

# TALAJBIOM KUTATÓ TRANSZDISZCIPLINÁRIS KIVÁLÓSÁGI KÖZPONT LÉTREHOZÁSA A FENNTARTHATÓ TALAJERŐFORRÁS BIZTOSÍTÁSA ÉRDEKÉBEN

GINOP-2.3.2-15-2016-00056

A megvalósítás  
helyszíne:  
AGRÁRTUDOMÁNYI  
KUTATÓKÖZPONT,  
2462 Martonvásár,  
Brunszvik utca 2.  
Hrsz. 174 és 176.



**ATK** Agrártudományi  
Kutatóközpont



EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Regionális  
Fejlesztési Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**

**SZÉCHENYI** 2020



# A PROJEKT CÉLKITŰZÉSE

A rendszerszemléletű kutatás fókuszában az a stratégia áll, hogy a talajmetagenomikai eredmények segítségével hozzájárulunk a mainál hatékonyabb, környezetkímélő, fenntartható növénytermesztési eljárások kidolgozásához.

A talajbiommal kapcsolatos ismerethiányok kitöltését a világviszonylatban is egyedülálló több évtizedes kontrollált mezőgazdasági tartamkísérlet(ek) talajának elemzésével végezzük.

A következő területeken várunk előrelépést:

- A talajbiom diverzitása és a talajfunkciók közötti összefüggések növénytermesztési rendszerekben.
- Hiánypótló vizsgálatok a talajfunkciók fenntartásában kulcsszerepet játszó mikro- és mezobióta (baktériumok, gombák, mikro- és mezofauna) diverzitása és a mezőgazdasági célokból lényeges ökoszisztéma szolgáltatások közti kapcsolatok felderítése.

## Kutatásaink eredményeképpen

- Fenntartható és nagyhatékonyságú növénytermesztés-technológiai stratégiák kidolgozása indul meg.
- A trágyázási és vetésforgó variánsoknak a talajbióta diverzitására gyakorolt hatás-elemzésével a növénytermesztés szempontjából ideális mikrobiális közösségstruktúra-megtartó kezelés-kombinációkat fejlesztünk.
- Javaslatot teszünk a mikrobiális funkciókat kiegészítő talajoltó készítmények összetételére.
- Megalapítjuk a Kelet-közép-európai Fenntartható Talajerőforrás-gazdálkodási Tudásközpontot (East-Central-European Knowledge Center for Soil Resource Management)

# MEGVALÓSULT BERUHÁZÁSOK, MŰSZERBESZERZÉSEK

A pályázat lehetővé tette három laboratórium korszerű felszerelését. A laboratóriumok épületgépészeti felújítását, kifestését az ATK saját forrásaiból valósította meg, az új bútorokat MTA pályázat finanszírozta. A laboratóriumok lelkét, vagyis a műszerezettséget a pályázatból valósítottuk meg mintegy 180 millió forint összegű beruházási forrásból. A három laboratórium funkcióját a tervbe vett kutatások aszeptikus munkavégzés, ill. nagy „biológiai tisztaságú” munkahely igénye alapján határoztuk meg. Így az egyikben („nagy tisztaságú munkahely”) a metagenomikai elemzések és az ahhoz szükséges - nukleinsav kivonást követő - előkészítő munkálatok folynak, míg az egymásba nyíló másik két helyiségben a többi, aszeptikus munkát nem feltétlenül megkövetelő műveleteket végezzük. Megjegyezzük, hogy a beruházás részét képezték nagy tisztaságú munkahelyek is („lamináris box”), ilyen módon mind a metagenomikai laboratóriumban, mind a talajökológiai laboratóriumban lehetőség van a fertőzésre nagyon érzékeny műveletek elkülönített végzésére.



Illumina MiSeq NGS készülék a DNS szekvenáláshoz.  
*Illumina MiSeq NGS equipment for DNA sequencing.*



A molekuláris labor nélkülözhetetlen elemei a PCR készülékek.  
*PCR instruments are essential parts of the molecular laboratory.*



A projekt során beszerzett Nikon mikroszkópok elsősorban a mikro- és mezofauna kutatásban nélkülözhetetlen eszközök.  
*Nikon microscopes are used mainly for identification of the micro- and mesofauna elements.*

A **METAGENOMIKAI LABORATÓRIUM** kulcsműszere az **Illumina MiSeq DNS bázissorrend elemző** berendezés. A berendezés alkalmas mind ún. amplikon, mind pedig shotgun szekvenálási technikák megvalósítására, de transzkripció elemzésére is használható. Egy-egy futással (mintegy 24 óra) 10-100 gigabit mennyiségű adat keletkezik. Ennek elsődleges gyűjtése a berendezés számítógépében történik, de az adatok kiértékelésére, bioinformatikai elemzésére, vagy az egyéb vizsgálatok során keletkezett adatokkal (pl. terméseredmények, talajbiokémiai- fizikai paraméterek stb.) együttes biostatistikai elemzésére már a nagy adatbázisok tárolására és azokon műveletek végzésére alkalmas szerver számítógéprendszerrel szereltünk be. A „SuperMicro” gépeket az ATK új számítógéppontjában helyezhettük el, ahol az üzemeltetés feltételei hiánytalanul rendelkezésre állnak. A laboratóriumokba további berendezéseket vásároltunk: **különböző PCR rendszereket** (beleértve a Q-PCR-t is), **centrifugákat, nukleinsav tisztaság-, méret- és koncentrációmérésre alkalmas felszerelést, és egyéb molekuláris laboratóriumi eszközöket, valamint a reagensek és minták tárolását szolgáló hűtő és fagyasztó berendezéseket.**

A **TALAJÖKOLÓGIAI LABORATÓRIUM** két szobájának felszerelése két eltérő feladat ellátását szolgálja. Az egyik kulcsrendszere egyfajta „**vizualizációs platform**”, amelynek a **mikroszkópjai** segítik a mikrofaunával kapcsolatos, ill. egyéb mikroszkópos szerkezet feltárási munkákat. A másik szoba pedig egy **hagyományos talajmikrobiológiai, -biokémiai laboratórium**. A felszerelés **sterilizáló berendezéseket** (autokláv és hőlégt sterilizáló), **inkubátort, liofilizáló és vákuumcentrifuga készüléket, az enzimológiai mérésekhez szükséges feltárási és elemző berendezéseket** tartalmaz (abszorbancia mikrolemes leolvasó). Ugyanakkor itt helyeztük el a **nukleinsav kivonáshoz használt automata** berendezést is. Vagyis a talajminták ebbe a laboratóriumba érkeznek és a metagenomikai laboratóriumba csak a már kivont nukleinsav kerül át. A felszerelésnek természetesen részét képezik **centrifugák, mérlegek, valamint itt is a minta stb. tárolásra szolgáló hűtő és fagyasztó berendezések.**

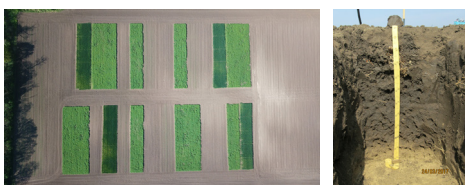
# A KUTATÁSI PROJEKT MINTAVÉTELI HELYSZÍNEI

## Martonvásári tartamkísérlet.

A kísérleti terület Martonvásár mellett fekszik, ahol 1960-ban vetésforgós kísérletet állítottak be 7x5 kezeléssel, 4 blokkal (Győrffy Béla), amit azóta is folyamatosan fenntartanak, tehát egy igazi hosszú távú tartamkísérlet. A kutatás során összesen 830 mintát vettünk és vizsgáltunk.

## Kontroll mintavételi területek.

Teljesen ép bolygatatlan löszpusztagyep a tartamkísérlet környezetében nem volt, ezért egy kicsit távolabb találtunk alkalmas területet, továbbá a közelben más művelési ágba tartozó lösztalaj területeket.



A Martonvásár melletti vetésforgós kísérlet (balra), helyszínének légi felvétele, és talajszelvénye (jobbra).  
*Aerial view of the crop rotation experiment near Martonvásár (left), and a soil profile.*



A Martonvásár melletti vetésforgós kísérlet.  
*Crop rotation experiment at Martonvásár.*



Erdősült löszpusztagyep kontroll terület Ráckeresztúr határában (őreg tölgyes balra fent, akácos jobbra fent és fiatal tölgy telepítés lent).  
*Afforested control area on the outskirts of Ráckeresztúr (old oak plantation top left, black locust top right and young oak plantation bottom).*

- Helyi kontroll (Martonvásár)**, amely egy ruderalis elemekkel tarkított löszgyep folt, legalább 20 éve nem bolygatott parlag. 70 mintát elemeztünk.
- Bicskei kontrollterület.** Natura 2000 védelem alatt lévő természetes löszpusztagyep (Bicske-Pócalja). Jelenleg semmilyen gazdálkodás nincs, régebben szarvasmarhát legeltettek itt. Meredek lejtése miatt mezőgazdasági művelésre nem alkalmas, így viszonylag érintetlen. 68 mintát vettünk.
- Erdősült löszpusztagyep kontroll terület Ráckeresztúr határában**, 3 különböző erdőrésszel (őreg tölgyes, akácos, fiatal tölgytelepítés). 96 mintát vizsgáltunk.
- Battonya Tompapusztai löszpusztagyep.** A Békés-Csanádi-hát löszpusztagyepének egyik utolsó maradványa, a Körös-Maros Nemzeti Park fokozottan védett egysége, az ország legnagyobb összefüggő, löszháton fekvő ősi löszpusztarét-állománya kimagasló botanikai és zoológia értékekkel. A mezőgazdasági tájban szigetszerűen fennmaradt, viszonylag nagy kiterjedésű (20,9 ha) gyepet hosszú ideig marhákkal legeltették, több évtizede már csak kaszálják. 18 minta reprezentálja talaját.
- Őrbottyán, humuszos homoktalajú terület**, karbamidos műtrágyakezeléssel beállított kisparcellás kísérlet kukorica növényvel. Az előbbi lösztalajú területekhez képest egy kontrasztosan különböző homoktalajt is számításba vettünk.

## Vetési sorrendek

1	kukorica monokultúra
2	őszi búza monokultúra
3	kukorica időszakos monokultúra (3 év lucerna + 5 év kukorica)
4	búza időszakos monokultúra (3 év lucerna + 5 év őszi búza)
5	búza-kukorica dikultúra (2 év őszi búza + 2 év kukorica)
6	trikultúra (3 év lucerna + 3 év kukorica + 2 év őszi búza)
7	Norfolki-típusú vetésváltás (kukorica + tavaszi árpa + borsó + őszi búza)

## Tápanyag-kezelések:

A	0
B	# (30 t/ha/4év) + NPK (100+50+50 kg/ha/év)
C	2008-ig szár/szalma + NPK (100+50+50 kg/ha)
D	NPK (100+50+50 kg/ha)
E	felvett NPK (kukorica: 230+110+200 kg/ha/év; búza: 175+35+70 kg/ha/év)

Vetésváltó kísérleti kezelések.

Treatments in crop rotation experiment. Numbers 1-7 indicate different crop rotations, while A-E show different fertilization treatments with I-IV experimental blocks.



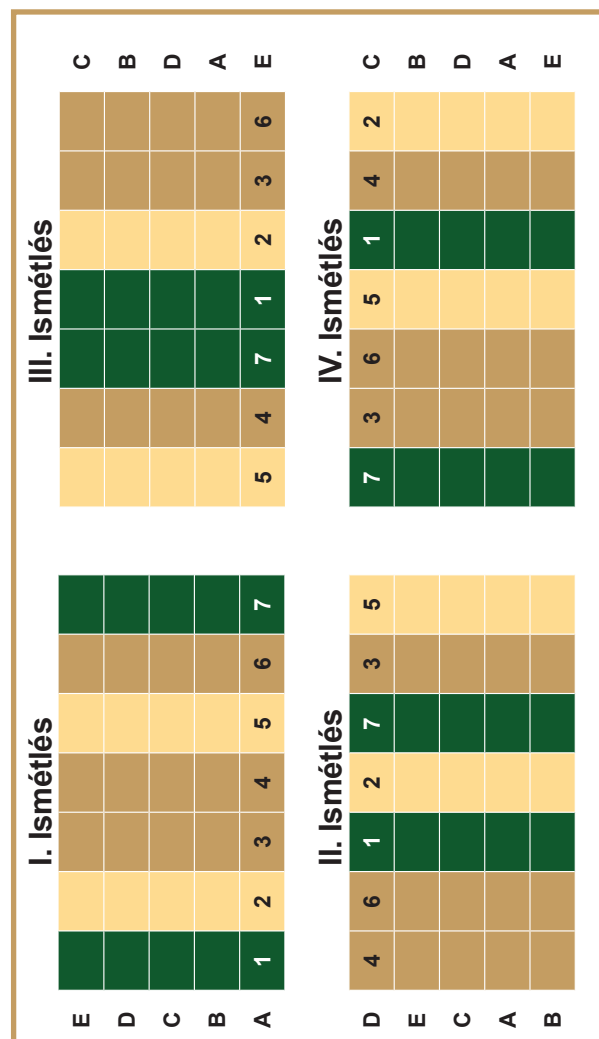
Martonvásár melletti parlag és a Bicske-Pócalja löszpusztagyep, mint kontroll területek.  
The fallow near Martonvásár and the loess grassland at Bicske-Pócalja as control sites.



Battonya Tompapusztai löszpusztagyep.  
Loess grassland at Battonya (South Hungary).



Órbottyán, karbamid műtrágyázásos kísérlet kukorica növényvel.  
N-fertilization experiment with maize at Órbottyán.

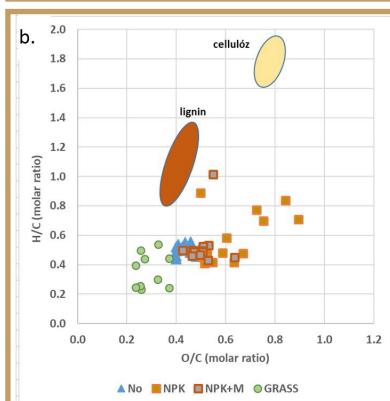
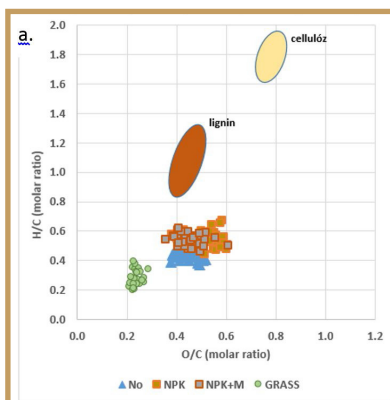


Szegély terület (talajszelvény helye)

# A TALAJHASZNÁLAT ÉS A MŰVELÉSMÓD HATÁSA A TALAJ SZERVES ANYAGAINAK MENNYISÉGÉRE ÉS MINŐSÉGÉRE

	SOC (t/ha)	STD	SOC deficit (t/ha)
Referencia gyep [a] (Bicske)	56,70	1,87	-
Nincs trágyázás [b]	12,31	0,96	44,40
NPK [c]	13,89	0,94	42,82
NPK+ istállótrágya [d]	13,30	0,97	43,40
Ugar (gyep) [e]	25,38	1,14	31,32

A vizsgált talajok becsült szerves szén (SOC) készlete és annak deficitje a szolum egészére vonatkoztatva.  
*Estimated soil organic carbon (SOC) stocks and deficits for the whole solum at the grassland (a), arable not fertilized (b), arable NPK fertilized (c), arable NPK + manure fertilized (d) and fallow (e).*



A vizsgált talajok szerves anyagának H/C és O/C arányai (a) a talaj egészére vonatkoztatva; (b) a talaj aggregátumainak szerves anyagában. Grass = gyep és ugar, NPK = NPK műtrágya kezelés, NPK+M = műtrágya és istállótrágya kezelés, No = nincs talajerő utánpótlás.  
*H/C and O/C ratios of soil organic matter in (a) whole soil; (b) in soil aggregate organic matter. Grass = grassland and fallow, NPK = NPK fertiliser treatment, NPK+M = fertiliser and manure treatment, No = no soil amendment.*

Bolygónk talajtakarója globális léptékben nagyobb mennyiségű szenet tartalmaz szerves kötésben, mint az atmoszféra és a szárazföldi ökoszisztémák összes széntartalma. A mezőgazdaság intenzifikációjának hatására szerves szénkészletük jelentős részét elvesztették. E szénmennyiség legnagyobb része a légköri széndioxid szint emelkedéséhez járult hozzá. E folyamat megfordítása egyben az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás egy eleme (pl. a talaj vízbefogadásának és víztároló képességének emelése). A különböző gazdálkodási módok, ill. üzemszervek ebben a folyamatban, önmagukban is jelentős szerepet játszhatnak. A talajerő utánpótlási szerepe azonban még nem ismert. A martonvásári tartamkísérleti területen (NPK műtrágya használata, szerves trágyázás kombinálva NPK műtrágya használatával, kukorica és búza monokultúrák, ill. dikultúra) csernozjom talajon vizsgáltuk a talajhasználatnak a szerves anyag készlet egészére, illetve a különböző funkciójú és stabilitású pool-okra gyakorolt hatását. A földhasználat megváltoztatása, valamint a szántóföldi gazdálkodás intenzifikációjának eredményeként a talajok mind a mai napig nettó CO<sub>2</sub> kibocsátók. A folyamat megfordítható, amelyet a martonvásári ugaroltatott területen vizsgálni is lehetett.

A bicskei gyepet referenciaként használva a martonvásári talajok szerves szén deficitje meghaladja a 40t/ha értéket. A mintegy húsz éve ugaroltatott területre vonatkozó érték 31 t/ha, ami 0.6 t/ha/év szerves szénkészlet növekményt jelent. Az általunk tapasztaltak a nemzetközi szakirodalomban található értékekkel összhangban vannak. A talajművelés a szervesanyagokra több úton is hatással van. Ezek közül az egyik legfontosabb a talaj szerkezeti elemeinek rombolása. A szántott talajokon a trágyázás hiánya a talajok vízbefogadását és a szerves anyagok stabilizációját segítő szerkezeti elemek (aggregátumok) arányának további csökkenését eredményezte. A szervesanyagok talajokban történő stabilizálásában a szénülési folyamat az egyik kulcselem. A vanKrevelen diagramon ábrázolt H/C és O/C arányok alapján az ugaroltatott terület szerves anyagai gyorsan a referencia talajokéra emlékeztetnek. A talajerő utánpótlás tekintetében mind a H/C, mind az O/C arányok alapján megindult a szerves szén stabilizálódása. **A talaj szerves anyagainak minőségére a talajművelésnek és a trágyázásnak volt hatása. A haszonnövények között kimutatható különbséget nem tapasztaltunk.**

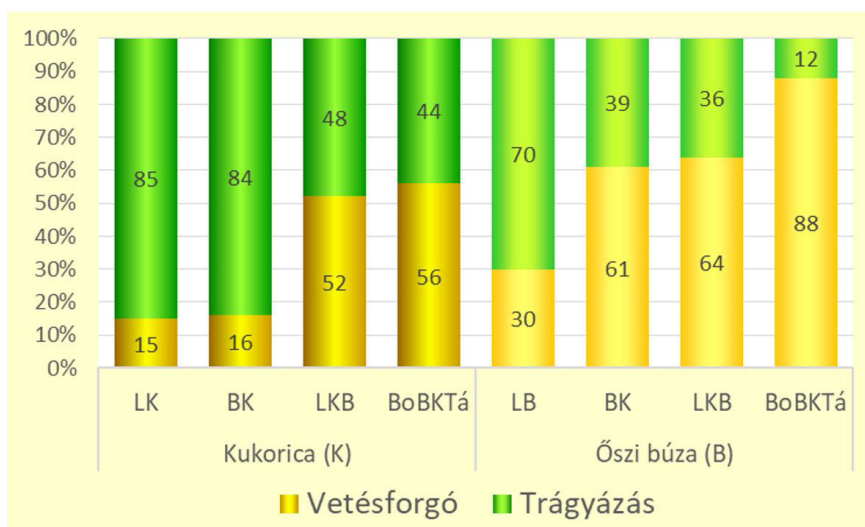
# A MŰVELÉSMÓD HATÁSA A KUKORICA ÉS AZ ŐSZI BÚZA PRODUKTIVITÁSÁRA ÉS TERMÉSSZABILITÁSÁRA

Az érdemi környezeti kultúrával bíró társadalmak valódi nemzeti kincsékként kezelik a sokévtizedes tartamkísérleteket. Sokasodnak a fenntarthatósággal, az életminőséggel összefüggő társadalmi kérdések, melyekre lehetséges válaszadó források ezek a szántóföldi laboratóriumok.

A martonvásári vetésciklus vs. monokultúra tartamkísérlet közel hat évtizedes eredményesorai is igazolják, hogy a talaj mezőgazdasági használatának távlatosságára a vetésciklus, vagyis az adott területen fejlődő kultúrnövények, a termesztett fajok sorrendje, annak időtartama, ciklikussága is hat. A vetésciklusnak és a növénytaplálásnak a produktivitásra gyakorolt, egymáshoz viszonyított dominanciáját a termesztett növényfaj is meghatározza. A kukorica termőképességét tekintve azokban a vetésciklus-

zetekben, amelyekben a faj részaránya elérte, vagy meghaladta az 50%-ot (lucerna-kukorica és búza-kukorica dikultúra), a domináns termesztési faktor a trágyázás volt (84-85%). A fajok eltérő reakciótípusát igazolja, hogy a búza teljesítményére a vetésciklus – minden vizsgált kezelésciklust tekintve – jelentősebb hatással volt, mint a kukorica produktivására. Inverz dominanciaviszonyok érvényesek a búza norfolki-típusú vetésciklusban történő, valamint a kukorica lucernás-dikultúrában való termesztése során.

**A stabilitásvizsgálatok eredményei szerint a trágyázott kezelésekben a monokultúrás termesztéshez viszonyítva a kukorica produktivását a lucernás dikultúra 7, a búzás dikultúra és a lucernás-búzás trikultúra 4,5, míg a norfolki négyes forgó 3,8 t/ha környezeti átlag felett haladta meg.**



A vetésciklus és a trágyázás hatása a kukorica és a búza termésére di- (LK, LB, BK) és trikultúrában (LKB), valamint norfolki-típusú vetésciklusban (BoBKTá), Martonvásár, 1960-2016

Effects of crop rotation and fertilization on maize and wheat yields in di- (LK, LB, BK) and tri-cultures (LKB) and in a Norfolk-type rotation (BoBKTá) between 1960-2016. B – őszi búza (winter wheat); Bo – borsó (peas); K – kukorica (maize); L – lucerna (alfalfa); Tá – tavaszi árpa (spring barley).

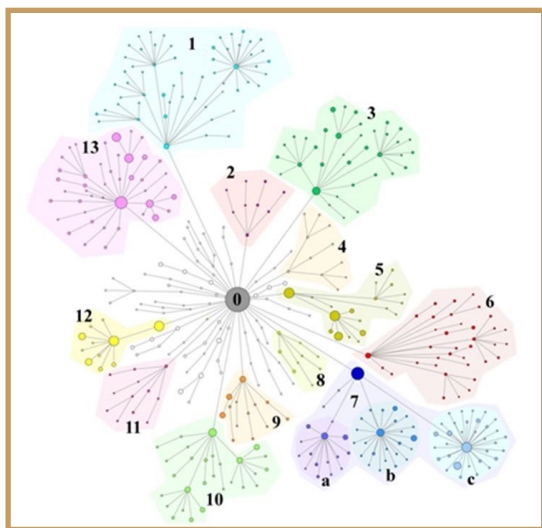
Tartamkísérleteink eredményei arra hívják fel a figyelmet, hogy talajaink minőségromlásának megakadályozása, termőképességének fenntartása, javítása elképzelhetetlen a tudatos szervesanyag-gazdálkodás, a víz- és szénmegőrző talajművelési eljárások alkalmazása nélkül. A Green Deal által kitűzött célok megvalósítása szükségszerűvé teszi, hogy a hazai növénytermesztési gyakorlatba, az intenzív techno-

lógiaikba is beépüljenek új szemlélettel kifejlesztett készítmények. Az új mikrobiológiai készítmények, biopeszticidok, növekedésszabályozó anyagok okos és eredményes alkalmazása elképzelhetetlen azok működési feltételeinek, esetleges hatástalanságuk okainak felderítése nélkül. Ezeknek az összefüggéseknek a felismerésében szereppel bírnak a tartamkísérletek is.

# A TALAJ MIKROBIÓTA DIVERZITÁS VÁLTOZÁSA

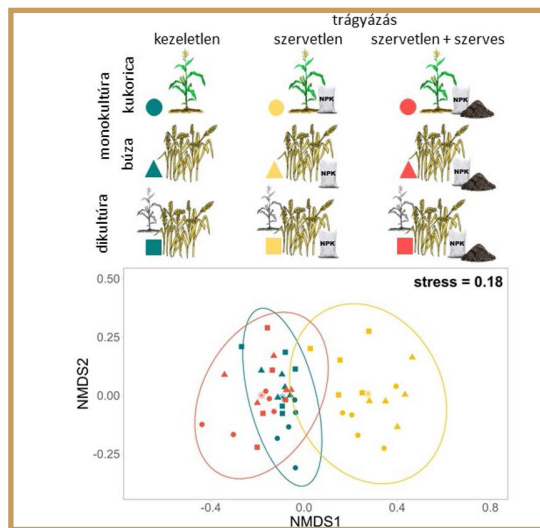
A modern mezőgazdasági művelési módok és az ezekkel együtt járó talaj termékenységet fokozó eljárások a termesztett növények talajában jelentősen csökkenthetik a mikrobaközösségek taxonómiai sokféleségét. **Kutatásunk során a Bacteria és az Archaea közösségek összetételének elemzésével arra kerestünk választ, hogy milyen változás következett be a mezőgazdasági művelésből több évtizede felhagyott kontroll talajhoz képest a több mint 60 éve intenzív művelés alatt álló talajokban a növény faja, valamint a trágyázási és a művelési módok függvényében.** A martonvásári kukorica és búza monokultúra és dikultúra tartamkísérletek trágyázás nélküli (kezeletlen), kizárólag szervesetlen (NPK) trágyázott, valamint szervesetlen és szerves (kombinált) trágyázott talajainak és a kontroll talajnak az összehasonlító mikrobiális diverzitás elemzését 16S rRNS gén alapú ampikon szekvenálással végeztük el. A baktériumtörzsek antimikrobiális hatóanyag teszteléséhez tenyésztésen alapuló módszert alkalmaztunk. Eredményeink alapján szig-

nifikáns különbséget mutattunk ki a művelt talajok és a parlagon hagyott (kontroll) talaj mikrobiotájának összetételében, mind a Bacteria, mind az Archaea taxonok vonatkozásában. Minden mintában a Proteobacteria, a Bacteroidota és az Acidobacteriota törzsek képviselői voltak a leggyakoribbak. A domináns közösségalkotó taxonok és a gyakori talajbaktérium nemzetségek arányában a művelési módok szerint nem volt számottevő különbség. Bizonyos taxonok relatív gyakorisága egyértelműen a különböző trágyázási típusokhoz volt köthető. A kezelési módok közül a baktériumközösségek szerkezetére és az antimikrobiális hatóanyag termelésére legnagyobb mértékben az NPK műtrágyázás hatott. **A vizsgált talajok baktériumközösségének összetételét a hosszútávú (szervesetlen) trágyázás jobban befolyásolta, mint az eltérő művelési módok vagy a termesztett növény faja. A szervesetlen műtrágyának a művelt talajok mikrobiotájára gyakorolt erőteljes diverzitáscsökkentő hatását szerves trágya kijuttatásával azonban mérsékelni lehetett.**



A talajminták teljes halmazában azonosított OTU-k abundanciája alapján rajzolt Bacteria (0) hálózat. Végpontok: baktériumrendek. A körök mérete az adott taxon abundanciájának négyzetgyökével arányos. Színnel kiemelt törzsek: 1: Patescibacteria; 2: Armatimonadetes; 3: Actinobacteria; 4: Cyanobacteria; 5: Bacteroidetes; 6: Chloroflexi; 7: Proteobacteria [a:  $\delta$ -Proteobacteria; b:  $\alpha$ -Proteobacteria; c:  $\gamma$ -Proteobacteria]; 8: Firmicutes; 9: Gemmatimonadetes; 10: Planctomycetes; 11: Elusimicrobia; 12: Verrucomicrobia; 13: Acidobacteria.

Összesen: 9059 OTU; 1711 taxon; 34 baktériumtörzs.  
Bacteria network drawn based on the abundance of OTUs identified in the total set of soil samples. Endpoints are orders. Altogether 9059 OTUs, 1711 taxa; 34 bacterium phyla. Numbers refer to the most abundant bacterium phyla.



A trágyázás, a búza és kukorica monokultúra és a búza-kukorica dikultúra hatása a baktériumok diverzitására.

*Effect of fertilization, wheat and maize monocultures and wheat-maize dicultures on bacterial diversity.*

- non fertilized maize monoculture;
- ▲ non fertilized wheat monoculture;
- non fertilized maize-wheat diculture;
- ▲ the same cultures with mineral fertilization;
- ▲■ the same cultures with manure and added mineral fertilizers.

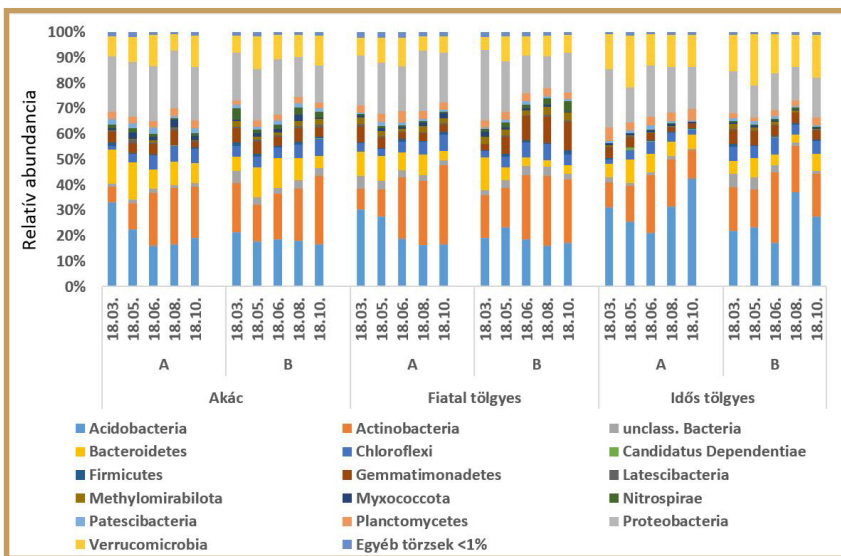


# ERDŐTALAJOK METAGENOMIKAI ELEMZÉSE

A Martonvásár és Ráckeresztúr határában kijelölt három erdőterület talajtípusa megegyezik a mezőgazdasági területek talajával, így ezek az erdőtalajok, mint bolygatatlan kontroll területek, kiváló alanyai a talajban lejátszódó folyamatok és a mikrobiális diverzitás kapcsolat elemzésének. A három kijelölt erdőállomány 20 éves elegyetlen akác, 2 éves csertölgy elegyes kocsányos tölgy fiatalos, ill. egy 80 éves csertölgy és virágos kóris elegyes kocsányos tölgyes volt. Az erdőtalajokat 4 éven keresztül vizsgáltuk, mely során elvégeztük az évente a vegetációs időszakban 3, ill. 5 alkalommal, három ismétlésben, 2 talajrétegből gyűjtött talajminták talajfizikai, - kémiai és mikrobiológiai elemzését (amplikon szekvenálással). A mikrobiális közösségek katabolitikus aktivitás-mintázatának vizsgálatára mikrorespirációs

tesztet végeztünk, emellett elemeztük a környezeti (talajtani) változóknak a mikrobiom összetételre gyakorolt hatását.

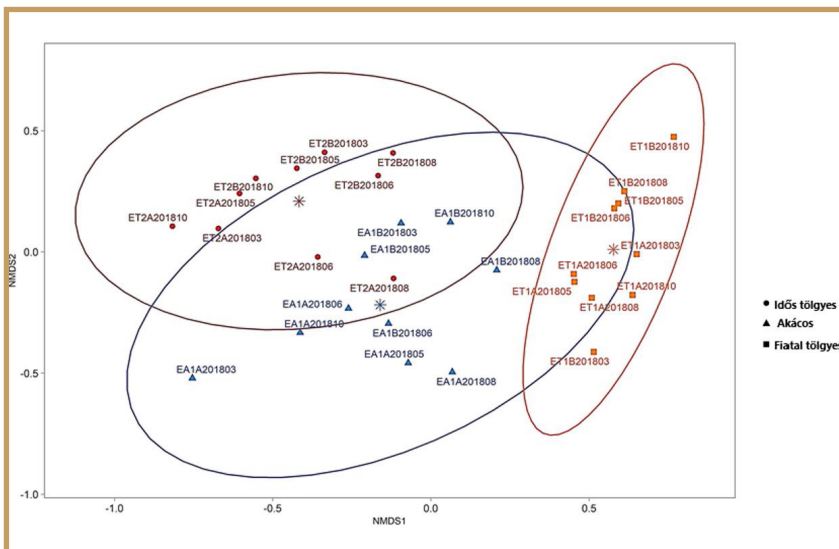
Megállapíthattuk, hogy mindhárom erdőtalaj esetében az Acidobacteria, Actinobacteria, Proteobacteria és a Verrucomicrobia törzsek domináltak. A talaj-mikrobiom összetétele alapján a Bray-Curtis index felhasználásával készített NMDS ábra elemzésével megállapítható, hogy a két tölgyes talaj-mikrobiom összetétele közötti különbség nagyobb a tölgy-akác viszonylathoz képest. Ez arra enged következtetni, hogy a talaj mikrobiális összetételére az erdőállomány szerkezete nagyobb hatással van, mint annak fafajösszetétele (legalábbis, a vizsgált fajok esetében).



A talaj baktériumközösségek relatív abundanciája törzsi szinten a három erdőterületen 2018-ban. A: 0-10 cm mélység, B: 10-40 cm mélység.

Relative abundance of soil bacterial communities at the phylum level in the three forest stands in 2018.

A: 0-10 cm soil depth, B: 10-40 cm soil depth; akác = black locust, fiatal tölgyes = young oak plantation, idős tölgyes = old oak plantation.



Az egyes erdőállományok talajbióta összetétel alapján (Bray-Curtis index) szerkesztett NMDS ábrája (2018). ET1: Fiatal tölgyes; ET2: idős tölgyes; EA1: Akác.

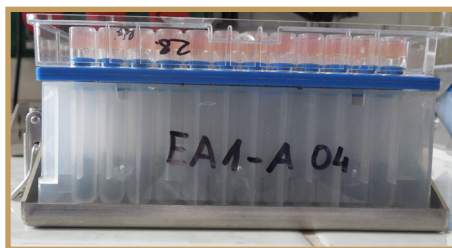
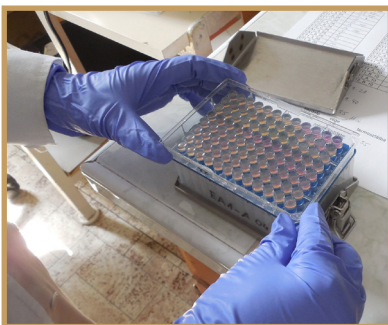
NMDS plot of the soil biota composition (Bray-Curtis index) of the forest stands in 2018.

■: young oak; ●: old oak; ▲: black locust.

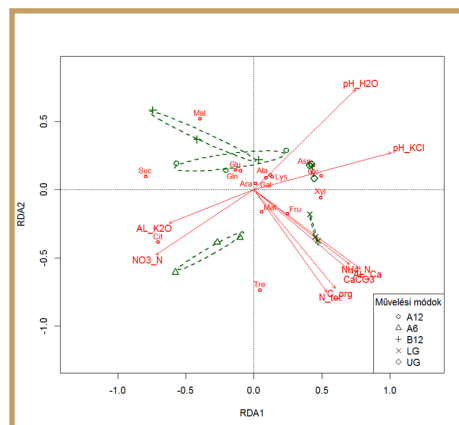
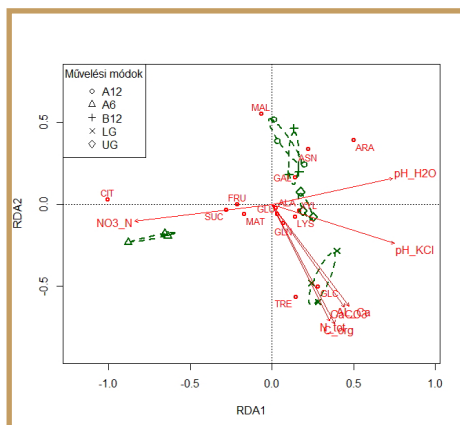
# KATABOLIKUS AKTIVITÁS- MINTÁZATOK ELEMZÉSE

A földhasználat megváltoztatása erdő- vagy gyepezgázkodásról szántóföldi gazdálkodásra, továbbá a szántóföldi gazdálkodás intenzifikációja a biodiverzitás csökkenéséhez és a talajfunkciók sérüléséhez vezethet. Jelen kutatási megközelítésünk a talajmikrobióta katabolikus aktivitás-mintázatának az elemzésére irányult. Összehasonlítottuk a katabolikus aktivitás-mintázat meghatározására alkalmazott Multiresp és Microresp módszereket. A martonvásári tartamkísérlet és a kontroll területek lösz talaján a következő mintákat elemeztük: 1) természetes löszgyep Bicske-Pócalján (LG), 2) ugar (UG) és búza-kukorica dikultúra 3) helyi kontroll (A12), 4) NPK műtrágyázott (A6), 5) istálló + műtrágyázott (B12) parcellák. A talajmintákhoz 15 különböző szerves szubsztrátot adtunk, majd az ezek mikrobiális bontása során bekövetkező talajlégzés változását mérve összevetettük a különböző kezelések katabolikus aktivitás-mintázatát. A gyepezg, ugar és a NPK műtrágyázott területekről származó minták katabolikus aktivitás-mintázata szignifikánsan elkülönült egymástól, de a kontroll és a csak istállótrágyával kezelt talaj

nem vált el egymástól. A vizsgált Multiresp és Microresp módszerek eredményei összhangban vannak egymással, az eltérő talajhasználat mindkét módszer esetén elkülönült. A talaj kémiai tulajdonságai közül a talaj szerves-C, nitrát-N és pH szignifikáns módon befolyásolta a katabolikus aktivitás-mintázatot. Ezt követően összehasonlítottuk a katabolikus aktivitás-mintázatokat kukorica és búza monokultúra rendszerekben három trágyázási mód mellett (kontroll; NPK kezelés; NPK + istállótrágya), továbbá vizsgáltuk a szezonális hatásokat két év alatt. Eredményeink alapján a mikrorespirációs (MicroResp) módszer alkalmazása ígéretesnek tűnik a talaj mikrobiális közösség in situ katabolikus aktivitás-mintázatának elemzésére eltérő talajok, művelési módok vagy egyéb kezelések hatásának kimutatására. **A növénykultúra hatása (kukorica vagy búza) alig kimutatható változást okozott. Ennél jóval markánsabb különbségek jelentkeztek az eltérő trágyakezelések hatására. A szezonális hatás a kukorica monokultúra talajában volt nagyobb.**



Katabolikus aktivitás-mintázat (respirációs aktivitás) elemzése (Microresp módszer) a talajmintákból.  
*Analysis of catabolic activity patterns (respiratory activity) with the Microresp technique in soil samples.*

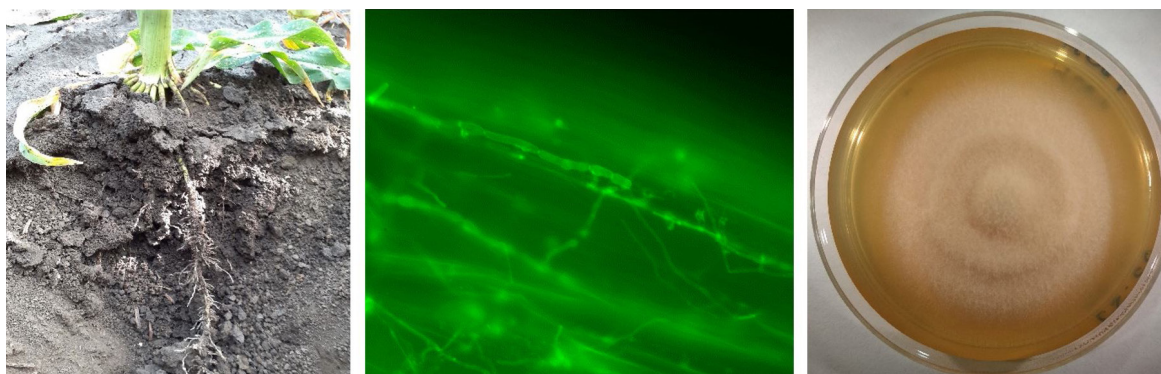


Katabolikus aktivitás-mintázatok redundancia-analízise a talajkémiai változók hatásának feltüntetésével.  
*Redundancy analysis of catabolic activity patterns by detecting the effect of soil chemical variables.*

# GYÖKÉRKOLONIZÁLÓ ENDOFITON GOMBÁK VIZSGÁLATA

A növények számos nem-patógén mikroorganizmussal élnek együtt, többek között a talaj bióm és a növényi mikrobióm egy fontos tagjaként jelenlévő gyökérekolonizáló endofiton (DSE) gombákkal. Ezek a gombák gyakoriak természetes élőhelyek fűféléiben és a mezőgazdaságban fontos kalászosok (például a búza) és kukorica gyökereiben, az élőhelyek talajában is. A DSE-közösség tagjai pozitív hatással lehetnek a gazdanövények produkciójára és túlélésére, mely hatást többek közt a talaj tápanyagellátottsága és az adott növényfaj is befolyásolja. Mindezek ellenére kevés vizsgálat irányult mezőgazdasági területeken ültetett gazdaságilag fontos gabonafélék/fűfélék DSE gombáira, ezek közösségeire és a fontosabb domináns csoportokra. Ezek vizsgálatához megfelelő területet biztosítottak a martonvásári talaj-tartamkísérlet parcellái, melyen hosszú ideje nevelnek monokultúrában növényeket. Vizsgálataink során évente több alkalommal gyökér mintákat gyűjtöttünk a tartamkísérleti területekről. Ezek egy részében fluoreszcens és klasszikus fénymikroszkópos eljárásokkal vizsgáltuk a gombakolonizációt. Száználcvan minta esetén azok felszínsterilizálása,

majd táptalajra helyezése után izoláltuk a gyökerekből a gombákat. A gombákat DNS kivonás után molekuláris biológiai módszerekkel, az adott gombacsoport faj szintű azonosítását lehetővé tévő DNS szakaszok vizsgálatával azonosítottuk. Összesen több mint 350 DSE törzset sikerült izolálnunk és azonosítanunk, melyek a filogenetikai elemzések alapján legalább 21 leszármazási vonalat reprezentáltak. Jelentős részük a *Setophoma terrestris* és *Periconia macrospinosa* fajokhoz tartozott, melyek általánosan ismert DSE gombák. Néhány kisebb gombacsoporttól eltekintve a gyakori és domináns DSE csoportok általánosan jelen voltak az eltérő kezelésű területeken is. **Munkánk során azonosítottuk a területen jelenlévő domináns csoportokat, melyek további vizsgálata alapvető fontosságú, hiszen így megalapozott információkat kaphatunk a mezőgazdasági területeken is nagy jelentőségű gyakori gombacsoport funkciójáról.** A törzsgyűjteményünk lehetőséget ad arra, hogy a gazdanövény és a különböző kezelések hatását az alkalmazások szempontjából is fontos kérdésekben vizsgálhassuk.



A kukorica endofiton izoláláshoz mintázott gyökere (balra), a gyökéret kolonizáló fluoreszcensen festett hifák a gyökérben (középen) és egy a gyökerekből izolált tenyészet (jobbra).

A maize root sampled for endophytic isolation (left), fluorescently stained hyphae colonizing the root (centre) and a culture isolated from the roots (right).

# A MEZOFAUNA ÖSSZETÉTELE AZ ŐSZI BÚZA ÉS KUKORICA TALAJÁBAN

A talajban élő (mikro)ízeltlábúak mintázatképző paramétereinek feltárása az egyik legjobban kutatott kérdés a talajökológiában. A martonvásári hosszú távú mezőgazdasági tartamkísérlet egyedülálló lehetőséget biztosít arra, hogy tanulmányozhassuk a talajban élő atka- és ugróvillás közösségek mintázatformáló változóit. Búza és kukorica mono- és dikultúrát vizsgáltunk, amelyek több mint 60 éve műtrágya és istállótrágya kezelés alatt állnak. Két éven keresztül gyűjtöttük tavasszal és ősszel a mintákat, hogy a talajban élő mezofauna tagjait kinyerjük. Az atkákat és ugróvillásokat rend szintig határoztuk, majd a talajtulajdonságokkal együtt elemezve összehasonlítottuk a közösségeket az egyes kezelések között.



A talaj mezofauna kinyerése a talajból Berlese-típusú futatókkal.  
Recovery of soil mesofauna from the soil with Berlese-type funnels.

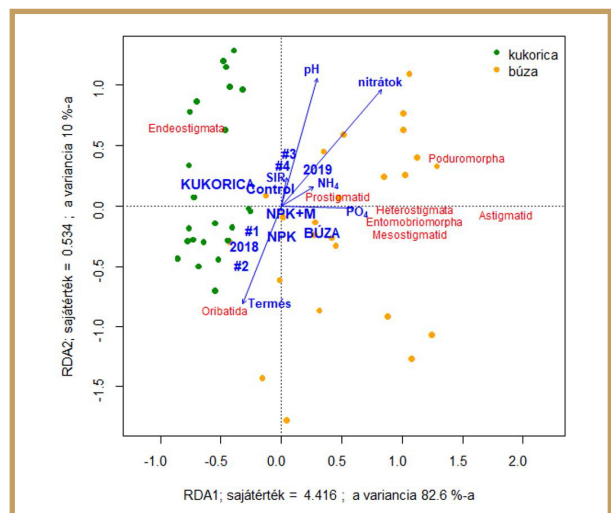


A vetésforgó talajmintákból kinyert ugróvillások.  
Collembolans extracted from the soil samples of the crop rotation



A vetésforgó talajmintákból kinyert atkák.  
Acari extracted from the soil samples of the crop rotation.

A legfontosabb közösségformáló változók a természetett növény és a vizsgálati év voltak. A legtöbb atka és ugróvillás csoportot a búzaföldeken találtuk, bár voltak olyan atkacsoportok, amelyek a kukoricát preferálták. Az egyes évek változatos abundancia eredményeket mutattak, amely kapcsolatba hozható a két vizsgált év eltérő csapadékösszegével. A trágyázásnak nem volt kimutatható hatása a talajlakó állatokra, pedig a talaj pH értéke és foszfát tartalma eltért az egyes kezelések között. Emellett bizonyos atkacsoportok térbeli mintázatokat is mutattak, amelyek függetlennek tekinthetők a kezelésektől és a természetett növénytől. **Néhány mezofauna csoport a dikultúra parcellákban nagyobb abundanciával fordult elő, mint a monokultúrában.** A hosszú távú kísérletet tartalmazó terület lehetővé tette, hogy nagy bizonyossággal feltárjuk a trágyázás közvetlen, hosszú távú hatását a talajlakó állatokra, és emellett kimutassuk a további mintázatképző faktorokat a szántóföldön.



Különböző rendekbe tartozó talajatkák abundanciájának redundancia-analízise a kezelések és a talajkémiai változók hatásainak feltűntetésével.

Redundancy analysis of the abundance of soil Acari belonging to different orders, revealing the effects of treatments and soil chemical variables. ● maize, ● wheat.

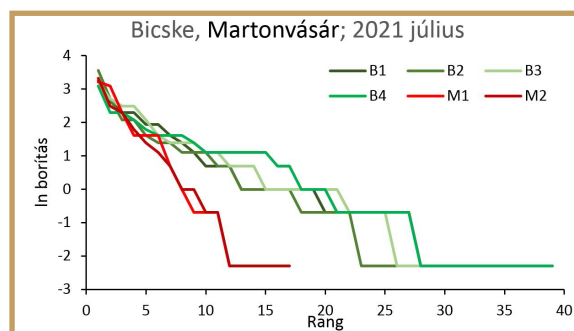
# A NÖVÉNYZET DIVERZITÁSMUTATÓINAK VÁLTOZÁSA A TERMÉSZETKÖZELI, ILL. ANTROPOGÉN GYEPEKBE

A vetésciklusok vizsgálatahoz választott három kontroll gyepterületen mértük fel a hajtásos növények diverzitását. Martonvásáron a szántóföldi kísérleti parcellák szomszédságában fekvő másodlagos gyeptelen, és Bicskén a táj természetes növénytakaróját képviselő löszpusztagyepen 2018 és 2021 között négy éven át tavasztól ősziig nagy részletességgel követtük a növényzet állapotát. A délkeleti országhatárnál fekvő Battonyán egy országosan kiemelkedő természetességi értékű löszpusztai ősgyepet egy alkalommal mértünk fel 2021 nyarán. A hagyományos növénytakaró felvételezés módszerét használva 4 m x 4 m-es mintanegyzetekben rögzítettük az előforduló fajokat és tömegességüket Battonyán és Bicskén 4, Martonvásáron 2 ismétlésben.



Növénytakarók felvételezése a Bicske melletti löszpusztagyepen.  
*Survey of the plant communities in the natural grassland near Bicske.*

Mintanegyzetenként átlagosan 54 növényfaj fordult elő 154% összesített borítással a bicskei természetes gyeptelen, míg a martonvásári másodlagos gyeptelen az átlagos 23 faj 125% borítást ért el. A 2021 nyári mintában a battonyai és a bicskei természetes löszpusztagyep fajszáma hasonló volt (32, ill. 34), akárcsak a fajok összesített borítása (113%, ill. 105%). A Shannon-diverzitás értéke a természetes referencia gyeptelen 2,46-3,18 (Bicske) és 1,88-2,15 (Battonya, csak nyári adat) volt, míg a martonvásári másodlagos gyeptelen 1,43-1,76 között alakult. A fajok rang-tömegesség diagramjának meredek lefutása erős dominanciát jelez a másodlagos gyeptelen (az összes borítás több mint felét egyetlen faj, a réti perje [*Poa pratensis*] adta), míg a természetes gyeptelen kapott kisebb meredekségű összefüggés a nagyobb fajszám és a fajok közötti kiegyenlített tömegességi viszonyok eredménye.



A növényfajok rang-tömegesség diagramja a természetes löszpusztagyepen Bicskén (B1-B4) és a másodlagos gyeptelen Martonvásáron (M1-M2) 2021 júliusában. A fajok tömegességét borításuk méri, a vízszintes tengelyen a fajok tömegességük szerint csökkenő sorrendben állnak.

*Rank-abundance diagram of plant species in a natural loess grassland in Bicske (B1-B4) and in a secondary grassland in Martonvásár (M1-M2) in July 2021. Species abundance is measured by ground cover, on the horizontal axis the species are ranked in decreasing order of abundance.*

A fajkészlet flóraelem megoszlását Bicskén nagyfokú stabilitás, valamint az európai és a kontinentális fajok dominanciája jellemezte, míg Martonvásáron a bolygatott gyeptelen az európaiak mellé kozmopolita elterjedésűek zártak fel. Az életformák közül a bicskei gyeptelen az évelő lágyszárú fajok uralták, míg Martonvásáron az évelők mellett jelentős volt az 1-2 éves fajok szerepe is. A fajok ezermagtömeg eloszlása az évelő gyeptelen jellemző képet mutatta Bicskén. A bicskei természetes gyeptelen nagyobb stabilitását jelzi, hogy az egymást követő évek között a fajok 14-17%-a cserélődött ki, míg a martonvásári másodlagos gyeptelen ez az érték 19-23% volt.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk elsősorban Prof. Dr. Balázs Ervin akadémikusnak az ATK korábbi főigazgatójának, a projekt kezdeményezéséért és támogatásáért; nélküle ez a projekt nem jöhetett volna létre.

Köszönet illeti továbbá a Széchenyi 2020 program keretében Magyarország Kormánya és az Európai Regionális Fejlesztési Alap támogatását, továbbá a Magyar Tudományos Akadémia kiegészítő támogatását a projekt finanszírozását illetően.

Köszönet illeti a befogadó intézményeket és azok vezetőit, az Eötvös Loránd Tudományegyetemet és az Agrártudományi Kutatóközpontot.

Köszönet a projekthez csatlakozó további intézményeknek: (Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Sárvári Kísérleti Állomás és Arborétum) és külföldi partnereknek (Institute of Soil Biology, České Budějovice és Sapientia University, Miercurea Ciuc (Csíkszereda)).

Nagy köszönet a projektben dolgozó személyeknek!  
(Árendás Tamás, Berki László, Boda Klaudia, Bónis Péter, Borsodi Andrea, Csontos Péter, Dányi László, Dombos Miklós, Flórián Norbert, Gazdag Orsolya, Gergőcs Veronika, Hegedűs Dorottya, Horváth Georgina, Huszár Bálint, Imreffi Ildikó, Jakab Gergely, Kalapos Tibor, Knapp Dániel, Korponai Kristóf, Kovács M. Gábor, Krett Gergely, Madarász Balázs, Malovics Gabriella, Márton Orsolya, Megyes Melinda, Mucsi Márton, Nagymáté Zsuzsanna, Pohner Zsuzsanna, Rohoncz Tímea, Schellenberger Judit, Sugár Eszter, Szabó Attila, Szalai Zoltán, Tamás Júlia, Tóth Zsolt, Ujházy Noémi, Ujszászi Ildikó, Újvári Gergely, Vajna Balázs, Villányi Ilona, Zacháry Dóra, Zsákovics Ferenc)

Köszönjük továbbá a projektmenedzsmentet segítő munkatársak munkáját az adminisztrációban és a közbeszerzésekben: Bódi Bernadette, Boros Hajnalka, Deák János, Kucsera Helga, Molnár Zoltán, Schiederné Tamás Krisztina, Szepeshelyi Krisztina.



## Publikációk

- Balla, E., Flórián, N., Gergócs, V., Gránicz, L., Tóth, F., Németh, T., Dombos, M. An opto-electronic sensor-ring to detect arthropods of significantly different body sizes. *Sensors* 20, 982; (2020)
- Borsodi, A.K., Mucsi, M., Krett, G., Szabó, A., Felföldi, T., Szili-Kovács, T. Variation in Sodic Soil Bacterial Communities Associated with Different Alkali Vegetation Types. *Microorganisms* 9 : 8 Paper: 1673 (2021)
- Csontos, P., Mucsi, M., Ragályi, P., Tamás, J., Kalapos, T., Pápay, G., Mjázovszky, Á., Penksza, K., Szili-Kovács, T. Standing Vegetation Exceeds Soil Microbial Communities in Soil Type Indication: A Procrustes Test of Four Salt-Affected Pastures. *Agronomy* 11 : 8 Paper: 1652 , 12 p. (2021)
- Flórián, N., Gránicz, L., Gergócs, V., Tóth, F., Dombos, M. Detecting soil microarthropods with a camera-supported trap. *Insects* 11, 244. (2020)
- Flórián, N., Ladányi, M., Ittész, A., Kröel-Dulay, Gy., Ónodi, G., Mucsi, M., Szili-Kovács, T., Gergócs, V., Dányi, L., Dombos, M. Effects of single and repeated drought on soil microarthropods in a semi-arid ecosystem depend more on timing and duration than drought severity *PLOS one* 14 : 7 Paper: e0219975, 16 p. (2019)
- Gazdag, O., Takács, T., Ködöböcz, L., Mucsi, M., Szili-Kovács, T. Soil metabolic activity profiles of the organic and conventional land use at Martonvásár. *Columella: Journal of Agricultural And Environmental Sciences* 5:(1) pp. 27-35. (2018)
- Gazdag, O., Takács, T., Ködöböcz, L., Krett, G., Szili-Kovács, T. Alphaproteobacteria communities depend more on soil types than land managements. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Plant & Soil Science* 69:2, 147-154 (2019)
- Gazdag, O., Kovács, R., Parád, I., Füz, A., Ködöböcz, L., Mucsi, M., Szili-Kovács, T., Inubushi, K., Takács, T. Density and Diversity of Microbial Symbionts under Organic and Conventional Agricultural Management *Microbes and Environment* 34(3): 234–243. (2019)
- Gedeon, Cs. I., Flórián, N., Liszli, P., Oláh-Hambek, B., Bánszegi, O., Schellenberger, J., Dombos, M. An Opto-Electronic Sensor for Detecting Soil Microarthropods and Estimating Their Size in Field Conditions. *Sensors* 17(8), 1757; (2017)
- Gergócs, V., Flórián, N., Tóth, Zs., Szili-Kovács, T., Mucsi, M., Dombos, M. Crop species and year affect soil-dwelling Collembola and Acari more strongly than fertilisation regime in an arable field *Applied Soil Ecology* 173 p. 104390 Paper: 104390 (2022)
- Kari, A., Nagymáté, Zs., Romsics, Cs., Vajna, B., Kutasi, J., Puspán, I., Kárpáti, É., Kovács, R., Márialigeti, K. 2019. Monitoring of soil microbial inoculants and their impact on maize (*Zea mays* L.) rhizosphere using T-RFLP molecular fingerprint method. *Applied Soil Ecology*, 138: 233–244. (2019)
- Kari, A., Nagymáté, Zs., Romsics, Cs., Vajna, B., Tóth, E., Lazanyi-Kovács, R., Rizó, B., Kutasi, J., Bernhardt, B., Farkas, É., Márialigeti, K. Evaluating the combined effect of biochar and PGPR inoculants on the bacterial community in acidic sandy soil. *Applied Soil Ecology* 160, 103856; (2021)
- Megyes, M., Borsodi, A.K., Árendás, T., Márialigeti, K. Variations in the diversity of soil prokaryotic communities in response to different long-term fertilization and crop rotation regimes in maize fields. *Applied Soil Ecology* 168:104120 (2021)
- Mucsi, M., Krett, G., Szili-Kovács, T., Móga, J., Borsodi, AK. Denaturing gradient gel electrophoresis and multi-SIR profiles of soil microbial communities from a karst doline at Aggtelek National Park, Hungary *Folia Microbiologica* 66 pp. 107-114. , 8 p. (2021)
- Epp Schmidt, D.J., Kotze, DJ., Hornung, E., Setälä, H., Yesilonis, I., Szlavecz, K., Dombos, M., Pouyat, R., Cilliers, S., Toth, Z., Yarwood, S. Metagenomics Reveals Bacterial and Archaeal Adaptation to Urban Land-Use: N Catabolism, Methanogenesis, and Nutrient Acquisition. *Frontiers in Microbiology* 10 Paper: 2330 , 17 p. (2019)
- Tóth, Zs., Tóth, M., Jósvali, J.K., Tóth, F., Flórián, N., Gergócs, V., Dombos, M. Automatic Field Detection of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*; Coleoptera: Chrysomelidae) with a New Probe. *Insects* 11: 8 Paper: 486. (2020)
- Tóth, Zs., Szlavecz, K., Epp Schmidt, DJ., Hornung, E., Setälä, H., Yesilonis, ID., Kotze, DJ., Dombos, M., Pouyat, R., Mishra, S. Earthworm assemblages in urban habitats across biogeographical regions. *Applied Soil Ecology* 151: July Paper: 103530 (2020)
- Ujvári, G., Borsodi, A., Aszalós, J., Megyes, M., Mucsi, M., Szabó, A., Márialigeti, K. Mikrobaközösségek metabolikus aktivitása és 16S rRNS gén alapú filogenetikai diverzitása kukorica monokultúra rizoszféra-talajban. *Agrokémia és Talajtan* 67, 2, 227-244. (2018)
- Ujvári, G., Borsodi, A., Megyes, M., Mucsi, M., Szili-Kovács, T., Szabó, A., Szalai, Z., Jakab, G., Márialigeti, K. Comparison of soil bacterial communities from juvenile maize plants of a long-term monoculture and a natural grassland *Agronomy* 10: 3 Paper: 341 (2020)

## Kivitelezésben részt vevő intézmények munkatársainak affiliációja:

- ELTE TTK Talajbiom Kutató Kiválósági Központ
- ELTE TTK Biológiai Intézet Mikrobiológiai Tanszék
- ELTE TTK Biológiai Intézet Növényrendszertani Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék
- ELTE TTK Biológiai Intézet Növény-szervezettani Tanszék
- ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Környezet és Tájföldrajzi Tanszék
- ATK Talajtani Intézet
- ATK Mezőgazdasági Intézet
- CSFK Földrajztudományi Intézet
- Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Sárvári Kísérleti Állomás és Arborétum

# TALAJBIOM KUTATÓ TRANSZDISZCIPLINÁRIS KIVÁLÓSÁGI KÖZPONT LÉTREHOZÁSA A FENNTARTHATÓ TALAJERŐFORRÁS BIZTOSÍTÁSA ÉRDEKÉBEN

GINOP-2.3.2-15-2016-00056

## Összefoglaló és továbblépés

A projektben mintegy 180 millió forint értékű eszközbeszerzéssel korszerű laboratóriumot hoztak létre a talaj-mikrobióta-növény rendszer vizsgálatához. Több mint 20 kutató és megközelítőleg ugyanennyi hallgató és technikai munkatárs vett részt a projekt megvalósításában az Eötvös Loránd Tudományegyetem és az Agrártudományi Kutatóközpont (ELKH) részéről. A több tudományterületen átívelő kutatás a fenntartható növénytermesztés mellett a talajminőség megőrzését szolgálta. A kutatás során végzett mérésekkel jelentős adatbázist hoztak létre (talajkémia, szerves szén, mikrobiom diverzitás, mezofauna, flóra és termésadatokkal). Az eredmények gyakorlati hasznosítására is törekedtek, így a jó mezőgazdasági gyakorlatot támogató szaktanácsadás fejlesztésére, a vállalati együttműködések kialakítására, például a fenntartható növénytermesztést támogató termékek hazai fejlesztésében. A Kelet-Közép-európai Fenntartható Talajerőforrás-gazdálkodási Tudásközpont kialakítása is küszöbön áll.

## Summary and the way ahead

In the project, state-of-the-art laboratories have been established to study the soil-microbiota-plant system by allotting around HUF 180 million for asset purchase. More than 20 researchers and approximately the same number of students and technical staff from Eötvös Loránd University and the Centre for Agricultural Research (ELKH) participated in the project. Through transdisciplinary research, a significant database has been built of data obtained at the investigation of soil chemistry, organic carbon, microbiome diversity, mesofauna, flora and crop data of the Martonvásár Long-Term Experiment and is analysed in order to help sustainable crop production and maintenance of the soil quality. Efforts are also being made to put the results into practice by the development of expert advice to support good agricultural practice and to developing business partnerships, for example in the domestic development of products to support sustainable crop production.



**ATK** Agrártudományi  
Kutatóközpont



EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Regionális  
Fejlesztési Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**

**SZÉCHENYI** 2020

