondoskodni kell a szalma aprításáról (lehetőleg <4cm) és egyenletes elterítéséről. Az új vetéstechnikák lehetővé teszik a mulcshagyást, ami a talajvédelem és talajbiológia szempontjából nagyon értékes.
- A növényvédelmi stratégiával szemben támasztott követelmény a mérsékelt vegyszerfelhasználás, illetve az ökológiai eljárások alkalmazásának előtérbe helyezése.

A németországi tapasztalatok hazai adaptálásához és az adottságaink ismeretében a lehetőségek vizsgálatához csak az egész társadalomra kiterjedő szemléletformáló, oktató, ismeretátadó tevékenységre és helyes alapokon nyugvó oktató, kutatómunkán keresztül vezethet az út. A tanulmányút keretében tett látogatás teljes mértékben alátámasztotta ezt a lehetséges utat. Ugyanakkor arra is felhívta a figyelmet, hogy általános szabály vagy recept nincs: mindenütt a helyi körülmények, tapasztalatok tükrében kell a stratégiát kialakítani, abban azonban nem lehet kompromisszumot kötni, hogy a talajvédelem szempontjai vitathatatlanul érvényesüljenek.

Kulcsszavak: talajművelési módok, talajszerkezet, tömörödés, földigiliszta

Irodalom

- ARSHAD, M.A., SCHNITZER, M., ANGERS, D.A., RIPMEESTER, J.A., 1990. Effect of till vs. no-till on the quality of soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*. 22/5. 595–599.
- BARCZI, A., HARRACH, T., NAGY, V., 2014. A minimális talajbolygatás jótékony hatása a talajbiológiai folyamatokra – Egy németországi tanulmányút tapasztalatai. Előadás. – *Környezetkímélő Talajművelési Rendszerek Magyarországon – Elmélet és Gyakorlat*, Budapest, 2014. október 27.
- BÁDONYI K., MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., CSEPINSZKY B., 2008. Talajművelési módok és a talajerózió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. *Földrajzi Értesítő*. 57. 147–167.
- BESTE, A., 2002. Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Bestimmung ökologisch wichtiger Gefügeeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden. Dissertation (Zusammenfassung). Universität Gießen. 18 p.
- BEYLICH, A., OBERHOLZER, H-R., SCHRADER, S., HÖPER, H., WILKE, B-M., 2010. Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil and Tillage Research*. 109/2. 133–143.
- BIRKÁS, M. (szerk.), 2007. *Földművelés és földhasználat*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- BIRKÁS, M. (szerk.), 2011. *Talajművelők zsebkönyve*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- CAPELLE, C., SCHRADER, S., BRUNOTTE, J., 2012. Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota. A review with a focus on German data. *European Journal of Soil Biology*. 50. 165–18.
- CAPOWIEZ, Y., CADOUX, S., BOUCHAND, P., ROGER-ESTRADE, J., RICHARD, G., BOIZARD, H., 2009. Experimental evidence for the role of earthworms in

- compacted soil regeneration based on field observations and results from a semi-field experiment. *Soil Biology and Biochemistry*. 41/4. 711–717.
- DERPSCH, R., FRIEDRICH, T., KASSAM, A., LI, H., 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 3/1. 1–25.
- DIN 19682-10:2007. Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Felduntersuchungen; Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges
- GÖRBING, J., SEKERA, F., 1947. Die Spatendiagnose - Ziel und Grundlage der zweckmäßiger Bodenbearbeitung. Verlag Br. Sachse, Hannover. 32 p.
- HARRACH, T., 2011. Schutz der Ackerböden vor Verdichtung und Erosion durch reduzierte Bodenbearbeitung und Förderung der Regenwurm-aktivität. *Bodenschutz* 2/11, 49–53.
- JONES, C.G., LAWTON, J.H., SHACHAK, M., 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*. 69. 373–386.
- JOSCHKO, M., DIESTEL, H., LARINK, O., 1989. Assessment of earthworm burrowing efficiency in compacted soil with a combination of morphological and soil physical measurements. *Biology and Fertility of Soils*. 8/3. 191–196.
- LARINK, O., SCHRADER, S., 2000. Rehabilitation of degraded compacted soils by earthworms. *Advances in Geoecology*. 32. 284–294.
- MADARÁSZ, B., BÁDONYI, K., CSEPINSZKY, B., MIKA, J., KERTÉSZ Á., 2011. Conservation tillage for rational water management and soil conservation. *Hungarian Geographical Bulletin*. 60. 117–133.
- NEMZETI EGYÜTTMŰKÖDÉS PROGRAMJA (NEP) 2010.
- ROGER-ESTRADE, J., ANGER, C., BERTRAND, M., RICHARD, G., 2010. Tillage and soil ecology: partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research*, 111/2. 33–40.
- TEBRÜGGE, F. et al., 1992. Die ökologischen und ökonomischen Aspekte von Bodenbearbeitungssystemen. Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Beiträge zum 3. Symposium, Mai 1992 in Gießen, 7–20.
- TEMME, A.J.A.M., VERBURG, P.H., 2011. Mapping and modelling of changes in agricultural intensity in Europe. – *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 140/1–2. 46–56.
- VAKALI, C., ZALLER, J.G., KÖPKE, U., 2011. Reduced tillage effects on soil properties and growth of cereals and associated weeds under organic farming. *Soil and Tillage Research*. 111/2. 133–141.
- VÁRALLYAY, GY., 1994. Soil Data-Base for Long-term Field Experiments and Sustainable Land Use. *Agrokémia és Talajtan*. 43. 269–290.
- WEYER, T., BOEDDINGHAUS, R. 2010. Neue Feldmethoden zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtungen. *Bodenschutz*, Heft 1, 16–19.
- ZICSI, A., 1969. Über die Auswirkung der Nachfrucht und Bodenbearbeitung auf die Aktivität der Regenwürmer. *Pedobiologia*. 9. 141–145.
2007. évi CXXIX. törvény a termőföld védelméről

The beneficial effects of minimal soil disturbance on soil structure – Experiences of a German study tour

¹BARCZI, A., ²HARRACH, T., ³NAGY, V.

¹Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental, Department of Nature Conservation and Landscape Ecology, H-2100 Gödöllő, Páter K. str. 1.;
barci.attila@mkk.szie.hu

²Justus-Liebig-Universität, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, 35392 Giessen,
Heinrich-Buffring 26.

³University of Szeged, Faculty of Engineering, H-6725 Szeged, Moszkvai sqr. 9.

Summary

In recent decades in Germany the soil structure is greatly improved on a substantial part of the arable land. Soil erosion can be observed less commonly. Since the 1970s in Germany the intensity of soil disturbance is significantly reduced. The less disturbed soil has more mechanical load, namely the stability. The perforated structure with stable biopores ensures ecological functions, such as infiltration, aeration, root permeability, fertility. For this reason, soil compaction and soil erosion occur less frequently, they can be detected only in exceptional cases. The tendencies in Hungary are different therefore it is a desirable objective to explore the cause of differences. Usually the best soil structure can be found on the arable lands without turning cultivation. In Germany we could study the condition of soils in farms using reduced till system. We have analyzed the effect of soil cultivation methods on the soil structure.

Keywords: tillage methods, soil structure, compaction, earthworm

Table 1. The main characteristics of the visited farms

Figure 1. Visited farms near Gießen, Grünberg and Vorderer Vogelsberg (Resource: Google map)

Figure 2. Considered ideal soil structure of a previously plowed land

Figure 3. Biopores and expansive root system of undisturbed soil

A környezetkímélő talajművelés hatása a madárfaunára

BENKE SZABOLCS, MADARÁSZ BALÁZS, BÁDONYI KRISZTINA, KERTÉSZ ÁDÁM

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet,
benke.szabi@gmail.com

Bevezetés

A mezőgazdaságnak évezredek óta kulcsszerep jut az emberiség fejlődése, életben maradása szempontjából. A mezőgazdasági területek, mint kultúrtájuk ugyanakkor nemcsak évtizedek, vagy évszázadok alatt alakulnak, éven belüli változásuk is rendkívüli a maga nemében. Ez a változatoság különösen igaz a mezőgazdasági területeken belül a szántóterületekre. A szántóterületek, mint élőhelytípusok az ember fejlődésével alakultak ki, előtte nem léteztek. Amíg egy gyep vegetációjának, fajszerkezetének átalakulásához adott esetben évtizedekre van szükség, addig egy szántó esetén a fajszerkezet legtöbbször 1 év alatt is gyökeresen megváltozik (ha egy vetésváltást fajszerkezet váltásként lehet egyáltalán értelmezni).

A szántóterületek változása folyamatos. Az egyes művelési irányzatok jelentős változásokat idéztek elő a tájszerkezet alakulásában. Az európai mezőgazdaság intenzifikációja az elmúlt 50 évben jelentősen felgyorsult. Az intenzitás fokozásának egyenes következménye lett a mezőgazdasági területek biológiai sokféleségének csökkenése. Az agrártáj biodiverzitás csökkenése jelentős rövid és hosszú távú problémákat vet fel és közvetlen anyagi károkat is okoz. Kelet-Közép-Európához képest Nyugat-Európában ez a csökkenés a magasabb termelékenység hatására magasabb szintet ért el. A biodiverzitás csökkenése elsősorban a nyugat- és észak-európai agrárterületeken élő, oda kötődő madárfajok állományainak drasztikus csökkenését okozta (BÁLDI, 2006; BÁLDI, 2008). A madárfajok a környezet állapotának kiváló indikátorai. A fajösszetétel és az egyedsűrűség érzékenyen jelzik a környezeti változásokat. Állományuk változása jóval előbb és nagyobb léptékben figyelmeztet a természeti erőforrások nem fenntartható használatának veszélyeire, mint bármely növény- vagy más állatcsoporté. A madarak a megfelelő táplálkozó-, pihenő- és fészkelőhelyet biztosító, heterogén szerkezetű tájakat részesítik előnyben. A madarak az az élőlénycsoport, amelyről a legszélesebb körű etológiai, ökológiai ismeretekkel rendelkezünk, ezért a monitorozási vizsgálatokban szerepük kiemelkedő (BÁLDI et al., 1997).

Madártani kutatások több mint egy évszázada folynak hazánkban. A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület szervezésében pedig 1988 óta a nyugat-európaihoz hasonló, dán rendszerű pontszámlálás is történik (MOSKÁT & WALICZKY, 1988), 1999-től a Mindennapi Madaraink Monitoringja program keretében. A gyűjtött adatokból állományváltozási trendeket állítottak fel (WALICZKY, 1991; BÖHM, 1995), amiből kiderült, hogy hazai viszonylatban a mezőgazdasági biotópok fajainak trendje néhány fajtól eltekintve nem csökken. Az EBCC (Európai Madárszámlálási Tanács) ajánlásainak megfelelően 1999-től Biodiverzitás Indikátor indexek alapján kerül kiszámításra az adott faj évi állomány index értéke. Ez alapján szignifikáns csökkenést főként generalista fajoknál mutattak ki. Magyarországon a mezőgazdasági élőhelyekre jellemző fajok esetében az EU-csatlakozás előtti időszakban (1999–2004) a fűrtet kivéve nem tapasztaltak szignifikáns állománycsökkenést (SZÉP et al., 2006).

Nyugat-Európában (a csatlakozás (2004) előtti országokban) a 80-as évek eleje óta drámaian csökkentek a madárlétszámok. Ezt a folyamatot a Közös Agrárpolitika bevezetésével magyarázták (DONALD et al., 2001). A madarak számának csökkenése a téli táplálékbázis, azaz a téli tarlók hiányával – a gyommagvak elérhetőségének beszűkülése és a szemvesztés csökkenése a hatékonyabb betakarításnak köszönhetően – köthető össze (FÜLÖP & SZILVÁCSKU, 2000). CUNNINGHAM et al. (2005) kimutatta több növénykultúra esetén is, hogy a magevő madarak előfordulása nagyobb volt a talajkímélő parcellákon, mint a hagyományos szántásos kultúrákban. A legtöbb madarat a tarlón hagyott területen találták. A madárállomány látványos csökkenése jól dokumentált az egyes nyugati országokban a több évtizedes monitoringnak köszönhetően. Elsősorban a mezőgazdasági területek madarainak állományában történt drasztikus csökkenés. 1966-os állományadatokhoz viszonyítva Egyesült Királyságban a mezei pacsirta (*Alauda arvensis*) 2,5, a mezei veréb (*Passer montanus*) 35, a citromsármány (*Emberiza citrinella*) 2, a sordély (*Miliaria calandra*) 6-9, a seregély (*Sturnus vulgaris*) 5-szörös állománycsökkenést szenvedett el (SIRIWARDENA et al. 2000).

A megoldást a központilag támogatott természetbarát gazdálkodás bevezetésében látták (BÁDONYI, 2006). Magyarországon 2002-ben vezették be a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programot, ugyanakkor annak hasznosságára nagyon kevés vizsgálat indult meg azóta is (BÁLDI, 2008).

A szegélyterületek szerepe óriási a mezőgazdasági művelést is hasznosítani képes madarak életében. A technokrata szemléletben a fasorok, erdősávok sokszor kilométereken át nem törik meg a látómezőt, így a szegélyek madarai sem képesek a távolabbi területek hasznosítására. Az agrárterületek fátlanná válása nem csupán zoológiai szempontból hátrányos. Elősegíti a talajeróziót és kedvezőtlen irányba változtatja a mezoklíma alakulását (LEGÁNY, 1991). JÁNOSKA (1998) egyértelmű korrelációt mutatott ki a szegélyterületek egyes vegetációs szintjeinek záródása és a madárközösségek denzitása között, míg LEGÁNY (1991) szerint a madárállományt minden esetben érzékenyen érintette a cserjeszint megszüntetése. Ugyanakkor a fajok védelme hatékonyan elérhető a szegélyek arányának növelésével, szerkezetük javításával (FÜLÖP & SZILVÁCSKU, 2000).

Munkánk során arra kerestük a választ, hogy milyen hatást gyakorol a hagyományos (forgatásos, szántásos) művelés és az egyre szélesebb körben használt talajkímélő (sekély talajművelés tárcsázással, a szármaradványok részleges felszínén hagyásával) művelés, valamint a szántóföldi szegélyterületekben bekövetkező változások a szántóföldi madarak állományára.

Anyag és módszer

Mintaterület

A mintaterület a Balaton nyugati vízgyűjtőterületén, Zala megye változatos kittedtségű dombvidékén, Dióskál és Zalaszentmárton között került kijelölésre. A mintaterület nagysága 107 ha, ahol 12 parcella párt, azaz összesen 24 parcellát alakítottunk ki, amelyek mérete 3 és 5 ha között mozgott. A mintaterület két nagyobb tömbre bontható: a Dióskál I. 67,3 ha-os, és a Dióskál II. 39,7 ha-os területre. A parcellák kijelölésénél a különböző termesztéstechnológiai eszközök igényét (rendelkezésre álló gépek típusa, munkaszélessége) és a madártani megfigyelések módszertanának útmutatásait vettük alapul. A parcellákat párok szerint alakítottuk ki (hagyományos és talajkímélő művelésű parcellák váltakozva),

így elkerülendő a kitétségből adódó különbségeket. Dióskál I. területen 8 (16 parcella), Dióskál II. területen 4 (8 parcella) parcella pár került kialakításra (3. ábra) (BENKE et al., 2000).

Vetésváltás, termesztett növények, termesztéstechnológia

A vizsgálatokra 2003 és 2008 között került sor (BÁDONYI et al., 2008a; BÁDONYI et al., 2008b). A projekt első négy évében kukorica és őszi búza került termesztésre. E növényeket a két területrész között váltogattuk (vetésváltás) majd az 5. évben repce került termesztésre. A parcellák növénytermesztése a talajművelést, valamint a 2007-es évet kivéve megegyezett. Talajművelés a hagyományos területeken 25–30 cm-es átforgatással járt (szántás), a talajkímélő területeken ezzel szemben sekély művelést alkalmaztunk 8–10 cm mélységben tárcsával az első három évben, míg 2007 és 2008-ban nehézkultivátoros művelésre került sor 20–25 cm-es mélységben minden esetben forgatás nélkül. A felhasznált műtrágya, vetőmag, növényvédőszer mennyisége (kivéve 2007-ben a kukorica kultúra másodszori gyomirtása, az első kezelés késlekedése, ezáltal hatástalansága következtében) megegyezett. A 2004/2005-ös téli időszakban talajvédő növénynek repce került elvetésre a talajkímélő területeken, ez a megfigyelhető madárlétszámokat jelentősen befolyásolta. Ugyanígy jelentős befolyásoló tényezőként jelentkezett a művelések időbeni eltérése.

A mintavétel módszertana

A madártani megfigyelések módszertanát angol szakemberek (PERKINS et al., 2000; BRADBURY & ALLEN, 2003) dolgozták ki. A vizsgálat során egyetlen megfigyelő a parcella leghosszabb oldalával párhuzamosan járja be a területet: a parcellát 20–25 m-es intervallumokra bontva, egy-egy megfigyelési periódus alatt a teljes területet leszámolva. A megfigyelés alatt a parcellákon mozgó és az onnan felrepült, vagy leszálló madarak kerültek feljegyzésre (az átrepülő egyedek nem szerepelnek a jegyzőkönyvekben). A kettős számlálást elkerülendő mindig jegyezve, hogy a felrepülő madár hova száll le ismét. Így a leszállási helyhez érve az ott esetleg ismét felszálló egyedek nem kerültek rögzítésre.

Minden megfigyelési időszakban a szomszéd területek madárelvonó képességét is feljegyeztük, mivel ezek jelentősen befolyásolhatják az eredményeket (szegélyterületek felmérése, osztályozása).

A terepi megfigyelési adatok táblázatban történő lejegyzésénél az angol módszerben kidolgozott 6 hónapos periódusokat követtük. A megfigyelési adatokat ennek megfelelően téli (október – március) (*vonulás, teletés*) és nyári (április – szeptember) (*fészkelés, nyári kóborlás*) intervallumban dolgoztuk fel és értékeltük.

A szegélyek értékelését a korrekciós adatokból képzett változókkal 0 és 1 értékekkel szerepeltettük a statisztikai kiértékelés könnyítése céljából. A 0 érték a „nincs” szegélyhatás, az 1 érték a „van” szegélyhatást jelentette.

Eredmények és értékelésük

A hektáronkénti madárlétszámot a megfigyelésenkénti összmadárszám és az adott periódus megfigyelési időszakainak száma, valamint a parcellák területének hányadosa alapján kalkuláltuk. Az egyes értékelési periódusok megfigyelt

összmadárlétszámát, valamint az egyes művelésmódok százalékos megoszlását az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat. Madárlétszámok, és azok százalékos megoszlása az egyes vizsgált periódusokban

időszak	Művelésmód - összes madárszám (pld.)		Művelésmód - libafélék, seregélyek nélkül (pld.)		% -os megoszlás	
	Talajkímélő	Hagyományos	Talajkímélő	Hagyományos	TKM	HM
	(TKM)	(HM)	(TKM)	(HM)		
2003/2004	1557	260	1462	142	91,1	8,9
2004	786	645	591	406	59,3	40,7
2004/2005	4884	962	1230	483	71,8	28,2
2005	2279	1296	1047	394	72,7	27,3
2005/2006	19102	1734	1492	448	76,9	23,1
2006	1859	740	622	262	70,4	29,6
2006/2007	8402	3679	4874	786	86,1	13,9
2007	719	337	573	276	67,5	32,5
2007/2008	4491	2816	1046	299	77,8	22,2
2008	599	331	427	256	62,5	37,5

A kapott adatok így az egyes megfigyelési időszakok alatti, művelésenkénti egy hektárra vetített madárlétszámot mutatják. Az összmadárlétszámot csökkentettük a nagyobb csapatokat alkotó fajok egyedeinek példányszámával (seregély (*Sturnus vulgaris*), libafélék (*Anser sp.*)), mivel ezek jelentősen torzították volna a kapott adatokat. A legnagyobb egyedszámú fajok az értékelésben az előbb említetteken kívül a mezei pacsirta (*Alauda arvensis*), tengelic (*Carduelis carduelis*), kenderike (*Carduelis cannabina*), citromsármány (*Emberiza citrinella*), mezei veréb (*Passer montanus*), dolmányos varjú (*Corvus corone cornix*), zöldike (*Carduelis chloris*), fenyőpinty (*Fringilla montifringilla*) voltak. Néhány fajt ezeken kívül külön értékeltünk, mivel jellemző fajai a mezőgazdasági biotópoknak, mint a cigánycsuk (*Saxicola torquata*), a tövisszűrő gébics (*Lanius collurio*) és a fűrj (*Coturnix coturnix*).

Téli megfigyelések

A téli időszakot (október–március) kettéosztja a tavaszi kultúrák elé leggyakrabban alkalmazott őszi mélyszántás, emellett az esetleges hóborításnak is nagy jelentősége van. Őszi mélyszántás estén a talaj felső gyommagokban gazdag rétegét leforgatjuk a művelés mélységétől függően 25–32 cm mélyre. Ebben a mélységben a gyommagok már hozzáférhetetlenek a madarak számára (FIELD et al., 2007).

A szántással leforgatott gyommag mennyisége szoros összefüggésben van az elővetemény vagy tarló gyomborítási viszonyaival. Egy intenzíven művelt gyommentesen tartott kukorica vetés gyommagtermő képessége messze elmarad például a gabona betakarítás után rögtön tarlólántott terület őszi gyomviszonyaitól (BENKE et al., 2010).

Az őszi mélyszántás előtti időszakok rendszerint a vonulási időszak második felét fogják át a szántóföldön előforduló madarak esetében. Az öt éves időszak alatt a művelések között nagy különbségek nincsenek a szántás előtt. Három időszakban a talajkímélő (TKM) területek (130–210%-os), ugyanakkor két időszakban, 2004 és 2005 őszen a hagyományos (HM) művelés (25, ill. 15%-os) többletét regisztráltuk. 2004-ben a nyári betakarítás után a HM területek madártöbbletét a TKM területeken talajvédő növénynek vetett repce okozta. A repce a hagyományos

repevetési időszak előtt augusztus közepén került vetésre. Az őszi folyamán a repce fokozatosan megerősödött, széles leveleinek köszönhetően egyre nagyobb mértékben takarta a talajfelszínt. A talajtakarásból és a repceállomány sűrűségéből kifolyólag a kelő gyomnövényeket jórészt a repce elnyomta így azok kisebb mértékben tudtak magot érlelni. A nagymértékű talajtakarás következtében a madarak csak olyan helyekre szálltak be, ahol valami miatt hiányos volt a talajvédő növény állománya. Az őszi mélyszántásig ugyanakkor a HM parcellákon mozaikos gyomborítás alakult ki egy viszonylag alacsony magasságon, ami a relatív madártöbbletet eredményezte (BENKE et al., 2010).

A 2005-ös HM területek madártöbbletének okát a két művelésmód művelő eszközeinek különbségével magyarázhatjuk. A hagyományos művelés esetén a munkagép egy középnehéz tárcsa volt henger nélkül, míg a talajkímélő művelésnél Väderstad Carrier tárcsa, amit egy hengersor zárt. A Carrier tárcsa munkája után homogénebb talajfelszín alakult ki, mint a középnehéz tárcsa esetén, ahol a mikrodomborzati adottságok kedveztek a vonuló énekesmadaraknak (réti pityer (*Anthus pratensis*), barázdabillegető (*Motacilla alba*), sárga billegető (*Motacilla flava*)). A homogénebb talajfelszín kialakulásának kedvezhetett a nedvesebb talajállapot is a tárcsázások idején. A Carrier tárcsát záró tömörítő henger után egy párhuzamos mikrobarázdás talajfelszín alakult ki: a művelőeszköz hengereinek megfelelően átlag 11 cm-ként mikrovölgyek és mikrodombok váltották egymást. A változatosabb hagyományos művelésű területeken így több és jobb búvóhelyet találhattak a kistestű énekesmadarak a talajfelszín minőségének, változatosságának köszönhetően. A növényborítottság kérdését ezzel szemben nem találtuk döntőnek, mivel a tarlóhántással a gazda megkésített. A hagyományos területek tárcsázása szeptember 17–19-én, a TK területek tárcsázása szeptember 23-án történt meg. A kis időbeni eltérés miatt a parcellák borítottsági értékei hasonlóak voltak, így ez valószínűleg jelentősen nem befolyásolta a madarak előfordulásának különbségeit (BENKE et al., 2010).

A mechanikai művelésről (tarlóhántás) felvételezést készítettünk. Növényfelvételezésnél használt keretben 5x5 cm-es hálót vetítettünk a talajfelszínre majd a sarokponton mértük az értékeket (magasság, mélység). A méréshez jellemző pontokat választottunk (művelésenként 2-2 kvadrát) a könnyebb szemléltetés érdekében. A kialakított kvadrátokban a felmérő keret széléhez viszonyítva a felszín magassági és mélységi értékei a HM területeken leggyakrabban a 9–12, valamint a 12–15 cm-es érték közé esnek, ugyanakkor jelentős még a 6–9 és a 15–18 cm-es mérettartomány is, 2,7 cm minimum (magasság) és 16,9 cm maximum (mélység) értékek mellett. A két szélsőérték közötti különbség itt 14,2 cm. A HM parcellákon a vonuló énekesmadarak (pacsirtafélék, pityerek), még alacsony növényborítású felszínen is megfelelő búvóhelyet találhatnak a talajfelszín adottságai miatt, míg a TKM parcellákon a homogénebb talajfelszín miatt alacsonyabb értéket mértünk. A TKM parcellák esetében a felmért kvadrátban az értékek két mérettartományba esnek leginkább (9–12, 12–15 cm), 6,7 (magasság) és 16,6 cm-es (mélység) szélsőértékek mellett. A két szélsőérték között a különbség 9,9 cm, ami jóval egyenletesebb felszínt mutat, mint a HM művelésű parcellák esetén.

További érdekesség az egyes parcellahatárokon az átművelésből adódó, illetve a dülőkön a TKM kétszeri művelésből adódó talajfelszín minősége. A felmért kvadrátban az értékek legnagyobb részt csak a 6–9 cm-es mérettartományban találhatók, kisebb számban a 9–12 cm tartomány között. Szélsőértékekben kifejezve 3,2 cm (magasság) és 12,4 (mélység) értékek mellett. A szélsőértékek különbsége itt 9,2 cm, ami még homogénebb felszínt mutat, mint az egyszer művelt TKM területeken. A kisebb szélsőértékek a terület

homogenitásának irányába mutatnak. Megállapítható, hogy a legegyszerűsebb talajfelszín a művelések után a dülökön alakul ki, ott ahol kétféle művelőeszköz járta a területet (a második művelő eszköz Carrier tárcsa volt). Ugyanakkor legváltozatosabb talajfelszínt a hagyományos művelésű parcellákon találtuk, amely indokolja a relatív madártöbbletet, ezáltal a hektáronkénti magasabb példányszámot. A hektáronkénti madárlétszámok alakulása a téli időszakokban a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat. Hektáronkénti madárlétszámok a téli időszakokban

Időszak	Szántás előtt, pld./ha			Szántás után, pld./ha		
	TKM	HM	%	TKM	HM	%
2003/2004	0,81	0,62	131	2,13	0,16	1299
2004/2005	0,79	1,04	76	1,37	0,18	754
2005/2006	0,96	1,09	88	1,47	0,09	1593
2006/2007	3,26	1,82	180	5,51	0,19	2943
2007/2008	3,00	1,41	212	1,04	0,25	413

Az őszi mélyszántást követően alapvetően megváltoztak az arányok a kétféle művelés között. A szántott területeken csak elvétve észlelhetők madarak a táplálék- és búvóhelyhiány következtében. A két művelés között a tavaszig tartó periódusban 4–29-szeres többletet mértünk az egyes években a TKM javára. A legkisebb különbséget (4-szeres) 2007/2008 téli időszakban regisztráltunk, mikor Dióskál II. területen repce (nagy felszínborítás, gyomelnyomó képesség) került termesztésre. Ugyancsak kisebb mértékű többletet mértünk (7,5-szeres) 2004/2005 telén a talajvédő növénynek vetett (de hiányos) repce esetén. A további időszakokban óriási különbséget regisztráltunk, legnagyobbat 2006/2007 telén, ami a szokatlanul enyhe időjárás hatása volt. A TKM területeken ekkor nagy számban ki tudtak telelni az énekesmadarak. A leghidegebb 2005/2006 telén (70 napos hóborítás) 16-szoros többletet figyeltünk meg. A TKM területek még nagyobb hóborítás esetén is rendelkeznek táplálékszolgáltató képességgel, amit rendszerint a betakarítást követő minél korábbi tarlóhántás befolyásol. Korai tarlóhántás esetén a kelő gyomok a tél beköszöntére megerősödnek, magot érlelnek. Sok gyomnövény magszára a hó alól is kiáll, így táplálékot szolgáltat a madaraknak. Ugyanakkor a betakarításkor jelentkező szemvesztés a betakarító gépek fejlődésével egyre csökken.

Nyári megfigyelések

A nyári időszak legjellemzőbb fajai a mezei pacsirta, a fűrj, valamint a szegélyterületről berepülő fajok mint a cigánycsuk, a töviszúró gébics, a citromsármány és a mezei veréb.

Nyári időszakokban (április-szeptember) a madarak viselkedése alapvetően megváltozik a téli időszakhoz képest. A téli időszakok átvészeléséhez sokszor csapatokba verődött madárközösségek párokra bomlanak, revírt foglalnak és fészkeléshez látnak. Több, a télen szántóföldön táplálkozó faj elhagyja a mezőgazdasági területeket, mások a telelőterületükről térnek vissza. A mezőgazdasági területek madarai a nyári időszakban hazánkban döntően territórium tartó madarak. Egy meghatározott területen csak egy bizonyos számú egyed észlelhető, ennek megfelelően az egyedszámok a téli időszakhoz képest jelentősen csökkennek. A megfigyelési módszerekben a nyári számlálások

alkalmával sem változtattunk, mivel a cél a talajon – az egyes művelésmódokon – mozgó madarak felvételezése volt. A „sávos” megfigyelési módszerrel a talajon rendszerint rejtetten mozgó madarakat is nagy részben mintavételezni lehetett. A sávok egymástól való távolságának csökkentésével a fejlődő növényállományok beláthatóságát, zavarását próbáltuk csökkenteni, ezáltal a pontosabb mintavételezési adatokat elérni. Ez persze csak egy meghatározott ideig működhetett, a magas állományú kultúrnövényekben rendszerint már ez a módszer sem vezetett eredményre. Több tényező teljesen meg is hiúsította a mintavételezést, pl. a repcevirágzás után a becők összekapaszkodása, kukorica magassága stb.

A nyári időszak értékelése is kétfelé bontható, ahol a jellemző határpont az őszi kalászosok rovarölös kezelésében határozható meg. A növényvédelmi kezelés minden megfigyelési ciklusban közel egy időpontra esett (május harmadik dekádja). Eddig az időpontig a növényállomány sem zavarja jelentősen a megfigyeléseket, vagy korrigálni lehet a sávok egymástól való távolságának függvényében. Az ezt megelőző időszakokban jó képet kaphatunk a művelésmódok különbségéről, ugyanakkor az ezt követő eredmények értékelésével óvatosan kell bánni pontatlanságuk miatt.

A rovarölő kezelés a veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopa*), közismert nevén a vetésfehérítő bogár lárvájának kártétele ellen irányul, de mivel a használt vegyszerek nem fajspecifikusak, ezért a tapasztalatok szerint szinte mindent elpusztítanak. A kezelést követően gyakorlatilag az őszi kalászosok vetésterülete minimális rovarlátlékot szolgáltat az éppen fiókákat etető madaraknak. A táplálék jó része szegélyek, mezsgyék (ha van ilyen) mellett lelhető fel, mivel a rovarvilág innen próbálja ismét meghódítani a gabonátáblákat.

A rovarölő kezelés előtti időszakok madarai a költés kezdetén vannak, revírt foglalnak, a korai fészkelők már a fiókanevelés végén járnak, készülnek a másodköltésre.

Rovarölő kezelés előtt mind az öt évben a TKM művelés nagyobb madártöbbletét mértük. Ez a madártöbblet jóval kisebb, mint a téli időszakokban mért, de még így is jelentős (1,6–6-szoros). A legnagyobb különbséget a vizsgálatok második évében (2005) figyelhettük meg. Míg a TKM területeken átlagosan 2 példányt számlálhattunk hektáronként, addig a hagyományos művelés esetén hat hektárt kellett bejárni ugyanennyi madár megfigyeléséhez. Ebben az évben a nagy többlet a télre talajvédő növénynek vetett repce kései lekerülése okozta. A repce rendkívül jó fészkelési lehetőséget biztosított a mezei pacsirta számára, mivel foltokban hiányosan kelt, aljnövényzete is jelentős volt. Emellett a növényvédelmi munkák elmaradása miatt a bőséges gerinctelen élelemforrás nyújtott ideális táplálkozóhelyet. A mintaterületen (Dióskál II.), illetve annak szomszédságában a környező vetések csak tavasszal keltek, vagy még nagyon fejletlenek voltak a kísérletben vetett repcéhez képest, így a pacsirták nagyobb számban ide települtek be. Míg a további években Dióskál I. mintaterületen 4–8 revírt tudtunk beazonosítani, addig 2005 tavaszán 11–12 revír volt ismert a területen. A megtalált 5 darab fészek mindegyike TKM területekről került elő. Ez a szám rendkívül jónak mondható. A revírek mérete 2,75–3 hektárt foglalt el, szemben a további évek 8,3–16 ha/pár értékével.

Sajnos a repce megkésett (április végi) betárcsázása gyakorlatilag az összes fészket elpusztította, ami felhívja a figyelmet a talajvédő növény korai bedolgozásának szükségességére. Korán tarlóhántott területek kora tavaszi madárviszonyai hasonlóan működhetnek az előbbiekhöz, de mivel a későbbiekben a korai lekerülésre figyeltünk a fészkelő madarak érdekében, így ezt bizonyítani nem tudtuk. FÜLÖP és SZILVÁCSKU (2000) a tarlók „beszántását” legkésőbb március végi időpontra teszi.

Őszi kalászos gabona vetése esetén a tavaszi fészkelési időszakban a szármaradványok között jobb fészkelési lehetőséget találtak a mezei pacsirták, mint a szántott, majd homogénre elmunkált HM területek esetén. Ugyanez igaz tavaszi vetésű növény esetén is, szántott majd elmunkált talajfelszínen fészket egyáltalán nem, madarat is alig figyeltünk meg. A hektáronkénti madárlétszámok alakulása a nyári időszakokban a 3. táblázatban látható.

3. táblázat. Hektáronkénti madárlétszámok a nyári időszakokban

Időszak	Rovarölő kezelés előtt,			Rovarölő kezelés után,		
	pld./ha		TKM többlete	pld./ha		TKM többlete
	TKM	HM	%	TKM	HM	%
2004	0,72	0,43	166	0,69	0,55	124
2005	1,93	0,32	601	0,93	0,48	195
2006	0,68	0,30	222	0,74	0,32	232
2007	0,74	0,17	432	0,46	0,27	170
2008	0,37	0,20	185	0,50	0,31	164

A rovarölő kezelést közvetlen követő mintázási időszakokban drasztikusan lecsökkent a kalászos gabonában a madarak észlelhetősége. Az egyedszámok mintegy felére csökkentek, majd csak lassan emelkedtek, holott ebben az időszakban a kirepült fiókákkal emelkedhetett a teljes létszámuk. Legnagyobb egyedszámban a szegélyterületes parcellákon voltak megfigyelhetők. A madárlétszámok a nyári betakarítási idő után emelkedtek (részben a kedvezőbb beláthatóság hatására), így a nyári időszak végére a teljes átlag magasabb értéket mutat, mint közvetlen a kezelések utáni időszakok. A hektáronkénti értékek ugyanakkor még így is alacsonyabbak, mint a növényvédelmi munkákat megelőzően. A művelések közötti különbségek sem olyan nagymértékűek, mivel a mechanikai talajművelések erre az időszakra már nem olyan mértékben fejtik ki hatásukat. Az rovarölős kezelések negatív hatása csökkenthető a növényvédőszeres okszerű alkalmazásával. Okszerű alkalmazás alatt értjük a foltkezelést (csak ott ahol szükséges), melyet a számlálás utolsó évében alkalmaztunk. (A mintavételi eredményeket érdemben nem befolyásolta a foltkezelés, mivel alkalmazása csak 4 parcella területén történt.) A foltkezelés ugyanakkor nagyobb odafigyelést igényel, amit sok esetben nem szívesen vállalnak fel a gazdák (biztosra mennek), pedig alkalmazásával jelentős költségmegtakarítás is elérhető.

A legjellemzőbb fajokról, a nyári adatsorok alapján trendeket állítottunk fel. A mintaterületek ezen adatai összevethetők a Mindennapi Madaraink Program eredményeivel. A kapott trendek a környező mezőgazdasági területek nagy részére jellemzőek lehetnek, ugyanakkor nagyobb területekre általánosítani még nem lehet.

Az öt éves vizsgálati periódus alatt a hektáronkénti madárlétszámok csökkentek a nyári megfigyelési időszakokban a legjellemzőbb szántóföldi madarak esetében (szántók és szegélyek madarai). A csökkenés elsősorban a szegélyterületekhez kötődő fajok állományát érintette.

A mintaterület legjellemzőbb faja a mezei pacsirta. Az EU-ban a sebezhető fajok között szerepel, a SPEC 3¹ kategóriában. A MME Monitoring Központ adatai

SPEC 1 - Világszerte veszélyeztetett fajok (40 faj, 7.6%);

SPEC 2 - Európában kedvezőtlen védelmi helyzetű fajok, amelyek költő vagy telelő állományának több mint 50%-a Európában van (45 faj, 8.6%).

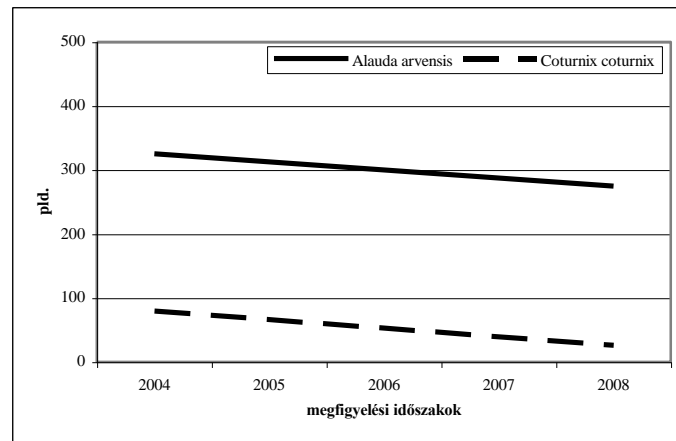
SPEC 3 - Európában kedvezőtlen védelmi helyzetű fajok, amelyek költő vagy telelő állományának kevesebb mint 50%-a van Európában (141 faj, 26.9%).

Non-SPEC^E (4) Európában kedvező védelmi helyzetű fajok, amelyek költő vagy telelő állományának több mint 50%-a Európában van

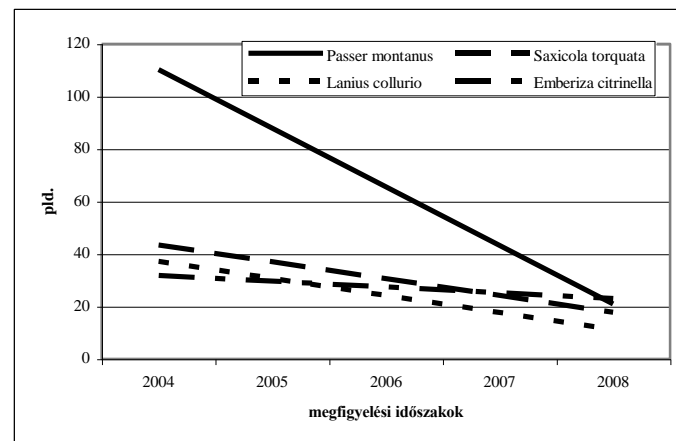
Non-SPEC (5) Európában kedvező védelmi helyzetű fajok, amelyek költő vagy telelő állományának kevesebb mint 50%-a van Európában.

alapján (HTTP1) a hazai állomány trendje mérsékelt csökkenést mutat (1999–2013), a mintaterületen gyűjtött adatok trendje a megfigyelések alapján szintén kismértékű csökkenésről árulkodik (2003–2008). A szántók másik jellemző faja a területen a fűrj. Hazai egyedszáma a 80-as években drasztikusan lecsökkent az iparszerű mezőgazdaság terjedésével, valamint a kíméletlen vadászat miatt (mediterrán országok). Európai viszonylatban sebezhető faj, SPEC 3 kategória. A hazai állomány 1999–2013 közötti populáció indexe mérsékelt csökkenést mutat, ugyanakkor a mintaterületen 2003–2008 között végzett megfigyelések jelentősebb csökkenést mutatnak. (MME Monitoring Központ 2006–2008 között szintén jelentős csökkenést mért.)

A szegélyterületeken fészkelő, de mezőgazdasági területekre táplálkozni járó fajok állományváltozási trendje a kísérleti területeken egyértelmű csökkenést mutat. A csökkenő egyedszámú fajok a cigánycsuk (*Saxicola torquata*), a tövisszúró gébics (*Lanius collurio*), a mezei veréb (*Passer montanus*), illetve kismértékben a citromsármány (*Emberiza citrinella*) is. A szegélyek bokrosaiban fészkelő tövisszúró gébics EU-s szinten a csökkenő állományú, SPEC 3 kategóriába tartozik. Hazai szinten állománya mérsékelten csökkenő, azonban a mintaterületen állomány-változási trendje jelentősen csökkenő. A mintaterület melletti közúti mezsgye bokrosaiban a mintavétel első évében 4 revírt találtunk, az utolsó két évben már egyet sem. A szegélyeken költési időben bekövetkezett negatív hatások következtében a cigánycsukok egyedszáma is csökkenő trendet mutat, csakúgy, mint a Monitoring Központ által közölt adat (1999-2013). EU-s szinten szintén a csökkenő állományú, SPEC 3 kategóriába tartozik. Leginkább csökkenő állományú faj a nyári időszakban a parcellákon a mezei veréb, amelynek hazai szinten állománya növekedést mutat, EU-s szinten pedig biztos állományú faj (SPEC 4). A mezei veréb állománycsökkenésének oka a területen összefüggésben van a fészkelésre alkalmas odvas fák számának drasztikus csökkenésével (kivágás). A citromsármány egyedszám-változási trendje ugyancsak csökkenő irányt mutat a területen, ugyanakkor kisebb mértékben, mint az előbbi fajok esetében. A faj hazai állománya stabil (1999-2013), EU-s szinten azonban a sebezhető fajok kategóriájába tartozik (SPEC 3). Az egyedszám-változási trendek alakulása mindenképpen szembeűnő akkor, ha az összhazai viszonyok alakulását vesszük alapul. A trendek csökkenése legtöbb faj esetén korrelál az országos adatokkal, beleillik az MME Monitoring Központ 1999-2013 közötti időszakban mért vonatkozó adataival, ugyanakkor azoknál legtöbbször valamivel kedvezőtlenebb képet fest. A mezei veréb esetén, a mintaterületen mért jelentős csökkenést ugyanakkor ezek alapján, mindenképpen helyi hatások eredményezik, a szegélyterületek változása alakítja. A legjellemzőbb fajokra vonatkoztatott egyedszám változási trendek irányai a mintaterületeken, a 1–2. ábrán láthatóak.



1. ábra. A mezei pacsirta (*Alauda arvensis*) és fürj (*Coturnix coturnix*) egyedszám-változási trendje a mintaterületeken, 2003-2008



2. ábra. A mezei veréb (*Passer montanus*), a cigánycsuk (*Saxicola torquata*), a tövisszúró gébics (*Lanius collurio*) és a citromsármány (*Emberiza citrinella*) egyedszám-változási trendje a mintaterületeken, 2003-2008

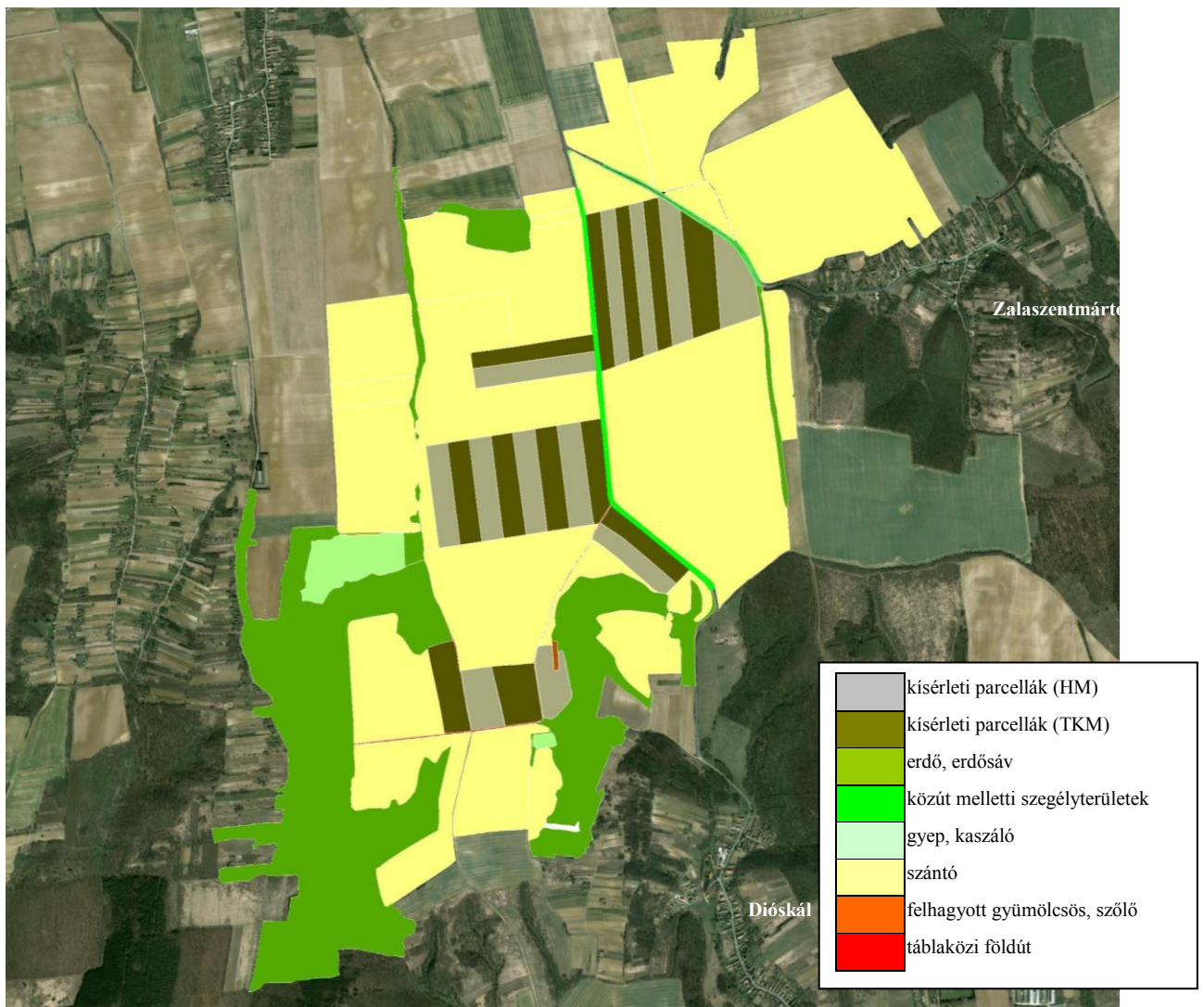
Szegélyterületek

A szegélyeken élő fajok egyedszám-változási trendjeinek csökkenése szoros összefüggésben van a szegélyterületek degradációjával, minőségi és mennyiségi viszonyainak romlásával. A szegélyterületek negatív előjelű változása a környék további mezőgazdasági területeire is jellemző, így a változásukat nyomon követtük a vizsgálatok évei alatt. Kezdetben csak abból a célból, hogy a parcellákon számlált madarak eloszlási viszonyát értékeléskor a szegélyek változása függvényében korrigáljuk. Egyszerű értékelési módszert alkalmaztunk, azonban ez is lehetőséget nyújtott arra, hogy az évek során nyomon kövessük a változásokat.

A projekt kezdetekor a szegélyterületek állapota, minősége, kiterjedésük felmérésre, majd értékelésre került. Az első időszakban a potenciális szegélyterülettel határos parcellák száma 5, emellett további 6 parcellát jellemeztünk még kisebb mértékű, vagy szakaszos szegélyhatással (24 parcellából).

A következő két évben a szomszéd szántóterületen telepített, majd tönkrement szőlő elgyomosodása jelentős madárelvonó képességet fejtett ki a parcellákon. A madarak szempontjából pozitív változás miatt fokozatosan

(maximum) 14 parcellán kellett számolnunk szegélyhatással. A szőlőtelepítés gyomos területének beszántásával egyidőben, több területen is negatív hatások érték a szegélyeket, így az adatsorban a potenciális szegélyekkel határos parcellák száma ismét 5-re csökkent, kismérvű szegélyhatás már csak további 2 parcellán érvényesült, a többi területen megszűnt. A rendszeres vizsgálatok befejezése után (2009), a zalaszentmártoni közút mellett az összes nyárfát, részben a diófákat kivágták, tovább rombolva ezzel a szegélyek minőségét. A megfigyelési parcellák elhelyezkedését és a szegélyterületeket a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra. A vizsgált terület egyszerűsített felszíntérképe a megfigyelések utolsó évében (2008), 2006-os Google Earth felvételen

A szegélyterületek minőségi viszonyait alakító tényezők a vizsgálatok öt éve alatt a következők voltak:

Közút melletti árokpártok, mezsgyék problémája: A közutak melletti szegélyek fa és cserjeszintje élőhelyet, fészkelő- és búvóhelyet nyújt számos madárfaj számára. Az árokparti füves, bokros területek csökkenése különösen a cigányacsuk és a töviszúró gébics egyedszámában jelentett észrevehető visszaesést. A csökkenés oka a közútkezelő és a gazdák munkájában keresendő. A közútkezelő az út felől kaszálja az árkot, rendszerint egészen a természetett növénykultúráig. A gazdák a szántók felől „ápolják” a szegélyeket.

A közútkezelő az első évben a közút melletti árokpartot kaszálta le évente két alkalommal, mintegy 2–3 m szélességben. Ez a kaszálás a közlekedésbiztonság szempontjából indokolt, ugyanakkor a madárfauna szempontjából sem jelent különösebb zavaró tényezőt. A következő években fokozatos kiművelések történtek a közúttól távolabb eső területekre is. Különösen negatívan hatott a néhány évben kézzel történt kaszálás a teljes közút melletti szegély szélességben, valamint ugyanezen terület gépi kaszálása a költési idő közepén. A gépi kaszálások az első évben egyetlen közút melletti fészket sem tettek tönkre, a megtalált 4 fészek (3 csuk, 1 gébics) az úttól távolabb voltak rejtve. A cigánycsuk fészkeket az árokparti rézsú tetejének közelében, vagy a rézsúcsúcs és a kultúrnövény közötti füves sávban találtuk. A megtalált gébicsfészkek mindegyike (5) kőénybokorban volt rejtve, a talajfelszíntől 0,5–2 m magasságban.

2006 nyarán kézi erővel kivágták a szegélyek bokorcsoportjainak, cserjéinek nagy részét, a fákat felnyesték. A következő évtől ez már lehetőséget teremtett arra, hogy teljes szélességben, több menetben lekaszálják az árokpartot, a rézsút, ami persze megghiúsította a madarak fészkelését is. 2008-ban a parcellák melletti közúti szegélyeken (2300 m) összesen 3 cigánycsuk revírt ismertünk, töviszúró gébics revírt egyet sem. A fák felnyesése és az árokpartok teljes kaszálása, valamint a gazdák nyár végi szegély kaszálása (fák felnyesése a szántók felől) lehetőséget teremtett arra, hogy a vetéseket megelőző talajmunkáknál mind nagyobb kiművelések történjenek, mivel a gépek elférnek a fák alatt és a bokrok nem akadályozzák a művelőeszközök haladását. Több szántó esetén már csak az árokpart, vagy a közút jelenti a további terjeszkedés gátját. A közútig kiművelt területen megszűnnek az életfeltételek nemcsak a madarak számára. Sokszor az úttól 1–1,5 m-re kukorica sorol az egykori szegélyen. A nagyobb magasságot elérő kapás növények ugyanakkor felvetik azt a kérdést, hogy a közlekedésbiztonság szempontjából ezek a növények nem jelentenek-e kockázatot, ugyanis állománysűrűségüknél fogva rendszerint nagyobb takarást jelentenek, mint a szegélyek változatos fás, cserjés, füves területei. Ugyanakkor azt is meg kell említeni, hogy egy aszályos, meleg nyáron (pl. 2007) az aszfaltcsik hőtartó, hőelnyelő képessége miatt a közút melletti kukoricaállomány 8–12 sor szélességben teljesen kiszült, aratni sem volt érdemes.

A közút melletti szegélyek fa és cserjeszintje jelentős szélcsökkentő hatással is rendelkezik, így ezek meghagyásának további gazdasági jelentősége a növényállományokban a szélerő, ezáltal a megdőlés lehetőségének csökkentése. Tapasztalataink szerint a megművelt szegélyek jövedelmezőségi viszonyai 2–3 m szélességben rendszerint legtöbb évjáratban negatív értékeket mutatnak.

A közútkezelő és a gazda tevékenysége ugyanakkor nem egyedi eset, a környező területeken általánosan elterjedt gyakorlat. Mindkét szereplő tevékenysége ugyanakkor megérthető, indokolható. A közútkezelő célja a közlekedésbiztonság erősítése/javítása mellett, sok esetben rájuk „bízott” közmunkások foglalkoztatása volt. A gazda tevékenysége is megérthető a támogatási rendszerek alakulása (területalapú támogatások igénylése, emelkedő összegek stb.) miatti ösztönző rendszer, a mind nagyobb terület, művelésben tartására/vonására. A beavatkozások nem önmagukban jelentkeznek, hanem rendszerint mindkét irányból, egymást kiegészítik, így felerősödnek a negatív hatások. A közúti szegélyek kezelése, kaszálása, a közlekedésre veszélyes fák kivágása szükséges, de a biodiverzitás szempontjából rendszerint a legértékesebb fák kerülnek eltávolításra. A megoldás nem a totális irtás, hanem a szegélyek kiterjedésének, minőségének megőrzésében a fokozatosságot, okszerűséget kellene előtérbe helyezni. Több tanulmány is készült már a szegélyterületek jelentőségéről mezőgazdasági környezetben, sőt a korábbi évtizedekben jó gyakorlatok is voltak nagy területeken is, csak a támogatási rendszerekbe kellene mindezt átültetni. A

szántóföldi életközösségek felől nézve reményt jelenthetett az azóta hazai viszonyok között is teljesen „lebutított” Közös Agrárpolitika reformja, „zöldítő” programja.

Ugyanakkor léteznek hazai viszonyok között is jó gyakorlatok a szegélyterületek megőrzésére, fejlesztésére. Ilyen például a Syngenta Operation Pollinator (Beporzó) programja, mely virágos szegélyek telepítésével kívánja növelni a beporzó fajok egyedszámát mezőgazdasági környezetben. A program rendkívül jó hatással van a szántóföldi énekesmadár közösségek alakulására is, mivel a telepített területek jó fészkelő és táplálkozóhelyet jelentenek számukra.

Táblaközi utak, földutak: Elsődleges gazdasági funkciójuk, hogy a táblák közötti közlekedést lehetővé tegyék, a művelt terület taposása nélkül. Emellett a biológiai sokféleség megőrzése szempontjából sem elhanyagolható jelentőségük, különösen, ha szegélyterületeket kötnek össze (ökológiai folyosó). A földút melletti gyomos szegélyekben előszeretettel táplálkoznak fácánok, fűrjek, illetve a mezei pacsirta, de a mezei nyúl is talál itt búvóhelyet. A „kiművelésekkel” ezen fajok élőhelye szűkül be, adott esetben szűnik meg. A minőségi romlás itt a kiterjedésük csökkentésében, a növényfajok számának csökkenésében, a költési időben történő kaszálásban, szárazzásban keresendő. Szélességük egyes parcelláknál több mint a felére esett vissza 2003 (6 m) és 2006 között (2,5 m).

A növényvédelmi munkák szakszerű alkalmazásával a táblaközi utakra közvetlenül nem kerül vegyszer, így itt a madarak táplálékot találnak azokban az időkben, mikor a kultúrnövény rovarmentes. A vizsgálati időszak alatt több földút is jelentősen beszűkült, megszűnt. A gazdák több alkalommal is földúton fordultak a művelő eszközeikkel, illetve megművelésre, majd elvetésre kerültek, ezáltal megszűntek ezek a kis kiterjedésű, de fontos élőhelyek. Betakarításnál ugyanakkor a terménnyel megrakott pótkocsik rendszerint az egykori földút nyomvonalán, vagy közvetlen mellette közlekednek, így rendkívül nagy taposási kárt okoznak (extrém talajtömörödés) az azóta művelésbe vont területeken. Betakarítást követő talajműveléseknél e nyomvonalak kezelése, a vetésre alkalmas talajállapot kialakítása óriási energiát, költséget emészt fel. Rendszerint a ráfordításokat az itt betakarított termés árbevétele nem is fedezi.

Erdőterületek: Az erdők számos madárfaj számára jelentenek fészkelőhelyet. Ezen fajok legtöbb esetben az erdei környezetben keresik táplálékukat, de több közülük bejár a mezőgazdasági területekre. Ezek a fajok a citromsármány, a vadgerle (*Streptopelia turtur*), a seregély, részben a mezei veréb. Ritkábban észlelt fajok a fekete rigó (*Turdus merula*), a cinegefélék (*Parus sp.*), a nagy fakopáncs (*Dendrocopos major*), melyek jobbra csak a parcellák szegélyébe merészkednek. A parcellák melletti erdőterületek faállománya, illetve cserjeszintje a vizsgálatok alatt csak kismértékben változott. Ezen erdős, bokros biotópokban drasztikus beavatkozás nem történt. A mintavételezések befejezése után (2009) azonban a délkeleti parcellák melletti erdős szegélyterület szinte tarvágásra került, így itt jelentős változások következtek be számos madárfaj eltűnése mellett.

Szőlőtelepítés és felhagyása: Fentebb említettük, hogy a parcellák szomszédságában a vizsgálatok megkezdésekor egy 27 ha-os területen szőlőtelepítési munkák kezdődtek. A szőlőtelepítés területe két mintavételezési tömb közé került, így összesen a parcellák fele (12) érintett lett szegélyhatásával. A szőlőtelepítés után rövid időn belül kiderült, hogy itt nem a szőlőtermesztés az elsődleges szempont, hanem a telepítéssel járó támogatások megszerzése. A terület a telepítés előtt szerves trágyázva lett, ennek következtében gyorsan elgyomosodott. Az elgyomosodás ugyanakkor nem volt teljes. Pusztasági talajfelszín, valamint kevésbé borított területek is jelentős százalékban maradtak. Nem volt záródott növénytakaró. A kialakult gyomtenger jelentős madárelvonó képességgel

bírt mind a költési, mind a téli időszakban. A területen rendkívül jó fészkelőhelyet találtak a madarak. Itt a költő párok száma is jóval magasabb szinttel jellemezhető, mint a parcellákon. Téli időszakban a magevő énekesek még jelentős hóborítás esetén is találtak táplálékot, így nagy számban voltak jelen e területen.

A szőlőtelepítés területén rendszeres megfigyelések nem történtek, bejárásaink a területre célzottak voltak, hogy az itteni, a többi területhez képest „paradicsomi” viszonyokról is képet kapjunk. Költési időben a költőpárok hektáronkénti számát becsültük meg. Összesen 2 bejárást tettünk 2005-ben és 2006-ban is, ugyanazt a módszert alkalmazva, mint a parcellákon. A nyári időszak leggyakoribb fajai a mezei pacsirta, a cigánycsuk, a fűrj, a fácán (*Phasianus colchicus*), de költőhelyre talált itt a tövisszúró gébics és a sordély (*Miliaria callandra*) is. A terület a szakszerűtlen, elhanyagolt, majd teljesen fel is hagyott művelés eredményeként fokozatosan elgyomosodott. A terület nagymértékű madárelvonó képessége miatt voltak olyan időszakok – elsősorban a téli megfigyelések ideje alatt – amikor más területeken nem is lehetett madarakat megfigyelni, csak ezen a 27 ha-on. A nyári madársűrűség is jóval meghaladta a szomszédos területek hasonló értékeit. 2006 májusában végzett bejárások alakalmával a költőpárok számát a gyomos területen 3 pár sordély, 4 pár cigánycsuk, 1 pár tövisszúró gébics/27 ha értéken állapítottuk meg. Költött itt továbbá kis poszáta (*Sylvia curruca*) is, valamint 1 pár kerti geze (*Hippolais icterina*) is revírt foglalt. Fűrjek esetén 4-5 éneklő hím/27 ha regisztráltunk. Legnagyobb számban a mezei pacsirta költött a területen: a költőpárok számát 10–12 párra tettük, ami 2,25–2,7 ha/pár fészkelését jelenti. Ez az érték jóval magasabb, mint a régió nagy átlaga, 4–10 ha/pár (BROTONS et al., 2005), és csak kevéssel marad el hazánk legsűrűbben benépesült régióitól, tájaitól. KOVÁCS G. (1981) hortobágyi megfigyelései szerint legsűrűbben benépesült gyepeken 2–2,5 ha/pár az állománysűrűsége (HARASZTHY, 1998). BROTONS et al. (2005) adatai alapján a magyar állomány sűrűsége a legmagasabb Európában: a legsűrűbb a hortobágyi állomány, 1–2 ha/pár.

Következtetések

A szegélyterületek, táblaközi utak minőségének és kiterjedésének megőrzésére mindenképpen szükség van a szántókon élő, a mezőgazdasági művelésű élőhelyeket hasznosítani képes madarak és a biológiai sokféleség megőrzése céljából. Kezelésükhöz egy költési időszakon kívüli időpontot kellene választani, a mértékletességet minden esetben szem előtt tartva. A táblaközi utak nemcsak gazdaságossági szempontból előnyösek, számos madárnak nyújtanak élő és táplálkozó helyet a kultúrnövények növényvédelmi munkáinak idején.

Eredményeink azt mutatják, hogy intenzív mezőgazdasági művelés esetén is van lehetőség a biológiai sokféleség megőrzésére forgatás nélküli talajművelési rendszerek alkalmazásával. A madártani vizsgálataink igazolják, hogy a madárlétszámokban a talajkímélő és a hagyományos művelés között, időszakok függvényében óriási különbségek mérhetők, rendszerint a talajkímélő művelés javára. Ennek okát a kétféle művelésmód esetén a téli időszak eltérő táplálékszolgáltatási képességében találtuk. Nyári időszakban ezt kiegészítve, a szármaradványok között a potenciális fészkelőhelyek többlete adja a különbséget. A mezőgazdasági művelést hasznosítani képes, de nem a szántókon fészkelő fajok esetén nélkülözhetetlenek a szegélyterületek. A szegélyterületek, mezsgyék, táblaközi utak, gyepes sávok nélkül számos faj életfeltételei alapjaiban hiányoznak a mezőgazdasági biotópokból. A mezőgazdasági területek madárlétszámának szinten tartásához, illetve csökkenésük elkerüléséhez, megállításhoz

elengedhetetlen ezen területek megléte. A táblák további tömbösítése, összevonása helyett a nagyobb területek megszakítása kedvezőleg befolyásolná a madarak előfordulási esélyét is a mezőgazdasági területeken.

Kulcsszavak: hagyományos talajművelés, talajkímélő művelés, madarak, szegélyterületek

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az EU LIFE–Syngenta SOWAP projektje (LIFE03 ENV/UK/000617) és az OTKA (104899) támogatta. Köszönetünket szeretnénk kifejezni Dr. Csepinszky Bélának és Csiszár Bélának a terepen nyújtott segítségükért és áldozatos munkájukért, Plótár Istvánnak és családjának a mintaterület biztosításáért, illetve az azon végzett mezőgazdasági munkákért, valamint a Väderstad-nak a művelésszükségletért.

Irodalom

- BÁDONYI K., 2006. A hagyományos és a kímélő talajművelés hatása a talajerózióra és az élővilágra. *Tájökológiai Lapok*. 1–16.
- BÁDONYI K., HEGYI G., BENKE SZ., MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., 2008a. Talajművelési módok agroökológiai összehasonlító vizsgálata. *Tájökológiai Lapok*. 145–163.
- BÁDONYI K., MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., CSEPINSZKY B., 2008b. Talajművelési módok és a talajerózió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. *Földrajzi Értesítő*. 57. 147–167.
- BÁLDI A., 2005. Az agrár-környezetvédelmi programok ökológiai kutatásának szükségességéről. *A Falu*. 20. 61–65.
- BÁLDI A., 2008. Az agrárgazdálkodás változásának hatása madarakra: európai és hazai körkép. *Ornis hungarica* 15–16. 75–76.
- BÁLDI A., MOSKÁT Cs., SZÉP T., 1997. Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer IX. Madarak. Magyar Természettudományi Múzeum. Budapest.
- BENKE SZ., MADARÁSZ B., BÁDONYI K., KERTÉSZ Á., 2010. A hagyományos és a talajkímélő művelés madártani viszonyai, a szegélyterületek jelentősége a szántóföldi madarak előfordulásában. *Tájökológiai Lapok*. 8. 437–455.
- BŐHM A. 1995. Változások az énekesmadarak állományában Magyarországon a pontszámlálási program eredményeinek tükrében (1998–1995). *Aquila*. 102. 109–131.
- 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.
- BROTONS, L., SIESEMA, H., NEWSON, S., 2005. Report on the workshop „Spatial modelling of large scale bird monitoring data: towards Pan-European quantitative distribution maps”. *Bird Census News*. 18. 8–30.
- 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.
- DONALD, P.F., GREEN, R.E., HEATH, M.F. 2001. Agricultural Intensification and the Collapse of Europe’s Farmland Bird Populations. *Proceedings of Royal Society of London B*. 268. 25–29.
- FIELD, R.H., BENKE, SZ., BÁDONYI, K., BRADBURY, R.B., 2007. Influence of conservation tillage on bird use of winter arable fields in Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 120. 399–404.

- FÜLÖP GY., SZILVÁCSKU ZS. (szerk.), 2000. Természetkímélő módszerek a mezőgazdaságban. Szántóföldek. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület. Eger. pp. 19–44.
- HARASZTHY L. (szerk.), 1998. Magyarország madarai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 250–251.
- JÁNOSKA F., 1998. Fészkelő madárközösségek vizsgálata kisalföldi erdősávokban. *Ornis Hungarica*. 8. 49–58.
- LEGÁNY A., 1991. A mezővédő erdősávok és fasorok madártani szerepe és természetvédelmi jelentősége. *Aquila*. 98. 169–180.
- MOSKÁT C., WALICZKY Z., 1988. Madárpopulációk nyomon követése pontszámlálással. A Magyar Madártani Egyesület új madárszámlálási programja. *Madártani Tájékoztató*. 12. 118–120.
- 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.
- 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. App. Ecol.* 37. 128–148.
- SZÉP T., NAGY K., 2006. Magyarország természeti állapota az EU csatlakozáskor az MME Mindennapi Madaraink Monitoringja (MMM) 1999-2005 adatai alapján. *Természetvédelmi Közlemények*. 12. 5–16.
- SZÉP T., HALMOS G., NAGY K., 2006. Madarak monitorozása – lehetőség a természeti állapotot befolyásoló, regionális, országos és globális hatások nyomon követésére. *Magyar Tudomány*. 6.
- WALICZKY Z., 1991. Az énekesmadarak állománybecslő programjának első három éve. A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület. III: Tudományos Ülése. Szombathely. pp. 194–200.
- Http1. <http://www.mme.hu> (2014.10.26)

Ornithological aspects of Conservation tillage

BENKE, S., MADARÁSZ, B., BÁDONYI, K., KERTÉSZ, Á.

Geographical Institute, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Hungarian Academy of Sciences, benke.szabi@gmail.com

Summary

Nearly two-thirds of the territory of Hungary is cropland, about half of the country is arable farmland. These are not only the areas of production, but also habitats for a number of plant and animal species. In our present paper we intend to evaluate the difference between conventional and conservation tillage methods with the aid of birds as biological indicators, since this group adapts to the conditions of the altered environment the quickest way (presence, absence).

We measured in an exact way the difference between tillage types in terms of the abundance of bird species. The latter are used to demonstrate the outstanding role of edges in protecting agricultural habitats. For the experiment we marked out 12 conventional and 12 conservation tilled plots altogether on 107 ha in the vicinity of Dióskál village, in the hilly region of Zala County. The research work was carried out between October 2003 and September 2008, on winter wheat, maize, and oil seed rape fields. Due to the weekly monitoring we were able to follow the variations in the abundance of species. We evaluated winter and summer seasons separately, because the ethological characteristics of birds differ between the two periods. During the winter season before the autumn tillage roughly the same frequency of occurrence was measured in case of the two types of plots, while after tillage we recorded a 4–29 fold excess on the conservation tilled plots depending on crop rotation. During the summer seasons there was a smaller difference due to the spatial behaviour of farmland birds. Before the insecticide treatment we measured a 1,6–6 fold excess for the benefit of the conservation tilled plots depending on period and crop rotation. After the treatment the number of birds declined and only slowly recovered later with less difference. In case of the most common species we set up abundance variation trends. Direction of the trend showed whether the populations of birds are declining or increasing. A minor decline was recorded in the number of ground nesting farmland birds (skylark, quail), significant decline was revealed in case of species that inhabited edges (stonechat, tree sparrow, red-backed shrike). We determined the longest flight distances measured from the edge of some characteristic winter species. We can state that during winter birds fly up to 200 m away from the edges searching for food, most often they stay close to the edges.

Bird populations of edges useful for agricultural production can only be maintained and even expanded under the protection of boundaries, tree and shrub groups, grass strips both in the qualitative (varied flora, canopy and understory) and quantitative (extension, width) sense.

Our results show that even in intensive agricultural practice it is possible to protect biological diversity by using conservation (non-inversion) tillage.

Kulcsszavak: conventional tillage, conservation tillage, birds, edges

Table 1. Number of birds and their distribution in percentage in each investigated period

Table 2. Number of birds per hectare in winter

Table 3. Number of birds per hectare in summer

A környezetkímélő talajművelés szerepe a klímakár-enyhítésben

BIRKÁS MÁRTA, KENDE ZOLTÁN, PÓSA BARNABÁS

Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézet, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, birkas.marta@mkk.szie.hu

Bevezetés

A klíma prognózis szerint a 21. század második évtizedétől térségünkben enyhe és csapadékos tél, meleg és száraz nyár, szélsőséges csapadékeloszlás, több szeles és viharos nap valószínűsíthető (BARTHOLY & PONGRÁCZ, 2008). SZALAI & LAKATOS (2013) rámutatott, a csapadék mennyisége és eloszlása szélsőségeit az intenzív esők gyakoriságának növekedése fokozza, mivel kedvezőtlenül hat a talaj felvehető vízkészletére és vízmérlegére. A talaj környezeti elem, minősége lassabban, állapota azonban rövid idő alatt is változik (VÁRALLYAY, 2011). Mindkét tényező alakulásában szerepe van a talajművelésnek. Ugyanakkor kevésbé ismert, hogy a művelés – a talajra gyakorolt kedvező vagy kedvezőtlen hatása révén – fontos szerepet játszhat a klímakár megelőzésében és enyhítésében.

Jelen dolgozatban három témakört érintünk, ezek (a) művelési felkészülés a klíma előrejelzésben megjelölt tényezők kezelésére, (b) példák csapadékos és száraz idényben a talajra veszélyes jelenségekről, (c) néhány fontos kárcsökkentési módszer bemutatása.

Anyag és módszer

Jelen dolgozathoz kísérletben és monitorozással gyűjtött adatokból leszűrt konklúziókat használtunk fel. Hatvan térségében (47°41'N, 19°36'E, 136 m a.s.l.) a Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaságban ülepedésre közepesen érzékeny csernozjom (Calcic Chernozem, WRB, 2006) talajon 2002-ben állítottunk be tartamkísérletet (BIRKÁS, 2010), ugyanezen a termőhelyen 2004 óta nyaranta ismételünk tarlókísérletet (KALMÁR et al., 2013). A tartamkísérlet egytényezős, sávos véletlen elrendezésű, négyismétléses, amelyben hat kezelést alkalmazunk. A kezelések: direktvetés, sekély tárcsás (12–15 cm), sekély és középmeley kultivátoros (15 cm és 25 cm) művelés, szántás felszín elmunkálással (32–33 cm), és lazítás (40 cm). A kistérségben a csapadék sokévi átlaga 580 mm. Átlagosnak minősíthető a 2002. és a 2006. év. Száraz volt a 2003. év (–138 mm), a 2004. (–101 mm), a 2011. (–283 mm), a 2012. (–286 mm), csapadékos volt a 2005. (+125 mm), a 2008. (+152 mm), a 2010. (+371 mm). A 2007. és a 2009. években a tenyészidő volt csapadék hiányos. A 2013. évben 572 mm csapadék hullott, ebből 68% az első félév alatt. A szélsőségeket igazolja továbbá, hogy a 2014. év első 4 hónapjában 93 mm, majd szeptember végéig 429 mm volt a csapadék.

A kísérletben havonta, időjárási jelenségek esetén hetente-kéthetente mértük a következő tényezőket: lazult-réteg mélység műveléskor, a tenyészidei ülepedés mértéke, tömörödés kialakulása és kiterjedése, rögösség műveléskor, az agronómiai szerkezet, benne a morzsa és a por aránya, a por aránya a felszínen és a felső 15 cm rétegben, a por lemosódása, a felszín eliszapolódása, a felszíni kérgesség, a kérgvastagság, talajhőmérséklet, és a CO₂ emisszió. A folyamatos mérések teszik lehetővé a kár kialakulásának, súlyosbodásának, következő évekre áthúzódásának nyomon követését. A kérgesség és az agronómiai szerkezet elkülönítésénél klasszikus ajánlásokat is figyelembe veszünk (DVORACEK, 1957).

A méréseket és az értékelést a szabványok szerint (CSORBA et al., 2011; VÁRALLYAY & FARKAS, 2008; SVÁB 1981; SOIL SAMPLING PROTOCOL, JRC, 2010) végeztük. A monitorozott területek a következők: 1. Mátraalja, 2. Dél-Borsod, 3. DK Magyarország (Csongrád és Békés megye déli része), 4. Dél Baranya (határon átnyúló).

Jelen tanulmány összefoglaló jellegű, korábbi eredmények következtetéseit (BIRKÁS 2008, 2009, 2010, 2011, BIRKÁS et al., 2010, 2012, 2014; BOTTLIK et al. 2014) tartalmazza, az 1. és 2. táblázat ehhez a cikkhez készült.

Vizsgálati eredmények

A klíma scenáriók és a feladatok

A térségre vonatkozó klíma scenáriók jelenségeit, a talajokra gyakorolt hatásukat, és a kapcsolódó feladatokat az 1. és 2. táblázat mutatja.

1. táblázat. Az enyhe tél, több csapadék kezelhetősége

Jelenség (1)	Következmény (±) (2)	Feladat (3)
Enyhe / esős ősz (4)	Talajállapot romlás aratáskor, műveléskor (a)	Jobb időzítés + talajkímélő eszköz használat (b)
Több csapadék (5)	Több tárolt víz a talajban / optimális beázás (c)	Lazult állapot + vízvisszatartó felszín (d)
Kevesebb csapadék (6)	Kevesebb tárolt víz a talajban (e)	Vízvisszatartó felszín kialakítása (f)
Szélsőséges csapadék-eloszlás (7)	Víz és aszály stressz váltakozása (g)	Folyamatos nedvesség szabályozás (h)
Ismétlődő fagyok (8)	Porképződés a felszínen (i)	Egyengetett felszín áttelelés előtt (j)
Fagy-por képződés (9)	Eső eliszapolja, szél elhordja (k)	Felszínvédelem (takarás) (l)
A fagy elmarad (10)	Kevesebb por: mérsékelt tél-hatás (m)	A hantositás kerülése (n)
Sok hó (11)	Több nedvesség a talajban / felszín eliszapolódás (o)	Lazult talaj + felszín takarás (p)
Keves hó / nem hullik hó (12)	Kevesebb víz tárolódik a talajban (?) (r)	Vízvisszatartó felszín kiképzése (s)
Erős szelek (13)	A takaratlan talaj veszélyeztetett (t)	Takarás kritikus hónapokban (u)
Tavaszkésés (14)	Hideg és nedves talajok (v)	Talajhoz adaptált művelő- és vetőgép (z)

Az enyhe és csapadékos tél esetén a talajban több víz tárolódhat, ha állapota arra alkalmas. A csapadékos téli félév a talaj nedvességtároló képességének fenntartását, és fokozását teszi szükségessé (BIRKÁS, 2008). A megkésett művelések során, a már többnyire nedves talajon több állapothiba keletkezhet. A téli szeles napok gyakorisága a vízvesztés elkerülésére, az őszi alapművelések őszi elmunkálására irányítják a figyelmet. A tavaszi vetésű növények biztonságos termesztéséhez az elővetemény után a talajban maradt nedvességre is szükség lesz. Számításba kell venni a fagyhatás elmaradását vagy esetlegességét. A fagy mentesség a túlművelt, elporosított talajokon kedvező eredményt hozhat, kora tavasszal kevesebb szélkár következhet be. Mivel a fagymorzsa fizikai aprózódás eredménye, nem képes a csapó esőknek és az erős szélnek ellenállni. Az esők hatására részleges vagy teljes felületi eliszapolódás következhet be. A degradált, és a könnyű talajokon valóban fontossá válhat a felszín tarlómaradványokkal való

takarása. Az ősszel hantosan szántott, egyébként nem degradált talajokon a fagyhatás elmaradása elmunkálásra készíthető, ugyanis a 300 mm-nél nagyobb hant-méret nem képes átázni. Az enyhébb, csapadékosabb, szeles telek az alapművelés és elmunkálás kombinálását, a rögsödést előidéző körülmények kerülését, a hatékony rögaprítást, a szerkezetrombolás megelőzését helyezik előtérbe (BIRKÁS 2009; BIRKÁS et al. 2010).

2. táblázat. A meleg, száraz nyár kezelhetősége

Jelenség (1)	Következmény (±) (2)	Feladat (3)
Hő-stressz (4)	Vízhiány, kérgesedés, repedezés (a)	Felszintakarás, szervesanyag kímélés (b)
Aszály (5)	Talaj kiszáradás, repedezés (c)	
Kevés csapadék (6)	Száraz talaj / nehéz művelhetőség (d)	Folyamatos víz- és szervesanyag kímélés, optimalizált trágyázás (f)
Szélsőséges csapadék- eloszlás (7)	Víz- és hő-stressz váltakozása (e)	
Eső-stressz (8)	Talajszerkezet károsodás, eliszapolódás, por- és tápanyag lemosódás (g)	A talaj vízbefogadó képességének fenntartása + felszintakarás (h)
Jégverés / vihar (9)	Talaj, növénykárosodás (i)	Felszínvédelem (j)
Eső és hő váltakozása: eliszapolódás, kérgesedés (10)	Talajszerkezet és élőhely károsodás (k)	Folyamatos talajszerkezet védelem (l)
Hő tűrő gyomok (11)	Nedvesség és tápanyag veszteség (m)	Jól időzített védelem (n)
Hő-tűrő kártevők és kórokozók (12)	Élőhely romlás (o)	Pontos előrejelzés, megelőzés, védekezés (p)

A meleg és száraz nyár a vízvesztő talajművelés elhagyására, a nedvesség- és szénkímélés szükségességére irányítja a figyelmet. A vízkímélő tarlóművelés várhatóan nagyobb értéket fog képviselni (KALMÁR et al., 2007, 2013). A várható klíma helyzet ismételten alátámasztja a vízbefogadásra és tárolásra képes, tömör rétegtől mentes talajállapot létrehozásának fontosságát. A víztárolás szempontjából az aktív gyökérszóna mélység – legalább 40 cm – megtartása, illetve kialakítása lehet a megoldás, amely esélyt adhat a nyári szárazság minél kisebb termésvesztéssel való átvészelésére (BIRKÁS 2007; BIRKÁS et al., 2010). A szél és vihar károk enyhítése a talajszerkezet kímélését, a rög- és porképző műveletek kerülését, a talajbolygatás ésszerűsítését, a felszintakarás idejének kitolását (aratástól vetésig, és utána is, KALMÁR et al. 2013) teszik szükségessé.

A talajokra veszélyes jelenségek csapadékos és száraz idényben

Tartamkísérleti mérési adatok, emellett több termőhelyre kiterjedő felvételezés a klíma jelenségekkel összefüggő kockázat növekvő számát mutatják.

A csapadék többlettel összefüggő jelenségek között a következőket találtuk a talajokra veszélyesnek (BIRKÁS & KISIC et al., 2014): 1) a száraz időszakban művelési hiba miatt, valamint a fagyhatásnak betudhatóan a felszínen kialakult por eliszapolódik. A kár mértéke a talaj minőségétől és a kitettségtől függően mérsékelt, közepes vagy súlyos (BOTTLIK et al. 2014). 2) Az eliszapolódott felszín erősen limitált vízbefogadó képessége miatt vízpangás alakul ki. 3) Káros vízpangás következik be a talajban meglévő tömör talp réteg fölött. 4) Az ismétlődő esőknek és beázásnak betudhatóan a talaj lazultsága romlik vagy megszűnik, kedvezőtlenül összeállt állapot alakul ki. 5) A por és kolloid a

felszínről az első tömör réteggig mosódik a talajba, és ott kiülepedve járul hozzá a tömörödés kiterjedéséhez. 6) Két esős periódus közötti szárazabb időszak alatt a talaj felszínén eliszapolódott réteg kemény kéreggé áll össze. Tapasztalataink szerint a kérgesedés aránya adott területen szorosan összefügg az eliszapolódott terület nagyságával (BOTTLIK et al. 2014).

A száraz és meleg idényekre jellemző jelenségek ugyancsak talajminőség romlást idéznek elő (KALMÁR et al., 2013): 1) A talaj a meleg és száraz időszak alatt folyamatosan veszít a nedvességéből. A folyamat súlyossága függ a talaj minőségétől és a száraz periódus hosszától. 2) A csapadék hiánya súlyosabb a vízmozgást gátló tömör réteggel lerontott talajokon (BOTTLIK et al. 2014). A tömör réteg alatt meglévő nedvesség ilyen körülmények között kihasználatlan marad. 3) A nedvesség hiány miatt visszaesik a morzsaképződés. A kár mértéke a talaj kitettségétől és minőségétől függ. 4) A hő-stressz és a vízhiány-stressz visszaveti a kedvező biológiai folyamatokat (giliszta tevékenység, feltáródás). 5) Az esős periódus alatt eliszapolott talajokon vastag kéreg alakul ki. 6) Az esős periódus alatt bekövetkezett duzzadást ellenkező folyamat, a zsugorodás váltja fel, a talajok megrepedeznek.

A folyamatos klímakár monitorozás során megfigyelhető volt a károk kumulálódása. A károk mértéke attól függött, történt-e közben enyhítő beavatkozás. Figyelmet érdemel az a tapasztalat is, amely szerint a talajban okozott mechanikai károk egymást követő szélsőséges idényekben tovább súlyosbodhatnak. A száraz idényre jellemző szerkezet degradálódás (pl. a porosodás) a következő nedves idényben súlyosbítja a klímával összefüggő károkat (pl. por lemosódás, tömör réteg kiterjedése). Ellenben a nedves idényben tipikus szerkezet romlás a következő száraz idény nehézségeit fokozza (pl. limitált nedvesség mozgás). Az előző évekről áthúzódó kár-jelenségekre tipikus példák adódtak az 2009-2014 közötti idényekben: 1) A 2009. száraz nyáron a művelések nyomán keletkezett por a következő év esőivel a talajba mosódva növelte a tömörödést, amely adott esős idényben tovább súlyosbodott. 2) A 2010. csapadékos évben káros mérvű por- és kolloidleomosódás következett be. A talajok felső 0-25-30 cm rétege ülepedett, és összeállt. A következő idény csapadék hiánya miatt e jelenség aszálykárt súlyosbító tényezővé vált. 3) A 2011. őszi mélyebb alapműveléseket (lazítás, szántás) erőteljes rögzösödés jellemezte. A rögek felszínén tavaszra nagy mennyiségben keletkezett ún. fagy-por. 4) A 2012. év újból száraznak bizonyult, emiatt a talajokon természetes morzsaképződés nem vagy csak korlátozottan következett be (BOTTLIK et al. 2014). Az őszi alapműveléseket újra rögzösödés, a megkísérelt porhanyítást kedvezőtlen mérvű porképződés kísérte. 5) A 2013. tél végén és kora tavasszal hullott sok csapadék hatásai között az eliszapolódás, a por- és kolloid lemosódás, a talajban korábban kialakult tömör réteg kiterjedése, az ülepedés, és a művelt réteg összeállása minősül károsnak. Az elhúzódó hideg időszakot gyors felmelegedés követte, amely további talajminőség romlást okozott. Az ősszel vetett növények soraiban az eliszapolódást erős kérgesség váltotta fel (BOTTLIK et al. 2014). Az ősszel művelt talajokon vetés előtt, és azt követően sajátos jelenségek alakultak. Az eliszapolódást követő kérgesedés a tavaszi magágykészítés és vetés során enyhült, azonban a kéreg alatt nedvesen maradt talaj sérülékennyé vált. A vetés mélysége alatt (magágy-alap) a talaj állapota művelés eredetű tömörödéssel lett lerontva. A talajon járás tömörítő hatását (technológiai taposás) sem lehetett elkerülni. A tömör magágy-alap a tavasz végén ismétlődő esők után még tömörebbé vált, ezen felül kiszélesedett. A normális nedvességforgalom gátlása a nyári száraz periódus alatt termés csökkentő tényezővé súlyosbodott. Az őszi művelések minőségét újra rögzösödés, hantosság határolta be. A művelt rétegben eltemetett rögek az enyhe és száraz tél folyamán nem porhanyultak át. 6) A 2014. évi idény kezdetén száraz, sok helyen elporosított

talajok a következő hónapok (május-szeptember) alatt hullott csapadéknak köszönhetően mélyen beáztak. E kedvező jelenség mellett azonban újra bekövetkezett a por- és kolloid lemosódás, az eliszapolódás, a szerkezet összeállás, és az ülepedés. Az esők közti rövidebb száraz periódusok alatt ismét vastag kéreg képződött a talajokon. A klíma eredetű károk a gazdálkodási eredetű károkkal súlyosbodtak úgy a nyári és az őszi eleji betakarítás idején, mint az őszi talajművelés során.

A szélsőséges klíma jelenségek talajra gyakorolt hatásának vizsgálata során új kifejezéseket alkottunk. Ezek a következők. Klíma-kár, vagyis az időjárási szélsőségekből eredő, nem gazdálkodástól függő jelenség. Aratási taposás, vagyis nyári vagy őszi betakarítás alatt a beázott talajokon okozott fizikai kár. Áttelelésre alkalmas talajfelszín, vagyis a fagy porosító hatását megelőzendő, ősszel egyenletesre munkált, nem tömörített felszín. Télhatás a talajon, vagyis a fagy hiányában is bekövetkező porosodás jelensége. Fagy-por, vagyis a fagymorzsnak mondott frakció, amely méretét tekintve valójában por. Első, második, és harmadik védőréteg aratás után, amelyek sorrendben a) zúzott szalma vagy szár a talaj felszínén, b) hántással kialakított védő réteg, c) kémiaileg előlt árvakelés és gyom tömeg a felszínen, amely kiegészíti a felszín védelmét). Klíma stressz tűró talajfelszín nyáron, ősszel, télen, vagyis a talaj érzékenységeinek eredményes enyhítése műveléssel, és takarással. Eső-stressz, zápor-stressz, vagyis ütő, morzsaromboló hatás a talaj felszínén.

Néhány fontos ajánlás a kármegelőzéshez és a kár csökkentéshez

A kutatásoknak köszönhetően gazdálkodást segítő ajánlások fogalmazhatók meg. Ezek tíz pontban a következők:

1. A klímaváltozás vitatható, azonban a hitetlenkedés helyett felkészülésre van szükség, mielőbb, és minél alaposabban.
2. A károk pontos elkülönítése szükséges. A klíma vagy gazdálkodási eredetű kár másként bírálendő el. Ugyanakkor a két féle kár sajnálatosan erősíti egymást.
3. A klíma-érzékenység okainak alaposabb ismerete szükséges. Különösen a talajok szervesanyag tartalma veendő górcső alá, mivel a pazarlás, rossz (jónak hitt) gyakorlat hozzájárul a fogyáshoz (pl. a szervesanyag vesztő művelés), ezáltal a klímával szembeni kitettség fokozódásához.
4. A kár csökkentés módszereit meg kell tanulni, a tanultakat az újabbakkal kell megerősíteni.
5. Kisebb károkozás a talajon szélsőséges időben eredményként vehető figyelembe.
6. Talajra kritikus időszakok kibővültek. A nehézségek alapján felállított sorrend: a) nyári tarló-fázis, b) nyár végi vetés, c) a tavaszi vetés, d) őszi művelés, e) áttelelés.
7. A talajok kiemelt védelemre szorulnak a kritikus időszakokban.
8. A tarlómaradványok érték szerinti megbecsülése – kihasználhatóságuk a talaj védelmében – sokáig nem halogatható. Újra át kell gondolni a tarlómaradványból energiát törekvést.
9. A szervesanyag védelem a talaj, a környezet fenntartása, a klímakár csökkentés érdekében szükséges.
10. A klíma védelmet alapozó talajművelés jellemzői a hatékony vízbefogadás, tárolás, és nedvesség visszatartás.

A klímakár-csökkentő talajművelés kulcskérdései összességében a talajminőség javítás, benne a nedvesség és szervesanyag kímélésen keresztül a talajok érzékenységének enyhítése.

Összefoglalás

Napjainkban mind gyakoribbak a kedvezőtlen klíma jelenségek. A feladat adott, a növénytermesztést alapozó talajművelésben kárcsökkentő módszereket kell kidolgozni, és bevezetni. Dolgozatunkban a talajokat veszélyeztető lehetséges klíma jelenségeket a megelőzési és kárcsökkentési módszerekkel együtt mutatjuk be. A csapadékos téli félév a talaj nedvességtároló képességének fenntartására és fokozására irányítja a figyelmet. Az enyhébb, szeles tél, a hó esetlegessége, a téli vízvesztés minimalizálása az őszi alpművelések őszi elmunkálását feltételezi, a talaj vízbefogadó képességének megtartásával együtt. A meleg és száraz nyár a vízvesztő művelés elhagyása, nedvesség- és szénkímélés esetén lesz átvészeltető. Alkalmazandó módszerek a felszintakarás, a tarlok sekély, mulcshagyó művelése, és a talaj adott nedvesség állapotához adaptált alpművelés. A növények biztonságos termesztéséhez az elővetemény után talajban maradt nedvesség megtartása is szükséges.

Összegeztük a csapadék többlettel összefüggő talajminőség romlást kiváltó jelenségeket. A száraz időszakban a felszínen kialakult port az ismétlődő esők eliszapolják. Az eliszapolódott felszínen és a talajban lévő tömör talp réteg fölött vízpangás alakul ki. A por és kolloid a felszínről az első tömör rétegegig mosódik a talajba, ott kiüledve járul hozzá a tömörödés kiterjedéséhez. Két esős periódus közötti szárazabb időszak alatt a talaj felszínén eliszapolódott réteg kemény kéreggé áll össze.

A száraz és meleg idényekre jellemző jelenségek között legismertebb a talaj nedvességvesztése, és kiszáradása. Korábban igazoltuk, hogy a csapadék hiány a vízmozgást gátló tömör réteggel lerontott talajokon súlyos károkhoz vezet, mivel a tömör réteg alatt meglévő nedvesség kihasználatlan marad. A hő-stressz és a vízhiány-stressz visszaveti a giliszta tevékenységet, a tarlómaradvány feltáródást, és a morzsaképződést. A kérgesedés megelőző fázisai esős periódusban az eliszapolódás, száraz idényben a porosodás. A zsugorodás látható jele a talajok repedezése.

Kutatási eredményeink szerint a talajművelés a klímakár csökkentés fontos eszköze. A monitorozás alapján megerősíthető, a kedvezőtlen klíma eredetű jelenségek hatását gazdálkodási hibák súlyosbítják. Bizonyos, hogy a klasszikus művelési elvek többsége nem felel meg a kárenyhítés feladatának. A szélsőséges időjárási, vízgazdálkodási helyzetekre időben fel kell készülni, és szakmai választ kell rájuk adni.

Köszönetnyilvánítás: A munka a VKSZ-12-1-2013-0034 Agrárklíma 2 projekt, továbbá mezőgazdasági vállalatok – GAK Kft. Kísérleti és Tangazdaság Hatvan-Józsefmajor, Agroszen Kft., Belvárdgyulai Mg. Zrt., Bóly Zrt., Dalmand Zrt., Kvernaland Group Hungária Kft., Mezőhegyesi Ménesbirtok Zrt., P.P. Orahovica (HR), Vásárhelyi Róna Kft, TerraCoop Kft., Väderstad Kft.), Žitar d.o.o. (HR) – támogatásával folyt.

Kulcsszavak: klíma kockázat, eső-stressz, szárazság-stressz, talajvédelem

Irodalom

- BARTHOLY, J., PONGRÁCZ, R., 2007. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*. 57. 83–95.
- BIRKÁS M., 2008. A növénytermesztés és a klímaváltozás összefüggése. In: HARNOS Zs. & CSETE L. *Klimaváltozás: környezet – kockázat – társadalom, kutatási eredmények*. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. pp. 131-135.
- BIRKÁS M., 2009. A klasszikus talajművelési elvárások és a klímakár csökkentés kényszere. *Növénytermelés*. 58. 123–134.
- BIRKÁS, M., 2010. Long-term experiments aimed at improving tillage practices. *Acta Agr. Hung.* 58. 75–81.
- BIRKÁS, M., 2011. Tillage, impacts on soil and environment. In: GLINSKI, J., HORABIK, J., LIPIEC, J. *Encyclopedia of Agrophysics*. Springer. Dordrecht. pp. 903–906.
- BIRKÁS M., BENCSIK K., STINGLI A., 2007. A talajminőség jelentősége a klímaváltozásokkal összefüggésben. *Acta Agr. Ovariensis*. 49. 135–140.
- BIRKÁS M., SZEMŐK A., MESIĆ, M., 2010. A klímaváltozás talajművelési, talajállapot tanulságai. „Klíma-21” Füzetek. 61. 144–152.
- BIRKÁS M., KALMÁR T., KISIĆ I., JUG D., SMUTNÝ V., SZEMŐK A., 2012. A 2010. évi csapadék jelenségek hatása a talajok fizikai állapotára. *Növénytermelés*. 61. 7–36.
- BIRKÁS, M., KISIĆ, I., MESIĆ, M., JUG, D., KENDE, Z., 2014. Climate induced soil deterioration and methods for mitigation. *Agr. Cons. Sci.* (megjelenés alatt)
- BOTTLIK, L., CSORBA, SZ, GYURICZA, CS, KENDE, Z., BIRKÁS, M., 2014. Climate challenges and solutions in soil tillage. *Appl. Ecol. Env. Res.* 12. 13–23.
- CSORBA SZ., FARKAS CS., BIRKÁS M., 2011. Kétpórusú víztartóképesség-függvény a talajművelés-hatás kimutatásában. *Agrokémia és Talajtan*. 60. 335–342.
- DVORACSEK M., 1957. A cserepesedés. In: DI GLÉRIA J., KLIMES-SZMIK A., DVORACSEK M. *Talajfizika és talajkolloidika*. Akadémiai Kiadó. Budapest. pp. 470–473.
- KALMÁR T., BIRKÁS M., STINGLI A., BENCSIK K., 2007. Talajművelési módszerek hatása szélsőséges művelési idényekben. *Növénytermelés*. 56. 263–279.
- KALMÁR, T., BOTTLIK, L., KISIĆ, I., GYURICZA, C., BIRKÁS, M., 2013. Soil protecting effect of the surface cover in extreme summer periods. *Plant, Soil and Env.* 59. 404–409.
- SOIL SAMPLING PROTOCOL, 2010. JRC.
http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/soil_sampling/index.html
- SVÁB J., 1981. *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZALAI, S., LAKATOS, M., 2013. Precipitation climatology of the carpathian region and its effects on the agriculture. *Növénytermelés*. 62. 315–318.
- VÁRALLYAY, GY., 2011. Water-dependent land use and soil management in the Carpathian basin. *Növénytermelés*. 60. 297–300.
- VÁRALLYAY GY., FARKAS CS., 2008. A klímaváltozás várható hatásai Magyarország talajaira. In: HARNOS Zs., CSETE L. *Klimaváltozás: környezet – kockázat – társadalom, kutatási eredmények*. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. pp. 91–129.
- WRB, 2006. *World Reference Base for Soil Resources*. FAO. Rome.

Role of the environmentally-sound soil tillage in the climate damage mitigation

BIRKÁS, M., KENDE, Z., PÓSA, B.

Institute of Crop Production, Faculty of Agricultural and Environment Sciences, Szent István University

Summary

According to the scenarios four main climate induced risk factors can be expected in the Carpathian basin, that are milder winters with more precipitation, warmer and dry summers, extreme fluctuations in the annual distribution of the total precipitation and increased numbers of windy and stormy incidences. In this study probable climate phenomena that are endangering soil quality and methods for prevention and mitigation are presented. Reviewing the predicted factors the probable measures of soil tillage relation are listed and discussed in details in this paper. Impacts of climate phenomena on soils were studied in a long-term soil tillage trial conducted in a Cernic Chernozem soil and in the monitored sites located at Mátraalja (1), south Borsod (2), SE Hungary (3) and south Baranya (4) with different types of soil. Purpose of the examinations were presenting examples of soils deterioration to be typical in seasons and to confirm that tillage should be an important tool realising soil preservation solutions in the practice. The effects of the rain stress e.g. washing dust and clay colloids down, surface siltation, soil settlement, extension of the existing compact layer and deteriorating crumb fraction in regional soils are demonstrated. Negative impacts of the drought stress on soils were also discussed, among others soil desiccation, unutilised water below serious pan layers, crumb reduction and increased dust and crust formation.

The continuous monitoring gave a chance to assess the cumulative impact of the climate and farming induced damages. The structure degradation (dust formation) formed in a dry season has increased the damages – e. g. dust leaching, extension of the compact layer – in the following wet season. However, the structure deterioration ensued in the wet seasons has really increased the difficulties in the next dry season (e.g. by limited water transport). The degree of the cumulative damage in soils depended on the result of the alleviation steps, e.g. a subsoiling that created cloddy state has not improved the former compacted state.

Summarising the alleviation methods 10 points were listed helping the possible steps for climate damage mitigation measures. We may outline that considering the predicted climate extremes most of classical beliefs – e. g. creating bare surface after harvest, summer ploughing is acceptable, shallow tillage may adequate for cereals or for oilseed rape, winter ploughing may realise in soil covered by snow – are to be supervised.

Key words: climate risk, rain-stress, drought-stress, soil protection

Table 1. Controllability of the mild winter and more precipitation (1) Phenomenon, (2) Consequence (\pm), (3) Task, (4) Mild /rainy autumn, (5) More precipitation, (6) Short of precipitation, (7) Extreme distribution of precipitation, (8) Repeated frosts, (9) Frost-dust formation, (10) Lack of frost, (11) Abundant snow, (12) Less / no snow, (13) Strong winds, (14) Lateness of spring, (a) Soil state deterioration in the time of harvest and tillage, (b) Better timing + use soil conserving tillage tools, (c) More stored water in soil / optimal leaking, (d) Loosened soil state + water retaining

soil surface, (e) Less stored water in soil, (f) Creating water conserving surface, (g) Alternating water and drought stress, (h) Continuous moisture regulation, (i) Dust formation in the surface, (j) Levelled surface before wintering, (k) Rain may silt, wind may remove, (l) Surface protection (cover), (m) Less dust: moderated winter effect, (n) Avoiding clod formation, (o) More moisture in soil /surface silting, (p) Loosened soil + surface cover, (r) Less stored water in soil, (s) Createing water retaining surface, (t) Bare surface is exposed to the climate, (u) Surface cover during critical months, (v) Cool and wet soils, (z) Tillage and sowing machine adapting to the soil condition.

Table 2. Controllability of the warm and dry summer. (1) Phenomenon, (2) Consequence (\pm), (3) Task, (4) Heat stress, (5) Drought, (6) Short of precipitation, (7) Extreme distribution of precipitation, (8) Rain stress, (9) Hail/storm, (10) Altering rain and heat: siltation, crusting, (11) Heat tolerable weeds, (12) Heat tolerable pests and diseases, (a) Short of water, Crusting, cracking, (b) Surface cover, organic matter preservation, (c) Soil drying, cracking, (d) Dry soil, limited workability, (e) Altering water and heat stress, (f) Continuous water and organic matter preservation, optimised fertilisation, (g) Soil structure deterioration, siltation, dust and nutrient leaching, (h) Maintaining water infiltration capacity and surface cover, (i) Soil and plant damaging, (j) Surface protection, (k) Soil structure and habitat deterioration, (l) Continuous soil structure protection, (m) Loss of water and nutrient, (n) Well-timing protection, (o) Habitat deterioration, (p) Exact forecast, prevention, protection.

***Pseudomonas* biotrágya környezetkímélő alkalmazási lehetőségeinek tanulmányozása árpa tesztnövényen**

¹BIRÓ BORBÁLA, ²HEGEDŰS ANTAL

¹Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék, borbala.biro@uni-corvinus.hu

²Szegedi Tudományegyetem, Juhász Gyula Főiskolai Kar

Bevezetés, irodalmi áttekintés

A Föld lakosságának növekedése új kihívások elé állítja a tudományt és a mezőgazdasági termelés olyan intenzív szakaszát hozta létre, ahol a megfelelő mennyiségű élelmiszer előállítását elsősorban növényvédő szerekkel és intenzív műtrágya-felhasználással lehet biztosítani. Az élelmiszerellátás érdekében egyre nagyobb mennyiségű és/vagy hatékonyságú növényvédő szert használnak fel; ezzel szemben a környezetbarát módszerként ismert biológiai készítmények aránya még akkor is elenyésző, ha napjainkban ismét növekszik a mikrobiális oltóanyagok felhasználása (KÁTAI, 1999). A műtrágyák és az „agrokemikáliák” környezetkárosító hatásai napjainkra már aggasztó méreteket öltenek és a talajok termékenységét és a talajegészséget leginkább veszélyeztető 8 tényező között szerepelnek. A gyomirtó szerek, a gomba-, rovar-, csiga-, atka- és egyéb kór- és kár-okozókat ölő (-cid) szerek az ún. mesterséges életidegen anyagok, a xenobiotikumok közé sorolhatók (KECSKÉS, 1976). Miért is gondolnánk, hogy ezek éppen csak az emberi egészségre nem élet-idegenek?

Hogyan lehetne ezeknek a mezőgazdasági vegyi anyagoknak a felhasznált mennyiségeit csökkenteni? Milyen környezetkímélő megoldások lehetnek a kezünkben? Ezeknek a felismerése egyre inkább kulcsfontosságú napjainkban (KERTÉSZ & MADARÁSZ 2014). A világ Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezete, az OECD (Organisation of Economic Cooperation and Development) az idei „Talajok Világévéhez” kötött Párizsi konferenciáján jelentette ki, hogy a fenntarthatóság érdekében a talajok jobb, hatékonyabb megbecsülésére van szükség. Olyan „paradigma váltásra”, amely azon túl, hogy védelmet nyújt, mégis az eddigiekkel ellentétben hatékonyan képes lesz az éhínség kezelésére is. Ideje tehát észrevennünk, hogy a talaj egy olyan „feltételelesen megújuló” erőforrás, aminek a védelméért napról napra tennünk kell és az általa nyújtott szolgáltatásokat ésszerűen hasznosítani (BIRÓ, 2003; VÁRALLYAY, 2001).

A peszticidek, növényvédő szerek mérséklése vagy elhagyása érdekében különféle biológiai módszereket alkalmaznak:

- i) az ökológiai gazdálkodási módokat,
- ii) a növényi és mikrobás rezisztencia-nemesítést, és
- iii) a biológiai védekező módszerek alkalmazását, azaz a többnyire

talaj-eredetű kórokozókkal szembeni antagonista mikroorganizmusok irányított mag, növény, talaj-oltását.

A mikrobiális készítmények, oltóanyagok alkalmazási területei leginkább a növényi magvak (*spermoszféra*), a növényi gyökerek (*rhizoszféra*) és a talajok, de igen elterjedtek a levelekre (*filloszféra*) permetezhető lombtrágyaként alkalmazható termékek is.

A növények gyökerein a fotoszintetizált szén jelentős hányada válik a szerves anyagokra utalt (heterotróf) mikroorganizmusok táplálékává. A búza átlagosan 15–17, az árpa 20–25%-át adja le az asszimilált szén-tartalmának. Kimutatott tény,

hogy a hasznos szimbióta arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombák is átlagosan 20%-nyi szén-forrást igényelnek a gazdanövénytől, amit az a környezeti körülményektől függően képes megadni, vagy akár visszavonni is. A leadott vegyületeknek 65%-a cukor, 33%-a valamilyen szerves sav, 2%-a pedig aminosav. A fiatalabb korú növények több nitrogéntartalmú exudátumot termelnek (BIRÓ et al., 2013). Ennek hatására a gyökér-közeli talajban megnő a mikroorganizmusok száma és az intenzívebb élettevékenység következtében alakul ki az ún. „rhizoszféra effektus”, akár 10-100-szor is nagyobb mikroba-tömeggel. A mikroorganizmusok direkt és indirekt tevékenysége során csökkent pH-érték alakul ki, ami a növényi tápelem-felvétel fokozását eredményezheti (MAKÁDI et al., 2007). Az alacsonyabb értékekért a vasfelvétellel járó H^+ és a HCO_3^- ion kiválasztása, a szerves savak kibocsátása, és a gyökerek és mikroorganizmusok CO_2 termelése is felelős. Az elektron- és fénymikroszkópos megfigyelések szerint a gyökérfelszín 4–10%-át már a kezdeti gyökérképződéskor kolonizálják a mikroorganizmusok, de ez az érték számos környezeti tulajdonság alapján szélsőséges értékek között változhat (FÜZY et al., 2003, 2008).

A fenti tulajdonságok miatt a hasznos mikroszervezetek oltóanyagként történő felhasználása igen gyakori eljárás, aminek ismert főbb következményei, hogy:

- kedvezően megváltozik a rhizoszféra mikrobanépségének az összetétele (BORUAH & KUMAR, 2002),
- az inokulum eliminálja a kórokozó szervezeteket (VIVAS et al., 2006),
- hormonhatású anyagok termelődnek (NORMANDER et al., 1999; DELANY et al. 2000),
- szerves talajfoszfátok mineralizálódnak (SZABÓ, 1986),
- a gyökérzet megnövekedett felülettel lesz képes a tápanyagforgalmat bonyolítani (LUCAS et al., 2003).

Az elsődlegesen vizsgált növény-mikroba kapcsolatban a szimbiózisban élő nitrogén-kötő baktériumok és egyéb szaprotróf mikroorganizmusok vizsgálati eredményei fordulnak elő a leginkább. A tartós környezeti stressz-körülmények (pl. szikesség) között a növény mikrobiális állapota jelezheti a stressz mértékét, a talaj-növény rendszer működőképességének csökkenését vagy éppen a javulását is. Ebben a vonatkozásban a mikroszimbioták (nitrogén-kötő baktériumok, foszformobilizáló endofita mikorrhiza gombák) a legjelentősebbek. Szikes körülmények között a nitrogén-kötő szimbióta baktériumok és gombák különösen érzékeny indikátorok, amit a környezeti stressz mértékének a jelzésére is jól fel lehet használni (FÜZI et al., 2003, 2008).

A talaj-növény rendszerek hasznos mikroszervezetei igen fontos szerepet töltenek be a növények tápelem-ellátásában. A talajkörülmények (és a felvehető tápelemek) optimalizálásával a biológiai nitrogén-kötő képesség vagy a foszfor-felvétel javulása is természetes módszerekkel fokozható (BIRÓ, 2003). A mikrobiális oltóanyagok alkalmazásának ezért környezetvédelmi és gazdaságossági okai is vannak (BIRÓ, 2002). A gyökérekolonizáció növekedésével mind a baktériumok, mind a gombák alkalmazásánál mutattak ki kedvező, hasznos növénynövekedésre és növényvédelemre is kifejtett hatást. A száraz talajban a *Pseudomonas* baktériummal oltott árpa növényeknek nemcsak a növekedése, de a szárazságtűrése is javult (NORMANDER et al., 1999). A kedvező hatás kifejtésénél a *Pseudomonas* törzsek hormon- és/vagy vaskelát-(sziderofor)-termelő képességét lehet kiemelni (FEKETE et al., 2014). A sziderofort termelő törzsekkel oltott növények vas-anyagcseréje javult és egyéb közvetett hatásként a gyökérpatógen gombák kártétele sem tudott megjelenni. Korábbi eredmények szerint elsősorban a sziderofor-termelődés hatására az alma talajunság tünetei is mérséklődtek a *Pseudomonas* baktériumokkal történő oltás hatására (BIRÓ et al., 1998).

A hasznos baktériumos oltásoknál még mindig számos kérdés vár tisztázásra, annak ellenére, hogy már bevezetett, piaci terméként jelentkező oltóanyag-törzsekkel és ezek hatását, túlélését is segítő „bioeffektor” anyagokkal, készítményekkel is rendelkezünk. Tisztázni érdemes a következőket.

- Vajon a különböző eredetű, sziderofor-termelő *Pseudomonas* baktérium törzsek hatásai között vannak-e lényegi különbségek?
- A különböző gazdanövények, mint izolálási helyek befolyásolják-e a rhizobaktérium-törzsek hatását?
- Hogyan alakul a hatékonyság a növény életkorától függő oltás során?
- Hogyan befolyásolják az oltások eredményességét a talajban található eredeti mikroorganizmusok az abundáns szervezetek?

Anyag és módszer

Pseudomonas fluorescens törzseket izoláltunk néhány gazdasági és dísnövény (paprika, paradicsom, búza, kukorica, gerbera és szegfű) rhizoszférájából (1. táblázat), hogy tanulmányozzuk azok eredetének befolyásoló hatását a növénynövekedésre. Ezeket a törzseket laboratóriumi körülmények között sziderofor-termelő képességük alapján szelektáltuk és a 13 leginkább hatékonyabbat választottuk ki további vizsgálatok céljára. Az antagonista tulajdonágra tesztelt gombatörzseket paprika, paradicsom, búza és kukorica növények gyökérrendszeréből izoláltuk. A vizsgálatok Cetrimid agar szelektív táptalajon történtek ANGERER et al. (1998) és SZEGI (1979) szerint. A kioltási zónák elemzése után az 1. táblázatban bemutatott törzsek közül 13 szelektált *fluorescens-putida* típusú *Pseudomonas* törzset használtuk fel az árpa növényoltási kísérletekhez.

1. táblázat. Az antagonista vizsgálatokhoz izolált *Pseudomonas* rhizobaktérium törzsek gazdanövény eredete és számszerű jelölései.

Eredet	<i>Pseudomonas</i> törzs jele
Paprika	C ₄ , C ₆ , C ₇ , C ₉ , C ₁₂ , C ₁₆
Paradicsom	L ₁ , L ₄ , L ₇ , L ₁₀ , L ₁₂ , L ₁₃
Búza	T ₁ , T ₂ , T ₆ , T ₄ , T ₅ , T ₈
Kukorica	Z ₂ , Z ₄ , Z ₅ , Z ₆ , Z ₇ , Z ₉
Gerbera	G ₂ , G ₃ , G ₆ , G ₁₁
Szegfű	D ₄ , D ₅ , D ₆ , D ₈

Növényoltási vizsgálatokat folytattunk le árpa (*Hordeum vulgare* L.) „GK Árpád” fajtával tenyészedényekben, amelyeket agyagos vályogtalajjal (kötöttség: 45) töltöttünk meg. A magvakat 10%-os Na-hipoklorit oldattal csíramentesítettük, majd tiszta vízzel többször mostuk. A bakteriális kezelés módja: 15 percig a vetőmag (spermoszféra), illetve 3 napig előcsíráztatott gyökérkezdemény (rhizoszféra) áztatása a kiválasztott törzsek baktérium-szuspenzióiban, törzsenként 3–3 ismétlésben. A növényeket autoklávban, parciálisan, háromszori 1 atm. nyomáson történő sterilizálással csíra-mentesített, valamint nem sterilizált, kiindulási talajban is neveltük az összehasonlító vizsgálatok céljára.

A tesztelt árpa fajtát 13 *Pseudomonas* törzsszel kezelt vetőmagvak vetését követően a 11 cm átmérőjű cserepekben előnevelt 10–10 db növénycsoportból 3–3-

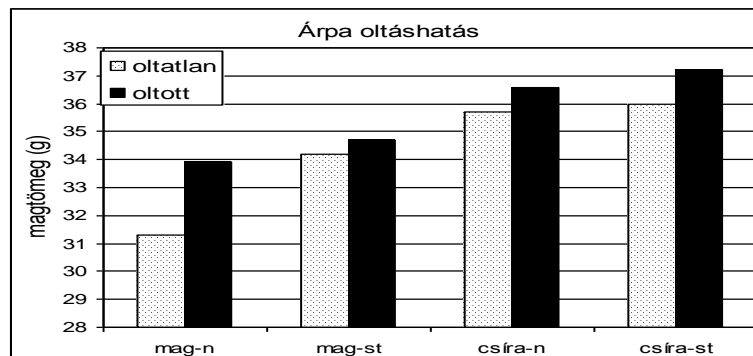
at, összesen 30 növényt ültettünk el a 10 literes termesztő-edényekbe. A termesztő-közeg agyagos vályog talaj volt. A talaj nedvességtartalmát VK80% értéken tartottuk, tenziómérrel folyamatosan ellenőrizve. A beültetett konténereket üvegházi körülmények között neveltük.

A kísérlet során a vegetatív szakaszban kialakult hajtásképzést, a bokrosodás mértékét, a betakarított kalászkok méretét, és magtömeget mértük. Az eredményeket matematikai statisztikai módszerekkel, variancia-analízissel elemeztük. A szignifikáns különbségeket $P=5\%$ szinten közöljük.

Eredmények és következtetések

Az oltásmód és a nevelési közeg hatása

A *Pseudomonas* baktériumokkal történő oltások módja befolyásolhatja annak eredményességét. Ennek a ténynek az igazolására az izolált és szelektált rhizobaktérium törzsekkel kétféle oltásmódot, mag- és csíranövény-oltást valósítottunk meg. Feltételezésünk szerint a magoltás során az így odakerült törzsek elszaporodása biztosíthatja a növénynövekedéssel egy időben a folyamatos hatékonyságot. A másik feltételezés szerint, ha a gyökérkezdeményre jutnak közvetlenül a baktériumok és a maghoz viszonyítottan nagyobb felületen és mennyiségben, akkor az hatékonyabb lesz. Az eredményeket az 1. ábra mutatja be.



1. ábra. A *Pseudomonas* rhizobaktériumokkal megvalósított mag- és csíranövény oltás hatása az árpa magtömeg alakulására tenyészedény-kísérletben, agyagos vályog-talajon. mag-n – magoltás; mag-st – uaz. steril talajon; csíra-n – csíraoltás; csíra-st – uaz. steril talajon. $SzD_{5\%} = 1,7$ g, $LSD_{5\%} = 1,7$ g.

Az 1. ábra adatai szerint a mag- vagy a csíraoltás kedvezően hat a magtömeg alakulására az árpánál, de az oltatlan kontrollal összehasonlítva ez a hatás a legtöbb esetben nem járt szignifikáns elváltozással. Statisztikailag is igazolható eltérést csak az eredeti, nem sterilizált talajban nevelt magoltás hatására kaptunk az oltott és a nem-oltott változat között, összesített hatásban.

A várakozással ellentétben, a csíramentes talajban a kedvező hatások csak tendenciájában jelentkeztek, mivel a talaj eredeti mikroba-tömegéhez viszonyítva az oltott törzsek nem bizonyultak hatékonyabbnak.

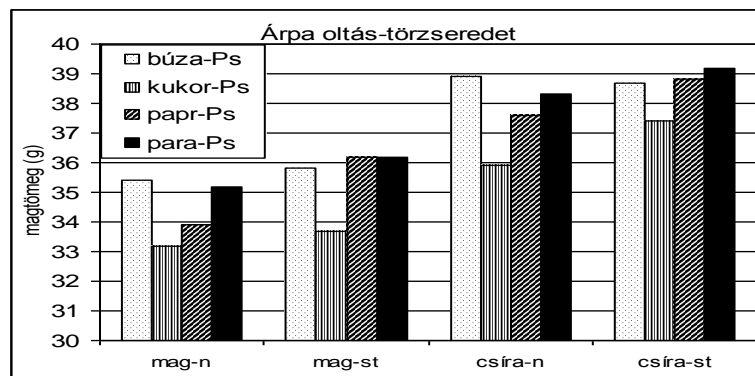
A magoltás során ugyanakkor a korai növénykezdeményhez adott rhizobaktérium-törzsek kedvező hatása igazolódott a sterilizált körülmények között, ami jelzi a mikrobákra való utaltságot a növényfejlődés kezdeti

szakaszában. Nem steril körülmények között a nagyobb mikrobátömegben belül a szelektált oltótörzsek kedvező hatása nem tudott érvényesülni.

Megállapítható az is, hogy a csíraoltás minden esetben nagyobb hatékonyságú a magoltáshoz viszonyítva, ami arra utal, hogy az oltással a gyökérrendszerbe vitt mikroorganizmusok mennyisége, illetve a növény fiziológiai állapota is lényeges tényező az oltáthatás kifejlődésénél.

A Pseudomonas törzsek eredetének hatása

A 2. ábra a különböző eredetű *Pseudomonas* rizobaktérium törzsek növénynövekedésre, illetve az árpa magtömegére kifejtett befolyásoló hatását mutatja be a különböző oltásmódok függvényében. Megállapítható, hogy összesített hatásban az árpa magtömegére a leginkább kedvezőnek a búzáról izolált törzsek mutatkoztak. Ezek hatása a sterilizált talajban történő csíraoltás kivételével szignifikánsan jobbnak adódott, az ún. nem homológ, tehát nem azonos típusú növényről izolált törzsekhez viszonyítva. Legkisebb hatásúnak a kukoricáról származó baktériumok bizonyultak, amely tény jelen esetben statisztikailag is kimutatható.



2. ábra. A különböző gazdanövényekről (búza, kukorica, paprika, paradicsom) izolált *Pseudomonas* rhizobaktériumok átlagos hatása az árpa magtömeg alakulására tenyészedény-kísérletben, agyagos vályog-talajon. mag-n – magoltás; mag-st – uaz. steril talajon; csíra-n – csíraoltás; csíra-st – uaz. steril talajon. SzD_{5%} = 1,7, LSD_{5%} = 1,7.

Ez a tény némileg ellentmondani látszik a korábbi eredményeinkkel (BIRÓ et al., 1998), ahol az alma talajuntságánál a törzsek eredetének nem adódott befolyásoló hatása annak ellenére, hogy bizonyos törzsek különböző gyökér-exudátumokat részesítenek előnyben. A 2. ábrán is igazolódott ugyanakkor a különböző oltásmódok közötti szignifikáns eltérés, azaz a csíraoltás mag-tömegre kifejtett kedvezőbb hatása a magoltással összehasonlítva.

Az oltásmódok és a törzs eredet közötti összefüggések értékelése

A *Pseudomonas* rhizobaktériumokkal kivitelezett oltáthatások matematikai statisztikai értékelése szerint a nevelés körülményeiben mutatkozó különbségek jelentős hatást gyakoroltak az árpa hajtás- és magtömegének fejlődésére, a

bokrosodás mértékére és egyéb tulajdonságokra is. Ez a tényező az értékelés során sokkal inkább befolyásoló hatásúnak bizonyult, mint az oltáshoz felhasznált baktériumtörzsek. A számított (F_A) és táblázati (F_B) értékek a következőképpen alakultak: $F_A = 10,3 > F_B = 2,5$. Ennek ellenére a búza-növényről származó baktériumok előnye tendenciaszerűen kimutatható volt. A számítások konfidencia értékeit a 2. és a 3. táblázat mutatja be a hajtások számának és a magtömegnek az alakulására.

2. táblázat. A *Pseudomonas* rhizobaktériumokkal megvalósított oltások és az árpa hajtásmennyiség (tő/hajtás db) alakulása közötti konfidencia-értékek.

Oltásmód	Konfidencia határok			
	Nem steril közegben		Steril közegben	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Mag-oltás	5,3	6,8	5,9	7,7
Csira-oltás	7,3	7,9	7,7	8,3

3. táblázat. Az árpa maghozam alakulásának (g) a *Pseudomonas* rhizobaktérium-oltások hatására kialakuló konfidencia értékei

Oltásmód növénynevelés módja Kezelés módja	Konfidencia határok			
	Nem steril közegben		Steril közegben	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Magkezelés	—	—	34,1	36,5
Csira-kezelés	36,3	38,4	37,4	38,9

A 2. táblázat számított konfidencia értékei szerint a csiranövény gyökérkezdemény rhizoszféra kezelése hatására a hajtásképződés elvárhatóan a csíramentes közegben a legjobb mértékű, azonban a nem csíramentes talajban is nő összehasonlítva a vetőmagkezelés alkalmazott módszerével. A 3. táblázat szerint a kalászkok mért szemtermése nagyságrendileg hasonló mértékben változik a hajtás mennyiség értékeihez viszonyítva.

A mag- és csira-kezelés nem sterilizált és sterilizált talajban is javította a növényi tulajdonságok alakulását, így az árpa-kalászkokban lévő szemek magtömegét is (3. táblázat). A kifejlődött hatást részben befolyásolta a törzsek gazdanövény-eredete, illetve az oltás időpontja és a közegben a hasonló, vagy az egyéb, „konkurrens” mikroorganizmusok jelenléte.

A talajtermékenység javításának mikrobiális lehetőségeit, ezért az irányított mag-, csira-, illetve talajoltásokkal bizonyos határok között fokozni lehetett. A *Pseudomonas* baktériumokkal történő oltások hatását az előzetes monitoring talajvizsgálatok után vélhetően tovább növelhetjük. Amennyiben nem, vagy nem kellő mértékben vannak jelen, úgy a hatékonyság tovább fokozható és a megfelelő oltásnak a szükségessége még inkább alátámasztható.

Az eredmények bizonyították, hogy a hasznos „fluoreszcens-putida” típusú *Pseudomonas* mikroszervezetek irányított talajbiológiai felhasználásával környezetkímélő növénynövekedést lehet megvalósítani. Az antagonista képességre tesztelt baktériumok direkt (közvetlen), vagy indirekt (közvetett) módon is hozzájárulhatnak a növény jobb fejlődéséhez, illetve a talaj-eredetű kórokozó gombák távoltartásához. A növényoltás alkalmasságát, módszerét a gazdanövény fiziológiai tulajdonságai is befolyásolják, amihez az oltásmódot is

igazítani lehet, illetve szükséges. Az mikrobiális oltások hatékonyságának növeléséhez az említett hasznos *Pseudomonas* rhizobaktériumokra, illetve a potenciális növény-patogén gombák jelenlétére, aktivitására vonatkozóan is előzetes monitoring vizsgálatok javasolhatók.

Összefoglalás

Pseudomonas rhizobaktériumokat izoláltunk különböző gazdasági- és dísz-növények (búza, kukorica, paprika, paradicsom, gerbera, szegfű) rhizoszférájából. Előzetes laboratóriumi antagonista gombákkal szembeni tesztelések alapján 13 baktériumot szelektáltunk. Az árpa (*Hordeum vulgare* L. Gk Árpád) mag- és csíranövény-oltását valósítottuk meg agyagos vályog-talajon tenyészedény-kísérletben. A talajnak a vízgőzzel, parciálisan, 1 atm. nyomáson sterilizált, baktérium- és gombamentesített változatát is alkalmaztuk az oltások kivitelezésénél. A vizsgálati időszak során mértük a növény-bokrosodás mértékét, és a magtömeget. Az eredményeket variancia-analízissel értékeltük. Megállapítottuk, hogy a nevelési közeg steril, vagy nem steril állapota lényeges az oltáshatások kifejlődésénél, mivel a talaj-mikrobák szinergista vagy éppen ellenkezőleg antagonista kölcsönhatásokra is képesek. A magoltással szemben összességében a csíranövény-oltás kedvezőbb hatása statisztikailag is igazolódott. Ez alátámasztja azt a tényt, hogy a csíraoltással direkt, közvetlen módon és azonnal a rhizoszféra effektus által lehet a mikroorganizmusok hatását jól kihasználni. A magoltás kezdeti jótékony hatására a sterilizált körülmények között derült fény, ahol csak az oltóanyag-mikrobák biztosíthatják a növény kezdeti tápanyagfelvételét. Az oltás eredményességét a *Pseudomonas* baktérium-törzsek eredete is befolyásolhatja, ami alapján a talaj-termékenység irányított mikrobiális oltásokkal történő fokozására is lehetőség adódik. A hasznos mikroszervezeteknek a környezetbarát módon történő felhasználásához az eredmények alapján előmonitoring javasolható mind a rhizobaktériumok, mind a potenciális talaj-eredetű patogén gombák jelenlétére is.

Kulcsszavak: *Pseudomonas* rhizobaktériumok, rhizoszféra effektus, árpa, oltásmódok, monitoring

Köszönetnyilvánítás: A kutatást a BIOCHAR (Piac-13-1-2013-0274), a TÁMOP (34.2.2.A-11/1/Konv-2012-0071) és az EU-KP7 BIOFEKTOR („*Development of alternative fertilization systems by use of bioeffectors in European agriculture*”, CA 312117) projektek támogatták.

Irodalom

- ANGERER, I.P., PÉCHY KÖVES, K., KISS, E., BIRÓ, B., 1998. Indicator microbes of chlorsulphuron addition, detected by a modified soil dilution method. *Agrokémia és Talajtan*. 47. 297–305.
- BIRÓ, B., MAGYAR, K., VÁRADY, G., KECSKÉS, M., 1998. Specific replant disease reduced by PGPR rhizobacterium on apple seedlings. *Acta Horticulturae*, 477. 75–81.
- BIRÓ B., 2002. A mikrobiális oltóanyagok alkalmazásának lehetőségei a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben. *Mag, Kutatás, Fejlesztés és Környezet*. 16. 29–30.

- BIRÓ B., 2003. Talaj- és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és a környezetminőség szolgálatában. *Acta Agronomica Hungarica*, 50. 77–85.
- BIRÓ B., BAGDI S., MATICS H., 2013. *Rhizobium* baktériumok túlélőképességét befolyásoló tulajdonságok növekvő talajnedvességnél homokon. In: Szabóné Kele G. (szerk.) *Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában*. Talajvédelem suppl. pp. 89–94.
- BORUAH, H.P.D., KUMAR, B.S.D., 2002. Plant disease suppression and growth promotion by a fluorescent *Pseudomonas* strain. *Folia Microbiologica*, 47. 137–143.
- DELANY, I., SHEENAN, M.M., FENTON, A., BARDIN, S., AARONS, S., O' GARA, F., 2000. Regulation of production of the antifungal metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol in *Pseudomonas fluorescens* F113. *Mycrobiol. Reading*, 146. 537–546.
- FEKETE, I., KOTROCZÓ, Z., VARGA, C., NAGY, P.T., VÁRBÍRÓ, G., BOWDEN, R.D., TÓTH, J.A., KATE, L., 2014. Alterations in forest detritus inputs influence soil carbon concentration and soil respiration in a Central-European deciduous forest. *Soil Biology Biochemistry*, 74. 106–114.
- FÜZY A., BIRÓ B., TÓTH T., 2003. Növény mikroba kölcsönhatások és néhány talajtulajdonság közötti összefüggés hazai szikeseken. *Természetvédelmi Közlemények*, 10. 64–70.
- FÜZY, A., BIRÓ, B., TÓTH, T., HILDEBRANDT, J., BOTHE, H., 2008. Drought, but not salinity determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology*, 165. 1181–1192.
- KÁTAI J., 1999. Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*, 48. 348–360.
- KECSKÉS M., 1976. Xenobiotikumok mikroorganizmusok és magasabbrendű növények közötti kölcsönhatások. *Akadémiai Doktori értekezés és tézisei*. MTA. Budapest.
- KERTÉSZ, Á., MADARÁSZ, B., 2014. Conservation agriculture in Europe. *Int. Soil and Water Conservation Res.* 2. 91–96.
- LUCAS, G.J.A., SCHLOTER, M., DURKAYA, T. HARTMANN, A., GUTIERREZ, M.F.J., 2003. Colonization of pepper roots by a plant growth promoting *Pseudomonas fluorescens* strain. *Biology, Fertility of Soils*, 37. 381–385.
- MAKÁDI M, TOMÓCSIK A, OROSZ V, LENGYEL J, BIRÓ B, MÁRTON Á., 2007. Biogázüzemi fermentlé és Phylazonit MC baktériumtrágya hatása a sílókukorica zöldtömegére és a talaj biológiai aktivitására. *Agrokémia és Talajtan*, 56. 367–388.
- NORMANDER, B., HENDRIKSEN, N.B., NYBROE, O., 1999. Green fluorescent protein marked *Pseudomonas fluorescens*: localization, viability, and activity in the natural barley rhizosphere. *Applied Environmental Microbiology*, 65: 4646-4651.
- SZABÓ I.M., 1986. *Az általános talajtan biológiai alapjai*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- SZEGI J., 1979. *Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek*. Mezőgazdasági Könyvkiadó. Budapest. pp. 274–290.
- VÁRALLYAY GY., 2001. Szemléletváltozások a magyarországi talajjavítás történetében. *Agrokémia és Talajtan*, 50. 119–135.
- VIVAS A., BAREA J.M., BIRÓ B., AZCÓN R., 2006. Effectiveness of autochthonous bacterium and mycorrhizal fungus on *Trifolium* growth, symbiotic development and soil enzymatic activities in Zn contaminated soil. *J. Applied Microbiology*, 100: 587-598.

***Pseudomonas* biofertilizer treatment in economical and ecological cropping system with barley (*Hordeum vulgare* var. Árpád)**

¹BIRÓ, B., ²HEGEDŰS, A.

¹Corvinus University of Budapest, Faculty of Horticultural Science, Department of Soil and Water Management, borbala.biro@uni-corvinus.hu

²University of Szeged, Faculty of Juhász Gyula College

Summary

Pseudomonas rhizobacteria were isolated from the root-system of various agri- and horticultural plants (wheat, maize, pepper, tomato, gerbera and carnation). The isolates were selected on the basis of their antagonistic ability against some soil-borne plant pathogen fungi and 13 strains were used for further study in pot experiment. The inoculation of barley (*Hordeum vulgare* L. var. Árpád) seeds and seedlings were performed in clay-loamy soil. Control treatment were used in steam-sterilised (1 atm. pressure) soil by the elimination of indigenous bacteria and fungi. During the growth of the test-plants, the biomass-production and the seed-yield were measured. The results were performed to variance analysis and significant differences are shown. The sterility of the media was found to have a critical key issue at the development of any inoculation effect. The indigenous soil microflora can have serious positive and or negative effect on the introduced biofertilizer microbes. Beyond the seedling inoculation, the better, statistically supported effect of seedling inoculation was found. It is a direct rhizosphere process, where the introduced microorganisms might have the best performance on the plant growth and development. The seed-inoculation was efficient mainly among the sterilized soil conditions. The origin of the *Pseudomonas* strains might have also an influence on the growth of the tested host-plants, which support the potential beneficial application. The ecological and economical application is well-supported, however for developing it, a pre-monitoring of the microbial abundance and functioning is suggested for both the beneficial and also for the potential pathogen microorganisms.

Keywords: fluorescent pseudomonads, rhizosphere effect, barley, inoculation

Table 1. Isolated fluorescent-putida type of *Pseudomonas* rhizobacteria for further test of antagonism and selection for barley inoculation.

Table 2. Confidence data for the *Pseudomonas* rhizobacterium inoculation on shoot quantity of barley in pot experiment.

Table 3. Confidence data for the seed yield of barley (g) inoculated by *Pseudomonas* rhizobacteria.

Figure 1. Effect of seed and seedling *Pseudomonas* rhizobacteria inoculation on the seed production of barley in pot experiment with cley-loam soil. mag-n – seedinoculation; mag-st – the same in sterilized soil; csira-n – seedling inoculation; csira-st – the same in sterilized soil. SzD_{5%} = 1,7 g, LSD_{5%} = 1,7 g.

Figure 2. Effect of *Pseudomonas* strains (isolated from wheat, maize, pepper, tomato...etc.) on the seed-yield of barley in pot experiment with clay-loam soil. mag-n – seed inoculation; mag-st – the same in sterilized soil; csira-n – seedling inoculation, csira-st – the same in sterilized soil. SzD_{5%} = 1,7 g, LSD_{5%} = 1,7g.

Talajfizikai indikátorok a talajművelés-hatás kimutatásában

^{1,3}CSORBA SZILVESZTER, ¹BERÉNYI ÜVEGES JUDIT, ^{2,4}FARKAS CSILLA, ³BIRKÁS MÁRTA

¹Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság Budapest, csorbasz@nebih.gov.hu

²Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet

³Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Növénytermesztési Intézet

⁴Bioforsk, Norvég Mezőgazdasági és Környezetvédelmi Kutatóintézet

Bevezetés

Hazánkban a prognosztizált klímaváltozás káros hatásainak enyhítésére megoldást jelenthet a környezetkímélő talajművelési rendszerek alkalmazása. A környezetkímélő talajművelési rendszerek egyik legfontosabb jellemzője a talajban tárolt nedvességtartalom megőrzése, szemben a hagyományos, forgatóos rendszerekkel (MADARÁSZ et al., 2011).

A hagyományos és környezetkímélő talajművelési eljárások közvetlen hatása elsősorban a makropórusok tartományában mutatható ki, vagyis az összpórus tér változása nagyrészt a makropórusok arányának változása révén következik be. A makropórusok részaránya számszerűsíthető és viszonylag könnyen meghatározható szerkezeti jellemző, amely mind a gyökérszövet fejlődésére, mind a talajnedvesség-forgalomra, mind pedig, az aerációs viszonyokra hatást gyakorol (FARKAS, 2001). GYURICZA (2001) megállapította, hogy az egyes művelési beavatkozások talajlazító hatása alapvetően a makropórusok arányának megnövekedését eredményezi, így nagyrészt ebből származtathatók az általa vizsgált kezelésekben mért eltérő összpórusos értékek.

A makropórusok aránya nagymértékben meghatározza a talajfizikai gyakorlatból ismert, ún. elkerülő áramlás (bypass flow) folyamatát. Az elkerülő áramlással a víz a talajmátrixot elkerülve a makropórusokon, repedéseken, állatjáratokon stb. áramlik a talajban. Ezáltal a víz, jelentős mélységig jut el úgy, hogy a talajmátrix nagy részét nem nedvesíti át (ŠIMUNEK et al., 2003). Ennek megfelelően a talajban két eltérő áramlási rendszer figyelhető meg: az elkerülő áramlás és a víz szivárgása a talajmátrixban. Ez a kettősség a kettős-porozitással jellemezhető. A kettős porozitású modellek (DM-modellek) koncepciója alapján a porózus közeg két egymással kapcsolatban álló régiót tartalmaz: az egyik az aggregátumok közötti, makropórus vagy ún. fraktúra rendszer, a másik a talaj aggregátumok belsejében (mátrix) található mezo- és mikropórusokat magába foglaló rendszer (ŠIMUNEK et al., 2003).

A fent említett kétpórusú rendszer matematikai leírására számos kísérlet történt. A különféle modellközelítéseket ŠIMUNEK et al. (2003), GERKE (2006), KÖHNE et al. (2009), valamint ŠIMUNEK & VAN GENUCHTEN (2008) vezették be. A modellekben a porózus közeget két tartományra osztották fel, amelyekben a talajhidrológiai függvényeket külön-külön írták le.

A kétpórusú talajok vizsgálatára DURNER (1994) a fraktúra- és mátrix tartományokra vonatkozó víztartóképeség-függvények (pF-görbék) lineáris szuperpozícióját javasolta. Durner módszerének alapötlete az, hogy a talaj kétpórusú pF-görbéje kifejezhető egypórusú pF-görbék egymásra helyezésével,

azaz lineáris szuperpozíciójával. A függvények lineáris szuperpozíciója, melyek együttesen alkotják a kétpórusú víztartókéesség modellt az alábbi:

$$S_e = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[w_1 \left(\frac{1}{1 + (\alpha_1 h)^{n_1}} \right)^{m_1} + (1 - w_1) \left(\frac{1}{1 + (\alpha_2 h)^{n_2}} \right)^{m_2} \right] \quad (1.)$$

ahol S_e az effektív nedvesség, (v/v %), amely az aktuális nedvességtartalmat mutatja a telített nedvességtartalom arányában, θ_r a reziduális nedvességtartalom, θ_s a telítettségi nedvességtartalom ($h=0$), w_1 a makropórus tartomány arányát jellemző súlytényező ($w_i < 1$), és α_i , n_i , $m_i = (1 - 1/n_i)$, az eltérő (makro- és mezo/mikro-) pórusterek hidraulikai Van-Genuchten paraméterei ($i=1,2$).

Jelen munka célja volt a klímakárok talajra gyakorolt hatásainak vizsgálata eltérő művelési rendszerekben, különösen a talaj víztartókéességére vonatkozóan. A munka során környezetkímélő és hagyományos talajművelési rendszerek víztartókéességét értékeltük a talaj fraktúrát (aggregátumok közötti pórusteret) és mátrixot (aggregátumon belüli pórusokat) leíró kétpórusú összetett függvénnyel. Mint tudjuk, a környezetkímélő talajművelésszisztemek a talajra gyakorolt kedvező hatásain keresztül hozzájárulhatnak a növénytermesztés klímakárveszteségeinek mérsékléséhez (BIRKÁS, 2010).

Vizsgálati anyag és módszer

Talaj, talajművelési rendszerek

Vizsgálatainkat a Szent István Egyetem 2002-ben létrehozott Józsefmajori talajművelési tartamkísérleteiben végeztük (BIRKÁS ÉS GYURICZA, 2004). Az évi átlaghőmérséklet $7,9^\circ\text{C}$ (FARKAS et al., 2009), az éves csapadékösszeg 2010-ben 961 mm volt, amelyből 199,4 mm hullott a mintavételezés napjáig. A terület löszön kialakult mészlepedékes csernozjom talaj borítja (Calcic Chernic Chernozem, WRB 2007), amely a tömörödéssre közepesen érzékeny. A kísérlet egytényezős sávos elrendezésű, amelyet $13 \text{ m} \times 150 \text{ m}$ kísérleti parcellákon állítottak be, 3 ismétlésben. A vizsgált talajművelési rendszerek és a művelési mélység az alábbiak szerinti: szántás (SZ, 26-30 cm); tárcsázás (TÁ, 16–20 cm); mélylazítással kombinált tárcsázás (LT, L: 40-45 cm, T: 16-20 cm), két, kultivátoros kezelés (SK, 12-16 cm és K, 16–20 cm), és direktvetés (DV) (BIRKÁS ÉS GYURICZA, 2004). Vizsgálatainkat mind a hat kezelésre kiterjesztettük. A növényi sorrend 2008 és 2010 között napraforgó, őszi búza és kukorica voltak, melyeket 2009-ben köztes növényként mustárral egészítettek ki. A vizsgálati évben a kukorica vetésére 2010. május 4-én került sor. Az alpművelés minden parcellában 2009 őszén történt.

Vizsgálatok, mérések

A 100 cm^3 térfogatú bolygatatlan talajminták vételezése 2010. május 10-én történt mindegyik talajművelési rendszerből 3-3 ismétlésben. A mintákat az 5-10, 15–20, 30–35 és 40–45 cm-es talajrétegekből vettük, ezáltal jellemezve a felszíni réteget, a művelt réteget, a művelési talpat és a nem művelt réteget. A pF-görbe jellemző értékeinek (a 0,01 m; 0,025 m; 0,1 m; 0,3 m; 1 m; 2 m; 5 m; 25 m és 150 m magas vízoszlop szívó-, ill. nyomóerő ellenében a talajban visszatartott vízmennyiség) meghatározása a Várallyay-féle módszerrel történt (VÁRALLYAY,

1973). A talaj nedvességtartalmát szárítószekrényes módszerrel határozták meg, a mintákat 105°C-on tömegállandóságig szárítva. A térfogattömeget a bolygatatlan minták térfogatából és a száraz talajtömegeből (105°C, 48h) számították.

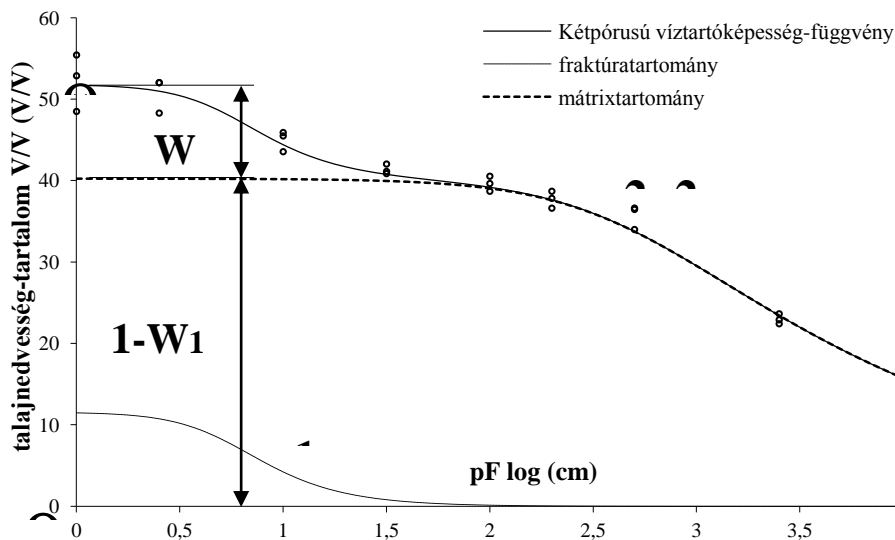
A művelés hatásának statisztikai kimutatására egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk a pF-görbe legfontosabb vízgazdálkodási értékeire (pF0, pF2,5 és pF4,2). A szignifikáns különbségek (SZD_{5%}) kimutatásához F-statisztikát használtunk 5%-os megbízhatósági szinten. A varianciaanalízist megelőzően normalitásvizsgálatot végeztünk a Kolmogorov-Smirnov nem paraméteres próbával.

Az egypórusú és kétpórusú függvények illesztési hibaszámítására a pF-görbére vonatkozó átlagos hiba (ZAPF) számítási módszert alkalmaztuk (HUZSVAI et al., 2004), melyben a pF-görbe becslést akkor tekintettük megfelelőnek, ha a ZAPF értéke kisebb volt, mint 2,5 %.

Az összetett pF-görbe illesztésének módszere

A Durner-féle függvényt a hat vizsgált kezelésben mért pF-görbe értékekre illesztettük, így minden művelési rendszert egy illesztett pF-görbével jellemeztünk. Majd a módszer tesztelésére a mért értékek átlagát az illesztett pF-görbe értékeivel hasonlítottuk össze. A mért és illesztett értékek közötti determinisztikus együttható (R^2) értéke mindegyik kezelés, minden mélységében 0,98 feletti volt, az értékekre illesztett meredeksége pedig 1,011 és 1,037 között változott.

A Durner-féle kétpórusú pF-görbe paramétereit a Seki (2007) által kifejlesztett *SWRC fit* online programmal határoztuk meg. Az *SWRC fit* program lehetővé teszi az egypórusú függvények, valamint az általunk is használt DM (DURNER, 1994) modell paramétereinek a meghatározását. A mért pontokra illesztett Durner-függvény „alfüggvényeit” a 1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a két pórustartományra illesztett görbék együttese adja az összetett pF-görbét.



1. ábra. A mért pF értékekre illesztett függvény Durner (1994) által kifejlesztett egyenlet használatával; Θ_s - telítettségi víztartalom (V/V); Θ_r - reziduális víztartalom; w - makropórustartomány (%); α_i ($i=1,2$) és n_i ($i=1,2$) DM modell illesztési paramétereit – talajspecifikus paraméterek

Vizsgálati eredmények bemutatása, értékelése

A pF-görbe jellemző értékeinek statisztikai vizsgálata az eltérő kezelésekben

A pF-görbék azonos mélységben mért értékeire (kezeléstől függetlenül) és a DM modellel illesztett függvények különböző paramétereire azonos mélységben (kezeléstől függetlenül) elvégzett Kolmogorov-Smirnov próba arra engedett következtetni, hogy a mintapopuláció normál (gaussi) eloszlást követ. A teszt p-értéke minden esetben nagyobb volt, mint 0,1. A mintaszám 18 volt.

Az 1. táblázatban a pF-görbe kiválasztott értékei és a kezeléshatás egytényezős varianciaanalízisének az eredményeit mutatjuk be. A táblázati eredmények szerint az eltérő mélységek pF-görbéi a csekély bolygatás miatt a direktvetésben mutatták a legegységesebb képet. A többi kezelésben élesen elkülönülnek a művelési mélység feletti, és a művelési mélység alatti rétegek pF-görbéi. A forgatásos - SZ – kezelés talajrétegeinek pF-görbe értékei például a pF₂-nél nagyobb vízpotenciál-értékeknél is különböznek, ami már nem tulajdonítható a mechanikai beavatkozás közvetlen hatásának. Ebben az esetben a talajművelés közvetett hatása érvényesülhet. Talajforgatáskor ugyanis a mélyebb talajrétegekben található talajszemcsék, gyökérmaradványok stb. a felszínre kerülnek és fordítva.

A feltalajban mért telítettségi víztartalom-értékek nem mutatnak jelentős eltérést a kezelések között (1. táblázat). Erre a talajrétegre laza talajszerkezet volt jellemző.

1. táblázat. A talajművelési kezelésekben mért pF-értékek statisztikai elemzése az ismétlések átlagaira (Hatvan Józsefmajor, 2010.)

	Mélység (cm)(I)	SK (2)	SZ (3)	K (4)	LT (5)	DV (6)	TÁ (7)
pF ₀	5-10	52,26 a	54,63 a	53,16 a	53,33 a	48,90 a	50,96 a
	15-20	45,46 a	50,08 bc	51,68 b	46,80 ac	45,39 a	46,26 ac
	30-35	45,84 ab	47,77 a	44,16 b	45,55 ab	45,25 ab	46,47 ab
pF _{2,3}	5-10	37,70 bc	33,13 a	37,90 c	37,11 b	39,70 c	39,96 c
	15-20	38,56 a	40,24 a	37,58 a	38,62 a	38,66 a	37,99 a
	30-35	38,66 bc	41,04 a	37,32 b	39,64 ac	38,36 bc	39,23 c
pF _{4,2}	5-10	14,94 ab	13,93 a	15,68 bd	15,85 bd	17,55 c	17,16 cd
	15-20	18,08 ab	17,54 a	17,46 a	19,11 b	19,54 b	19,16 b
	30-35	18,90 a	18,70 a	19,69 b	20,12 bc	20,51 cd	21,22 d

A talajnedvesség értékek térfogatszázalékban (% V/V). Jelmagyarázat: (1) mélység (cm), (2) sekély kultivátor, (3) szántás, (4) kultivátor, (5) lazítással kombinált tárcsázás, (6) direktvetés, (7) tárcsázás. A kezelések azonos mélységre vonatkozó értékei akkor különböznek szignifikánsan, ha a hozzájuk rendelt kis betű(k) nem egyformák –vízszintes összehasonlítás. Világosszürkével a művelés által érintett réteget jelöltük. A lazítással kombinált tárcsás kezelésben (LT) a sötétszürke szín a mélylazítást jelöli.

A mélyebb rétegekben, számos esetben szignifikáns különbségeket találtunk, attól függően, hogy a művelés sajátosságai mennyire mutatkoztak meg a pórusméret eloszlásában. Ennek következtében változik meg a talajnedvesség tartalom, a levegő- és a hőmennyiség eloszlása is a talajban.

A 15–20 cm-es talajrétegben a szántásos és a kultivátoros kezelésekben mértük a legnagyobb telítettségi víztartalom-értékeket, ennek a két művelésnek a

hatása okozta, a pórushálózat térfogatának megnövekedését a legjobban. Azonban fontos szem előtt tartani azt a tényt, hogy nem mindegy, hogy a pórushálózata a talajnak milyen méretű pórusokból tevődik össze és azok milyen arányban vannak jelen. Ha például megnézzük a mélyebb rétegben (30–35 cm) található szántásos (a szántás alsóhatárát-lazítóhatását- valószínűsítjük ebben a mélységben) és kultivátoros művelés alatti réteg nedvességtartalmát, akkor láthatjuk, hogy a telítettségi nedvességtartalom még a szántásnál szignifikánsan magasabb (47,77%) a kultivátoréhoz (44,16%) képest. A pF 2,3 szívóértéknél is még a szántás nedvességtartalma a magasabb, de a hervadási pont környékén (pF 4,2) felcserélődik a két művelés nedvességtartalmainak az egymáshoz viszonyított aránya. A kultivátoros művelés alatti réteg nedvességtartalma már nagyobb és a szívóerő növekedésével ez az arány még fokozódik. Ez a jelenség a két kezelés pórusméret eloszlásainak különbözőségével magyarázható. A kultivátoros művelés alatt a talajnak jobb a víztartó-képessége, mert inkább a mezo-, mikropórusok – ennek következtében a kapilláris erők - dominálnak, szemben a szántással, ahol egyértelműen a nagyobb pórusokra jellemző gravitációs erők irányítják a nedvességmozgást a talajban.

A talajok vízgazdálkodásának egyik fontos tulajdonsága a talajok összporozitása, ami elméletileg megegyezik a telített ($pF=0$) állapotban mért térfogat-százalékban kifejezett nedvességtartalommal. (A gyakorlatban ez a két érték kismértékben eltérhet, amennyiben a talaj nem teljesen telítődik vízzel a mérés alatt).

A kétpórusú pF -görbék

A különböző kezelésekből mért pF -értékekre illesztett egypórusú és kétpórusú pF -görbék illesztési hibáit a 2. táblázatban mutatjuk be. A kétpórusú pF -görbék illesztési hibái minden esetben kisebbek, mint az egypórusú pF -görbéké. Az egypórusú pF -görbék illesztési hibái négy esetben voltak nagyobbak 2,5 %-nál. A 2. táblázat eredményei alapján megállapítottuk, hogy a kétpórusú pF -görbék kisebb hibával illeszkednek a mért értékekre, azaz pontosabban tükrözik a talaj pórusstruktúrájának szerkezetét.

A 2. ábra a mért pF -értékeket és az összetett illesztésű kétpórusú pF -görbékét három eltérő művelési rendszerben mutatja be. Az ábra görbéi alapján értékeltük az eltérő kezelések hatását a talaj pórusstruktúrájára és vízgazdálkodására.

Mint azt már említettük, a felszíni talajrétegben a különböző agrotechnikai eljárásokon kívül még számos természeti és emberi beavatkozás is befolyásolja a talajhidrológiai függvények alakját a kis szívóerő tartományban ($pF < 2$). Az 5–10 cm-es talajrétegben a telített víztartalom a szántásos művelésben a legnagyobb (54,63 V/V), ugyanakkor megfigyelhető, hogy a szántott talajból már kis szívóerő hatására is jelentős mennyiségű víz távozik. Ez arra enged következtetni, hogy a forgatóművelés (Sz) hatására nagyméretű makropórusok jönnek létre, melyek jó vízvezető-képességűek, és emiatt nagyon gyorsan kiürülnek.

A 15–20 cm-es talajrétegben szignifikáns különbséget találtunk a kezelések mért pF -görbéi között (2b. ábra). Ebben a mélységben jellemzően a kultivátorozott (16–20 cm) és a szántott talajban volt a legnagyobb a telített víztartalom (50,8 és 51,8 V/V). A szántásos kezelés lazító hatása egyértelmű, hiszen az eketalp mélyebben van. Kiemelendő ugyanakkor a kultivátoros kezelés talajállapota, mely annak ellenére laza szerkezetű, hogy ebbe a rétegbe esik a kultivátoros művelés alsó határa. Eszerint a mélykultivátor nem, vagy csak csekély mértékben tömöríti a talajt, és kedvező talajállapotot biztosít a növények számára.

A 2c. ábrán (30–35 cm) láthatjuk, hogy a kultivátor hatása (16–20 cm) már nem érvényesül, a görbe alakja és meredeksége szinte megegyezik a direktvetéses

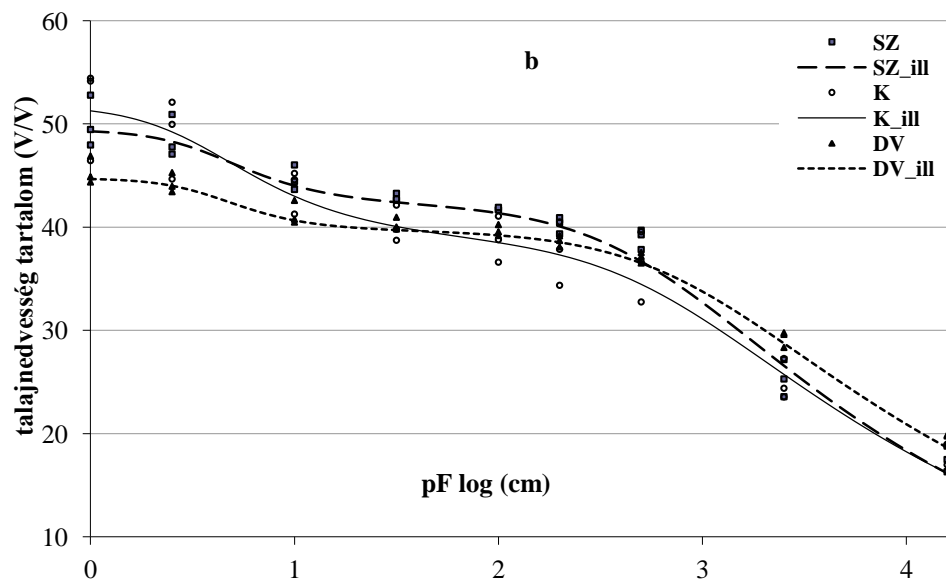
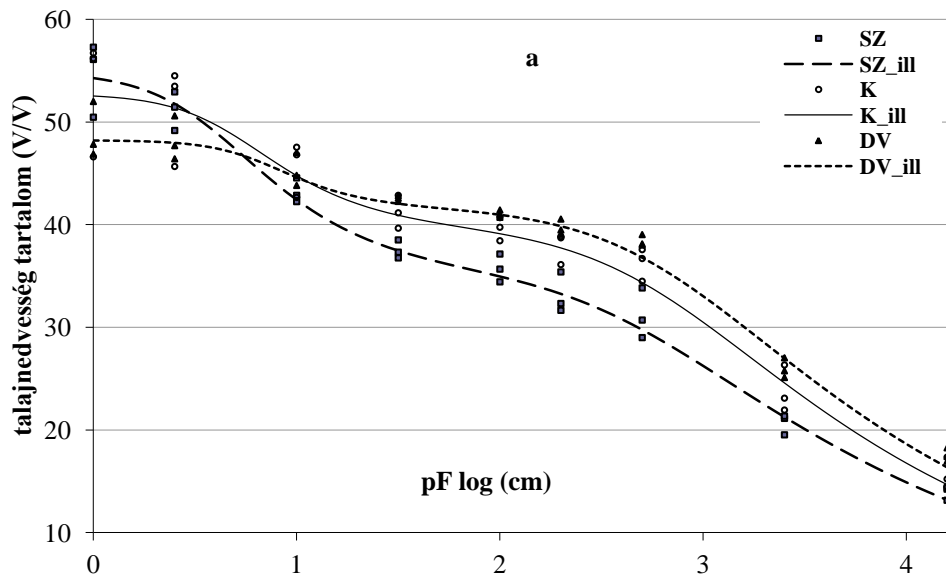
2. táblázat. Az egypórusú és kétpórusú pF-görbék illesztési hibáinak összehasonlítása

kezelések (1)	mélység (2)	ZAPF DM (3)	ZAPF VG (4)
SK	5-10	1,20	2,56
	15-20	0,76	1,28
	30-35	0,61	1,34
	40-45	1,15	1,71
SZ	5-10	1,32	2,29
	15-20	1,21	2,00
	30-35	0,76	1,39
	40-45	0,66	1,48
K	5-10	2,10	3,18
	15-20	2,14	3,03
	30-35	1,30	1,50
	40-45	1,25	1,61
LT	5-10	1,44	2,62
	15-20	1,34	1,68
	30-35	0,80	1,21
	40-45	0,70	0,93
DV	5-10	1,08	1,77
	15-20	0,66	1,39
	30-35	0,60	1,42
	40-45	0,64	1,14
TÁ	5-10	1,09	1,73
	15-20	0,70	1,50
	30-35	0,64	1,34
	40-45	0,60	1,39

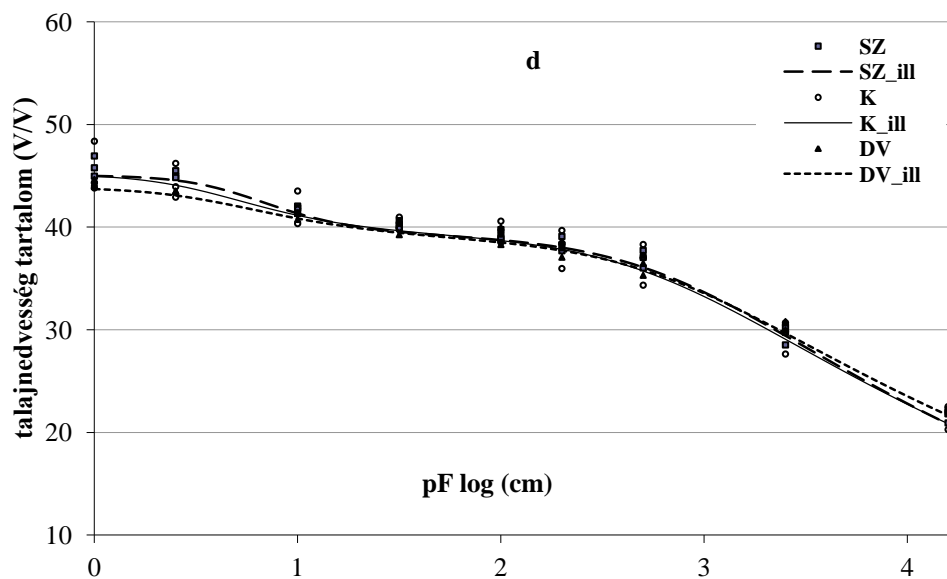
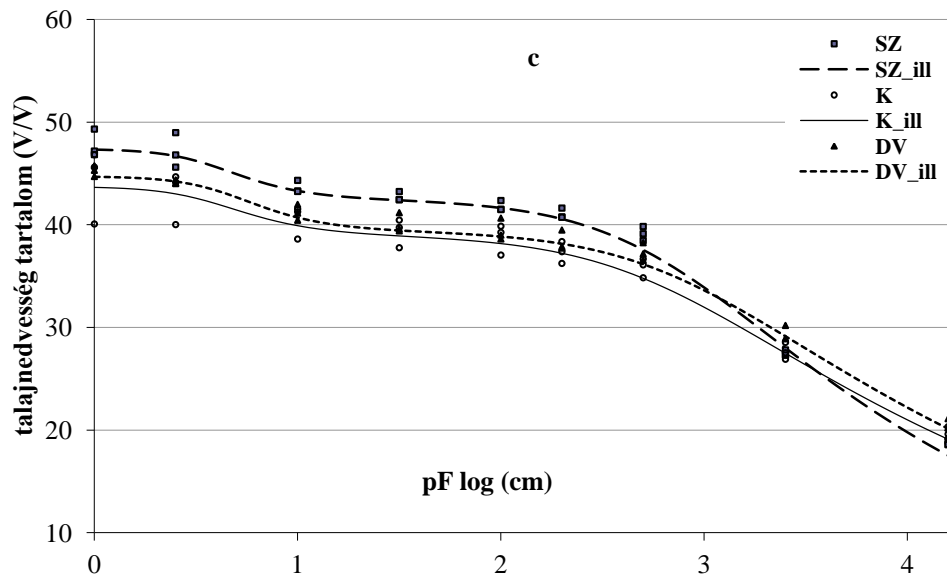
SK- sekélykultivátor, SZ- szántás, K- kultivátor, LT- lazítás+tárcsázás, DV- direktvetés, TÁ- tárcsázás.
ZAPF DM- kétpórusú pF-görbe illesztési hibája (%), ZAPF VG- egypórusú pF-görbe illesztési hibája (%). Szürkével jelöltük a becslési hibát, meghaladó értékeket

művelésével. Ebben a mélységben a szántásnál találtuk a legnagyobb nedvességtartalmat kis szívóerő tartományban, azonban a szántás nedvességtartalma is csökkenő tendenciát mutat a 15–20 cm-es (2b.) mélységhez képest, sőt a pF 3,2 feletti szívóerőnél a görbe esése a legnagyobb a többi műveléshez képest. Ez az ábra is jól mutatja, hogy a növények számára felvehető tartományban (pF 2,5<) a nagy pórusoknak köszönhetően a szántásnál a talajnedvesség tartalma gyorsan lecsökken. Az eketalp tömörítő hatását nem tudtuk kimutatni a kétpórusú pF-görbék összehasonlítása során.

A művelés alatti talajréteg mért pF-görbéinek az alakjában már csupán kisebb eltéréseket találtunk (2d. ábra). A pF1-1,5 és a pF2,5 közötti tartományban minimális a különbség a kezelések pF-görbe értékei között. A sekély kultivátoros kezelés szabadföldi vízkapacitásnál nagyobb szívóerő tartományú eltérését a művelési rendszer hatásával nem tudjuk megmagyarázni. Feltételezzük, hogy azt a talaj területi heterogenitása okozza.



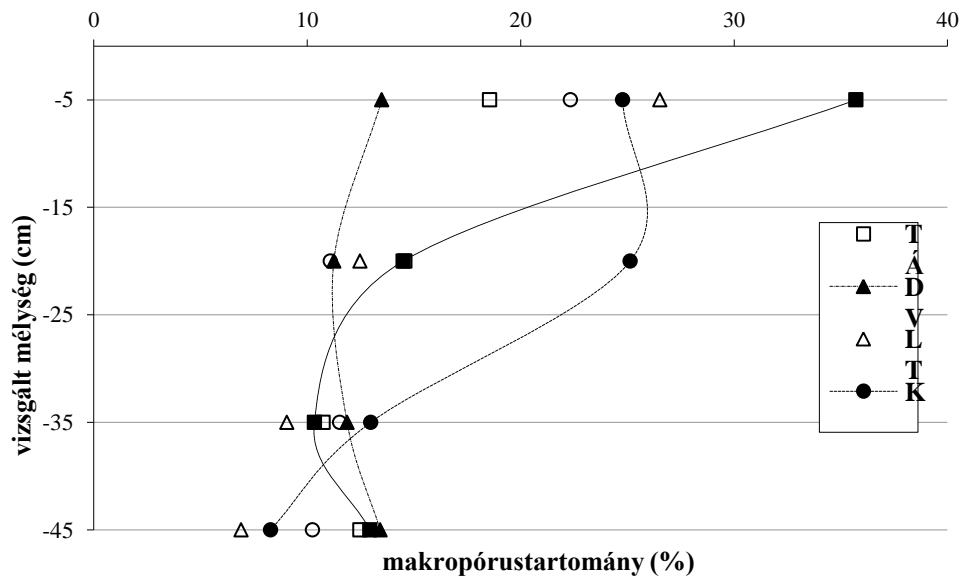
2a, 2b ábra. Az eltérő talajművelési rendszerek kétpórusú pF-görbéi a vizsgált talajrétegekben; a) 5–10 cm, b) 15–20 cm, c) 30–35 cm, d) 40–45 cm., SZ- szántás (mért értékek) SZ_ill -szántás (illesztett függvény), K- kultivátor (mért értékek), K_ill- kultivátor (illesztett függvény), DV- direktvetés (mért értékek), DV_ill- direktvetés (illesztett függvény)



2c, 2d. ábra. Az eltérő talajművelési rendszerek kétpórusú pF-görbéi a vizsgált talajrétegekben; a) 5–10 cm, b) 15–20 cm, c) 30–35 cm, d) 40–45 cm., SZ- szántás (mért értékek) SZ_ill -szántás (illesztett függvény), K- kultivátor (mért értékek), K_ill- kultivátor (illesztett függvény), DV- direktvetés (mért értékek), DV_ill- direktvetés (illesztett függvény)

A makropórusok aránya

Vizsgálatainkban megállapítottuk, hogy az eltérő művelési módok hatása alapvetően a makropórus tartományban mutatható ki. A 3. ábra mutatja a kétpórusú pF-görbék makropórus változását a különböző művelésű talajok vizsgált talajréteg mélységében.



3. ábra. A makropórusok arányának változása az eltérő kezelések különböző rétegeiben SK-sekélykultivátor, SZ-szántás, K-kultivátor, LT-lazítás+tárcsázás, DV-direktvetés, TÁ-tárcsázás

A makropórus tartomány aránya kiugróan nagy (35%) a szántásos művelésben, ezért rögzösebb szerkezet, nagyobb aggregátumok jelenléte valószínű a feltalajban, amit tapasztaltunk. A direktvetéses kezelés makropórustere volt a legkisebb, ami a minimális bolygatásra és a tömődöttebb talajszerkezetre vezethető vissza. A tárcsázás, a mélylazítással kombinált tárcsázás, valamint a kultivátor és a sekély kultivátoros rendszerek vizsgált makropórus arányai kedvező talajszerkezetre utalnak. A DM modell w-értékei a felső 5–10 cm-ben 18 és 27 % között változtak.

Eredményeink alapján a művelt talajrétegben (15–20 cm) a kultivátoros (K, 16–20 cm) kezelésben volt a legkedvezőbb a talajszerkezet. A kultivátoros talajművelés 20–25 cm mélységig lazított a leginkább.

Az eleve „talpképező” technológiák közül a szántás, tárcsázás, valamint a mélylazítással kombinált tárcsázás pórusterének a csökkenése már 20 cm mélységben is kimutatható volt. A mélylazítással kombinált tárcsás rendszerrel nem volt kimutatható a mélylazítás 45 cm-ig terjedő hatása. Ebben a kezelésben a lazítás helyett a tárcsatalp dominált. A tárcsatalp hatására következtethetünk a 10%-os makropórus arányból a művelési talp mélységében. A tárcsázás és a szántásos eljárások hatásait a művelés alatti rétegekben a csökkent makropórus arányok jelzik, melyek a tömörödött réteg jelenlétére utalnak. A direktvetéses eljárás képviselte a minimális talajbolygatással járó kezelést, amit a vizsgált talajrétegek makropórus-arányának kismértékű változása is jelzett.

Következtetések

Jelen tanulmányban kétpórusú pF-görbékkel vizsgáltuk a különböző talajművelési rendszerek hatását a talaj pórusviszonyaira. A kétpórusú pF-görbe valamennyi kezelésben kisebb hibával illeszkedett a mért pF-értékekre, mint az egypórusúak. Megállapítottuk, hogy a kétpórusú pF-görbék alkalmasabbak a

művelt talaj pórusméret-eloszlásának jellemzésére. További előnyük, hogy két homogén alrendszerre bonthatók. A pF-görbe alakjának lefutása fontos többlet információt nyújt az egyes talajművelési rendszerek talajra gyakorolt hatásáról, ezért a kétpórusú pF-görbék alkalmasabbak az egyes agrotechnológiai eljárások talajra gyakorolt hatásának elemzésére, mint az egypórusúak. Eredményeink szerint (a mintavételezés időpontjára vonatkozóan) a vizsgált termőhelyi feltételek között a mélykultivátoros művelési rendszer hozta létre a legstabilabb szerkezetű, valamint víz- és levegőforgalmi szempontból legkedvezőbb talajállapotot.

A többpórusú pF-görbék alkalmazása a jövőben segíti a talaj, víz- és anyagforgalmát leíró matematikai modellek kalibrációját, fejlesztését, továbbá adatokat szolgáltat a klímaváltozási forgatókönyvek talajnedvesség-forgalmi hatásainak értékeléséhez. A kétpórusú függvények felírhatóak a talaj vízvezetőképességére is, így a talajhidrológiai függvények együttes vizsgálata még alaposabb megismerést tárhat elénk talajaink pórusszerkezetére és a nedvességére vonatkozóan.

Összefoglalás

Szabadföldi kísérleteink során azt vizsgáltuk, hogy a különböző talajművelési rendszerek miként hatnak a talaj fizikai tulajdonságaira, különösen a talaj vízforgalmát jelentős mértékben meghatározó víztartó-képesség függvényekre (pF-görbékre).

A talaj szerkezetét pórusméret eloszlása alapján jellemeztük a különböző művelési rendszerekben. E célból egy- és kétpórusú pF-görbét illesztettünk a talajművelési kezelések talajrétegeinek mért víztartó képesség értékeire. Igazoltuk, hogy a kétpórusú pF-görbe valamennyi vizsgált kezelésben kisebb hibával illeszkedik a mért értékekre, mint az egypórusú görbe. A kétpórusú pF-görbe alapján jól elkülönült a vízforgalom szempontjából meghatározó makro- és mikropórus tartomány, amit a művelés hatásainak értékelésére használtunk fel. Tanulmányoztuk a direktvetés (bolygatás nélküli rendszer), a szántásos, a tárcsás és az egyéb agrotechnikai beavatkozások hatását a talaj víztartó képességére. A művelés nélküli technológia alig változó makro-pórustartományt mutatott a különböző mélységekben, míg a szántásban a művelési mélység jól nyomon követhető volt a pórustartományok változásával.

Az agrotechnikai eljárások között eltérések voltak mind a pórusméret eloszlásában, mind a talajban található nedvességformákban. Az alkalmazott összetett függvényben a pórustartományok arányát kifejező w -érték tükrözte leginkább a talajművelések egyedi hatásait.

Megállapítottuk, hogy a vizsgált termőhelyi feltételek között a mélykultivátoros művelési rendszer hozta létre a legstabilabb szerkezetű, valamint a víz- és levegőforgalmi szempontból legkedvezőbb talajállapotot.

Köszönetnyilvánítás: Szerzők köszönetet mondanak a támogató intézménynek és projekteknek: OM-00381/2008; OM-01289/2009, továbbá mezőgazdasági vállalatoknak: GAK Kft. Kísérleti és Tangazdaság Hatvan-Józsefmajor, Agroszen Kft, Belvárdgyulai Mg. Zrt, Dalmandi Mg. Zrt, Kvernaland Group Hungária Kft, Mezőhegyesi Ménesbirtok Zrt, Szerencsi Mg. Zrt., TerraCoop Kft, Väderstad Kft.

Kulcsszavak: talajkímélő művelési rendszerek, makro-pórustartomány, kettős porozitás, összetett pF-görbe, w -érték

Irodalom

- BIRKÁS M., GYURICZA CS. (SZERK.), 2004. Talajhasználat–Műveléshatás–Talajnedvesség. Quality-Press Nyomda & Kiadó. Budapest.
- BIRKÁS M., 2010. Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- CSORBA, SZ., FARKAS, CS., BIRKÁS M., 2011. Kétpórusú víztartóképesség függvény a talajművelés-hatás kimutatásában. Talajtan és Agrokémia. 60. 325–342.
- CSORBA, SZ., FARKAS, CS., BIRKÁS, M., 2012. An analysis of the water retention capacity function of a soil of a heterogeneous pore structure in soil conserving tillage systems. Növénytermelés. 61. Suppl. 251–254.
- DURNER, W. 1994. Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure. Water Resour. Res. 30. 211–223.
- FARKAS CS., 2001. A talajnedvesség-forgalom modellezése a talajfizikai tulajdonságok területi inhomogenitásának és szezonális dinamikájának tükrében. Ph.D. dolgozat. ELTE TTK. Budapest.
- FARKAS, CS., HAGYÓ, A., HORVÁTH, E., VÁRALLYAY, GY., 2008. A Chernozem soil water regime response to predicted climate change scenarios. Soil and Water Res. 3. 58–67.
- FARKAS CS., HERNÁDI H., MAKÓ A. MÁTÉ F., 2009. Mészlepedékes csernozjom talajaink egyes változatainak klímaérzékenysége. Klíma-21 Füzetek. 57. 15–30.
- GERKE, H. H., VAN GENUCHTEN, M.T., 1993. A dual-porosity model for simulating the preferential movement of water and solutes structured porous media. Water Resour. Res. 29. 305–319.
- GYURICZA CS., 2001. A fenntartható talajművelés talajfizikai és biológiai alapjai, Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban, In: Birkás M., 2001. 3:82.
- HUZSVAI L., RAJKAI K., SZÁSZ G. 2004. Az agroökológia modellezéstechnikája. Egyetemi jegyzet. Debrecen. pp. 99–100.
- MADARÁSZ, B., BÁDONYI, K., CSEPINSZKY, B., MIKA, J., KERTÉSZ Á. 2011. Conservation tillage for rational water management and soil conservation. Hungarian Geographical Bulletin. 60. 117–133.
- SIMUNEK, J., JARVIS N., VAN GENUCHTEN, M.T., GARDENAS, A., 2003. Review and comparison of models for describing non-equilibrium and preferential flow and transport in the vadose zone. Journal of hydrology 272. 14–35.
- SEKI, K. 2007. SWRC fit – a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. 4. 407–437.
- VAN GENUCHTEN, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 44. 892–898.
- VÁRALLYAY GY., 1973. A talaj nedvességpotenciálja és új berendezés annak meghatározására az alacsony (atmoszféra alatti) tenziótartományban. Agrokémia és Talajtan. 22. 1–22.

Soil physical indicators for characterising the effect of soil tillage on soil water retention

^{1,3}CSORBA, S., ¹BERÉNYI, Ü.J., ^{2,4}FARKAS, C., ³BIRKÁS, M.

¹National Food Chain Safety Office, Directorate of Plant Protection, Soil Conservation and Agri-environment, csorbasz@nebih.gov.hu

²Institute of Soil Sciences and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences,

³Szent István University, Department of Agricultural and Environment Sciences, Institute of Crop Production

⁴Bioforsk, Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research

Summary

In a plot-scale field experiment we studied the effect of different soil tillage systems on soil physical properties and water retention characteristics with special regard on the expected impact of the forecasted climate change.

We used the Durner-type double-porosity model for characterising soil pore structure by fitting it to measured values of the water retention curve. We proofed, that the double-porosity model fitted better the measured data than the commonly used Van-Genuchten type single porosity model. Using the Durner approach, the macro- and micropore domains that play an important role in soil water regime could be separated and used as main indicators for characterising tillage induced soil structural changes. No tillage technology showed a slightly variable macropore domain in different depths, while the tillage depth of the ploughing treatment was clearly visible from changes in pore structure.

We found significant differences in pore size distributions, as well as in different moisture forms in the soil between the various tillage systems. The w factor, which is the ratio between different pore size ranges, was found to be the main indicator of individual impacts of different treatments on soil structural properties.

We concluded that in the studied conditions the deep cultivator treatment created the most favourable soil conditions for the crops, which could be characterised by stabile soil structure providing good water- and air regime in the soil.

Keywords: soil conserving tillage systems, macropore domain, dual porosity, complex pF curve, w -value

Table 1. Means of characteristic water retention values measured in different treatments and their statistical analysis (1) Depth, cm. (2) Shallow cultivation, 12-16 cm. (3) Plowing. (4) Cultivation. (5) Loosening + disking. (6) No tillage. (7) Disking. Remark: Soil moisture contents are indicated in volume percentage (% , V/V). For each treatment and each soil layer, the means indexed by the same letters do not differ significantly at $p=0.05$. Tilled layers are indicated with light grey colour. Dark grey colour within loosening+disking treatment indicates the depth of deep loosening.

Table 2. Estimation error of unimodal and dual porosity water retention curve comparison. Remark: SK-Shallow cultivation, 12-16 cm, SZ-Plowing, K-Cultivation, LT-Loosening + disking, DV-No tillage, T-Disking. (1) Treatments, (2) depth, (3) ZAPF DM - estimation error of the dual porosity pF-curve(%), (4) ZAPF VG - estimation

error of the unimodal pF-curve. Values that exceed the estimation error are indicated with grey colour.

Figure 1. Durner-type dual porosity pF curves (1994), fitted to measured water retention data . Remark: Continuous line – DM model; Upper dashed line – fracture domain; bottom dashed line - matrix domain. Θ_s -Saturated soil moisture content, Θ_r -residual soil moisture content, w -weighting factor (macropore domain, %), α_i ($i=1,2$) and n_i ($i=1,2$) DM model (van Genuchten) fitting & soil special. Abscissa: volumetric water content (V/V). Ordinate: soil water pressure head lg(cm)

Figure 2. Dual porosity curves of different tillage treatments in the examined soil layers. Remark: (Sz) Plowing (measured), (Sz_ill) Plowing (fitted function), (K) Cultivation (measured) (K) Cultivation (fitted function). (DV) No tillage (measured), (DV) No tillage (fitted function). Depth: a) 5-10 cm, b) 20-25 cm, c) 30-35 cm, d) 40-45 cm. Abscissa: volumetric water content (V/V). Ordinate: soil water pressure head lg(cm)

Figure 3. Changes in macropore rates in the examined layers of the different treatments. Remark: (SK) Shallow cultivation, 12-16 cm. (SZ) Plowing. (K) Cultivation. (LT) Loosening + disking. (DV) No tillage. (T) Disking. Abscissa: macropore rate (%). Ordinate: depth (cm)

Művelési módok összehasonlító értékelése mikrobiológiai és mikromorfológiai vizsgálatokkal

¹DOMONKOS MÓNKA, ²HORVÁTH ZOLTÁN, ^{1,3}MADARÁSZ BALÁZS, ¹BIRÓ BORBÁLA

¹Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vizgazdálkodás Tanszék, monika.domonkos@uni-corvinus.hu

²Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Földi Erőforrás Kutatási Főosztály

³MTA CSFK Földrajztudományi Intézet

Bevezetés

A fenntartható fejlődés egyik alapeleme a talajkészleteink ésszerű hasznosítása, sokrétű funkcióképességének fenntartása, így a talaj termékenységének a lehetőségek szerinti legoptimálisabb megőrzése (VÁRALLYAY, 2010). Mezőgazdasági talajaink igen nagy részén mégis leromlott állapotuk és a mindennapi helytelen talajművelési gyakorlat miatt eredményes gazdálkodás csak a kímélő művelési módok visszaállításával lenne folytatható (BIRKÁS et al., 2010).

A talajok termékenységét az azokon folytatott gazdálkodás módja, jellege erősen meghatározza. A művelési módok közvetlen és közvetett módon is befolyásolják a talajok fizikai és kémia tulajdonságait, melyek alapvetően hatnak a talaj szerkezetére, a vízmegtartó képességére és ezáltal a felvehető tápanyagok mennyiségére. Az így létrejött talaj- és növény-állapot befolyásolja a talajélőlények életfeltételeit, amelyek hasznosak és fontosak a talajok folyamatosan szükséges növénytápláló funkciójának a megnyilvánulásához. A talaj-élőlények összessége, a „talajbióta” ezért jó indikátora lehet a talajokat ért változásoknak, amit az irodalmi hivatkozások sora értékelt. Így a művelési módok közti különbségeket (HEGEDŰS et al., 2003), a természetes ökoszisztémák hatótényezőit (FÜZY et al., 2003) és az emberi, antropogén hatások miatt leromlott városi vagy repülőtérei talajok (HORVÁTH et al., 2013; BIRÓ et al., 2012, 2014) közti különbségeket is kimutatták mikrobiológiai indikátorokkal.

A talajok minőségének és a potenciális termés elérési lehetőségének a vizsgálata leginkább műszeres méréseken alapul, mivel azok, mint pl. az ICP-vel történő elem-analízis pontos és megbízható, jól szabványosítható és jól ismételtető vizsgálati eredményeket szolgáltatnak. Ennek megfelelően például a legfontosabb tápelemek (N, P, K) talajanalízisével a várható termésre is következtethetünk és meghatározható a kívánt termés eléréséhez szükséges tápanyagok mennyisége is egy-egy adott növénykultúrára vonatkoztatva (CSATHÓ et al., 2011). Kevés adatunk van azonban arra, hogy a természettel kivont tápanyagok mellett hogyan alakulnak a talaj mikromorfológiai tulajdonságai és/vagy az ezekhez is hozzájáruló mikrobiológiai tevékenység? Vajon a mikrobiális aktivitást jelzik-e a mikromorfológiai tulajdonságok, illetve azt lehet-e az adott módszerrel kimutatni, magyarázni?

A növénytáplálással összefüggésben a mikrobiológiai tulajdonságok nem állandó, hanem folyamatosan változó paramétereket jelentenek, mert a mikroorganizmusok képesek rugalmasan igazodni a növénynek a vegetációs időszak során állandóan változó igényeikhez. Kimutatást nyert például, hogy a

növények 80%-ával szimbiózisra képes *arbuskuláris mikorrhiza* gombák működőképessége 8 nap alatt fel- vagy leépülhet a környezeti állapot miatt megváltozó növényi igény szerint (FÜZY et al., 2013). A gyors változékonyság előny, de hátrány is a talajállapot jellemzésére létrejött módszerek sorában.

A talajmikrobiológiai tulajdonságok vizsgálatát ezért leginkább a tartós környezeti behatások megváltozásának a kimutatására javasolják (BIRÓ et al., 2013, 2014). A szennyezett talajok összehasonlító értékelésénél a klasszikus csíraszám (CFU) vizsgálatok mellett az összes katabolikus mikrobiális enzim aktivitás, FDA (Fluorescens Di-Acétát) módszerrel kimutatható megváltozása bizonyult igen jó indikátor tulajdonságnak (BIRÓ et al., 2013). A művelési módokkal összefüggően ugyanakkor mind a mennyiségi CFU, mind a működőképességre vonatkozó FDA adatok is hiánypótlóak lehetnek.

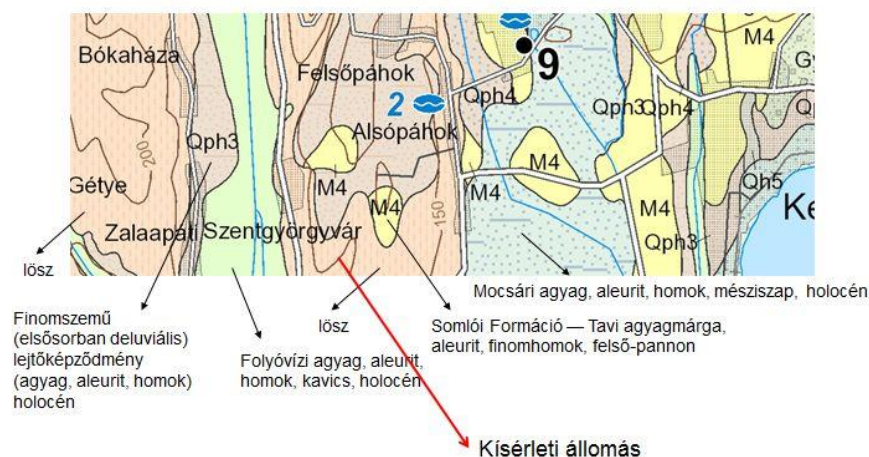
Célkitűzésünk ezért két (egy hagyományos forgatásos-szántásos, valamint egy sekély, nem forgatásos talajkímélő) talajművelési mód összehasonlító vizsgálata volt a klasszikus talajtani, kitenyészthető és enzimes mennyiségi és minőségi mikrobiológiai-, valamint az ilyen vonatkozásban módszertanilag újnak számító mikro-morfológiai módszerekkel.

Kérdésként merült fel, hogy melyik „mikro” módszer tudja kimutatni érzékenyebben a talajoknak a művelés mód hatására bekövetkező változásait, valamint, hogy ezek a módszerek mennyire használhatók, mint jellemző diagnosztikai tulajdonságok a változások nyomon követésére?

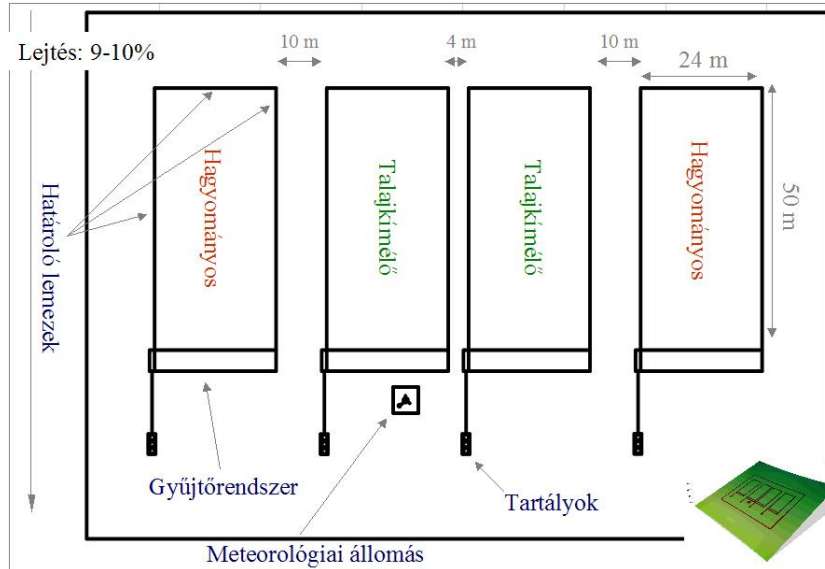
Anyag és Módszer

Mintaterület

A mintavételi terület Zala megyében Keszthely közelében található, Szentgyörgyvár határában. A terület talajképző kőzete a lösz (1. ábra).



1. ábra. Magyarország földtani térképe részlet, M=1:200 000, MFGI ([http1.](http://1))



2. ábra. A szentgyörgyvári eróziós állomás vázlata (BÁDONYI et al., 2008)

A 2 ha-os, 9–10% lejtésű kísérleti területen a hagyományos és talajkímélő művelés eróziós vizsgálatához 2 ismétlésben, összesen 4 db 24x50 m-es parcella került kialakításra (1. ábra) (KERTÉSZ et al., 2007; BÁDONYI et al., 2008). Az ilyen méretű parcellákon a normál, gépesített (szintvonal menti) szántóföldi művelés már megvalósítható, ugyanakkor még épp akkorák, hogy a területről lefolyó víz (és a lehordott talaj) mérhető legyen. A területen 2003 óta folyamatosan végeznek talajkímélő művelést.

Alkalmazott művelési módok

A hagyományos művelésű parcellákon (K-2) az őszi mélyszántás során 25–30 cm mélyen lett a talaj megmunkálva. A kímélő művelésű parcellákon (K-1) ezzel szemben mindössze 8 cm mélységig tárcsázták a talajt, amely 30 %-os növényi maradványokkal való fedettséget biztosított (BÁDONYI et al., 2008; MADARÁSZ et al., 2011).

Mikrobiológiai vizsgálatok

A mikrobiológiai vizsgálatok közül két módszer került kiválasztásra. A klasszikus mennyiségi vizsgálatot az összes kitenyészthető csíraszám, telepképző egység (Colony Forming Unit, CFU) kimutatásával végeztük az ANGERER et al. (1998) által leírtak szerint. Az összes, működőképes lebontó, katabolikus aktivitást mutató mikrobiális enzim-aktivitást a fluorescens diacetát (FDA) analízissel mutattuk ki a VILLÁNYI et al. (2006) által javasolt validált módszernek megfelelően.

A mintázásra két vegetációs időszakban évjáráthatás és szezonális, évszaki összehasonlító értékelésekre is sor került. A felszíni 0–20 cm-es talajréteget mintáztuk. A vizsgálatokig a mintákat 5 °C-on hűtőszekrényben tároltuk. Az eredményeket 1 g száraz talajra vonatkoztatva adjuk meg.

Mikromorfológiai vizsgálatok

Korábban a talaj-mikromorfológiai értékelést az egykori környezetváltozások nyomkövetésére alkalmazták. Mivel a talajművelés során a talajon belüli anyagmozgási folyamatok megváltoztatása, szabályozása nyomán megváltozhat a talaj eredeti szerkezete, szövete, ásványos összetétele, a mikromorfológiai vizsgálatok a különböző típusú (mélyebb és sekélyebb) talajművelési módok okozta talajbeli változások kimutatására is alkalmazhatók. A vizsgálat során információt kapunk a képződményeket felépítő, elsődleges és másodlagos ásványos elegyrészekről, azok alakjáról, szöveti és szerkezeti kapcsolataikról. Az ásványok és a szövetalakulás paragenetikai sorrendjének tisztázása segíthet a vizsgált képződményt ért művelési módok miatti változások pontosabb megértésében. A kétféle művelésű parcellákból vett minták leírásánál az alábbi szakirodalmi hivatkozásokat használtuk fel BULLOCK et al. (1985), SZENDREI (2000), HORVÁTH (2007).

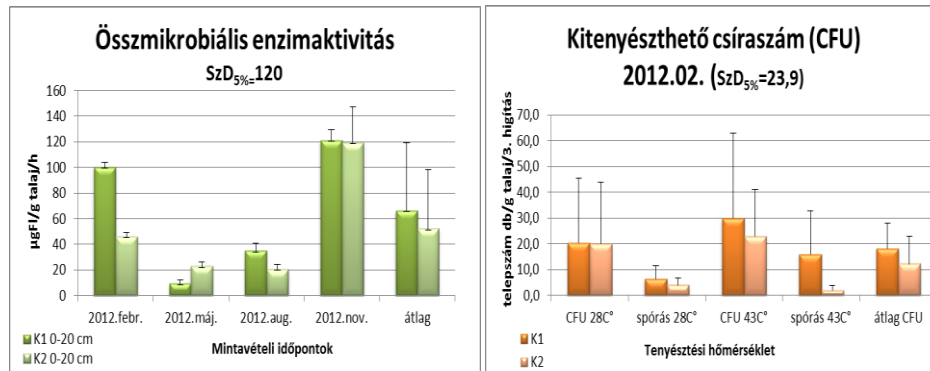
Fizikai és kémiai talajvizsgálatok

A fizikai és kémiai talajtulajdonságok közül az alábbiakat vizsgáltuk: talaj színe (Munsell Soil Color Chart Book, 1990), Arany-féle kötöttség, humusz-mennyiség és humusz-minőség Tyurin és Hargitai szerint (BUZÁS, 1988). A minták szervesanyag-tartalma az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetben kifejlesztett savazásos eljárással került eltávolításra, majd a minták szervesanyag-tartalmát Tekmar Dohrmann Apollo 9000 NDIR spektrométerrel határoztuk meg. A talajok humusztartalmát a $\text{Humusz}\% = \text{TOC}\% \times 1,72$ egyenlet alapján kalkuláltuk (STEFANOVITS et al., 1999). Az előkészített minták kémhatását (pH [H₂O]) potenciometriás eljárással határoztuk meg (BUZÁS, 1988).

Eredmények és értékelésük

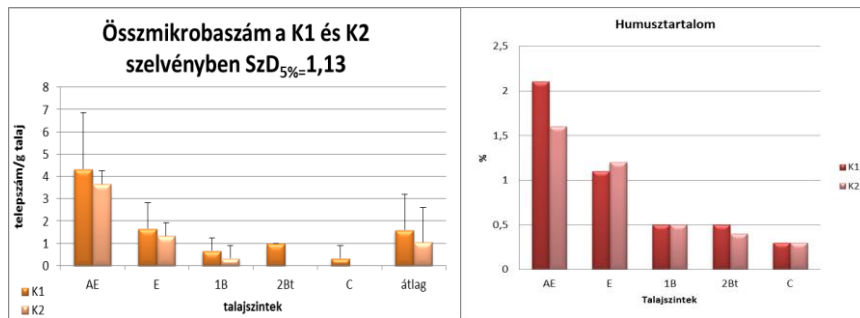
A kétféle művelési mód hatása a mikrobiológiai tulajdonságokra és a humusz-mennyiség alakulására

A talaj mikrobiológiai állapotára vonatkozó vizsgálatokat 2012-ben kezdtük meg a 0–20 cm-es feltalajból. A talaj enzimaktivitása és a mikroorganizmusok kimutatható csíraszám is nagyobbak adódtak a kímélő művelésű (K1-es) parcellában, de a különbség nem volt szignifikáns (3a,3b. ábrák).



3a, 3b ábra. A mintaterület enzimaktivitása a 2012. évben és a mintaterület kitenyészhető, összes és spórás csíraszám értékei kétféle hőfokon a 2012. februári mintavételkor (K1-kímélő művelés, K2-szántásos művelés SzD_{5%}-szignifikancia).

A mikrobiológiai vizsgálatokat, azaz a 0–20 cm-es feltalaj szezonális és évjárat mintázását a 2012-es februári vizsgálatokat követően is folytattuk. A feltalaj mintázása mellett mélységi mintavétel is történt. A kímélő és a szántásos parcelláknak a kitenyészhető csíraszámra (CFU) vonatkozó összehasonlító értékelését a 4a. és 4b. ábra mutatja be a parcellák mélyebb szintjeire vonatkoztatva.



4a, 4b. ábra. Az összes kitenyészhető mikrobaszám (CFU) és a Tyurin féle humusz-mennyiség mélységi alakulása a kímélő- (K1) és a szántásos (K2) művelésű parcellák szelvényeiben

A kímélő művelés hatására a talaj humusztartalma és talajmikrobák kitenyészhető csíraszama is nagyobb lett mind a felszíni, mind a mélységi mintázás során a 3a, b és a 4a, b ábrák eredményei alapján. A 4a,b ábrák összehasonlítása alapján az is látható, hogy a CFU és a talaj TOC mérésel kimutatott szervesanyag-tartalma között pozitív korrelációt találtunk annak ellenére, hogy a kimutatható csíraszám-adatok gyorsan változó paraméterek, amelyek alakulását rendszerint nem az összes humusz-mennyiség, hanem inkább az egyéb környezeti tulajdonságok (víz-tartalom, levegőzöttség, hőmérséklet) befolyásolják. A mikroorganizmusok mennyiségi kimutatásának CFU módszere ezért is sokak számára vitatott módszer. Kritikát jelent, hogy ezzel az eljárással egyébként is csak a talajok teljes mikrobátömegének nem több, mint 1–5%-a mutatható ki. A módszer ennek ellenére mégis széles körben elfogadott és alkalmazott eljárás, mi több a talajjárok helyreállításánál is csak a CFU lemezekről izolálható mikroorganizmusokat lehet leginkább felhasználni (HEGEDŰS et al., 2003; FÜZY et al., 2003; MAKÁDI et al., 2007; SIMON et al., 2007; BIRÓ et al., 2013). A szerzők leginkább a gyors változékonyságot emelik ki és főleg a szennyezett, vagy leromlott ökoszisztémákban bekövetkező környezeti stresszhatások követésére, összehasonlító értékelésére javasolják.

A CFU mellett a mikrobiális enzim-aktivitás FDA módszerrel kimutatott eredményei a teljes mikrobátömeg működőképességét jelzik. A módszer az eddigi eredmények alapján és a jelen vizsgálatban is javasolható a talajművelésnél bekövetkezett változások és a kialakult mikrobiológiai különbségek kimutatására. Ezt a megállapítást támasztják alá BIRÓ et al. (2011, 2012), HORVÁTH et al., (2013) és DOMONKOS (2014) eredményei is.

A művelési módok között a kímélő kezelés képes volt megővni és gyarapítani is a talajok szerves anyagát. A humusz mennyisége így az a felszínen, de mélységében is nagyobbak adódott a kímélő művelésű parcellán.

A humusz mennyiségével a legtöbb talajmintánál pozitív összefüggést adott az általunk vizsgált kitenyészhető összes mikrobás csíraszám. Ez azonban nem

minden esetben jellemző, bár a nagyobb mikrobiális aktivitás és a kiválasztott poliszacharidok ragasztóanyagai miatt a talaj-aggregátumok összetapadnak és ez a kímélőbb művelésnél nagyobb csíraszámot eredményez. A nagyobb aggregátumok között, vagy azon belül olyan „védett” helyek alakulnak ki, ahol a szerves anyagok bomlása nehezebb, így ez a tevékenység is közvetve hozzájárul a talaj nagyobb szervesanyag tartalmához (1. táblázat). A vizsgált talajok humuszanyagainak minősége a barna erdőtalajokra jellemző érték alsó határán van.

További hatásként kimutatást nyert az is, hogy a szántás során a mélyebb rétegekben lévő mikroorganizmusok száma a felszínre kerüléskor jelentősen csökken. A talajok forgatása során a levegőztetés és a jobb vízellátás miatt is csökkenhet a szerves anyagok mennyisége az így közvetve megnövekedett mikrobiális aktivitás miatt. A szántással ezért ennek hatására is humusz-vesztés következhet be.

A szelvényekben a kitenyészhető mikroorganizmusok száma alapján a K1-es, azaz a kímélő művelésű parcellákon találtuk a nagyobb kitenyészhető telepszám értékeket, mind a feltalajban, mind az összes, általunk vizsgált mélységi talajsztízben is.

A kétféle művelési mód hatása a talajok vizsgált fizikai-kémiai tulajdonságaira

A kétféle művelési mód hatásának értékelésénél a parcellákban kiásott talajszelvények talaját a magyar talajosztályozási rendszer útmutatása alapján vizsgáltuk (JASSÓ, 1987). A vizsgálatok eredményei szerint a területen mindkét művelési módnál agyagbemosódásos barna erdőtalaj található. Az agyagbemosódást a Bt szintben szabad szemmel is jól látható agyaghártyák is jelzik. A két szelvény színében teljesen azonos (5. ábra), amit a Munsell féle színskála is igazolt a talajminták száraz és nedves színének az összehasonlításával.

A mélységi mintázás során a két szelvény közel 30 méterre helyezkedett el egymástól, ugyanabban a magasságban, az eróziós vizsgálati terület tetején.



5. ábra. A kétféle művelésű szelvény képe

Az 1. és 2. táblázat a vizsgált talajfizikai és kémiai tulajdonságokat mutatja be. A kétféle művelést a parcellákon 10 éve alkalmazzák, de ennek ellenére az alapadatok között csak kisebb különbségek adódnak. A két szelvény fizikai félesége közel azonos.

A talajkímélő művelésnél ugyanakkor a mélyebb szinteken a talaj agyagosabbnak adódott, mint a hagyományos művelésű parcellán.

1. táblázat. A K1-es talajkímélő szelvény fizikai-kémiai tulajdonságainak adatai

jelölés	cm	AK	pH (dv)	H%	CFU ($10^{-3}/g$ t)
K1/1 – AE	0-15	37-hv	5,17	2,1	4,33 ± 2,5
K1/2 – E	15-45	32 –hv	5,95	1,1	1,67 ± 1,2
K1/3 – 1B	45-85	42 –v	7,18	0,5	0,67 ± 0,6
K1/4 – 2Bt	85-115	55 – a	7,78	0,5	1,00 ± 0
K1/5 – C	115-120	36 – hv	8,29	0,3	0,33 ± 0,6

(AK – Arany-féle kötöttség, pH – kémhatás, TC – összes széntartalom, CFU – összes kitenyészhető mikroba csíraszám; a – agyag, h – homok, hv – homokos vályog)

2. táblázat. A K2-es hagyományos művelésű szelvény tulajdonságainak adatai

jelölés	cm	AK	pH (dv)	H%	CFU ($10^{-3}/g$ t)
K2/1 – AE	0-10	35 – hv	5,3	1,6	3,67 ± 0,6
K2/2 – E	10-50	34 – hv	5,82	1,2	1,33 ± 0,6
K2/3 – 1B	50-100	45 – av	7,67	0,5	0,33 ± 0,6
K2/4 – 2Bt	100-130	47 – av	7,95	0,4	0
K2/5 – C	130-135	35 - hv	8,21	0,3	0

(AK – Arany-féle kötöttség, pH – kémhatás, TC – összes széntartalom, CFU – összes kitenyészhető mikrobaszám; a – agyag, h – homok, hv – homokos vályog)

A kétféle művelési mód mikromorfológiai eredményeinek összehasonlító értékelése

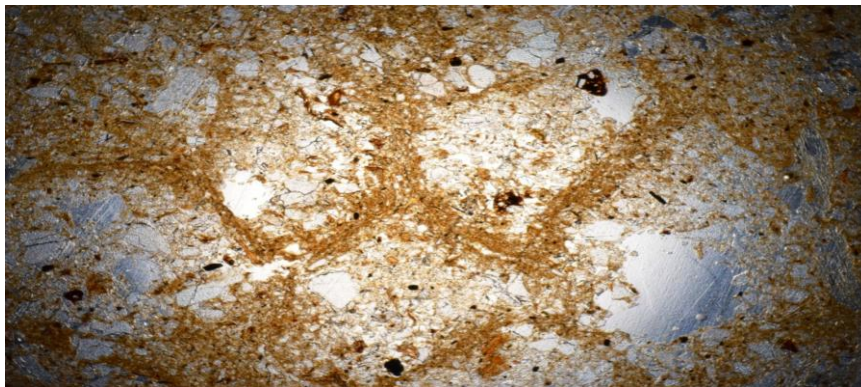
A talajok mikroszerkezete az előzetesen elvárt tulajdonságoknak megfelelően alakult mindkét talajszelvényben. Ennek megfelelően a felsőbb szinteken több repedés, pórus, a mélységgel lefelé pedig kevesebb volt kimutatható. A mélységgel arányosan az egymással kapcsolatban levő pórusok aránya is csökkent mindkét parcellánál (3. táblázat).

A vizsgálatokból megállapítható az is, hogy egyik talajszelvény mintájában sem voltak fejlett, laminált agyagbevonatok. A K/1 szelvényben a felső talajszintben található, talaj-aggregátumok körüli alapanyag-koncentráció azonban agyagbevonatként is értékelhető. Felmerül annak a lehetősége is, hogy a jelenlegi felszín közelébe egy agyag-felhalmozódási (Bt) szint kerülhetett. Ennek tisztázásához további vizsgálatokra lesz szükség.

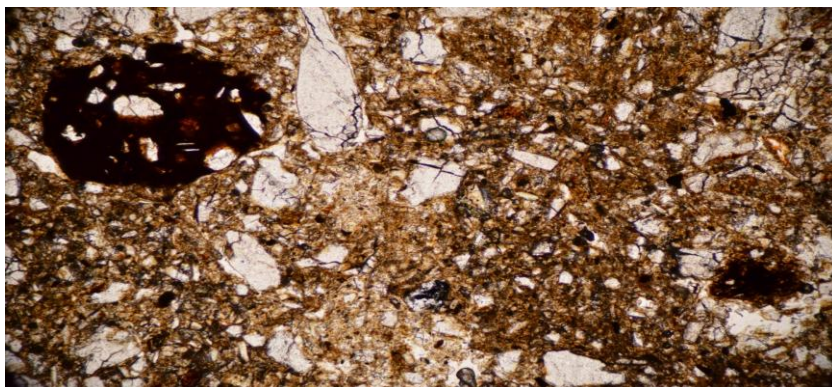
A talajszelvénynek főleg a középső és az alsó részén észlelt hálózatos, szemcse- és póruskörüli orientáció az alapanyagának a talajszelvényben jelentkező feszültségek levezetődési eredményeként értékelhető. Az esetek többségében ez a jelenség a kiszáradás-átnedvesedés gyakori váltakozásával függ össze. Ezzel az időszakosan jelentkező jelenséggel magyarázható a kevés számú rozsdabarna vasszeplő megjelenése is.

3. táblázat. A mikromorfológiai vizsgálat rövid összefoglalása (Forrás: HORVÁTH, 2014)

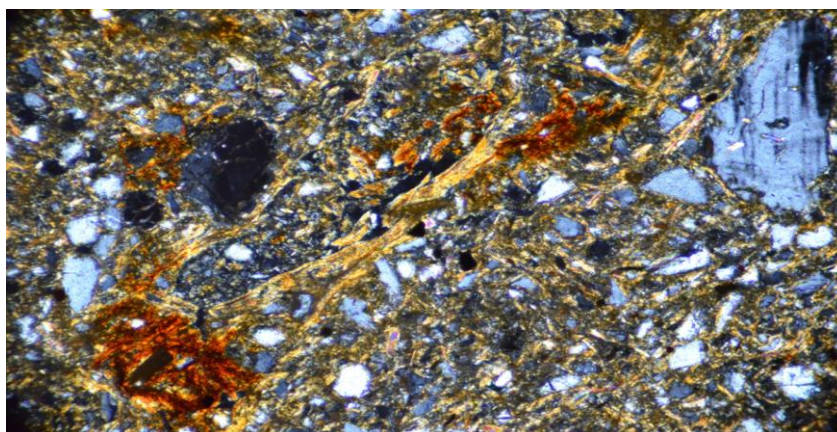
Mintaszám és mélység	Mikromorfológiai leírás rövid összefoglalója
K1/1 (10/6/1) 0-15 cm	Repedezett mikroszerkezetű, pórusokat is tartalmazó homokos vályog, hálózatos alapanyag orientációval (6. ábra), talaj-aggregátum körüli agyagos koncentrációval (akár bevonat is lehet), kevés vas/mangán borsóval (szeplő).
K1/2 (10/6/2) 15-45 cm	Masszív mikroszerkezetű homokos vályog, hálózatos alapanyag orientációval, kevés vas/mangán borsóval (szeplő) (7. ábra).
K1/3 (10/6/2) 45-85 cm	Masszív mikroszerkezetű vályog, alapanyag bevonatosan a szemcsék között és a szemcséközi térben (8. ábra), kevés vas/mangán borsóval (szeplő).
K2/1 (10/7/1) 0-10 cm	Repedezett mikroszerkezetű (9. ábra), pórusokat is tartalmazó homokos vályog, kevés vas/mangán borsóval (szeplő).
K2/2 (10/7/2) 10-50 cm	Masszív mikroszerkezetű homokos vályog, sávokban alapanyag orientációval, kevés vas/mangán borsóval (szeplő).
K2/3 (10/7/3) 50-100 cm	Masszív mikroszerkezetű (10. ábra) homokos vályog, sávokban, szemcse- és póruskörüli alapanyag orientációval, kevés vas/mangán borsóval (szeplő).



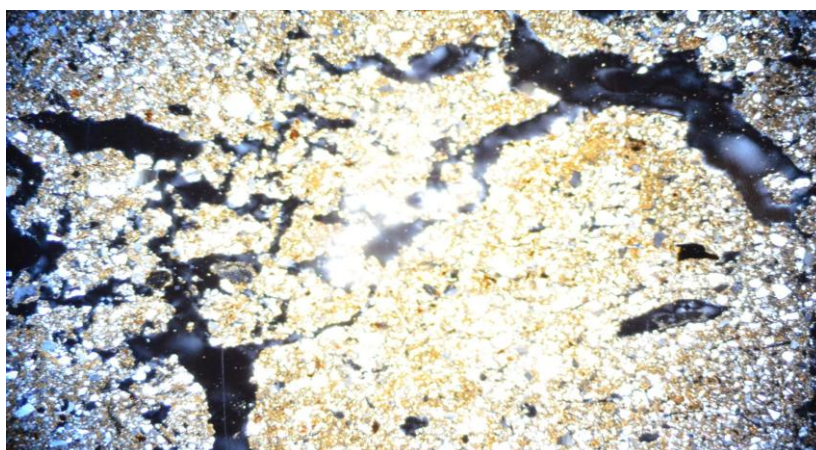
6. ábra. Agyagos alapanyag koncentráció (kőzetliszt méretű, kvarc szemcsékkel tagoltan) talaj vázszemcséiből és az alapanyagból álló talaj-aggregátumok között. Ez a típus akár bevonatként is értékelhető. 4 x obj., 1N. Képszélesség: kb. 4 mm.
(1 N: 1 Nikol (polarizációs mikroszkóp egyik eszköze: a fény útját szabályozó, kalcit kristályból készült segédeszköz, amelynek segítségével az ásványok saját és interferencia színe, egyéb optikai tulajdonságai vizsgálhatók áteső (1N vagy 1 Nikol) és polarizált (2N vagy 2 Nikol) fényben.)



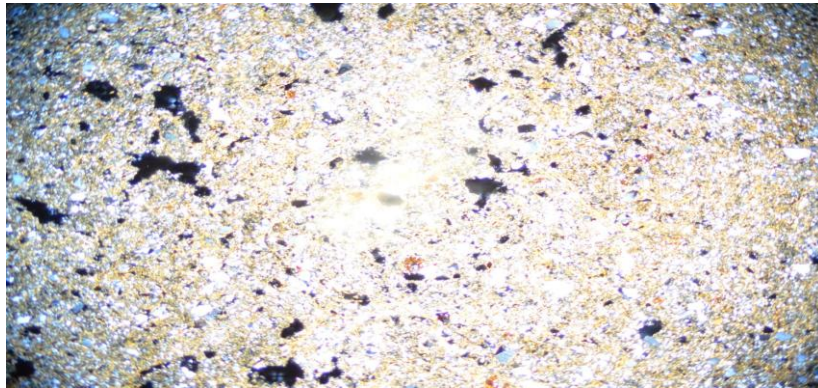
7. *ábra.* Autochton Fe/Mn-borsók. Balra, fent határozott körvonalú típusos, jobbra lent határozatlan körvonalú, enyhén dendrites. 10 x obj., 1 N.



8. *ábra.* Jól fejlett agyagorientáció a szemcseközi térben. Szabálytalan alakú vassorsó (szeptó). 20 x obj., 2N



9. *ábra.* Repedezett, kevés szabálytalan, nyúlt pórust tartalmazó mikroszerkezet. A pórusok többségével van kapcsolatban. 1 x obj., 1 N. Képszélesség: kb. 1,5 cm.



10. ábra. Masszív mikroszerkezet nagyon kevés pórossal, amelyek között nincs kapcsolat.
1 x obj., 1 N. Képszélesség: kb. 1,5 cm.

Következtetés, javaslat

A kétféle „mikro” módszer jól alkalmazható diagnosztikai eszköznek bizonyult, és mindkettővel ki tudtuk mutatni a kétféle művelés hatására kialakult különbségeket. A művelés során a jelen dolgozatban is bemutatott kémelő eljárások eredményesebben védik a talajmikrobiológiai tulajdonságok mennyiségi és minőségi paramétereit és a talajok működőképességét is jelző mikrobiális aktivitást. Ezeket az adott mikrobiológiai kitenyészhető csíraszám (CFU) és katabolikus enzim (FDA) vizsgálatokkal ki lehetett mutatni.

Különösen a tartós hatások értékelésénél merülhet fel a kétféle „mikro” módszer alkalmazhatósága. Mindkét bemutatott eljárás közvetlen kapcsolatban van a talajok élettevékenységével, a mikrobiológiai tulajdonságok, mennyiségi és minőségi, működőképességi adatokat jelentenek. A mikromorfológiai vizsgálattal magyarázni tudjuk a kimutatott változások okait is. Megállapíthatjuk a talajok levegőzöttségét, a mikrobiális aktivitást is védeni képes agyag-ásványok jelenlétét, jellegét, a talaj szervesanyag-eloszlását stb. A mikromorfológiai módszerrel a talajok pórusterében történő változásokat lehet elsősorban kimutatni, amelyek magyarázattal tudnak szolgálni a mikrobiológiai működőképességre is. A kétféle „mikro” módszer együttesen tehát olyan diagnosztikai mutató lehet, amivel mennyiségi és minőségi tulajdonságokat mutathatunk ki és azokra a talajszerkezetből és összetételből következő magyarázatokat is kaphatunk. Eredményeink alapján a két „mikro” módszer együttes alkalmazása javasolható.

Összefoglalás

Kétféle művelési mód összehasonlító vizsgálatát végeztük el mikrobiológiai és mikromorfológiai módszerekkel. A mintavételi terület Zala megyében Keszthely közelében található, Szentgyörgyvár határában. A hagyományos és talajkímélő művelés hatásának összehasonlító vizsgálatához 2 ismétlésben, 4 db 24x50 m-es parcella került kialakításra. A hagyományos művelésű parcellákon (K-2) az őszi mélyszántás során 25–30cm mélyen munkálták meg a talajt. A kémelő művelésű parcellákon (K-1) 8cm mélyen tárcsázták a talajt, és 30%-os növényi maradványokkal való fedettséget biztosítottak. Vizsgáltuk az összes kitenyészhető csíraszámot (CFU) és az összes, katabolikus aktivitást mutató mikrobiális enzim-aktivitást a fluorescens diacetát (FDA) analízissel. A mintázást két vegetációs

időszakban szezonálisan végeztük a 0-20 cm-es talajrétegből. Az eredményeket 1 g száraz talajra vonatkoztattuk. A mikromorfológiai vizsgálatokat az ásványok és a szövetalakulás paragenetikai sorrendjének tisztázására mélyszégi mintákon alkalmaztuk.

A kímélő művelés hatására nagyobb mikrobiális enzimaktivitást és humusztartalmat mutattunk ki. A csíraszám (CFU) adatok azonban a humusztartalommal nem adtak minden esetben pozitív korrelációt. Az enzimaktivitás (FDA) magasabb értékei és a kíméletesebb művelés közötti összefüggéseket a mikromorfológiai módszerekkel magyarázni tudtuk mindkét művelési módnál. A két mikro-módszer tehát eredményesen egészíti ki egymást.

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az EU-KP7 „Development of alternative fertilization systems by use of bioeffectors in European agriculture” (CA 312117) és az OTKA 104899 projekt támogatja.

Kulcsszavak: kímélő művelés, csíraszám, enzimaktivitás, morfológia

Irodalomjegyzék

- ANGERER, I.P., KÖVES-PÉCHY, K., ANTON, A., KISS, E., BIRÓ, B., 1998. Indicator microbes of chlorsulfuron addition detected by a simplified soil dilution method. *Agrokémia és Talajtan*. 47. 297–305.
- BÁDONYI K, MADARÁSZ B, KERTÉSZ Á, CSEPINSZKY B., 2008. Talajművelési módok és a talajerózió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. *Földrajzi Értesítő*. 57. 147–167.
- BIRKÁS, M., BOTTLIK, L., CSORBA, SZ., MESIC, M., 2010. Soil quality improving and climate stress mitigating tillage. *The Hungarian solutions*. *Hung. Agric. Res.* 19. 4–8.
- BIRÓ, B., HORVÁTH, N., DOMONKOS, M., FRENCH, H.K., 2012. Microbial monitoring and most-probable number of microbes in soils capable of degrading aircraft deicing fluids. *Geophysical Res. Abstracts*. 14. 12812–12813.
- BIRÓ, B., TOSCANO, G., HORVÁTH, N., MATICS, H., DOMONKOS, M., SCOTTI, R., RAO, M.A., FRENCH, H.K., 2014. Vertical and horizontal distributions of microbial abundances and enzyme activities in propyleneglycol affected soils. *Environm. Sci. Pollution Res.* 21: 9095-9108.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIOUS, A., TURSINA, T., STOOPS, G., 1985. *Handbook for soil thin section description*. Waine Res. Publications, England, pp. 151.
- BÚZÁS I. (szerk.), 1988. *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2*. Mezőgazdasági Könyvkiadó. Budapest.
- CSATHÓ P., MAGYAR M., OSZTOICS E., DEBRECZENI K., SÁRDI K., 2011. Talaj- és diagnosztikai célú növényvizsgálati módszerek kalibrálása az OMTK kísérletekben. I. Agronómiai célú talaj P-teszt módszerek összehasonlítása a tartamkísérletek talajaiban. *Agrokémia és Talajtan*. 60. 343–358.
- DOMONKOS M., FERENCZY A., MADARÁSZ B., FORRÓ E., BIRÓ B., 2013. Néhány talaj környezeti terhelhetősége; a humuszmennyiség és az FDA enzimaktivitás kezdeti monitoring eredményei. *Talajvédelem, suppl.* pp. 135–142.

- FÜZY A., BIRÓ B., TÓTH T., 2003. Növény–mikroba kölcsönhatások és néhány talajtulajdonság közötti összefüggés hazai szikeseken. *Természetvédelmi Közl.* 10. 200–208.
- HEGEDŰS A., OLDAL B., JEVCSÁK I., BAYOUMI, H.E.A.F., KECSKÉS M., 2003. Néhány kukorica hibrid mikroorganizmussal történő vetőmag-kezelésének hatása a termés hozamára és minőségére. *Agrokémia és Talajtan.* 52. 383–394.
- HORVÁTH Z., 2007. Negyedidőszaki környezetváltozások nyomai poszt-pannóniai üledékeken és paleotalajokon (Mátraalja, Visonta), PhD disszertáció, ELTE, Budapest, 151 p.
- HORVÁTH Z. 2014. Belső jelentés a "Gyepes sávok szerepe a talajerózióban" c. projekthez. MTA CSFK FTI.
- HORVÁTH Z., 2007. Negyedidőszaki környezetváltozások nyomai poszt-pannóniai üledékeken és paleotalajokon (Mátraalja, Visonta). PhD disszertáció. ELTE. Budapest.
- KERTÉSZ, Á., BÁDONYI, K., MADARÁSZ, B., CSEPINSZKY, B. 2007. Environmental aspects of Conventional and Conservation tillage. In: GODDARD, T., ZOEBSCH, M., GAN, Y., ELLIS, W., WATSON, A., SOMBATPANIT, S. (Eds). No-till farming systems. Special Publication No. 3, World Association of Soil and Water Conservation. Bangkok. pp. 313–329.
- MADARÁSZ, B., BÁDONYI, K., CSEPINSZKY, B., MIKA, J., KERTÉSZ Á. 2011. Conservation tillage for rational water management and soil conservation. *Hungarian Geographical Bulletin.* 60. 117–133.
- MAKÁDI M., TOMÓCSIK A., OROSZ V., LENGYEL J., BIRÓ B., MÁRTON Á., 2007. Biogáz üzemi fermentlé és Phylazonit MC baktériumtrágya hatása a silókukorica zöldtömegére és a talaj biológiai aktivitására. *Agrokémia és Talajtan.* 56. 367–378.
- MUNSELL Soil Colour Charts, 1990. Soil Survey Manual - U. S. Dept. Agriculture Handbook.
- SIMON L., BIRÓ B., SZÉLES É., BALÁZSY S., 2007. Szelén fitoextrakciója és mikroba-csoportok előfordulása szennyezett talajokban. *Agrokémia és Talajtan.* 56. 161–172.
- STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY GY., 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- SZENDREI G., 2000. Talajmikromorfológia. Eötvös Kiadó. Budapest.
- VÁRALLYAY GY., 2010. Role of soil multifunctionality in sustainable development. *Soil Water Res.* 5. 102–107.
- VILLANYI, I., FÜZY, A., ANGERER, I., BIRÓ, B., 2006. Total catabolic enzyme activity of microbial communities. Fluorescein diacetate analysis (FDA). In: JONES, D.L. (ed.), 2006. Understanding and modelling plant-soil interactions in the rhizosphere environment. Handbook of methods used in rhizosphere research. Chapter 4.2. Biochemistry. Swiss Federal Research Institute WSL. Birmensdorf. pp. 441–442.
- JASSÓ F. (szerk.), 1987. Útmutató a nagy méretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Agroinform. Budapest.
- http://Magyarország földtani térképe részlet, M=1:200 000, MFGI (<http://loczy.mfgi.hu/flexviewer/atlasz200/>)

Comparison of cultivation methods with microbiological and micromorphological investigations

¹DOMONKOS, M., ²HORVÁTH, Z., ^{1,3}MADARÁSZ, B., ¹BIRÓ, B.

¹Corvinus University of Budapest, Faculty of Horticultural Science, Department of Soil and Water Management, monika.domonkos@uni-corvinus.hu

²Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Földi Erőforrás Kutatási Főosztály

³Geographical Institute, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Hungarian Academy of Sciences

Summary

Two soil-management method was compared by using microbiological and micromorphological investigations. Four study plots (24x50m) was created in Zala, near to Keszthely, at Szentgyörgyvár, Hungary. Conventional (K-2) and soil-protecting cultivation practice (K-1) were used in 2 replicates. At plots of K-2, the autumn deep plough were used in the 25–30cm layer. At K-1 plots the surface 8cm soil layer was disturbed only and the 30% of soil surface was covered by organic mulching. Total colony forming units (CFU) of microorganisms was estimated and the total cathabolic enzyme activity, measured by Fluorescent Diacetate Analysis (FDA) for two consecutive years in a seasonal frequency, from the soil layer of 0–20cm. The results were calculated to 1gr of dry soil. Micromorphological investigation was used also in deep soil samples.

Greater microbial enzymatic activity (FDA) was found at the soil-protecting management technology. CFU counts, however were not always correlated by the total humus content. The greater FDA activity and the differences among the two treatments was realised at both management practices. The differences could be seen also at the micromorphological investigations which was helpful for finding the explanations. Both method could be used therefore for the successful comparisons and for understanding the main driving forces in the soils.

Keywords: soil-protecting management, colony forming units (CFU), enzyme activity, morphology

Table 1. Physical-chemical parameters of the soil at K-1 conservation management practice

Table 2. Physical-chemical parameters of the soil at K-1 conventional management practice

Table 3. Outline of micromorphological investigations (source is HORVÁTH, 2014)

Figure 1. Some part of the geological map of Hungary

Figure 2. Erosion station of Szentgyörgyvár, Hungary. (details in Bádonyi et al. 2008)

Figure 3a, 3b. Enzyme activities in 2012, and colony forming units of sporeformers, measured at two temperature in 2012 february

Figure 4a, 4b. Total colony forming units (CFU) and Tyurin humus content in conservation (K1) and conventional (K2) mangement practices

Figure 5. The soil profile of two management practices. K1-conservation, K2-conventional

Figure 6. Concentrated clayi materials (with stone-flour silicon particles) among soil aggregates. This type can be evaluated as surface coats.

Figure 7: Autochtonous Fe/Mn peas. left above clear typical, right above non-typical, slightly dendritic (10xobj. 1N)

Figure 8: Well-developed clay materials among the particles. Zygomorphic ferric-pea freckles (20xobj., 2N)

Figure 9. Cracked, few, irregular porous microstructure in connection with most of the pores. 1 x obj., 1 N.

Figure 10. Very few pores in a massive, solid microstructure, without connections with each others. 1 x obj., 1 N.

Gyepes sávok szerepe a talajerózió elleni védekezésben

^{1,2}MADARÁSZ BALÁZS, ¹CSEPINSZKY BÉLA, ¹BENKE SZABOLCS, ²JUHOS KATALIN,
¹BÁDONYI KRISZTINA, ¹KERTÉSZ ÁDÁM

¹MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet,
madarasz.balazs@csfk.mta.hu

²Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vízgazdálkodás
Tanszék

Bevezetés

Magyarországon a szántó művelési ágba tartozó területek aránya közel 50%. A nagyüzemi, intenzív gazdálkodás a tömbösített táblák révén megszüntette a mozaikosságot, sőt a monokultúrákban alkalmazott folyamatos kémiai növényvédelem miatt ökológiai sivatagokat hozott létre. A kedvezőtlen adottságú területek szántóföldi művelésbe vonása (lecsapolások, meredek hegyoldalak feltörése stb.) szintén ez irányba hatott. Ennek hatására felerősödött a talajerózió, így az alkalmazott kemikáliák egy része élő- és talajvízbe jutottak (JAKAB G. et al. 2010; CENTERI CS–SZABÓ L. 2014). A gyarapodó ismeretek azonban ma már lehetővé teszik, hogy hatékony gazdálkodás mellett is biztosítsuk a mezőgazdasági területeken a talaj- és annak termékenységének, valamint a biológiai sokféleség megőrzését, illetve értékes élőhelyeket őrizzünk meg vagy teremtsünk újra a mezőgazdasági tájban (BÁDONYI K. et al. 2008a; BÁDONYI K. et al. 2008b; BIRKÁS M. et al 2008; SZABÓ B. 2012).

Korábbi vizsgálataink elsősorban a beruházás-igényes talajkímélő művelésre koncentráltak (KERTÉSZ Á. et al. 2010, MADARÁSZ B.–KERTÉSZ Á. 2010, MADARÁSZ B. et al. 2011), azonban e mellett, van más természetkímélő technológia is a környezetvédelmére, a biológiai sokféleség megőrzésére és a talaj pusztulásának megállítására. Ezek a gyepes sávok, vagy füves vápák. Bizonyos meredekség mellett, már egy szintvonal menti talajkímélő művelés sem szabhat gátat a jelentős méretű barázdák kialakulásának és a talaj-, tápanyag pusztulásának (CENTERI CS. et al. 2009). Élénk felszínű dombsági területeken a domborzati viszonyok predesztinálják a jelentős talajpusztulást, valamint a lepusztult talaj áthalmozását, a kultúrnövények eltemetését (KERTÉSZ Á. et al. 2004).

A barázdás – és végső soron az árkos – erózió elleni harc eszközei lehetnek a gyepes sávok (THAPA, B.B. et al. 1999; CULLUM, R.F. et al. 2007; HUANG, D. et al. 2010). A mikrodomborzat által előre jelzett vápákban összegyűlik a területről lefolyó víz, mely a megnövekedett tömeg miatt csekély lefolyás esetén is könnyen megbontja a talajfelszínt. Ha ezen természetes vízlevezetőket állandó vegetációval fedjük a víz sokkal kevésbé tud talajt elragadni belőlük, mintha a szántóföldi kultúrák gyakran fedetlen, vagy kis fedettségű felszínén tenné (JAKAB G. et al. 2005). Környezetvédelmi szempontból legfontosabbnak az élővizekbe jutó, eutrofizációt okozó P tekinthető, amelynek mennyisége – mivel jellemzően csak talajrézecskehez kötötten mozog – ezáltal jelentősen csökkenthető (MADARÁSZ B. et al. 2003; TÓTH A. et al. 2006). E sávok alkalmazásával a területről eltávozó vízmennyiség is csökken (WU, J. Y. et al. 2010; DONJADEE, S. et al. 2010; HUANG, D. et al. 2010; CULLUM, R. F. et al. 2006; THAPA, B. B. et al. 1999), ezért kiterjedt alkalmazásuk hatással lehet az aszálykárok mérséklésére, illetve a manapság egyre gyakoribb hirtelen fellépő árhullámok kialakulására is.

Magyarországon már a 60-as évek szakkönyvei foglalkoznak a gyepes sávok szerepével és elsősorban annak a talajeróziós védekezésben betöltött szerepét emelik ki. Ennek ellenére a hazai gyakorlatban nemigen találkozhatunk alkalmazásukkal. Ellenben Nyugat-Európában, pl. Franciaországban számos évtizedes jó példát találhatunk (GAUVIN, D. 2000, SOLTNER, D. 2001, DAUTREBANDE, S. et al. 2006) Hazánkban nemhogy gyepes sávokat alakítottak volna ki, hanem gyakran még a mezőgazdasági területek élővilágában igen fontos szerepet betöltő szegélyterületeket is művelésbe vonták (BENKE SZ. et al. 2008). A gyepes sávok telepítése azonban nem jelent akkora termés kiesést, mint amekkora területet elfoglalnak, hiszen a tábla ezen részén, épp az eróziós kártétel és szedimentáció következtében jóval elmarad a terméshozam is.

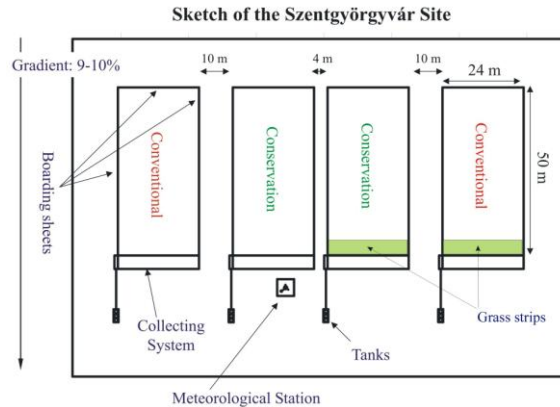
Az emelkedő műtrágya árak, a talaj- és környezetkímélő technológiát szorgalmazó támogatások hatására az utóbbi években egyre nagyobb az érdeklődés az új „zöld” megoldásokkal szemben, azonban a füves sávok továbbra sem kaptak elég figyelmet eddig Magyarországon. Éppen ezért különösen fontos, hogy ezen technológiáról hazai viszonylatban minél többet megtudjunk, amely alapul szolgálhat a széleskörű elterjedéséhez és tudományos alapot az alkalmazáshoz.

Az MTA CSK Földrajztudományi Intézete a gyepes sávok vizsgálatát 2009-ben kezdte el. Az első évek eredményeit MADARÁSZ et al. (2013) publikálta. Jelen tanulmányban a 2014-es vizsgálati év adatait közöljük és elemezzük.

Anyag és módszer

A gyepes sávok vizsgálatára – a korábbi vizsgálataink helyszínéül is szolgáló – Dióskál és Szentgyörgyvár települések határában jelöltük ki (BÁDONYI K. et al. 2008a; MADARÁSZ B. et al. 2011). Vizsgálatainkat két léptékben végeztük.

1. Parcella szintű mérések: Szentgyörgyvár határában található 2-ha-os, 9–10% lejtésű kísérleti területen a hagyományos (HM) és a talajkímélő művelés (TKM) eróziós vizsgálatához, két ismétlésben, összesen 4 db 24×50 m-es parcellát alakítottunk ki még 2003-ban (*I. ábra*). A parcellákon a normál, gépesített szántóföldi művelés már megvalósítható, ugyanakkor még épp akkorák, hogy a területről lefolyó vizeket és talajt felfoghassuk és mérni tudjuk. A lefolyás mérésére egy speciális két csatornás gyűjtőrendszert alakítottunk ki úgy, hogy a gyakori kis intenzitású csapadékok, valamint a ritkább de nagy intenzitású csapadékok lefolyása is felfogható legyen, így a mintázást és a méréseket igen nagy pontossággal végezhetjük. A két hagyományos és a két talajkímélő parcellából egynek-egynek az alján 3–3 m-es gyepes sávot alakítottunk ki a vizsgálatok érdekében (HM_{GY}, TKM_{GY}) 2009-ben. A modellkísérletben összehasonlításra kerül a hagyományos és a talajkímélő művelésű és az ezen művelések gyepes szegéllyel védett parcelláinak tulajdonságai. A gyűjtőrendszerhez kapcsolt tartályok és a telepített meteorológiai állomás segítségével csapadékeseményenként vizsgáltuk a lefolyás és szediment mennyiségét. 2014-ben a vizsgálatainkat kukorica kultúrában végeztük.



1. ábra. Szentgyörgyvári kísérleti terület vázlata és parcellái

2. A gyepes sávok hatásának vizsgálatát tábla szinten a Dióskál mellett található Báránd-pusztán vizsgáltuk. A mérőrendszer kiépítésére és a gyepes sávok telepítésére 2013-ban került sor. A keresztirányú sáv telepítését egy kb. 7,5 ha-os, 8–12%-os lejtőn alakítottuk ki. A három folyadék-mintagyűjtő párt szintvonal mentén helyeztük el. A keretpár egyik része a tábláról a gyepes sávba befolyó vizet mintázza, a másik az gyepsávon átfolyót. A minták fizikai ill. kémiai vizsgálatra kerülnek a szuszpendált talaj és a makroelemek mennyiségének meghatározása céljából.



2. ábra. Báránd-pusztai mintagyűjtők

A mintákat az alábbi összetevőkre vizsgáltuk. Folyadék mintáknál AL-P (spektrofotométer), AL-K (lángfotometria), összes szárazanyag (szuszpendált szediment), teljes szerves szén (TOC) (NDIR). A lehordott talaj esetében: szárazanyag-tartalom, AL-P (spektrofotométer), AL-K (lángfotometria), TOC (NDIR).

A mérőrendszer kiépítése és a gyepterősödése 2013. júliusától teszi lehetővé a méréseket. 2013. ősszel repce került vetésre. A területen növényzeti felméréseket és fedettség becslést végeztünk.

Eredmények

A szentgyörgyvári kísérleti területen a 2009 óta folyó kutatások során különösen csapadékos, nedves és száraz évek is előfordultak (1. táblázat) (MADARÁSZ et al. 2013). A csapadék eloszlása és intenzitása különösen fontos a lefolyás események kialakulásában. Így például 2013-ban a 841 mm lehullott csapadék alig két kisebb lefolyást okozott egész évben. A 2014-ben lehullott 856 mm azonban 9 lefolyás okozott.

1. táblázat. A szentgyörgyvári kísérleti terület csapadék és hőmérséklet adatai

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Közép hőmérséklet						
Ápr.-Szept. (°C)	18,1	16,8	18,4	18,5	17,8	18,1
Évi közép hőmérséklet (°C)	11,2	10,2	11,1	11,8	11,2	12,1
Csapadék Ápr.-Szept. (mm)	362	650	300	323	325	561
Évi csapadék (mm)	641	870	438	491	841	856

Az egyes csapadék eseményeket elemezve azt látjuk, hogy a lefolyó vizek és főleg a lehordott talajok fajlagos tömegében eseményenként és kezelésként is egyaránt jelentős különbségeket mutatkoznak. Az előző évek tapasztalatai alapján a lefolyó vizek és lehordott talaj döntő többségét többnyire évi 1–2 csapadék okozza csupán, míg az összes többi (éves szinten) eltörpül az előzőek mellett. Ez az arány 2014-ben is hasonlóan alakult. A június 24-ei és a július 31-ei két csapadék esemény együttesen az egész éves talajpusztulás, a HM esetén 66%, HM_{GY} 52% volt, míg a TKM területeken ezek részaránya jóval, sőt kiugróan magas volt, TKM 93%, TKM_{GY} 100% volt (2. táblázat). A lefolyás esetében ugyanezen arányok: 52%, 35%, illetve 77 és 100%.

A 2. táblázat éves adatai jól mutatják, hogy nagyságrendi különbség figyelhető meg a HM és TKM területek adatai között. A gyepes sáv a HM és TKM parcellák lefolyását jelentős mértékben: negyedére-, ötödére csökkentette, míg a talajpusztulást ennél is nagyobb mértékben átlagosan a tizedére mérsékelte. Vagyis még egy 3 méteres gyepes sáv is jelentős mennyiségű vizet képes megtartani, de még ennél is nagyobb szerepe van a lehordott talaj, s nem utolsó sorban a talaj kolloidjaihoz kötött tápanyagok és vegyületek megkötésében.

A 2014-es év összesített adatai (2. táblázat) azt sugallják, hogy közel hasonló eredményt érhetünk el a lefolyó vizek megfogása és a lepusztult talaj megkötése kapcsán, ha a beruházás igényes és nagy odafigyelést igénylő talajkímélő technológiát alkalmazunk, vagy a jóval egyszerűbb és olcsóbb gyepes sávokat létesítünk. A mért adatokban látszólag nincsenek óriási különbségek, azonban a megőrzött nedvesség, talaj, tápanyagok felhalmozódási helyét tekintve igen. Az előző esetben a lehullott csapadék, a talajkímélő művelés hatására kialakult jó talajszerkezet, kedvező vízáteresztő képesség, mikrobarázdált felszín stb. következtében elsősorban a parcellán marad, a felszín alá szivárog és felhalmozódik. A növények számára elérhető marad. Az elmozdult talaj és tápanyagok mennyisége csekély. A gyepes sávok alkalmazása esetében a parcellákon a hagyományos művelésű területekhez hasonló lefolyási és talajpusztulási folyamatok mennek végbe azzal a különbséggel, hogy a parcellákról távozó anyag nagy részét a gyepes sávok megfogják. A víz lefolyását a gyep lelassítja és a talajfauna által kialakított makropórusok a felszín alá vezetik. A lepusztult talaj pedig a gyepen átszordogáló vízből kiülededik. Végeredményben a növénytermesztésre használt terület erodálódik, még ha a területet nem is hagyja el

a lepusztult talaj és víz, amely így nem okoz további problémákat (árkok felöltődése, növényvédő-szerek élővizekbe jutása, villám árvizek stb.)

A 2. táblázat adatai azt is mutatják, hogy a talaj és környezetvédelmet hatékonyan szolgáló talajkímélő művelés esetén a gyepes sávok alkalmazása nem feltétlen indokolt. A TKM-nek ugyanakkor kulcs szerepe kell legyen a jövő dombvidéki szántóföldi növénytermelése kapcsán. Ezt a szerepet nem csak a nagyságrenddel kisebb talajpusztulás indokolja, hanem a kevesebb lefolyt víz is, amelynek a vízmegőrzésben van óriási jelentősége, különösen a jövőben a Kárpát-medencét ért klimatikus szárazodás fényében.

2. táblázat. A szentgyörgyvári eróziós állomás 2014. június 24. és július 31-ei, valamint 2014. évi felszíni lefolyás és talajveszteség értékei

		HM	HM _{GY}	TKM	TKM _{GY}
Lefolyás, m ³ ha ⁻¹	Június 24.	23,21	1,58	9,75	3,83
	Július 31.	46,46	10,46	10,25	0,75
Talajveszteség, t ha ⁻¹	Június 24.	0,20	0,01	0,04	0,01
	Július 31.	0,18	0,02	0,03	0,00
2014-es év	Lefolyás, m ³ ha ⁻¹	135,13	34,88	25,67	4,58
	Talajveszteség, t ha ⁻¹	0,58	0,04	0,07	0,01

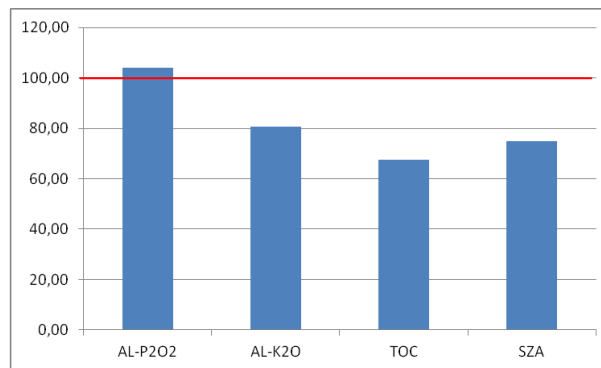
A HM esetén azonban hatékonyan használhatók a gyepes sávok. Az általunk használt, csupán 3 méter szélességű gyepes sáv is jelentősen csökkentette a talajveszteséget. A gyepes sávok, mint természetes szűrők, elsősorban a parcelláról lepusztulásnak „indult” talajt fogták meg. Ezen érték a sávok szélességének növeléséve (speciális növény keverékek alkalmazásával) minden bizonnyal tovább növelhető.

A Báránd-pusztai mintaterületen lejtőirányú művelést folytatnak. A művelés és a meredek lejtő hatására minden évben jelentős a talajpusztulás. 2013 őszén repce került vetésre, így 2014 első félévében jelentős volt a terület fedése, de még így is jelentős méretű barázdák alakultak ki a területen már március végére.



3. ábra. Barázdás erózió Báránd-pusztán

Mivel a kísérleti területen nincsenek lehatárolt parcellák, így a lefolyt vizek mennyiségéből nem, csak azok minőségi vizsgálatából következtethetünk a táblán végbemenő eróziós folyamatokra. Februártól októberig 15 lefolyás eseményt regisztráltunk. A csapdázott lefolyások szárazanyag-tartalma a gyepes sávon keresztül folyt vizeknek jelentősen, 25%-al csökkent. Jelentősen kisebb értékeket mértünk a TOC (-33%) és K_2O (-20%) esetében is, míg a P_2O_5 minimális többletet mértünk (+4%).



4. ábra. 2014. évi átlagos P_2O_2 , K_2O , TOC és szárazanyag-tartalom adatok a gyepes sáv nélküli adatok százalékában, Báránd-pusztá.

Következtetések

Eredményeink azt mutatják, hogy intenzív mezőgazdálkodási gyakorlatban is van lehetőség a talaj védelmére és a biodiverzitás megőrzésére talajkímélő művelés és/vagy gyepes sávok alkalmazásával. A két technológia közötti lényeges különbség, hogy míg a talajkímélő művelés mellett a lefolyás és a talaj, illetve tápanyag lepusztulás csak mérsékelten, vagy meg sem történik, addig gyepes sávok alkalmazásával – a gyep terület feletti területeken – a lepusztulást a termőterület elszenvedi, csak a gyepes sávok felfogják a lepusztult anyag nagy részét, s nem engedik az élővizekbe, árkokba. Így összességében – vízgyűjtő szinten – a talaj-, és tápanyagvesztés csökkenthető. A gyep előnye, hogy a felszínen mozgó vizet megszűri, a növények szára és gyökérzete a lefelé mozgó víz energiáját megtöri, s a vizet némileg visszatartják, így a gyepes sáv alatti területen már lényegesen kisebb lehet a talajpusztulás mértéke. A folyás lelassítása a víz talajba szivárgását és a szedimentációt egyaránt elősegíti. Összességében a gyepes sávok a lepusztult talaj, tápanyagok (növényvédő-szerek) mennyiségét jelentősen csökkenthetik. Ezáltal a gyepes sávok fékezik a szediment, a vízszennyezők és a tápanyagok élővízbe-jutását.

Kulcsszavak: talajkímélő művelés, gyepes sáv, erózió

Köszönetnyilvánítás: A kutatást az OTKA PD104899 témája és a Syngenta Magyarország Kft. támogatta.

Irodalom

- BÁDONYI K., HEGYI G., BENKE SZ., MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., 2008a. Talajművelési módok agroökológiai összehasonlító vizsgálata. *Tájökológiai Lapok*. 6. 145–163.
- BÁDONYI K., MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., CSEPINSZKY B., 2008b. Talajművelési módok és a talajerózió kapcsolatának vizsgálata zalai mintaterületen. *Földrajzi Értesítő*. 57. 147–167.
- BENKE SZ., MADARÁSZ B., BÁDONYI K., KERTÉSZ Á., 2010. A hagyományos és talajkímélő művelés madártani viszonyai, a szegélyterületek jelentősége a szántóföldi madarak előfordulásában. *Tájökológiai Lapok*. 8. 437–455.
- BIRKÁS, M., JOLÁNKAI, M., KISIC, I., STIPESEVIC, B., 2008. Soil tillage needs a radical change for sustainability. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 73. 131–136.
- CENTERI Cs., BARTA K., JAKAB G., SZALAI Z., BIRÓ Zs., 2009a. Comparison of EUROSEM, WEPP, and MEDRUSH model calculations with measured runoff and soil-loss data from rainfall simulations in Hungary. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 172. 789–797.
- CENTERI Cs., SZABÓ L., 2014. Az erózió mezőgazdasági vonatkozásai. In: SZABÓ L., REMENYIK B. (szerk.) 2014. *Talajvédelem - környezet(táj)védelem*. Szent István Egyetem Kiadó. Gödöllő. pp. 135–171.
- CULLUM, R. F., WILSON, G. V., MCGREGOR, K. C., JOHNSON, J. R., 2007. Runoff and soil loss from ultra-narrow row cotton plots with and without stiff-grass hedges. *Soil & Tillage Research*. 93. 56–63.
- DAUTREBANDE, S., CORDONNIER, H., THIRION, M., BIELDERS, CH., 2006. Lutter contre érosion des terres. *Les livrets de l'Agriculture* 12. Ed. Ministère de la Région-wallonne, la Direction générale de l'Agriculture, Namur.
- DONJADEE, S., CLEMENTE, R. S., TINGSANCHALI, T., CHINNARASRI, C., 2010. Effects of vertical hedge interval of vetiver grass on erosion on steep agricultural lands. *Land Degradation & Development* 21. 219–227.
- GAUVIN D., 2000. Inventaire des zones sensibles à l'érosion des sols en vallée d'Authie dans une perspective d'application des mesures agri-environnementales. *Mém. D.U.E.S.S. "Eau et Environnement"*, D.E.P., Univ. Picardie Jules Verne.
- HUANG, D., HAN, J. G., WU, J. Y., WANG, K., WU, W. L., TENG, W. J., SARDO, V., 2010. Grass hedges for the protection of sloping lands from runoff and soil loss: An example for Northern China. *Soil & Tillage Research*. 110. 251–256.
- JAKAB G., KERTÉSZ Á., PAPP S., 2005. Az árkos erózió vizsgálata a Tetves-patak vízgyűjtőjén. *Földrajzi Értesítő*. 54. 149–165.
- JAKAB G., KERTÉSZ Á., SZALAI Z., 2010. Scale dependence of gully investigations. *Hungarian Geographical Bulletin*. 9. 319–330.
- KERTÉSZ Á., HUSZÁR T., JAKAB G., 2004. The effect of soil physical parameters on soil erosion. *Földrajzi Értesítő*. 53. 77–84.
- KERTÉSZ, Á., MADARÁSZ, B., CSEPINSZKY, B., BENKE, SZ., 2010. The role of conservation agriculture in landscape protection. *Hungarian Geographical Bulletin*. 59. 167–180.
- MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., JAKAB G., TÓTH A., 2003. Movement of solutes and their relationship with erosion in a small watershed. In: NESTROY, O., JAMBOR, P. (eds.), 2003. *Aspects of the erosion by water in Austria, Hungary and Slovakia*. Soil Science and Conservation Institute. Bratislava. pp. 99–110.

- MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á., 2010. A talajkímélő művelés vizsgálata és alkalmazhatósága. *Agrárium* 20. 48–49.
- MADARÁSZ, B., BÁDONYI, K., CSEPINSZKY, B., MIKA, J., KERTÉSZ Á., 2011. Conservation tillage for rational water management and soil conservation. *Hungarian Geographical Bulletin*. 60. 117–133.
- SZABÓ B., 2012. Természetkímélő szántóművelés I. <http://www.biokultura.org/szaktanacsadas/publikaciok/szantomuveles.htm>
- SOLTNER, D., 2001. Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers. *Collection Sciences et Techniques Agricoles*.
- THAPA, B. B., CASSEL, D. K., GARRITY, D. P., 1999. Ridge tillage and contour natural grass barrier strips reduce tillage erosion. *Soil & Tillage Research*. 51. 341–356.
- TÓTH, A., JAKAB, G., MADARÁSZ, B., SZALAI, Z., MÉSZÁROS, E., 2006. Migration of nutrients dissolved by precipitation and their role in soil erosion. *Chinese Journal of Geochemistry*. 25 (Suppl.) 5p.
- WU, J.Y., HUANG, D., TENG, W.J., SARDO, V.I., 2010. Grass hedges to reduce overland flow and soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*. 30. 481–485.

Role of grass strips in soil protection

^{1,2}MADARÁSZ, B., ¹CSEPINSZKY, B., ¹BENKE, S., ²JUHOS, K., ¹BÁDONYI, K.,
¹KERTÉSZ, Á.

¹Geographical Institute, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Hungarian Academy of Sciences, madarasz.balazs@csfk.mta.hu

²Corvinus University of Budapest, Faculty of Horticultural Science, Department of Soil and Water Management

Summary

Negative consequences of overland flow are soil erosion, sedimentation and land degradation, and even more serious damage such as physical and chemical pollution in downstream areas. Land impoverishment is due to the loss of fertile topsoil with its load of organic matter and nutrients. There is little data in the Hungarian literature about the grass strips in protection against soil erosion and as a natural way to keep nutrients and pesticides on site. Main goal of our research is to study the role of grass strips in the prevention of soil erosion. The effect of grass strips was examined in field conditions in two different scales: on plot- and field-size study areas. The plot-scale measurements were carried out on four, 24×50m size plots equipped with a special collection system of pipes and tanks. Amount of runoff water and sediment, physical and chemical properties of the samples, organic carbon content of the soil and amount of macro-elements leaving the plot with the runoff water were measured here after each precipitation event. On the field-scale study area sample collection pairs were settled to measure the soil- and macro-element loss by runoff. Advantage of the grass is that it filters the runoff water. Stems and roots break the energy of the out-flowing water and are able to hold back part of the water, too. Both infiltration and sedimentation are promoted by the slackening of running water, therefore less soil nutrient can leave the area polluting the surface waters. As the quantity of runoff water is also reduced, grass strips may lessen the damage of droughts and decrease the probability of flash-floods.

Keywords: conservation agriculture, grass strips, soil erosion,

Table 1. Precipitation and temperature data of Szentgyörgyvár site.

Table 2. Runoff and soil loss data of 24/06/2014, 31/07/2014 and 2014 year at Szentgyörgyvár

Figure 1. Sketch and plots of the Szentgyörgyvár site

Figure 2. Interceptors of Báránd-puszta

Figure 3. Rills at Báránd-puszta

Figure 4. Average of P₂O₅, K₂O, TOC and dry material data in % of plot without grass strip at Báránd-puszta

A talajművelés hatása a talaj CO₂ kibocsátására

¹RÁDICS JÁNOS PÉTER, ¹JÓRI J. ISTVÁN, ²FENYVESI LÁSZLÓ

¹BME, Gép- és Terméktervezés Tanszék, radics.janos@gt3.bme.hu

²NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet

Bevezetés

A globális klímaváltozás az emberiség eddigi legnagyobb kihívása (JOLÁNKAI & BIRKÁS, 2005). Bolygónk klímájának megváltozását elsősorban a földi légkör természetes üvegházhatását szabályzó, üvegházhatású gázok (GHG) koncentrációjának emelkedése okozza, amely megváltoztatja légkörünk természetes, termikus struktúráját. Ez a folyamat egyidős az emberiség növekvő igényeit kielégíteni kívánó iparosodási folyamatokkal. A hőmérséklet folyamatos emelkedése, az egyre gyakrabban tapasztalható időjárási szélsőségek egyre nyilvánvalóbbá teszik, hogy intenzív globális összefogásra és intézkedésekre van szükség, amelyeknek egyrészt a hatások mérséklésére, másrészt pedig a változás sebességének csökkentésére, megállítására, vagy visszafordítására kell koncentrálniuk. Az antropogén eredetű GHG kibocsátásért elsősorban az energia előállítás, az ipar és az intenzív mezőgazdaság és erdőgazdálkodás felelős. Az előbbiek esetében a kibocsátás a jelenlegi technológiai szinten megszüntethető, vagy nagymértékben mérsékelhető, viszont az általuk a légkörben felhalmozott GHG-k csökkentésére, néhány műszaki megoldástól eltekintve, amelyek ilyen volumenű alkalmazása kérdéses, csak a Föld szárazföldi és vízi élővilága képes. Ezért kiemelten fontos, hogy a mezőgazdasági és erdőgazdálkodási gyakorlat szem előtt tartsa azokat a technológiákat, amelyek segítségével az emberi aktivitás miatt megnövekedett GHG koncentráció visszafordítható (COX et al., 2000; PACALA, 2004).

Az élővilág természetes GHG körfolyamataival számos kutatóintézet foglalkozik. Az 1980-as évektől kezdődően egyre hangsúlyosabban került előtérbe a földhasználat miatt, a talaj szénkészletének csökkenéséből adódó légkörbe jutott CO₂ kérdése. Főként az Egyesült Államokban tekintélyes mennyiségű kutatási információ gyűlt össze a művelt talajok CO₂ kibocsátásának csökkentésére (LAL et al., 1998a, 1998b), mivel az ipari folyamatokhoz képest az egységnyi területre jutó kibocsátás intenzitása elenyésző ugyan, de a kibocsátást adó terület mérete miatt, a növénytermesztés és a talajművelés területén, jelentős potenciált jelent. Az üvegházhatás éves növekedését előidéző gázok mintegy 20%-a származik a mezőgazdaságból, összességében az antropogén eredetű metán 50–75%-a és a szén-dioxid 5 %-a. Az erdőirtások, a biomassza elégetése és a földhasználatban előidézett egyéb változások további 14%-ot tesznek ki (COLE, 1996; SMITH et al., 1997).

A hagyományos művelési rendszerek, a talaj levegőztetése, a növényi maradványok bekeverése és az aggregátumok aprítása által fokozza a szerves anyagok lebomlását. Ez a talaj szén készletének jelentős csökkenését, és ezzel együtt a művelési eljárásból adódó magasabb szén-dioxid kibocsátását eredményezi. A talajvédő művelési rendszerek segítségével, a művelés ezen káros hatása visszafordítható (KASSAM et al., 2012). A művelt talajok szén körforgásának pontos megértéséhez az egyes ok-okozati összefüggéseket külön kell vizsgálni, hogy megvalósítható legyen a folyamat pontos modellezése. A környezeti változók ismeretében részletes matematikai modellekkel leírható, az

erdő- és szántóföldi talajok CO₂ körforgásának abszolút értéke (GONZALES-SÁNCHEZ et al., 2012). Hiányosak azonban azok az ismeretek, amelyek segítségével a művelési eljárások CO₂ kibocsátása modellezhető. Ezek ismeretében lehetőség nyílna annak meghatározására, hogy a különböző művelési eljárások és talajművelési rendszerek használata milyen irányban és mértékben befolyásolja a talaj CO₂ kibocsátását, ezzel együtt szénkészletének változását.

A talaj pórusterének a nedvesség által el nem foglalt részét levegő tölti ki. Átnedvesedéskor a pórusok egy részéből a víz kiszorítja a levegőt, a száradó talajban pedig fokozatosan nő a gázfázis térfogata. A talajok felső rétegében nagy jelentősége van a levegőztetésnek (STEFANOVITS et al., 1999). A talajlégzés során keletkező szén-dioxidot, a növények gyökérzetének légzése, a szerves anyagok lebontása során, a talajban található mikroorganizmusok tevékenysége, a fauna légzése, valamint néhány nem-biológiai folyamat, mint például a kémiai oxidáció eredményezi (SINGH & GUPTA, 1977). A talajlégzésből adódó szén-dioxid kibocsátás vizsgálatára elméleti megközelítések (FANG & MONCRIEFF, 1999; JASSAL et al., 2004) valamint laboratóriumi és „in situ” vizsgálatok is rendelkezésre állnak (ANDERSON, 1982; PARKIN, 1996; FARKAS et al., 2011). A talaj szén-dioxid kibocsátásának közvetlen szántóföldi körülmények között történő vizsgálatára a leggyakrabban használt eljárások a kamrás módszerek. Ezek alapelve szinte minden esetben megegyezik: a vizsgált talajfelszín meghatározott területét egy kamrával fedik le, amely izolálja a mintavételi területet a környezeti levegőtől, így a talajból távozó szén-dioxid mennyisége a kamrakoncentráció változása alapján meghatározható (SINGH & GUPTA, 1977).

Az egységes validációs rendszer hiánya miatt, az optimális mérőkamra kialakítás több kutatás tárgyát is képezi (TÓTH et al., 2011). Az egyes kutatók különböző alakú és méretű, általában egyedi kialakítású kamrákat használnak. A szakirodalom beszámol nagy (3,25 m³) térfogatú, hasáb alakú, légkeveréses kamrával végzett vizsgálatról (REICOSKY, 1990), valamint jóval kisebb térfogatú, henger, hasáb és csonkakúp alakú, légkeverés nélküli kamrák használatáról is (PARKIN & VENTEREA, 2010; ZSEMBELI et al., 2005).

A tapasztalatok szerint, zárt mérőkamrák légtől eltérő CO₂ koncentrációja befolyásolja a talaj kibocsátási intenzitását, azonban a kibocsátás szén-dioxid mennyiségének mérésére jelenleg ez a legpontosabb eljárás (RÁDICS & JÓRI, 2011). A talaj mikroklímájára gyakorolt hatásból adódó hibát minimalizálhatjuk a kamra megfelelő méretével, az inkubációs idő csökkentésével, a mért levegő kiszivattyúzásával, gáz-analizátoros mérőrendszer használatával, a kamralevegő keverésével, tapasztalaton alapuló ürítés-telítés módszerének kidolgozásával.

A szakirodalomban jelentős mennyiségű szántóföldi mérések alapján meghatározott intenzitási és kumulált érték található a bolygatatlan (JANSSENS et al., 2000) és a művelt talaj (REICOSKY, 1990) CO₂ kibocsátására is. Hiányosak azonban azok az ismeretek, amelyek segítségével a művelési eljárások szén-dioxid kibocsátásának modellezése lehetővé válik és a pontosan meghatározható, hogy a különböző művelési eljárások és talajművelési rendszerek használata milyen irányban és mértékben befolyásolja a talaj szén-dioxid kibocsátását. A talajlégzés modellezésének és mérésének nehézségét a talaj komplex természete adja, hiszen a talajt különböző típusú organo-minerális részecskék és aggregátumok alkotják, miközben számtalan különböző fiziológiai jellemzővel rendelkező organizmust tartalmaz. A talajtulajdonságok változását térbeli, időbeli, horizontális és vertikális eltérések jellemzik (DAVIDSON & TRUMBORE, 1995).

A biokémiai folyamatok, így CO₂ kibocsátás hőmérséklet függősége a 19. század végétől ismert, melyet először az Arrhenius egyenlet írta le (ARRHENIUS, 1889). A mikroorganizmusok aktivitásában a hőmérséklet hatása a legjelentősebb, ez miatt a műveletlen talajok CO₂ kibocsátását leíró kapcsolati modellek alapja a

legtöbb esetben az Arrhenius egyenlet alapján valamilyen exponenciális függvény (LLOYD & TAYLOR, 1994), de ugyanígy megtalálhatók a mérési eredmények regresszió analízise alapján felírt empirikus összefüggések is (FANG & MONCRIEFF, 2001). A művelt talajok, közvetlenül a talajbolygatás után tapasztalható, a levegő bekeverés, aggregátum- és pórustérfogó megváltozás hatására bekövetkező intenzívebb CO₂ kibocsátása azonban csak kisebb mértékben függ a hőmérséklettől. A talajok művelése nem csak a talaj CO₂ kibocsátásának intenzitását, hanem a CO₂ kibocsátás hőmérséklet-érzékenységét is megváltoztatja. A művelés után mért adatok alapján, a CO₂ kibocsátás hőmérséklet érzékenysége arányban van a talajművelés intenzitásával (LASCALA et al., 2005).

A művelés utáni kibocsátás kvantitatív meghatározására kidolgozott modellek a legtöbb esetben elsőrendű reakciókinetika alapján levezetett exponenciális (LASCALA et al., 2009; REICOSKY & ARCHER, 2007), vagy egyéb, empirikus összefüggések (ELLERT & JANZEN, 1999). Ezek többnyire csak a katalizált enzimreakció jellege alapján, az emisszió átlagértékeire adnak közelítést, de nem veszik figyelembe a talajbolygatás hatására megnövekedett emisszió lecsengéséig, a hőmérsékletfüggő napi ingadozás jelentős hatását.

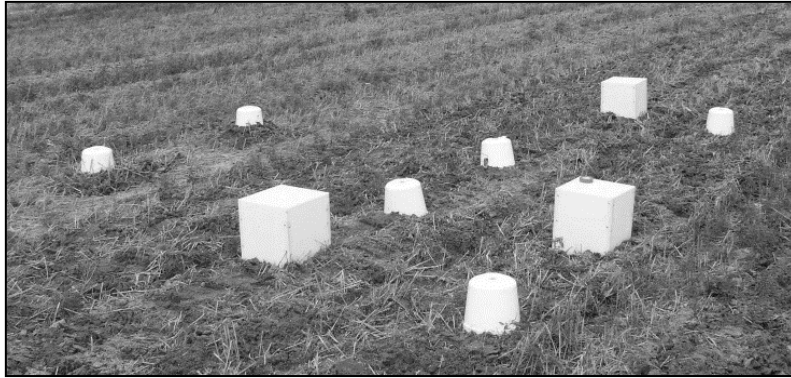
Kutatásunk célja egyrészt egy egyszerűen alkalmazható matematikai modell kidolgozása, a művelés hatására létrejövő kibocsátás meghatározására. Másrészt pedig a modell általánosítása és a talajművelés technológiák teljes kibocsátásának meghatározására.

Anyag és módszer

A talajművelést követő CO₂ kibocsátásának mérésére közepes időtartamú (26–30 óra) szántóföldi vizsgálatokat végeztünk a Fejér megyei, Enying- és a Somogy megyei, Mesztegnyő térségében lévő kísérleti területeken. A kísérleti területeken kisebb parcellákat jelöltünk ki, amelyeken intenzív szántásos alpművelést és kevésbé intenzív, tarlólántásnak megfelelő műveléseket végeztünk különböző munkagépekkel (1. táblázat).

1. táblázat. A közepes időtartamú mérések összefoglaló adatai

(1) Mérés száma	(2) Művelet / dátum	(3) Terület	(4) Időjárási és talaj viszonyok	(5) Talajművelő gép	(6) Művelési mélység, cm
1.	Tarlólántás gabonatarlón 2004.07.15.- 2004.07.16.	Enying "S4"	száraz, napos, 28 °C száraz talaj	Kuhn Optimer kompakt tárcsás borona	12–14
				Kverneland BB115 ágyeke	24–26
2.	Tarlólántás gabonatarlón 2014.08.18- 2014.08.19.	Mesztegnyő "H2"	száraz, napos, 28 °C nedves talaj	Pöttinger Synkro szántóföldi kultivátor	20–22
				Vogel&Noot váltvaforogató eke	32–35



1. ábra. Csonkakúp és hasáb alakú mérőkamrák a mérőterületen

A művelés hatására kibocsátott CO₂ akkumulálására 8,3 dm³ térfogatú csonkakúp és 27 dm³ térfogatú, hasáb alakú mérőkamrákat (1. ábra) helyeztünk el. A mérőkamrák kihelyezése után, az inkubációs idő leteltével, a kamrákban az infravörös abszorpciós elven működő, TESTO 535 típusú CO₂ koncentráció mérő műszerrel végeztük a kamrakoncentráció mérését. A mintavételi időközöket a kezdeti mérésnél a kibocsátás valószínűsíthető intenzitása, majd a mérési tapasztalatok alapján, a kibocsátás reprezentálásának optimalizálására törekedve határoztuk meg. A művelést követő 3-5 órás időszakban a legintenzívebb a kibocsátás. Ennek megfelelően, ebben az időszakban minimalizáltuk a mérések közötti időt, amelyet a minimális inkubációs idő, a kamrák száma, valamint a pillanatnyi kamrakoncentráció mérésének időszükséglete határozott meg. A mérés időszükségletét az alkalmazott TESTO 535 műszer esetében főként az határozza meg, hogy a pontos méréshez, a mérőfejnek alkalmazkodnia kell a kamra atmoszférájához, amely 60–90 másodperc a környezeti levegő hőmérsékletétől függően. A természetes kibocsátás referencia értékeinek meghatározására, a művelt területen alkalmazottal megegyező számú mérőkamrával, felvettük a műveletlen terület kibocsátását is. A mérőkamrákat a terület heterogenitásának reprezentálására, minden ciklus alkalmával más-más, véletlenszerűen kiválasztott mérési ponton talajba süllyesztettük, így minden egyes mérőpont esetében biztosított volt, hogy a mérés megkezdéséig, nem történik beavatkozás a talaj mikroklimájába és a mért értékek a valós, a művelésre természetes körülmények között jellemző emissziós értékeket adják meg.

A vizsgálatokat a korábbi mérések tapasztalatai alapján validált „ürítéses” módszerrel végeztük, amely során a mérőkamrákat minden mérés után szellőztettük. Az ürítéses mérések esetén minden méréssorozat előtt, szükség van a környezeti levegő CO₂ koncentrációjának feljegyzésére is, mivel a vizsgált terület CO₂ kibocsátása, főként gyenge légmozgások esetén, megváltoztatja a terület feletti levegő összetételét. Így a szellőztetett kamrák CO₂ koncentrációja, az inkubációs idő kezdetén, a mérőterület feletti légköri koncentrációval egyezik meg. Ezért a kamrák kihelyezésekor, minden méréssorozat első lépéseként, a korábbi gyakorlathoz hasonlóan, a mérőterület felett körülbelül 1 méteres magasságban mértük a légköri CO₂ koncentrációt.

A mérési adatokat TESTO műszer [ppm]-ben adja meg, amely SI mértékegységben értelmezve [μmol/mol]. Az adatfeldolgozáshoz a kamrákban mért koncentráció értékeket, a talaj CO₂ kibocsátási intenzitásának jellemzésére, egységnyi idő és területre értelmezve kell átszámítani, amelyet a következő egyenlet szerint végeztük (MEYER et al., 1987; WIDÉN & LINDROTH, 2003) alapján:

$$F_{CO_2} = \frac{dC}{dt} \frac{V \cdot p \cdot M}{R \cdot (273,15 + T) \cdot A}, \quad (1.)$$

ahol F_{CO_2} a CO_2 kibocsátás intenzitása $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$, dt a mérési idő [h], dC a CO_2 koncentráció változása a mérés időtartama alatt $\left[\frac{mol}{mol}\right]$, V a mérőkamra térfogat $[m^3]$, p a légköri nyomás [Pa], M a CO_2 moláris tömege = 44,01 $\left[\frac{g}{mol}\right]$, R az univerzális gázállandó = 8,314 $\left[\frac{J}{mol \cdot K}\right]$, T a hőmérséklet [$^{\circ}C$] és A a mérőkamra által lefedett talajfelszín $[m^2]$.

A mintavételi ciklusidőket a kibocsátás valószínűsíthető intenzitása, majd a mérési tapasztalatok alapján a kibocsátás reprezentálásának optimalizálására törekedve határoztuk meg. A ciklusidő minimumértékét a mérőműszer mérési ideje, a mérőkamrák és a mintavételi területek száma határozza meg. Az előzőek miatt a mérési eredmények az idő függvényében nem egyenletes eloszlású diszkrét értékek. A megfelelő modell illesztéshez szükség van a mért értékek interpolálására. A mért adatok közötti értékek meghatározását alak tartó, monoton szakaszos harmadfokú interpolációval végeztük (FRITSCH & CARLSON, 1980).

A kibocsátási modell felállítása

Az analóg természeti jelenségek mért adatainak feldolgozásakor minden esetben számolni kell azzal, hogy a mérési eljárás többé vagy kevésbé, de hatással van a vizsgált jelenségre és így a mérési adatok hibával terheltek. A folyamatok leírására alkalmazott matematikai modellekkel szemben alapvető elvárás, hogy ne tanulják meg a biológiai rendszerek vizsgálata esetében az inhomogenitásból adódó mérési hibákat, hanem a jelenségeket inkább a természeti törvények alapján közelítsék meg (PALÁNCZ, 2011).

A művelés hatására megváltozó talaj CO_2 kibocsátás időben változó folyamatának lezajlását egyrészt a műveléssel a talajba kevert oxigén által katalizált enzimek reakciói, másrészt pedig a talaj hőmérsékletének változásai által módosult sebességű enzimek reakciói együttes hatása eredményezi. Az enzimek által katalizált reakciók folyamatát a Michaelis-Menten kinetikával szokás jellemezni (NYESTE, 1988), amely sztöchiometriai egyenlete alapján a végtermék képződésre levezethető differenciálegyenlet megoldása a következő:

$$C_{talaj}(t) = C_0 \cdot e^{-k_1 t}, \quad (2.)$$

ahol C_{talaj} a talaj mobilizálható szén tartalma $\left[\frac{g}{m^2}\right]$, t az idő [h], C_0 a talaj kezdeti mobilizálható szén tartalma $\left[\frac{g}{m^2}\right]$, k_1 modell paraméter [-].

A mért adatok közelítésének egyik fontos szempontja a felszíni hőmérséklet hatásának és jellegének figyelembe vétele. Ugyanakkor a hőmérséklet direkt hatásának, hőmérsékletfüggő változóval való követése nem indokolt. A különböző környezeti hatások és talajadottságok által befolyásolt, méréssel meghatározható kibocsátási értékek már tartalmazzák a hőmérséklet paramétert, hiszen a kibocsátás, a katalizált enzimkinetikai reakció várható dominanciája mellett, a hőmérséklet függvénye is. A mérési eredményekre történő, a hőmérséklet napi változásának jellegét figyelembe vevő modell illesztésével, a kibocsátás leírása pontosabb eredményt ad. A talajhőmérséklet változása a (VÖLGYESI, 1982) alapján az alábbi függvénnyel írható le:

$$T = T_0 + A \sin\left(\frac{2\pi}{t_0}t + \beta\right), \quad (3.)$$

ahol T a talajhőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], T_0 a talaj közepes hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$], A a talajhőmérséklet változás amplitúdója [$^{\circ}\text{C}$], t_0 a periódus hossza [h], t az idő [h], a fáziseltolódás [h].

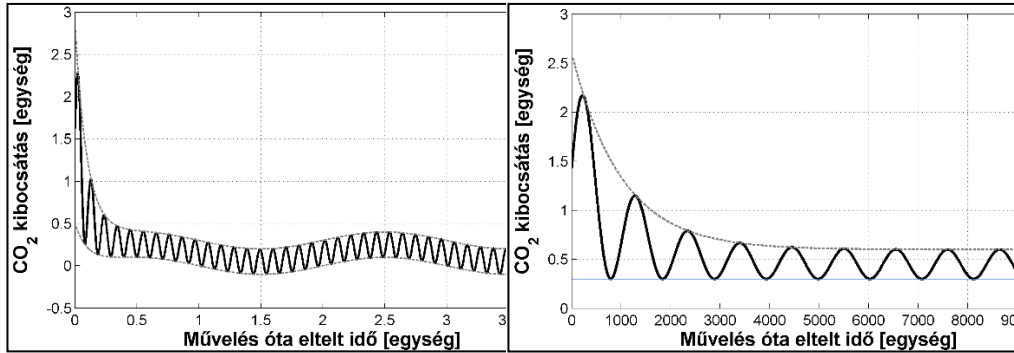
A katalizált enzimek hatását és a kibocsátás hőmérsékletfüggőségét jellemző (2.) és (3.) egyenletek egyszerű összeszorításából kapható függvény hasonló lenne a csillapított rezgőmozgás leírásához, azonban jelen esetben ez nem kielégítő, mivel az alapvető ok a művelés utáni CO_2 kibocsátás és a műveletlen talaj CO_2 kibocsátásának különbözőségére, a talajba kevert, oxigént tartalmazó levegő hatása az aerob baktériumok enzimeire, amely minden esetben pozitív irányba tolja el a függvényértékeket. Ebből következően a modell középértékének exponenciálisan csökkenő jellegét kell mutatnia, vagyis összességében a művelés utáni szén-dioxid kibocsátás modellezése egy exponenciálisan csökkenő amplitúdójú, szinuszos periodicitással változó függvénnyel indokolt, amely periodicitása egyrészt a napi, másrészt pedig az éves hőmérsékletingadozást írja le. Így a kibocsátási modell a következőképpen írható le:

$$W = \left(\left(\frac{(Ae^{(t \cdot c_0)} + h)}{2} \right) (\sin(c_1 t - c_2)) \right) + \left(\frac{(Be^{(t \cdot c_0)} + h)}{2} \right) + (C * \sin(c_3 * t)), \quad (4.)$$

ahol W a CO_2 kibocsátás [$\frac{g}{m^2 h}$], A az emisszió kezdeti értékét megadó együttható [-], B az emisszió minimumértékének kezdeti értékét megadó együttható [-], C az emisszió éves ingadozásának amplitúdóját megadó együttható [-], t a művelést követően eltelt idő [h], c_0 az emisszió intenzitásának csökkenését megadó együttható [-], h a műveletlen terület maximális kibocsátása [$\frac{g}{m^2 h}$], c_1 a műveletlen terület CO_2 kibocsátásának periódusidejét megadó együttható [-], c_2 a kibocsátás szinuszos periodicitásának fáziseltolódását megadó együttható [-], c_3 a műveletlen terület CO_2 kibocsátásának éves periódusidejét megadó együttható [-], j a műveletlen terület kibocsátásának minimumértéke [$\frac{g}{m^2 h}$]. A (4.) egyenlet szerinti modell grafikus megoldása a 2. ábrán látható. az együtthatók meghatározása ennek a modellnek az esetében a bonyolult matematikai problémán túl szinte kivitelezhetetlen mennyiségű mérési adat meglétét feltételezi. Másrészt a művelés hatására kibocsátott CO_2 mennyiségének meghatározása szempontjából túldefiniált. Ez utóbbi szempontot, valamint az általunk elvégzett vizsgálatok időtartamát és mérési pontjainak számát figyelembe véve, az egyes művelések kibocsátásának leírására alkalmazható gyakorlatias modell a (4.) egyenlet egyszerűsítésével az (5.) egyenlet szerint írható le. Ennek a gyakorlati szempontból egyszerűen alkalmazható modellnek a felső burkológörbéje exponenciális függvény, míg alsó burkolója a műveletlen terület kibocsátásának minimumértéke alapján konstans függvény.

$$W = \left(\left(\frac{(Ae^{(t \cdot c_0)} + h)}{2} \right) \cdot (\sin(c_1 \cdot t - c_2) + 1) \right) + j \quad (5.)$$

ahol W a CO₂ kibocsátás $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$, A az emisszió kezdeti értékét megadó együttható [-], t a művelést követően eltelt idő [h], c_0 az intenzitás csökkenését adó együttható [-], h a műveletlen terület maximális kibocsátása $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$, c_1 a műveletlen terület CO₂ kibocsátásának periódusidejét adó együttható [-], c_2 a kibocsátás fáziseltolódását adó együttható [-], j a műveletlen kibocsátás minimumértéke $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$. Az (5.) egyenlet grafikus megoldását a 3. ábrán mutatjuk be.



2. ábra. A (4.) egyenlet általános grafikus megoldása

3. ábra. Az (5.) egyenlet általános grafikus megoldása

A kibocsátási modell együtthatóinak meghatározásához, Matlab program segítségével, elvégeztük az (5.) egyenlet nemlineáris regresszió analízisét. A kibocsátási modell regresszió analízise esetében az együtthatók viszonylag nagy száma miatt feltételezhető, hogy az együtthatók, a fizikai-kémiai alapoktól elrugaszkodó értéken több érték-kombinációban is hasonló illeszkedést eredményezhetnek, másrészt véletlenszerűen megválasztott kezdőértékek esetén, lokális minimumok is elképzelhetők, amelyeket minimum érték keresés során, az együtthatók értékének iterációja nem tud átlépni. Így hiába lesz a függvény konvergencia, a globális minimumot nem sikerül elérnie. Ezért a kibocsátási modellek illesztése előtt el kellett végezni az együtthatók kezdőértékeinek meghatározását, amely minden esetben a mért adatok elemzésén alapult.

A kibocsátási modell (5. egyenlet) alsó burkolóját, illetve felső burkológörbéjének aszimptotáját a műveletlen terület mért adataira illesztett (5.) egyenlet szerinti szinuszos függvény határértékei adják meg.

$$W_{ref} = b_1 + b_2 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{b_3} \cdot t - b_4\right) \quad (6.)$$

ahol W_{ref} a műveletlen terület kibocsátási intenzitása $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$, b_1 az emisszió középérték együttható, b_2 az emisszió amplitúdójához tartozó együttható $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$, b_3 az emisszió periódusidejéhez tartozó együttható, b_4 az emisszió fáziseltolódás együtthatója, t az idő [h].

A (6.) egyenlet együtthatóinak meghatározását a legkisebb négyzetek minimalizálásának módszerével végeztük a következők szerint:

$$\min \left\{ \sum_{t_0}^{t_{end}} \left(W_{ref}(b_1, b_2, b_3, b_4) - W_{ref\ mért} \right)^2 \right\} \quad (7.)$$

ahol W_{ref} = a referenciaterület a CO_2 kibocsátási függvénye, $W_{ref\ mért}$ a referenciaterület méréssel meghatározott CO_2 kibocsátása $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$, $b_1, b_2, b_3, b_4 =$ (5.) egyenlet együtthatói.

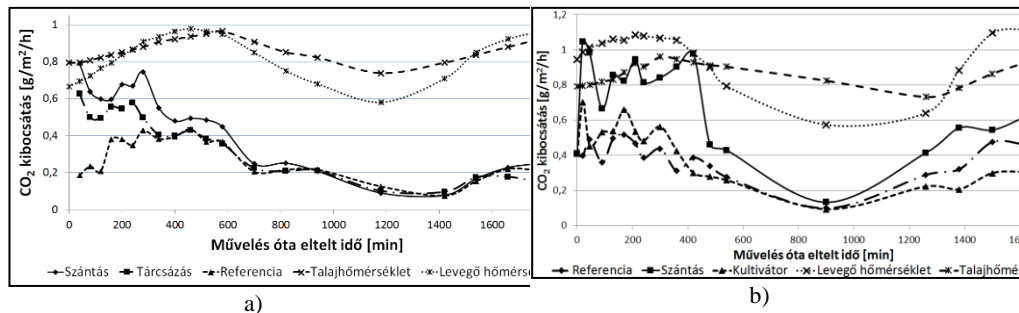
A kibocsátási modell burkológörbéihez tartozó határértékek meghatározását követően, a teljes modell illesztését, a modell kvantitatív jellege miatt, az elemi numerikus integrálok különbségének minimalizálásával végeztük a következők szerint:

$$\int_{t_0}^{t_{end}} |W_{mért} - W(c_0, c_2, A)| dt \rightarrow \min \quad (8.)$$

ahol W a talaj CO_2 kibocsátás függvénye, $W_{mért}$ a művelt terület mért CO_2 kibocsátása $\left[\frac{g}{m^2h}\right]$, $c_0, c_2, A =$ a (4.) egyenlet együtthatói.

Eredmények

A közepes időtartamú mérések mérési eredményei alapján számolt kibocsátási intenzitás értékeket az 4. 4. ábra. ábrán mutatjuk be.

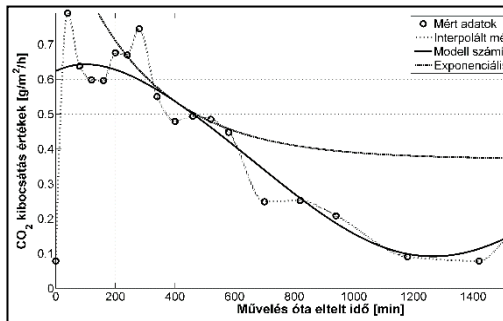


4. ábra. A mért kibocsátási és hőmérséklet adatok megjelenítése polinomális interpolációval, a) 1. mérés; b) 2. mérés

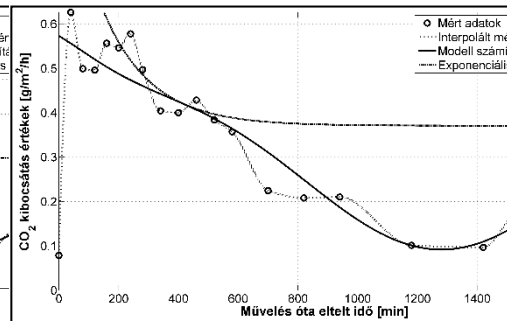
Az adatok alapján jól látható, hogy a reakciókinetikai közelítésnek megfelelően, a művelés után közvetlenül a talajba kevert oxigéndús levegő hatására, hullámszó jellegű, de intenzív kibocsátás tapasztalható, majd az intenzitás folyamatosan csökken a műveletlen talajhoz hasonló értékekre. Az intenzitásértékek trendjei alapján megfigyelhető, hogy a művelt terület kibocsátásának intenzitása az exponenciális csökkenés mellett, a hőmérsékletingadozásnak megfelelő jelleget mutat. Az első közepes időtartamú mérés esetében 11–15 óra után megfigyelhető a művelt és a nem művelt terület görbéinek együttfutása is. Ez megegyezik a szakirodalomban megtalálható megállapításokkal, mivel például a művelés hatásának lecsengését (ELLERT & JANZEN, 1999) közel ilyen időtartamban tapasztalta kanadai csernozsem talajon végzett vizsgálataik során. Ugyanakkor a második mérés esetében a kibocsátási értékének együttfutása nem határozható meg egyértelműen, mivel a valószínűsíthető együttfutás időszaka az éjszakára esik, ahol a talajhőmérséklet jelentős csökkenése is nagymértékben mérsékli a kibocsátást. A görbék lefutásában

tapasztalható fluktuáció valószínűsíthetően a térbeli heterogenitás miatt jelentkeznek. Ezt a megállapítást támasztja alá, hogy a korábbi méréseknél használt kumulált mérési eljárással, hosszabb ideig azonos mérőpontban történő mérés esetén, a mért eredmények simább lefutású görbéket eredményeztek. Az üritéses mérési módszer szerint a mintavételi helyek nem azonosak, a mérési eredmények alapján pedig a térbeli heterogenitások reprezentálása is megvalósul, így a kibocsátási modell illesztésével a vizsgált területre jellemző, valós, átlagos kibocsátás határozható meg.

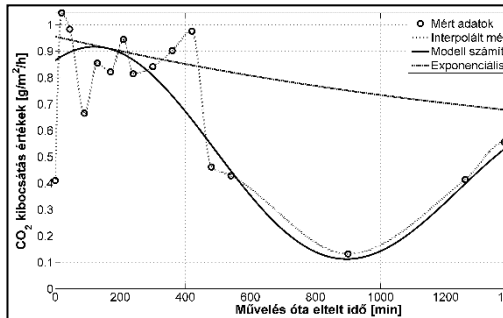
A referenciagörbe értékei alapján jól látható, hogy a műveletlen talaj esetében a reakciókinetikai modelltag elhagyása helyénvaló, hiszen a kibocsátás a talajhőmérséklettől eltolt periódusú, de hasonló jellegű görbelefutást mutat. Megfigyelhető az is, hogy a nem művelt terület kibocsátásának maximuma nem a talajhőmérséklet, inkább a levegő hőmérséklet maximumával esik egybe. A művelt terület mért értékeire illesztett kibocsátási modell illeszkedését és az exponenciális burkológörbéket az 5–8. ábrákon mutatjuk be.



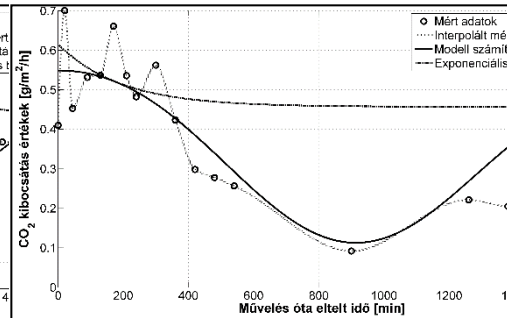
5. ábra. A kibocsátási modell illeszkedése az 1. mérés szántott területen mért adataira



6. ábra. A kibocsátási modell illeszkedése az 1. mérés tárcsázott területen mért adataira



7. ábra. A kibocsátási modell illeszkedése az 2. mérés szántott területen mért adataira



8. ábra. A kibocsátási modell illeszkedése az 2. mérés kultivátorozott területen mért adataira

A nem művelt terület mért értékeire illesztett szinuszos modelltag, valamint a művelt terület mért értékeire illesztett teljes kibocsátási modell illeszkedésének pontosságát, valamint a mért és számított adatok alapján meghatározott kibocsátási értékeket a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat. A kibocsátási modell illeszkedése a mért adatokra és a mérés alatt kibocsátott CO₂ mennyisége

	(1) Determi- nációs együttható (R ²) [%]	(2) A mért adatok alapján kibocsátott CO ₂ mennyisége [g/m ²]	(3) A modell adatok alapján kibocsátott CO ₂ mennyisége [g/m ²]	(4) A kibocsátott CO ₂ mennyiségének eltérése a műveletlen területhez képest [g/m ²] [%]	
(a) 1. mérés					
(b) Műveletlen terület	72,58	6,876	6,875	-	100
(c) Szántott terület	93,26	9,380	9,267	2,392	134
(d) Tárcsázott terület	88,86	8,162	7,883	1,008	114
(e) 2. mérés					
(f) Műveletlen terület	81,10	8,074	8,074	-	100
(g) Szántott terület	77,99	13,044	13,467	5,393	166
(h) Kultivátorozott terület	88,86	8,509	7,603	-0,471	94

A bemutatott modell nemlineáris regresszió analízise, a definiált feltételek mellett végzett vizsgálatok esetében a 3. táblázat szerinti emissziós együtthatókat eredményezte.

3. táblázat. A kibocsátási modell együtthatói

	A	c ₀	c ₁	c ₂	h	j
(a) 1. mérés						
(b) Szántott terület	0,6991	-0,0036	0,0037	-0,0870	0,2791	0,0917
(c) Tárcsázott terület	0,6507	-0,0062		-0,0353		
(d) 2. mérés						
(e) Szántott terület	0,4994	-0,000058	0,0043	-0,8985	0,3443	0,1127
(f) Tárcsázott terület	0,1589	-0,0052		-0,8234		

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az alkalmazott kibocsátási modell, a vizsgált mért értékeket, a művelt talajok szén-dioxid kibocsátásánál elvárható mértékben közelíti. A mérések eredményeinek közelítésére használt kibocsátási modell szinuszos tagja, a talaj CO₂ kibocsátásának napi hőmérsékletfüggőségét a hőmérsékletváltozás trigonometrikus jellege alapján veszi figyelembe. A hőmérsékletváltozás ilyen jellegű reprezentálása a kibocsátási modellben a hőmérséklet-CO₂ kibocsátás kapcsolatának lineáris jellegű leírása. A művelést követően emittált CO₂ mennyiségnek meghatározására, ez a módszer, a modell kvantitatív jellege miatt kellő pontosságú eredményt ad, mivel a teljes modell regresszió analízisének alapja, a lépésközönkénti numerikus integrálok minimalizálása. Ezzel a módszerrel, a klímaváltozás vonatkozásában legfontosabbnak tekinthető és a kutatás célkitűzésében is szereplő, emittált CO₂ mennyiségére kaphatunk jó közelítést egy viszonylag egyszerű algoritmus szerint elvégezhető regresszió analízissel. Ugyanakkor lehetséges a kibocsátási modell módosítása abban az esetben, ha a kibocsátási függvény lefutásának a leírása a

kitűzött cél. A kibocsátási modell kiegészíthető a szakirodalomban megtalálható (FANG & MONCRIEFF, 2001; LELLEI-KOVÁCS, 2011), a nem művelt talajokra alkalmazott hőmérséklet-CO₂ kibocsátás modellekkel. Ebben az esetben a modell szinuszos periodicitásának lefutása változik meg, amely a kibocsátás hőmérsékletfüggő jellegének pontosabb, módosított szinusz függvény szerinti leírását adhatja. A modell ilyen jellegű teoretikus továbbfejlesztésnek főként a mérések referenciáját adó, műveletlen területek CO₂ kibocsátásának leírásakor lehet jelentősége, hiszen a közepes időtartamú mérések eredményei azt mutatják, hogy a művelt területeken a kibocsátás lefutásában, főként az intenzív művelések esetén, az enzimkinetikai törvényszerűségek dominálnak.

A kvalitatív és kvantitatív megközelítés közötti eltérések feltárására összehasonlítottuk az alkalmazott lineáris függvénykapcsolatot (9. egyenlet) és a (LELLEI-KOVÁCS, 2011) által legpontosabb közelítést adónak ítélt O'Connell modellt (10. egyenlet). Ennek a modellnek a leírása kevésbé adja vissza a biokémiai alapokat, azonban (LELLEI-KOVÁCS, 2011) megállapítása alapján, hasonló vagy esetenként jobb közelítést ad, mint például az Arrhenius összefüggés alapján felírt Lloyd-Taylor modell, és matematikailag könnyebben kezelhető.

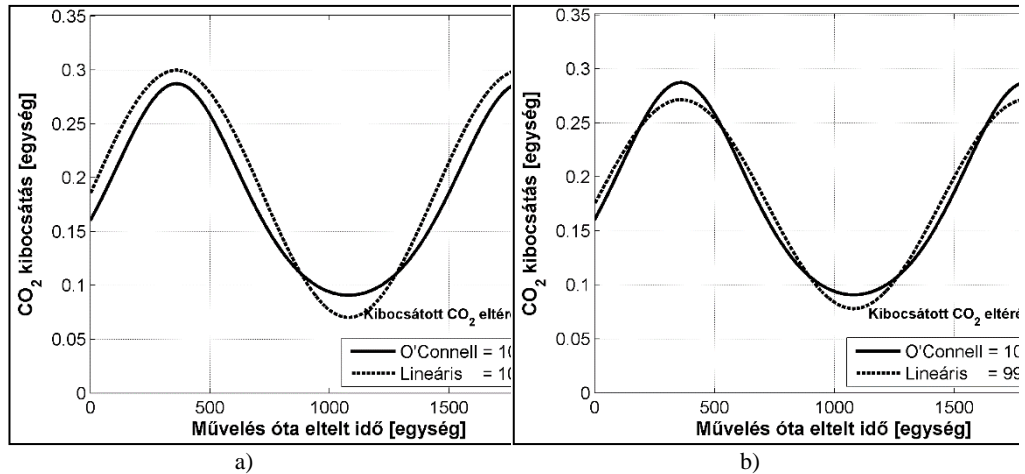
$$Y = a + b * T, \quad (9.)$$

ahol Y a CO₂ kibocsátás [$\frac{g}{m^2h}$], T a hőmérséklet [°C], a = 0,143 a modell paraméter szántóföldi talajokra [-], b = 0,0164 a modell paraméter szántóföldi talajokra [-] (FANG & MONCRIEFF, 2001).

$$Y = a * e^{(b*T+c*T^2)}, \quad (10.)$$

ahol Y a CO₂ kibocsátás [$\frac{g}{m^2h}$], T a hőmérséklet [°C], a = 0,03282 a modell paraméter szántóföldi talajokra [-], b = 0,07640 a modell paraméter szántóföldi talajokra [-], c = 1,485*10⁻⁴ modell paraméter [-] (FANG és MONCRIEFF, 2001).

A 10. ábra szemlélteti az O'Connell és a lineáris modell eltérését. Az ábrán látható, hogy a (FANG & MONCRIEFF, 2001) által meghatározott együtthatók használatával a két görbe együttfutása és a numerikus integrálok eltérése sem kielégítő. A lineáris modell azért közelíti viszonylag rosszul az O'Connell modellt, mivel FANG & MONCRIEFF (2001) az általuk használt együtthatókat nem egy (egyenlőre nem létező) univerzális kapcsolati modellre történő illesztéssel, hanem mérési adatok közelítésével határozták meg. Ez indokolja a 9/a. ábrán látható eltérést a megadott együtthatók használata esetén. Amennyiben a lineáris kapcsolati modell együtthatóinak meghatározása, az O'Connell modell értékeinek regresszió analizisével történik, a modell alapján számítható emittált mennyiségben nincs jelentős eltérés, csak a görbék lefutása tér el kismértékben (9/b. ábra).



9. ábra. A lineáris és az O'Connell kibocsátási modellek jellegének ábrázolása és a modellek által leírt kibocsátás emittált mennyiségének eltérése. a) FANG & MONCRIEFF (2001) által meghatározott együtthatók használatával; b) A lineáris modell illesztésével meghatározott együtthatókkal

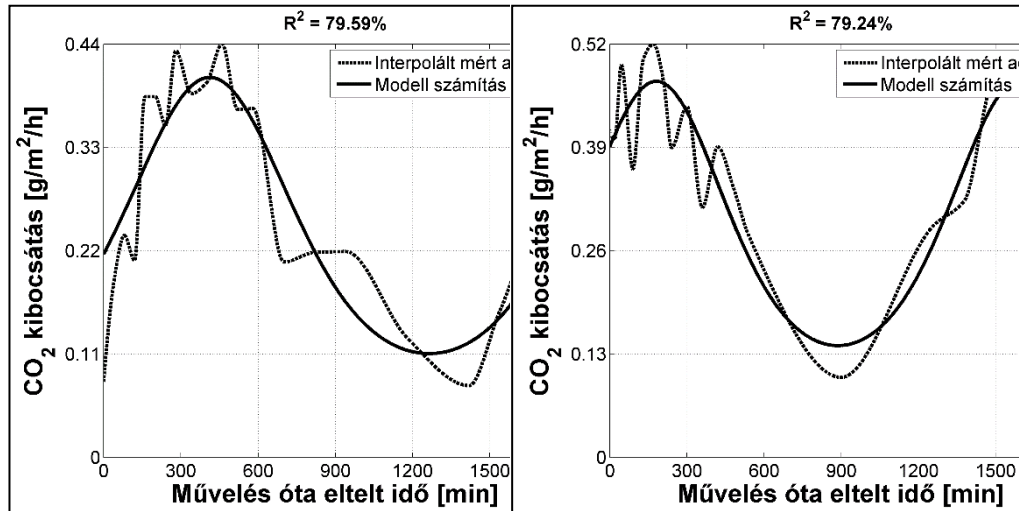
Ez alapján, a felállított gyakorlatias modellben alkalmazott lineáris kapcsolat a hőmérsékletfüggvény és a kibocsátási függvény között nem jelent jelentős elhanyagolást vagy pontatlanságot, hiszen a modell együtthatói a mért pontok közelítésével adódnak. A művelt parcellák esetében, a bemutatott eltérés az enzimkinetikai hatás dominanciája miatt tovább veszít jelentőségéből, hiszen a kibocsátás lefutását főként ez fogja meghatározni, amíg az exponenciális burkológörbe, a mérési pontosságnak megfelelő értékkel meg nem közelíti az asszimptotáját, vagyis a műveletlen terület maximumértékét. A nem művelt, referencia terület esetében a kibocsátást szinte kizárólag az enzimekreakciók sebességének hőmérsékletfüggősége határozza meg. Ez miatt a referencia területen célszerű a hőmérséklet-emisszió kapcsolati modellek figyelembe vétele. Ennek értelmében a műveletlen terület mért adatainak O'Connell modell alapján történő közelítéséhez az O'Connell modellbe helyettesíthető be a (3.) egyenlet szerinti napi hőmérséklet változás függvény. Így a következő modell illeszkedését vizsgáltuk a közepes időtartamú mérések mért adataira:

$$W_r = a * e^{(b*[k+l*\sin(c_1*t)]+c*[k+l*\sin(c_1*t)]^2)}, \quad (11.)$$

ahol W_r a CO₂ kibocsátás [$\frac{g}{m^2h}$], $a = 0,03282$ modell paraméter [-](FANG & MONCRIEFF, 2001), $b = 0,07640$ modell paraméter [-](FANG & MONCRIEFF, 2001), $c = 1,485*10^{-4}$ modell paraméter [-](FANG & MONCRIEFF, 2001), k a középhőmérséklet együttható [-], l a hőmérséklet amplitúdó együttható [-], c_1 a kibocsátás periódusideje [-] és t az idő [min]. A modell illesztésének eredményeit a 10. és 11. ábrákon mutatjuk be.

Az ábrák alapján, láthatóan az O'Connell modellel kiegészített kibocsátási modell jobb illeszkedést biztosít, mivel az 1. mérés esetében a determinációs együttható értéke magasabb, de a 2. mérés esetében, ezzel ellentétes eredményt látható, vagyis a determinációs együttható értéke, bár jóval kisebb mértékben, de csökkent. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a vizsgált referencia területeken, a mérés ideje alatt kibocsátott CO₂ mennyisége a korábban használt és az O'Connell kapcsolati modellel kiegészített kibocsátási modell használata esetén elenyésző mértékben tért el egymástól (4. táblázat). A referenciatereletek esetében a kibocsátási függvény lefutásának jobb bemutatása érdekében, valamint a

szakirodalomban található adatokkal történő összehasonlítás miatt, a referencia területek esetében célszerű az O’Connell, vagy más talajhőmérséklet–CO₂ kibocsátás kapcsolatot leíró modellek használata.



10. ábra. A kibocsátási modell O’Connell modellel kiegészített szinuszos tagjának illeszkedése a nem művelt terület interpolált mért adataira (1. mérés)

11. ábra. A kibocsátási modell O’Connell modellel kiegészített szinuszos tagjának illeszkedése a nem művelt terület interpolált mért adataira (2. mérés)

4. táblázat. A különböző kapcsolati modelleket alkalmazó kibocsátási modellek illeszkedése a referencia területek mért adataira és a mérés alatt kibocsátott CO₂ mennyisége

	(1) Nem művelt terület (1. mérés)	(2) Nem művelt terület (2. mérés)
(a) Determinációs együttható (R ²) [%]	79,59	79,24
(b) Az interpolált mért adatok alapján kibocsátott CO ₂ mennyisége [g/m ²]	6,876	8,074
(c) A lineáris kapcsolati modell alapján kibocsátott CO ₂ mennyisége [g/m ²]	6,875	8,074
(d) A O’Connell kapcsolati modell alapján kibocsátott CO ₂ mennyisége [g/m ²]	6,859	8,096
(e) Az O’Connell és a lineáris modellel számolt CO ₂ mennyiségek eltérése [%]	99,76	100,2

Következtetések

A bemutatott kutatás eredményei alapján kidolgozásra került egy talaj szén-dioxid kibocsátási modell, amely a talajművelés felületi emisszió intenzitásának változásait a biokémiai folyamatok két törvényszerűsége alapján veszi figyelembe. Egyrészt, a művelés által a talajba kevert levegő katalizáló hatása miatt, az elsőrendű reakciókinetikai törvényeknek megfelelően, másrészt a biokémiai folyamatok hőmérséklet függősége alapján, a talaj hőmérsékletváltozás jellege és a talajhőmérséklet-szén-dioxid kibocsátás kapcsolata szerint veszi figyelembe. Bizonyítást nyert, hogy a művelés utáni szén-dioxid kibocsátás egy

exponenciálisan csökkenő amplitúdójú, szinuszos periodicitással változó függvénnyel leírható, amelynek felső burkológörbéje exponenciális függvény, míg alsó burkolója a műveletlen terület kibocsátásának minimumértéke alapján konstans függvény. Általános esetben a modell alsó és felső burkológörbéje is szinuszos periodicitású exponenciálisan csökkenő függvény.

A kidolgozott algoritmus alkalmazásával a különböző művelések utáni szén-dioxid kibocsátási modell illeszthető, együtthatói, ezzel együtt a különböző talajművelő gépek emissziós hatása, meghatározható. Ez alapján új, alacsony kibocsátású eljárások és gépek fejleszthetők ki, amelyek hatása mérhetővé, alkalmazásuk támogathatóvá válik. A különböző talajművelő gépek és eljárások vizsgálatának első lépése a szántóföldi mérés végrehajtása a művelt és művelés nélküli területen, második lépése a műveletlen területre vonatkozó modelltag illesztése, harmadik lépése a teljes kibocsátási modell illesztése a modell együtthatóinak meghatározásához.

A művelt talajokra alkalmazható kibocsátási modell $T \rightarrow \infty$ esetén, a bolygatatlan talajra vonatkozóan szinuszos összefüggést mutat. A művelés katalizáló hatásának lecsengése utáni időszakra, a kibocsátás jellegének pontosabb leírása érdekében célszerűbb a szinuszos modelltag kiegészítése egy talajhőmérséklet-CO₂ kibocsátást pontosabban leíró kapcsolati modelltaggal, de a művelt területek jellemzésére, a lineáris modell is megfelelő közelítést ad.

A megfogalmazott kibocsátási modell alkalmazhatóságának korlátja a környezeti paraméterek hirtelen megváltozásának hatása. Ezért további kutatásoknak kell kitérniük a hirtelen hőmérséklet, légnyomás, szélsébség és csapadékváltozásokra is, mivel ezek közvetlen hatására csak részeredmények léteznek, amelyek alapján nem kaphatunk kellő képet ezen külső tényezők által, a talaj szén-dioxid kibocsátására gyakorolt hatásról. A modell korlátlan alkalmazhatóságához, ezen jelenségek hatásainak vizsgálata is szükséges.

Összefoglalás

A Föld légkörének CO₂ koncentrációja az ipari forradalom óta folyamatosan növekszik. Az 1850-es években a CO₂ koncentráció hozzávetőlegesen 280 ppm volt, míg a mérések 1958-as kezdetekor már 316 ppm. Ez az érték napjainkban több mérőállomás adatai szerint is átlépte a 400 ppm-es határértéket. A légkör szén-dioxid tartalmának növekedése jelentősen befolyásolja az üvegházhatás kialakulását és a klíma változását. A növekvő légköri szén-dioxid koncentráció ugyanis csökkenti a Földre érkező napenergia visszasugárzásának mértékét.

A teljes CO₂ kibocsátás jelentős részéért, az ipar mellett, az intenzív mezőgazdasági tevékenységek is felelőssé tehetők. Több kutatás is rámutatott, hogy a különböző művelési eljárások között jelentős eltérések tapasztalhatók a talajművelés utáni CO₂ kibocsátásban. A talaj CO₂ kibocsátását vizsgáló kutatási módszerek eltérései, főként a mérőcella méretének és kialakításának különbözőségében figyelhetők meg. Az ismert mérési eljárások közös jellemzője, hogy a közép-, és hosszú időtartamú kibocsátás meghatározása nagyon időigényes. A talaj CO₂ emissziójának meghatározásához szükség lenne egy olyan módszerre, amelynek segítségével rövid időtartamú mérések alapján nagy pontossággal megbecsülhető a kibocsátás intenzitásának lefolyása és meghatározható a kibocsátott szén-dioxid mennyisége. Ezért kutatásunk során rövid és közepes időtartamú méréseket végeztünk, annak érdekében, hogy a CO₂ kibocsátás lefolyásának modellezésével megvalósítható legyen a kibocsátás mértékének rövidtávú mérések alapján történő meghatározása és pontos számszerűsítése.

Ezen irányelvek alapján, kutatásunk célja a különböző talajművelési eljárások, a talaj CO₂ kibocsátásra gyakorolt hatásának vizsgálata, valamint a hagyományos és a csökkentett művelési eljárások hatásmechanizmusának elemzése volt.

Kulcsszavak: talajlégzés, CO₂ kibocsátás, talajművelés, kibocsátási modell, regresszió analízis

Irodalom

- ANDERSON, J.P.E., 1982. Soil respiration. In: PAGE, A.L., MILLER, R.H., KEENEY, D.R. (Eds.), *Methods of soil analysis Part 2., Chemical and Microbiological Properties*, Madison, Wisconsin, USA. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America, 831–871.
- ARRHENIUS, S., 1889. Über die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren. *Zeitschrift für physikalische Chemie*. 4. 226–248.
- COLE, V., 1996. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions. In: *Climate Change 1995*. Cambridge Univ. Press. New York. 745–771.
- COX, P.M., BETTS, R.A., JONES, C.D., SPALL, S.A., TOTTERDELL, I.J., 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature*. 408. 184–187.
- DAVIDSON, E.A., TRUMBORE, S.E., 1995. Gas diffusivity and production of CO₂ in deep soils of the eastern Amazon. *Tellus B*. 47. 550–565.
- ELLERT, B.H., JANZEN, H.H., 1999. Short-term influence of tillage on CO₂ fluxes from a semi-arid soil on the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research*. 50. 21–32.
- FANG, C., MONCRIEFF, J.B. 1999. A model for soil CO₂ production and transport 1: Model development. *Agricultural and Forest Meteorology*. 95. 225–236.
- FANG, C., MONCRIEFF, J.B., 2001. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. *Soil Biology and Biochemistry*. 33. 155–165.
- FARKAS CS., GIORGIO A., BALOGH J., BARCZA Z., BIRKÁS M., CZÓBEL S., DAVIS K.J., FÜHRER E., GELYBÓ G., GROSZ B., KLJUN N., KOÓS S., MACHON A., MARJANOVIC H., NAGY Z., PERESSOTTI A., PINTÉR K., TÓTH E., HORVÁTH L., 2011: Methodologies. In: Haszpra, L. (Szerk.): *Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective*, Dordrecht: Springer Netherlands, 65–90.
- FRITSCH, F.N., CARLSON, R.E., 1980. Monotone Piecewise Cubic Interpolation. *SIAM Journal on Numerical Analysis*. 17. 238–246.
- GONZÁLEZ-SÁNCHEZ E.J., ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ R., CARBONELL-BOJOLLO R., VEROZ-GONZÁLEZ O., GIL-RIBES J.A., 2012: Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of conservation agriculture. *Soil and Tillage Research*, 122. 52–60.
- JANSSENS, I.A., KOWALSKI, A.S., LONGDOZ, B., CEULEMANS, R., 2000. Assessing forest soil CO₂ efflux: an in situ comparison of four techniques. *Tree Physiology*. 20. 23–32.
- JASSAL, R.S., BLACK, T.A., DREWITT, G.B., NOVAK, M.D., GAUMONT-GUAY, D., NESIC, Z., 2004. A model of the production and transport of CO₂ in soil: predicting soil CO₂ concentrations and CO₂ efflux from a forest floor. *Agricultural and Forest Meteorology*. 124. 219–236.
- JOLÁNKAI, M., BIRKÁS, M., 2005. Carbon Sequestration of Crops Influenced by Nitrogen Fertilization. In: *Proceedings. 43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture*. Opatija, Croatia [online], pp. 540–543. URL: http://sa.agr.hr/pdf/2008/sa2008_0503.pdf?origin=publication_detail.
- KASSAM A., FRIEDRICH T., DERPSCH R., LAHMAR R., MRABET R., BASCH G., GONZÁLEZ-SÁNCHEZ E.J., SERRAJ R. (2012): Conservation agriculture in the dry Mediterranean climate. *Field Crops Research*, 132. 7–17.

- LAL, R., KIMBLE, J., FOLLETT, R., STEWARD, B.A. (Eds.), 1998a. Soil processes and the C cycle. Boca Raton, FL. CRC Press.
- LAL, R., KIMBLE, J., FOLLETT, R., STEWARD, B.A., (Eds) 1998b. Management of Carbon sequestration in soil. Boca Raton, FL. CRC Press.
- LASCALA JR. N., LOPES A., PANOSSO A.R., CAMARA F.T., PEREIRA G.T. 2005. Soil CO₂ efflux following rotary tillage of a tropical soil. *Soil and Tillage Research*, 84. 222–225.
- LASCALA, J.R.N., LOPES, A., SPOKAS, K., ARCHER, D.W., REICOSKY, D., 2009. First-order decay models to describe soil C-CO₂ loss after rotary tillage. *Sci. Agric.(Piracicaba, Braz.)*. 66. 650–657.
- LELLEI-KOVÁCS E., 2011. Talajlégzés vizsgálata a kiskunsági homoki erdőssztyepp ökoszisztémában, Doktori (PhD) értekezés, Vácrátót. ELTE Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Biológia Doktori Iskola.
- LLOYD, J., TAYLOR, J.A., 1994. On the Temperature Dependence of Soil Respiration. *Functional Ecology*. 8. 315–323.
- MEYER, W.S., REICOSKY, D.C., SHELL, G.S., 1987. Technical Report No. 5. Centre for Irrigation and Freshwater Research. Griffith, Australia.
- NYESTE L., 1988. Biológiai rendszerek kinetikája. In: *Biomérnöki műveletek és alapfolyamatok*. Tankönyvkiadó. Budapest.
- PACALA, S., 2004. Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *Science*. 305. 968–972.
- PALÁNCZ B., 2011. Mesterséges Intelligencia Építőmérnököknek (Jegyzet) [online]. Budapest: BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék. URL: http://www.fmt.bme.hu/fmt/htdocs/oktatas/tantargy.php?tantargy_azon=BMEEOFTMKT2.
- PARKIN, T.B., 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W., FRANCO-VIZCAÍNO, E. (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. 231–245.
- PARKIN, T.B., VENTEREA, R.T., 2010. Chamber-Based Trace Gas Flux Measurements. *Sampling Protocols*. USDA-ARS, Fort Collins, CO. 1–39.
- RÁDICS J.P., JÓRI J.I. (2011): Sampling method development for measuring tillage induced CO₂ flux. *Hungarian Agricultural Engineering*, 23. 109–112.
- REICOSKY, D.C., 1990. Canopy gas exchange in the field: Closed chambers. *Remote Sensing Reviews*. 5. 163–177.
- REICOSKY, D.C., ARCHER, D.W., 2007. Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil and Tillage Research*. 94. 109–121.
- SINGH, J.S., GUPTA, S.R., 1977. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *Botanical Review*. 43. 449–528.
- SMITH, P., POWLSON, D., GLENDINING, M., SMITH, J., 1997. Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using results from long-term experiments. *Global Change Biology*. 3. 67–79.
- STEFANOVITS P., FILEP G., FÜLEKY G. (Szerk.), 1999. *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- TÓTH E., BARCZA Z., BIRKÁS M., GELYBÓ G., ZSEMBELI J., BOTTLIK L., DAVIS K.J., HASZPRA L., KERN A., KLJUN N., KOÓS S., KOVÁCS G., STINGLI A., FARKAS C., (2011): Arable lands. In: HASZPRA, L. (Szerk.): *Atmospheric Greenhouse Gases: The Hungarian Perspective*, Dordrecht: Springer Netherlands, 157–197.
- VÖLGYESI L., 1982. A föld hőjelenségei. In: *Geofizika* [online], Tankönyvkiadó. Budapest. URL: <http://sci.fgt.bme.hu/volgyesi/geofiz/geofiz.htm>.
- Widén B., Lindroth A. 2003. A calibration system for soil carbon dioxide-efflux measurement chambers. *Soil Science Society of America Journal*, 67. 327–334.
- ZSEMBELI, J., TUBA, G., JUHÁSZ, C., NAGY, I., 2005. CO₂-measurements in a soil tillage experiment. *Cereal Research Communications*. 33. 137–140.

Effect of tillage machines and processes on soil CO₂ emission

¹RÁDICS, J.P., ¹JÓRI, J.I., ²FENYVESI, L.

¹*BME, Dep. of Machine and Product Design, radics.janos@gt3.bme.hu*

²*NARIC Institute of Agricultural Engineering*

Summary

Since the industrial revolution of 1850, concentration of carbon dioxide in the atmosphere is constantly rising. Nowadays the initially measured 316 ppm reached the 400 ppm limit. Long term effects of this change cannot be forecasted exactly with our current knowledge, only questionable climate projections can be made. This increase come from the effects of the increased energy production, industrial activity, intensive agriculture and forestry. Tillage has prominent role in the climate change mitigation and reversal. The absolute value of carbon-dioxide emission of the agricultural soils can be estimated well, although further researches are necessary in this field to establish adequate description, through mathematical models of carbon dioxide emission from soil after different cultivation methods and tillage systems.

Two research aims were initially made under this work. First, to measure the initial and altered emission of soils after tillage by different tillage machines. Secondly, to use the measured data to accurately determine the mathematical description of emission process and extend the model approach to a general scale.

Executing research objectives, literature was reviewed to get information about the previously used measurement techniques. A simple, practice-based measurement method was developed and validated by field tests. Medium-term field experiments were made using the developed measurement technique to determine the carbon dioxide emissions of soils after tillage using different tillage machines on several experimental fields.

As the result of this research, generalized emission model and fitting algorithm was developed by defining environmental and biochemical laws of soil carbon dioxide emissions after tillage. Validation of the developed emission model and the amount of emitted carbon dioxide were determined by assigning values to model coefficients, based on regression analysis of the measured data.

Keywords: soil respiration, CO₂ flux, tillage, emission model, regression analysis

Table 1. Conditions of mid-term measurements. (1) Measurement No.; (2) Tillage type/date; (3) Area; (4) Weather and soil conditions; (5) Tillage machine; (6) Tillage depth [cm]

Table 2. Fit of the emission model to the measured data and the amount of CO₂ emitted during the measurement. (1) Determination coefficient; (2) Emitted CO₂ obtained from measured data; (3) Emitted CO₂ obtained from model data; (4) Difference of emitted CO₂ to the reference plot; (a) 1. study; (b) Untilled (reference); (c) Moldbord plowing; (d) Disking; (e) 2. study; (f) Untilled (reference); (g) Moldbord plowing; (h) Field cultivating

Table 3. Co-efficients of the emission model. (a) 1. study; (b) Moldbord plowing; (c) Disking; (d) 2. study; (e) Moldboard plowing; (f) Field cultivating

Table 4. Fitting characteristics of trigonometrical part of emission model with different integrated temperature-soil respiration relations to measured data of untitled plot and quantity of emitted CO₂. (1) Untilled plot (1. study); (2) Untilled plot (2. study); (a)

Determination co-efficient; (b) Emitted CO₂ quantity obtained from interpolated measurement data; (c) Emitted CO₂ quantity obtained from model data using linear model; (d) Emitted CO₂ quantity obtained from model data using O'Connell model; (e) Difference of emitted CO₂ quantity of the O'Connell and the linear model.

- Figure 1.* Truncated cone and prismatic shaped incubation chambers on the measure area
- Figure 2.* Graphical representation of eq. (4). Horizontal axis: Time after tillage. Vertical axis: CO₂ emission
- Figure 3.* Graphical representation of eq. (5). Horizontal axis: Time after tillage. Vertical axis: CO₂ emission
- Figure 4.* Polynomial representation of measured CO₂ emission and temperature data. a.) 1. study (plowing, disking, reference, soil temperature, air temperature), b.) 2. study (reference, plowing, cultivating, air temperature, soil temperature). Horizontal axis: Time after tillage [min]. Vertical axis: CO₂ emission [g/m²/h]
- Figure 5.* Emission model fitted to measured data of the plowed plot of the 1. study. (measured data, interpolated measured data, model calculation, exponential envelope curve). Horizontal axis: Time after tillage [min]. Vertical axis: CO₂ emission [g/m²/h]
- Figure 6.* Emission model fitted to measured data of the disked plot of the 1. study. (measured data, interpolated measured data, model calculation, exponential envelope curve). Horizontal axis: Time after tillage [min]. Vertical axis: CO₂ emission [g/m²/h]
- Figure 7.* Emission model fitted to measured data of the plowed plot of the 2. study. (measured data, interpolated measured data, model calculation, exponential envelope curve). Horizontal axis: Time after tillage [min]. Vertical axis: CO₂ emission [g/m²/h]
- Figure 8.* Emission model fitted to measured data of the cultivated plot of the 2. study. (measured data, interpolated measured data, model calculation, exponential envelope curve). Horizontal axis: Time after tillage [min]. Vertical axis: CO₂ emission [g/m²/h]
- Figure 9.* Character representation of linear and O'Connell emission models and the quantity difference of emitted CO₂. a) Using co-efficients of Fang and Moncrieff (2001), b) Using co-efficients obtained from regression analysis. Horizontal axis: Time after tillage. Vertical axis: CO₂ emission
- Figure 10.* Fitting of trigonometrical part of emission model with integrated O'Connell relation to measured data of untilled plot. (1. study). Horizontal axis: Time after tillage [min]. Vertical axis: CO₂ emission [g/m²/h]
- Figure 11.* Fitting of trigonometrical part of emission model with integrated O'Connell relation to measured data of untilled plot. (2. study). Horizontal axis: Time after tillage [min]. Vertical axis: CO₂ emission [g/m²/h]

A forgatás nélküli mulcsos talajművelés mint a tarlómaradványok mikrobiális lebontásának leghatékonyabb technológiája

¹SZABÓ ISTVÁN, ²BALÁZSY SÁNDOR, ³VÉGSŐ ZSANETT, ⁴JENS MICHELS, ²VAJDA PÉTER

¹Agrova Kft, szabo.istvan@phylazonit.hu ; ²Phylazonit Kft.; ³Szuro-trade Kft;
⁴Köckerling Magyarországi Képviselete

Bevezetés

A növekvő népesség élelmiszerral való ellátása igen nagy felelősséget ró a mezőgazdasági termeléssel foglalkozó gazdálkodókra és szervezetekre. Mindez azt jelenti, hogy a meglévő területeken egyre intenzívebb termelés folyik, amelynek során a növények tápanyag-ellátását egyre nagyobb adagú műtrágyázással próbálják megoldani. Mindezt úgy, hogy talajaink állapota közben rohamosan romlik, a talajélet korábban fennálló egyensúlya felborult, a megfelelő tápanyag szolgáltató képességhez szükséges ideális mikrobaszám drasztikusan lecsökkent.

Ezeknek a káros folyamatoknak a megállítása, a talajok termőképességének fenntartása, illetve a talajerő növelése, azaz a talaj mikrobiális teljesítő képességének fokozása talajoltással és az ezt kiszolgáló technológiával, megoldható. Ezt a célt tűzte maga elé az Agrova Kft. és a Köckerling Magyarország Kft., amikor közös program keretében nyújtanak segítséget azoknak a termelőknek, akik szeretnék saját gazdaságukban is megvalósítani a talajközpontú gazdálkodásnak ezt a formáját.

A gazdasági növényeink közül legnagyobb területen a gabonaféléket, a szemes-, siló- és hibridkukoricát, valamint az olajos növényeink közül a napraforgót és az őszi káposztarepcét termesztjük. Ezek termesztése az AKI adatai szerint (AKI, 2014a, 2014b) 2014-ben több, mint 3,7 millió hektáron folyt. A szántóföldi termőterületünk tehát közel 90%-án ezeknek a növényeknek a tarlója került beforgatásra, bekeverésre a talajba. A rendelkezésre álló adatok alapján a nyári-őszi időszakban betakarított növények után ez több, mint 30 millió tonna biomasszát jelent, ami hektáronként kb. 8-9 tonna mennyiség. Ez a szerves anyag tömeg igen jelentős tápelem-tartalommal rendelkezik (1. táblázat).

A tápelemek feltárása és visszapótlása miatt fontos, hogy ez a nagy tömegű tarló milyen gyorsan és milyen mértékben bomlik el, illetve táródik fel.

A talajok mikroflórája alapvetően meghatározza a talajban található lignocellulózok lebontását. Általában a talaj kevert mikroflórája mindig hatékonyabb a cellulózok és származékainak bontásában, mint a homogén flóra (WOLFAARDT et. al., 1994, KATO et. al., 2004). Amennyiben a cellulózt bontó mikroflóra a cellulózt közvetlenül bontó mikroorganizmusok mellett nem cellulózbontókkal társul, a cellulóz-degradáció sokkal intenzívebb (POHLSCHROEDER et. al., 1994, VEAL et. al. 1984).

A mulcsos talajművelés széles körben ismert technológia, amely a talajbaktériumokkal végzett tarlóbontás optimális működési feltételeit teremti meg a szántóföldön. A növényi maradványok eredményes bontásához szükséges feltételek:

- a hőmérséklet,
- a nedvesség,
- a levegő,
- a táplálék
- és a pH (BALÁZSY et. al., 2012., BALÁZSY, 2014).

1. táblázat. Főbb szántóföldi növényeink termés-melléktermék aránya és a melléktermék tápelem-tartalma (TÓTH & KISMÁNYOKI, 2012)

Kultúra	Szemtermés t/ha (2013-2014)	Gyökértermés t/ha	Melléktermék t/ha		Melléktermék+gyökér tápanyagtartalom kg/ha					
			min	max	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
					min	max	min	max	min	max
Kukorica	7,822	3,0	7,8	9,4	97	111	38	41	116	136
Búza	4,598	1,4	5,5	6,9	42	49	28	30	60	72
Őszi árpa	4,509	1,4	8,1	10,4	62	74	33	37	94	117
Tavaszi árpa	3,757	1,4	6,0	6,8	50	54	29	31	73	81
Rozs	3,050	1,4	6,1	7,6	47	54	31	34	74	89
Zab	2,649	1,4	4,5	5,3	42	46	26	27	85	98
Napraforgó	2,655	4,7	5,8	8,0	75	85	59	65	59	69
Repce	3,052	1,8	4,9	7,6	52	63	29	35	52	71

A talaj ideális nedvességét, a megfelelő hőmérsékletét és a levegő ellátottságát szakszerű agrotechnika alkalmazásával (pl. forgatás nélküli tarlóműveléssel) biztosíthatjuk.

A maradványok lebontását végző mikroorganizmusok számára maga a tarló jelenti a táplálékot. A talaj pH-ja 5,5 és 8,0 között a talajba juttatott mikroorganizmusokat megfelelő hatékonyságuk kifejtésében nem gátolja.

A megfelelő módon, kellő mikrobiális aktivitás mellett elvégzett tarlóbontás mind rövid-, mind hosszútávon jótékony hatással van a környezetre, a talajra és a termelésre:

- A tarlóbontás során feltárt, illetve a talajoltás segítségével megkötött és mobilizált tápanyagok mennyiségével csökkenthető az ipari úton előállított műtrágya mennyisége.
- A javuló talajélet hatására növekszik a talaj szerves anyag mennyisége, és csökken a káros CO₂ kibocsátás.
- A növényi maradványok bontásával csökken az azokon áttelelő kórokozók élettere, ezáltal a következő évi fertőzés erőssége, aminek így közvetett hatása van a felhasznált növényvédő szerek mennyiségére.
- A talajszerkezet pozitív irányba történő változásával javul a talaj vízgazdálkodása, csökken az aszály és a belvíz káros hatása, illetve a kisebb vonóerő-szükséglet miatt az üzemanyag felhasználás.

Anyag és módszer

Köckerling mulcs-grubberek TopMix késsel

A TRIO grubber három gerendelyes, 30 cm-es késosztással, amelyet három pontban, ill. félig függesztve lehet használni.

A QUADRO egy 4 gerendelyes grubber 27 cm-es késosztással.

A tarlóbontó hatékonyság mérésére könnyen kivitelezhető ún. túllzacskós módszert alkalmaztunk (Balázs és Végső, 2014). 20x20 cm-es túllzacskóba 11 gramm, 3-5 centiméteres darabokra felaprított, a zacskók egyik felébe búza, a

másik felébe kukorica növényből származó, légszáraz növényi szarát helyeztünk. Ezt követően kezelésként 3-3 zacskót levarrva, 20 cm-es mélységbe leástunk egy-egy művelés alatt álló területen. A beállítást nyolc helyszínen végeztük el, helyszínenként 2 ismétlésben. A túllzacskók tartalmát a talajréteg visszahelyezését megelőzően 15 ml, ötszörösere hígított Phylazonit CB baktérium-készítménnyel belocsoltuk. Hat hónap elteltével kiemeltük a zacskókat. A kiemelés során sérült zacskók tartalmát nem értékeltük ki, így végül hét helyszín eredményeit dolgoztuk fel:

- Tizsasüly, Demecser, Cece1, Tizsakécske2 – kukorica
- Cegléd, Cece2, Tizsakécskel – búza

A kiásott zacskókat többszörös áztatással kimostuk, majd 80 C°-on súlyállandóságig szárítottuk. Szárítás után 1 napig szobahőmérsékleten tároltuk, és visszamértük. A megállapított súlyvesztés a mikrobiális cellulózbontás mértékével arányos.

Eredmények

A leghatékonyabb tarlóbontást akkor kaptunk, amikor a növényi maradványokat a talaj mikrobiológiailag legaktívabb, a talajfelszín közeli, felső 15-25 cm-es rétegébe egyenletesen kevertük be. Javította a hatékonyságot, hogy a szalmát és a szarát felaprítottuk (ami megfelel annak, hogy betakarításkor használjuk a kombájn erre a célra szolgáló adapterét, vagy szárzúzást alkalmazunk) a bedolgozás előtt.

A Köckerling mulcsgrubberek alkalmazása során megállapítottuk, hogy a sekély tarlöhántást követő második, 25 cm mélységig terjedő művelés a talaj alapos átművelését eredményezi. Ilyenkor a 80 mm széles késcsúcs a kormánylemezzel együtt dolgozik, amivel így a szalma optimális módon keverhető a talajba.

Mélyebb lazítás (kb. 30-35 cm-ig) esetén egy 40 mm széles vésőkést használunk, amelyik a 80 mm széles késcsúcs és a kormánylemez helyére kerül.

A tarló megmunkálásának minősége, a szalmabedolgozás és -elosztás a kések mennyiségétől és azok elrendezésétől függ. Alapvetően igaz, hogy minél több a kés, annál jobb a munka minősége – természetesen kellő áteresztőképességet biztosító késtávolsággal.

A Phylazonit CB tarlóbontó készítmény hatékonyságát akkor fejt ki optimális mértékben, ha a tarlóművelő eszközre (Köckerling mulcs-grubber) szerelt speciális kijuttató szerkezettel közvetlen a szármaradványokra permetezzük, majd azonnal a talajba keverjük. A fenti kritériumoknak megfelelő technológiai háttérrel a GYURICZA (2014) által készített technológiai értékelés és a vállalat szaktanácsadóinak javaslata alapján kiválasztott Köckerling mulcs-grubberek biztosították, amelyek a cég legújabb TopMix késrendszerével vannak felszerelve.

2014 tavaszán 8 kísérleti helyről gyűjtöttük be az előző ősszel leásott túllzacskókat. Hét kísérleti helyről kaptunk értékelhető mintákat. A vizsgálat eredményeit a 2. táblázat és az 1. ábra mutatja.

Az eredményekből megállapítottuk, hogy a speciális összetételű tarlóbontó készítménnyel való kezelés növeli a növényi maradványok bontásának mértékét.

2. táblázat. A tarlóbontás hatékonyságának mérése tüllzacskós módszerrel 2013-2014.
(Agrova saját vizsgálata)

Helyszín	Tarlómaradvány tömeg (gr)		Tarlóbontó hatékonyság (%)	
	Kezeletlen kontrol	Phylazonit Tarlóbontó	Kezeletlen kontrol	Phylazonit Tarlóbontó
Tizzasüly	7,70	6,60	30,00%	40,00%
Cegléd	10,75	7,83	2,27%	28,82%
Tizsakécske1	8,97	6,09	18,45%	44,64%
Tizsakécske2	5,97	4,50	45,73%	59,09%
Cece1	6,85	6,60	37,73%	40,00%
Cece2	10,15	7,65	7,73%	30,45%
Demecser	-	7,40	-	32,73%
ÁTLAG	8,40	6,67	23,65%	39,39%



1. ábra. A tarlóbontó készítménnyel kezelt (jobbra) tüllzacskóban jelentősen csökkent a növényi maradványok tömege a kezeletlen (balra) tüllzacskóval szemben

Következtetések, javaslatok

Az eredmények elemzése során a következőket állapítottuk meg:

- A speciális tarlóbontó készítménnyel kezelt növényi maradványokon a kísérleti helyek mindegyikén nagyobb mértékű súlycsökkenés mérhető (lásd 1. kép).
- A kukoricát tartalmazó tüllzacskóknál nagyobb mértékű volt a súlycsökkenés, ami a növény mikrobiális bontás szempontjából kedvezőbb C:N arányának is tulajdonítható.
- A súlycsökkenés – egyéb termőhelyi paraméterek figyelembe vételével – arányosítható az adott talaj mikrobiális, azon belül cellulózbontó aktivitásával.

- A súlycsökkenés mértéke helyszínenként eltérő volt, tehát a termőhely adottságai (pl. a talaj minősége és állapota, valamint az időjárás) befolyásolják azt. Ezeket részletesebben szeretnénk a jövőben vizsgálni.

A kísérleti eredmények alapján 2014 őszén kísérletet állítottunk be a gödöllői Szent István Egyetem Szárítópusztai Tangazdaságának területén kukorica és napraforgó tarlómaradványokkal. Ebben a vizsgálatban a következő paraméterek befolyásoló hatását is vizsgáljuk:

- Talajmélység (5-20 cm között)
- A talajba forgatás óta eltelt idő (bontás dinamikája, havi adat-felvételezés)
- Talajhőmérséklet (havi adat-felvételezés)
- Talaj-tömörödöttség (havi adat-felvételezés)
- Talajnedvesség (havi adat-felvételezés)

Az eredmények értékeléséhez felhasználjuk TÓTH & KISMÁNYOKI (2012) adatait a növényi melléktermékek tápelem tartalmáról (lásd 1. táblázat), valamint a SZIE RET 2014-es mérési eredményeit. Ez utóbbi vizsgálat 4 kultúra (őszi búza, őszi káposztarepce, kukorica és napraforgó) esetében határozta meg a gyökér és az egyéb melléktermékek nitrogén, foszfor, kálium, kalcium, magnézium és vas tartalmát.

A kapott eredményeket szeretnénk felhasználni a növénytermesztéssel foglalkozó termelőknek adott szaktanácsadás során. Ezzel tudjuk támogatni a munkájukat abban, hogy javuljon talajaik szervesanyag-gazdálkodása. A nagy mennyiségű növényi maradvány talajba forgatásával és annak irányított humifikálásával nagy mértékben járulhatnak hozzá a szén-dioxid megkötéshez is.

Összefoglalás

Napjaink gazdálkodását jellemzi, hogy talajaink állapota leromlott, a talajélet korábban fennálló egyensúlya felborult, a megfelelő tápanyag szolgáltató képességhez szükséges ideális mikrobaszám drasztikusan lecsökkent.

Ezeknek a káros folyamatoknak a megállítása, a talajok termőképességének fenntartása, illetve a talajerő növelése, azaz a talaj mikrobiális teljesítő képességének fokozása talajoltással, és az ezt kiszolgáló technológiával megoldható.

A tarlóbontás hatékonyságához elengedhetetlen feltétel, hogy a növényi maradványokat a talaj mikrobiológiailag legaktívabb, a talaj felszín közeli, felső 15–25 cm-es rétegébe egyenletesen keverjük be. Javítja a hatékonyságot, ha a szalmát és a szárat felaprítjuk (azaz a betakarításkor használjuk a kombájn erre a célra szolgáló adapterét, vagy szárzúzást alkalmazunk) a bedolgozás előtt.

Vizsgálatainkban megállapítottuk, hogy a szakszerűen és megfelelő technikai feltételek mellett elvégzett tarlóbontó kezelés növeli a növényi maradványok mikrobiológiai bontásának mértékét a talajokban meglévő, bennszülött populációval szemben. A méréseket újabb, a tarlóbontás hatékonyságát befolyásoló paraméter vizsgálatának bevonásával 2014–15-ben is folytatjuk.

A kapott eredményeket szeretnénk felhasználni a növénytermesztéssel foglalkozó termelőknek adott szaktanácsadás során. Ezzel tudjuk támogatni a munkájukat abban, hogy javuljon a talajaik szervesanyag-gazdálkodása. A nagy mennyiségű növényi maradvány talajba forgatásával és annak irányított humifikálásával nagy mértékben járulhatnak hozzá a szén-dioxid megkötéshez is.

Kulcsszavak: mikrobiális tarlóbontás, szervesanyag-gazdálkodás, növényi maradványok, mulcs, cellulózbontás

Irodalom

- AKI 2014a, Statisztikai Jelentések. Tájékoztató jelentés a nyári mezőgazdasági munkákról. 19. 8–10.
- AKI 2014b, Statisztikai Jelentések. Tájékoztató jelentés az őszi mezőgazdasági munkákról. 19. 10–12.
- BALÁZSY S. 2014. Szakmai anyag szaktanácsadók részére. Agrova Kft. Nyíregyháza.
- BALÁZSY S. BARTÓK T. BENEDEK SZ. BIRÓ B. KERESZTES T. MÁTÉ S. SZÉCSI S. ZÁSZLÓS T. 2012. A beforgatott jövő. Phylazonit Kft. Nyíregyháza.
- BALÁZSY S. VÉGSŐ ZS. 2014. Cellulóz-bontás 2014. évi adatai (kísérleti jelentés). Nyíregyháza.
- GYURICZA Cs. 2014. Általános gondolatok a tarlóhántásról (szakvélemény). Gödöllő.
- POHLSCHROEDER, M., LESCHINE, S.B., CANALE-PAROLA, E., 1994. *Spirochaeta caldaria* sp. nov., a thermophilic bacterium that enhances cellulose degradation by *Clostridium thermocellum*. Arch. Microbiol. 161. 17–24.
- SOUICHIRO, K., SHIN, H., ZONG, J.C., MASAHARU, I., YASUO, I., 2004. Effective cellulose degradation by a mixed-culture system composed of a cellulolytic *Clostridium* and aerobic non-cellulolytic bacteria FEMS. Microbiology Ecology. 51. 133–142.
- HELYES L, 2014. Tarlómaradvány és gyökér tápelem-tartalom vizsgálat. SZIE Regionális Egyetemi Tudásközpont kísérleti jelentés. Gödöllő.
- TÓTH Z., KISMÁNYOKI T., 2013. A szalma betakarítása, hasznosítása. In: KISMÁNYOKI T. (Szerk.) Versenyképes búzatermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest. pp. 226–232.
- VEAL, D.A., LYNCH, J.M., 1984. Associative cellulolysis and dinitrogen fixation by cocultures of *Trichoderma harzianum* and *Clostridium butylicum*. Nature. 310. 695–696.
- WOLFAARDT, G.M., LAWRENCE, J.R., ROBERTS, R.D., CALDWELL, D.E. 1994. The role of interactions, sessile growth and nutrient amendments on the degradative efficiency of a microbial consortium. Can.J. Microbiol. 40. 331–340.

The most efficient way to support microbiological degradation of crop residues is using mulch technology on stubble

¹SZABÓ, I., ²BALÁZSY, S., ³VÉGSŐ, Z., ⁴MICHELS, J., ²VAJDA, P.

¹Agrova Kft, szabo.istvan@phylazonit.hu ; ²Phylazonit Kft.; ³Szuro-trade Kft;
⁴Köckerling AG Hungary

The organic matter management is an important topic in agriculture today. Since livestock management lost its position in Hungary, crop residues on stubble are almost the only way to increase organic matter in soils. To speed-up degradation of plant residues we use microbiological preparates, cellulose decomposing bacteria. Those microbes need good soil conditions for efficient activity:

- pH between 5,5–8
- moisture
- temperature between 15–35°C
- oxygen
- food

Agrova Ltd. and Köckerling Ltd committed to develop a common technology to support activity of degrading microbes. Using mulch-grubbers equipped with bacteria applicator on stubble we get the best efficacy after mixing the residues into the upper 15–20 cm of soil.

Trials carried out in 2013–2014 demonstrated high efficacy of the market leader bacterial preparate on crop residues with modified Unger test. We observed the better degradation of treated residues in comparison with the untreated ones. Based on our results we recommend to use bacterial product for increasing the microbiological degradation of crop residues, because the decomposition can reach a 67% higher level than the decomposing results of domestic microbes.

We set up new trials to get more data about impact factors of biological degradation in the soil in 2014–2015.

Key words: bacterial fertilizer, biological degradation, crop residue, organic matter management, PGPR

Figure 1. Better degradation of crop residues observed in case of decomposing treatment (right side) in comparison with the untreated (left side)

Table 1. Yield and crop residue ratio and nutrient content of the crop residues in the main crops (TÓTH & KISMÁNYOKI, 2012)

Table 2. Efficiency of the cellulose decomposition measured by tulle-bag method 2013–2014. (Agrova inside trials)

A PRP-SOL talajkondicionáló szer hatása a talaj hidraulikus tulajdonságaira hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben

SZÜCS LILLA, TUBA GÉZA, CZIMBALMOS RÓBERT, ZSEMBELI JÓZSEF

Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézet,
szucszilla@agr.unideb.hu

Bevezetés

A jó minőségű termőtalaj hazánk egyik legfontosabb természeti kincse, ezért fontos sokoldalú funkcióképességének fenntartása, állapotának megőrzése, szükség esetén javítása (VÁRALLYAY, 1996). A legnehezebben kivédhető a talaj fizikai degradációja, ezen belül a talaj szerkezetének leromlása, tömörödése (STEFANOVITS, 1975). A *tömörödés* azon folyamatokra értendő, amelyek során a talaj háromfázisú rendszeréből mechanikai stressz hatására a levegő kiszorul, és a talaj térfogata csökken (HAKANSSON & VOORHEES, 1997). Ennek hatására csökken a talaj biológiai aktivitása és termőképessége, valamint a víz-, levegő-, és hőforgalmában káros zavarok lépnek fel. A szakirodalom szerint károsan tömörödöttnek minősül a talaj, ha a termőrétegben a térfogattömeg érték meghaladja az $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ -t, illetve ha a – szabadföldi vízkapacitáshoz közeli nedvességtartalom esetén – a talajellenállás a 3 MPa-t. (OUWERKERK & SOANE, 1994; BIRKÁS, 1995).

Ezen kedvezőtlen hatások mérsékelhetők talajjavítással, ami a talaj termékenységének fokozása érdekében végzett fizikai, kémiai vagy vízgazdálkodási beavatkozás, mellyel megváltoztatjuk a káros talajtulajdonságokat, illetve a talaj kedvezőtlen állapotát (SIPOS, 1964). Másik megoldást jelenthet a káros hatások csökkentése érdekében a *talajkondicionálás*, amely a mezőgazdaságilag hasznosított talajok fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságainak a javítását jelenti. Az ilyen talajjavítás kivitelezhető talajműveléssel, vagy különböző anyagok, élő és élettelen bioeffektor készítmények adagolásával is. A talajkondicionáló szerekekkel szemben támasztott alapvető követelmény a talaj állapotának változásán keresztül elérhető nagyobb termésbiztonság és termésmennyiség.

A *talajművelés* célja nem lehet más, mint a talajvédelem és a természeti folyamatok közötti kedvező kölcsönhatás kialakítása és fenntartása (BIRKÁS, 2002). Ha a növények igényének megfelelő talajállapot a termőhely körülményeihez szabott lehető legkevesebb eljárással és menettel teljesül, takarékos művelés valósul meg. Talaj- és környezetvédelmi szempontból elvárható, hogy a művelés csökkentése a hibák és károk megelőzését, mérséklését eredményezze.

Műveléssel a talaj pórusainak mennyiségét, a pórusok méret szerinti megoszlását változtatjuk, ezáltal befolyásoljuk a talaj vízgazdálkodását is. A művelési eljárás megválasztásánál figyelembe kell venni a kiválasztott művelési rendszer nedvességforgalmat szabályozó szerepét. A művelés a makropórus tartományban fejt ki hatását a talajra. A lazító művelések a vízvezetést szolgáló gravitációs mérettartományba eső pórusok térfogatát növelik, ezzel ellentétes hatásúak a tömörítő műveletek. A kapilláris mérettartományba eső pórusok térfogata művelés hatására nem vagy csak kismértékben változik, tehát a növények által potenciálisan felvehető vízkészlet mennyiségét ez nem befolyásolja (NYIRI 1993).

A talaj vízáteresztő képessége (k-tényező) időben változó jellegéről és annak okairól értekezett SZEKRÉNYI (1961). Megállapította, hogy a k-tényező nem állandó, hanem időben dinamikus, azaz a „hatóidő” függvényében csökken. A k-tényező csökkenését a pórusviszonyok változásával magyarázta. A pórusviszonyok változását – a talaj és a víz kölcsönhatásaként – a talaj duzzadására, mechanikai átrendeződésére, az aggregátumok és a vázrészek összeilleszkedésének változására és a talajrézecskek diszpergálódására vezette vissza.

SHANI et al. (1987) a megfelelő szántóföldi körülmények értékeléshez ezért sok mérésre van szükség a térbeli változékonyság miatt is. A szántóföldi körülmények között, egy olyan mérési módszer alkalmazása a célszerű, amelyet viszonylag egyszerűen lehet alkalmazni.

BEN-HUR et al. (1987) szerint az infiltráció az egyik legfontosabb folyamat, ami a nagy területek vízmozgásának ellenőrzésére irányul. A bolygatott területeken mért talajok hidrológiai tulajdonságai kisebb értékűek, a méréseket ezért eredeti állapotú talajokon is el kell elvégezni. Az infiltráció nagy területi változékonysága és a szántóföldi talajok hidraulikus tulajdonságainak a változékonysága széles körben elismertek (RUSSO & BRESLER, 1981). WARWICK et al. (1980) szerint a hidraulikus tulajdonságok változatossága a szántóföldi területeken igen nagy, ami a mérések gyakoriságát, még a majdnem homogén szántóföldi talajokon is szükségessé teszi (RUSSO & BRESLER, 1981; VIEIRA et al., 1981).

A növénytermesztéssel hasznosított területek talajaiban a makropórusok a gyökerek bomlásának, a nedves és száraz, fagyott és olvadt időszakok váltakozásának és a földi giliszták tevékenységének hatására alakulnak ki. A gyökérnövekedés kezdetben az infiltrációs hányados csökkenéséhez vezethet, azonban a bomlás következtében a gyökerek csatornákat vagy makropórusokat hagynak maguk után, ami az infiltrációs ráta növekedését eredményezi (BARLEY, 1954; SMETTEM & CLOTHIER, 1989).

MEEK et al. (1989) szerint a talajtömörödés legjelentősebb következménye az infiltrációs hányados csökkenése. Ennek eredményeként, a növények számára felvehető víz mennyisége nem elegendő az optimális növekedéshez (GOLDHAMMER & PETERSON, 1984). A víz behatolása két módon történhet: (1) „dugattyúszerű” (szívóerő vezérelt) áramlás a talajmátrixon keresztül, illetve (2) a makropórusokon keresztül történő áramlás, a mátrixvíz kicserélődése nélkül (THOMAS & PHILLIPS, 1979).

A talajfizikai jellemzők közül a nemzetközi gyakorlatban a helyszínen rendszerint a talaj víztartó, vízvezető képességét, tömődöttségét és nedvességtartalmát határozzák meg. A hazai gyakorlatban az adott helyszínen a talaj vízvezető képességét és a nedvességtartalmát mérjük. A vízvezető képesség mérésére a beszívárgásmérő készüléket (Mini Disk Infiltrimeter) alkalmazzuk, amelynek működési elve és Karcag környéki réti talajokra vonatkozó mérési eredményei közleményekben is megtalálhatók (RAJKAI et al., 1993; RAJKAI et al., 1997).

Szántóföldi méréseken túl helyszíni mérések kivitelezhetők liziméterekben is. HILLEL et al. (1969) ezeket olyan talajjal töltött nagyméretű tartályként határozták meg, amelyben a talaj-víz-növény kapcsolatrendszer elemei a természetes talajszelvényhez viszonyítva egyszerűbben szabályozató a szabadföldi körülmények között is. A lizimétereket olyan berendezéseként definiálhatjuk, amelyek talajt tartalmaznak, természetes csapadék vagy öntözés formájában a talajfelszínen a vizet felfogják és a gravitációs víz összegyűjtésére és annak mennyiségének mérésére alkalmas eszközzel rendelkeznek (ABOUKHALED et al., 1982).

Az eddigi kutatások bizonyították, hogy a liziméterek hatékony eszközök a jelenlegi és a jövőben perspektivikusan alkalmazandó talajhasználati módok víz- és anyagforgalmi hatásainak a vizsgálatához (MEISSNER et. al., 2000).

Munkánkat talajvízszint nélküli átfolyó vizes liziméterekben is végeztük. Működési elve szerint a liziméter tartály alján a talajszelvényen átfolyó gravitációs víz mennyisége az elvezetésére és összegyűjtésére alkalmas eszköz segítségével határozható meg. A csapadék és öntözővíz mennyiségének mérése külön történik. Az ajánlott legkisebb felszín mérete 2 m². E típus hátránya, hogy az evapotranszpiráció értéke csak hosszabb időszakokra (hetenként, havonként) számítható. Ilyen típusú lizimétereket alkalmazott SLATYER & MCILROY (1961), illetve KRISTENSEN & ASLYNG (1971), továbbá HARROLD & DREIBLEBIS (1967).

Anyag és módszer

A hagyományos és csökkentett talajművelési rendszerekre, valamint a PRP-SOL talajkondicionáló szer talajfizikai állapotra kifejtett vizsgálatára irányuló kísérletet a Debreceni Egyetem ATK Karcagi Kutatóintézetének (továbbiakban: DE ATK KKI) H-1 jelű tábláján állítottuk be. A táblán 1997 óta beállított komplex talajművelési kísérlet folyik, amelynek 16 ha területén lévő négy parcella közül kettőn (1,63 ha, 1,58 ha) hagyományos (szántásra alapozott), kettőn (5,47 ha, 5,47 ha) pedig csökkentett menetszámú (ún. redukált), forgatás nélküli talajművelési rendszert alkalmazunk.

A terület talajának típusa nehéz mechanikai összetételű (1. táblázat), nagy agyagtartalmú, mély humusz rétegű, mélyben szolonyeces réti csernozjom. Az Arany-féle kötöttségi szám alapján a talaj STEFANOVITS (1981) osztályozási rendszere szerint a vályog, illetve agyagos vályog textúra-kategóriákba sorolható, e paraméter értékei a szelvényben lefelé haladva fokozatos növekedést mutatnak. A laboratóriumi talajvizsgálat eredményeit a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A kísérlet talajának mechanikai összetétele a rendszeresen művelt rétegben

>0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,02 mm	0,02-0,01 mm	0,01-0,005 mm	0,005-0,002 mm	<0,002 mm
0,3	1,7	12,5	13,8	14,6	11,5	45,6

2. táblázat. A kísérlet talajának laboratóriumi vizsgálati eredményei a rendszeresen művelt rétegben

Művelés, kezelés (1)	pH	pH	K _A	Sótart. (2)	CaCO ₃	Humusz (3)	NO ₂ +NO ₃ - N	AL- P ₂ O ₅	AL- K ₂ O
	(H ₂ O)	(KCl)		(m/m) %	(m/m) %	(m/m) %	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
hagyományos művelés (4)	6,62	5,86	50	0,04	< 0,05	3,53	16,5	213,0	452
hagyományos művelés, PRP (5)	6,54	5,81	53	0,06	< 0,05	3,44	26,2	166,3	432
csökkentett művelés (6)	6,45	5,75	51	0,04	< 0,05	3,67	13,9	147,5	409
csökkentett művelés, PRP (7)	6,49	5,83	55	0,04	< 0,05	3,57	14,1	132,6	400

Talajkondicionálás 2010 őszén történt először, amikor PRP-SOL talajkondicionáló szert juttattunk ki a talajfelszínre, 150 kg ha⁻¹ dózisban, majd a művelési rendszernek megfelelően dolgoztuk be – hagyományos művelés esetén forgatással, míg a csökkentett menetszámú művelési rendszerben sekélyen, forgatás nélkül.

A PRP-SOL szemcsemérete alapján egy pellet, amely természetes kötésű kalcium- és magnézium-karbonátokat tartalmaz. A kijuttatott szemcsék a talajoldatban oldódnak és oszlanak szét. A karbonátokon kívül kis mennyiségben tápanyagokat és mikroelemeket is tartalmaz. A mikroelemek esszenciális elemként szolgálnak a talajélet résztvevői számára, ezzel fokozva tevékenységüket. A talajkondicionáló szer megváltoztatja a talajban élő mikroorganizmusok populációösszetételét, és katalizálja a biológiai- és enzimaktivitást, valamint laboratóriumi körülmények között megduplázza a növényi biomasza mennyiségét. A PRP-SOL főbb jellemzői és összetétele a 3. és 4. táblázatban láthatók.

3. táblázat. A PRP-SOL főbb jellemzői

CaO (%)	Ca (g kg ⁻¹)	MgO (%)	Mg (g kg ⁻¹)	pH	Semlegesítési érték (1)	Nedvességtartalom (2) (%)	Térfogat-tömeg (3) (g cm ⁻³)
35	407,4	8	43,6	7,7	46	0,8	1,2

4. táblázat. A talajkondicionáló szer összetétele

Száranyag (%) (1)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	Szemcseméret (2) (mm)
96,3	0,2	0,08	0,68	407,4	43,6	<0,315

A PRP-SOL alkalmazását szántóföldi körülmények között, két művelési rendszerben követtük nyomon. A talajkondicionáló szer által előidézett biológiai aktivitás növekedése várhatóan hatást gyakorol a talaj szerkezetére, művelhetőségére, tömörödésére és nedvesség-forgalmára. Azonban a jelenlegi munkánkban csak a talaj fizikai állapotára gyakorolt hatását mutatjuk be.

Szántóföldi vizsgálataink a talaj nedvességtartalmának és penetrációs ellenállásának mérésére, míg a liziméteres körülmények között a talaj vízvezetőképességét határoztuk meg. A penetrációs ellenállási és talajnedvesség méréseket két időpontban (növényállományban júniusban, és betakarítás után októberben), mindkét művelési rendszerben elvégeztük. Az egyes művelési rendszerek területén 2–2, egyenként 100m²-es mintateret jelöltünk ki, melyek EOY koordinátáit „MobileMapper CE” kézi adatgyűjtővel rögzítettük a későbbi nyomonkövethetőség érdekében.

A talaj tömörödésének meghatározásához „3T SYSTEM” penetrométert alkalmaztunk. A műszer 1 cm-enként méri a talaj penetrációs ellenállását. A vizsgálatot háromszoros ismétlésben végeztük el mintaterenként. A mérés 40 cm mélységig történt, mivel feltételeztük, hogy a talajfelszínre juttatott kondicionáló szer hatása mélyebben nem érvényesül. A penetrométeres méréssel párhuzamosan, az adott területről 10 cm-enként bolygatott talajmintákat vettünk a talaj nedvességének a meghatározásához. Az aktuális nedvességtartalmat gravimetriásan határoztuk meg.

A szántóföldi kísérletekkel párhuzamosan infiltrációs vizsgálatokat is végeztünk, a DE ATK KKI liziméter állomásának átfolyó vizes lizimétereiben. 4–4 db PRP-SOL talajkondicionáló szerrel kezelt és nem kezelt talajú liziméterben

mértük a talaj vízvezető képességét, a kapott adatokat átlagoltuk. A méréseket Mini Disk Infiltrometerrel végeztük. Az eszköz használata egyszerű, ami gyakori szabadföldi méréseket tett lehetővé.

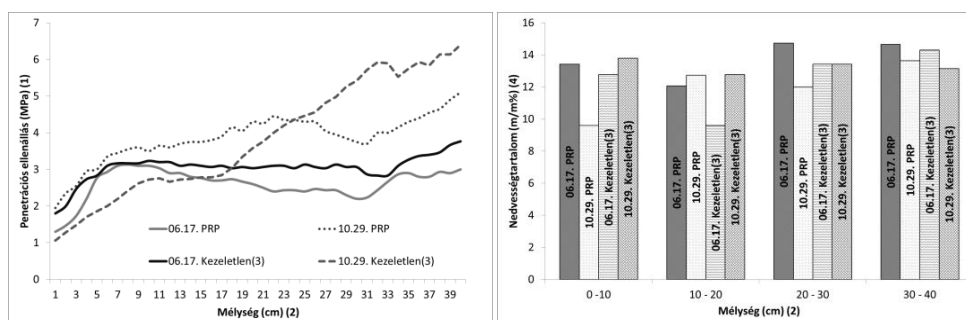
A víz az adott talajra, illetve talajállapotra jellemző intenzitással szivárog a talajba, a talaj hidraulikus tulajdonságai szerint, az előzetesen a talajtípusnak megfelelően beállított szívóerővel szemben. A mérés során az egy perces gyakorisághoz tartozó vízfogyás mennyiségét jegyezzük fel. A beszivárgást mérő módszerrel a talaj vízvezető képességéről a helyszínen ismételt információ nyerhető. A helyszíni mérésekkel a terepi változatosságot, a beszivárgási értékek vegetációs időszakban bekövetkező változásait és a talajművelés vízvezető képességre gyakorolt hatásait is jellemezhetjük.

Az adatfeldolgozás Microsoft Excel programmal, a statisztikai elemzés pedig a RStudio (R CORE TEAM, 2013) programmal történt.

Vizsgálati eredmények és következtetések

Hagyományos művelési rendszerben kisebb különbséget tapasztaltunk a penetrációs értékek között a vegetációs időszak folyamán. A PRP-SOL-lal kezelt területen a tömörödés a tenyészidőszak folyamán általánosan bekövetkező tömörödés mértékének felel meg (1. ábra).

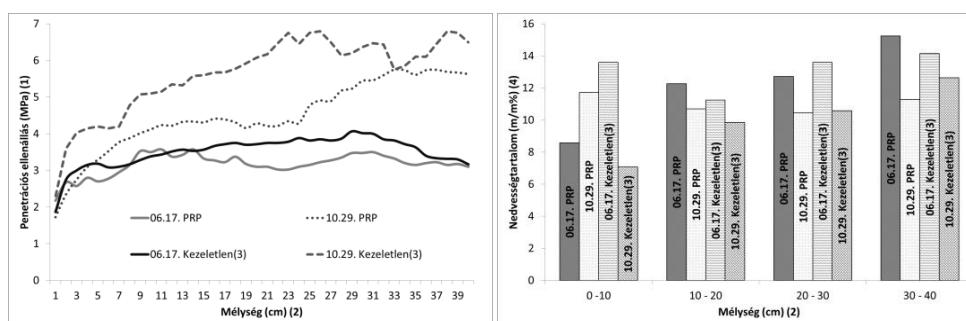
A nyári időszakban a talajkondicionálóval kezelt és kezeletlen terület penetrációs ellenállása közel azonos értéket mutatott. Az őszi méréseket vizsgálva a kezelt területen kisebb volt a tömörödés mértéke a tenyészidőszak alatt a vizsgált teljes mélységben. A kezeletlen terület felső 18 cm-es rétegében mért alacsonyabb penetrációs ellenállási értékek feltételezhetően a magasabb aktuális nedvességtartalommal magyarázhatók (1. ábra). A mélyebb rétegekben (25–40 cm) a kezeletlen területen a tömődöttség fokozódott, 40 cm mélyen elérte a 7 MPa-os, rendkívül magas értéket, ami már a talaj káros tömődöttségét jelenti. Az ilyen mérvű tömörödést mélylazítással tudjuk megszüntetni, amit a vizsgálatok után elvégeztünk 70 cm-es mélységben.



1. ábra. A PRP-SOL-lal kezelt és kezeletlen talaj penetrációs ellenállása és aktuális nedvességtartalma hagyományos művelési rendszerben

Csökkentett menetszámú művelési rendszerben a penetrációs mérések eredményei (2. ábra) azt mutatják, hogy a tenyészidőszak folyamán a PRP-SOL kezelés hatására kevésbé tömörödött a talaj, mint a kezeletlen területen. Júniusban, a kezelt és kezeletlen területen is közel azonos penetrációs ellenállási értékeket mértünk. Az októberi mérések a talajkondicionáló szer alkalmazása mellett a felső 25 cm-es rétegben átlagosan 4 MPa értéket mutattak, a kezeletlen területen pedig már 10 cm mélyen 5 MPa fölötti értékeket kaptunk.

A nedvességtartalmakat tekintve (1. és 2. ábra), a talajkondicionálóval kezelt parcella talajának felső 10 cm-es rétegében a vegetációs időszakban nem mutatkozik meg a csökkentett menetszámú művelés konvencionális műveléssel szembeni nedvességmegőrző tulajdonsága. Ugyanezen a csökkentett művelésű parcellán ősze azonban kiegyenlítődött a nedvességtartalom a vizsgált teljes 40 cm-es mélységben. Hagyományos művelés esetén az októberi mérés során volt alacsonyabb a PRP-SOL-lal kezelt parcella felső 10 cm-es rétegének nedvességtartalma, a mélyebb rétegekben szintén közel azonos értékeket mértünk a kezelt és kezeletlen parcellán egyaránt.



2. ábra. A PRP-SOL-lal kezelt és kezeletlen talaj penetrációs ellenállása és aktuális nedvességtartalma csökkentett művelési rendszerben

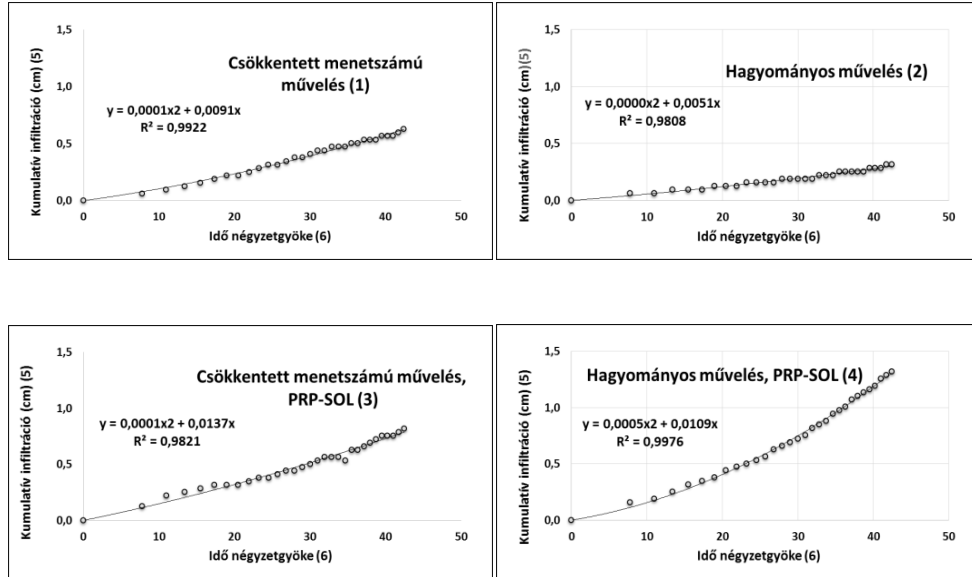
A penetrométeres mérések és nedvesség-tartalmi vizsgálat eredményeinek statisztikai igazolására párosított t-próbát alkalmaztuk 5%-os szignifikancia szint mellett (5. táblázat). A statisztikai elemzés kimutatta a redukált művelési rendszerben a PRP-SOL talajkondicionáló szer szignifikáns hatását. Hagyományos művelésnél a szer hatását csak a nyári mérés során tudtuk igazolni. A kezelt és kezeletlen talajok nedvesség-tartalmában (5. táblázat) statisztikailag igazolható különbséget nem találtunk.

5. táblázat. Párosított t-próba eredményei

	Redukált művelés (1)		Hagyományos művelés (2)	
	június 17. (3)	október 29. (4)	június 17. (3)	október 29. (4)
p-érték (penetráció ellenállás) (5)	9,109e-09	6,561e-16	2,195e-14	0,8189
p-érték (nedvesség-tartalom) (6)	0,5708	0,4509	0,2276	0,3699

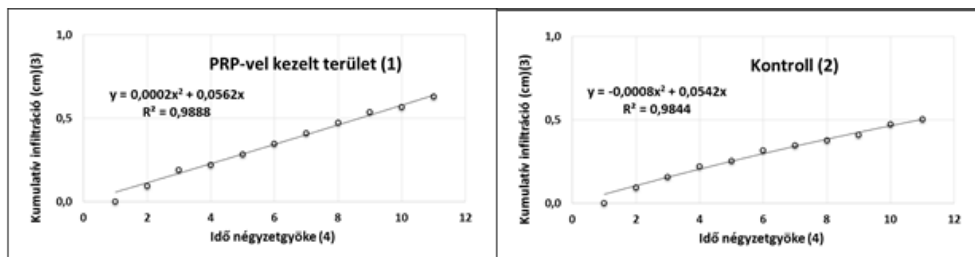
A talajművelés és a talajjavítás nagymértékben befolyásolja a vízvezető-, és a vízáteresztő képességet, ezért szántóföldi infiltrációs méréseinket mindkét, korábban bemutatott művelési rendszerben elvégeztük. Megállapítható, hogy a talaj vízbefogadó- és vízáteresztő-képessége jóval magasabb értéket mutatott a csökkentett talajművelésű parcellában a hagyományos műveléshez viszonyítva (3. ábra). A két parcella vízáteresztő-képességét számszerűen is meghatároztuk, a redukált művelésű talaj vízáteresztő-képességére $1,563E-5 \text{ cm s}^{-1}$, a hagyományos művelésű területre $5,457E-6 \text{ cm s}^{-1}$ értéket kaptunk. A talaj vízáteresztése a PRP-SOL talajjavító szer használatának következtében a redukált és a hagyományos művelésű területeken is magas értéket mutatott, a talaj szerkezetének javulása következtében kialakuló jobb vízgazdálkodási tulajdonságoknak köszönhetően. A hagyományos művelés esetében

$5,526E-5 \text{ cm s}^{-1}$, a redukált művelésnél pedig $1,338E-5 \text{ cm s}^{-1}$ értékeket kaptunk. Ezen mérések alapján úgy véljük, hogy a PRP-SOL talajkondicionáló szer alkalmazása pozitív hatású a talaj vízáteresztő-képességére.



3. ábra. A PRP-SOL-lal kezelt és nem kezelt talaj vízvezető-képessége a szántóföldi talajművelési kísérletben

Az átfolyó-vizes liziméterekben végzett infiltrációs mérések eredményeit a 4. ábrán közöljük. A méréseink során kapott eredmények átlagából megállapítható, hogy a kontroll területek vízbefogadó- és vízáteresztő-képessége elmarad a PRP-SOL-lal kezelt területekétől. A kontrollként szolgáló liziméterekben a talaj vízáteresztő-képessége $5,058E-5 \text{ cm s}^{-1}$, a talajkondicionáló szerrel kezeltekben $8,98E-5 \text{ cm s}^{-1}$ volt. A tapasztalt kedvezőbb vízgazdálkodási tulajdonságok valószínűsíthetően a talajkondicionáló szer alkalmazásának eredményeképpen kialakuló morzsás szerkezetű és kedvezőbb vízháztartású talajállapot következményei.



4. ábra. A PRP-SOL-lal kezelt és nem kezelt talaj vízvezető-képessége a liziméteres talajkondicionálási kísérletben

Az ismertetett eredmények egy tenyészidőszakot ölelnek fel, így messzemenő következtetések levonásához további vizsgálatok elvégzése szükséges, ugyanis a talajkondicionáló szerek lassan fejtik ki jótékony hatásukat.

Összefoglalás

Vizsgálatunk célja a PRP-SOL talajkondicionáló szer talajtömörödéssre, a talaj nedvességtartalmára és a vízvezető-képességre kifejtett hatásának a megállapítása volt hagyományos és redukált talajművelési rendszerekben. A vizsgálatok helyszínét a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézetének H-1 jelű táblája – ahol 1997 óta folyik talajművelési kísérlet – és átfolyóvizes liziméterei képezték. A szántóföldi vizsgálatokat nagy agyagtartalmú, réti csernozjom talajon, a liziméteres méréseket pedig réti szolonyec talajon végeztük.

A talaj tömörödésének mértékét 3T SYSTEM típusú penetrométerrel, az aktuális nedvességtartalmat pedig a talaj felső 40 cm-es rétegéből 10 cm-enként vett bolygatott talajmintákból gravimetriás módszerrel határoztuk meg. A talaj vízvezető-képességét Mini Disk infiltróméterrel mértük.

Megállapítottuk, hogy redukált művelési rendszerben a talaj mechanikai ellenállására és nedvességtartalmára a vizsgált talajkondicionáló szer pozitív hatást gyakorolt, de a hagyományos művelésben ez statisztikailag nem volt igazolható. A talaj vízvezető- és vízáteresztő képességére ugyanakkor egyértelműen kimutatható volt a PRP-SOL hatása mindkét művelési rendszerben. Méréseink szerint a talaj vízáteresztése magasabb értékeket mutatott redukált és hagyományos talajművelési rendszerben is a kezeletlen talajhoz viszonyítva. A művelési rendszereket összehasonlítva megállapítottuk, hogy a redukált művelésű terület vízvezető- és vízáteresztő képessége minden esetben nagyobb volt, mint a hagyományos művelésű területé. Liziméteres körülmények között is igazoltuk, hogy a kontroll talajoszlopok vízvezető és vízáteresztő képessége elmarad a kezelt talajokon tapasztalt vízvezető és vízáteresztő tulajdonságoktól.

Kulcsszavak: művelési rendszerek, penetrációs ellenállás, nedvességtartalom, infiltráció

Irodalom

- ABOUKHALED, A., ALFARO, A., SMITH, M., 1982. Lysimeters. FAO Irrigation and Drainage Paper. Rome.
- BARLEY, K. P., 1954. Effects of root growth and decay on the permeability of a synthetic sandy soil. *Soil Sci.* 78. 205–210.
- BEN-HUR, M., SHAINBERG, I., MORIN, J., 1987. Variability of Infiltration in a Field with Surface-sealed. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51. 1299–1302.
- BIRKÁS M., 1995. Energiatakarékos és kímélő talajművelés GATE KTI, Egyetemi Jegyzet, Gödöllő.
- BIRKÁS M., 2002. Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- GOLDHAMMER, D. A., PETERSON, C. M., 1984. A comparison of linear move sprinkler and furrow irrigation on cotton: A case study. Dept. of Land, Air and Water Resources Univ. of Calif., Davis, Land, Air and Water Resources Paper 10012.
- HAKANSSON, L., VOORHEES, W. B., 1997. Soil compaction. In: LAL, R., BLUM, W.H., VALENTINE, C., STEWART, B.A. (Eds.) *Methods for assessment of soil degradation* CRC Press. New York. pp. 167–179.
- HARROLD, L. L., DREIBLEBIS, J.R., 1967. Evaluation of agricultural hydrology by monolith lysimeters 1956–62. *USDA Tech. Bull.* 1376. p. 123.

- HILLEL, D., GAIRON, S., FALKENFLUG, V., RAWITZ, E., 1969. New design of low-cost hydraulic lysimeter system for field measurement of evapotranspiration. *Israel J. Agric. Res.* 19. 57–63.
- KRISTENSEN, K. J., ASLYNG, H. C., 1971. Lysimeters with rainfall and soil water control. *Nordic Hydrology II.* 79–92.
- MEEK, B.D., RECHEL, E. A., CARTER, L.M., DETAR, W. R., 1989. Changes in infiltration under as influenced by time and wheel traffic. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53. 238–241.
- MEISSNER, R., RUPP, H., SCHUBERT, M., 2000. Novel lysimeter techniques – a basis for the improved investigation of water, gas and solute transport in soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163. 603–608.
- NYIRI L., 1993. *Földműveléstan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- OUWERKERK C. VAN, SOANE B.D., 1994. Soil Compaction problems in world Agriculture. In: SOANE, B.D., OUWERKERK, C. VAN, (Eds.) *Soil compaction in crop production* Elsevier Sci B.V. Amsterdam, pp. 1–21.
- R CORE TEAM, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- RAJKAI K., ZSEMBELI J., BLASKÓ L., VÁRALLYAY GY., 1993. Use of tension infiltrometer and water retention characteristics in the assessment of soil structure. *Int. Agrophysics.* 7. 141–154.
- RAJKAI K., VÉGH K. R., VÁRALLYAY GY., FARKAS CS., 1997. Impacts of soil structure on crop growth. *Int. Agrophysics*, 11. 97–109.
- RUSSO, D., BRESLER, E., 1981. Soil hydraulic properties as stochastic processes: I. An analysis of field spatial variability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45. 682–697.
- SHANI, U., HANKS, R. J., BRESLER, E., OLIVEIRA, C.A.S., 1987. Field method for estimating hydraulic conductivity matric potential water content relations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51. 298–302.
- SIPOS G., 1964. *Földműveléstan*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SLATYER, R.O., MCILROY, I.C., 1961. Practical micro-climatology. In: *Practical Meteorology*, CSIRO (Australia).
- SMETTEM, K.R.J., CLOTHIER, B.E., 1989. Measuring unsaturated sorptivity and hydraulic conductivity using multiple disc permeameters. *J. Soil Sci.* 40. 563–568.
- STEFANOVITS P., 1975. Talajpusztulás, talajszennyezés. In: *A környezetvédelem biológiai alapjai*. (szerk. Kovács K.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. p. 167–196.
- STEFANOVITS P., 1981. *Talajtan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- SZEKRÉNYI B., 1961. A talaj vízáteresztő képességének változásai a víz ráhatási idejének függvényében. *Agrokémia és Talajtan* Tom. 10. No. 2. 207–216.
- THOMAS, G.W., PHILLIPS, R.E., 1979. Consequences of water movement in macropores. *J. Environ. Qual.* 8. 149–152.
- VÁRALLYAY GY., 1996. Magyarország talajainak érzékenysége a szerkezetrombolásra és a tömörödéssre. *Környezet- és tájgazdálkodási füzetek*. Gödöllői Agrártudományi Egyetem Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő. II/1. 15–30.
- VIEIRA, S.R., NIELSEN, D.R., BIGGAR, J.W., 1981. Spatial variability of field measured infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45. 1040–1048.
- WARWICK, A. W., NIELSEN, D. R., BIGGAR, J.W., 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. *Applications of soil physics*. Academic Press, New York. pp. 319–322.

Effect of PRP-SOL soil conditioner of hydraulic soil properties in conventional and reduced tillage systems

SZÜCS, L., TUBA, G., CZIMBALMOS, R., ZSEMBELI, J.

Karcag Research Institute, Centre for Agricultural Sciences of University of Debrecen,
szucszilla@agr.unideb.hu

Summary

Our investigations aimed to examine the effect of soil conditioning on some soil parameters determining the soil compaction, moisture content and the hydraulic conductivity in conventional and reduced tillage systems. A long-term cultivation experiment - from 1997 – and the simple drainage lysimeters of the Karcag Research Institute were the places of the investigations. Field measurements were done on meadow chernozem soil with high clay content, while the soil of the lysimeters was a meadow solonetz one.

The degree of soil compaction was determined by a „3T SYSTEM” penetrometer, and disturbed soil samples were taken from each 10 cm down to 40 cm in order to determine the moisture content of the soil by gravimetric method. Hydraulic conductivity of the soil was examined by means of a Mini Disc infiltrometer.

It can be established that at reduced tillage system a positive effect of the PRP-SOL soil conditioner was found on the compaction and on moisture content of the soil. This positive effect cannot be established at the conventional tillage. On the other hand a positive effect of PRP-SOL was found on the hydraulic conductivity in both tillage systems. So the higher values of infiltration were realised with used soil-conditioner at both in the conventional and reduced tillage systems.

Comparing the cultivation systems, a greater hydraulic conductivity could be detected in case of reduced tillage than in the conventionally cultivated plots. In the lysimeters, lower hydraulic conductivity was characteristic to the control soil columns compared to the treated ones.

Keywords: tillage systems, penetration resistance, moisture content, infiltration

Table 1. The partial size distribution of the soil of the experiment in the regularly tillage layer

Table 2. The results of laboratory investigation of the soil of experiment in the regularly tillage layer. (1) Tillage, treating. (2) Salt content, m/m%. (3) Humus, m/m%. (4) Conventional tillage. (5) Conventional tillage, PRP-SOL. (6) Reduced tillage. (7) Reduced tillage, PRP-SOL.

Table 3. Main parameters of PRP-SOL. (1) Neutralizational value. (2) Granule size, %. (3): bulk density, g cm⁻³.

Table 4. Compaund of the soil conditioner. (1): dry matter content, (2): Granule size, %.

Table 5. Results of paired t-test. (1) Reduced tillage. (2) Conventional tillage. (3) 17 June. (4) 29 October. (5) p-value (penetration resistance). (6) p-value (moisture content).

Figure 1. Penetration resistance and moisture content of the PRP-SOL treated and untreated soil in conventional tillage system. (1) Penetration resistance, MPa. (2) Depth, cm. (3): Untreated. (4). Moisture content, m/m%.

Figure 2. Penetration resistance and moisture content of the PRP-SOL treated and untreated soil in reduced tillage system. (1) Penetration resistance, MPa. (2) Depth, cm. (3): Untreated. (4). Moisture content, m/m%.

Figure 3. Hydraulic conductivity of the PRP-SOL treated and untreated soil in the field soil improvement experiment. (1) Reduced tillage. (2) Conventional tillage. (3) Reduced tillage, PRP-SOL. (4) Conventional tillage, PRP-SOL. (5) Cumulative infiltration (cm). (6) Square root of time.

Figure 4. Hydraulic conductivity of the PRP-SOL treated and untreated soil in the soil conditioning experiment in lysimeters. (1) PRP-SOL treated area. (2) Untreated area. (3) Cumulative infiltration. (4) Square root of time.

Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése Karcagon

ZSEMBELI JÓZSEF, SZÚCS LILLA, TUBA GÉZA, CZIMBALMOS RÓBERT

Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézet,
zsembeli@agr.unideb.hu

Bevezetés

A prognosztizált éghajlatváltozás legszembetűnőbb és a mezőgazdaságot leginkább érintő megnyilvánulása a szélsőséges időjárási helyzetek (túl száraz/túl nedves, hűvös/meleg) gyakoriságának növekedése. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai igazolták, hogy a kutatásnak mindkét irányú szélsőség kezelésére fel kell készülnie, ezért a talaj-növény rendszer vízforgalmának és befolyásolási lehetőségeinek kutatása továbbra is a talajtani, talajművelési, növénytermesztési és növénynevelési kutatások kiemelt területe lesz.

A mezőgazdasági termelés folyamatosan változó feltételeit figyelembe véve indokolt olyan talajművelési, talajhasználati eljárások, technológiák kidolgozása és fejlesztése, amelyekben a rendelkezésre álló természeti erőforrásokat a legkisebb ráfordítással a leghatékonyabban lehet kihasználni úgy, hogy közben a termőhellyel kapcsolatos környezet- és természetvédelmi megőrzési kötelezettség is teljesíthető legyen.

Úgy ítéljük meg, hogy a tennivalók között kiemelkedik az alkalmazkodó talajhasználat kutatása. Ez magában foglalja a sajátos ökológiai adottságú alföldi tájon a jobbára nehéz mechanikai összetételű és hidromorf talajok hosszabb távon is biztonságos, a terhelhetőség figyelembevételével történő hasznosítását, védelmét és termékenységének fenntartását/növelését. Ez nemcsak a kapcsolódó kutatómunka továbbvitelét, hanem a többoldalú, mind komplexebb, kísérletes megközelítést is igényli. A Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Karcagi Kutatóintézet azokat a felelősségteljes feladatokat és kísérleti, tartalmi korrekciókat kívánja felvállalni, amelyek a különböző földhasználati módok során külső igényként merülhetnek fel.

A globális klimatológiai előrejelzés szerint hazánk területén is hosszabb távon a szárazság gyakoribb előfordulásával kell számolni. Az öntözés korlátozott volta miatt a legkitettebb alföldi tájunkon mind nagyobb jelentőségűvé válik a szárazgazdálkodást, illetve a nedvességtakarékos talajművelést fejlesztő kutatás. A helytelen, szakszerűtlen, az agroökológiai adottságoknak nem megfelelő talajhasználat általános kísérőjelensége a rendszeresen művelt felső talajréteg szerkezetének leromlása, az "elporosodott" talajállapot és ennek következményeként a talajtömörödés mértékének és gyorsaságának növekedése. Az Alföld körülményei között ez a folyamat a mindjobban fokozódó fátlanság miatt nemcsak talajtermékenységi, hanem mind súlyosabbá váló talajmozgási, deflációs folyamatot indított meg.

A prognosztizált klímaváltozás, a szárazságra hajló klíma kedvezőtlen hatásai csökkentésének egyik lehetősége az új szemléletű, a talajt kímélő, forgatás nélküli talajhasználati eljárás minél szélesebb körű alkalmazása. A nedvességtakarékos szántófeldi talajhasznosítás nagy klasszikusai is bizonyították, hogy az aszálykárok okát nemcsak a csapadékhiányban, hanem sok esetben a talajhasznosításban, az agrotechnika módjában és színvonalában kell keresnünk. A talajművelés állapota, a termesztett növények megváltozása (nem megválasztása?) és sorrendisége (vetésváltás), az állománysűrűség, a trágyázás, a talajjavítás stb.

olyan talaj és növény kapcsolatrendszerén alapuló sajátos termőhelyi vízforgalmat befolyásoló tényezők, amelyek aszályos körülmények között a termés csökkenés és -minőség romlását, mértékét nagyságrendekkel mérsékelhetik.

A fizikai degradáció különböző formái VÁRALLYAY (1996) nyomán a feltalaj porosodása, kérgesedése, cserepesedése, tömörödése, a szikesedés és belvíz eredetű szerkezetromlás a hazai talajokat sem kerülték el. NYIRI (1997) rámutatott, hogy a szárazság fokozódásával felgyorsulnak azok a talajleromlási folyamatok is, amelyek összefüggésben vannak a termőhely, illetve a talajfelület növényborítottságának mértékével (pl. erózió, defláció), valamint a növények számára alkalmas talajállapot (lazultság, aprózódottság) megteremtésének nedvességihiányból adódó nagyobb energiaigényével, illetve a talaj szerkezetét kevésbé kímélő talajművelési eljárások (pl. nehéztárcsák) alkalmazásával. Tehát a fokozódó szárazság utat enged a talajleromlási folyamatoknak és csökkenti a talajt is védőbb talajhasznosítás alkalmazásának esélyeit.

FARKAS & GYURICZA (2006) szerint napjainkra a talajok állapotát veszélyeztető folyamatok közül a talaj fizikai degradációja (tömörödés és szerkezet leromlás) világméretű problémává vált. A tömörödés emberi és természeti okokra visszavezethető talajhiba, amely a nedvességforgalom gátlása miatt kiemelt figyelmet érdemel (VÁRALLYAY, 1996). A tömörödéssre érzékeny talajokat különösen a humán eredetű károk sújtják (BIRKÁS & GYURICZA, 2000). A 40 mm, és az ennél vastagabb tömör réteg a növénytermesztés kockáztnövelő tényezőjének és egyben környezeti ártalomnak tekintendő BIRKÁS (2000) szerint.

BIRKÁS (2001) a tömör talajok területét a talajok érzékenységet, a művelési hiba eredetű belvizes területek kiterjedését és mérési adatokat figyelembe véve a szántóterület felére becsülte. Mivel a művelés eredetű tömörödés évről-évre változhat, a talajok érzékenységének ismeretében pontosabb adathoz juthatunk.

Ha a talajhasználat ésszerűtlen, a művelést nehezítő időjárási körülmények gyakoriak és a talajállapot javítást elhanyagolják (pl. az 1990-es évek elején), a tömörödés a talajok 35%-án (közel 2 millió ha-on) bekövetkezhet. Kedvezőtlen körülmények között a mérsékelt érzékeny talajok (28%) is veszélyeztetettek, emiatt a károk a talajok 63%-ra kiterjedhetnek (BIRKÁS, 2006).

A talajvédelmi törekvések erősödésével még inkább szükségesszerűvé vált a minimális művelési rendszerek továbbfejlesztése. A fejlesztés eredményeként Észak-Amerikában az 1960-as, 1970-es évek fordulójától, Európában az 1970-es évek közepétől kezdődően az ún. talajvédő művelés (conservation tillage) irányzata alakult ki (BIRKÁS, 1993), amely számos változatban jelent meg, némely változatnak még egységesen használt magyar neve sincs (residue management, mulching, fallowing, tarping, stb.).

A talaj fizikai állapotát kímélő művelés irányzatait, rendszereit, ellentétben a hagyományos (konvencionális) rendszerekkel, alapvetően a forgatásos mód visszaszorulása, a művelés menetszámának, gyakoriságának és mélységének csökkenése jellemzi. Az 1950-es években az Amerikai Egyesült Államokból kiinduló, különböző megnevezésű (kímélő művelés, minimális művelés, takarékos művelés, redukált művelés, direktvetés, zéró-, no-, null-tillage) művelési rendszerek mindegyike fontos elemének tekinti a kedvező fizikai hatások elérését (BÁNHÁZI & FÜLÖP, 1982). Vagyis a talaj eróziós és deflációs érzékenységének és nedvességvesztésének csökkentését, a talajszerkezet kímélését, a tömörödési károk megelőzését vagy enyhítését. A talajvédelmi törekvések még erőteljesebben jelentkeznek a talajvédő művelés (conservation tillage) irányzataiban, amelyek a kedvező biológiai hatások pezsdítése és fenntartása mellett újabban a szén-dioxid kibocsátás csökkentése révén a szervesanyag-, illetve a széntartalom kímélését is elérendő célul tűzik ki.

A csökkentett menetszámú, energia- és nedvességtakarékos művelési módokra való átállás hosszabb időt igényel, nem valósítható meg egyik évről a másikra. Új szemléletet igényel a vetésváltás, a tápanyaggazdálkodás, a növényvédelem - különösen a gyomok elleni védekezés -, illetve a növényi maradványok kezelésének tekintetében. Az újszerű művelési módok előnyei vitathatatlanok: a termés mennyiségének megtartása, vagy akár emelkedése mellett jelentős energia és idő takarítható meg. Mindez környezetkímélő és a talajt óvó módon.

Anyag és módszer

A talajművelési módok talajra gyakorolt hatásának vizsgálata egyrészt in-situ mérésekkel történik, másrészt liziméteres körülmények között modellezzük, szimuláljuk az egyes talajművelési eljárások által létrehozott talajállapotokat és számszerűsítjük azok talajra, a talaj vízforgalmára gyakorolt hatását.

A talajművelési kísérlet

A Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ (DE ATK) Karcagi Kutatóintézetben egy 1997-ben indított tartamkísérletben (1. ábra) vizsgáljuk a redukált talajművelés hatását a talaj szerkezetére, fizikai tulajdonságainak – elsősorban a víztartó- és vízbefogadó-képesség – alakulását, a mikrobiológiai aktivitásra gyakorolt hatást, a vontatási ellenállás változását a két művelési mód (hagyományos és redukált) esetén.



1. ábra. A karcagi talajművelési kísérlet látképe

A nedvességtakarékos, redukált talajművelés lényege, hogy szántás nélkül, a lehető legkevesebb művelettel és bolygatással műveljük a talajt. A technológia alapelve, hogy a művelés befejeztével minél több talajmorzsát, ún. makroaggregátumot, és minél nagyobb mennyiségű tarlómaradványt hagyjanak a talaj felszínén. A talaj elporosításának megelőzésére olyan gépkombinációk alkalmazása célszerű, amelyek egy menetben is létrehozzák a növény számára szükséges talajállapotot, ugyanakkor védőfelszint képeznek ki. A most még általánosan használt kormánylemezes ekéket, valamint az erősen porosító eszközöket (fogas- és tárcsás boronák, sima hengerek) ezeken a területeken inkább mellőzni kellene. Ugyanakkor előnyösen használhatók a védőfelszint hagyó különféle porhanyítók (mulchhagyó kultivátorok), valamint az olyan speciális vetőgépek, amelyek a tarlómaradványok borítása esetén is biztonságosan vetnek.

A talajművelési kísérlet helyszíne a Karcagi Kutatóintézet H-1 és H-2 jelű táblái a következő felosztásban:

- Kétszer 1,63 hektár, hagyományos, forgatásra alapozott talajműveléssel,

- Kétszer 5,47 hektár, forgatás nélküli műveléssel,
- 5,47 hektár hagyományos művelés a H-2 táblán.

A súlyliziméteres kísérlet

A DE ATK Karcagi Kutatóintézetben a nedvességtakarékosabb természetstechnológiai kutatások megalapozására 1992-93-ban kialakítottunk egy méretében és a mérés érzékenységében hazánkban egyedülálló, számítógéppel működtetett, hat egységes súlyliziméter rendszert. A talajfelszín alá süllyesztett műanyag falú liziméter egységek alatt elektronikus mérlegek helyezkednek el, amelyek 0,1 kg pontossággal, a ± 300 kg-os méréstartományban képesek mérni az egységek tömegének változását. A mérlegek páronként egy-egy elektronikus adatrögzítőhöz vannak kapcsolva, melyek automatikusan óránkénti gyakorisággal mérik a tömegváltozást és tárolják az adatokat. Az adatrögzítőkben tárolt adatok a kapcsolt számítógépen futó, saját fejlesztésű szoftver segítségével kérdezhetőek le és merevlemezen tárolhatók.

A liziméterek méretei: felszín 1,8 m², mélység 1 m. Az egységeket réti csernozjom talajjal töltöttük meg, azaz a minták nem eredeti szerkezetűek, de a feltöltésnél figyelembe vettük az eredeti genetikai szintek arányát. Az így kialakított talajoszlopok az eredeti talajszelvény A-szintjéből 25 cm-es, a B-szintből 40 cm-es, míg a C-szintből 20 cm-es réteget tartalmaznak.

A liziméteres kísérlet kezeléseinek kialakítása egy hosszú folyamat eredménye. Már a kísérlet kezdetekor is az elsődlegesen megfogalmazott célunk a különböző felszínű talajoszlopok vízmérlegének összehasonlítása volt. Kezdetben csak a klasszikus talajművelési rendszerek elemeit szimuláló talajfelszíneknek megfelelő (porhanyított, szántásnak megfelelő rögzös, rendszeresen sekélyen művelt, kezeletlen). A későbbiekben a talajvédő művelés elemeinek szimulációjaként beállított kezelések vízforgalomra gyakorolt hatásának kutatása felé fordítottuk figyelmünket, hogy a talaj felső – szántóföldi körülmények között rendszeresen művelt – rétegeiben lejátszódó víz- és hőforgalmi folyamatokat számszerűsíthessük (2. ábra).

A talajművelési rendszerek szimulációjaként beállított kezelések kialakításakor törekedtünk a szántóföldi körülményeket jól jellemző talajállapotokat létrehozni. A legjellemzőbb kezelések az alábbiak voltak:

- kezeletlen: művelés nélküli csupasz felszín,
- rögzös: 25 cm-es mélységig forgatott, elmunkálatlanul hagyott felszín,
- porhanyított: 25 cm-es mélységig forgatott és elmunkált felszín,
- sekélyen lazított: művelés nélküli, kéregképződés után sekélyen (3-5 cm) lazított felszín,
- mulcs: 25 cm-es mélységig forgatott és elmunkált felszín, a művelési mélységéig búzaszalma szecska, illetve kukorica szecska bekeverésével,
- kéreglazított: 25 cm-es mélységig forgatott és elmunkált, kéregképződés után sekélyen (3-5 cm) lazított felszín

A liziméterekben mért paraméterek:

- A talajoszlop vízmérlege és annak összetevői (csapadék, párolgás, átszivárgó víz, öntözővíz),
- A talaj rétegenkénti nedvességtartalma és hőmérséklete.



2. ábra. A hagyományos (balra) és a redukált (jobbra) talajművelési rendszerekre jellemző talajfelszínek szimulációja liziméterekben

A vízmérleg elemeinek meghatározása a liziméterekben, a párolgás értékének kivételével mérésrel történt. A liziméterekre vonatkozó vízháztartási egyenlet legfontosabb input tényezője a természetes csapadék. A csapadék mennyiségét nem a liziméteres rendszer segítségével mértük, hanem a Karcagi Kutatóintézet meteorológiai mérőállomásának adatait használtuk fel, amelyeket napi mérésgyakorisággal rögzítettünk. A gravitációs víz mennyiségét, azaz a teljes talajoszlopon átszivárgó nedvességet a liziméteres edények alján található kavicsréteg gyűjti össze, majd a benne található dréncsővön keresztül egy kifolyóhoz csatlakozó műanyag csövön át a víz egy a liziméteres bázis szervízhelyiségében elhelyezett 60 literes műanyag tartályokba folyik. A tartályokba lefolyó víz mennyiségét egyszerű köbözéssel határoztuk meg. A tömegváltozás (nedvességtartalom változás) értékeit az adatrögzítőkhöz kapcsolt mérlegelektronika automatikusan, óránkénti mérésgyakorisággal rögzíti. A párolgás értékének meghatározása liziméterekkel az ún. vízháztartási módszerek közé tartozik (SZÁSZ, 1988). A lizimetria elvének megfelelően a súlyliziméterek segítségével a talajoszlopokra vonatkozó egyszerűsített vízháztartási egyenlet a következőképpen írható fel:

$$Cs + \ddot{O} = P + G + VM$$

ahol Cs = csapadék (mm), \ddot{O} = öntözővíz (mm), P = párolgás (mm), G = gravitációs víz (mm), VM = nedvességtartalom változása, vízmérleg (mm).

Mivel $VM = T_v$, azaz a vízmérleg egyenlő a talajoszlop tömegének változásával, annak értéke az input és output tényezők összevonásával számítható:

$$T_v = Cs + \ddot{O} - P - G$$

A fentiekből következően a liziméteres talajoszlopokra vonatkozó vízháztartási egyenlet minden eleme, a párolgás kivételével, mérhető, így azokat egységesen *mm* mértékegységben megadva és az egyenletet a párolgásra rendezve, annak értéke számítható:

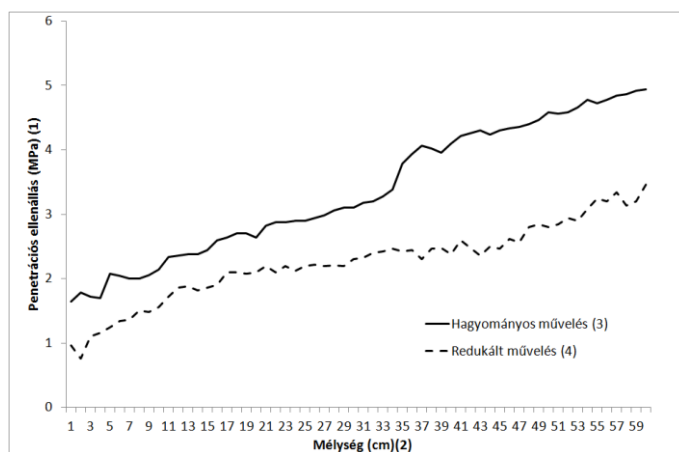
$$P = Cs + \ddot{O} - G - T_v$$

Vizsgálati eredmények

A talaj penetrációs ellenállása a talajművelési kísérletben

A talajbolygatás mérséklése alapvetően a művelés menetszámának, illetve mélységének csökkentése révén valósítható meg. A talajon való járás mérséklésével a gépi taposás okozta tömörödés és visszatömörödés megelőzhető, illetve csökkenthető. A megmozgatott talaj mennyiségének minimálisra csökkentése (sekély, illetve sávos művelés) szintén a mechanikai behatások mérséklését és a talaj kímélését célozza. A szántás, illetve az alpművelés elhagyása, a porhanyítás és a lazítás előtérbe helyezése különösen a nehéz mechanikai összetételű, tömörödéssé hajlamos talajokon jelent gyakorlati előnyt a szerkezetkímélésre kevésbé megfelelő hagyományos műveléssel szemben.

A talaj penetrációs (behatolással szemben kifejtett) ellenállását vizsgálva megállapítható (3. ábra), hogy az egyszeri gépi munkával járó direktvetéses technológia alkalmazása esetén nem alakulnak ki tömődött rétegek. Itt az ellenállás a mélységgel arányosan növekszik, míg a hagyományos szántásos művelésnél a művelés mélységében 3-5 cm vastagságú tömör réteg figyelhető meg, amely jelentősen rontja a talaj vízbefogadó képességét, a gyökérszét fejlődését, és csak jelentős energia ráfordításával szüntethető meg. A talajvédő művelés, illetve a direktvetés kedvező hatást gyakorol a talaj nedvességforgalmára. A talajban nem alakul ki rossz vízáteresztésű tömör réteg, így a csapadék a mélyebben fekvő rétegeket is át tudja nedvesíteni. A felszínt borító mulcsréteg csökkenti a talaj vízvesztését, gátolja kiszáradását. Kedvező hatása van a talajéletre is, a magasabb CO₂-emissziós értékek intenzívebb mikrobiológiai aktivitást jeleznek (4. ábra).



3. ábra. A talaj penetrációs ellenállása hagyományos és redukált művelés esetén

Magyarországon is jelentős azon területek aránya, ahol a növénytermesztés szempontjából meghatározó felső talajréteg nagyfokú tömődöttsége jellemző. Az ilyen talajok nem felelnek meg a biztonságos növénytermesztés feltételeinek. A kötött, tömörödéssé érzékeny talajokon a fizikai állapot nagyobb mélységre terjedő javítására, ún. melioratív mélyművelésére a mélylazítók használatosak.

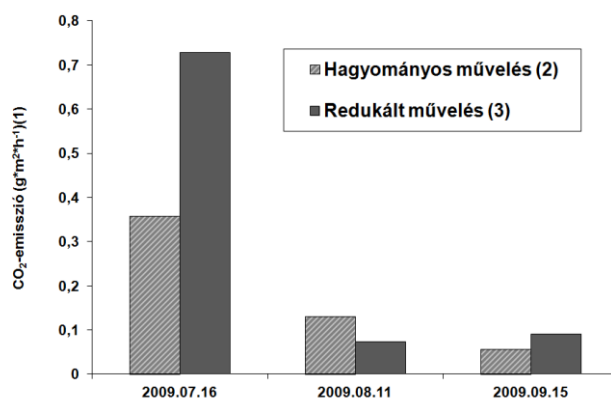
A kedvezőtlen tömör állapot bizonyos mélységig szántással is megszüntethető, de ekkor a fizikai és/vagy kémiai hibás talajréteg felszínre forgatásának kockázata is igen nagy. A tömör állapot lazítással való enyhítése bizonyítottan kedvező a talaj átlegegőzésére, szerkezetére, nedvességforgalmára,

ezen felül biztonságosabbá teszi a növénytermesztést. A tömörödéssre érzékeny talajokon a rendszeres lazítás a növénytermesztés kockázatát csökkenti. Ha elmarad a talajállapot javítás, a szélsőséges hidrológiai helyzetek (aszály, belvíz) kialakulásának esélye vagy a kára nagyobb. Romlik a trágyaszerek, javítóanyagok hatékonysága, és hanyatlak a mikrobiológiai tevékenység. Sok esetben a kémiai javítással egyenértékű eredményt ad réti szolonyec talajok mélylazítása; ez arra utal, hogy itt a szikesség elsősorban a fizikai-, vízgazdálkodási tulajdonságok leromlása révén korlátozza a növénytermesztést.

A talaj szén-dioxid emissziója a talajművelési kísérletben

A talajművelés műveleti elemei (forgatás, lazítás, porhanyítás, keverés, tömörítés, felszínalakítás), a feltalaj fizikai állapotának megváltoztatása útján, elsősorban a felszíni és a felszínközeli folyamatokra hatnak (nedvesség-, levegő- és hőforgalom). A fizikai állapot a nedvesség és tápanyag közvetítése révén a talajéletre, a talajlakó organizmusok életterére is hatással van. A műveléssel a talaj fizikai állapotát olyan módon célszerű módosítani, hogy az a talaj biológiai tevékenységét is kedvezően alakítsa.

A szerves takaróréteg (mulcs) alkalmazása, a növényi maradványok területen hagyása illetve a talajtakarás (a felszínének befedése valamilyen, általában növényi eredetű anyaggal) jelentőségét a földműveléssel foglalkozó szakemberek és tudósok már régen felismerték. A laza szerkezetű felső takaróréteg jótékony hatású a talaj nedvesség-, hő- és levegőforgalmára. A talajművelési tartamkísérletben a talajfelszínen sekélyműveléssel kialakított szigetelőréteg nedvességvesztés-csökkentő hatását a növény (gyökérlégzés) nélküli talaj mikrobiológiai aktivitását jól jellemző magasabb széndioxid-emisszió értékben mutattuk ki. A példaként bemutatott 4. ábrán látható, hogy búzatarlón, az aratás után 2 nappal tapasztaltuk a legnagyobb különbségeket a két talajművelési rendszer talajának szén-dioxid-kibocsátását illetően. A talajfelszíni lezárása (07.24.) után a kibocsátás mértéke jelentősen csökkent. A forgatásos művelésű területeket tárcsával és gyűrűshengerrel, míg a redukált művelésű területeket mulch finisherrel művelték. A vizsgált időszakban nagyon kevés csapadék hullott, az első és a második (08.11.) mérés közötti időszakban 38,5 mm, míg a második és a harmadik mérés (09.15.) között 15,9 mm, ami az ilyenkor megszokottnál jóval alacsonyabb, valamint tartósan meleg és száraz idő volt ez a nedvességtartalmi értékek csökkenésében is megmutatkozott.



4. ábra. A talaj szén-dioxid emissziója a hagyományos és a redukált művelés esetén

A talaj nedvességforgalma a liziméterekben

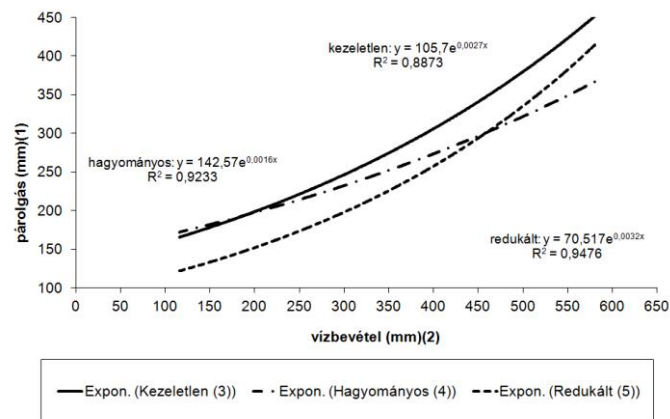
A felszínen sekélyműveléssel, növényi maradványok és takaróanyagok nélkül is kialakítható olyan talajréteg, amely mint „mechanikai mulcs” (gépi úton létrehozott felszíni laza talajréteg) hat kedvezően a talaj fizikai állapotára, elsősorban a nedvességforgalmára. A harmonikus nedvességforgalom, a jobb vízbefogadás és a kisebb párolgási veszteség, az élénkebb talajélet végső soron a kedvező biológiai állapot kialakulását és fenntartását segíti.

Liziméteres mérések alapján statisztikai módszerekkel (regresszió analízis, trendvonalak illesztése) kerestünk összefüggést a különböző felszíni talajoszlopokba bekerült (csapadék, öntözés) és az azokból párolgás útján eltávozott víz mennyisége között (5. ábra). Ezzel a módszerrel előre lehet jelezni a párolgás mértékének várható alakulását különböző csapadékelátottságú években és hidrológiai szituációkban is, melynek fokozott a jelentősége a szélsőséges időjárási helyzetek gyakoriságának növekedésével. Az elemzés során a féléves vízmérleg adatokat használtuk fel. A talajművelési kísérletben jellemző talajfelszín formációkat alakítottuk kezelésként, illetve a művelés nélküli, kezeletlen fekete ugar jelentette a kontrollt.

A kezeletlen felszín jellemzi, a bolygatatlan felszín miatt, a legkisebb párolgási felület, azonban kedvezőtlen szerkezeténél fogva ez a variáns képes a legkevésbé a felszínére került vizet befogadni és a mélyebb rétegekben tárolni (minden vízbevétel tartományban a legalacsonyabb gravitációs víz mennyiség jellemzi), így az a felszín közelében megrekedve folyamatosan biztosítja a párolgás lehetőségét. Az eredmények alapján a 300 mm feletti vízbevétel tartományban ez a fokozott párolgási veszteség minden más kezelési variánssal összehasonlítva érvényre jut.

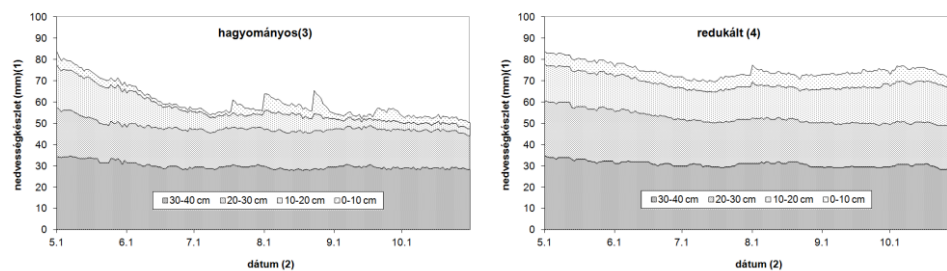
A hagyományos művelés szimulációjával kialakított felszín a kezeletlenhez hasonlítva látható, hogy 300 mm feletti vízbevételnél párolgás útján kevesebb nedvességet veszít, amely nem a párolgást közvetlenül csökkentő hatásával, mint inkább a jobb vízbefogadó képességgel (több a mélyebb talajrétegbe leszivárgó gravitációs víz) magyarázható. A művelés szárító hatása az alsó (300 mm alatti) vízbevétel tartományban jellemző a szigetelőréteg hiánya, illetve nagyobb párolgási felület miatt.

A redukált talajművelést szimuláló, sekélyen, forgatás nélkül bolygatott és növényi maradványokkal borított talajfelszínről a 100 és 400 mm közötti vízbevételi tartományban a többi kezeléshez viszonyítva kevesebb nedvesség párolgott el, ami az e művelési variáns közvetlen párolgást mérséklő hatásának tulajdonítható. A 450-500 mm feletti vízbevétel tartományban a felszín borító mulcsréteg a csapadékból származó nedvességet magában tartja, hiszen a nedves talaj azt nem képes felvenni, hanem ezt követően a csapadékmentes periódusban a nedvesség közvetlenül a szalmarétegből párolog el. E kezelés vízbefogadó képessége 450 mm-es vízbevétel mennyiségig a legjobb, s a vonatkozó görbe lefutása alapján a legegyszerűsebb is, ez a mulcs vízforgalmat „pufferoló” hatásával magyarázható. A redukált művelést szimuláló kezelésről elmondható tehát, hogy míg az alsó vízbevétel tartományban nedvességmegőrző hatással bír (a szigetelő réteg jelenléte miatt), addig szélsőségesen nedves időjárás, vagy nagy vízterhelés esetében fokozott párolgás jellemzi. Ez utóbbi jelenségnek fontos szerepe lehet a túlnedvesedés megakadályozásában.



5. ábra. A vízinput és a párolgás összefüggése liziméteres kísérlet alapján

A liziméteres talajoszlopok rétegenkénti nedvességtartalmának mérésével pontosabban meg lehet állapítani, hogyan befolyásolja a talajművelési rendszerekre jellemző felszínalakítás és takarás a talajoszlop vízháztartását, így az esetlegesen azonos vízmérleget mutató egységek között is mutatható ki eltérés. A 6. ábrán példaként bemutatott, a 2000. évre vonatkozó rétegenkénti nedvességtartalom eredményeket jelentős különbségek jellemzik a talajoszlopok felső 40 cm-es rétegének vízkészletét és annak rétegzettségét illetően. A hagyományos művelést reprezentáló talajoszlop legfelső 10 cm-es rétege az első vízpótlást megelőző időszakban gyakorlatilag teljes vízkészletét elvesztette, míg a redukált művelés elemeként jelen lévő növényi maradványokból álló mulcs szigetelő hatása révén, ha minimális mértékben is, de megakadályozta a felső réteg teljes kiszáradását, amelyben véleményünk szerint a kondenzációs folyamatnak is szerepe volt.



6. ábra. A talaj nedvességtartalmának alakulása liziméterekben hagyományos és redukált művelésű talajfelszín esetén

Következtetések

A talaj fizikai állapota alapvetően meghatározza a benne élő növény életfeltételeit. A művelt talaj fizikai, kémiai és biológiai állapotát elsősorban az emberi tevékenység, kevésbé a természeti tényezők határozzák meg, illetve befolyásolják. A különböző művelési rendszerek, módszerek, agronómiai és termesztés technológiai eljárások talajra gyakorolt hatásai igen sokrétűek. A növény igénye alapján optimálisnak tekinthető talajállapot fizikai szempontból kedvezően lazult, ezzel összhangban átlevégőzött, és kedvező vízforgalmú. Ezek

hiányának - vagyis a túlzott tömődöttség, az elégtelen nedvességforgalom vagy a porosság - megszüntetése a fizikai talajállapot-javítás célja.

A talajok vízbefogadásának javítását össze kell hangolni a vízforgalmat gátló fizikai talajhibák javításával. Az őszi alapműveléssel elő kell segíteni az őszi és téli időszak csapadékának talajba jutását és nedvességtárolásra alkalmassá kell tenni a talaj szerkezetét, így a mélyebb rétegekben elraktározott vízkészlet fedezheti a természetű növények nyári vízigényét, csökkentheti az aszálykárt.

A helytelen talajművelés azt eredményezi, hogy művelt talajaink szerkezete a művelés mélységében leromlik, tömörödése, fizikai degradációja fokozódik. Csökken a művelt réteg vastagsága, vékonyodik a termőréteg, fokozódik a talajtömődöttség, csökken a pórustérfogat, megjelenik a tárcsa- és eketalp-réteg, ennek következményeként romlik a talaj víz- és hógazdálkodása, csökken a tápanyag-szolgáltató képesség és a mikrobiológiai aktivitás, valamint a humuszanyagok mennyisége és minősége.

A talajbolygatás mérséklése alapvetően a művelés menetszámának, illetve mélységének csökkentése révén valósítható meg. A talajon való járás mérséklésével a gépi taposás okozta tömörödés és visszatömörödés megelőzhető, illetve csökkenthető. A szántás, illetve az alapművelés elhagyása, a porhanyítás és a lazítás előtérbe helyezése különösen a nehéz mechanikai összetételű, tömörödéssre hajlamos talajokon jelent gyakorlati előnyt a szerkezetkímélésre kevésbé megfelelő hagyományos műveléssel szemben.

A kutatási eredmények alapján kidolgoztunk egy, a gyakorlat számára is eredményesen használható talajművelési rendszert, amely alkalmazásával a degradációra hajló talajokon is nedvességtakarékosan és gazdaságosan folytatható a növénytermesztés. Ez a metodika alapját adja más területekre vonatkozó, helyspecifikus talajművelési technológiai variánsok kidolgozásának is.

Összefoglalás

A talaj az egyik természeti erőforrásunk, a szántóföldi növénytermesztés szempontjából a legfontosabb, így fenntarthatósága kiemelt jelentőségű. Gyakran felmerülő probléma, ami néha egyben ellentmondás is, hogy úgy tartsuk fent a talaj termőképességét (megőrizve a fizikai, kémiai és biológiai állapotát), hogy a gazdálkodók jogosan felmerülő igényét, a mezőgazdaság jövedelmezőségét is biztosítsuk. A Debreceni Egyetem ATK Karcagi Kutatóintézetében 1997-ben indult egy talajművelési kísérlet egy új talajművelési rendszer kidolgozása, illetve továbbfejlesztése érdekében. Alapvető cél volt a talajdegradáció mérséklése, megszüntetése, vagy akár a talajtulajdonságok javítása, fenntartása a gazdaságossági és környezet- (talaj-) védelmi szempontok figyelembe vételével. Az egyik lehetséges célravezető megoldásnak a kedvezőtlen agroökológiai feltételekhez alkalmazkodó redukált talajművelési rendszer alkalmazása tűnt.

Mint jellemző paramétereket, meghatároztuk a talaj penetrációs ellenállását, CO₂-emisszióját szántóföldi, míg a talaj nedvességkészletét és vízmérlegének elemeit (különös tekintettel a párolgásra) liziméteres körülmények között határoztuk meg összehasonlítva a hagyományos és redukált talajművelési rendszereket.

Az in-situ szántóföldi méréseink és liziméteres kísérleteink eredményei hozzájárulhatnak a talajnedvesség-megőrző, a gyakorlat számára is gazdaságosan hasznosítható művelési rendszerek fejlesztéséhez.

Kulcsszavak: talajművelés, redukált talajművelés, talaj nedvesség, liziméter

Irodalom

- BÁNHÁZI J., FÜLÖP G., 1982. Energiatakarékos talajművelési módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BIRKÁS M., GYURICZA CS., 2000. A talajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. In: BIRKÁS M., GYURICZA CS. (szerk.) Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. Szent István Egyetem, Gödöllő. pp. 10–43.
- BIRKÁS M., 1995. A talajművelés minőségi szempontjai. In: VINCZE M. (szerk.) Földművelési praktikum. Szent István Egyetem, Gödöllő. pp. 114–118.
- BIRKÁS M., 2001. Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Szent István Egyetem. Gödöllő.
- BIRKÁS M., 2006. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft.
- BIRKÁS M., 1993. Talajművelés. In: NYIRI L. (szerk.) Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. pp. 96–191.
- FARKAS CS., GYURICZA CS., 2006. A talaj vízgazdálkodása. In: BIRKÁS M. (szerk.) Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó. Budapest. pp. 34–37.
- NYIRI L., 1997. Az aszálykárok mérséklése. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- SZÁSZ G., 1988. Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- VÁRALLYAY GY., 1996. Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetleromlásra és tömörödéssre. Környezet- és tájgazdálkodási füzetek. II/1. 15–30.

Development of a Moisture Preserving Soil Cultivation System at Karcag

ZSEMBELI, J., SZÚCS, L., TUBA, G., CZIMBALMOS, R.

Karcag Research Institute, Centre for Agricultural Sciences of University of Debrecen
H-5300 Karcag, Kisújszállási út 166.

Abstract

Soil is a natural resource, mainly from the point of view of agricultural production, hence its sustainability is of great importance. Nevertheless a problem, sometimes contradiction often arises: soil fertility (physical, chemical, biological state) must be sustained, while beneficial agricultural arises as the farmers' requirement. In 1997 a soil cultivation experiment was introduced in Karcag Research Institute of CAS UD. The main goal was to elaborate and sophisticate new soil tillage techniques in order to stop and avoid soil degradation or even improve soil properties and sustain the improved soil state in an economically beneficial and environmental (soil-) protective way. The supposed solution was the application of the method of reduced tillage adapting to the given ecological conditions that are anything but favourable.

As characteristic parameters, penetration resistance, CO₂-emission of the soil were determined under field conditions, while water stock and the factors of the water balance of the soil (special regard to evaporation) were measured by means of lysimeters, comparing conventional and reduced tillage systems.

Our results gained by in-situ field measurements and lysimeter experiments can contribute to the development of a soil moisture preserving soil cultivation system that can be economically applied by the practice.

Keywords: soil cultivation, conservation tillage, soil moisture, lysimeter

Figure 1. Bird view of the soil cultivation experiment in Karcag

Figure 2. Simulation of soil surface formations characteristic to conventional (left) and reduced (right) tillage systems in lysimeters.

Figure 3. Penetration resistance of the soil in conventional and reduced tillage. (1) Penetration resistance, MPa. (2) Depth, cm. (3) Conventional tillage. (4) Reduced tillage.

Figure 4. CO₂-emission of the soil in conventional and reduced tillage. (1) CO₂-emission, g·m⁻²·h⁻¹. (2) Conventional tillage. (3) Reduced tillage.

Figure 5. Correlation of water input and evaporation on the base of the lysimeter experiment. (1) Evaporation, mm. (2) Water input, mm. (3) Control. (4) Conventional. (5) Reduced.

Figure 6. Change of soil water stock in the case of soil surfaces characteristic to conventional and reduced tillage in lysimeters. (1) Soil water stock, mm. (2) Date. (3) Conventional. (4) Reduced.