



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**Az ökológiai és konvencionális gazdálkodás
hatása a nyírségi homoktalajok
szervesanyagának mennyiségi- és minőségi,
valamint a talaj mikrobiális tulajdonságaira**

Doktori (Ph. D.) értekezés tézisei

DOI: 10.54598/000890

Demeter Ibolya

GÖDÖLLŐ

2020

A doktori iskola

megnevezése: Szent István Egyetem Biológiai Tudományi
Doktori Iskola

tudományága: Biológiai tudományok

vezetője: Dr. Nagy Zoltán intézetvezető, egyetemi tanár,
DSc.
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi
Kar,
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

Témavezető: Prof. Dr. Posta Katalin
Egyetemi tanár, DSc. habil
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi
Kar,
Genetikai, Mikrobiológiai- és Biotechnológiai
Tanszék,
Mikrobiológiai és Környezettoxikológiai
Csoport

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK	2
1.1. Előzmények.....	2
1.2. Célkitűzések.....	2
2. ANYAG ÉS MÓDSZER	4
2.1. A vizsgálati területek általános és topográfiai jellemzése.....	4
2.2. Talajművelés és termesztett növények	4
2.3. Talajmintavétel és terepi mérések	5
2.4. Meteorológiai megfigyelések	5
2.5. Laboratóriumi vizsgálatok.....	5
2.5.1. A talajnedvesség meghatározása	5
2.5.2. A főbb kémiai paraméterek meghatározása	6
2.5.3. A szervesanyag minőségének meghatározása E4:E6 módszerrel	6
2.5.4. A minták összes szén és nitrogéntartalmának, valamint a C:N arány meghatározása	6
2.5.5. Talajmechanikai vizsgálatok	7
2.5.6. Enzimaktivitás vizsgálatok	7
2.5.6.1. Az invertáz enzim aktivitásának meghatározása.....	7
2.5.6.2. A dehidrogenáz enzim aktivitásának meghatározása.....	7
2.5.6.3. A kataláz enzim aktivitásának meghatározása	8
2.5.6.4. A foszfatáz enzim aktivitásának meghatározása.....	8
2.5.7. A talajban élő mikrobaközösség összetételének meghatározása foszfolipid-zsírsv analízis (PLFA) vizsgálattal	8
2.6. A kapott eredmények feldolgozása és kiértékelése, az alkalmazott statisztikai módszerek	9
3. EREDMÉNYEK	10
3.1. Vizsgálati eredmények	10
3.2. Új tudományos eredmények	17
4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	18
5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK .	20

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

1.1. Előzmények

A homoktalajok kedvezőtlen szerkezettel és vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkeznek, azonban nagy területi kiterjedésük miatt mezőgazdasági hasznosításuk megkerülhetetlen. Különösen igaz ez azokra a régiókra, ahol az uralkodó talajtípus a homoktalaj, mint az általam vizsgált nyírségi területeken is.

A Nyírség jellegzetes mikrodomborzati viszonyairól KLÉH és SZŰCS már 1954-ben beszámoltak, de annak a talajminőségre, valamint a talajban élő mikrobaközösség aktivitására és összetételére gyakorolt esetleges hatásait korábban nem vizsgálták, ahogyan a meteorológia változások mikrobaközösségre gyakorolt hatásával kapcsolatban sem folytak kutatások. Bár az ökológiai és konvencionális gazdálkodás talajminőségre, valamint a mikrobaközösségre gyakorolt hatásait számos kutató vizsgálta homoktalajokon is, a nyírségi homoktalajon nem történt a paraméterek olyan szerteágazó, a mikrodomborzati sajátosságokat és meteorológiai tényezőket is figyelembe vevő monitorozása, mint a jelen kutatás keretein belül, így az összefüggések komplexebb vizsgálata valósult meg. Ezt lehetővé tette, hogy a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetben 1997 óta folyik szántóföldi növénytermesztés ökológiai gazdálkodási módszerek szerint, 53 ha területen, így a konvencionális és ökológiai gazdálkodási rendszereket párhuzamosan tudtam vizsgálni hasonló talajtípuson termesztett rokon vagy azonos növényfajtákkal.

1.2. Célkitűzések

A doktori értekezésemben bemutatott kutatásaim célja az ökológiai és konvencionális gazdálkodású nyírségi homoktalajok összehasonlító jellemzése, a talaj mechanikai, kémiai tulajdonságainak, valamint a talaj mikrobiális közösségének aktivitása és összetétele alapján. Ezen belül célul tűztem ki:

1. A mikrodomborzat hatásának vizsgálatát a vizsgált talajmechanikai, talajkémiai és mikrobiális paraméterekre.
2. A mikrobiális közösség összetételében bekövetkező változások vizsgálatát a gazdálkodási rendszer és mikrodomborzati kitétség függvényében.

3. A növényi maradványok visszaforgatásának hatására bekövetkező eltérések feltárását a vizsgált ökológiai és konvencionális gazdálkodású területek között.
4. A meteorológiai paraméterek és azok mikrobiális közösségre gyakorolt hatásainak vizsgálatát.
5. A talaj enzimaktivitásai és mikrobaközösségének összetételét megmutató PLFA markerek közötti összefüggések keresését.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A vizsgálati területek általános és topográfiai jellemzése

A vizsgálati területek a Debreceni Egyetem AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetéhez tartozó, Nyíregyháza külterületén elhelyezkedő savanyú homoktalajok (Arenosols). A térségre jellemző a topográfiai heterogenitás (a vizsgálati területek esetében 5 méteres szinteltérést mértem mind az ökológiai, mind a konvencionális parcellában), ezért a reprezentatív mintavétel érdekében mind a dombon, mind a dombaljban történt mintavételezés, valamint a talajlégzés helyszíni mérése. Mindkét parcellában megfigyelhetők a Nyírségre jellemző kovárvány csíkok. Az ökológiai gazdálkodású parcellában mind a dombon [Lamellic Arenosol (Raptic, Turbic)], mind a dombaljban [Calcaric Arenosol (Protocalcic, Turbic)] megfigyelhetők az állati keverés nyomai, valamint a dombalji talajszelvényben a mész jelenléte. A konvencionális parcellában ugyanakkor nem volt fellelhető sem az állati keverés, sem a mész a talajszelvényekben, de a parcella dombi részével [Lamellic Arenosol] ellentétben a dombalji szelvényben [Arenosol (Humic)] egy eltemetett humuszos szint volt jelen .

2.2. Talajművelés és termesztett növények

A Nyíregyházi Kutatóintézet ökológiai gazdálkodású területein a fő növényfajták az intézetben nemesítettek közül kerülnek ki, részben élelmiszer-, ökológiai vetőmag, illetve takarmány-előállítás célból. Mindkét vizsgált parcellában főleg kalászos növények (tönkölybúza, rozs, zab) termesztése történt időnként szöszösbükkönnyel társulásban, valamint zöldtrágyaként olajretket és repcét vetettek. Míg az ökológiai parcellában csak az ökológiai gazdálkodásban engedélyezett növényvédő szerek illetve mechanikai növényvédelem történt, addig a konvencionális gazdálkodásban mind a növényvédelem, mind a tápanyag utánpótlás során alkalmaztak kemikáliákat. A konvencionális parcella dombalji részén 2013. áprilisában 5 t/ha dózissal meszezéses talajjavítás történt. A vizsgálat időtartama alatt mindkét parcellában egy alkalommal történt mélylazítás, továbbá az ökológiai gazdálkodásban a talajművelés során törekedtek a kapcsolt gépsorok alkalmazására.

2.3. Talajmintavétel és terepi mérések

A talajmintákat a kijelölt területekről a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetének munkatársai segítségével az alábbiak szerint vettük:

Valamennyi mintavételi terület esetében négy mintavételi pontot különítettünk el, melyeken belül három-három fűrt almintából képeztünk átlagmintákat mind a 0-30 cm-es, mind a 30-60 cm-es rétegből, majd a mintákat mélyhűtő zacskókba osztottuk. A mikrobiológiai vizsgálatokra vett mintamennyiségeket azonnal hűtőtáskába helyeztük, és a laboratóriumba történő beszállítást követően $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk a vizsgálatokat megelőző napig. A talajkémiai és talajmechanikai vizsgálatok mintáit légszáraz körülmények között tároltuk a vizsgálatokig. A talajlégzést LCi-SD (ADC BioScientific Ltd.) nyílt rendszerű infravörös gázanalizátor segítségével határoztam meg. A készülék bemelegedését és a kalibráció felvételét követően az egyes mintavételi pontokon az egyensúly beállásáig rögzítettem a nettó CO_2 csere ($\text{NCER}=\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) mérési értékeit.

2.4. Meteorológiai megfigyelések

A meteorológiai megfigyeléseket a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet területén található μ -Metos (Pessl Instruments GmbH) meteorológiai állomás segítségével végeztük. A készülék által két percenként rögzített paraméterek közül dolgozatomban a levegő és talajhőmérsékleti adatokat mutatom be (mely utóbbiak a felső 20 cm-es talajréteg 15 cm-es mélységében voltak mérve). Ezen kívül minden csapadékos napon elvégeztük a napi csapadékmennyiség hagyományos (mérőedényes) leolvasását.

2.5. Laboratóriumi vizsgálatok

2.5.1. A talajnedvesség meghatározása

A talajminták nedvességtartalmát gravimetriásan határoztam meg, melyhez az enzimaktivitás vizsgálatokhoz frissen lefagyasztott mintákat használtam. A vizsgálatokat két ismétlésben végeztem, a bemért nedves és kapott száraz tömegek alapján a minták nedvességtartalmát m/m \% száraz anyagban határoztam meg.

2.5.2. A főbb kémiai paraméterek meghatározása

A talajminták főbb kémiai tulajdonságainak meghatározása légszáraz mintákból, 8 paraméteres, szűkített talajvizsgálattal történt a Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Karának Talaj- és Növényvizsgáló Laboratóriumában, a jelenleg érvényben lévő, ide vonatkozó magyar szabványoknak megfelelően. A vizsgálatok során meghatározták a minták vizes és kálium-kloridos pH-ját, az Arany-féle kötöttséget, az összes só-, valamint CaCO_3 tartalmat, a humusz, valamint a nitrit-nitrát-N mennyiségét, valamint az AL-oldható P_2O_5 és AL- K_2O mennyiségét.

2.5.3. A szervesanyag minőségének meghatározása E4:E6 módszerrel

A szervesanyag minőségének meghatározása a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetének Talajbiológiai Laboratóriumában PAGE et al. (1982) alapján történt. A szervesanyag kivonása a légszáraz talajminták 4,00 g-jából kiindulva, 0,5 mólos NaOH-oldattal történt. Az abszorbanciák fotometriás mérése a kivonatok 10-szeres hígításából, 0,5 mólos NaOH oldat vakkal szemben 465 és 665 nm-en, egy U2001 (Hitachi High-Tech Corporation) típusú fotométer segítségével történt. Az E4:E6 hányadost a két hullámhosszon mért abszorbanciák hányadosa adja meg, melynek értékéből a relatíve kis molekulájú fulvo-és huminsavak valamint a nagyobb molekulájú, jobb minőségű huminsavak arányára tudunk következtetni.

2.5.4. A minták összes szén- és nitrogéntartalmának, valamint a C:N arány meghatározása

A talajminták összes szén- és nitrogéntartalmát, illetve C:N arányát légszáraz talajmintákból, egy a Duma-féle égetés elvén működő elemanalizátor segítségével (varioMax CNS, Elementar Analysensysteme GmbH) határoztam meg a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetének Talajbiológiai Laboratóriumában. A kerámia téglékbe bemért 900-1000 mg-nyi talajminták tökéletes égését 300 mg WO_3 katalizátor hozzáadásával segítettem elő. A mérést követően az eredményeket m/m %-ban kaptam meg.

2.5.5. Talajmechanikai vizsgálatok

A szemcseösszetétel meghatározása a 2012 őszén vett talajmintákból száraz szitálásos szétválasztással (Talaj- és Agrokémiiai Vizsgálati Módszerkönyv 1. 1.7.5. fej.), a 2013 őszén vett talajmintákból száraz szitálással és ülepitéses módszerrel (MSZ-08-0205:1978 magyar szabvány) történt a Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Karának Talaj- és Növényvizsgáló Laboratóriumában. A 2013 őszi talajmintákból meghatározásra került továbbá a szerkezet vízállósága nedves szitálással, mely a Pannon Egyetem Georgikon Kar Mérőhely és Diagnosztikai Szolgáltató Centrumának Talajminőségi Laboratóriumában történt a minták teljes mennyiségéből. A vízálló talajfrakciók mennyiségét a száraz szitálással kapott eredmények százalékában fejeztem ki.

2.5.6. Enzimaktivitás vizsgálatok

Az enzimaktivitás vizsgálatokat (a foszfatáz kivételével), valamint a PLFA vizsgálatok mintaelőkészítését a DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetének Talajbiológiai Laboratóriumában végeztem. A növényi maradványokat valamennyi vizsgálat előtt szitálással ($\varnothing=2$ mm) és szükség esetén csipesszel távolítottam el. A minták bemérése egy Explorer Pro (Ohaus GmbH) analitikai mérleg, fotometriás mérése (a savas foszfatáz vizsgálatok kivételével) egy U2001 (Hitachi High-Tech Corporation) spektrofotométer segítségével történt.

2.5.6.1. Az invertáz enzim aktivitásának meghatározása

A vizsgálatokat MIKANOVÁ et al. (2001) módszere alapján, négy ismétlésben végeztem. 15 g eredeti nedvességű talajmintából kiindulva, a talajban lévő invertáz enzim által bontott, a mintához hozzáadott szacharóz szubsztrátból keletkező glükóz mennyiségét mértem, dinitroszalicilsav indikátor segítségével. A minták színintenzitását 508 nm hullámhosszon mértem. A „kontroll” minták értékével és a talajminták nedvességtartalmával korrigált eredményeket mg glükóz/1 g száraz talaj/4 órában adtam meg.

2.5.6.2. A dehidrogenáz enzim aktivitásának meghatározása

A talajminták dehidrogenáz-aktivitását az MSZ-08-1721/3-1986 számú magyar szabvány szerint vizsgálatam, négy ismétlésben. A CaCO_3 -al kezelt eredeti nedvességű talajminták 3,00 g-jából

kiindulva, a mintához adott TTC (2, 3, 5-trifenil-tetrazólium-klorid) oldatból, a talajban lévő dehidrogenáz enzim hatására keletkező trifenil-formazán vörös színének intenzitását 485 nm hullámhosszon etanollal szemben mértem. A sterilizett „kontroll” minták értékével és a talajminták nedvességtartalmával korrigált eredményeket mg formazán/1 g száraz talaj/1 nap értékben adtam meg.

2.5.6.3. A kataláz enzim aktivitásának meghatározása

A légszáraz talajminták kataláz aktivitásának vizsgálatát az MSZ-08-1721/4-86 számú magyar szabvány útmutatásai alapján végeztem, négy ismétlésben. 2,00 g légszáraz talajmintából kiindulva, a mintákhoz adott H₂O₂-ből a talajban lévő kataláz enzim hatására egységnyi idő alatt képződő O₂ mennyiségét mértem KMnO₄-os titrálással. A kataláz enzim aktivitását, a KMnO₄ mérőoldat faktorával és a sterilizett „kontroll” minták értékével korrigálva mg O₂/1 g talaj/1 óra értékben adtam meg.

2.5.6.4. A foszfatáz enzim aktivitásának meghatározása

Vizsgálataink során TABATABAI és BREMNER (1969) módszerét használva a Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Közhasznú Nonprofit Kft. Laboratóriumában, tekintettel arra, hogy az általam megfigyelt vizsgálati területek savanyú kémhatásúak, a savas foszfatáz aktivitást mértük négy ismétlésben. 1,00 g légszáraz talajmintából kiindulva, a mintákhoz adott PNPP (p - nitrofenil- foszfát) oldatból, a talajban lévő foszfatáz enzimek hatására képződő PNP (p-nitrofenol) mennyiségét 400 nm-en egy Evolution 300 (Thermo Fisher Scientific Company) spektrofotométer segítségével mértük. A „kontroll” minták értékével korrigált eredményeket µmol PNP/1 g száraz talaj/1 óra egységben adtam meg.

2.5.7. A talajban élő mikrobaközösség összetételének meghatározása foszfolipid-zsírsvav analízis (PLFA) vizsgálattal

Az invertáz aktivitás eredmények alapján az adott mintavételi területet legjobban reprezentáló talajminták előkészítését a gyakorlati tapasztalatok alapján módosított (WHITE et al. 1979) egyfázisú Bligh-Dyer módszerrel (BLIGH és DYER 1959) végeztem.

Első lépésben 10,00 g eredeti nedvességű talajmintából kiindulva extraháltam a talajban lévő zsírsavakat. A kapott lipid-extraktumból szilikagél töltetű SPE oszlop segítségével elkülönítettem a

foszfolipideket a többi lipid fázistól. A „szappanosítás” során a kapott foszfolipid zsírsavakból metilésztereket képeztem. Végül a hexánba átvitt mintákat $20 \text{ ng}/\mu\text{l}$ koncentrációjú metil-nonadecaonát standard oldattal egészítettem ki, és azokat az injektálási - $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on tároltam. Az előkészített foszfolipid-zsírsav-metilészter kivonatok tömegspektrométerrel kapcsolt gázkromatográfiás mérését a 2012 őszi és 2013 tavaszi mintákból az MTA TTK Anyag- és Környezetkémiai Intézetében, a későbbi mintákból pedig a Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Közhasznú Nonprofit Kft. Laboratóriumában végezték. Az egyes zsírsav-metilészterek azonosítása speciális zsírsav-metilészter standardkeverékek és egyedi standardok, valamint a tömegspektrumok alapján történt.

Az azonosított foszfolipid zsírsavak (a talaj nedvességtartalmával korrigált) mennyiségét nmol PLFA/1g száraz talaj egységben adtam meg.

2.6. A kapott eredmények feldolgozása és kiértékelése, az alkalmazott statisztikai módszerek

Az adatok feldolgozása és kiértékelés során a Microsoft Office Excel 2013-as és 2016-os verzióit, valamint az IBM SPSS Statistics 22.0 programcsomagját használtam. A mérési eredményeket átlag \pm standard hiba (SE) formátumban adtam meg. A statisztikai elemzések során három belső ismétlést használtam ($n=12$) a PLFA vizsgálatok kivételével, ahol a nagy költségvonzat miatt nem voltak belső ismétlések ($n=4$). A statisztikai elemzések során $P<0,05$, illetve a korrelációs vizsgálatok esetében $P<0,05$ és $P<0,01$ szignifikancia szinteket alkalmaztam. A varianciaanalízis (ANOVA) során a Tukey's-b és Games-Howell tesztek alkalmaztam (a homogenitás vizsgálatok eredményeinek függvényében) a különböző mintavételi területek eredményeinek összehasonlítására. A mért paraméterek közötti összefüggéseket Pearson's-korrelációval, a különböző környezeti tényezők (hőmérséklet, csapadék, művelési mód, mikrodomborzat, mintavételi mélység) befolyásoló hatását a vizsgált talajkémiai és mikrobiális paraméterekre főkomponens analízis (PCA) segítségével vizsgáltam.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Vizsgálati eredmények

A vizsgálati területek talajlégzés eredményeit összehasonlítva mindkét gazdálkodási mód esetében a dombalján mértem szignifikánsan magasabb értékeket, kivéve 2012 ősszel és 2013 tavasszal az ökológiai parcellában. A két gazdálkodási módot összehasonlítva nem állítható fel tendencia, habár 2012 őszi és 2014 nyári eredményeket leszámítva mindig a konvencionális dombalján mértem a legmagasabb talajlégzést. Megfigyelhető ugyanakkor a talajlégzés évszakos dinamikája, miszerint ősszel volt a legalacsonyabb és nyáron a legmagasabb a talajlégzés intenzitása.

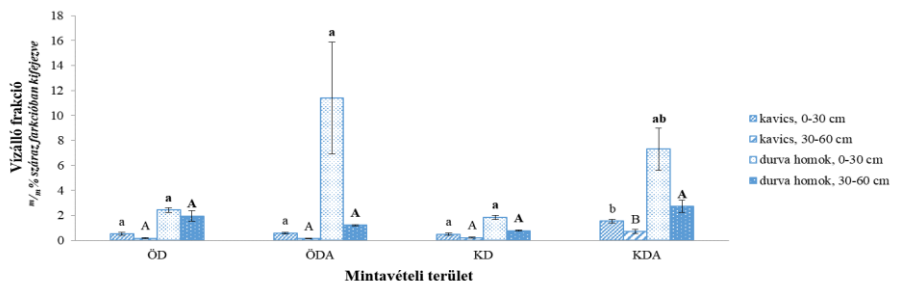
A mért meteorológiai adatok közül a levegő hőmérsékleti adatok tekintetében az éves átlagos középhőmérséklet a vizsgálatok időtartamában a 2013-as évben volt a legalacsonyabb 11,06 °C, ezt követte a 2012-es év 11,11 °C-kal, és 2014-ben volt a legmagasabb 12,10 °C. Kiemelendő 2013-ban a rendkívül hideg március, amikor is nyolc napon keresztül volt fagypont alatt a napi átlagos középhőmérséklet. Ellentétben a levegő hőmérsékleti adatokkal, a talajhőmérséklet havi átlaga a vizsgálatok időtartama alatt egyik hónapban sem volt fagypont alatt, sőt 2013. márciusban nem volt tapasztalható a havi átlagos talajhőmérséklet értékének drasztikus csökkenése, a leghidegebb napokon sem csökkent fagypont alá a talaj hőmérséklete, ami valószínűleg az azt borító vastkos hótakaró szigetelő hatásával magyarázható. A csapadék éves mennyiségét tekintve a vizsgálati időszakban a 2012-es év volt a legszárazabb 382,62 mm csapadékösszeggel, mely jóval a hazánkra jellemző 500-750 mm-es tartomány alatt van. Ezt követte a 2013-as év 485,6 mm éves csapadékösszeggel és 2014 volt a legcsapadékosabb 516,1 mm éves csapadékösszeggel. Kiemelendő a 2014. július, amikor is az e havi 16 csapadékos nap csapadékösszege 148,40 mm volt, mely az éves csapadékmennyiség közel egyharmadát tette ki.

A talajnedvesség tekintetében a két mintavételi mélység nedvességtartalma között nem volt számottevő különbség, ugyanakkor eredményeim alapján a 30-60 cm-es talajréteg nehezebben nedvesedik át, ellenben jobb a nedvességmegtartó képessége. Mivel a dombi területek jobban ki vannak téve a napsugárzás és a szél szárító hatásának, valamint a dombon mért

alacsonyabb humusztartalom, továbbá a magasabb homoktartalom és alacsonyabb iszap és agyag tartalom is az erózióknak kedveznek, így mindkét gazdálkodási mód esetében szignifikánsan magasabb talajnedvességet mértem a dombaljából vett talajmintákban.

A kapott eredmények alapján igazolódott az ökológiai gazdálkodás kedvező hatása a talajminőségre. A visszaforgatott növényi maradványok által biztosított nagyobb szervesanyag bevitel szignifikánsan magasabb vizes és kálium kloridos pH-t, magasabb szerves széntartalmat; nitrát, nitrit nitrogén tartalmat; humusztartalmat; összes szén- és nitrogéntartalmat; valamint C:N arányt eredményezett az erózióknak jobban kitett dombi területek mindkét mintavételi mélységében, a konvencionális területekhez viszonyítva.

Az általam vizsgált területek esetében a szerves trágyázásnak a szervesanyag minőségére gyakorolt kedvező hatását nem tapasztaltam, mivel az elvégzett E4:E6 vizsgálatok az esetek 65 %-ában azt mutatták, hogy a vizsgált homoktalajokban a kevésbé stabil, relatíve kis molekulájú fulvo-és huminsavak vannak többségben.



1. ábra: A vizsgált talajminták vízálló frakcióinak eloszlása 2013 őszén

ÖD: ökológiai domb, ÖDA: ökológiai dombalj, KD: konvencionális domb, KDA: konvencionális dombalj

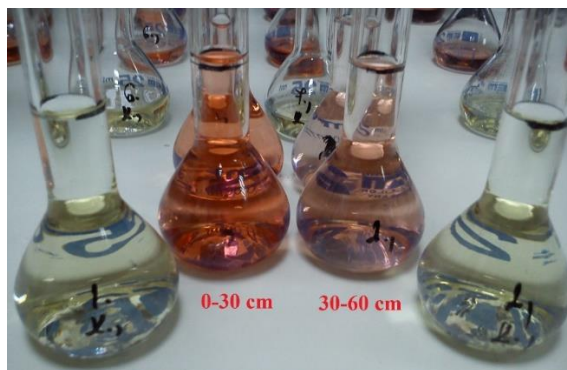
¹ az oszlopok fölötti a-d indexek a csoportok közti különbségeket jelölik (Tukey-b teszt, $P < 0,05$)

² az oszlopok fölötti A-D indexek a csoportok közti különbségeket jelölik (Tukey-b teszt, $P < 0,05$)

A talajmechanikai vizsgálatok tekintetében a kavics frakció aránya a többi vizsgált frakcióhoz képest az ökológiai gazdálkodású parcellában volt a legnagyobb. A domborzati kitettség, és az ebből adódó erózió hatására a finomabb szemcsék egy része a dombról a dombaljba mosódott/szállítódott le. A homok frakció aránya az iszap

és az agyag frakcióhoz viszonyítva mindkét gazdálkodási mód és mintavételi mélység esetében a dombon, míg az iszap frakcióé a dombaljban volt szignifikánsan nagyobb. Az agyagfrakció mennyisége a dombaljban volt nagyobb mindkét parcellában és mintavételi mélységben. A magasabb szervesanyag bevitel kedvezően befolyásolta a talaj vízerózióval szembeni ellenálló képességét is, az ökológiai táblában a vízálló talajfrakciók mennyisége nem különbözött szignifikánsan a domb és a dombalj között, míg a konvencionális táblában a különbség szignifikáns volt ($P < 0,05$).

Az invertáz, a dehidrogenáz és a kataláz enzimek esetében általánosságban elmondható, hogy a felső 30 cm-es mintavételi mélységből vett mintákból mértem magasabb értékeket, továbbá a mikrodomborzat tekintetében a dombalji minták rendelkeztek magasabb enzimaktivitással.



2. ábra: Szemmel látható színintenzitásbeli különbség a két mintavételi mélységből vett minták dehidrogenáz mérésre előkészített talajkivonatai között

A két gazdálkodási módot összehasonlítva megfigyelhető a növényi maradványok visszaforgatásának a kedvező hatása, miszerint az ökológiai parcellában általánosságban magasabb invertáz, dehidrogenáz és kataláz aktivitást mértem a konvencionálishoz viszonyítva, mely a dehidrogenáz enzim esetében volt a legkifejezettebb. Az invertáz esetében megfigyelhető az enzim aktivitásának évszakos dinamikája, miszerint ősszel és tavasszal magasabb aktivitások mérhetők, mint nyáron, ugyanakkor a dehidrogenáz enzim eltérően az invertáz enzimtől általánosságban tavasszal és nyáron mutatott nagyobb aktivitást, mint ősszel. A kataláz enzim aktivitása nem mutatott olyan mértékű évszakos változást, mint

az invertáz és a dehidrogenáz. A két gazdálkodási módot összehasonlítva szignifikánsan magasabb savas foszfatáz aktivitást mértem az ökológiai, mint a konvencionális parcellában. A domborzat tekintetében az ökológiai gazdálkodású parcellában a teljes vizsgálati időtartamban a dombalji területek foszfatáz aktivitása volt szignifikánsan magasabb, míg a konvencionális gazdálkodású parcellában csak a 2012 őszi és 2013 tavaszi vizsgálatok során volt megfigyelhető ez a tendencia. A talajban mért foszfatáz enzim aktivitás a környezeti tényezők változásával évszakos dinamikát mutatott, mely az ökológiai parcellában kifejezettebb volt, mint a konvencionálisban.

A PLFA vizsgálatok során általánosságban elmondható, hogy valamennyi mért PLFA marker koncentrációja magasabb volt a felső 30 cm-es talajrétegben a 30-60 cm-es mintavételi mélységhez viszonyítva. A bakteriális, a G⁺ és G⁻, valamint az Aktinomyoceta és összes PLFA markerek mennyisége kiugróan magas volt a felső 30 cm-es talajrétegben a 2012 őszi mintavétel során. A mikrodomborzat tekintetében általában szignifikánsan nagyobb értékeket mértem a dombaljból vett minták esetében. A gazdálkodási mód tekintetében a dombról vett minták esetében volt megfigyelhető az a tendencia, miszerint az ökológiai parcellában volt magasabb a bakteriális, a G⁺, valamint az Aktinomyoceta és összes PLFA markerek mennyisége. A gombák mennyisége mindkét mintavételi mélységben a dombon volt nagyobb hasonlóan a homok frakcióba tartozó részecskékhez, amit magyaráz, hogy a gombák a nagyobb pórusokban és az aggregátumok felszínén helyezkednek el, melyek miatt jóval érzékenyebbek a környezeti hatásokra, ugyanakkor ezen területeken a vízmegtartó képesség kicsi, ami a talajnedvesség változásaival szembeni érzékenyítő tényező. A homok frakció és a gombák mennyisége közötti pozitív kapcsolatot a korrelációs vizsgálatok is megerősítették ($r=0,434$, $P<0,05$). A 2013 áprilisában alkalmazott meszezés hatására 2013 nyarától a gombák mennyisége a pH emelkedésével növekedett a konvencionális dombaljban, valamint a magasabb tápanyag tartalom miatt az ökológiai dombaljban is, ezt követően a 2013 őszi eredmények kivételével a dombaljban mértem szignifikánsan magasabb gomba PLFA marker koncentrációkat. A PLFA eredmények évszakos dinamikát mutattak, miszerint

általánosságban ősze és tavasszal magasabb PLFA koncentrációkat mértem, mint a nyári mintavételek alkalmával.

Az egyes PLFA markerek egymáshoz viszonyított arányából, valamint a térbeli és időbeli eloszlásából következtetni tudtam arra, hogy a vizsgált terület talajában az adott időpontban mely fázisban volt a szervesanyag bontása. Az ökológiai gazdálkodási mód esetében általánosságban elmondható, hogy a dombról vett minták $G^+ : G^-$ aránya volt magasabb, tehát az alacsonyabb $G^+ : G^-$ arány az ökológiai dombaljban a könnyen felvehető, kevésbé stabil szénformák magasabb mennyiségét jelzi, ugyanakkor a konvencionális parcellában ez a tendencia nem volt megfigyelhető. A könnyen felvehető szénformák mindkét mintavételi mélységben ősze, azaz az aratással egyidőben/azt követően voltak jelen nagyobb mennyiségben, és azok mennyisége nyárra szignifikánsan csökkent, melyet az évszakos dinamika figyelembe vétele is alátámaszt (a 2012 őszi mintavétel kivételével), mely szerint a vizsgált talajminták baktériumközösségében ősze volt magasabb a G^+ baktériumok aránya a G^- baktériumokhoz viszonyítva, míg ez az arány nyáron volt a legalacsonyabb.

Ősze és tavasszal mindkét mintavételi mélységben és gazdálkodási mód esetében a dombon volt szignifikánsan magasabb a gombák baktériumokhoz viszonyított aránya, annak ellenére, hogy a dombon számottevően kevesebb volt a mért szervesanyag mennyisége.

Az Aktinomyces:baktérium arány általánosságban a dombaljban volt szignifikánsan magasabb mindkét mintavételi mélységben és gazdálkodási mód esetében, tehát a dombaljban nem csak a mikrobiális biomassa mennyisége volt nagyobb, hanem intenzívebbek voltak a mikrobiális bontási folyamatok is.

A PLFA markerek alapján kalkulált baktérium sejtszám eredmények tekintetében általánosságban elmondható, hogy a dombaljból vett minták nagyobb baktérium sejtszámmal rendelkeztek, amely feltehetően a kedvezőbb tápanyag ellátottság következménye. Az eredmények összefüggést mutatnak azzal a megfigyeléssel, miszerint az alacsonyabb pH kedvezőtlen a baktériumok számára, hiszen a konvencionális parcellában bekövetkezett meszezés követően jelentősen megnövekedett a baktérium sejtszám a konvencionális parcella dombalji részében, mely a 30-60 cm-es mintavételi mélységben jóval kifejezettebb volt. Az évszakos dinamika

tekintetében a nyáron vett minták baktérium sejtszáma volt a legalacsonyabb, míg a tavasszal vett mintáké a legmagasabb.

A talaj nedvességtartalma a vizsgált enzimaktivitásokkal a teljes vizsgálati periódusban, illetve néhány alkalommal az összes PLFA tartalommal is szignifikáns pozitív korrelációt mutatott. Ugyanakkor a talajnedvesség a nyári mintavételek alkalmával kevésbé volt meghatározó paraméter, mint ősszel és tavasszal, amikor is a vizsgált szén-, és nitrogénformákkal, valamint a vizsgált enzimaktivitásokkal közepesen szoros-szoros, pozitív szignifikáns korrelációban volt ($P < 0,01$).

A vizsgált nyírségi homoktalajok esetében a pH_{KCl} mind a vizsgált szén és nitrogénformákkal, mind a mikrobiális biomarkerek többségével közepesen szoros-szoros, pozitív, szignifikáns korrelációt mutatott ($P < 0,01$).

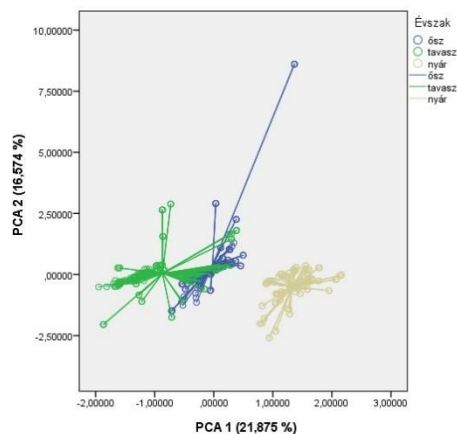
A talajminták szerves és szervesetlen szén-, és nitrogéntartalma, valamint a C:N arány az esetek többségében közepesen szoros-szoros, pozitív, szignifikáns ($P < 0,01$) korrelációt mutatott a vizsgált enzimaktivitásokkal.

A vizsgált enzimaktivitások között általában szignifikáns pozitív kapcsolat volt, melynek erőssége azonban változó volt. A biomarkerek tekintetében, az invertáz aktivitás a 2014 nyári mintavétel kivételével közepesen szoros-szoros, pozitív, szignifikáns ($P < 0,01$) korrelációt mutatott a PLFA markerek többségével és az azokból kalkulált baktérium sejtszámmal. A kataláz aktivitás a 2012 őszi mintavétel kivételével az invertázhoz hasonló tendenciát mutatott. A dehidrogenáz aktivitás a 2012 őszi, valamint a két tavaszi mintavétel során mutatott szignifikánsan pozitív korrelációt a vizsgált PLFA markerekkel és az azokból kalkulált baktérium sejtszámmal. A foszfatáz enzim aktivitása az esetek többségében csupán az invertáz és kataláz enzimek aktivitásával mutatott pozitív, szignifikáns kapcsolatot ($P < 0,01$).

Eredményeim alapján a bakteriális, a G^+ , a G^- , és az Aktinomyceta PLFA markerek szignifikánsan negatívan, míg a C18:2n6 gomba PLFA marker és a PLFA markerekből kalkulált baktérium sejtszám szignifikánsan pozitívan korreláltak a csapadék éves mennyiségével ($P < 0,01$). A vizsgált homokterületeken megfigyelhető volt a hőmérséklet befolyásoló hatása a mikrobiális aktivitásra, miszerint az éves átalagos talaj és levegő hőmérsékletek

növekedésével a talajlégzés és az invertáz enzim aktivitása is nőtt (P<0,01), ugyanakkor a dombalji vizsgálati területek talajában lévő bakteriális biomassza mennyiségét negatívan befolyásolta (P<0,01).

A főkomponens analízis során a bakteriális-, a G⁺- és G⁻-, az Aktinomyceta, valamint az összes PLFA markerek, és a PLFA markerekből kalkulált baktérium sejtszám jelentős faktorsúllyal rendelkező, domináns paraméterek voltak a hagyományos enzimaktivitás vizsgálatokkal ellentétben. Az eredmények grafikus ábrázolása esetén láthatjuk, milyen mértékben különülnek el az eredmények a különböző szelektáló tényezők (művelési mód, mikrodomborzat, év, évszak, mintavételi terület) szerint.



3. ábra: Az eredmények évszak szerinti eloszlása a teljes vizsgálati időszakban

A teljes vizsgálati időszakot figyelembe véve a művelési mód szerint kevésbé, míg a domborzat, a mintavételi mélység szerint jól láthatóan, az év és az évszak szerint pedig markánsan elkülönültek az eredmények. Továbbá a két mintavételi mélység eredményeit külön kezelve valamennyi vizsgálati időpontban elkülönültek a különböző mintavételi területek eredményei, a legszámottevőbb eltéréseket a nyári mintavételi eredmények mutatták. Ezen eredmények is alátámasztják a vizsgálati eredmények komplex rendszerben történő értelmezésének szükségességét.

Eredményeim megerősítették, hogy a mikrodomborzati kitétség befolyásolja a talajminőséget továbbá a mikrobiális közösség aktivitását és összetételét, valamint hogy a mikrobiális biomassza aktivitására vonatkozó adatok értelmezése során figyelembe kell vennünk a meteorológiai paramétereket is, hiszen

azok változásai befolyásolják a talajban élő szervezetek életfolyamatait, melyek az általános megfigyelésektől eltérő tendenciákat is mutathatnak a helyi talaj és klimatikus viszonyok függvényében.

3.2. Új tudományos eredmények

1. A *mikrodomborzati kitétség talajminőséget befolyásoló hatását* elsőként igazoltam a Nyírségre jellemző savanyú homoktalajok esetében. A főbb kémiai paraméterek többsége szignifikánsan elkülönült mindkét gazdálkodási mód esetén, valamint a vízálló talajfrakciók eloszlása a konvencionális parcellában szignifikánsan különbözött a domb és dombalj között mindkét mintavételi mélységben ($P < 0,05$).

2. A *nyírségre jellemző mikrodomborzat mikrobiális aktivitást befolyásoló hatását* is elsőként igazoltam (a talajlégzés, a dehidrogenáz, a kataláz és savas foszfatáz aktivitás esetében, $P < 0,05$).

3. A talajminták PLFA vizsgálatával elsőként igazoltam *a mikrodomborzat befolyásoló hatását a nyírségi savanyú homoktalajok mikrobiális közösségének összetételére*.

4. Kutatásaim során elsőként *igazoltam az ökológiai gazdálkodás kedvező hatását a vízálló talajfrakciók mennyiségére*, mivel a konvencionális parcellával ellentétben, az ökológiai parcellában nem volt szignifikáns különbség az eltérő mikrodomborzati kitétségű területek eredményei között.

5. Kutatásaim során elsőként igazoltam *a meteorológiai paraméterek befolyásoló hatásait a nyírségi savanyú homoktalajok mikrobiális közösségének aktivitására és összetételére. A csapadék éves mennyisége szignifikáns kapcsolatban volt a talajlégzéssel, a vizsgált enzimaktivitásokkal és PLFA eredményekkel. A mintavételi és az előtte lévő hónapban mért talaj és levegőhőmérséklet emelkedés szignifikánsan negatívan befolyásolta a baktériumok mennyiségét a dombalján* ($P < 0,01$).

6. Statisztikai vizsgálatokkal igazoltam *a talaj invertáz és kataláz aktivitása és a talaj mikroorganizmus közösségéből kinyert foszfolipid zsírsav markerek, valamint a baktérium sejtszám közötti közepesen szoros/szoros, pozitív, szignifikáns* ($P < 0,01$) *kapcsolatot*.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A megfelelő termésmennyiségek elérésén túl törekednünk kell a talaj egészségének, termőképességének megőrzésére, lehetőség szerinti javítására is. Egy fokozatosan romló termőképességű talajon hosszú távon a kívánt hozamok csak jelentős többletköltségekkel, nagyobb idő és munkaerő ráfordítással érhetőek el, egy ponton túl pedig már ezek sem garantálják a szükséges termésmennyiség elérését. Elkerülhetetlen tehát a fenntartható gazdálkodási szemlélet minél szélesebb rétegben történő foganatosítása. Sajnos vannak olyan termőhelyek ahol az ökológiai gazdálkodási módszerek mellett jelenleg nem lehetséges a hatékony mezőgazdasági termelés (például a klimatikus viszonyok, a kártevők nagy száma miatt), de itt is törekednünk kell az ésszerű, jól átgondolt gazdálkodásra, a káros behatások minimalizálására.

A hagyományosnak számító talajkémiai, talajmechanikai és mikrobiális vizsgálatok elvégzésén túl, a PLFA módszer alkalmazásával lehetőségem nyílt a szervesanyag bontás különböző fázisainak, valamint a bevitt szervesanyag minőségének (könnyen avagy nehezen bontható formák) nyomon követésére. A kapott eredmények alapján a PLFA vizsgálatok eredményei a vizsgált talajok mikrobiológiai státuszában bekövetkező változások megfigyelésén túl hasznos információkat szolgáltatnak a talaj mikrobiális közössége által koordinált lebontási folyamatok nyomon követéséhez.

A talaj mikrobiális közösségét kutató vizsgálatok során gyakran figyelmen kívül hagyják a meteorológiai körülményeket, annak ellenére, hogy a mikrobiális aktivitásnak, valamint az ennek során végbemenő szervesanyag bontásnak is megvannak a hőmérsékleti és talajnedvességhez kapcsolódó optimum értékei, hiszen a talajban élő mikrobák olyan élőlények, melyek rendkívül érzékenyen reagálnak egyes meteorológiai paraméterek változásaira.

A meteorológiai állomások mérési eredményi általában egy nagyobb területet fednek le, azonban az általam kapott eredmények alapján is igazolódik, hogy a néhány méteres szintkülönbség esetén is jelentős eltérések mérhetőek az egyes mintavételi területek mechanikai, kémiai, és mikrobiális aktivitást/közösségi összetételt jellemző eredményei között. Nincs ez másként a meteorológiai paraméterek esetében sem, azonban a mérőállomások jelentős

beszerzési költsége miatt nem jellemző, hogy egy szűkebb területen belül, például ugyanazon tábla dombi és dombalji részén is elhelyezzenek egy-egy ilyen állomást. Ugyanakkor véleményem szerint értékes és tanulságos eredményeket nyerhetnénk ezen megfigyelésekkel.

Jelen doktori értekezés eredményei valamint gyakorlati tapasztalataim alapján az alábbi javaslatokat fogalmaztam meg a különböző tájegységek és gazdálkodási módok eredményességének jellemzéséhez használt vizsgálatok kapcsán:

1. A vizsgálatok megtervezéskor törekedni kell arra, hogy az adott területről minél több hasznosítható adat legyen, melyet azonban nem az egy időben megvett nagy mintaszámmal célszerű elérni, hanem azzal a minimális mintaszámmal, mely még reprezentatívan jellemzi a vizsgált területet, és ezen minták széleskörű komplex vizsgálatával. A mintavételezés megtervezése és kivitelezése során javaslom figyelembe venni az adott tájegységre jellemző mikrodomborzati sajátosságokat is (domb és dombalj elkülönítése).

2. Az enzimaktivitás vizsgálatok során legalább egy extracelluláris és legalább egy intracelluláris talajenzim vizsgálatát (mivel előbbieket általában könnyebben mérhetőek, ugyanakkor az intracelluláris enzimek érzékenyebbek, ennél fogva időben pontosabb képet adnak) a talajmátrix esetleges zavaró hatásainak figyelembe vételével.

3. A mikrobiális vizsgálatok értelmezésekor a meteorológiai paraméterek változásainak figyelembe vételét, különös tekintettel a levegő és talajhőmérsékletre, valamint a csapadék mennyiségére és eloszlására.

4. A mikrobiológiai vizsgálatok körében a klasszikus enzimaktivitás vizsgálati módszerek kiegészítését PLFA és DNS/RNS alapú molekuláris vizsgálatokkal.

5. Egy egységes, standardizált vizsgálati protokoll kidolgozását, mely a mintavételezés megtervezésétől és kivitelezésétől az eredmények kiértékeléséig kiterjed.

Fenti javaslataimon túl ígéretesnek tartom újabb meteorológiai állomások kiépítését a mikrodomborzati sajátosságok figyelembe vételével.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Idegen nyelvű, lektorált tudományos közlemények

1. **Demeter I.**, Makádi M., Tomócsik A., Aranyos T. J., Michéli E., Posta K. (2018) Chemical and microbiological properties of Hungarian sandy soils under different management practices Applied Ecology And Environmental Research 16:3. 3473-3488. pp.
2. **Demeter I.**, Makádi M., Tomócsik A., Aranyos T. J., Posta K. (2016) Microbial community profiles in response to different soil managements in sandy soil. Agriculture And Forestry / Poljoprivreda I Sumarstvo 62:4. 11-17. pp.

Magyar nyelvű, lektorált tudományos közlemények

1. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Ferenczy A., Posta K. (2013): Az ökológiai és konvencionális művelés alá eső nyírségi talajok mikrobiológiai és talajkémiai vizsgálatai, Tájökológiai Lapok 11 (2): 311- 320.pp.

Idegen nyelvű konferencia kiadványok

1. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T. J., Posta K. (2019) Long-term effect of ecological management on microbial activity in sandy soil. In: LOTEX 2019 2nd Conference on Long-Term Field Experiments on the 90th anniversary of Westsik's experiment. 49-54. pp.
2. **Demeter I.**, Makádi M., Végső B., Aranyos T. J., Posta. K. (2019) The effect of recycled plant residues on the microbial activity of typical sandy soil of the Nyírség region. In: Zoltán, Kende; Csaba, Bálint; Viola, Kunos (szerk.) 18th Alps-Adria Scientific Workshop: Alimentation and Agri-environment: 02. April, 2019 Cattolica, Italy. Abstract book Gödöllő, Magyarország. Szent István Egyetem Egyetemi Kiadó. 42-43. pp.
3. **Demeter I.**; Makádi M., Aranyos T. J., Tomócsik A., Posta K. (2018) Relationship between the microbial activity and land use on typical sandy soil of the Nyírség region In: Zoltán, Kende (szerk.) 17th Alps-Adria Scientific Workshop:Abstract book Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetem Egyetemi Kiadó. 110-111. pp.

4. **Demeter I.**, Makádi M., Tomócsik A., Aranyos T., Posta K. (2015) Annual variability of microbiological and chemical parameters in sandy and meadow soils on the basis of its organic and conventional origin *Növénytermelés* 64. 127-130. pp.
5. **Demeter I.**, Makádi M., Tibor Aranyos, Katalin Posta (2013): How influence the organic and conventional farming systems on soil organic matter and soil microbial activities of sandy soils in Nyírség region of Hungary, 4th CASEE Conference Food and Biomass Production - Basis for a Sustainable Rural Development. Abstract collection, Zágráb (ISBN 978-953-7878-07-8) 42. p.
6. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Posta K. (2013): Changes of soil microbial activities in organic and conventional farming systems on sandy soils in Nyírség region of Hungary (poszter absztrakt), 4th International Conference on Organic Agriculture Sciences (ICOAS) Abstract collection, Budapest 73. pp.
7. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Ferenczy A., Posta K. (2013): Microbial and chemical investigations of soils in organic and conventional farming in Nyírség region, VIII. Carpathian Basin Biological symposium-I. Sustainable development in the Carpathian Basin, Book of Abstracts, Budapest. 32-33 pp.

Magyarnyelvű konferencia kiadványok

1. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T. J., Henzsel I., Végső B. (2019) A visszaforgatott növényi maradványok hatása a talaj mikrobiális aktivitására. In: Lajtós, István; Kosztyuné, Krajnyák Edit; Szabó, Béla - Tápanyag-utánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban: "Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében". Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet. 66-74. pp.
2. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Tomócsik A., Posta K. (2014) Nyírségi talajok mikrobiális aktivitásának szezonális dinamikája eltérő gazdálkodási rendszerekben In: Sisák, István; Homor, Anna; Hernádi, Hilda (szerk.) A talajok térbeli változatossága, elméleti és gyakorlati vonatkozások: Talajtani Vándorgyűlés: Az előadások összefoglalói Budapest, Magyarország, Veszprém, Magyarország, Gödöllő, Magyarország: Pannon Egyetem. 44-45. pp.

Idegen nyelvű előadás, poszter bemutatása

1. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T. J., Posta K. (2019) Long-term effect of ecological management on microbial activity in sandy soil. LOTEX 2019 2nd Conference on Long-Term Field Experiments on the 90th anniversary of Westsik's experiment. Nyíregyháza, Hungary. 21.11.2019. Poster.
2. **Demeter I.**; Makádi M., Aranyos T. J., Tomócsik A., Posta K. (2018) Relationship between the microbial activity and land use on typical sandy soil of the Nyírség region. 17th Alps-Adria Scientific Workshop. Hnanice. Czech Republic. 10.04.2018. Poster.
3. **Demeter I.**, Makádi M., Tomócsik A., Aranyos T. J., Posta K. (2016) Microbial community profiles in response to different soil managements in sandy soil. VII International Scientific Agriculture Symposium: Agrosym 2016. Jahorina, Bosznia-Hercegovina. 07.10.2016. Poster.
4. **Demeter I.**, Makádi M., Tomócsik A., Aranyos T., K. Posta (2015) Annual variability of microbiological and chemical parameters in sandy and meadow soils on the basis of its organic and conventional origin, 14th Alps-Adria Scientific Workshop, 05.12.2015., Neum (Bosznia-Hercegovina). Presentation.
5. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Posta K. (2013) How influence the organic and conventional farming systems on soil organic matter and soil microbial activities of sandy soils in Nyírség region of Hungary, 4th CASEE Conference Food and Biomass Production - Basis for a Sustainable Rural Development, Zágráb, 07.03. 2013. Poster.
6. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Posta K. (2013) Changes of soil microbial activities in organic and conventional farming systems on sandy soils in Nyírség region of Hungary, 4th International Conference on Organic Agriculture Sciences (ICOAS), Budapest-Eger, 10.09.13. 2013. Poster.
7. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Ferenczy A., Posta K. (2013) Microbial and chemical investigations of soils in organic and conventional farming in Nyírség region, VIII. Carpathian Basin Biological symposium-I. Sustainable development in the Carpathian Basin, Budapest, 22.11.2013. Presentation.

Magyar nyelvű előadás, poszter bemutatása

1. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T. J., Henzsel I., Végső B. (2019) A visszaforgatott növényi maradványok hatása a talaj mikrobiális aktivitására. Tápanyag-utánpótlás a fenntartható homoki gazdálkodásban: "Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében". Nyíregyháza, Magyarország. 2019.03.27. Előadás.
2. **Demeter I.** (2014) Az ökológiai és konvencionális gazdálkodás hatása a nyírségi talajok szervesanyagának mennyiségi- és minőségi, valamint a talaj mikrobiális tulajdonságaira II., ÖMKI – találkozó, Budapest, 2014.03.06. Előadás.
3. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Tomócsik A., Csákiné Michéli E., Posta K. (2014) Nyírségi talajok mikrobiális aktivitásának szezonális dinamikája eltérő gazdálkodási rendszerekben, Talajtani Vándorgyűlés, Keszthely, 2014.09.04. Előadás.
4. **Demeter I.** (2013) Az ökológiai és konvencionális gazdálkodás hatása a nyírségi talajok szervesanyagának mennyiségi- és minőségi, valamint a talaj mikrobiális tulajdonságaira, ÖMKI – találkozó, Budapest, 2013.02.21. Előadás.
5. **Demeter I.** (2013) Ökológiai és konvencionális területek talajmikrobiológiai eredményeinek összehasonlítása, Biogazdálkodás Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében - Problémák, lehetőségek és eredmények, Nyíregyháza, 2013.05.23. Előadás.
6. **Demeter I.** Makádi M., Aranyos T., Ferenczy A., Posta K. (2013) Az ökológiai és konvencionális művelés alá eső nyírségi talajok mikrobiológiai és talajkémiai vizsgálatai, VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi konferencia, Budapest, 2013. 11.22. Előadás.
7. **Demeter I.**, Makádi M., Aranyos T., Posta K. (2013) Az ökológia és konvencionális művelés alá eső nyírségi talajok mikrobiológiai és talajkémiai vizsgálatai, Ph. D. Hallgatók Környezettudományi Konferenciája, Budapest. Előadás