

DIPLOMADOLGOZAT

Kósa Bernadett

2023



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

BUDAI CAMPUS

KERTÉSZETTUDOMÁNYI INTÉZET

ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁSI MÉRNÖKI MESTERKÉPZÉSI SZAK

**TALAJHASZNÁLATI GYAKORLATOK
TALAJBIOLÓGIÁRA VONATKOZÓ HATÁSÁNAK
VIZSGÁLATA ÖKOLÓGIAI ÉS KONVENCIONÁLIS
GAZDASÁGOKBAN**

Belső konzulens: **Gál Izóra**

egyetemi docens

**Belső konzulens
tanszéke:**

Agroökológiai és Ökológiai
Gazdálkodási Tanszék

Külső konzulens: **Tóth Eszter**

doktorandusz hallgató

Készítette: **Kósa Bernadett**

BUDAPEST

2023

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	4
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1.	Talajok állapota hazánkban	6
2.2.	Talajromboló műveletek.....	9
2.2.1.	Szántás hatásai.....	9
2.2.2.	Műtrágyázás.....	9
2.2.3.	Permetszerek, gyomirtók hatásai	10
2.2.4.	No till és ökológiai gazdálkodás.....	11
2.3.	Talajkímélő vagy regeneráló módszerek	12
2.3.1.	Szántás nélküli sekélyművelés	12
2.3.2.	Takarónövények, köztes vetés, rávetés, alávetés.....	14
2.3.3.	Színes vetésforgó.....	15
2.4.	Talajbiológia szerepe a talaj minőségében	16
2.5.	Talajbiológiai paraméterek mérése.....	17
2.5.1.	Aktivitás.....	17
2.5.2.	Mennyiségi tényezők.....	18
2.5.3.	Diverzitás.....	19
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	20
3.1.	Vizsgált területek bemutatása	20
3.2.	Talajmintavételezés módja	28
3.3.	Alkalmazott vizsgálatok	28
3.3.1.	Enzimaktivitás	28
3.3.2.	Labilis szén.....	29
3.3.3.	Glomalin	30
3.3.4.	Baktérium számolás.....	30
3.3.5.	Fonálféreg-kinyerés	31
3.3.6.	Humusz mennyiség.....	31
3.3.7.	Humusz minőség	32

3.4.	Interjú készítés módja, kérdések.....	32
3.5.	Statisztikai elemzés.....	33
4.	EREDMÉNYEK	34
4.1.	Laboreredmények	34
5.	ÖSSZEGZÉS	49
5.1.	Következtetések.....	49
5.2.	A kutatás további lehetőségei	53
5.3.	Summary.....	54
6.	IRODALOMJEGYZÉK	56
7.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	60
8.	MELLÉKLETEK	60

1. BEVEZETÉS

A talaj a Föld legkülső szilárd burkaként szoros kapcsolatban áll velünk, termékeny takarója révén tudjuk biztosítani a számunkra nélkülözhetetlen tápanyagokat. Az emberiség fejlődése során civilizációk jöttek, mentek, de az alap, melyre épültek rendíthetetlenül szolgálja lakóit. Bár nevezhetjük a mezőgazdasági termelés kulcsának vagy növények életterének, szerepe ezeken bőven túlmutat: a talaj minden földi élet alapja, s mint olyan, kiemelt figyelmet érdemel, megőrzése létfontosságú. Növekvő energia- és élelmiszerigényünk, felgyorsult életstílusunk hatására azonban az adott területből kinyerhető hozam mértékét középpontba állítva a talaj egészségére irányuló kímélő és regeneratív módszerek háttérbe szorultak. A különböző talajdegradációs folyamatok táp- és szervesanyagban csökkent terméketlen talajt, erodálódott felszínt, alacsonyabb vízmegtartó-képességet, csökkent beltartalmi értékkel rendelkező terményeket, ezáltal csökkenő termés hozamot, termelékenységét, akadozó élelmiszerellátást eredményezhetnek. A talaj és annak egészsége egyértelműen befolyásolja a fenntarthatóan nevezett fejlődést, alázatos megközelítése és ésszerű művelése kötelességünk. Az ENSZ Élelmiszer-és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) szerint évente mintegy 24 milliárd tonna termékeny talajt, ezzel 33 millió hektár földterületet veszítünk el világszerte (FAO, 2015).

Közös munkánk során azt vizsgáltuk, hogy a különböző talajhasználati gyakorlatok az ország két különböző pontján, milyen hatással vannak a talaj egyes kémiai és biológiai paramétereire. Különös hangsúlyt fektettünk a talajbiológiai tulajdonságok mérésére, mivel ennek gyakorlata kevésbé elterjedt, holott a talajélet alakulása a talajegészség indikátoraként szolgálhat. A helyszíni és labormérések eredményei statisztikai elemzéssel kiegészülve kerültek összehasonlításra, amelynek fő célja annak megállapítása volt, hogy mely talajhasználati módszer támogatja leginkább a talajegészséget. Úgy gondoljuk, hogy habár kutatásunk nem kísérleti körülmények között zajlott, valós gazdálkodók valós gyakorlatait vizsgálja, éles gazdasági helyzetben - ahol megélhetésük a tét -, mely a kutatás hitelességét növelheti. Emiatt fontosnak tartottuk azt is, hogy a laborvizsgálatok mellett kutatásunk valós életbeli tapasztalatok megjelenítésével bővüljön, melyet a vizsgált területek gazdálkodóinak talajművelési, tápanyag-utánpótlási és növénytermesztési gyakorlatainak feltárásával és összegzésével végeztünk, interjúk és analízis keretein belül. Komplex munkánk eredményeképpen közelebb kerülhetünk annak megértéséhez, hogy a különböző talajtani

adottságokon a talajkezelési módszerek miként hatnak a talaj dinamikus és összetett rendszerére. Következtetéseink emellett iránytűként szolgálhatnak a hazai gazdálkodók bevett gyakorlatainak ökológiai szemléletű finomhangolásában, avagy szerepet játszhatnak néhány mezőgazdasági “jó gyakorlat” tudományos megalapozásában.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A bevezetésben kiemelt talajélet kibontására kerül sor az irodalmi áttekintésben, kezdve hazánk talajainak állapotával, folytatva az állapotot előidéző talajromboló műveletekkel. Ellenpólusként a talajkímélő és regeneráló módszerek feltárása következik, ezeket összefűzve a talajbiológia szerepe kerül középpontba, majd az irodalmi rész zárásaként, gyakorlati irányba haladva, talajbiológiai paraméterek vizsgálati lehetőségeit mutatom be.

2.1. Talajok állapota hazánkban

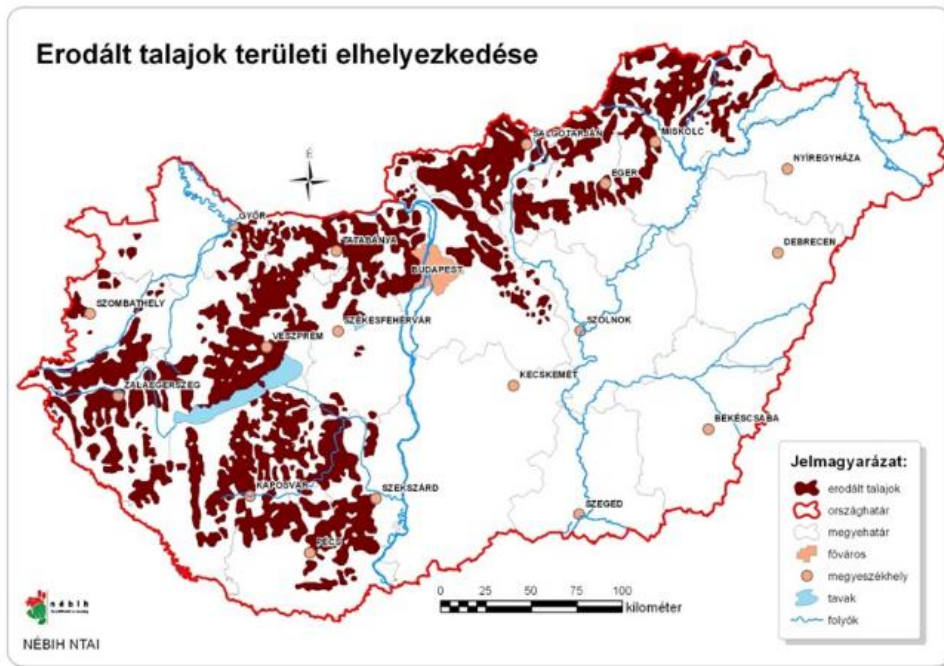
Talajművelést Magyarországon leginkább az ország területének 34%-át adó barna erdőtalajon és a 22%-ot képviselő csernozjomon végeznek, melyek jellemzően jó vízmegtartó képességűek és pH, elektromos vezetőképesség és makro-mikroelemek tekintetében (pl. nitrogén, foszfor, kálium, kalcium, magnézium) kielégítő állapotban vannak és megfelelő tápanyagellátottsággal rendelkeznek ahhoz, hogy növénytermesztés történjen rajtuk. Talajaink biológiai, fizikai, kémiai folyamatainak szabályozásában kiemelkedő jelentőségű azok humusztartalma. A humusz növényi és állati maradványok lebomlásából és a mikroorganizmusok tevékenységéből származó részben lebomlott (humifikáció), stabil szerkezetű és sötét színű komplex anyag, amely szerepet játszik a talaj tápanyagcseréjében, vízmegőrző képességében és általában a talaj minőségének fenntartásában és fejlesztésében. (Lehmann és Kleber, 2015.) Hazánkban réti, öntés és csernozjom területeinken nagyobb, erdőtalaj jellegű területeinken kisebb, közethatású és vázталajok területein pedig a legkisebb a mezőgazdasági talajok humusztartalma. Az elmúlt évek során a humuszban gazdag szántóföldi talajok mértéke azonban jellemzően csökkent, ezt mutatja az 1. ábra (Hefler, 2020.).



1. ábra, Szántóföldi talajok humusztartalmának változása 1992-2016 között. (Hefler, 2020.)

Az intenzív mezőgazdasági művelés, a talajtakaró nélküli talajművelés, valamint a kemikália alapú trágyázó és növényvédelmi eljárások mind-mind hozzájárulnak a talaj humuszvesztéséhez (Várallyay, 2006).

Az erdőirtás és erózió szintén jelentős tényezők, amelyek eredményeként a talaj termékenysége és humusztartalma csökkenhet (Ruszkiczay-Rüdiger et al., 2014). Talajdegradáció hatására a talaj felső rétege elvékonyodik, így az oda koncentrált tápanyagok és mikroorganizmusok eltűnnek. A talajban élő mikrobák, gombák és más, a talaj egészségének fenntartásában fontos szerepet játszó organizmusok élőhelye csökken, mely egyértelműen negatív hatással van a talaj mikrobiális aktivitására és biológiai sokféleségére (Blum, 2005) Az erózió, mivel deteriorálja a talaj szerkezetét, pesszimális módon tovább növeli a talaj erodálhatóságát. Ez további eróziót eredményezhet a jövőben, így egyfajta öngerjesztő folyamatként fogható fel (Kertész és Pataki, 2011), mely hazánkban mintegy 2,3 millió ha (vízerózió) és 1 millió ha (szélerózió) területet érint (Szilágyi, 2022). A területeket a 2. ábra mutatja. A gyengén erodált szántóföldeken a hozamok átlagosan 10-20%-kal csökkenhetnek, a közepesen erodált területeken pedig akár 40-60%-kal is kevesebb termés várható. Az erősen erodált szántóföldeken ez a hatás még markánsabb, a hozamok akár 60-80%-kal is alacsonyabbak lehetnek, mint a hasonló típusú, nem erodált talajokon (Nébih, 2022).



2. ábra: Erodált talajon területi elhelyezkedése. (Nébih, 2020.)

A talajéletet, ezzel együtt a mezőgazdasági termelést és az ökoszisztémák harmonikus működését a fentiek mellett a talaj vízmegtartó képessége befolyásolja. A víz szállítja a talajban oldott ásványi anyagokat a fejlődő növények gyökeréhez, a fotoszintézis pedig elképzelhetetlen nélküle (Bratek et. al., 2013). A talajvízmozgás és a vízmegtartó képesség függ még a talaj szerkezetétől, textúrájától, alap víztartalmától és más fizikai tulajdonságaitól. Általánosan elmondható, hogy a homokos talajok laza szerkezettel rendelkeznek, ami lehetővé teszi a víz könnyű átjutását, míg a vályogos vagy lösztalajok sűrűbbek és jobb adszorpciós képességgel rendelkeznek. Számokban ez a következőképpen néz ki: a homoktalaj 5%, agyagtalaj 20-30, szerves talaj 100-300% vizet tud kötésben tartani szárazanyagra vetítve (Szilágyi, 2022).

Ezeket mi, emberek nem tudjuk befolyásolni, hiszen adottságok. Talajaink humusztartalmára azonban, vagy a humuszréteg vastagságára igen erős befolyásunk van. Tulajdonképpen a gazdálkodó dönt arról mennyi szerves összetevőt hagy a földeken, illetve mit kezd a keletkezett anyagtömeggel (Szilágyi, 2022).

2.2. Talajromboló műveletek

2.2.1. Szántás hatásai

A szántás talajromboló hatásai széles körben tanulmányozott téma a talajtudomány és mezőgazdasági kutatás területén. A szántás hosszú távon negatív hatásokkal járhat a talaj minőségére és fenntarthatóságára. A "Soil & Tillage Research" című folyóiratban megjelent tanulmányok szerint a prolongált intenzív szántás jelentősen csökkenti a talaj aggregátumok stabilitását és méretét (Bronick és Lal, 2005). Ez a talajporosság növekedéséhez és a víz és levegő mozgásának nehezítéséhez vezethet. Ebből is következik, hogy serkenti a talaj erodálását a tápanyagvesztést, a szerves anyagok lemosódását (Sharpley et al., 1994) és a humusz koncentrációját (Kemper és Rosenau, 1986). Továbbá, a "Land Degradation & Development" folyóiratban publikált tanulmányok rámutatnak, hogy a szántás nem csak növeli a talajerózió mértékét (Borrelli et al., 2017), de csökkenti a víztartó képességüket (Stavi et al., 2013) is. Ezenkívül, a "Nature Communications" című folyóiratban publikált tanulmányok rámutatnak, hogy a szántás hatására a talaj szénmegkötő képessége csökken, ami hozzájárul a légköri szén-dioxid szint növekedéséhez (Liang et al., 2017). Élőhelyük direkt és gyakori bolygatása során a szántás csökkenti a talajban élő mikroorganizmusok és makrofaunák biodiverzitását (Six et al., 2004), felborítva az ökológiai egyensúlyt. Világos tehát, hogy a hosszú távú intenzív szántás negatív hatásokkal jár a talaj egészségére, minőségére, veszélyeztetve a talajökoszisztéma egészét. Növeli a talajerózió és tápanyagveszteség kockázatát, csökkenti a talaj szerves anyag tartalmát, és negatív hatással van a talaj biodiverzitására és víztartó képességére.

2.2.2. Műtrágyázás

A műtrágya olyan inorganikus vagy ritkábban szerves anyag, mely kiegészíti vagy pótolja a kultúrnövények számára az esszenciális tápanyagokat serkentve azok növekedését, elősegítve a termés hozamot. Noha funkcióját rövidtávon betölti, a talajtól idegen, mesterséges anyagról van szó, mely nagyobb perspektívából megítélve egyértelmű negatív hatással van a termőközegre (Jakab, 2014.).

A műtrágyák serkentik a növények gyors növekedését, ami a talaj mikrobiális életének gyökeres megváltozásához vezethet. Ez a talaj mikrobiális közösségének kompozícióját és

aktivitását módosíthatja, megzavarva az ökológiai egyensúlyt, megváltoztatva a biomassza-összetételt. (Hartman et al., 2017). Az excesszív műtrágyahasználat az optimálistól eltérő tápanyag-arányokat generálhat, például a nitrogén, foszfor és kálium arányának eltérése. Ez a talaj tápanyagellátását zavarhatja és a növények optimális fejlődését veszélyeztetheti. (Sharpley et al., 2013).

Nem csak a növények láthatják kárát a műtrágya használatnak. A felesleges műtrágyák a talajban felhalmozódva növelhetik a talaj tápanyagterhelését. Ez a talaj ökológiai rendszerének további károsításához vezethet, és hozzájárulhat a környezet terheléséhez. (David et al., 2013). Az inadekvát műtrágyahasználat következtében fel nem használt tápanyagok könnyen kerülhetnek a talajvízbe vagy felszíni vizekbe. Ez a vízszennyezést növelheti, és a fitoplankton túlzott növekedését idézheti elő, ami eutrofizációt okozva a vízi ökoszisztémákra negatív hatással lehet. (Kleinman et al., 2011) Mivel a műtrágyák gyakran savas hatásúak, ennek eredményeképpen a talaj pH-ja hosszú távon csökkenhet. Ez súlyos talaj savasodást idézhet elő, mely zavarhatja a talaj biológiai aktivitását, a tápanyag- és ásványi anyag-ellátást (Stewart et al., 2005). A túlzott műtrágya-használat túlzott növényi növekedést okozhat, ami meggyengíti a talajfelszínt, növelve az eróziós kockázatot, károsítva a talaj szerkezetét, termékenységét és az agrokökológiai fenntarthatóságot (Govers et al., 2006).

2.2.3. Permetszerek, gyomirtók hatásai

Az inszekticidek, herbicidek és fungicidek (összefoglaló néven peszticidek) nagyszámú hatóanyagot tartalmazó szintetikus növényvédő szerek, melyek a kártevő rovarok, gyomok és gombák szabályozását hivatottak segíteni (Darvas és Székács, 2006.). A műtrágyákhoz hasonlóan rövidtávon hatékonyan töltik be szerepüket, súlyos árat fizetve a felszíni előnyökért.

A peszticidek toxikus hatása miatt a talajban található mikroorganizmusok és rovarok populációi visszaszorulnak, alkalmazásuk jelentős mértékben csökkentheti a talajbiológiai sokféleséget és a mikrobiális diverzitást. (Hendrix et al., 2008). Csökkentik a talajban az enzimaktivitást és hátráltatják az olyan kulcsfontosságú folyamatokat, mint a szerves anyag lebontása, tápanyagciklusok (Kandeler et al., 1996). A különböző növényvédőszerek kimosódva és mélyebbre szivárogyva a talajból a felszíni vizekbe vagy talajvizekbe juthatnak,

súlyosan szennyezve azokat, komoly veszélyt jelentve a vízi élőlényekre és a víztestet vagy vízfolyást övező ökoszisztémákra (Gilliom et al., 2007).

A peszticidek hosszútávú használata a talaj fizikai tulajdonságait is befolyásolhatja. A permetszerek kijuttatása negatívan befolyásolja a talaj aggregátumokat és a talaj porozitását gátolva a víz és a levegő mozgását, valamint a növényi gyökerek fejlődését (Chen et al., 2019). Fizikai mellett a talaj kémiai tulajdonságaira is kedvezőtlen hatással lehet. A reziduumok növelhetik vagy csökkenthetik a talaj pH-ját, valamint befolyásolhatják a tápanyagellátást, amely hatással van a talaj termékenységére és a növényi fejlődésre (Gimsing et al., 2004).

2.2.4. No till és ökológiai gazdálkodás

A „fenntartható műveléshez” közelítve tágan és konkrétan is értelmezhető irányokkal találkozhatunk. A csökkentett művelés (*reduced tillage*) halmazába tulajdonképpen minden tehető, ami a hagyományos műveléshez képest csökkentett energia-befektetéssel valósul meg és kevésbé intenzív. A hazánkban 60-70-es években elterjedő talajvédő művelés (*conservation tillage*) ezzel szemben szigorúbb számot határoz meg: folyamatos, még vetés után is minimum 30%-os tarlómaradvány-borítottságot kell biztosítani. Ide vehetjük a későbbiekben vizsgált no-till és min-till eljárásokat, de az ezekhez szemléletét tekintve közel álló ún. mulcshagyó művelést (angolul *mulch-till*), a sávos (*strip-till*) és a bakhátas (*ridge-till*) művelést is. A no till technológiával együtt jár a direktvetés, mely során a magvakat a talaj szántása és forgatása nélkül vetik a talajba. (Jóri, 2016.) A folyamatlánc (vagy inkább körfolyamat) takarónövények alkalmazásával egészül ki, a földet tehát nem hagyják parlagon, amely sok előnnyel járhat, melyeket a későbbiekben vázolok fel. (Greenfo, 2018.)

A no-till, min-till, mulcshagyó módszerek egy nagy előnye a talajszerkezetről jelenik meg. A fizikai terhelés csökkentése önmagában is stabilabb szerkezetet eredményez. Habár a klasszikus szántásnál rövid távon laza, átlegegőzött talajt kapunk, hosszú távon a szerkezetromlás miatt a talajban lévő pórustér csökken, a térfogattömeg pedig nő, a talajszemcsék közelebb kerülnek egymáshoz és a víz mobilizálhatóvá válik. Ebben az esetben, ha a pórusvíz nem tud olyan gyorsan mobilizálódni, mint amit a talajszerkezet megenged, úgy a pórusvíz veszi fel a teher egy részét. Ennek következtében nő a pórusvíznyomás és megjelenik a pangó víz. No-till esetében ezzel aligha kell számolnunk, hiszen a bolygatás elhagyásával a talajszemcsék

jelentősen kevésbé nyomódnak össze, a hézagok sem csökkennek, a vízmeniszkuszok formái nem változnak. (Fazekas és Horn, 2005.)

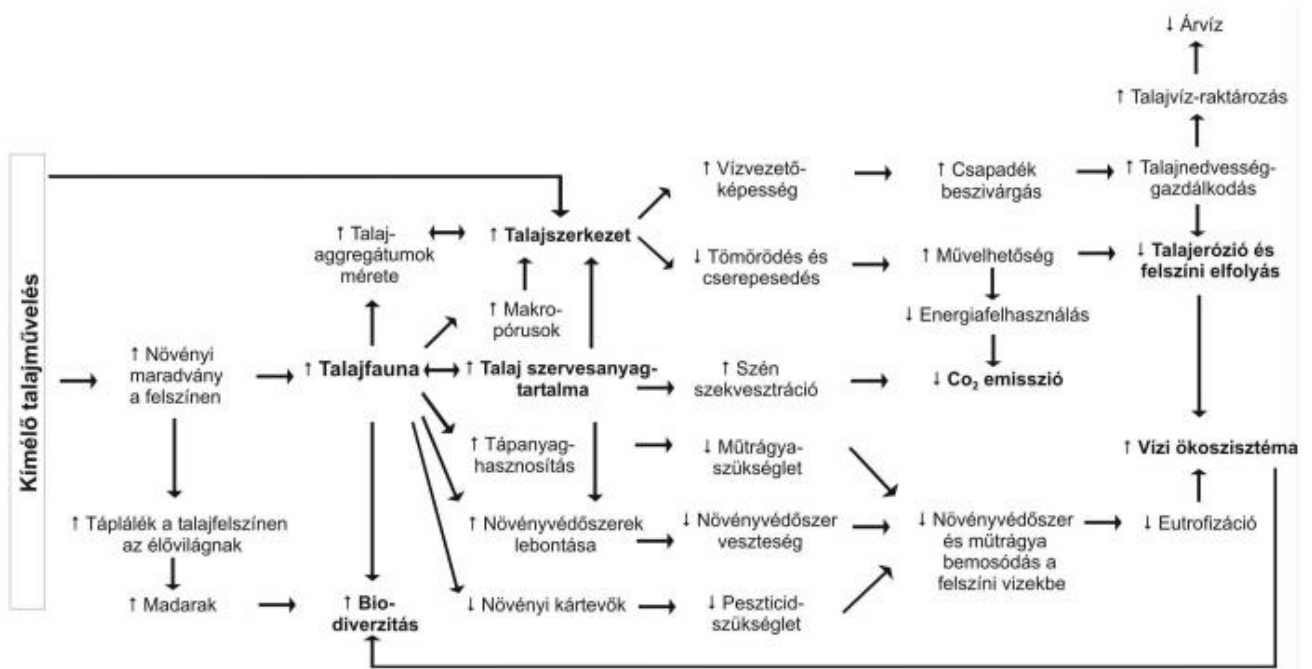
2.3. Talajkímélő vagy regeneráló módszerek

Az ökológikus szemléletű gazdák tapasztalatai és számos Magyarországon végzett tanulmány mutatja, hogy az alkalmazott mezőgazdasági gyakorlat jelentős hatással van a talaj biológiai életére és a talajminőségre. Míg a korábban bemutatott hagyományos talajművelési módszerek károsíthatják a talaj biológiai sokféleségét és aktivitását (Pásztor et. al., 2019), addig a talajbiológiai sokféleség és aktivitás előmozdítása kíméletes módszerekkel elérhető, például a talajtakaró növényzet telepítése és a komposzt használata pozitív hatással lehet a talajminőségre és a termékenységre (Német et. al., 2022).

2.3.1. Szántás nélküli sekélyművelés

A szántás nélküli sekélyművelés, ahogy korábban bemutattam egy fenntartható mezőgazdasági gyakorlat. Szántás nélküli sekélyművelés során a talaj felső rétegét minimálisan zavarják meg, vagy egyáltalán nem művelik - ennek következtében a talaj részecskéi szorosabban illeszkednek egymáshoz, csökkentve a felszíni víz és a szél eróziós hatását. A talajban maradó növényi maradványok és gyökérzetek szervesanyagot juttatnak vissza a talajba. Ez elősegíti a humuszréteg növekedését és növeli a talaj termékenységét. Ezekből következik, hogy a sekélyművelés kevésbé zavarja meg a talaj életközösségét és a talajban élő hasznos élőlényeket, mely növeli a talaj biológiai sokféleséget, ez pedig hozzájárul a természetes ellenségek szabályozó hatásához és a kártevők populációjának csökkentéséhez.

A 3. ábra szemlélteti a sekélyművelés számos előnyét.



3. ábra Kímélő talajművelés kedvező hatása a környezetre (Jóri és Soós, 1988)

A szántás nélküli sekélyművelés gyakorlati megvalósulása a következőképpen alakul:

1. **Talajvizsgálat és tervezés:** Az első lépés a talajok alapos vizsgálata és az eredmények elemzése. A talajtípus, a talajtulajdonságok, a tápanyag- és szervesanyag-tartalom, valamint a pH-érték fontos információk a szántás nélküli sekélyművelés megtervezéséhez. A talajadatok alapján tervezzük meg az optimális vetésforgót és kultúrákat.
2. **Talajelőkészítés:** A szántás nélküli sekélyművelés esetén kevés talajművelést végzünk, csak annyit, amennyire a magágy előkészítéséhez szükség van. Az eszközöket megfelelően kell beállítani, hogy megfelelően lazítsák a talajt és felkészítsék a vetésre.
3. **Vetés és ültetés:** A vetési vagy ültetési műveletek során olyan eszközöket használunk, amelyek a talajt minimális mértékben zavarják meg.
4. **Mulcsolás:** A szántás nélküli sekélyművelés során előnyös lehet a mulcsolás alkalmazása. A mulcs, ami biológiailag lebomló anyagok, mint például a szalma, falevelek vagy fűnyesedék, védi a talajt az eróziótól, megőrzi a talajnedvességet és hozzájárul a szervesanyag visszajuttatásához a talajba.
5. **Gyomszabályozás:** A szántás nélküli sekélyművelés gyakran igényli a kreatív és hatékony, vegyszermentes gyomszabályozási módszerek alkalmazását, a

gyomnövények ugyanis versenghetnek a kultúrnövényekkel a tápanyagokért és a vízért, fontos tehát a hatékony gyomszabályozás a termés hozam megőrzése érdekében.

6. Talajvédelem és monitoring: A szántás nélküli sekélyművelés során figyelemmel kell kísérni a talaj minőségét, a talajnedvességet, a növények egészségét és a termés hozamot. A talajvédelemre és a talaj minőségének javítására irányuló intézkedések további finomhangolást igényelhetnek (López-Garrido et. al., 2019)

A szántás nélküli sekélyművelés, egy az egyben, természetesen nem minden esetben alkalmazható, nem minden környezetben és mezőgazdasági rendszerben hatékony. Mezőgazdasági gyakorlatok kiválasztásakor fontos figyelembe venni a talajtípust, az éghajlati és meteorológiai körülményeket, a termelési célokat és igényeket is, melyek sokszor egymással nehezen összeegyeztethető módszereket, műveleteket igényelnének. Alacsonyabb vízelvezető képességű, agyagos talajon például különösen hosszabb esőzések esetén oxigénhiányt, gyökérkárosodást vagy akár betakarítási kihívásokat okozhat a „kíméletes megközelítés”. Gondosan meg kell tervezni és alkalmazni a technikákat, hogy a lehető legjobb eredményeket érjük el mind környezeti, mind agrárgazdasági fenntarthatóság szempontjából. Egyes esetekben több talajkezelési módszer kombinálásával érhető el a kívánt eredmény.

2.3.2. Takarónövények, köztes vetés, rávetés, alávetés

A takarónövények és köztes-, rá-, alávetés integrálása a gazdálkodási rendszerbe hosszú távon hozzájárulhat a mezőgazdasági termelés hatékonyságához és az ökoszisztéma egészségének megőrzéséhez, számos előnyt kínálnak a termelés fenntarthatósága és biodiverzitás megőrzése szempontjából.

A köztes vetés és alá- illetve rávetés használata segít megőrizni a talaj minőségét és tápanyagtartalmát azáltal, hogy takaróréteget képeznek a mezőgazdasági területeken. Ez a takaróréteg megvédi a talajt a szél- és vízeróziótól, deflációtól, mely elmozdítaná a talajrészecskéket, segít megőrizni a talaj szerkezetét és meggátolja a tápanyagok lemosódását, így a talaj termékenysége környezeti hatásra kevésbé csökken. A Conservation Tillage Information Center (CTIC) által végzett kutatások egyike kimutatta, hogy a köztes vetés és rávetés használata akár 90%-kal is csökkentheti az eróziót a hagyományos műveléssel összehasonlítva (CTIC, 2019). A takarónövények alkalmazása a mezőgazdasági területeken segít megőrizni a talajnedvességet, mivel a növények lefedik a talajfelszínt, árnyékot teremtve. Ez a

mechanizmus hozzájárul ahhoz, hogy a napos időszakok során ne történjen olyan intenzív vízvesztés a talaj felszínéről, és a talaj nedvessége jobban megőrizhető legyen. A takarónövények jelenléte csökkenti a növények vízfelvételi igényét, mivel a talajban megmaradó nedvesség továbbra is elérhető a gyökerek számára (Ehnes et al., 2017).

Az alávetések és rávetések használata természetes módon segíti a gyomok és kártevők szabályozását. A takarónövények elnyomják a gyomnövényeket a mezőgazdasági területen, csökkentve a herbicidek, peszticidek és fungicidek használatának szükségességét. A köztes vetések és alá-, illetve rávetések elősegítik a természetes kártevő-szabályozást a mezőgazdasági területeken (Marré, 2014). Az ökológiai gazdálkodásban alkalmazott különböző növényfajok és élőhelyek kialakítása mindemellett növeli az ökoszisztéma stabilitását és hozzájárul az élőhely-védelemhez ezáltal növelve a vadon élő fajok diverzitását (Karp et al., 2013).

2.3.3. Színes vetésforgó

A színes vetésforgó egy speciális mezőgazdasági rotációs rendszer, amely a talaj és a növények optimális termelési potenciáljának fenntartására és a környezeti fenntarthatóság elősegítésére összpontosít. A színes vetésforgót "színesnek" nevezzük azért, hogy különböző színű vagy jellegzetes csoportokba soroljuk a terményeket, a vetésszerkezeteket pedig időről időre változtatjuk (Radics et al. 1994). A "színes" kifejezés valójában nem a szó szó szerinti értelmében értendő, hanem egy metaforikus jelentéssel bír, ami a gyakorlat lényegét és jellegzetességeit jelölve azt hangsúlyozza, hogy a mezőgazdasági termelésben a különböző növényfajok váltakozása révén színes és sokféle megközelítést alkalmazunk a termelés fenntarthatóságának elérése érdekében.

A színes vetésforgó alapvetően a mezőgazdasági területeken alkalmazott vetésszerkezetek különböző növényfajok vagy agrotechnikai csoportok közötti váltakozására utal. Az egyes növényfajok eltérő igényekkel és tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek különböző módon használják fel a talaj tápanyagait és vizét, és másféle hatást gyakorolnak a talajállományra és a környezetre. A gyakorlat lényege, hogy a termények csoportjait úgy választjuk meg, hogy bizonyos paraméterek szerint kiegészítsék egymást és előnyös hatással legyenek mind a talajra, mind egymásra. (Hendry, 2023.)

Ehhez jó példa lehet a hüvelyesek (borsó, bab, lencse, szója) nitrogénmegkötő képessége. A hüvelyesek szimbiotikus kapcsolatban élnek olyan baktériumokkal, amelyek képesek az atmoszférikus nitrogén megkötésére és a növények számára felvehető formában történő átalakítására. Ezek a *Rhizobium* családba tartozó baktériumok a hüvelyesek gyökérszónájában olyan csomópontokat (gyökérgumókat) hoznak létre, amelyeken keresztül a növények és a baktériumok közös anyagcseréje zajlik. A szimbiózis során a hüvelyesek áramlást biztosítanak a baktériumoknak a gyökérszónába, amelyben azok a levegő nitrogénjét megkötik, majd az ammóniumot a növények számára felhasználható nitrátokká alakítják át, és cserébe a hüvelyesek számukra szerves vegyületeket és tápanyagokat szolgáltatnak. Ez a szimbiózis elősegíti a talaj nitrogénellátottságának javítását, ami előnyös a következő növények számára, amikor a hüvelyesekkel együtt nőnek vagy követik őket a vetésforgóban (Baklanov et al. 2019).

A hüvelyeseket követhetik a gabonafélék, például búza vagy kukorica. Ezek mélyre ható, erős gyökérrendszerükkel lazítják a talaj szerkezetét és segítik a talaj levegőzöttségét, oxigénnel ellátva a talajlakó szervezeteket (Marshall és Holmes, 1979). Mélyreható gyökerekkel hatékonyan veszik fel a talajban található vízmennyiséget és könnyebben tárolják a felvett víztömeget, emellett úgynevezett póruscatornákat kialakítva javítják a vízelvezetést. Nagy zöldtömegükkel a párolgást csökkentik, lehulló maradványaikkal és gyökérzetükkel gazdagítják a talaj szervesanyag-tartalmát.

A színes vetésforgó tehát egy komplex és jól kidolgozott mezőgazdasági gyakorlat, amely előnyösen befolyásolja a termelés hatékonyságát, a talaj egészségét és a környezetvédelmet. Az ilyen fenntartható mezőgazdasági megoldások kulcsfontosságúak volnának a globális élelmiszerbiztonság és környezetvédelem szempontjából.

2.4. Talajbiológia szerepe a talaj minőségében

A talajbiológia szerepe a talaj minőségében vitathatatlan. Folyamatai egyszerűek, de rendkívül összetettek és szoros kölcsönhatásban állnak egymással. Jó minőségű talaj elképzelhetetlen egészséges talajélet nélkül. Összességében a talajbiológia szerepe az alábbi kritikus pontokon érvényesül leginkább:

- Biokémiai átalakítások és tápanyagciklusok: A talajban található mikroorganizmusok (baktériumok, gombák és egysejtűek), részt vesznek az

organikus anyagok dekompozíciójában és transzformációjában. A talajban zajló biokémiai folyamatok során a szerves anyagok széndioxidra, vízre és tápanyagokra bomlanak le- így elérhetővé válva a növények számára. A talajbiológiai folyamatok tehát hozzájárulnak a talaj tápanyag- és szervesanyag-ciklusaihoz.

- Talaj szerkezetének alakítása: A mikroorganizmusok a talaj szerkezetének alakításában is szerepet játszanak. A talajban élő organizmusok egymással különböző hálózatokat hoznak létre (táplálkozási, anyagcserélődési, szimbiotikus), amely segít javítani a talaj szerkezetét, ragacsos anyagok kiválasztásával összetapasztják a talajszemcséket, javítják a víz és a levegő mozgását, valamint elősegítik a gyökerek terjedését.
- Betegségellenes hatás: Egyes talajban lévő mikroorganizmusok antagonisztikus hatással bírnak a növényi kórokozókra, így csökkenthetik a kórokozók terjedését és segíthetik a növények egészségének megőrzését.
- Talaj erózió elleni védelem: A talajban lévő élő organizmusok, különösen a gyökerek, segítenek megkötni a talajt és csökkenteni az eróziót, így elősegítik a talaj megőrzését és a tápanyagok megtartását.
- Talaj széndioxidraktározása: A talaj szerves anyagainak lebontása során felszabaduló széndioxid egy része a talajban marad és hozzájárul a talaj széndioxidraktározásához. A talaj széndioxidraktározása fontos szerepet játszik akár az éghajlatváltozás enyhítésében.
- Biodiverzitás fenntartása: A talajbiológiai közösségek sokszínűsége és aktivitása hozzájárul a talaj biodiverzitásához és az ökoszisztéma stabilitásához.

2.5. Talajbiológiai paraméterek mérése

2.5.1. Aktivitás

A talajmikroorganizmusok aktivitásának mértéke számos fontos információt nyújt a talaj biológiai aktivitásáról és egészségi állapotáról. Az aktivitás mértéke összefüggésben áll a talajban zajló biológiai folyamatokkal és a mikroorganizmusok által végzett tevékenységekkel. (Alkorta et al., 2003.) A talajmikroorganizmusok aktivitásának mértéke számos szempontból releváns. A mikroorganizmusok felelősek a szerves anyagok lebontásáért és átalakításáért a talajban. Az aktivitás mértéke jelzi, hogy mennyire hatékonyan bontják le a talajban lévő

szerves anyagokat, ami hatással van a tápanyagciklusra és a talaj tápanyagellátására. (Veres, 2015.) Az aktivitás ebből következően jelzi magát a szervesanyag tartalom mértékét is. Az alacsony aktivitás általában alacsonyabb szervesanyag-tartalmat jelezhet, ami hatással van a talaj produktivására és minőségére. A talajmikroorganizmusok aktivitásának mértéke indikátora tehát a talaj általános minőségének. Egészséges, jó minőségű talajokban magasabb aktivitás várható, míg degradált, szennyezett vagy kimerült talajokban az aktivitás jelentősen csökkent lehet.

A mikrobiológiai aktivitás a talajlégzés egy indikátora is, hiszen a mikroorganizmusok légzése során CO₂ szabadul fel a talajból. A CO₂ respiráció mérése megmutathatja, milyen mértékben zajlanak a mikrobák által generált talajfolyamatok. Az aktivitás ismeretével következtethetünk a szénmegkötés hatékonyságára, ami kiemelt jelentőségű lehet a klímaváltozást érintő kérdések vizsgálatában is (Milovic et al., 2021).

A biológiai aktivitás mérése történhet még enzimaktivitás vizsgálatával. (Szegi, 1979.) Az enzimaktivitás vizsgálata, mint például a fluoreszcin diacetát analízis (FDA) információval szolgál a talajenzimek katabolikus aktivitásáról, a dehidrogenáz-aktivitás (DHA) mérése pedig a teljes mikrobiális aktivitás és a talajszennyezettség mértékének meghatározására szolgál (Veres, 2015).

2.5.2. Mennyiségi tényezők

A talajban található mikrobiális élőlények mennyiségi mérése nem egyszerű azok kis mérete és változatos jelenléte miatt, meghatározásuk azonban segíthet abban, hogy a talaj egészségi állapotáról teljesebb képet kapjunk (Halbritter és Uzinger, 2005). Egy lehetséges, hagyományos és közvetlen módszer a mikroszkópos és lemezeléses csíraszámolásos meghatározás, ami lehetővé teszi az élőlények azonosítását és morfológiai jellemzőik alapján történő csoportosítását. Ez a módszer időigényes lehet. Másik út lehet a kloroform fumingációs extrakciós módszer, melynek során a talaj mintájának egy részét kloroform párával kezelik, ami elpusztítja a talajban lévő élő mikroorganizmusokat. Az elhalt sejtekben lévő szerves anyagokat azután kémiai analízissel vizsgálják meg, így meghatározva a mikrobiális biomassza mennyiségét. Ennek a módszernek előnye, hogy a talajban lévő összes szerves anyagot méri, nem csak az élő mikroorganizmusokét. A talajba adott könnyen lebomló szerves anyagok

(szubsztrátok) hatására a mikroorganizmusok aktívabbá válnak és megnövekedett légzési aktivitást mutatnak. Ennek alapján lehet becsülni a mikrobiális biomassza mennyiségét és aktivitását. Ez egy gyors és érzékeny módszer, amely a mikroorganizmusok aktuális aktivitására fókuszál. Érdeemes több módszert is alkalmazni (Szili-Kovács et al. 2011).

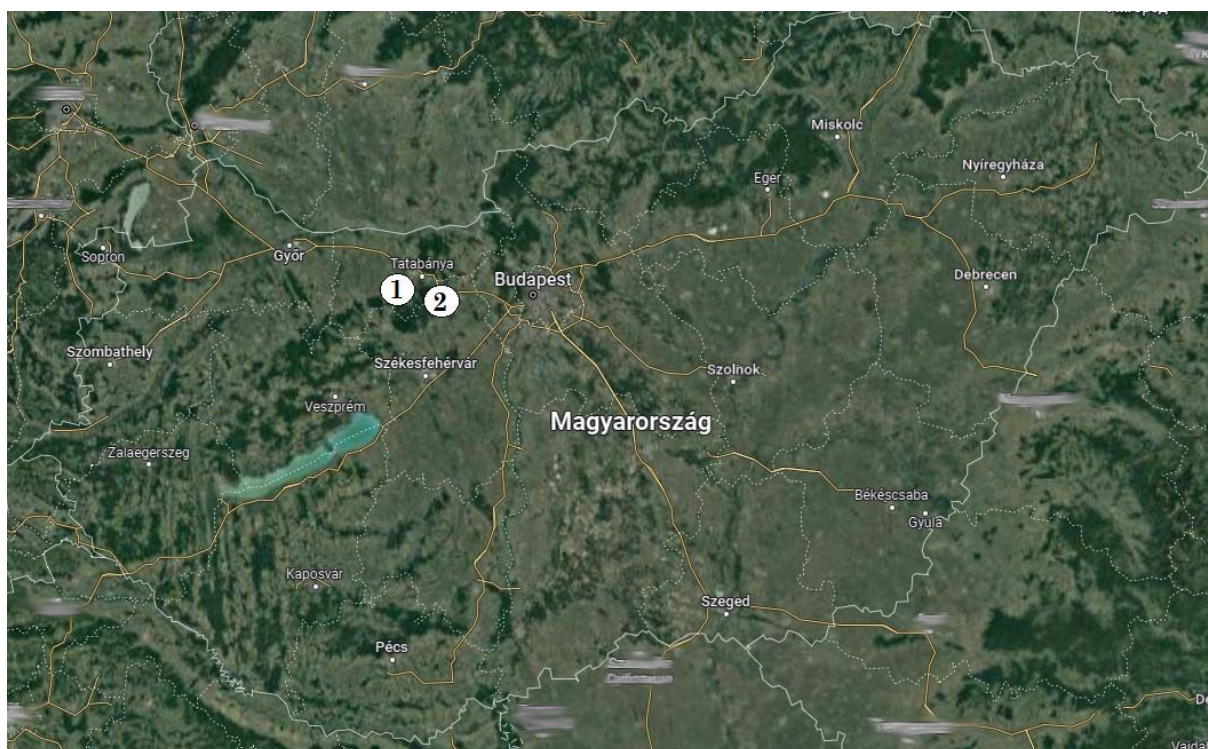
2.5.3. Diverzitás

A talaj rendkívül gazdag mikroorganizmusokban, állati egysejtűekben, fonálférgekben, gombákban, izeltlábúakban, földigilisztákban melyek diverzitásának vizsgálatára több különböző módszer áll rendelkezésre (Horváth et al., 2012). A talajbiota sokszínűségének és összetételének mértéke meghatározó a talaj ökoszisztéma-stabilitása és működése szempontjából, valamint befolyásolja a talajban zajló biológiai folyamatok hatékonyságát. A diverzitás csökkenése egyúttal tehát negatív hatással lehet a talaj ökoszisztéma szolgáltatásaira. (Bardgett és van der Putten, 2014) Hagyományosan a talaj mikrobiális közösségeinek elemzése a tenyésztéses módszerekre támaszkodott, azonban ezzel a megközelítéssel csak a talaj mikrobiális közösségének kis része (<0,1%) detektálható (Jacoby et al. 2017). A molekuláris módszerek ezzel szemben szélesebb körben, könnyebb meghatározást tesznek lehetővé, valós képet adva a vizsgált talaj biológiai sokféleségéről (Hill et al. 2000). Ilyenek a PCR (polimeráz láncreakció), DGGE (denaturáló grádiens gélelektroforézis) és T-RFLP (terminális restrikciós fragment-hossz polimorfizmus) módszerek, melyek a DNS és rRNS szintjén végzett analízisekkel képesek megállapítani a mikrobiális diverzitást és segíteni a faji szintű azonosítást. Másik egyre terjedő módszer a foszfolipid-zsír-sav (PLFA) alapú mikrobióta-mérés, amelynek során mennyiségi adatokat nyerhetünk a talajban jelen lévő mikrobiológiai közösségről és az egyes mikrobacsoportok kapcsolatairól, szeparációjáról (Halbritter és Uzinger, 2005).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Vizsgált területek bemutatása

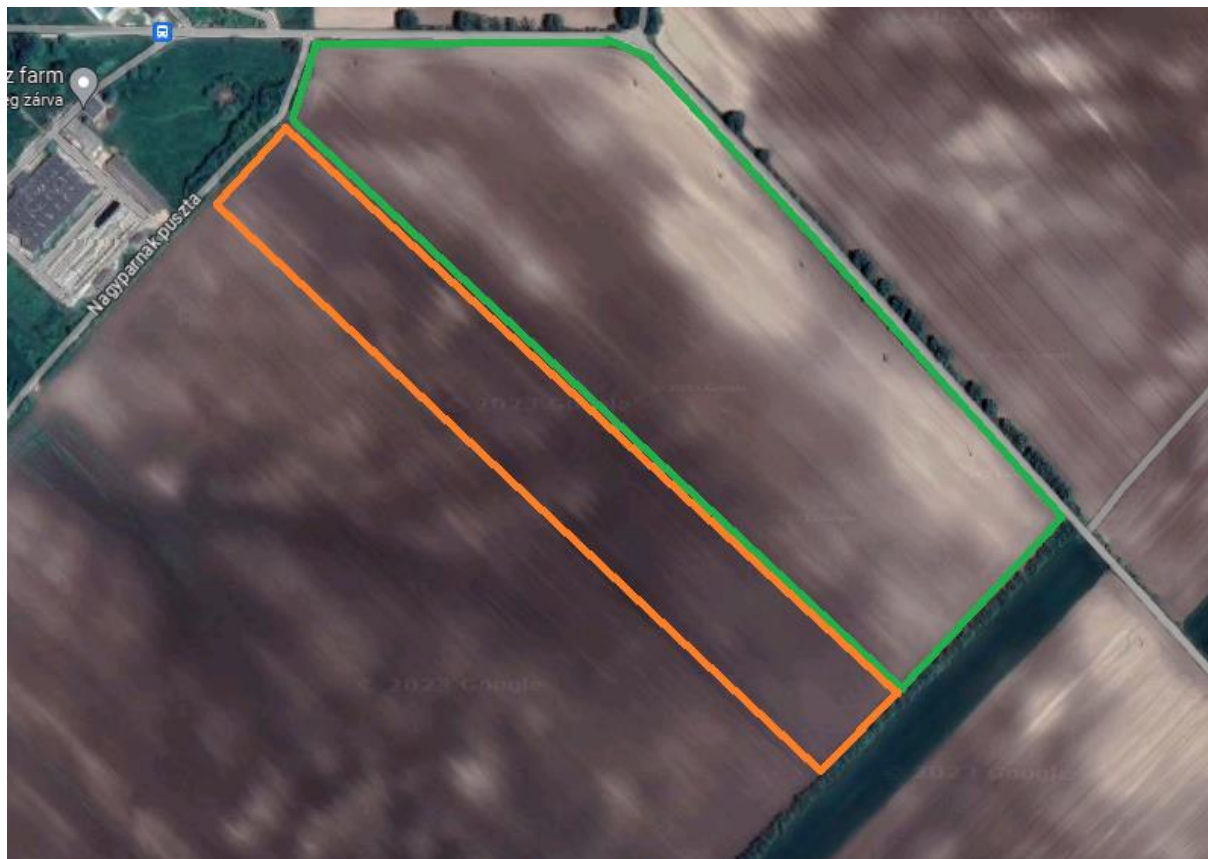
Kutatásunkban Magyarországon két egymáshoz közeli, ám különböző talajtani tulajdonságokkal rendelkező gazdaságban végeztünk méréseket, név szerint Kömlődön (1) és Száron (2). Ezek országon belüli elhelyezkedését a 4. ábrán látható térkép számjelzéssel szemlélteti.



4. ábra Vizsgált területek elhelyezkedése Magyarországon

Kutatásunkban olyan szántóföldi gazdaságokat kerestünk, amelyek ökológiai művelés alatt állnak és a talajművelés tekintetében alkalmaznak valamilyen kímélő művelési módszert vagy talajjavító technikát. Az is fontos szempont volt, hogy gazdaságukban vannak olyan táblák, amelyeket különböző módon kezelnek a művelés, a vetésforgó vagy az alkalmazott technikák szempontjából így az azonos talajadottságuk, de különböző múltjuk miatt összehasonlíthatóak. Emellett mind két gazdaság mellett egy hagyományos művelésű konvencionális terület táblájából is vettünk mintát, ami kontrollként szolgálhat a különböző talajregeneratív eszközök hatékonyságának tesztelése szempontjából. Így esett a választás a szári Csoroszllya farmra, amely Nobilis Ágoston tulajdonában van, valamint Szabadka Péter farmjára Kömlődön.

Kömlőd



5. ábra. Likerecz Farm vizsgált parcellái (Google Earth)

Zöld jelöléssel a jegyzőkönyvekben „Delta”, diagramokon pedig „Öko 4 éve” néven szereplő terület. Ezt a területet a gazdálkodó 2017-ben kezdte el átállítani ökológiai táblává. A területen szántást nem alkalmaz 2015 óta, csak sekély forgatás nélküli művelést végez tárcsával. 2018-ban az őszi búza alá pillangós keverékkel való alávetést alkalmazott. 2019-ben a napraforgót a búza tarlóba direktvető géppel vetette. Összefoglalva a talajbolygatást minimalizálta a mintavételt megelőző 3 évben továbbá alávetést is beillesztett a vetésforgóba.

Narancssárga jelöléssel a jegyzőkönyvben „Szántott konvencionális”, diagramokon pedig „Konv. szántott” elnevezésű parcella. Közvetlenül a 3 éve ökológiai módszerekkel művelt tábla mellett található a konvencionális terület, amelyen hagyományos szántásos művelést folytatnak, továbbá alkalmaznak műtrágyát, gyomirtót, szintetikus növényvédőszeret. A mintavételt megelőző 3 évben kukoricát termesztettek. 2021 tavaszán, a mintavétel idején, őszi búza állt a táblában.



6. ábra. Likerecz Farm különálló vizsgált parcellája (Google Earth)

Vörös jelöléssel a jegyzőkönyvben „E-tábla”, diagramokon pedig „Konv. kímélő” néven szereplő parcella. Ezen a területen még konvencionális gazdálkodás folyik, azonban sekély műveléssel művelik és zöldtrágya növényt is alkalmaztak kétszer a mintavételt megelőző 3 évben.



7. ábra Likerecz Farm különálló vizsgált parcellája (Google Earth)

Kék jelöléssel a jegyzőkönyvekben „Feketehát”, diagramokon pedig „Öko 2 éve” néven szereplő parcella.

Ezt a területet 2019-ban kezdték el átállítani ökológiai gazdálkodásra. Azonban 2019 őszén már egy alávetéssel kezdték a talaj javítását, ahol az őszi búzát 2 féle perje és 5-6 féle pillangóssal vetették, direktvetéssel a napraforgótarlóba. A 8. ábrán látható, ahogy az őszi búza aratása után a vetett takarónövények takarják a talajt.



8. ábra. Kömlői takarónövények (Saját kép, 2021)

Szár



9. ábra. Csoroszlya Farm vizsgált parcellái (Google Earth)

Zöld jelöléssel a jegyzőkönyvekben és diagramokon „Szántott” elnevezésű terület. Ezen a területen a mintavételt megelőző három évben burgonyát termesztettek. Emiatt ezen a területen intenzív talajművelés folyt, szántással, sorközműveléssel, kapálással. A legtöbb trágyát ez a terület kapta a szári vizsgált területek közül. 2018-ban csak vinaszt, 2019 és 20-ban azonban Green Active és Guanito pelletált szerves trágyát, továbbá patent kálit.

Narancssárga jelöléssel a jegyzőkönyvekben „Szántás nélküli”, diagramokon pedig „Öko kímélő” elnevezésű terület. Ezen a területen hagyományosabb szántóföldi kultúrákat termesztettek a mintavételt megelőző években (napraforgó, őszi búza, kukorica), azonban

sekély művelést alkalmaztak tárcsával és kultivátorral. Tápanyag-utánpótlás történt, baktérium trágya, pelletáta szervesztrágya és szerves marhatrágya került kijuttatásra az egymást követő években, ebben a sorrendben.

Vörös jelöléssel látható a diagramokon „Konv. szántott” elnevezésű kontroll konvencionális terület. Hagyományos művelésű konvencionális terület. Hagyományos szántóföldi vetésforgóval (napraforgó, őszi búza, kukorica), műtrágya és szintetikus növényvédőszer kijuttatásával.

Kék jelöléssel az „Extenzív” elnevezésű extenzív, köves terület, ahol Ágoston szerint rossz termésátlagok voltak, azonban sokfélért termesztettek, pl. magvak, mézontófü. A táblát a gazda is extenzívnek nevezte, mivel a mintavételt megelőző években kevés művelet történt rajta, tápanyag-utánpótlás nélkül. Vetésforgó szempontjából sem a hagyományos kultúrákat termesztették a területen: 2017-ban és 2019-ban is bíborhere volt itt. A két gabonaféle (tritikálé, rozs) is - amelyet termesztettek a tárgyalt években - igénytelenebb a búzánál. A terület köves, termésátlagait tekintve elmaradt a többi táblától.

A területeken folytatott műveletek kivonatai a gazdálkodási naplók alapján a következő 1. és 2. számú táblázatokban láthatóak.

Szár					
	Öko szántott		Öko kímélő		Extenzív
	műveleti múlt	kijuttatott anyag	műveleti múlt	kijuttatott anyag	műveleti múlt
2018	tárcsázás (04. 12.)	vinasz (2 t/ha)	trágyaszórás (04. 09.)	vinasz 1,2 t/ha	bíborhere aratás (06. 04-10.)
	kombinátorozás (04. 14.)	permetezés (Laser) 4X	tárcsázás (04. 12.)		tárcsázás (08. 01.)
	burgonya ültetés (04. 16.)	permetezés Champion	kombinátorozás (04. 19.)		tárcsázás (10. 02.)
	gyomfésűzés	permetezés Wetcit	hengerezés (04. 27.)		tritikálé vetés (10. 18.)
	töltögetés	permetezés Bordóilé	napraforgó vetés		
	betakarítás (08. 24.)		gyomfésű		
	tárcsázás (10. 04.)		kultivátor (05. 21.)		
			napraforgó aratás (09. 10.)		
			kijuttatás (10. 08)	Bactofil 1 l/ha	
			kultivátor (10. 09.)		
		őszi búza vetés (10. 20.)			
2019	trágya kijuttatás (03. 29.)	Green Active (321 kg/ha), Guanito (600 kg/ha), Patentkáli (660 kg/ha)	kijuttatás (03. 27.)	Green Active N27	tritikálé aratás (07. 17.)

	burgonya vetés (04. 03.)		búza aratás (07. 11.)		tárcsázás (09. 04.)
	sorközművelés (05. 07.)		tárcsázás (08. 15.)		bíborhere vetés (09. ?)
	permetezés	Laser, Champion, Wetcit	takarónövény vetés (10. 17.)	bíborhere, facélia, pohánka, homoki zab	hengerezés
	kapálás				
	permetezés	Laser, Champion, Wetcit			
	betakarítás (08. 07-23.)				
2020	tárcsázás (03. 19.)		trágyaszórás (03. 22.)	marhatrágya 22 t/ha	bíborhere betakarítás (06. 26.)
	trágya kijuttatás (03. 29.)	Green Active (321 kg/ha), Guanito (600 kg/ha), Patentkáli (660 kg/ha)	kultivátorozás (04. 17.)		zúzás (09. 03.)
	burgonya vetés (04. 03.)		tárcsázás		tarlóápolás kultivátorral (09. 13.)
	sorközművelés		kombinátorozás (04. 24.)		kombinátorozás (10. 29.)
	permetezés 3x június-július	részkelesztmény, Laser, Novodor, Wetcit	kukorica vetés		rozs vetés (11.12.)
	kapálás (04. 25., 05. 04., 05. 17.)		gyomfészű		
	betakarítás (08. 07-23.)		sorközművelés (05. 29.)		
	szántás, kombinátorozás (10. 28.)		betakarítás (11. 10.)		
	trágya kijuttatás (11. 21.)	Bio-fer natur extra, Patentkáli	tarlólántás (11. 20.)		
	tönke vetés (11. 26.)				
2021	gyomfészűzés (03. 19, 04. 11.)		tárcsázás (03. 09.)		gyomfészű (03. 19.)
	árpa betakarítás (06. 30.)		lucerna vetés (03. 22.)		rozs betakarítása (07. 29.)
			hengerezés (03. 24.)		tarlóápolás (tárcsával) (09. 14.)
					alpművelés (10. 27.)

1. táblázat. Szári gazdálkodási naplók kivonata

Kömlőd								
	Feketehát		Delta		E-tábla		Kontroll	
	műveleti múlt	kijuttatott anyag	műveleti múlt	kijuttatott anyag	műveleti múlt	kijuttatott anyag	műveleti múlt	kijuttatott anyag
2018	főnövény	őszi árpa	főnövény	-	főnövény	őszi árpa	főnövény	kukorica
	aratás	tavasszal DASA és MAS műtrágya (fejtrágya)	talajművelés	green active	trágyázás kétszer		simítózás	
	sekély talajművelés	lombtrágya	trágyázás		gyomfésű		műtrágyázás	
	NPK trágya kijuttatás	keserűsítő	talajművelés		növényvédelem		magágykészítés	
		karbamid	vetés		aratás		vetés	
		falcon pro gombaölő			talajművelés		gyomirtó	
		Silwet star felületjavító			másodvetés	bíborhere, alexandriai here, zab, facélia	sorközművelés	
		Mystic pro gombaölő			műtrágyázás		betakarítás	
		Kaiso fuzárium ellen					tarlólazítás	
		sekély talajművelés					őszi szántás	
2019	főnövény	napraforgó	főnövény	őszi búza	főnövény	napraforgó	főnövény	kukorica
	vetés		trágyázás		istállótrágya		simítózás talaj lezárása	
	gyomfésű		gyomfésű		vetés		műtrágya	
	sorközművelés		alávetés 3 féle pillangós külön-külön		növényvédelem		magágyelőkészítés	
	betakarítás		betakarítás		növényvédelem		vetés	
	direktvetés a napraforgó tarlóba		alávetés felnőtt		növényvédelem		permetezés	
	búza+ 2 féle perje, 5-6 féle pillangós				aratás		gyomirtás	
					trágyázás		sorközművelés	
					talajművelés?		betakarítás	
					vetés	őszi árpa	tarló szárzúzása	
				növényvédelem		őszi mélyszántás		
2020	főnövény	búza	főnövény	napraforgó	főnövény	őszi árpa	főnövény	kukorica
	aratás		szárzúzás		műtrágya		simítózás	
	kaszálás		talajművelés?		növényvédelem		műtrágyázás	
			vetés		növényvédelem		magágyelőkészítés	
					aratás		vetés	
					talajművelés	tarlólánhátas	gyomirtás	

					másodvetés	mustár zab	permetezés	
					zöldtrágya betárcsázás		sorközművelés	
							aratás	
							tarló tárcsázása	
							szántás	
							szántás elmunkálás	
							műtrágya	
							őszi búza vetés	

2. táblázat. Kömlődi gazdálkodási naplók kivonata

3.2. Talajmintavételezés módja

A talajmintavételezés 2020 őszén novemberben történt (Kömlőd: 11.12., Szár: 11.16.) és 2021 tavaszán (05.08.-05.09.). A talajmintákat kézi talajmintavételezővel vettük 20 cm mélyről. A táblákat négy részre osztottuk, és minden részben 8 mintavételi pontba fűrtük le a mintavevőt. A kivett mintákat homogenizáltuk. Így minden területről kaptunk 4 átlagmintát, tehát 4 ismétléssel dolgoztunk. A friss mintákat hűtőben tároltuk 8 °C fokon a nematóda futattás, a baktérium számolás és a dehidrogenáz enzimaktivitás mérés elvégzéséig. A többi méréshez a talajokat kiszárítottuk.

3.3. Alkalmazott vizsgálatok

3.3.1. Enzimaktivitás

Az enzimaktivitás méréséhez DHA (dehidrogenáz-enzim aktivitás) módszert alkalmaztunk. A méréshez friss talajmintára volt szükségünk, így azokat a vizsgálatig 4°C-os hűtőszekrényben tároltuk.

A DHA esetében 2,3,5 TTC (trifenil-tetrazólium-klorid) módszert alkalmaztunk. A TTC oldat fényérzékenysége miatt a vizsgálatokat sötét szobában végeztük. Mintánként 1 g talajt mértünk ki, majd helyeztünk a kémcsövekbe, ezután hozzáadtunk 1 ml 3%-os TTC oldatot. A kontroll 1 ml triszpuffert tartalmazott, TTC nélkül. Ezután 0,5 ml 1%-os glükózoldatot adtunk a csőhöz és az elegyet vortex-szel ráztattuk, majd ezt követően 24 órán át 30°C-on inkubáltuk. Miután letelt a 24 óra, a trifenil-formazánt 4 ml metanollal extraháltuk, majd a mintákat további 2 órán át szobahőmérsékleten inkubáltuk. Ezután a talajszuszpenziót centrifugába helyeztük és 546 nm hullámhosszon fotometráltuk spektrofotométerrel. A kapott értékeket a következő képlettel származtattuk:

$$\text{Dehidrogenáz aktivitás} \left(\frac{\text{TPF } (\mu\text{g})}{\text{száraz talaj } (g)} \right) = \frac{\text{TPF } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}} \right) \times V}{\text{dwt} \times m}$$

Ahol:

dwt: 1 g nedves talaj száraz tömege (g),

m: a kimért nedves talaj tömege (g),

V: a vizsgálat során a talajhoz adott oldat térfogata (cm³),

A TPF koncentrációkat (μg/ml) standard-görbéről leolvasva kaptuk meg.

3.3.2. Labilis szén

A labilis széntartalom mérésének célja a talaj “aktív”/“mozgatható” - a növényi és mikrobiális szervezetek számára könnyebben elérhető - széntartalmának becslése. A becsült széntartalom magába foglalja a talaj mikrobiális biomasszájában, a szerves anyagában és szénhidrát molekulákban tárolt széntartalmat. A talaj széntartalma közvetlen hatással van a talaj biológiai folyamataira, mivel a szerves anyagok központi szerepet játszanak a talaj szervesanyag ciklusában és a mikroorganizmusok számára elérhető táplálék forrásaként. A labilis széntartalom és a teljes szervesanyag tartalom közötti különbségek miatt az előbbi sokkal informatívabb lehet a biológiai talajvizsgálatok szempontjából. A labilis szerves szén a talaj szerves anyagának az a része, amely könnyen lebomlik vagy mikrobiális tevékenység révén gyorsan felhasználható. A talajban található mikroorganizmusok számára ez az energiaforrás, és a szervesanyagok lebontásával CO₂ és más tápanyagok termelését eredményezi. Ennek következtében a labilis széntartalom meghatározásával információhoz juthatunk a talaj mikrobiális aktivitásáról és az anyagciklusok sebességéről. Ezzel szemben a teljes szervesanyag tartalom önmagában kevés információt nyújt a talaj biológiai aktivitásáról vagy az anyagciklusok dinamikájáról. A teljes szervesanyag tartalom magában foglalja az olyan nehezen bomló vagy stabil szerves anyagokat is, amelyek hosszú időn át a talajban maradhatnak, és nem szolgálnak táplálékul a mikroorganizmusoknak. A teljes szervesanyag tartalom tehát nem ad pontos képet a talaj biológiai aktivitásáról és a tápanyagciklusok gyorsaságáról.

Labilis szén méréséhez kimértünk 1 g légszáraz talajmintát és egy 0,5 mm-es szitán átszitáltuk és 50 ml-es steril falcon csőbe tettük. Ezt követően 10 ml 0,02 M kálium-permanganátot adtunk hozzá és 5 percig rázattuk 125 RPM-en, majd 5 percig centrifugáltuk 3000 RPM

fordulatszámom. A mintákat kémcsőbe helyeztük, majd a szuszpenzióból 200 μ l-t kivéve 10 ml desztillált vízzel hígítottuk. A kész mintákat 565 nm-en spektrofotométerrel vizsgáljuk.

Az aktív széntartalom az oxidálószer fogyással arányos, tehát a kálium-permanganát lila színének halványulásával is, ez pedig kisebb mértékű abszorpciót eredményez. Az eredmény kiszámításához és számszerűsítéséhez azt a feltevést vettük (Blair et al, 1995.) alapul, miszerint 1 mol MnO_4 elfogyását ($\text{Mn}^{7+} \rightarrow \text{Mn}^{4+}$ redukció) 0,75 mol (9000 mg) C oxidálása eredményezi:

$$\text{Aktív C} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right] = \text{Labilis C} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right] = (0,02 - X) * ,02 - * ,0$$

Ahol:

X: standard mol/L szén.

(0,02-X): fogyott szén.

3.3.3. Glomalin

Teljes glomalinnal összefüggő fehérje méréséhez (TGRSP, angolul Total Glomalin Related Soil Protein) kimérünk 2 g talajmintát és egy 50 ml-es steril falcon csőbe tettük. 8 ml 50mM-os Citrát puffert (pH=8) adunk a mintákhoz, majd 121°C-ra 60 perc időtartamra autoklávba tettük. Ezt követően 15 percig 5000 RPM-en centrifugáztuk, fotometrálsig a szuszpenziót 4°C-on tároltuk. A kész mintákat spektrofotométerrel vizsgáljuk. Fehérje standard oldattal kalibráltuk a fotométert (gyári: xxxxx), majd a szuszpenziókat desztillált vízzel hígítottuk. Minden hígításból 100 μ l-t mértünk ki 3 ml Bradford reagenssel, összeráztuk és 40 percet állni hagytuk. Ezután a mintákat 595 nm hullámhosszon spektrofotométerrel fotometráltuk. Az adatok leolvasása és lejegyzése után azokat beillesztettük a MS Excellel meghatározott függvények segítségével, és megállapítottuk Y értékét. Ezek az értékek, a TGRSP értékek 2 g termőföldre vonatkoznak, így a végeredmény 2-vel való elosztására volt szükség a pontos mg/g érték megállapításához.

3.3.4. Baktérium számolás

A begyűjtött talajmintákat hűtőszekrényben tároltuk 4 °C-on. A vizsgálat a begyűjtéstől számított 1 hónapon belül történt. A mikroszkópos baktérium sejtszámlálás egy közvetlen, gyors és egyszerűen kivitelezhető baktériumszámlálási módszer. A talajmintákból 1-1 g-ot mértünk be kémcsövekbe, 10 ml desztillált vizet adtunk hozzá, majd homogenizáltuk az

elegyet. Ebből pipetta segítségével a tárgylemezre cseppentettünk, melyet fedőlemezzel fedtünk le, arra ügyelve, hogy a minta teljes mennyisége a fedőlemez alatt terüljön el. A sejtszámlálást mikroszkóppal végeztük, 500, 600, 1000 és 5000-szeres nagyítást alkalmazva. A számlálás során minden minta esetében 5-5 látótérben számoltuk le a sejteket, majd ezeket az eredményeket átlagoltuk. Végül, a kapott átlagot felszorozva a megfelelő paraméterekkel, kiszámoltuk az egy milliliter talajban megtalálható baktériumok számát.

A számolt értéket felszoroztuk egy átlagos baktérium tömegével (0,000002 μg). Tehát a számolt baktériumokból következtettünk azok biomassza-tömegére. Ilyen módon megkaptuk az egy milliliter talajban megtalálható baktériumok kimutatható tömegét.

3.3.5. Fonálféreg-kinyerés

A fonálférgeket Baermann-féle tölcséres futtatással nyertük ki. A friss talajmintákból 25 g talajt mértünk ki műanyag szűrőbe helyezett kétrétegű papírtörlőre. A szűrőket üvegtölcsérre helyeztük, melynek aljára (a cső részre) gumicső volt felhúzva. A gumicsöveken műanyag csőszorítók akadályozták, hogy a víz kifolyjon. Desztillált vizet engedtünk a tölcsérbe, olyam módon, hogy a műanyag szűrő alját a víz épphogy érintse, így a talajjal találkozzon, de ne áztassa azt át. A fonálférgek ilyen módon a nedvesség irányába indulnak és lemosódnak a gumicső aljába. 48 óra futtatás után a csőszorítót megengedve 15 ml vizet kiengedtünk falkoncsövekbe, így a gumicső alján összegyűlt nematódák mind belekerültek a kiengedett mintába. Sztereo mikroszkóppal 40X-es nagyítással számoltuk négyzethálós műanyag edény segítségével a fonálférgek számát. A kapott eredmény 25 g talaj teljes fonálféregállományát mutatja.

3.3.6. Humusz mennyiség

A kémiai vizsgálatok elvégzéséhez homogén, légszáraz talajra volt szükség. Így a mintákat a növényi maradványoktól, törmelékektől és egyéb anyagoktól megtisztítottuk, majd ledaráltuk és 2 mm lyukátmérőjű szitán átszitáltuk.

A talaj humuszmennyiségét Tyurin-módszerrel (Tyurin, 1951) határoztuk meg. A mintákból a lombikokba 1 g talajt mértünk ki, amihez 10 ml kénsavas kálium dikromátot adtunk. Főzőlapon, 5 percig forraltuk. Az elegy kihűlése után, desztillált vízzel 150 ml-re hígítottuk. A keverékbe 10 csepp tömény foszforsavat és 5 csepp kénsavas difenilamin indikátort pipettáztunk. Az oldathoz végül 0,2 mol/l Mohr-só került, amellyel a zöld színbe való átváltásig titráltuk.

Az eredményeket az alábbi képlettel számolva kaptuk meg:

$$H\% = [A - (0,5xBxf)] \times 0,2068 m$$

Ahol:

A: oxidálószer (10 cm³ bikromát),

B: Mohr-só fogyása,

f: Mohr só faktora (vegyszer üvegén feltüntetve 0,9456),

m: a bemért talaj tömege (g).

3.3.7. Humusz minőség

A humusz minőségének meghatározását Hargitai-féle módszerrel végeztük. A két oldószeres vizsgálati módszerben a talajból 0,5% NaOH-os és 1% NaF-os kivonatot készítünk a következők szerint (Hargitai, 1963). A NaOH-ban a savi karakterű valódi humuszanyagok oldódnak (fulvosavak, huminsavak), míg a NaF-ban a stabilabb szerkezetű, kondenzáltabb humin anyagok, így a vizsgálatok során ezeket használtuk. A fotometráls 4 hullámhosszon is elvégezhető (400, 480, 540, 670 nm), amelyeket jellemzően vagy átlagolnak, vagy egy átlagos 533-540 nm-en mérik. A több hullámhosszon való mérést az indokolja, hogy a humuszanyagok molekulatömege, és így fényelnyelése igen széles spektrumon változik. A módszerhez tartozó ún. Hargitai féle humuszminőség index a NaF-os és a NaOH-os szűrlet abszorbanciáinak hányadosa ($Q = E_{\text{NaF}}/E_{\text{NaOH}}$). A humuszstabilitási index pedig a következő képlettel számítható: $K = E_{\text{NaF}}/(H \times E_{\text{NaOH}})$, ahol a H a humuszmennyiséget jelenti.

3.4. Interjú készítés módja, kérdések

Az interjúkészítés első lépése a célmeghatározás volt, mégpedig minél több személyes tapasztalattal kiegészíteni azokat a mérési eredményeket, melyekre tudományos munkánk során jutottunk. Beszélgetés során, a körülményeket megismerve, képesek vagyunk kontextusba helyezni az objektív adatokat, könnyebben követhetjük nyomon a változásokat és láthatunk ok-okozati összefüggéseket, valamint teljesebb képet alkothatunk mindarról, amit papíron vagy diagramokon látunk (Kvale, 2005). A célközönség meghatározása adott volt azon gazdák személyében, akik parcelláin a vizsgálatok folytak. Mivel az ország igen különböző területein elhelyezkedő teljes állású gazdákról van szó, a velük való egyeztetés során arra jutottunk, hogy

az interjúkat telefonon folytatjuk le. Ehhez csupán feltöltött telefonokra, stabil térerőre, zavartalan környezetre és előre megbeszélte időpontra volt szükség. Felvételt ezekről nem, de jegyzeteket készítettünk.

A kognitív szempontú beszélgetéseknek struktúráját standard kérdések adták, melyeket rugalmas sorrendben tettünk fel. Az általunk összeállított kérdéssorban kitértünk az adott területeken használt talajművelési módokra (például tarlóhántás, vetőágy-előkészítés, elmunkálás) és protokollokra (például munkagépek használata, legeltetés, vegyszerhasználat, stb.), az elmúlt években tapasztalt esetleges talajminőség-romlásra és/vagy annak regenerációjára, esetleg megelőzésére. látva azt, hogy a Közép-Nyugat-Európa esetében a klímaváltozás egyes művelés alá vont területek gyökérszónáin 3-4-szer, felszíni zónáin akár 5-6-szor nagyobb mértékű szárazságot eredményezett (Szászi, 2023). A korábbi kérdéseket kiegészítve interjúink során kitértünk arra is, hogy a tavalyi (2022-es) év szárazsága milyen hatással volt az egyes gazdák talajainak minőségére és a gazdaság termelékenységére.

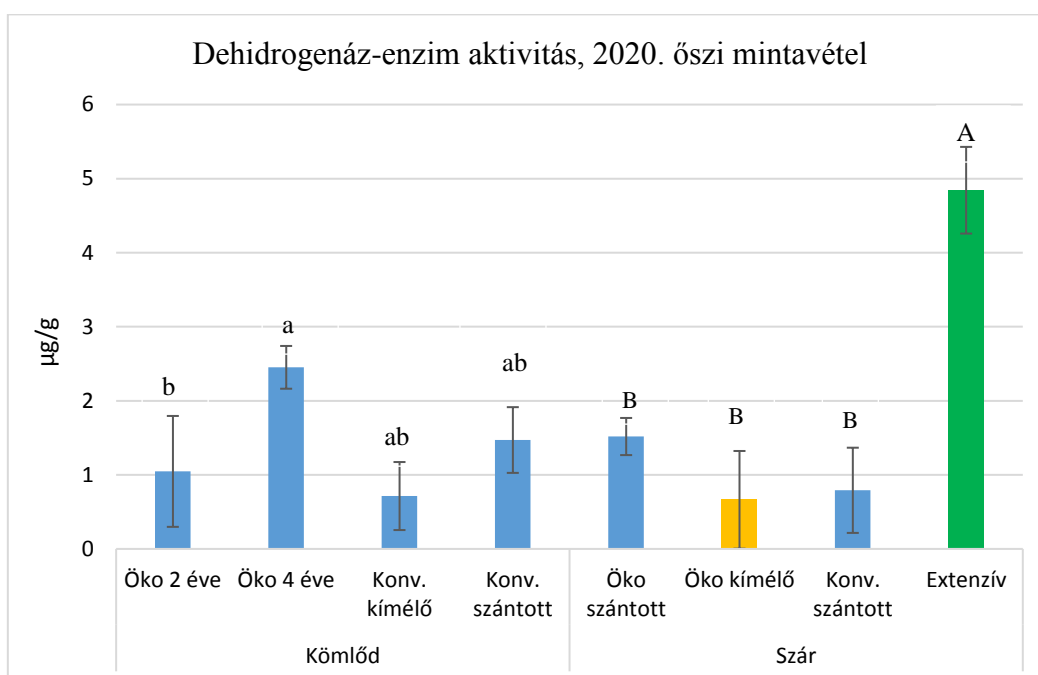
3.5. Statisztikai elemzés

Az adatok feldolgozásához IBM SPSS Statistics ver. 26 statisztikai programot használtuk. A különböző mérési módszerek eredményeinek összefüggését Pearson-féle korrelációs együtthatóval vizsgáltam. A szignifikancia szint 95%-os volt ($P < 0,05$). A szóráshomogenitás teljesülését Levene-teszt alapján állapítottuk meg, a hibatagok normalitását pedig Kolmogorov-Smirnov és Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztük. A páronkénti összehasonlítást Games-Howell vagy Tukey HSD post-hoc teszttel végeztük a szóráshomogenitás egyezőségétől függően.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Laboreredmények

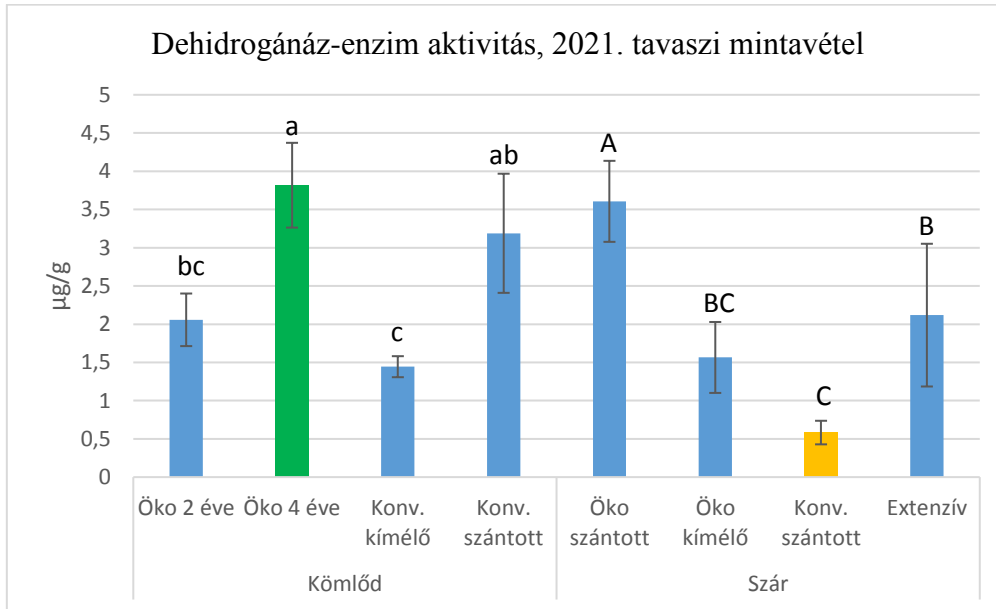
A 2020-as őszi mintavétel alapján DHA esetében (10. ábra) a legmagasabb, 4,843 $\mu\text{g/g}$ -os átlagértéket a szári gazdaság extenzíven művelt területén mértünk, mely a többitől szignifikánsan eltér. Ebben az évszakban a legalacsonyabb, 0,738 $\mu\text{g/g}$ -os átlagértéket a kömlődi, szántatlan konvencionális területen vett minta mutatta, mely azonban nem tér el szignifikánsan egyetlen másik kömlődi mintától sem.



10. ábra: A különböző talajhasználati területeken őszei mért dehidrogenáz-enzim aktivitási értékek. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

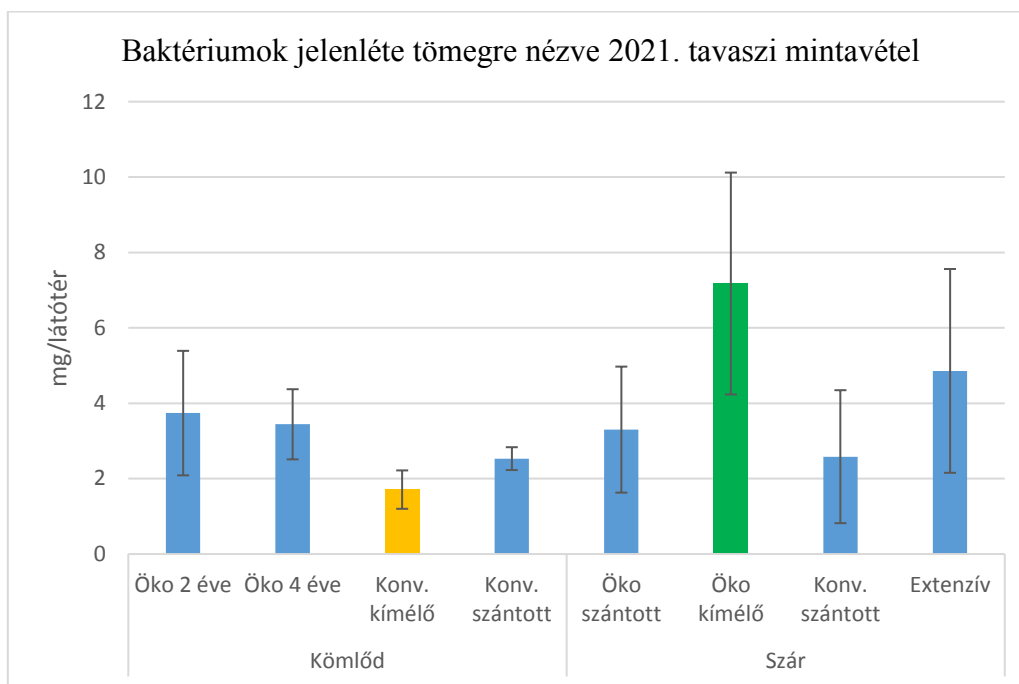
A 2021-es tavaszi mintavétel alapján DHA esetében (12. ábra) a 2020-as tavaszi mintavételtől eltérő eredményekre jutottunk, ugyanis itt a legmagasabb, 3,818 $\mu\text{g/g}$ -os átlagértéket a kömlődi gazdaság azon területén mértük, amely 4 éve ökológiai gazdálkodás alatt áll. Ez szignifikánsan eltér a 2 éve ökológiai gazdálkodás alatt álló és a szántatlan konvencionális területtől. A konvencionális szántott terület szignifikánsan magasabb értéket hozott, mint a konvencionális - szántás nélküli - kímélő műveléssel művelt terület. Legalacsonyabb, 0,582 $\mu\text{g/g}$ -os átlagértéket ebben az évszakban, a szári konvencionális, szántott területen mértünk, mely az ökológiai gazdálkodás alatt álló szántott és az

extenzíven művelt területtől tér el szignifikánsan. Az Öko szántott terület magasan és szignifikánsan eltér a többi szári területtől.



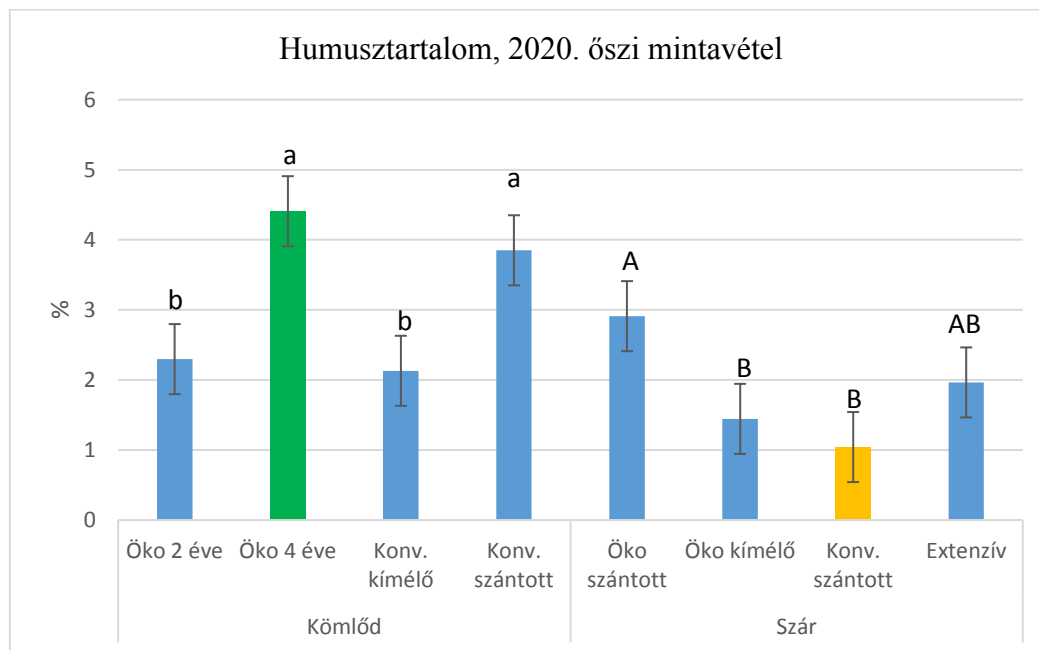
12. ábra: A különböző talajhasználati területeken tavasszal mért dehidrogenáz-enzim aktivitási értékek. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

A mikroszkópos baktériumszámlálás során a kapott értékek (13. ábra) nagy szórást mutattak így szignifikánsan eltérő eredményt nem kaptunk, azonban a különböző vizsgált területek eltérő átlageredményt hoztak. A baktériumok jelenléte a szári szántatlan ökológiai művelés alatt álló területen volt a legnagyobb, látóterenkénti átlagosan 7,177 mg-os tömeggel. Ezt követte az extenzív terület majd az öko szántott és a szári konvencionális szántott. A legalacsonyabb a kömlődi szántatlan konvencionális gazdálkodású területen látóterenkénti átlagosan 1,709 mg-os tömeggel. Kömlőd esetében a legmagasabb értékeket az öko területek hozták.



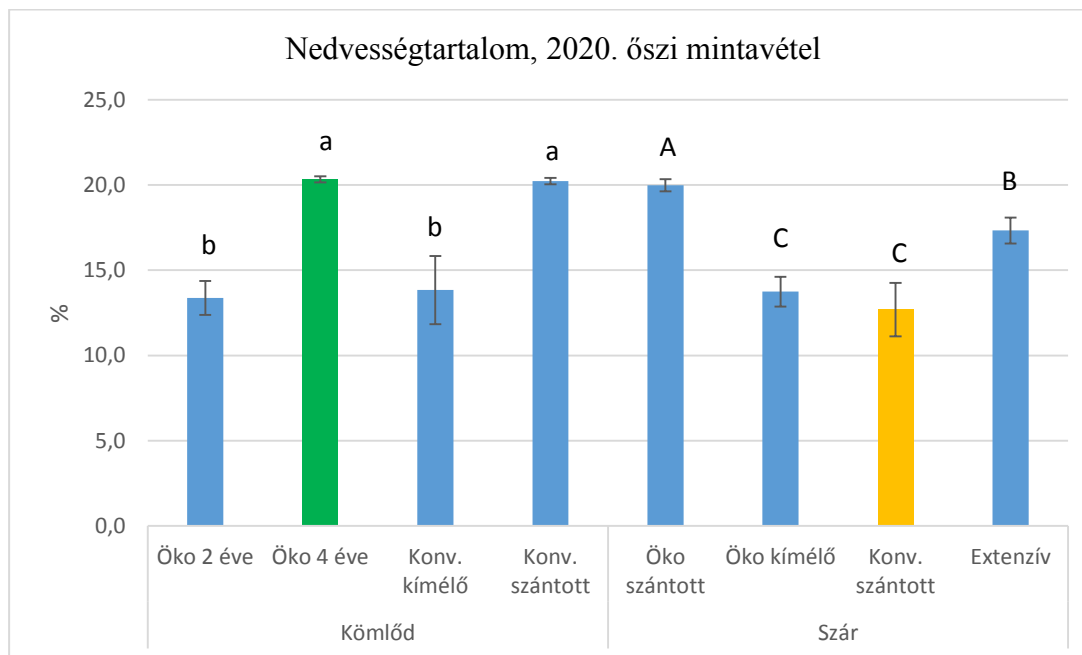
11. ábra: A különböző talajhasználati területeken tavasszal mért baktérium biomassza értéke. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve.

A humusz mennyiségi vizsgálatok eredménye (14. ábra) alapján elmondhatjuk, hogy az általunk vizsgált területek közül humuszban leggazdagabb talaj a kömlődi, 4 éve ökológiai gazdálkodás alatt álló terület, 4,408%-os átlagértékkel, mely nem tért el szignifikánsan a konvencionális területtől. Ezek azonban eltértek szignifikánsan a 2 éve ökológiai gazdálkodás alatt álló és a konvencionális kímélő területtől. Humusszal leggyengébben ellátott talaj a szári szántott konvencionális művelés alatt álló terület volt, 1,042%-os átlageredménnyel, mely sem a szári extenzív, sem a szántatlan ökológiai gazdálkodás alatt álló területtől nem tért el. Legmagasabb értéket az öko szántott területen mértünk, amely szignifikánsan eltért az öko kímélő és a konvencionális szántott területtől.



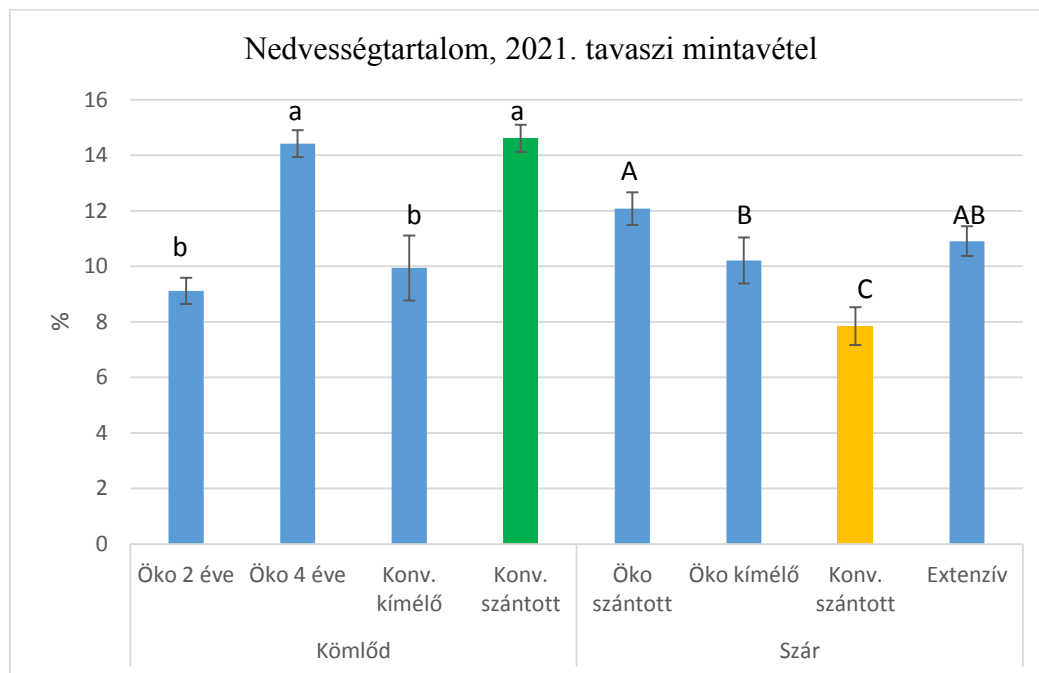
12. ábra: A különböző talajhasználati területeken tavasszal mért humusztartalom értéke %-ban. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

Az őszi mintavétel során (15. ábra) a legtöbb nedvességet a kömlődi, 4 éve ökológiai művelés alatt álló talaj mutatta, átlagosan 20,22 %-os nedvességtartalommal, mely szignifikánsan eltért a szántatlan konvencionális és a 2 éve ökológiai gazdálkodás alatt álló területtől. A legalacsonyabb értéket őszi a szári konvencionális, szántott talajban mértünk, átlagosan 12,69 %-kal, ez szignifikánsan eltér a szári ökológiai gazdálkodás alatt álló szántott és az extenzív művelésbe vont terület értékeitől is. Száron az öko szántott terület minden más szári táblánál szignifikánsan magasabb értéket mutatott.



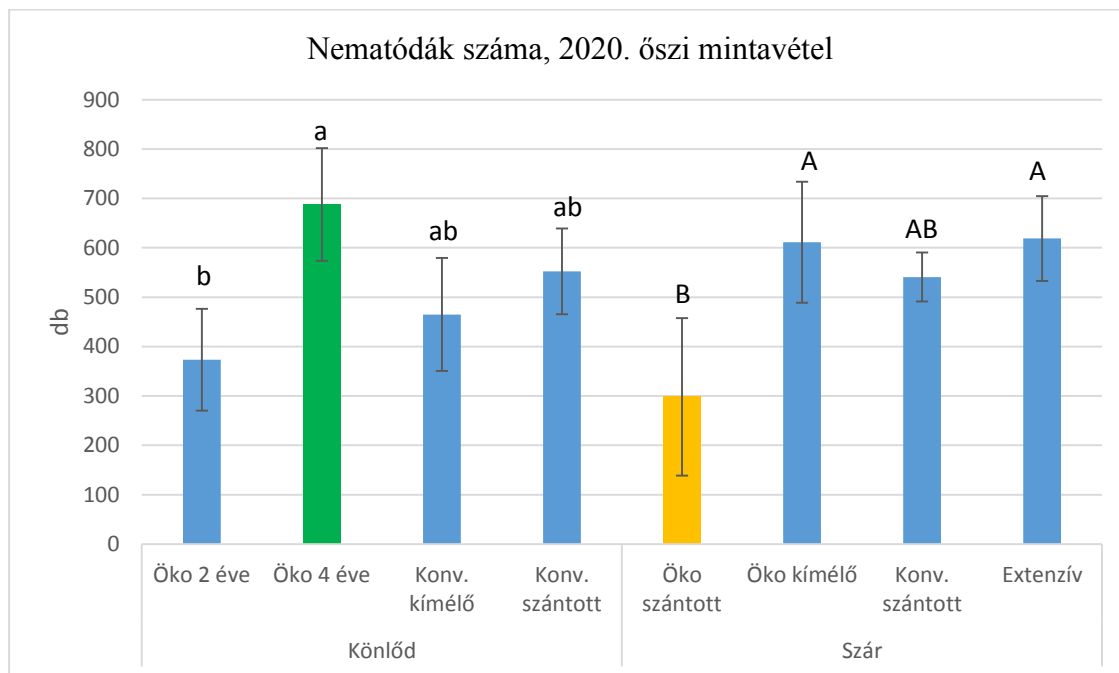
15. ábra: A különböző talajhasználati területeken őszi mért nedvességtartalom értéke %-ban. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

Nedvességtartalom tekintetében, a tavaszi mintavételek vizsgálati eredménye (16. ábra) alapján megállapítható, hogy a kömlődi konvencionális szántott talaj rendelkezett a legnagyobb, átlagosan 14,602 %-os nedvességtartalommal, mely szignifikánsan eltért a szántatlan konvencionális és a 2 éve ökológiai gazdálkodás alatt álló területtől. Azonban a 4 éve öko terület hasonlóan magas értéket produkált, ez a két tábla nem tért el egymástól szignifikánsan ezen mérés alapján. Legalacsonyabb értéket a szári konvencionális szántott talajban mértünk, átlagosan 7,848 % nedvességtartalommal. Utóbbi szignifikánsan kevesebb, mint bármelyik másik mintában mért érték. Legmagasabb értéket Száron, az öko szántott terület hozta, amely az extenzív területen kívül, minden más táblánál magasabb értéket hozott.



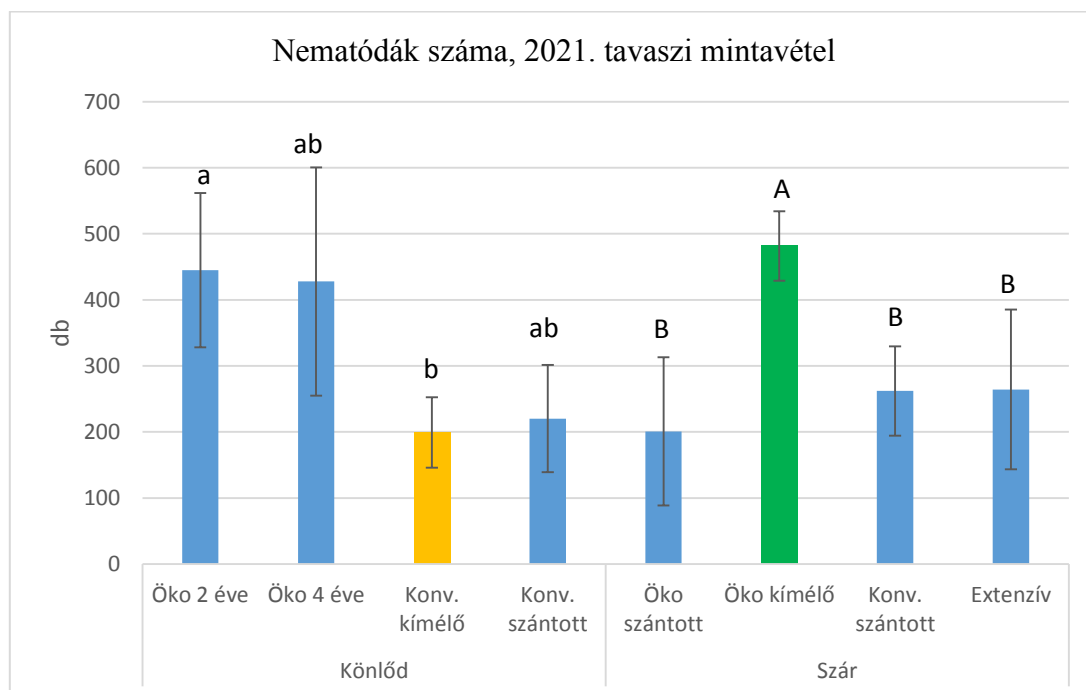
16. ábra: A különböző talajhasználati területeken tavasszal mért nedvességtartalom értéke %-ban. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

Az őszi mintavétel eredménye (7. ábra) alapján elmondható, hogy a legtöbb nematóda a kömlődi, 4 éve ökológiai művelés alatt álló területen fordult elő, átlagosan 688-as darabszámmal. Ez az érték szignifikánsan eltért a 2 éve öko terület talajában mért értéktől. Legalacsonyabb értéket ebben a szezonban a szári szántott, ökológiai művelés alatt álló területen mértünk, átlagosan 298 darab fonálféreggel, mely szignifikánsan alacsonyabb eredmény a szántatlan ökológiai gazdálkodás alatt álló és az extenzív területtel szemben.



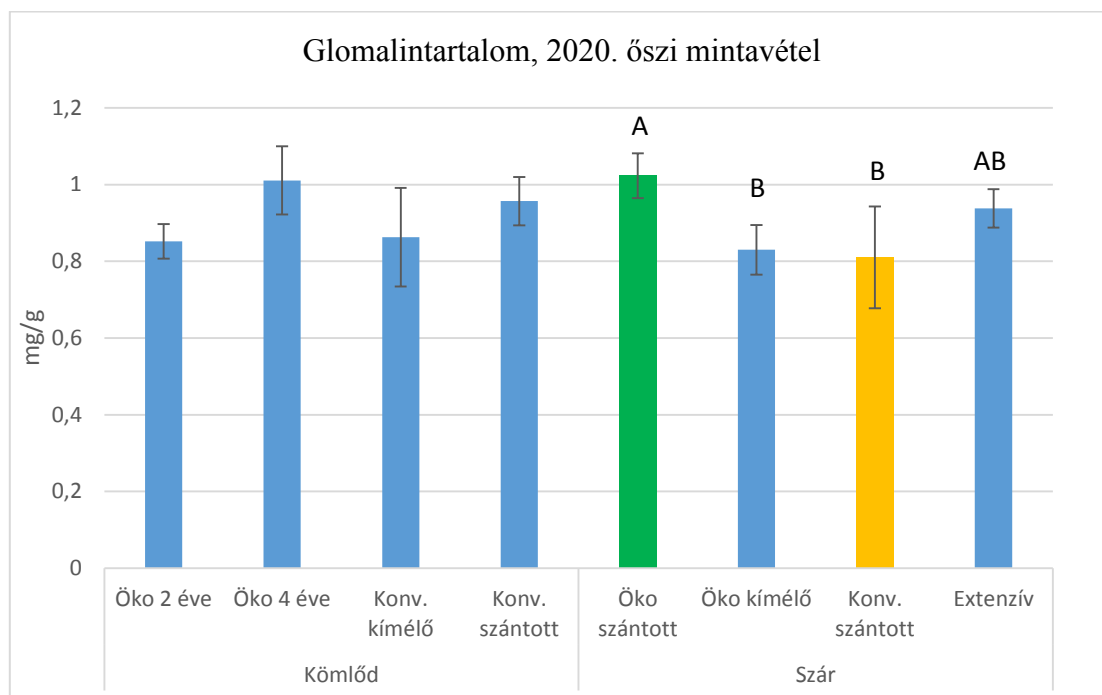
17. ábra: A különböző talajhasználati területeken őszi számolt nematódák jelenlétének értéke. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

A fonálféreg-futtatás eredményeképpen a tavaszi mintavétel során (18. ábra) azt láthatjuk, hogy a legnagyobb mennyiségű nematoda a szári, ökológiai, szántatlan művelés alatt álló területen volt jelen, 481 átlag darabszámmal, mely a többi szári mintához képest szignifikánsan magasabb érték. A legkevesebb a kömlődi konvencionális szántatlan területen fordult elő, mely a kömlődi minták közül a 2 éve ökológiai művelés alatt álló területtől tér el szignifikánsan.



18. ábra: A különböző talajhasználati területeken tavasszal számolt nematódák jelenlétének értéke. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

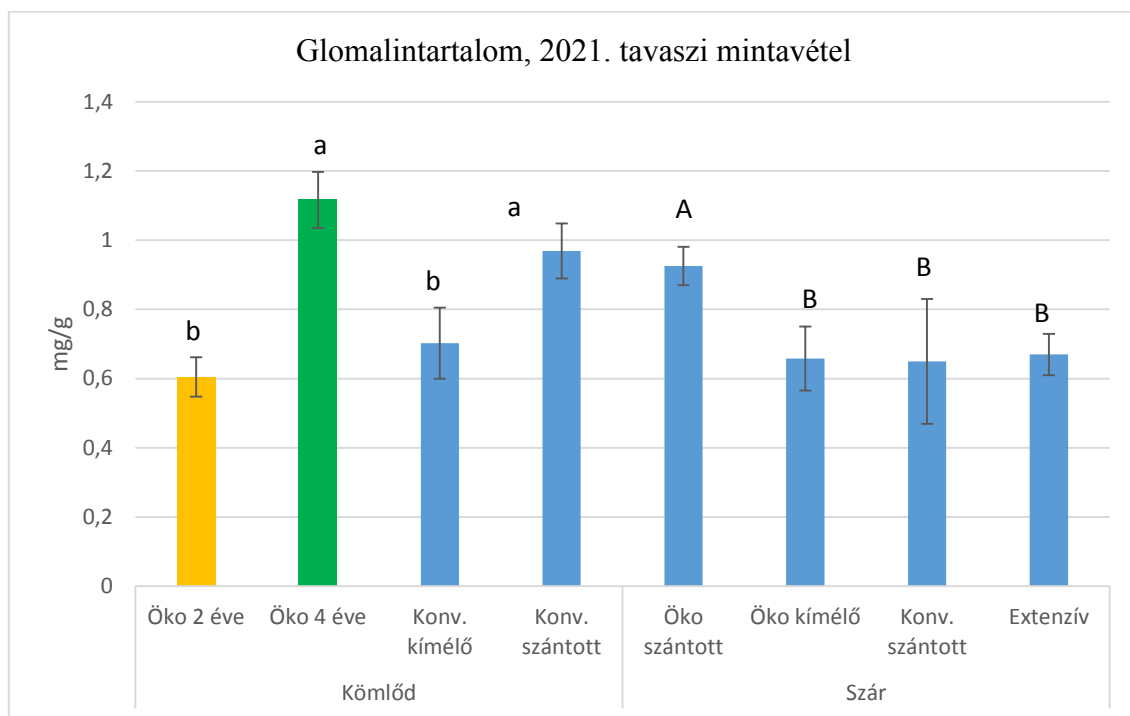
Glomalintartalom tekintetében az őszi mérések során (19. ábra) a legmagasabb értéket a szári, szántott, ökológiai művelés alatt álló terület képviselte, átlagosan 1,023 mg/g-os értékkel, mely a kímélő ökológiai művelés alatt álló és a szántott konvencionális területen mértéktől szignifikánsan nagyobb érték. A legalacsonyabb glomalintartalmat a szári szántott konvencionális területen mértük, mely szignifikánsan eltér a legnagyobbtól.



19. ábra: A különböző talajhasználati területeken őszi mért glomalinttartalom értéke. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

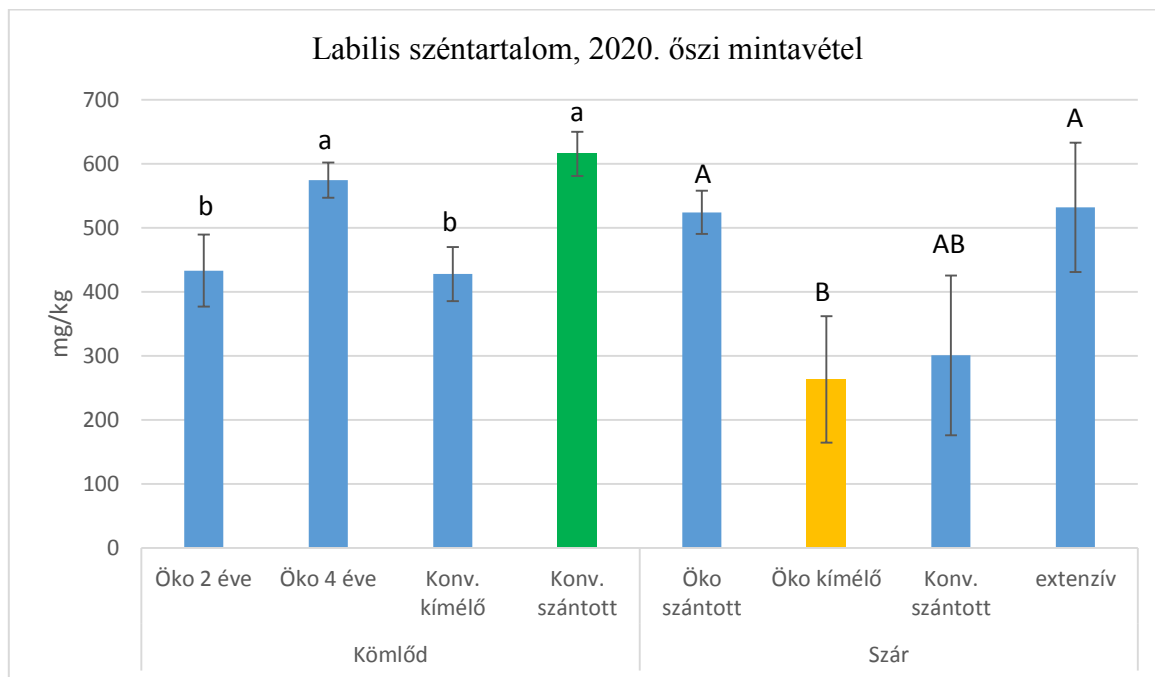
A tavaszi mérések során (20. ábra) eltérő eredményekre jutottunk. A legmagasabb értékre a kömlődi, 4 éve ökológiai művelés alatt álló területnél jutottunk, 1,116 mg/g-os átlageredménnyel, mely a 2 éve ökológiai művelés alatt és a szántatlan kímélő művelés alatt álló területtől szignifikánsan magasabb. A legalacsonyabb értéket a kömlődi, 2 éve ökológiai művelés alatt álló területen mértük, átlagosan 0,604 mg/g-mal, mely a 4 éve ökológiai művelés alatt álló területtől és a szántott konvencionálisan művelt területtől szignifikánsan eltérő. Szár

esetében, az ökológiai szántott művelésű terület szignifikánsan magasabb értéket hozott, mint a többi szári terület.



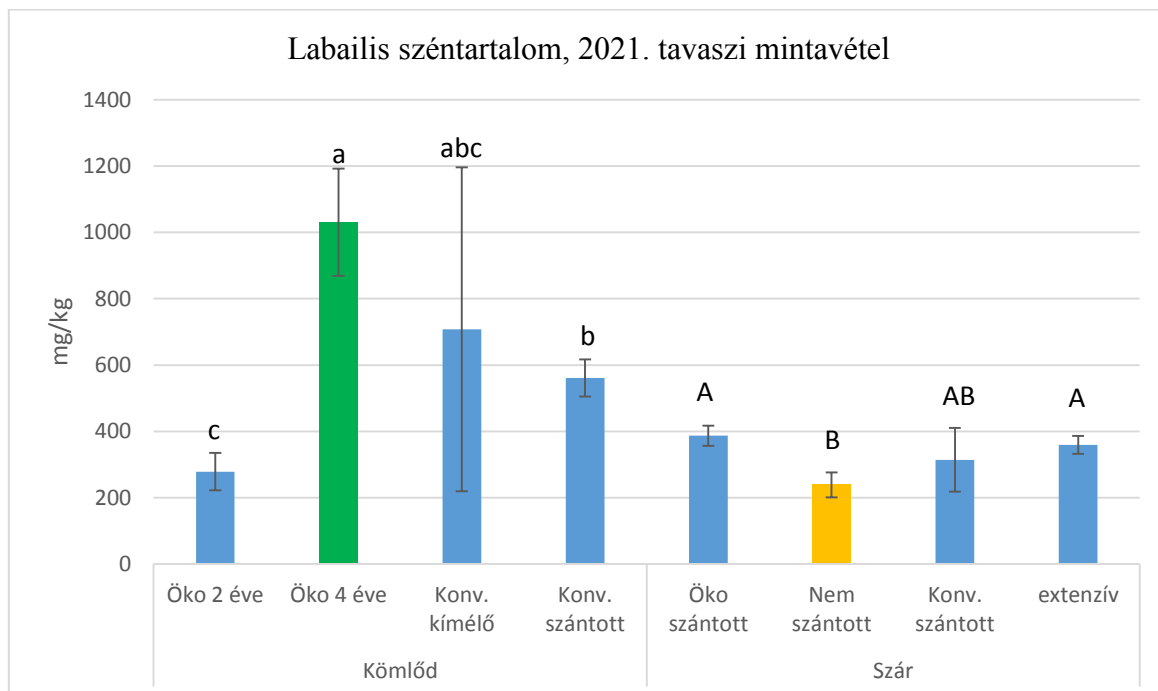
20. ábra: A különböző talajhasználati területeken tavasszal mért glomalintartalom értéke. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

Az őszi évszakban vett minták esetében a labilis széntartalomban (21. ábra) a legnagyobb értéket a kömlődi, szántott, konvencionális művelés alatt álló terület képviselte, átlagosan 574,492 mg/kg-mal, mely szignifikánsan eltér a kömlődi, 2 éve ökológiai művelés alatt álló területtől és a szántatlan konvencionális területtől. A legalacsonyabb értéket a szári, szántatlan, ökológiai művelés alatt álló területen mértük, 427,848 mg/kg-os átlagértékkel, mely a szántott, ökológiai művelés és az extenzív művelés alatt lévő területtől szintén eltér szignifikánsan.



21. ábra: A különböző talajhasználati területeken őszen mért labilis széntartalom értéke. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

A labilis széntartalom mérése során tavasszal (22. ábra), ahogy a következő diagramon is látható a legnagyobb értéket a kömlődi, 4 éve ökológiai művelés alatt álló terület képviselte, átlagosan 1030,421 mg/kg-mal, mely szignifikánsan eltér a kömlődi, 2 éve ökológiai művelés alatt álló területtől és a szántott konvencionális területtől. A legalacsonyabbat a szári kímélő területen mértük, 314,088 mg/kg-os átlagértékkel, mely a szántott, ökológiai művelés és az extenzív művelés alatt lévő területtől is eltér szignifikánsan.



22. ábra: A különböző talajhasználati területeken tavasszal mért labailis széntartalom értéke. Zölddel a legnagyobb, sárgával a legalacsonyabb érték jelölve. Az oszlopok feletti kis- és nagybetűk a szignifikáns eltéréseket hivatottak mutatni 95%-os szignifikancia szinten ($P < 0,05$).

A különböző talajtani vizsgálatok összefüggéseit Pearson-féle korrelációval elemeztük. Az egy időpontban vett mintákat hasonlítottuk össze egymással. Így két korrelációs táblázat született (3.táblázat, 4. táblázat) a 2020-as őszi és a 2021-es tavaszi mintavételből.

Az őszi eredmények esetében a talajnedvesség mértéke erősen korrelál a talaj glomalintartalmával, a labailis szénnel és a humusz mértékével. A glomalin szorosán összefüggő eredményt mutat a nedvességtartalommal, labailis szénnel és humusszal. A labailis szén szintén pozitívan korrelál a nedvességtartalommal, glomalintartalommal és a labailis szénnel. A humusz szignifikáns összefüggést mutat a nedvességtartalommal, glomalintartalommal és labailis szénnel. A dehidrogenáz-enzim aktivitás mérsékelt pozitív korrelációt mutat a labailis szénnel a glomalinnal és a nedvességtartalommal, azonban ezek az összefüggések nem voltak szignifikánsak.

	DHA	Nedvesség	Glomalin	Labilis szén	Humusz	Nematóda
DHA	1	0,451	0,481	0,535	0,203	0,388
Nedv	0,451	1	,961**	,872**	,855**	0,111
Glomalin	0,481	,961**	1	,856**	,817*	-0,029
Labilis	0,535	,872**	,856**	1	,853**	0,014
Humusz	0,203	,855**	,817*	,853**	1	0,135
Nematóda	0,388	0,111	-0,029	0,014	0,135	1

3. táblázat: A 2020,-as őszi mintavétel különböző talajvizsgálatainak korrelációs együtthatói (R). A zölddel kiemelt számok szignifikáns összefüggést mutatnak. A szignifikancia szint 95%-os volt ($P < 0,05$).

A tavaszi mintavétel adattáblája alapján meglepő eredményre jutottunk. A korrelációelemzés során erős szignifikáns összefüggést a humusz és a dehidrogenáz-enzim aktivitás, a labilis szén és a glomalintartalom, valamint a talajnedvesség és a glomalintartalom közt mértünk. A dehidrogenáz enzim pozitívan korrelált a nedvességtartalommal és a glomalinval, továbbá a nematóda szám és a baktérium mennyiség is pozitív korrelációt mutatott, azonban ezek az összefüggések nem voltak szignifikánsak.

	DHA	Baktérium	Humusz	Nedv	Nematóda	Glomalin	Labilis
DHA	1	,019	,908**	,567	,251	,594	,373
Baktérium	,019	1	-,167	-,097	,669	-,277	-,452
Humusz	,908**	-,167	1	,488	,349	,544	,550
Nedv	,567	-,097	,488	1	-,080	,909**	,641
Nematóda	,251	,669	,349	-,080	1	-,116	-,057
Glomalin	,594	-,277	,544	,909**	-,116	1	,752*
Labilis	,373	-,452	,550	,641	-,057	,752*	1

4. táblázat: A különböző talajvizsgálatok korrelációs együtthatói (R). A zölddel kiemelt számok erős szignifikáns összefüggést mutatnak. A szignifikancia szint 95%-os volt ($P < 0,05$).

4.3 Interjú eredmények

Szár

Nobilis Ágostonnal, a szári gazdaság vezetőjével készített interjúból kiderült, hogy apjától vette át a gazdaság irányítását 2015-ben. 300 hektáron gazdálkodnak, amelyből 265 ha szántóföld, 20 hektár gyümölcsös. 2015-ig, konvencionális, szántásra alapozott gazdálkodást folytattak. A vetésciklus négy növényből állt: repceből, kukoricából, napraforgóból és mustárból. A tavaszi vetésű kultúrák alá szántottak, az ősziéknél tárcsázás volt az alapművelés. Az eke mellett nehéztárcsát és grúbert használtak. Elmondása alapján komoly eketalp és tárcsatalp betegség figyelhető meg több tábláján. Amikor ő lépett a vezető szerepbe, azonnal elkezdte ökológiai minősítéshez átállítani az összes szántóföldi területet. Kiszélesítette a vetésciklust, ma 10 féle növényt termeszt, amelyek a következők: búza, rozs, tönke, alakor, olajlen, napraforgó, lucerna, borsó, hajdina, kukorica. A talajművelés kapcsán elmondható, hogy alapvetően sekélyművelést alkalmaz rövidtárcsával és csökkentette a talajművelő gépek menetszámát. Két kultúra között átlagosan kétszer tárcsáz és egyszer grúberezik. A tarlókezelésen is változtatott, egyrészt magasabban aratja a kultúrnövényeket, másrészt a rövidtárcsa nem forgatja, hanem vágja és sekélyen dolgozza el a területen maradt tarlót. A megváltoztatott művelési eljárásoknak köszönhetően a korábbi eróziós károk megszűntek. Tápanyagutánpótlást alkalmaz, legfőképp pelletált szerves trágya formájában. Téli takarónövény-keverék vetését is próbálta pár alkalommal.

Kömlőd

Szabadka Péterrel, a kömlői gazdaság vezetőjével készített interjúból kiderült, hogy 500 ha-on gazdálkodik, amiből ma már 450 ha ökológiai minősítésű terület. Minden évben körülbeül 50 ha-ral bővítette az ökológiai területeit és a célja, hogy az összes területe átálljon. A területek egy részét megörökölte és volt, amit vásárolt. 40 táblája van elszórva Kömlőd környékén és az átlagos táblamérete 10 ha. Korábban hagyományos művelést folytatott a területein, hagyományos szántásra alapozott művelési móddal és nagy mennyiségű input felhasználásával. Ez intenzív műtrágya és növényvédőszer felhasználását jelentette. Továbbá a vetésciklus is a hagyományos növényeken alapult: búzán, kukoricán, napraforgón és árpan. 2015-ben váltott át

sekély (10 cm mély) művelésre az összes területén és 2017-ben kezdte meg a területeinek biová minősítését. Nála a váltás nem elsősorban egészségügyi vagy környezeti megfontolásból eredt, hanem gazdasági szempontok vezérelték. Rájött, ha az inputokat elhagyja, akkor lehet hogy a termésátlagai elmaradnak az átlag terméshozamoktól, azonban kiadásai is drasztikusan csökkennek és a magasabb bio árak miatt a végén pozitívan jön ki a mérlege. Azóta semmilyen trágyát vagy trágya készítményt nem juttat ki területeire és növényvédőszeret sem használ. Arra is rájött, hogy az intenzív input használatnál sokkal fontosabb, az agrotechnikai módszereit fejleszteni. Nagy figyelmet fordít talajainak javítására, mivel az egy hosszútávon megtérülő befektetés, amely a tápanyagutánpótlást és a növényvédelmet is befolyásolja. Igyekszik olyan talajművelő eszközöket használni, amelyek legkevésbé rombolják a talaj szerkezetét. A kutatásban tárgyalt években csak rövidtárcsát használt a tarló előkészítésére és a magágyelőkészítésre, azonban elmondása alapján ez a művelőeszköz nagy mértékben porosítja a talajt, emiatt grúberre tervezi lecserélni. Az agrotechnika tökéletesítése mellett, fontos lépésnek tartja, hogy vetésforgóját kibővítette 10-12 növényre, amik a következők: bíborhere, bükköny, rozs, durum-, őszi- és tönkölybúza, árpa, tritikálé, homoki zab, facélia, napraforgó, köles, kukorica. A vetésforgó sokszínűsége mellett, azt is kulcsfontosságúnak tartja, hogy a talajaiban egész évben legyenek élő gyökerek. Így különböző együttvetéseket alkalmaz. Például őszi búzát együtt vet vörösherével. A vörösherét a búza tavasszal visszaveti, aratás után azonban erőre kap és hamar takarja a tarlót. Ez azért is fontos, mert a nyári vetés általában nehézkes a csapadékhiány miatt.

A bio minősítés miatt a gyomok elleni küzdelem a művelésre korlátozódik, így teljesen nem tudja elhagyni a művelést. Próbálkozott direktvetéssel, ahol is rögtön a tarlóba vetették a gabonát, amely sikeres is volt, de a terméshozam alacsonyabb lett. Ennek az volt az oka, hogy művelés hiányában intenzívebben gyomosodott a tábla és a tarlómaradványok akadályozták a gyomfészűzést. Két kultúra között, átlagosan háromszor tárcsáz. A művelés teljes elhagyásánál kardinálisabb kérdésnek tartja a növények szerepét a talajban. Ha a felső 10 cm bolygatott is, a takarónövények gyökereit akár másfél méter mélyen is megtalálja a talajszelvény vizsgálatok esetén.

Az előző művelési rendszerből adódtak talajkárok: sok tábláján máig megfigyelhető egy tömörödöttebb réteg a szántás mélységében. Ez azonban javulni látszik a talajjavító módszerek alkalmazásával. Továbbá a belvizek is megszűntek azóta.

Kérdeztük a gazdát, hogyan sújtotta a gazdaságot a 2022-es aszály. A terméshozam kevesebb lett, azonban nem volt veszteséges az év. Azt nyilatkozta, hogy szerinte ilyen termesztési móddal, ahol széles a vetésciklusban 10-12-féle növényt termeszt és ahol nem használ inputanyagokat, tulajdonképpen nem tud veszteséget termelni. Ez a termesztési mód pont ilyen aszályos években térül meg.

5. ÖSSZEGZÉS

5.1. Következtetések

Szár esetében a legtöbb legmagasabb értéket a 'Öko szántott' terület mutatta. A terület alapvetően gyakran bolygatott tábla. A termesztett kultúrának az igényei szerint minden évben tárcsázott, kapált, töltögetett parcella. 2020-ban pedig szántás is történt a területen. Sokat elárul a talaj fizikai állapotáról a nedvességtartalma, amely az őszi és a tavaszi időszakban is a legmagasabb volt, amely eltérés szignifikáns is volt: ősszel minden más táblától, tavasszal az extenzív terület kivételével mindegyiktől. Tehát mondhatjuk, hogy legjobb talajszerkezete, amely jó vízháztartást eredményez ennek a területnek volt. Habár a hosszútávú intenzív talajbolygatás rombolja a talajszerkezetet (Bronick és Lal, 2005), a megfelelő időben elvégzett és elmunkált talajművelés laza és levegős talajállapotot eredményez, amely a mikrobák életfeltételeit javítja és aktivitásukat növeli. (Govers et al., 2006) Ez a mechanizmus az ökológiai intenzív művelésű terület dehidrogenáz enzim eredményeiben visszatükröződik. Főleg a tavaszi eredmények esetén, ahol ezen a területen mértük a szignifikánsan legmagasabb enzimaktivitást. A biológiai aktivitást még pozitívan befolyásolhatta a levegőzöttség mellett, a megfelelő mennyiségű lebontható szervesanyag. A gazdálkodási naplóból kiderült, hogy ez a terület kapta a legtöbb szervestrágya utánpótlást, amely a labilis szén eredményekből is visszaköszön, hiszen tavasszal és ősszel is itt magasabb értékeket kaptunk, amely csak a kémelő műveléstől tért el szignifikánsan, mindkét mintavétel esetén. A magasabb biológiai aktivitás, a humuszképzés által, hosszútávon hozzájárul a szerkezet javulásához. Tehát az alkalmazott mérések eredményeinek mindegyikét pozitívan befolyásolhatja. Ez az eredmény megindokolható az eddig leírtak által, azonban a gyűjtött szakirodalomnak némiképp ellentmond. Hiszen, sok kutatás számol be arról, hogy a művelés csökkentése az, ami a humuszgyarapodást segíti (Stewart et al., 2005). Ez az ellentmondás feloldást nyerhet, ha megnézzük az éves bővített talajvizsgálatokat (1. sz. melléklet), akkor láthatjuk, hogy, habár a

táblák tulajdonképpen szomszédosak egymással (9. ábra), ám kötöttségük különbözik kis mértékben. Az Öko szántott terület kötöttsége 41 KA, míg a kímélő művelésű területé és az extenzív kevesebb (34 és 36 KA). Mivel a konvencionális tábla a kímélő terület mellett fekszik (9. ábra), feltételezhetjük, hogy ennek a táblának a talaja is hasonló a kímélőéhez. Tehát kötöttség szempontjából, avagy az alap adottságokat tekintve a szántott terület kicsit jobb tulajdonságokkal rendelkezik, amely által sérülhet az összehasonlíthatóság, azonban ez az információ a kapott eredmények magyarázatához hozzájárulhat. Tehát összességében a jobb talajadottság, a nagyfokú szervestrágya-utánpótlás és a megfelelő levegőzöttség magyarázza a mért magas értékeket.

Talán a leginkább összehasonlítható két tábla, melyek egymás mellett fekszenek, a konvencionális szántott és az ökológiai kímélő terület. Sok paraméter esetében mondhatjuk el, hogy magasabb értékeket mértünk az öko kímélő területen, összehasonlítva a konvencionális területtel. Ilyen volt a tavaszi dehidrogenáz-enzimaktivitás, baktérium mennyiség, humusz mennyiség, nematóda szám, nedvességtartalom. Ezen belül, szignifikánsan magasabb értéket mértünk a tavasszal mért nedvességtartalom és nematóda szám esetében. A glomalin esetén nem látható eltérés, és a labilis szén esetében enyhén magasabb értéket mértünk a konvencionális területen. Az interjú alapján megtudtuk, hogy az ökológiai területeken 2015-ig konvencionális szántásra alapozott művelés folyt, ahogyan a konvencionális szántott területnek nevezett területen a mai napig. Így megfigyelhetjük az adatokból, hogy ha nem csak elhagyjuk a műtrágyákat és vegyszereket, hanem ennél komplexebb módon szeretnék megfelelni az ökológiai gazdálkodás szemléletének és a talajterhelést is csökkentjük kímélő műveléssel, több talómaradvány meghagyásával, szervestrágya kijuttatással, 5-6 év alatt már pozitívabb vagy szignifikánsan pozitív javulást láthatunk a talaj egyes paramétereiben.

Az extenzív tábla érdekes eredményeket mutatott. Az interjúból kiderült, hogy ez a terület azért is lett 'extenzív', mert nagyon köves, (ezt a mintavételnél is tapasztaltuk) és a termésátlagok itt mindig alacsonyabbak voltak. Így olyan kultúrákat vetettek bele, amelyek nem a fő gazdasági növények, de esetlegesen a talajt is javítják. Így került bele kétszer is bíborhere a mintavétel időpontját megelőző három évben. A területen sok esetben magas értékeket mértünk így a dehidrogenáz-enzimaktivitás, az őszi mintavétel alapján, magasán megelőzte a többi szári területet. Tavasszal már mást mutattak az adatok: szignifikánsan alacsonyabb enzimaktivitás volt itt, mint az 'Öko szántott' területen. Viszont szignifikánsan magasabb volt, mint a

konvencionális területen. Úgy gondolom, hogy ezen a területen mutatkozott meg igazán, hogy a talaj számára az 'extenzív művelés', avagy a bolygatás minimalizálása, továbbá pillangós kultúra beillesztése a vetésforgóba, valóban pozitív hatást gyakorol a talaj biológiai aktivitására. A nedvességtartalom, az extenzív táblán, az őszi és a tavaszi mintavétel esetében is szignifikánsan magasabb volt, mint a konvencionális területen mért, amely egy jobb talajszerkezetre enged következtetni. A humusztartalom is látványosan magasabb értéket vett fel, azonban ez az eltérés nem volt szignifikáns.

A kömlődi gazdaság esetében a térképek (5. ábra, 6. ábra, 7. ábra) alapján látható, hogy a 3 éve öko terület, amelyen 2015 éve sekély művelés folyik takarónövények alkalmazásával szomszédos fekvésű a szántott konvencionális területtel. Ebből feltételezhetjük, hogy alap talajadottságukat tekintve ugyanolyanok, ezért ezeket lehet leginkább összehasonlítani. Ezt jelezheti a nedvességtartalom eredménye, ahol közel ugyanolyan adatokat kaptunk ezen a két táblán, míg a másik kettőn szignifikánsan alacsonyabbat mind az őszi, mind a tavaszi mintavétel esetén. A többi két tábla habár néhány kilométeres körzeten belül található a talajvizsgálati eredmények alapján fizikai féleségükben eltérnek és az interjú alapján is kiderül, hogy a művelhetőség és termőképesség szempontjából a 3 éve öko terület a legjobb, ezt követi a 2 éve bio terület és a konvencionális kímélő művelésű az utolsó ebből a szempontból a gazda elmondása alapján. Ez a különbség megnehezíti az összehasonlíthatóságot, de érdekes eredmények innen is származhatnak.

A '3 éve öko' terület és a 'konvencionális szántott' terület eredményéből hasonló tendencia olvasható le, mint a szári, két hasonló terület eredményeiből. A nedvesség tartalom és a labilis szén őszi eredményét leszámítva, az összes mért paraméter tekintetében a '3 éve öko' terület volt az, ami mindig magasabb értéket vett fel, azonban ez az eltérés csak a labilis szén tavaszi mérésében volt szignifikáns. Tehát azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a gazdaságban 2015-től végbement változtatás pozitív hatása az általunk mért talajparaméterekre egyértelműen megfigyelhető, azonban még nem jelentős statisztikailag. Tehát, körülbelül 5-6 év szükséges ahhoz, hogy látható legyen valamilyen pozitív változás.

Habár a gazdától kapott talajeredmények alapján látszik, hogy a 2 éve ökológiai sekély műveléssel művelt tábla és a konvencionális kímélő művelésű tábla az előzőekben tárgyalt tábláktól és egymástól is némileg eltérnek kötöttségben - és a gazda tapasztalatai is ezt

támasztják alá – néhány trend megfigyelhető az innen származó eredményekből is. A legszembetűnőbb, hogy a talaj szervesanyagára és nedvességtartalmára vonatkozó adatokban nem tér el egymástól a tárgyalt két tábla, azonban néhány talajbiológiára vonatkozó eredményben eltérést mutatnak. Az ökológiai területen magasabb enzimaktivitást mértünk, amely tavasszal látványosabb volt, de nem volt szignifikáns. A baktériumok esetében is ez a tendencia látható. A nematódák számát illetően ősszel magasabb átlagérték született a konvencionális kímélő tábla esetében, azonban tavasszal szignifikánsan magasabb érték mutatkozott az ökológiai területen. A glomalin tavaszi eredményei alapján kissé magasabb értéket vett fel a konvencionális kímélő művelésű terület. Úgy gondolom, hogy az eredményekben visszaköszönhet az eltérő agrotechnika rövidtávú hatása. Így míg a 2 éve öko terület nem volt művelve a mintavételt megelőző majdnem másfél évben, ugyanis 2019-ben a napraforgó betakarítása után, nem történt művelés, hanem a tarlóba vetették az őszi búzát perjés és pillangós együttvetéssel, majd a következő évben a búza aratás után a tarlóban hagyták 2021 tavaszig a takarónövényt. Továbbá a terület nem kapott műtrágyát sem és szintetikus növényvédőszer sem. Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy habár a humusz és nedvességtartalomban nincs eltérés, azonban a biológiai mutatók korai indikátorai lehetnek egy olyan talajmenedzsmentnek, amely pozitív hatása később a talaj többi paraméterében is megmutatkozik. (Kemper és Rosenau, 1986).

A korrelációs eredmények alapján az olvasható le, hogy a humusz, a nedvesség, a glomalin és a labilis szén magas fokú összefüggést mutatnak. Az enzimaktivitás is pozitív korrelációt mutatott az őszi mintavétel alapján azonban ez gyengébb összefüggés volt. A tavaszi mérés alapján az enzimaktivitás a humusszal mutatott erős összefüggést, a nedvesség és a glomalinnal gyengébbet. Ezek a szoros összefüggések arra is jók, hogy a paraméterek egymás eredményeit validálják. Érdekes mód a baktérium és a nematóda szám eredményei nem mutattak erős összefüggést semmilyen más értékkel. Egymással azonban igen, bár ez sem volt szignifikáns. Ez mutatja, hogy önmagában az egyes talajjelölények mennyisége nem nyújt elégséges információt a talajbiológia állapotáról. Érdeemes párosítani egy biológiai aktivitás vizsgálattal, hiszen elképzelhető, hogy jelen vannak a mikroorganizmusok, azonban, nem aktívak.

Az irodalmak és kutatásunk alapján kiviláglik az a tény, hogy önmagában megfelelő talajművelésről megfelelő trágyázásról vagy megfelelő vetésforgóról nem lehet beszélni. Egyik tényezője sem működik önmagában a talaj managementnek. Legalábbis önmagában főleg

arról vitázni, hogy melyik talajművelési rendszer a biztos befutó, ha például a szerveztrágya elmarad, vagy a vetésforgó szegényes, takarónövény-mentes. Ezek komplexen hatnak a talajban végbemenő folyamatokra. Ráadásul a gazdának tájékozottnak kell lennie a saját egyéni talaját vagy talajait illetően, hiszen különböző talajok más és más eszköztárat igényelhetnek. Ez alapján valahol minden gazdálkodónak valamelyest talajtudósnak is kell lenni, hiszen a megszokott módszerek, amelyek uralják a magyar szántóföldi termesztés nagy hányadát rettentően kevesek ahhoz, hogy hosszútávon fennmaradjon a talajok termékenysége. Egyéni eszközök és lépések kellenek minden típusú talajhoz. Ezért úgy gondolom, hogy a gazdatanfolyamok, ahol a gazdálkodók megismerhetnek más módszereket is a megszokottakhoz képest és megérthetik, hogy hosszútávon az ő érdekük is a „talajközpontú” gazdálkodás kulcsfontosságú lehet.

5.2. A kutatás további lehetőségei

A jelenlegi kutatás adott időkorlátok között zajlott. Nagyobb időszakot átívelő tanulmányok elvégzése, azonos pontokon végzett további mintavételek és az adatok elemzése segíthetne még pontosabb képet kapni a különböző talajművelési eljárások hosszú távú hatásairól. Megnézhetnénk, hogy a különböző talajkezelések és az adott területeken lévő talajélet hogyan változnak az évek során, s ezek milyen esetleges összefüggésben állnak egymással. A kutatásban említett biológiai vizsgálatokat tovább is lehetne mélyíteni. Például lehetne elemezni a talajban található mikroorganizmusok fajösszetételét, valamint egyéb, biológiai életképességgel szorosan összefüggő paramétert, mint amilyen például a korábban már említett fluoreszcin diacetát analízis (FDA).

A talajművelés nemcsak a talajra, hanem a környezetre is hatással van, vizsgálható volna tehát a különböző gyakorlatok környezeti hatása (például a vízminőségre, a levegőminőségre, helyi ökoszisztémákra, biodiverzításra vonatkozóan).

A kutatás során megszerzett adatok alapján lehetne olyan talajművelési stratégiákat kidolgozni, amelyek optimalizálják a termelési eredményeket és csökkentik a környezeti hatásokat. Ezek az optimalizációs stratégiák segíthetnek mind az adott gazdának a kívánt terméshozam elérésében, mind a magyar földművelőknek a fenntartható mezőgazdaság előmozdításában. A klímaváltozás hatásaival összefüggésben továbbá vizsgálhatók a különböző talajművelési eljárások alkalmazásának előnyei és hátrányai. Például lehetne elemezni, hogy milyen

mértékben képesek a különböző talajkezelések hozzájárulni a szénmegkötéshez, és ezzel egyidejűleg a klímaváltozás enyhítéséhez.

5.3. Summary

The thesis explores soil health in various agricultural fields and the impact of different cultivation practices on soil parameters. The study focuses on several key areas, such as soil structure, moisture content, enzyme activity, organic matter, and microbial populations. It provides insights into the physical condition of the soil and its relationship to specific farming methods.

One of the key findings of the research is that the "Öko szántott" field demonstrated the highest values in various soil parameters, indicating that it was a well-maintained and regularly tilled area. The moisture content of the soil on this field was significantly higher during both autumn and spring, suggesting good soil structure and water-holding capacity. The appropriate timing of soil cultivation practices, such as plowing and tilling, led to loose and well-aerated soil conditions, improving microbial life and activity.

The study also highlights the positive impact of organic matter, particularly the application of compost, on soil biological activity. The "Öko szántott" field received the most organic matter replenishment, which was reflected in higher labile carbon content, especially during spring and autumn samplings. This higher biological activity, driven by organic matter and humus formation, contributes to long-term soil structure improvement.

It's worth noting that the findings somewhat contradict some existing literature, which suggests that reducing cultivation is more effective for increasing soil organic matter. However, the study demonstrates that a combination of factors, including improved soil properties, ample organic matter application, and adequate aeration, leads to higher values in various soil parameters.

Comparing two fields located side by side, the "conventional plowed" field and the "Öko kímélő" field, several parameters, such as dehydrogenase enzyme activity, bacterial quantity, organic matter, nematode populations, and moisture content, showed significantly higher values in the "Öko kímélő" field. This suggests that more environmentally friendly agricultural practices have a positive impact on soil health.

The "extensive" field, which received less intensive cultivation due to its rocky nature and lower crop yields, exhibited intriguing results. The reduced tillage and inclusion of leguminous cover crops in the crop rotation significantly influenced soil biological activity, as evidenced by higher dehydrogenase enzyme activity in the autumn sampling. However, in spring, the extensive field showed lower enzyme activity compared to the "Öko szántott" field, but still higher than the "conventional" field. This highlights the beneficial impact of minimal soil disturbance and the integration of leguminous crops on soil biological activity. The study also looked at a farm's history of transitioning to more ecological farming practices, which took about five to six years to show significant positive changes in soil parameters. This demonstrates that the long-term benefits of environmentally friendly practices may take time to become evident.

In conclusion, the thesis shows that the "Öko szántott" field had the highest soil health parameters, highlighting the importance of proper soil cultivation and organic matter application. The "extensive" field demonstrated that reduced tillage and the inclusion of leguminous crops can have a positive effect on soil biological activity. Furthermore, the research emphasizes the complex interplay of various factors and how they collectively influence soil health. Overall, the study provides valuable insights into the relationship between cultivation practices and soil health, shedding light on the importance of sustainable farming methods and their long-term benefits.

6. IRODALOMJEGYZÉK

Alkorta, I., Aizpurua, A., Riga, P., Albizu, I., Amézaga, I., Garbisu, C. (2003): Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Reviews on environmental health*. 18(1). pp. 65-73.

Baklanov Sz., Horel Á., Gelybó Gy., Tóth E., Dencső M., Ujj E., és Potyó I. (2019): Különböző földhasználatú területek talajának nitrogénforgalmi vizsgálata változó hőmérsékleti értékeken Agrokémia és talajtan DOI: 10.1556/0088.2019.00035 68 (2019) 1, 79-96

Bardgett, R., van der Putten W. (2014): Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515, 505–511 <https://doi.org/10.1038/nature13855>

Bastida, F., Zsolnay, Á., Hernández, T., García, C., Simón, L. (2008): Soil microbial biomass and activity in long-term reclaimed mine soils. *Environmental Microbiology Reports*, 1(4), 352-358. [DOI: 10.1111/j.1758-2229.2009.00049.x]

Blum, W. E. H. (2005): Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4(2-3), 75-79.

Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Panagos, P. (2017): An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8

Bratek Z., Fodor F., Király I., Nyitrai P., Parádi I., Rácz I., Rudnóy Sz., Solti Á., Szigeti Z., Tamás L. (2013): A növényi anyagcsere élettana, Eötvös Lóránt Tudományi Egyetem E-könyv

Bronick, C. J., Lal, R. (2005): Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.

Chen, B., Yuan, M., Zhu, Y., Wei, L., Ma, Q., Jiang, X. (2019): Pesticide application alters soil physical properties and structure as well as root growth. *Applied Soil Ecology*, 137, 38-45.

CTIC (Conservation Tillage Information Center) (2019): Benefits of Cover Crops and Conservation Tillage. Conservation Technology Information Center. Elérhető: <https://www.ctic.org/>

Darvas, B., Székács, A. (2006): Mezőgazdasági Ökotoxikológia. L'Harmattan kiadó, Budapest.

Ehnes, J. S., Nunnenmacher, N., Schmidt, H., Von Fragstein, P., Boch, S. (2017): Effects of catch crop mixtures and soil tillage on earthworm biomass and activity. *Environmental Science & Policy*, 76, 58-66.

Fazekas O., Horn R. (2005): A mechanikai és a hidraulikai talajstabilitás közötti összefüggés vizsgálata a terhelési idő függvényében, Agrokémia és Talajtan, Akadémiai Kiadó, Budapest

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Status of the World's Soil Resources: Main Report. ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezet.

Gilliom, R. J., Barbash, J. E., Crawford, C. G., Hamilton, P. A., Martin, J. D., Nakagaki, N., ... Wolock, D. M. (2007): The Quality of Our Nation's Waters—Pesticides in the Nation's Streams and Ground Water, 1992–2001. U.S. Geological Survey Circular 1291.

Gimsing, A. L., Borggaard, O. K., Bang, M., de Jonge, L. W. (2004): Pesticide leaching through sandy and loamy fields—long-term lessons learnt from the Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. *Journal of Environmental Quality*, 33(2), 661-671.

Halbritter A., Uzinger N. (2005): A talaj-mikrobióta vizsgálata foszfolipidek alapján I. Szükségesség és alkalmazási lehetőségek. *Agrokémia és talajtan*. 54(3-4). pp. 517-534.

Hargitai L. (1963): Humuszanyagok minőségének vizsgálata ultraibolya spektrumaik alapján. MTA Agrártudományok Osztálya Közleményei, 22, pp. 225-240.

Hefler J. Cs., Csorba Á, Pirkó B. (2020): Magyarország talajainak szerves anyag tartalma és változásai 1992, 2010, 2016, Mezőgazdasági- és Környezettudományi Intézet Talajtani és Agrokémiai Tanszék

Hendrix, P. F., Parmelee, R. W., Crossley Jr, D. A., Coleman, D. C., Odum, E. P., Groffman, P. M., Woodmansee, R. G. (2008): Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *Ecology Letters*, 11(12), 296-313.

Hendry A. M. (2023): Easy Crop Rotation Using the Colors of the Rainbow, *Growveg*
Letöltés dátuma: 2023.07.15. Forrás: <https://www.growveg.com/guides/easy-crop-rotation-using-the-colors-of-the-rainbow/>

Hill G.T., Mitkowski N.A., Aldrich-Wolfe L., Emele L.R., Jurkonie D.D., Ficke A., Maldonado-Ramirez S., Lynch S.T., Nelson E.B. (2000): Methods for assessing the composition and diversity of soil microbial communities *Applied Soil Ecology* 15 25–36

Horváth E., Horváth B., Farsang A., Pestiné, dr. Rácz É. V., Godó Z. A. (2012): Talajtan és talajökológia. In: Domokos E.(szerk) *Környezetmérnöki tudástár* 24. kötet. Veszprém.

Howarth, R. W., Billen, G., Swaney, D., Townsend, A., Jaworski, N., Lajtha, K., Humborg, C. (2002): Regional nitrogen budgets and riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences. *Biogeochemistry*, 57(1), 171-213. [DOI: 10.1023/A:1015752801818]

Íme a barnaforradalom: no till technológia+ direktvetés, *Greenfo*, Letöltés dátuma: 2023. 07. 25. Forrás: <https://greenfo.hu/hir/ime-a-barnaforradalom-no-till-technologia-direktvetes/>

Jacoby R, Peukert M, Succurro A, Koprivova A and Kopriva S (2017): The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. *Front. Plant Sci.* 8:1617. doi: 10.3389/fpls.2017.01617 —Current Knowledge and Future Directions

Jakab A. (2012): Műtrágyák és biokészítmények hatása a talaj mikrobiológiai aktivitására és termékenységére. Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ, Hankóczy Jenő Doktori Iskola

Jóri J. I. (2016): Horizontális – vertikális – precíziós alpművelés, *Agrofórum*. Letöltés dátuma: 2023.07.27., Forrás: <https://www.magyarkukoricaklub.hu/data/file/2016/12/26/a-talajmuveles-fejlodes-tortenete.pdf?show=>

Jóri J. I., Soós S. (1988): A minimális talajművelés nemzetközi gyakorlata (szakirodalmi áttekintés). *Agrárvilág* 31: 10–30.

Kandeler, E., Tschirko, D., Bruce, K. D., Stemmer, M., Hobbs, P. J. Bardgett, R. D. (1996): Structure and function of the soil microbial community in microhabitats of a heavy metal polluted soil. *Biology and Fertility of Soils*, 23(4), 363-371.

Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T. D., Martin, E. A., DeClerck, F., Grab, H., Tschirntke, T. (2016): Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(28), E6088-E6095.

Kemper, W. D., Rosenau, R. C. (1986): Aggregate stability and size distribution. In *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* (Vol. 9, pp. 425-442). Soil Science Society of America.

Kvale S. (2005): Az interjú - Bevezetés a kvalitatív kutatás interjútechnikáiba, Józsefvég Műhely Kiadó, Budapest

Lehmann, J., Kleber, M. (2015): The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 60-68.

Liang, Q., Cheng, X., Jiang, Y., Li, X., Wang, M., Kuzyakov, Y. (2017): Straw incorporation reduces the temperature sensitivity of soil organic carbon decomposition in a rice-agricultural ecosystem: A three-year field study. *Global Change Biology*, 23(8), 3356-3366.

López-Garrido, R., Muñoz-Rojas, M., Jordan, A. (2019): Tillage and soil quality: A review. *Global Soil Security*, 77-92.

Lu, R. K., Chang, C. (2011): Nitrogen uptake and distribution in rice plant under long-term application of urea with ¹⁵N tracing technique. *Ecological Applications*, 21(5), 1885-1893. [DOI: 10.1890/10-1473.1]

Milovic M., Kebert M., Orlovic S., (2021): Pregledni članci – Reviews, *Šumarski list*, 5–6 279–286

Marré, E. (2014): The role of cover crops in pest and disease management. University of California Agriculture and Natural Resources. Letöltés: 2023. 07.05. Forrás: <http://cesanluisobispo.ucanr.edu/files/179266.pdf>

Marshall, T.J., Holmes, J.W. (1979): *Soil Physics*. Cambridge University Press, Cambridge.

Király G. G. Rizzo. Tóth J. (2022): Transition to Organic Farming:: A case from Hungary. *Agronomy*, 12(10), 2435.

Pásztor, L., Takács, K., Birkás, M., Szabó, J. (2019): Impact of different tillage practices on soil microbial biomass and enzymatic activity in a long-term field experiment. *Applied Soil Ecology*, 136, 46-53.

Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Pásztor, L., Laborczy, A., Szatmári, G. (2014): Modelling soil erosion in Hungary using G2 soil erosion model. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 9(4), 131-144.

Sharpley, A. N., Daniel, T. C., Edwards, D. R. (1994): Phosphorus movement in the landscape. *Journal of Production Agriculture*, 7(4), 492-500.

Six, J., Elliott, E. T., Paustian, K. (2004): Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1761-1769.

Stavi, I., Lal, R., Owens, L. B., Yair, A., Shachak, M. (2013): Aggregate stability and seal formation as affected by soil texture, raindrop impact, and antecedent water content. *Geoderma*, 197, 20-29.

Stevens, C. J., Dise, N. B., Mountford, J. O., Gowing, D. J. (2004): Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands. *Science of the Total Environment*, 320(1-3), 335-344. [DOI: 10.1016/S0048-9697(03)00061-9]

Szászi Z. (2023): Nagy veszélyben a mezőgazdaság: a 2022-es aszály csak a kezdet volt. Agrárszektor. Letöltés dátuma: 2023.08.01. Forrás: <https://www.agrarszektor.hu/noveny/20230501/nagy-veszelyben-a-mezogazdasag-a-2022-es-aszaly-csak-a-kezdet-volt-43311>

Szegi J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó.

Szilágyi J. (2022).: Termőtalajaink vízmegtartó képessége és a vízpótlás legfontosabb tudnivalói, *Agrárágazat*. Letöltés dátuma: 2023. 08. 01. Forrás: <https://agraragazat.hu/hir/agrar-viz-talaj-ontozorendszer-parolgas-talajkolloid-humusz-mezogazdasag/>

Szili-Kovács T., Kátai J., Takács T. (2011): Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében Szemle. Debrecen. pp. 273-286.

Termőtalajaink vízmegtartó képessége és a vízpótlás legfontosabb tudnivalói. *Agrárágazat*. Letöltés dátuma: 2023. 07.30. Forrás: <https://agraragazat.hu/hir/agrar-viz-talaj-ontozorendszer-parolgas-talajkolloid-humusz-mezogazdasag/>

Van Meter, K. J., Van Cappellen, P., Basu, N. B. (2018): Legacy nitrogen may prevent achievement of water quality goals in the Gulf of Mexico. *Environmental Science & Technology*, 52(4), 1761-1769. [DOI: 10.1021/acs.est.7b06151]

Várallyay, Gy. (2006): Talajvédelem: A fenntartható talajgazdálkodás lehetőségei. Talajvédelem II. MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottság, Budapest.

Veres Zs. (2015): A klímaváltozás hatása a Síkfőkúti cseres-tölgyes erdő avarprodukcijára és talajdinamikai folyamataira, Debreceni Egyetem. Egyetemi doktori (PhD) értekezés.

Víz romboló ereje: Az erózió. *Nébih*. Letöltés dátuma: 2023. 07. 22. Forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-viz-rombolo-ereje-erozio>

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet illeti belső konzulensem, Gál Izórárt, aki idejével, figyelmével és szaktudásával támogatta a dolgozat elkészültét és egyengette útjaim. Iránymutatása nélkül nem jöhetett volna létre a dolgozat. Hálás vagyok Tóth Eszternek, amiért bevezetett a talajbiológia izgalmas világába, kinyitotta a kutatás lehetőségeinek kapuit- amin aztán együtt léptünk be. Köszönöm továbbá a gazdáknak, akik lehetővé tették a kísérleteket és a Talajtani Tanszék munkatársainak, akikhez szakmai kérdéssel bármikor fordulhattunk.

8. MELLÉKLETEK

	Öko szántott	Öko kémelő	Extenzív
pH(KCI)	6,99	6,97	7,23
KA	41	34	36
Sótartalom m/m %	<0,02	0,02	<0,02
CaCO ₃ m/m %	<0,1	0,1	2,3
Humusz m/m %	2,26	2,15	2,40
NO ₂ +NO ₃ -N mg/kg	15,8	5,37	17,2
P ₂ O ₅ mg/kg	373	132	158
K ₂ O mg/kg	263	249	200
Na mg/kg	17,5	18,8	15,2
Mg mg/kg	ISS	187	120
Cu mg/kg	4,7	4,08	2,43
Zn mg/kg	1,7	1,61	1,4
Mn mg/kg	2 9 3	319	214
504-5 mg/kg	3 , 9 8	2,68	2,07

1. melléklet: A szári gazdától származó 2021-es bővített talajvizsgálat eredményei.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve:

KÓSA BERNADETT

A Hallgató Neptun kódja:

BAI 615

A dolgozat címe:

Talajhasználati gyakorlatok talajbiológiai vonatkozású hétéves vizsgaköze

A megjelenés éve:

2023.

*Ökológia és környezeti biológia
szakcsoportban*

A konzulens intézetének neve:

-

A konzulens tanszékének a neve:

Agrár- és Élettudományi Egyetem Agrár- és Élettudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év 11 hó 07 nap

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Kósa Bernadett (hallgató Neptun azonosítója: GAI615) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Budapest, 2023. 11. 04.



belső konzulens
Gál Izóra

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.