



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Környezettudományi Intézet

Biológiai Talajtervezési szakmérnök

szakirányú továbbképzési szak

**A KONVENCIONÁLIS ÉS NÉHÁNY REGENERATÍV TALAJMŰVELÉSI
MÓDSZER ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉSE A TALAJOK
RÖVIDTÁVÚ FIZIKAI-KÉMIAI ÉS BIOLÓGIAI TULAJDONSÁGAIRA**

Konzulensek:

Prof. Dr. Biró Borbála, DSc
professor emerita

Dr. Kotroczó Zsolt, PhD
egyetemi docens

tanszék:

Agrárkörnyezettani Tanszék

Készítette:

Hajnal Péter

Budapest

2024

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS.....	4
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	6
2.1.	A talajművelés hatása a talaj szén-dioxid emisszióira.....	6
2.2.	Talajkímélő művelési rendszerek Magyarországon.....	7
2.3.	A forgatás nélküli mulcsos talajművelés.....	10
2.4.	Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése.....	11
2.5.	A talajbiológia fontossága a talejerő gazdálkodásra.....	12
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	14
3.1.	Elvégzett laboratóriumi vizsgálati módszerek.....	14
3.1.1.	Hargitai féle humusz minőségi vizsgálat.....	14
3.1.2.	Humusztartalom vizsgálat - Tyurin szerint.....	14
3.1.3.	Talajok kémhatásának meghatározása.....	14
3.1.4.	Dehidrogenáz enzim aktivitás vizsgálatok.....	15
3.1.5.	Fajlagos vezetőképesség mérése - EC mérés.....	15
3.1.6.	Glomalin tartalom mérés.....	15
3.1.7.	Gravimetrikus víztartalom meghatározása.....	16
3.2.	A mintaterület bemutatása.....	16
4.	EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK.....	19
4.1.	A talajok fizikai tulajdonságainak az összehasonlító értékelése.....	19
4.1.1.	A talajok víztartalmának összehasonlítása.....	19
4.2.	A talajok néhány kémiai tulajdonságának az összehasonlító értékelése.....	19
4.2.1.	A talajok humusz-mennyiségének és minőségének összehasonlító értékelése.....	19
4.2.2.	A Tyurin féle humusztartalom értékelése.....	21
4.2.3.	A talajok pH-jának alakulása.....	22
4.2.4.	A talajok elektromos vezetőképességének (EC) összehasonlítása.....	23
4.3.	A talajok biológiai tulajdonságainak az összehasonlító értékelése.....	24
4.3.1.	Dehidrogenáz enzim aktivitás (DHA).....	24
4.3.2.	A glomalin tartalom alakulása.....	24
5.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	26
6.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	28
7.	IRODALOMJEGYZÉK.....	29

1. BEVEZETÉS

A termőtalaj az egyik legfontosabb hazai érték, olyan „*feltételesen megújuló*” természeti energiaforrás amire külön figyelemmel kell lenni, annak jelenleg is megtapasztalt különös érzékenysége miatt. A megújuló-képességének a feltételei ugyanis az emberi és klimatikus, természeti okok miatt is egyre inkább veszélybe kerülnek. Napjainkra a hazai talajok szervesanyag-tartalma a műtrágyák és egyéb kemikáliák bevezetése óta közel a felére csökkent, ami már veszélyezteti számos, a talajoktól elvárható ökoszisztéma szolgáltatás meglétét is. Egyes vélemények szerint „*a 24. óra utolsó perceiben*” vagyunk ahhoz, hogy gyökeres változásokat valósíthassunk meg a termőtalajok minőségének megőrzése, a további talajromlás (degradáció) megakadályozása és/vagy az úgynevezett „*talaj-egészség*” javítása érdekében. Az egyikleginkább ismert jelenség a talaj-minőséggel kapcsolatban a „*globális klímaváltozás*”, amely a talajokra egyre nagyobb hatásokkal van a szárazság, az ezzel járó vízhiány és a szélsőséges időjárási jelenségek, így hosszú aszályok és/vagy a gyakori esőzések, a szélsőséges időjárási helyzetek negatívan befolyásolják a talajok vízháztartásán keresztül a növénytermesztés biztonságát és gazdaságosságát is. A szárazság fokozva a talajok kiszáradását, megnehezíti a termesztett növények mennyiségi és minőségi tulajdonságainak a biztonságát. A talajvesztés, talajerózió egyik legfőbb kiváltó oka az intenzív esőzések, hurrikánok vagy áradások, amely a termőréteg csökkenésével jár és az szintén rontja annak termékenységét rövid-és hosszabb távon egyaránt. A klímaváltozás és a hőmérséklet szélsőséges értékei közvetlen és közvetett hatással vannak a talajok biológiai aktivitására, fizikai- és kémiai folyamatok által. A talajok melegedése vagy lehülése a mikroorganizmusok életfeltételeire és a talajban található szerves anyagok bomlására is erős hatással van. A talajban található szerves anyagok bomlására „*talajszén-tárolásával*”-védekezhetünk leginkább legfontosabb feladatként a hőmérséklet emelkedésének hatásai ellen. A talajok a légköri szén-dioxid (CO₂) megkötésével a széntárolás fontos eszközei lehetnek. Az éghajlatváltozás és az emberi tevékenységek, például az erdőirtás és a talajművelés, hatással vannak a talajban tárolt szén mennyiségére. A talajszén felszabadulása a légkörbe hozzájárulhat a globális felmelegedéshez, de a talajok ugyanakkor a folyamatot megfordítva nettó a legfontosabb szén-lekötő eszközök is lehetnek. A fentiek miatt fontos, hogy a mezőgazdaság és a talajművelés eddigi gyakorlatának újraértékelésével olyan „*alkalmazkodó intézkedéseket*” vezessenek be, amely legalább a talaj-degradáció és/vagy a talajvesztés megállításához, illetve opcionálisan a talaj-minőség, termékenység javulásához vezet. Számos eszköz lehet a kezünkben. Ide tartoznak a vízgazdálkodási intézkedések, a

talajerózió megelőzése, a fenntartható talajművelési gyakorlatok és a talajszen-tárolás sok egyéb módszerrel történő javítása. Az éghajlatváltozás hatása a talajokra jelentős és sokoldalú, ezért az agrár- és környezetvédelmi szakembereknek egyre nagyobb figyelmet kell fordítani a talajok állapotára a klímaváltozás kihívásai elleni küzdelemben.

A mezőgazdálkodás mindig is az időjárásnak egyik leginkább kitett ágazata volt. A talaj „*feltételesen megújuló természeti erőforrás*”, képessége azt jelenti, hogyha megfelelően gondozzák, akkor időtől függetlenül, hosszú távon is *fenntartható módon* lenne használható. A talaj alapvető fontosságú a mezőgazdasági termelés és az erdőgazdálkodás szempontjából, mivel számos kulcsfontosságú, úgynevezett „*ökoszisztéma szolgáltatást*” nyújt. A talaj többek között a növények tápanyag- és vízellátásának alapja, és fontos szerepkörben jelenik meg a szerves anyagok lebontásában, és újrahasznosításában is. A talaj geokémiai körfolyamatok kikerülhetetlen közege is egyúttal. Mindezek mellett a talaj hozzájárul a víz szűréséhez és tisztításához, ami alapja az egészséges és biztonságos emberi életnek is. A talajminőség megőrzése és/vagy javítása tehát kulcsfontosságú a fenntartható mezőgazdaság szempontjából, hogy képesek legyünk hosszú távon is biztosítani az élelmiszerek termelését és biztosítani a környezeti éghajlatvédelmi előnyöket.

A talajvédelem szempontjából az egyik legfontosabb feladata a talajok fizikai, kémiai és különösen a biológiai romlásának, degradációjának a megelőzése és hosszú távon a talajtermékenység megőrzése, hogy az továbbra is betölthesse nem csak a gazdasági, de az ökológiai szerepét, funkcióit is. Olyan fenntartható mezőgazdasági és erdő-gazdálkodási gyakorlatok bevezetése és folyamatos fenntartására van/lenne szükség, amelyek tiszteletben tartják a talajok érzékenységét, a talaj-és emberi egészség megőrzését és az ökoszisztéma labilis egyensúlyát is.

Az eddigi, hagyományos (konvencionális) és a fentieket is figyelembe vevő új, -nem hagyományos (regeneratív) talajművelési és termelési eljárások vizsgálata képezi a szakdolgozati témámat. Az elvégzett laboratóriumi vizsgálati eredmények vélhetően képesek lesznek alátámasztani a szükséges és lehetséges talajvédelmi típusú művelési eljárásokat, hogy azok gyakorlatba kerülése megalapozottabb lehessen.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A talajművelés hatása a talaj szén-dioxid emisszióira

A plenáris klímaváltozás az emberiség eddigi egyik legnagyobb kihívásai közé tartozik. A klímaváltozás olyan folyamat, amely során a Föld átlaghőmérséklete emelkedik, ami számos problémát és kihívást okozhat a bolygó lakóinak. A földi légkör természetes összetételét szabályzó, - üvegházhatású gázok koncentrációja emelkedik, ami lényegében átváltoztatja légkörünk természetes hőmérsékletét is. Ez a folyamat egyidős az iparosodási folyamatokkal. A hőmérséklet exponenciális növekedése és az éghajlatváltozás súlyos probléma, de egyes intézkedésekkel és a nemzetközi közösség összefogásával enyhíthetők lennének az így kiváltott hatások. Fontos lenne, hogy a nemzeti kormányok, a mezőgazdasági ipari vállalatok, de a civil társadalom is egyaránt részt vegyenek a megoldások keresésében és ezáltal az éghajlatvédelemben. A klímagázok légköri kibocsátása a jelenlegi technológiai szinten is megszüntethető, vagy nagymértékben mérsékelhető lenne és ebben a folyamatban a Föld szárazföldi és vízi élővilága is figyelembe veendő eszköz. Az 1995-ben kialakított „Talajok Nemzetközi Éve” felhívta a figyelmet arra, hogy a talajok és vizek is képesek megkötni káros anyagokat és javaslatok is születtek ennek az elvárható értékére. Francia kezdeményezésre az Európai tagországokban évente 0,04 %-os talajszervesanyag növekedésre lenne szükség (<https://4p1000.org>). Több szinten is kiemelten fontos lenne tehát, hogy a mezőgazdasági és erdőgazdálkodási szegmens intézménye fontosnak tartja azokat a technológiákat, amelyek segítségével az emberi aktivitás miatt bekövetkező károk enyhüljenek vagy visszafordíthatóak legyenek. Gyakorlatilag a 80-as évektől számítva egyre nagyobb hangsúlyt helyeztek a földbolygatás miatt, a talaj széntartalmának csökkenéséből adódó légkörbe jutott szén-dioxid problémájára. Az USA jelentős mennyiségű adatot gyűjtött össze a művelt talajok szén-dioxid kibocsátásáról. Az üvegházhatás éves növekedését előidéző gázok A mezőgazdaságból mintegy 20%-a származik az üvegházhatást előidéző gázoknak. Az antropogén eredetű metán 50 – 75%-a és a szén-dioxid 5 %-a. További 14%-ot tesznek ki az erdőirtások, a biomassza elégetése és a földhasználatban előidézett egyéb változások (COLE, 1996; SMITH et al., 1997). A konvencionális művelési metódusok, a talaj forgatása miatt a talajok fizikai tulajdonságainak, szerkezetességének és így a talajaggregátumoknak az aprítása hatványozza a talaj szervesanyag lebomlását. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy termőtalaj szén készlete jelentős csökken, ami a fokozottabb művelési eljárásokból adódóan magasabb szén-dioxid kibocsátást eredményez. A talajkímélő földművelési metódusok

segítségével, a műveléssel járó károk hatása akár visszafordíthatók is lehetnek. Az agyonművelt talajok szerves szén körforgásának pontos megértéséhez az összefüggéseket külön-külön, de összességében is vizsgálni kell. A pórusok átnedvesedésekor a levegő egy részét a víz kiszorítja, míg a száradó talajban egyidejűleg exponenciálisan nő a gázfázis - térfogat, ezáltal a szén-dioxid térfogata is. Nagy jelentősége van a talajok felső rétegének levegőztetésének (STEFANOVITS et al., 1999), de csak abban az esetben, ha az oxigén jelen van. A talajban található mikroorganizmusok tevékenysége és a gyökerek légzése végzi el a szén-dioxid és szerves anyagok lebontását a talajban. Számos mennyiségű mérés található a szakirodalomban bolygatatlan (JANSSENS et al., 2000) és a művelt talaj (REICOSKY, 1990) szén-dioxid kibocsátási képességére is. Ebben a témába hiányzó pont, hogy a különböző művelési eljárások és talajművelési metódusok alkalmazása mennyire és milyen mértékben képes befolyásolni a talaj szén-dioxid kipárolgását. A talaj komplex természete adja, hogy a talajlégzés modellezésének nehézségeit. A hőmérséklet változása számít az egyik legfontosabb faktornak a mikroorganizmusok aktivitásában. A művelés során történő talajok bolygatása után jellemző, a levegő bekeverés, aggregátum- és pórustérfogat megváltozás. A felgyorsult szén-dioxid kilélegzés egyébként alacsonyabb mértékben függ a hőmérséklet változásától. A talajművelés intenzitásával LASCALA et al., 2005 szerint a szén-dioxid kibocsátása felgyorsul, és a hőmérséklet-érzékenysége is megváltozik.

2.2. Talajkímélő művelési rendszerek Magyarországon

A hazai gyakorlatban alkalmazott talajkímélő módszerek javarészt forgatás nélküli, mulcshagyó művelést kínál megoldásként. BIRKÁS - et al., 2015a szerint számtalan módszer került alkalmazásba az utobbi évek során, többek között- a direktvetés, a lazításos, a sávós, a kultivátoros és a tárcsás művelési módok. Bolygatatlan talajba való vetés, erre alkalmas vetőgéppel végezzük. Legmegfelelőbb, ha az eszköz vetősor nyitó elemből, - és vetőelemből áll, amit igen hasznos, ha ki lehet egészíteni sorlezáró hengerrel. Főleg talajvédő hatása miatt vált érdekessé a direktvetés, ezen felül szárazabb vidékeken a nedvességmegőrző szerepe vált fontos tényezővé. A magyarországi direktvetéssel kapcsolatos kutatások első szakasza 1962 – 1974 között történt. Ezt az új művelési módszert igyekeztek a hagyományos és a csökkentett művelési módszerekhez hozza hasonlítani. Különböző éghajlati és talajviszonyok között folytak kísérletek kalászosokban, kukoricában és napraforgóban (GYÓRFFY 1964; KOLTAY 1974; ZSEMBELI et al. 2015). A direktvetési kutatásokat továbbiak követték, a második szakasz 1975-1990 között valósult meg. A harmadik szakasz 1991-2000 között, míg a negyedik szakasz 2001-2015 között zajlott.

Összességében elmondható, hogy a hangsúlyt a tartamkísérletekre helyezték, emellett tudományos és technológiai fejlesztés és nagyparcellás kísérletek is zajlottak. Mind emellett jelentős hangsúlyt helyeztek a talajállapot figyelésére, a gyomosodásra, gazdaságosságra és a szárazgazdálkodásban lévő lehetőségekre is hangsúlyt fektettek. A direktvetés ötödik kísérleti szakasza napjainkra tehető. Többek között jelenleg a hazai kutatások a szerves szénttartalom mellett a földigiliszta egyedszámok vizsgálatára is kiterjednek (DEKEMATI, - et al. 2019, 2020). Más talajkímélő módszerekhez képest a terméseredmények többnyire elmaradtak (pl. mulcs-művelés, lazításos művelés) mögött (BIRKÁS et al., 2015a). A kísérletek egyik fontos hozománya az volt, hogy folyamatosság esetén a pozitív eredmény, később kb. a hatodik-hetedik évtől váltak észrevehetővé. Számos pozitívum sorolható ide, pl. több nedvesség a talajban, lassú de fokozatos szerkezet javulás, növekvő humusztartalom (CANNELL és HAWES 1994; KENDE 2019). Az egyik legszembetűnőbb eredmények közé a fokozott földigiliszta tevékenységet lehet-e sorolni. A csekély bolygatásnak az egyik legnagyobb szerepe az erózió elleni védelemben (LAL et al. 2007). A talajszerkezet pozitív változását is észlelték KADER és munkatársai (2017). Hosszútávon a kórokozók és kártevők túlélése a biológiai egyensúly miatt kedvezőbben alakul. Általánosan közismert tény, hogy a talaj felsőbb rétege gazdagabb humuszban, tápanyagokban és a mélyebb rétegek szegényebbek. KADER et al. 2017 szerint a mikrobiológiai tevékenység a feltalajban a növényi biomassza által folyamatosan aktív. A változatos növények termesztésével a gyomok elterjedése is effektíven gyéríthető. Szántóföldeinken a direktvetés jelentőségét a szélsőséges időjárási tényezők fokozottabb jelenléte fogja befolyásolni. A direktvetés alkalmazását a száraz időszakok gyakoribbá válása fogja előtérbe mozdítani. A középmély-lazítás a legalább 40 – 45 cm mélységig terjedő lazult réteg kialakítása, valamint a felszíni védelem (25–35 % -os takarás) révén került a talajvédelmi módszerek közé. A gyökerek mélyebbre történő hatolása a lazult rétegben, hosszabb szárazságtűrést eredményez a növények számára (WANG, et al. 2019). Célszerű lazítást követően a felszínt elmunkálni. Több mélyebben gyökerező növények (repce, cukorrépa, kukorica, szója, napraforgó) alpművelésére alkalmazzák a lazítást. Sokszor nem a talaj állapota szerint döntenek, inkább a növények gyökerezésének igényét veszik alapul. A talajlazítást is a talaj adott pillanatbeli állapotához kéne alkalmaznunk. A művelési beavatkozások csökkentésének viszonylag új módszere a sávos művelés. A tarlómaradványokat a művelt sávról a sorközökbe tolják, a vetést a művelt sávokban végzik. A sávos művelés művelt sávok létrehozásából és bolygatatlan sávok hagyásából áll össze. Eredetileg kapáskultúrák növények termesztésére fejlesztették ki. A bolygatatlan sávok a talajnedvesség kímélésében játszanak szerepet. A

művelt sávok takaratlanok. Segítőink a földigiliszták életterének inkább a bolygatatlan sávok felelnek meg. CANNELL (1985) mutatott rá elsőként a sávos művelés hasznosságára. A sávos művelés terhelt talajállapotonál jobb körülmények kialakítása a célja növények termesztésére. A sávos művelés talajnedvesség kímélő módszer is egyben. Folyamatos, de lassú terjedés várható magyar viszonyok között a sávos vetést illetően. Mulcshagyás érdekében fejlesztették ki ÉszakAmerikában kultivátoros művelést. Magyarországon az 1980-as évek elejétől kezdve alkalmazzák. A kultivátorok kíméletesen lazítják és porhanyítják a talajt. Kedvezőbb keverő hatásuk is. Rengeteg tarlómaradvány marad a felszín közelében, a másik fele bekeveredik picit mélyebb rétegekbe. A kultivátor mélysége lehet sekélyebb (10–15 cm) pl. tarlóművelésre, és mélyebb (25–35 cm) az alapművelésre (BIRKÁS, et al. 2015b). Az egyik legfontosabb oka a talaj gyomosságának a nagy gyommag tartalom. Kedvező hatást érhetünk el gyomkelésre kalászos növények tarlóján. A hazai gyakorlatban létezik a sekély művelés, amely a nedvesség visszatartására alkalmas tarlóművelést valósítja meg, az optimális gyomkelés érdekében. KENDE, et al. 2017 szerint, a sekély művelést mechanikai és kémiai módon lehet kezelni. A morzsásodás előnye már a 2–4. évtől észlelhető. CANNELL 1985 szerint, a mulcshagyás régebben az utónövény fejlődését hátráltató tényezőnek minősült. BIRKÁS, et al szerint, ez a nézőpont az utóbbi években inkább a termesztés technológia előnyére lett. Forgatás nélküli technológiának számít a kultivátoros művelés. Ez a felfogás a hagyományos rendszerben hátrány, míg a talajkímélő felfogásban előny a talajállapot javításában és a jó állapot fenntartásában. A 60-as években kényszeresen költségcsökkentés céljából beindított tárcsás művelés azaz 'minimum tillage' nem a talajvédelmet részesítette előnybe, hanem a költségek csökkentését helyezte előtérbe. A lazult réteg mélysége behatárolt (11–17 cm), a morzsa képzése csekély, de száraz talajon a porosítás, különösen száraz talajon, erőteljes tud lenni. A talajfelszín alakja főleg a talaj nedvességétől függ a tárcsázást követően. Száraz talajon akár kemény durvarögös felszín is maradhat, ebben az esetben a hengerezés elmaradhatatlan. Ellenben a megfelelően neves - nyirkos talajon meglehetősen egyenes felület alakul, ami a nedvesség megőrzését segíti elő. A tárcsázás terület teljesítménye kedvező, és további nagy előnye, hogy energiatakarékosan végezhető. A tárcsázásnak van némi gyomgyérítő hatása, de nagyban függ a gyomok nagyságától. A tárcsázást a gazdák főleg az egyszerű és nagy terület teljesítménye miatt kedvelik. Aránya (cca. 20 – 35 %) és az egyik legáltalánosabb alkalmazása az őszi gabonafélék alapművelésénél. Esetenként a gyengébb hozam fedezheti a rendszer alacsonyabb költségeit. A jelenleg kialakuló klímakörülmények mellett a lazult réteg mélysége várhatóan a korábbinál fontosabb szerepet kap.

2.3. A forgatás nélküli mulcsos talajművelés

A minőségi élelmiszerrel való ellátás folyamatosan növekvő népességgel párhuzamosan egyre nagyobb felelősséget állít a mezőgazdasággal foglalkozó gazdálkodókra. Ez azt jelenti, hogy a jelenlegi mezőgazdasági területeken minél inkább maximális produkció történik. A fokozottabb növénytermesztést, egyre nagyobb dózisu műtrágyázással próbálnak fenntartani. Sajnos a talajaink állapota mindeközben folyamatosan romlik. Az ideális mikrobaszám drasztikusan lecsökkent a talajélet egyensúlya pedig felborult. Ezeknek a káros folyamatoknak a hatása csakis a talajok termőképességének fenntartásával, és a talajerő növelésével megoldható. A gazdasági növényeink közül legnagyobb területen a gabonaféléket, a szemes- és silókukoricát, valamint az olajos növényeink közül a napraforgót és az őszi káposztarepcét termesztjük. Hozzávetőlegesen az előbb említett növények termesztése Magyarországon cca. 3,4 - 3,8 millió hektár között alakul. Megközelítőleg 90 %-a az előbb említett növények tarlójának kerül beforgatásra, bekeverésre a felső talajrétegbe. Ez több millió tonna biomasszának számít, a nyári-őszi időszakban a betakarított szántóföldi növények után. Ez a mennyiségű biomassza tömeg nagy tápelem-tartalommal bír. A tápelemek feltárása és visszapótlása miatt fontos az a tény, hogy ez a nagy tömegű tarló milyen gyorsan és milyen mértékben bomlik el, illetve táródik fel. A talajok mikroflórája alapvetően meghatározza a talajban található lignocellulózok lebontásának mértékét és gyorsaságát. Ismert dolog, hogy a sokszínű és változatos mikroflóra mindig hatékonyabb a legnin- és cellulóz származékok lebontásában, mint egy homogén bioflóra (WOLFAARDT et. al., 1994, KATO et. al., 2004). A mulcsos talajművelés az egyik legismertebb talajművelési technológiák közé tartozik. A talajbaktériumokkal elvégzett tarlóbontás optimális működési feltételeket tud teremteni a szántóföldön. A növényi maradványok eredményes bontásához számos biotikus és abiotikus feltétel szükséges. Többek között ide sorolhatjuk a hőmérsékletet, a nedvességet, a levegőt és a pH-t is. Az ideális talaj nedvességét, a megfelelő hőmérsékletet és a levegő ellátottságát forgatás nélküli tarlóműveléssel tudjuk megfelelően biztosítani. A mikroorganizmusok számára maga a tarlómaradványok jelentik a táplálékot. A talajba juttatott mikroorganizmusokat megfelelő hatékonyságuk elérésében az 5-től a 8-as pH nem gátolja. A megfelelő módon elvégzett tarlóbontás mind rövid-, mind hosszútávon jótékony hatással van a talajra. A tarlóbontás során feltárt és mobilizált tápanyagok mennyiségével csökkenthető az ipari műtrágyák mennyisége. A talajélet javulásával növekszik a talaj szerves anyag volumene, és csökken a

káros CO₂ kibocsátás mértéke is. Ezen kívül csökken a szervesanyagon áttelelő kórokozók élettere, és a fertőzés erőssége is. A talajszerkezet változásával javul a talaj vízgazdálkodása, csökken az aszály és a belvíz káros hatása, illetve a kisebb vonóerő-szükséglet miatt az üzemanyag felhasználás is.

2.4. Nedvességtakarékos talajművelési rendszer fejlesztése

Az előrejelzett éghajlatváltozásnak szembetűnően a mezőgazdaságot leginkább érintő megnyilvánulásai a szélsőséges időjárási helyzetek. A túl száraz időszakok csökkenthetik a talaj nedvességtartalmát, ami gátolhatja a növények növekedését és termését. Emellett növekedhet a sivatagosodás veszélye, ami hosszú távon súlyosan érinti a talaj minőségét és termőképességét. A túl nedves időszakok pedig árvizekhez és talajerózióhoz vezethetnek, amelyek szintén károsítják a mezőgazdasági termőterületeket és veszélyeztetik a növénytermelést. A mezőgazdaság számára a változó éghajlati feltételek miatt kulcsfontosságú a megfelelő vízgazdálkodás és a talajminőség megőrzése. A kutatás és fejlesztés területén való további munka segíthet fejleszteni olyan növényeket és mezőgazdasági gyakorlatokat, amelyek ellenállóbbak az éghajlatváltozás szélsőséges hatásai ellen. Ezenkívül fontos lehet az öntözési rendszerek fejlesztése és a talajvédelem, például talajművelési módszerek javítása is. A globális klímaelőrejelzés szerint Magyarország területén is hosszabb távon a szárazság gyakoribb előfordulásával kell számolni. Az öntözés csak korlátozott mértékben lehet alkalmazni. Az egyik legkitettebb alföldi tájunkon egyre nagyobb jelentőségűvé válik a száraz gazdálkodás és a nedvességtakarékos talajművelést fejlesztő kutatási irányok is. A talaj kihasználása, túlművelése – elporosodáshoz vezethet, ami a talajtömörödésének gyors növekedésével jár együtt. Olyan helyeken, ahol a vidék hajlamosabb a szárazságra, egy lehetőség lenne az új szemléletű, a talajt kímélő, forgatás nélküli talajhasználati eljárások preferálása és egyre intenzívebb használata. A nedvességgel való gazdálkodás a szántóföldjeinken már bizonyította, hogy az aszálykárok okát nemcsak a csapadékhiány, hanem a rossz talajhasználat is okozza. A talajművelés állapota, a termesztett növények megváltozása az állománysűrűség, a trágyázás, a talajjavítási módszerek stb., a talaj és a növény kapcsolatrendszerén alapuló sajátos termőhelyi vízforgalmat befolyásoló tényezők. Az aszályos körülmények mértéke a terméscsökkenés nagyságrendekkel mérsékelhetőek ezekkel a módszerekkel. A fizikai leépülés változó formái VÁRALLYAY (1996) szerint a felső termőréteg porosodása, kicserepedése, összetömörödése, a szikesedés és belvíz általi

szerkezetdegradáció a magyarországi termőföldeket sem kímélte. 1997-ben NYIRI megjegyezte, hogy a talajdegradációs folyamatok a szárazság hatványozódásával felgyorsulnak. A növényborítottság nagyságától, valamint a növények számára alkalmas talajállapot kialakításának létrehozása a nedvességhiánya miatt fokozottabb energiafelhasználást váltott ki a mezőgazdaságban. A minél többször kialakuló szárazabb időszak teret nyit a talajdegradációs folyamatoknak és negatívan befolyásolja a talajvédő technológiákat. Akár világméretű problémává is válhatnak a talajt leromboló fizikai folyamatok. Évről-évre rosszabbodhat a művelés eredetű talajvesztési, talaj tömörödési problémák. A talajkárok tudományos mérésével precízebb kép válik láthatóvá. Nem megfelelő körülmények között a közepesen szenzibilis termőtalajok (28 %) is veszélyeztetettek, ebből kifolyólag a rossz mintázatok a termőtalajok 63 %-ra is kiterjedhet (BIRKÁS, 2006). A talajvédő művelésnek (conservation tillage) egyre nagyobb jelentősége lesz hazánkban. Észak-Amerikában a 1960-as évektől, míg Európában az 1970-es évektől jelenlik meg a talajvédelmi törekvések nyomására ez az új technológia féleség, ami a művelés menetszámának csökkenésével, az alpművelés elhagyásával, a művelés mélységének csökkentésével jár együtt. Ez a művelés alapvetően a forgatásos módszer visszaszorulását, a művelés menetszámának, gyakoriságának és mélységének a redukálását jelenti. Az új törekvések, nemcsak a talajok védelmét, hanem a szén-dioxid kibocsátás csökkentését, illetve a szerves széntartalom kímélését – talajban tartását is előtérbe helyezik. Bár az új módszerekre való átállás több időt igényel, a fokozatosság elméletét figyelembe véve, nem valósítható meg egyik évről a másikra. Ezzel együtt új szemléletváltást az egész rendszer adaptálását, a vetésváltást, a tápanyag gazdálkodást, és a növényvédelemet jelenti. Nagy figyelemmel kell lennünk a gyomok elleni védekezésben, és a tarlómaradványok helyes kezelésében. Ezeknek az újszerű technológiáknak az alkalmazásában szintén nagy figyelemmel kísérik, hogy a termés mennyisége ne változzon, sőt, ha lehet növekedjen is. Jelentős többletenergia és idő spórolható meg mindemellett és mindez talajt, -és környezetet is kímélő módon.

2.5. A talajbiológia fontossága a talejerő gazdálkodásra

A talajok minőségét, termékenységét és az egészségét nagyban meghatározza a biológiai tulajdonságai egy talajnak. A biológián keresztül tud a saját életünk egészségére is hatni. A talajbioták, vagyis másnéven – a talajban élő lények sokasága, bizonyos feltételek révén tudja ellátni a feladatát a talajban. Ha megfelelően kíméljük ezeket a szervezeteket a talajban,

akár műtrágyák és növényvédő szerek használatát is csökkenthetjük, de akár teljes el is hagyhatjuk. A fenntartható és értékőrző talajhasználatnak az egyik biztos a talajbiológia lehet. A talaj valójában egy „háromfázisú polidiszperz rendszer”, amely ráadásul csak „feltételesen megújuló képességgel” tud szolgálni (BÍRÓ, 2022) szerint. Általában véve fizikai, kémiai, és biológiai tulajdonságait értjük ez alatt. Ebből az egyik kiemelten fontos szerepe a biológiának van. Minden élőlénynek előhelyre, tápanyag jelenlétére, levegőre, vízre és aerob feltételekre van szüksége. Ahhoz, hogy ezeket az optimális feltételek támogadjuk, folyamatosan tenni is kell érte. A talajbiota élőlények mennyiségi és minőségi paramétereit mérni lehet, amely rámutathat arra, hogy a talajunk milyen egészséges lehet. A legtöbb vizsgálat a földigilisztákra vonatkozik. A kórokozó fonálférgek, melyek 20%-a teszi ki a káros lények nagyságát a talajban, szintén figyelni kell. Minél inkább jó kondícióban van egy talaj, tehát erősebb, - magas az önereje és komplexebb az élőlények jelenléte, több lesz a gombák száma is. Fontos a gombák és baktériumok számának aránya a talajban. A talaj fejlődése szempontjából az az előnyösebb, ha a gombák száma nagyobb. A környezeti stressz is nagymértékben befolyásolja a talajban élő organizmusok mennyiségét és annak arányát. Egy olyan talaj, ahol intenzívebb a talajművelés, inkább baktérium túlsúlyossá válik. Azok az organizmusok számítanak a legsikeresebbnek, amelyek a növényvel együtt minél gyorsabban tudnak adaptálódni a stressz viszonyokra. Minden talajélőlénynek más a túlélési képessége. A talajok képesek és tudnak okszerűen működni, de a túlzott műtrágya, és kemikáliák használata kedvezőtlenül tud hatni a talajéletre. Teljes és komplex táplálékháló rendszerek léteznek a talajban, melyek egymásra épülnek. A nagyobb méretű rovarok és férgek – giliszták tudják nagyon jól darabolni a nagyobb méretű szerves anyagokat. Így hozzáférhetőbbé teszi az egysejtű lényeknek enzimek segítségével a feltárást. A táplálékhálóból hiányzó organizmusok figyelmeztetést mutat az esetlegesen kieső talajfunkciókra.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Elvégzett laboratóriumi vizsgálati módszerek

3.1.1. Hargitai féle humusz minőségi vizsgálat

A két oldószeres Hargitai féle módszer szerint a talajból 0,5% NaOH -os és 1% Na F-os kivonatot készítünk. A savi karakterű valódi humuszanyagok NaOH-ban oldódnak (fulvo-, és huminsavak). A stabilabb szerkezetű kondenzáltabb humin anyagok pedig NaF-ban. Négy hullámhosszon is elvégezhető a fotometrázás (400, 480, 540, 670 nm). A mérést azért érdemes több hullámhosszon elvégezni, mert molekulatömegük és a fényelnyelési képességük is széles spektrumon változik. A NaF-os és a NaOH-os szűrlet abszorbanciáinak hányadosa a Hargitai féle humuszminőség index szerint ($Q = E_{NaF}/E_{NaOH}$). A következő képlettel pedig a humuszstabilitási index számítható: $K = E_{NaF} / (H - x - E_{NaOH})$, ahol a H a humuszmenyiséget jelenti (Hargitai, 1963).

3.1.2. Humusztartalom vizsgálat - Tyurin szerint

A módszerrel a talaj szervesanyag tartalmának mennyiségét mérjük. Nagy pontosságot igényel a talajminta előkészítése. A szárított porított talajmintából 0,3g-ot Erlemayer lombikba mérünk ki, majd kálium – dikromátos roncsolás következik. Az el nem roncsolódott segéd oldatot megtitrálják kénsavas difenil-amin indikátor mellett, Mohr-sóval is. Az adagolás a zöld színbe való átcsapásig történik. A lejátszódó reakció és a kapott mérési eredmények szerint számolható ki a humusztartalom.

Számítás:
$$H\% = \frac{[A - (0,5 \times B \times f)] \times 0,2068}{m}$$

Értékelés: <2% kis H tartalmú, 2-4% közepes H tartalmú talajok, >4% humuszban gazdag talajok, >20% szerves talajok (pl. láptalajok)

3.1.3. Talajok kémhatásának meghatározása

A kísérlethez 5g légszáraz talajmintára van szükség, melyet főzőpohárba rakunk. Felöntjük 12,5 cm³ desztillált vízzel és-vagy KCl-al, CaCl₂ -vel is kiegészíthetjük az oldatot. Rendszerint 24 órás állás után szokták mérni az eredményt. A mérés üvegelektrodos pH mérővel történik.

Az értékelést az **1. táblázat** szerint végezzük.

Megnevezés	pH
Erősen savanyú	< 4,5
Savanyú	4,5 – 5,5
Gyengén savanyú	5,5 – 6,8
Semleges	6,8 – 7,2
Gyengén lúgos	7,2 – 8,5
Lúgos	8,5 – 9,0
Erősen lúgos	> 9,0

1. Táblázat: talajok kémhatásának besorolása

3.1.4. Dehidrogenáz enzim aktivitás vizsgálatok

Négyféle oldat szükséges a vizsgálat elvégzéséhez. 1.) Tris HCl puffer, 2.) TTC oldat, 3.) metanol, és a 4.) TPF standard oldat.

A vizsgálatokat szórt fényenél kell végezni, ugyanis a TTC és a TPF nagyon érzékeny az erős fénysugárzásra. Egy g nedves talajt mérünk ki a kémcsövekbe és 1 ml TTC-t adunk még hozzá, majd vortexeljük. Lezárjuk és inkubáljuk 24 órán át 30 °C-on. A kontroll csak Tris puffert tartalmaz – TTC nélkül. Az elkészülési idő lejárta után a kémcsövekbe 4ml metanolt adagolunk és jó alaposan összerázzuk, majd tovább pihentetjük szobahőmérsékleten 2 órán át sötétségben. Időközönként felrúzzuk a kémcsövek tartalmát. A talajszuszpenziót leszűrjük és a tiszta felülúszót blankkel 546 nm-en (piros színig) titráljuk.

Kalibrációs görbe készítése:

Pipetázzunk 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 és 4.0 ml TPF standard oldatot mérőlombikba (50 ml), adjunk hozzá 8,3 ml Tris-puffert (pH 7,6) és egészítsük ki 50 ml-re etanollal, hogy a következő koncentrációkat kapjuk: 0, 5, 10, 20, 30 és 40 µg TPF ml⁻¹.

Ezt követően olvassuk le a TPF koncentrációkat (µg/ml) a kalibrációs görbéből a kontrollhoz igazítva, és számoljunk a következők szerint:

Dehidrogenáz aktivitás TPF µg/száraz talaj g=TPF (µg/ml) × V/dwt × m

ahol:

dwt: 1g nedves talaj száraz tömege

m: a kimért nedves talaj tömege (g)

V: a vizsgálat során a talajhoz adott oldat térfogata

3.1.5. Fajlagos vezetőképesség mérése - EC mérés

A vezetőképesség az oldat elektromos ellenállásának reciprok értéke, amelyet két, egyenként 1 cm² felületű platina elektród közti oldatra vonatkoztatnak 1 cm elektródtávolság mellett 20 °C-on. A fajlagos vezetőképesség egysége az 1 cm-re vonatkoztatott elektromos vezetés (mS/cm vagy µS/cm). Az összes sótartalom kiszámítható a fajlagos vezetőképesség eredményéből.

$$1 \text{ mS/cm} = 640 \text{ mg/dm}^3 \text{ összes sótartalom}$$

A vizsgálathoz 10 g légszáraz talajt veszünk. Utána rázóedénybe tesszük, ehhez hozzáadunk 50 cm³ desztillált vizet. Az oldatot összerázzuk, és további egy órán keresztül még rázógéppel is rázatjuk. Ezt követően a szűrést Erlenmeyer lombikba redős szűrőpapír segítségével végezzük, majd az átszűrt oldatnak megmérjük a fajlagos elektromos vezetőképességét.

3.1.6. Glomalin tartalom mérés

A glomalin rövidítése → EGRSP → **Easily** Extractable Glomalin Related Soil Protein → **Könnyen kivonható glomalinnal összefüggő fehérje.**

A kísérlet elvégzéséhez 2g talajmintát kimérünk és azt egy 50 ml-es steril Falcon csőben kell tenni. Nyolc ml 20mM-os Citrát puffert (pH=7) adunk a mintához, ezután autoklávba tesszük 121 °C-ra 30 percre. Következő lépésként 15 percig 5000 rpm-en centrifugázzuk, és a szuszpenziót 4 °C-on tároljuk a fotometrálásig. A glomalin analízis úgy történik a továbbiakban, hogy a kész mintákat spektrofotométerrel vizsgáljuk. Fehérje standard oldattal kalibráljuk a fotométert. Készül egy vakminta desztillált vízből. Minden hígítás 100µl-t mérünk ki, ehhez hozzáadunk 3 ml Bradford reagenst (összesen 3,1 ml oldat lesz

minden csőben). Jól összerázzuk, utána pedig 40 percet állni hagyjuk. A mintákat 595 nm hullámhosszon spektrofotométerrel fotometráljuk.

3.1.7. Gravimetrikus víztartalom meghatározása

A talajminták gyűjtése során fontos, hogy a mintavételezés egyforma talajmélységből történjen. A mintákat zárt dobozban visszük a laborba, annak érdekében, hogy minimalizáljuk a párolgási veszteséget. Bemérünk 100 g talajmintát és 105 °C-os hőmérsékleten szárítoszekrényben szárítjuk. Visszamérjük a száraz talajminta súlyát. A gravimetrikus víztartalom eredménye a nedves és a száraz talajminta eredményéből születik. Képlet segítségével:

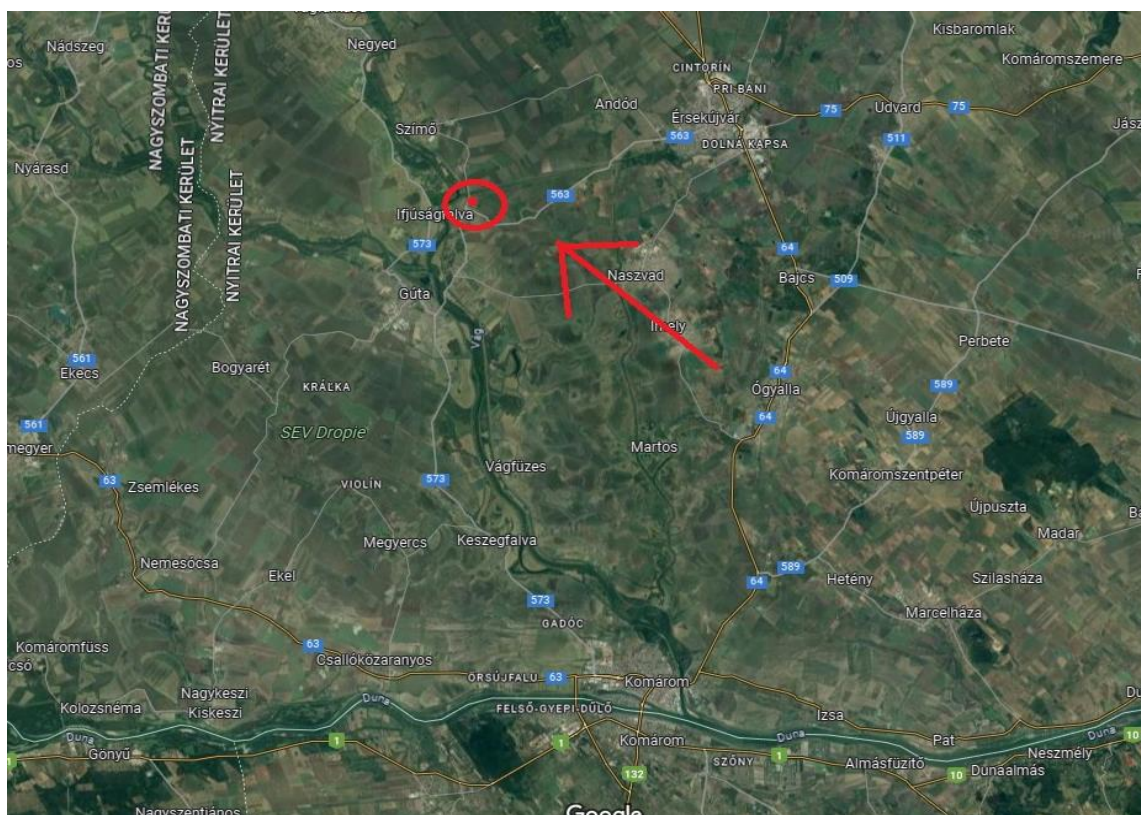
$$w = [(g \text{ nedves talaj}) - (g \text{ száraz talaj})] / (g \text{ száraz talaj})$$

ahol:

$$w = \text{gravimetrikus víztartalom, mint } g \text{ H}_2\text{O/g száraz talaj}$$

3.2. A mintaterület bemutatása

A vizsgált terület Felvidéken, a Csallóköz észak-keleti részén Szlovákiában helyezkedik el. Komáromtól cca 30 km-re északra Kamocsa település kataszterében (1. kép). Kamocsa a Vág folyó bal partján terül el. A Duna után a Vág folyó az egyik leghosszabb folyam közé tartozik, amely az országot átszeli. Emellett a Nyitra csatorna is itt torkollik a Vágba.



1.kép: Távoli műhold felvétel (google maps) a mintázás helyszínéről

Az éghajlat kontinentális jellegű, amelyeket száraz meleg nyár jellemez. A tavasz és az őszi csapadékosabb, de egyenetlen elosztású. Egyre jellemzőbbek a ritkább, de annál intenzívebb esőzések. Az átlagos évi csapadék 500 - 600 mm körül alakul. Az egyik kijelölt mintaterület nagysága 8 hektár, ami a saját mezőgazdasági területeim közül az egyik (2. kép, 1-es szám). A kijelölt terület neve Sopadüllő. Összesen cca. 50 hektáron gazdálkodok. A vetésciklusban általánosságban jelen vannak a kalászos gabonafélék, hüvelyesek és a kapás kultúrák is. Amennyire csak lehet, próbálok minél szélesebb vetésciklusokat tervezni, többek között annak érdekében is hogy a biodiverzitást támogassam, és hogy elkerüljem a mono-, vagy bi-kultúrás termesztést (kukorica - búza), melyek egyre jellemzőbbek a modern kapitalista gazdálkodási formában (2. táblázat).

Terület megnevezése: Sopadüllő	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Vetésciklus	kukorica	őszi búza	pohánka	tavaszi árpa	őszi borsó	rozs/bükköny
Talajművelések		horsch tiger	sekély tárcsa	direkt vetés	direkt vetés	sekély tárcsa
Kiadagolt műtrágya q/ha		3 q nitrosol	1q pétisó	1 q pétisó	5 l lev.trágya	-
Zöldtrágya használata		+	mulcs	mulcs	mulcs	?
Hozamok - t/ha	-	6,2	1,3	4,5	1,2	?

2. Táblázat: Vetésciklus és a talajművelések alakulása az utolsó 5 évben a saját gazdaságomban

A kísérletbe bevont szántóföldi terület 2020 óta van a saját használatomban, és az első gazdasági évtől fogva törekedtem a talajkímélő művelési eljárások bevezetésére. A szántó kimérése előtt a helyi Szövetkezet használta, hagyományos módon. Jelenleg is a kamocsai szövetkezet (továbbiakban Tsz) a parcellán belül a szomszédom, amely a kontroll területet is biztosítani fogja (2. kép, 2-es szám). A kontroll terület nagysága 12 hektár. A Tsz, hagyományos – forgatásos módszerrel gazdálkodik, és a területeket 2 - 4 évente meg is szántja. Összeségében nézve a környékünkön inkább a kötöttebb talajok a jellemzőbbek. A legjelentősebb része a területeknek, csernozjom fekete földek, melyek némileg erodálódtak. Ezen kívül a víz közelségéből kifolyólag réti talajok is megtalálhatók, illetve az öntés jellegű területek is nagy számban jelen vannak a környéken.



2.kép: A vizsgált területek elhelyezkedése (Google maps)

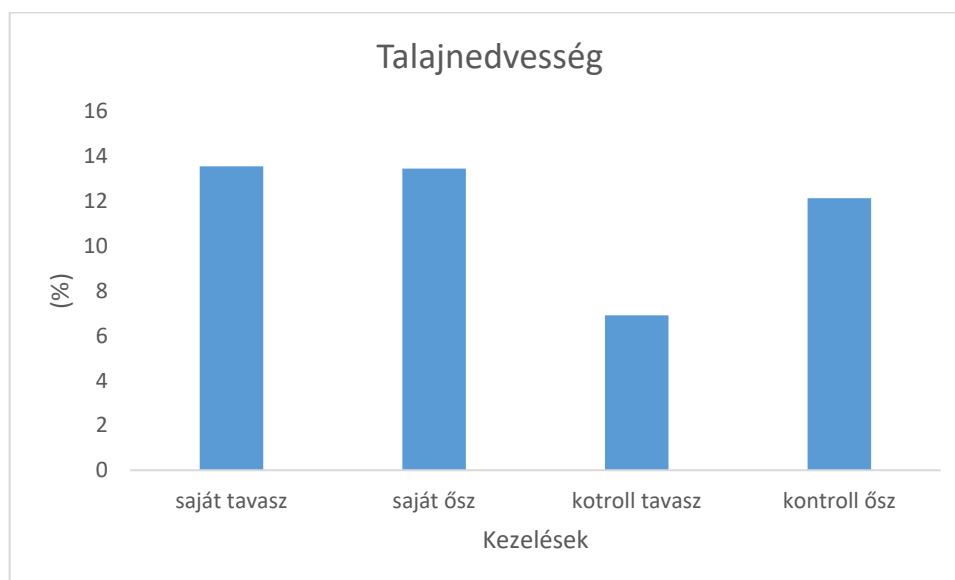
A mi régióinkban is egyre több alkalommal az aszály kezd súlyos problémákat okozni a terméshozamok alakulásában. Ezért gondolom úgy, hogy a talajkímélő megoldások egyre nagyobb jelentőséggel bírnak majd a szántóföldi növénytermesztésben és a nedvesség megőrzésében.

4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

4.1. A talajok fizikai tulajdonságainak az összehasonlító értékelése

4.1.1. A talajok víztartalmának összehasonlítása

A talajok vízmegtartó, - vízfelvevő, -és vízelnyelő képessége a jelenlegi egyre gyakoribbá váló szárazabb időszakokban minél fontosabb tényezővé válik. Akár egy helyes talajművelési technológiával is igen sok vizet tudunk megtartani, megspórolni a növények számára. A 1. ábrán jól látható, hogy a talajkímélő módszerekkel, mint a tavaszi, mint az őszi időszakban nagyobb vizet tudtunk a talajban felhalmozni.



1.ábra – A talajok nedvességtartalmának az alakulása (%)

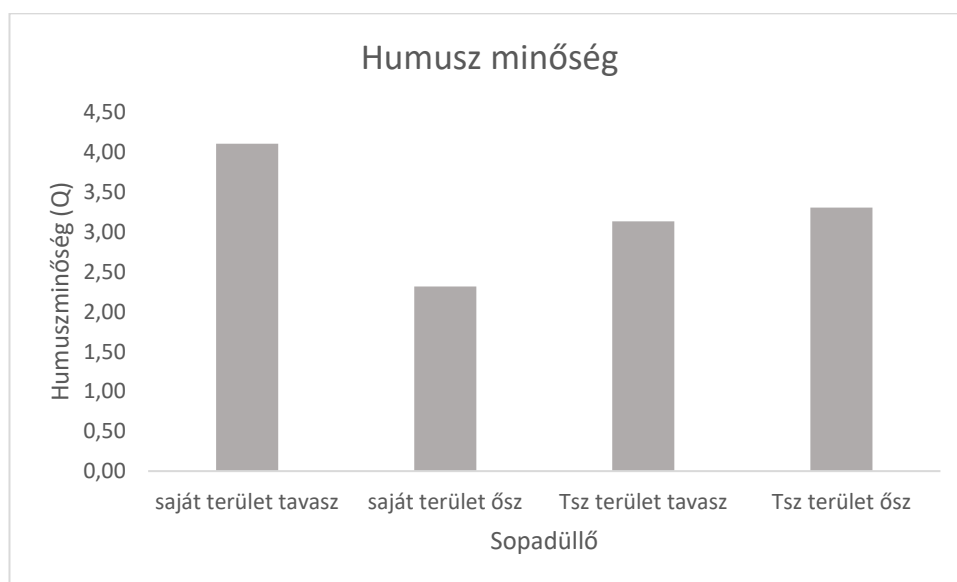
4.2. A talajok néhány kémiai tulajdonságának az összehasonlító értékelése

4.2.1. A talajok humusz-mennyiségének és minőségének összehasonlító értékelése

Az 2. ábra a Hargitai Féle humuszminőség alakulását mutatja be a konvencionális Tsz-területen és az általam kímélő műveléssel gondozott területen. A vizsgálatokra két időpontban került sor, tavaszi és őszi mintavételezéssel (2. ábra). Megállapítható, hogy a konvencionális Tsz területen a rendszeres műtrágyázás hatására a humusz egyenletes a vegetációs időszakban és kicsit

alacsonyabb is a saját terület tavaszi értékénél. Az őszi mintavétel során ugyanakkor a humuszminőségi index alacsonyabbnak adódott.

A laborban készült kísérlet során a NaOH -os és NaF-os kivonat segítségével meg tudjuk állapítani a humuszvegyületek mennyiségi és minőségi viszonyait. Ami arra utalhat, hogy milyen humuszképző folyamatok vannak jelen a talajban. A NaOH segítségével sötétebb színű oldatot kapunk, ami arra utal, hogy kis molekulájú (fulvosav) fiatal anyagok vannak már jelen a talajban. Ennek ellentétére a NaF-ot használjuk fel, ahol világosabb színű oldatot kapunk, ami azt mutatja, hogy idősebb (huminsav) nagy molekulájú humuszanyagok vannak jelen. Új humuszvegyületek képzéséhez időt kell hagyni. A két kivonat arányából állapíthatjuk meg a talaj jelenlegi humuszképződési helyzetét. Az 1. ábrával azt szeretném megmutatni, hogy ebben az esetben a minél kisebb Q szám fiatalabb humuszanyagokat feltételez. Minél nagyobb a Q szám annál nagyobb az idősebb és stabilabb humin anyagok jelenléte.

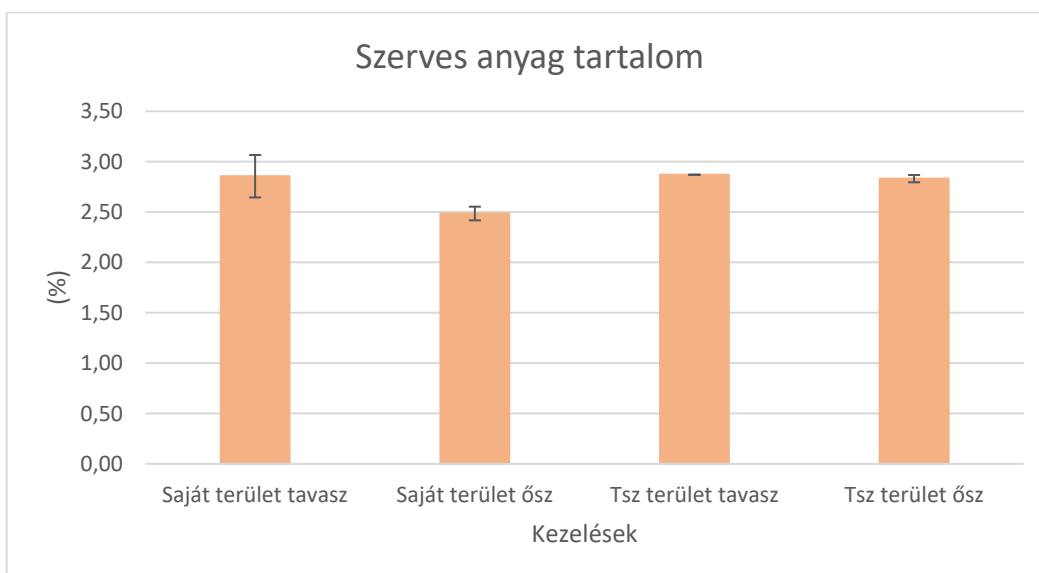


2.ábra – Hargitai féle humusz minőség alakulása a vizsgált területen

4.2.2. A Tyurin féle humusztartalom értékelése

A Tyurin féle humusz-tartalom mennyiségi vizsgálat jelzi, hogy a talajok szerves anyaga potenciálisan javítható, bár ez egy lassú folyamat, az irodalmi adatok szerint is. A humusz, a szerves-anyag mennyiségét a 3. ábra mutatja be.

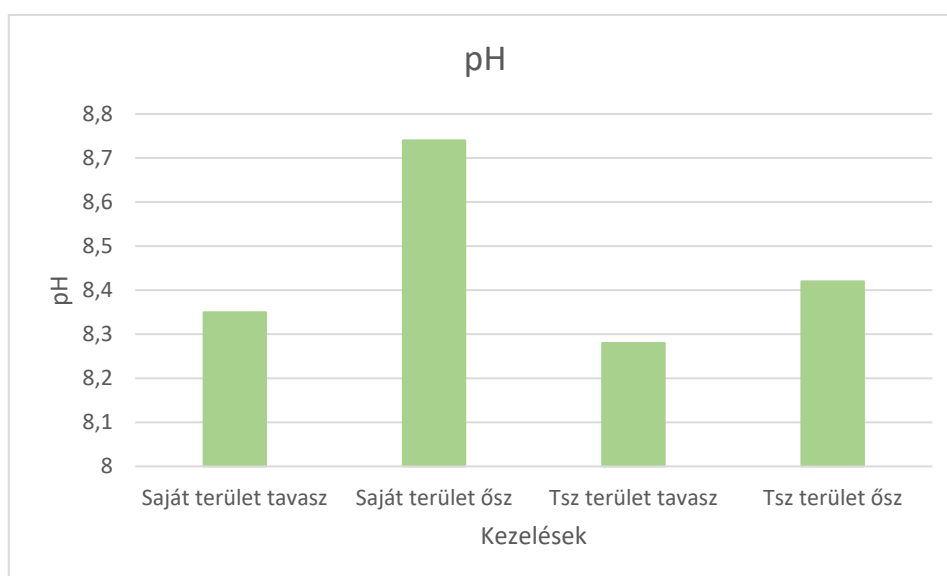
A Tyurin féle méréssel a talajok szervesanyag tartalmát mérjük. Minél magasabb a H% annál több benne a szerves anyagok részaránya. A gyakorlatban, ez többek között azért is jó, mert minél több a szervesanyag a talajban, annál több vizet is tud megkötni a talaj. A 2. ábrán a minták 2,5-2,8 humusz százalék között mozognak. Ilyen eredmény azt mutatja, hogy a végzett kísérlet parcellái közepes H% tartalommal rendelkeznek.



3. ábra – a Tyurin-féle humusztartalom alakulása a vizsgált területeken

4.2.3. A talajok pH-jának alakulása

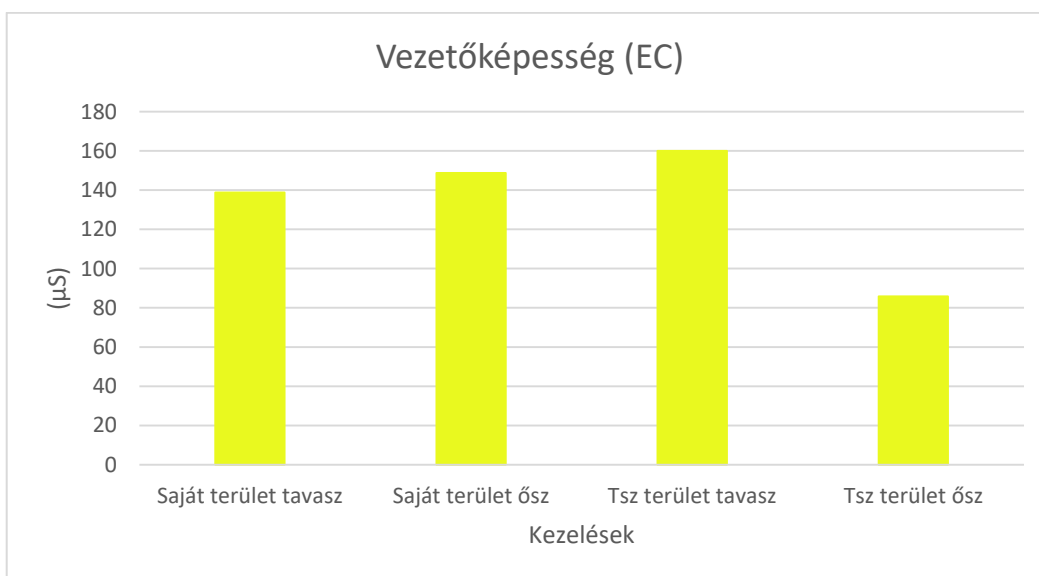
A talajok kémhatása nagyban befolyásolja a kémiai tápelemek felvételét vagy blokkolását. Ezért nem mindegy, hogy milyen a pH egy talajban. Az ideális pH 6,8-7 körül mozog. A 4. ábrán mért eredmények azt mutatják, hogy az adott területen lúgos kémhatás van. A mész tartalom elég magas. Az 1. táblázat támasztja alá az eredményt a 14. oldalon. A saját terület őszi mérésénél picivel lúgosabb eredményt kaptunk, de ez a módszer alkalmazásának a hibahatárán belül van.



4.ábra - pH változás a mért időszakokban

4.2.4. A talajok elektromos vezetőképességének (EC) összehasonlítása

A pH és EC értékek befolyásolják a tápanyagok felszívódását a növényekben. AZ EC mutatja nekünk a víz oldott sótartalmának elektromos vezetőképességét mértékét. Minél több műtrágya van feloldva a vízben annál magasabb az EC. $1\text{mS/cm} = 1000\mu\text{S/cm}$ -nek, azaz 1EC-nek felel meg. A növényen belüli és kívüli eredmények nagyságát határozzuk meg azt, hogy milyen könnyen tud a növény vizet felvenni. Az 5. ábrán láthatjuk, hogy az EC értékek átszámítva elég alacsonyak. Legmagasabb a Tsz terület tavaszi mintájában $160\mu\text{S/cm}$, míg a legalacsonyabb a Tsz terület őszi mintájában $85\mu\text{S/cm}$ volt. Az összes mért eredménynél elmondhatjuk, hogy a növények a vizet könnyen feltudták venni.

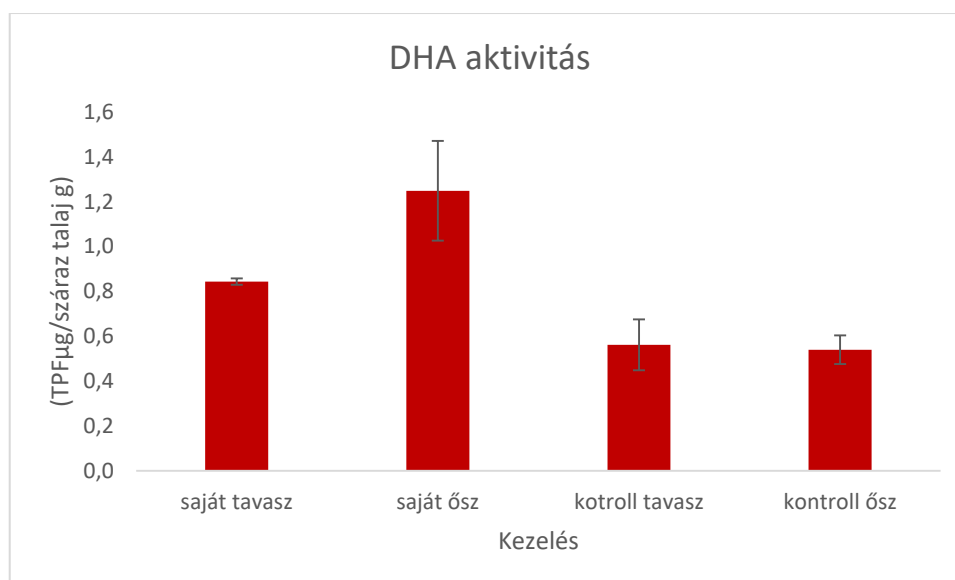


5.ábra - vezetőképesség - EC

4.3. A talajok biológiai tulajdonságainak az összehasonlító értékelése

4.3.1. Dehidrogenáz enzim aktivitás (DHA)

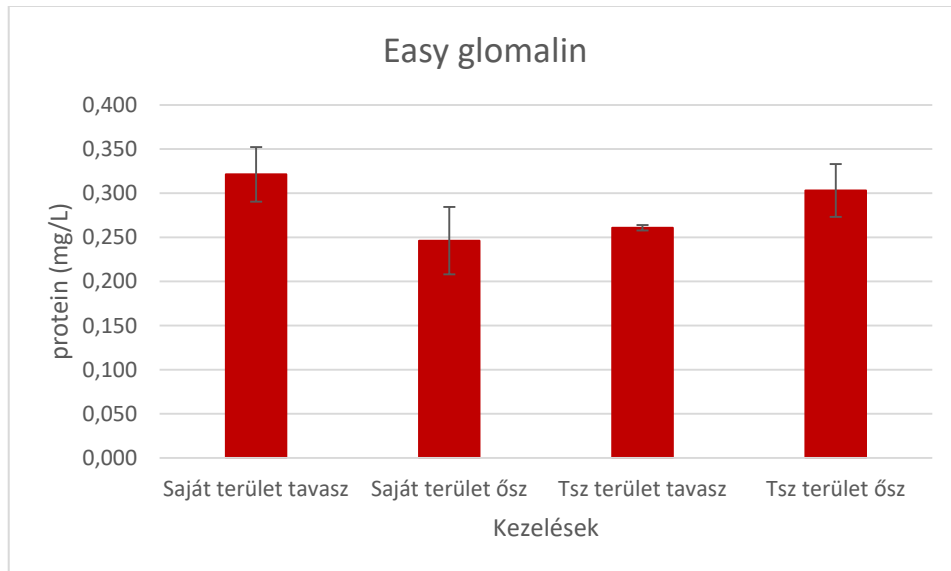
A dehidrogenáz enzim mutatja azt, hogy mennyire aktív a talajunk (biológiai aktivitás) illetve, hogy mekkora élet van benne az aktuális mért időszakban. A 6. ábrán jól látható, hogy a saját mintámnak az őszi változatában mennyivel aktívabb a talajélet a többi kontroll méréshez képest. Megállapítható, hogy a kontrollhoz viszonyítva 2,5 szer aktívabb a talaj a saját méréseimben. Érdekesség, hogy a tavaszi talajminták eredménye is, már jobb hatást mutat a kontrollhoz viszonyítva (6. ábra).



6.ábra - DHA aktivitás alakulása a vizsgált talajokban

4.3.2. A glomalin tartalom alakulása

Az AM (arbuskuláris mikorrhiza) gomba hifái által kiválasztott glikoprotein a glomalin, melynek mennyisége arányos a mikorrhiza gombák mennyiségével. A glomalin egy ragasztó anyag, amely a talaj porszerű részecskéit morzsalékossá tapasztja össze. Tehát a glomalin mértéke (7. ábra) megmutatja, hogy mennyire nagy a biológiai, -illetve gomba élet/aktivitás a talajban. A legmagasabb értéket a saját terület tavaszi mérése mutatja 0,34 mg/L, míg a legalacsonyabbat a saját terület őszi mérése, ami kevesebb mint 0,25 mg/L.



7.ábra - Az úgynevezett „easy”, könnyen kimutatható glomalin

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatomban az általam képviselt talajmegújító módszereket alkalmazó gazdaságomat szerettem volna összehasonlítani egy még konvencionálisan gazdálkodó vállalkozáshoz. Az irodalmi feldolgozásban nagy hangsúlyt fektettem a talajok védelmének megóvására, a globális felmelegedésben nagy szerepet játszó légköri CO₂ megkötésére a talaj által, továbbá a biológia fontos szerepére és a nedvesség megőrzésének módjairól is szó esett. Az irodalmi feldolgozáson kívül, számos laborvizsgálatot is végeztünk, ami próbálta megmutatni a már tényekkel felmutatható változásokat a talajban, a regeneratív módszerek alkalmazásával. A mintaterület Szlovákiában, a Csallóköz észak-keleti peremén helyezkedik el, Komáromtól cca. 30 km-re, szülőfalumban Kamocsán. Itt élek, és gazdálkodom 5-6 évvel ezelőtt kezdtem el a gazdálkodást, szinte a nulláról. Számomra az elejétől fogva nyilvánvaló volt, hogy a régi vonal (konveccionális) valamiért nem passzol, nem fenntartható, másképp kellene csinálni. A szántás, mint talajmegmunkálási folyamat talán mégsem lehet egy állandóan fenntartható irányút. Mindig a saját kertünkbe is lépve az volt a furcsa, hogy a szántással mennyi gilisztát kiforgatunk a földből és tönkretesszük az életkörülményeiket. Nem volt számomra logikus a szántás alkalmazása a szántóföldeken sem. A biológiai talajerőgazdálkodási képzéssel épp jókor jött a lehetőség, hogy a már több éve megújítóan használt területeim közül legalább egyet laboratóriumi kísérletek között is kiértékeljünk, hogy vajon történt-e pozitív változás a talajban. Én azt gondolom, hogy bár még a laboratóriumi eredmények mindegyike nem mutatta egyértelműen a változást, de a valóságban érezni lehet az általam művelt területeknek a jobb állapotát. Elsősorban több vizet tud abszorbálni a talaj, és a szerkezete is jobb lett, morzsásabb. A H% megmutatta, hogy a terület melyet használok, még nincs degradálva és van benne még erő, hogy a negatív változásokat visszafordíthassam. Még nem túl késő! Mivel kevesebb műtrágyát használok az átlagostól, ezért ijesztően hatott számomra, amikor a humuszmérést végeztük és az év végi eredmény alacsonyabb lett, mint amilyen volt az év elején. A humusz változása, -fogyása egy természetes folyamat. Szerintem a legnagyobb változást a DHA aktivitás mutatta. Többek között azért is, mert ilyen mértékű talajéletfejlődés művelt talajoknál nem jellemző. A másik pedig a talaj vízmegtartó képessége mutatta, ami a természet szempontjából a növények számára nagyon fontos tényező az abiotikus stressz elleni védelemben. Amivel a jövőben nagyon kéne foglalkozni, az nem más, mint a kémhatás javítása a talajban. Egyértelmű, hogy a talajt savanyítani kell, ennek érdekében az idei (2023) évtől kezdve már csak savanyító hatású műtrágyákat kezdtem használni pl. ammónium-

szulfátot, mindaddig amíg egy kedvezőbb pH-értéket el nem érek.

Meglepően pozitív eredményt hozott a DHA – aktivitás mérése, ugyanis 2,5 szer aktívabb a talajélet az én területemen, mint a konvencionális gazdálkodású kontrollban. A gravimetrikus víztartalom is jól mutatja, hogy a kevesebbet bolygatott talajoknak nagyobb a víztároló-vízszolgáltató képességük a kontrollhoz képest, ami a következő főnövény számára biztos, hogy kedvezőbb vegetatív fejlődési hatással fog járni. A kevesebb néha több! A megkezdett talajművelési utat folytatni szeretném, mert én azt gondolom, hogy hosszútávon ez lesz a fentarthatóbb, mint gazdasági, mint a környezet szempontjából. Pár év elteltével a laborvizsgálatokat újból szeretném elvégezni ennek igazolására. Véleményem szerint az eredmény még látványosabb lesz, és pozitív értelemben fog különbséget mutatni a konvencionális termesztéshez viszonyítva az általam elkezdett regeneratív gazdálkodás.

Javaslatom az, hogy a továbbiakban a humusz - százalék változását, a DHA aktivitást, a talajnedvesség mérését és a giliszták számát kell majd a jövőben periodikusan vizsgálni.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném kifejezni köszönetemet konzulensemnek, Dr. Bíró Borbála, DSc., prof.emerita tanárnőnek. Köszönöm kézséges hozzáállását és időtől független önzetlen segítségét. Köszönöm továbbá Dr. Kotroczó Zsolt, Phd tanárúrnak a laboratóriumi kísérleteknél való munkáját, segítségét és az eredmények kiértékelésében nyújtott szakmai munkáját. Köszönöm mindekettőjüknek, hogy időt szántak a munkám jobbra tételére és rám személy szerint is. Ma az idő nagy érték!

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. BIRKÁS M., KISIC I., MESIC M., JUG D., KENDE Z., 2015. CLIMATE INDUCED SOIL DETERIORATION AND METHODS FOR MITIGATION. *AGR. CONSPECTUS SCIENTIFICUS*. 80. (1) 17–24.
2. BIRKÁS M., MESIC M., SMUTNY V., 2015. SOIL CONSERVATION TILLAGE IN CROP PRODUCTION. *CONTEMPORARY AGRICULTURE*. 64. (3-4) 248–254.
3. BIRKÁS M., JUG D., KENDE Z., KISIC I., SZEMŐK, A., 2018. SOIL TILLAGE RESPONSE TO THE CLIMATE THREATS – REVALUATION OF THE CLASSIC THEORIES. *AGR. CONSPECTUS SCIENTIFICUS*. 83. (1) 1–9.
4. BIRKÁS M., DEKEMATI I., KENDE Z., RADICS Z., SZEMŐK A., 2018. A SOKSZÁNTÁSOS MŰVELÉSTŐL A DIREKTIVETÉSIG – ELŐREHALADÁS A TALAJMŰVELÉSBEN ÉS VÉDELMEBEN. *AGROKÉMIA ÉS TALAJTAN*. 67. (2) 253–268.
5. BIRKÁS M., 2006. A DIREKTIVETÉS. IN: BIRKÁS M.: KÖRNYEZETKÍMÉLŐ ALKALMAZKODÓ TALAJMŰVELÉS. AKAPRINT KIADÓ BUDAPEST. PP. 350–354.
6. BIRKÁS M., 2006. KÖRNYEZETKÍMÉLŐ ALKALMAZKODÓ TALAJMŰVELÉS. AKAPRINT NYOMDAIPARI KFT.
7. BIRKÁS M., MESIC M., SMUTNY V., 2015. SOIL CONSERVATION TILLAGE IN CROP PRODUCTION. *CONTEMPORARY AGRICULTURE*. 64. (3-4) 248–254.
8. BÍRÓ B., 2022. MEZŐHÍR, BIOLÓGIAI TALAJERŐ-GAZDA(G)SÁG, DECEMBERI KIADÁS. PP.50-53.
9. CANNELL R.Q., 1985. REDUCED TILLAGE IN NORTH-WEST EUROPE – A REVIEW. *SOIL TILLAGE RES.* 5. 129–177.
10. CANNELL R.Q., HAWES J.D., 1994. TRENDS IN TILLAGE PRACTICES IN RELATION TO SUSTAINABLE CROP PRODUCTION WITH SPECIAL REFERENCE TO TEMPERATE CLIMATES. *SOIL TILLAGE RES.* 30. 245–282.
11. COLE, V., 1996. AGRICULTURAL OPTIONS FOR MITIGATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS. IN: *CLIMATE CHANGE 1995*. CAMBRIDGE UNIV. PRESS. NEW YORK. 745–771.
12. DAVIDSON, E.A., TRUMBORE, S.E., 1995. GAS DIFFUSIVITY AND PRODUCTION OF CO₂ IN DEEP SOILS OF THE EASTERN AMAZON. *TELLUS B.* 47. 550–565.
13. DEKEMATI I., SIMON B., BOGUNOVIC I., KISIC I., KASSAI K., KENDE Z., BIRKÁS M., 2020. LONG TERM EFFECTS OF PLOUGHING AND CONSERVATION TILLAGE METHODS ON EARTHWORM ABUNDANCE AND CRUMB RATIO. *AGRONOMY*. 10. 1552.
14. DEKEMATI I., SIMON B., VINOGRADOV S., BIRKÁS M., 2019. EFFECT OF SIX DIFFERENT TILLAGE TREATMENTS ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES, EARTHWORM ABUNDANCE AND CROP YIELD IN HUNGARY. *SOIL TILLAGE RES.* 194. 104334.
15. DEKEMATI I., SIMON B., BOGUNOVIC I., KISIC I., KASSAI K., KENDE Z., BIRKÁS M., 2020. LONG TERM EFFECTS OF PLOUGHING AND CONSERVATION TILLAGE METHODS ON EARTHWORM ABUNDANCE AND CRUMB RATIO. *AGRONOMY*. 10. 1552
16. GYÖRFFY B., 1964. HOZZÁSZÓLÁS „A TALAJ MÉLYMŰVELÉSE” VITAÜLÉSEN. *MTA AGRÁRTUD. OSZT. KÖZL.* 13. (3-4) 362–370.
17. HARGITAI L. 1963. HUMUSZANYAGOK MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA ULTRAIBOLYA SPEKTRUMAIK ALAPJÁN. *MTA AGRÁRTUDOMÁNYOK OSZTÁLYA KÖZLEMÉNYEI*, 22, PP. 225-240.

18. JANSSENS, I.A., KOWALSKI, A.S., LONGDOZ, B., CEULEMANS, R., 2000. ASSESSING FOREST SOIL CO₂ EFFLUX: AN IN SITU COMPARISON OF FOUR TECHNIQUES. *TREE PHYSIOLOGY*. 20. 23–32.
19. JUG D., BROZOVIĆ B., ĐURĐEVIĆ B., JUG I., LIPIEC J., BIRKÁS M., VUKADINOVIĆ V., 2019. EFFECT OF CONSERVATION TILLAGE ON CROP PRODUCTIVITY AND NITROGEN USE EFFICIENCY. *SOIL TILLAGE RES.* 194. 104327
20. KADER M.A., SENGE M., MAJID M.A., ITO K., 2017. RECENT ADVANCES IN MULCHING MATERIALS AND METHODS FOR MODIFYING SOIL ENVIRONMENT. *SOIL TILLAGE RES.* 168. 155–166.
21. KENDE Z., 2019. KLÍMAKÁR EREDETŰ TALAJMINŐSÉG ROMLÁS ÉS KÁRMEGELŐZÉS. DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS. SZENT ISTVÁN EGYETEM, GÖDÖLLŐ. P. 128
22. KENDE Z., SALLAI A., KASSAI K., MIKÓ P., PERCZE A., BIRKÁS M., 2017. THE EFFECTS OF TILLAGE INDUCED SOIL DISTURBANCE ON WEED INFESTATION OF WINTER WHEAT. *POLISH J. ENVIRON. STUDIES*. 26. 1131–1138.
23. KOLTAY Á., 1974. TALAJMŰVELÉS NÉLKÜLI BÚZATERMESZTÉS MONOKULTÚRÁBAN. TALAJTERMÉKENYSÉG. 5. 11–17.
24. LASCALA JR. N., LOPES A., PANOSSO A.R., CAMARA F.T., PEREIRA G.T. 2005. SOIL CO₂ EFFLUX FOLLOWING ROTARY TILLAGE OF A TROPICAL SOIL. *SOIL AND TILLAGE RESEARCH*, 84. 222–225.
25. LAL R., REICOSKY D.C., HANSON J.D., 2007. EVALUATION OF THE PLOW OVER 10,000 YEARS AND THE RATIONALE FOR NO-TILL FARMING. *SOIL TILLAGE RES.* 93. 1–12.
26. NYIRI L., 1997. AZ ASZÁLYKÁROK MÉRSÉKLÉSE. MEZŐGAZDA KIADÓ. BUDAPEST.
27. REICOSKY, D.C., ARCHER, D.W., 2007. MOLDBOARD PLOW TILLAGE DEPTH AND SHORT-TERM CARBON DIOXIDE RELEASE. *SOIL AND TILLAGE RESEARCH*. 94. 109–121.
28. SMITH, P., POWLSON, D., GLENDINING, M., SMITH, J., 1997. POTENTIAL FOR CARBON SEQUESTRATION IN EUROPEAN SOILS: PRELIMINARY ESTIMATES FOR FIVE SCENARIOS USING RESULTS FROM LONG-TERM EXPERIMENTS. *GLOBAL CHANGE BIOLOGY*. 3. 67–79.
29. STEFANOVITS P., FILEP G., FÜLEKY G. (SZERK.), 1999. TALAJTAN. MEZŐGAZDA KIADÓ. BUDAPEST
30. SOUICHIRO, K., SHIN, H., ZONG, J.C., MASAHARU, I., YASUO, I., 2004. EFFECTIVE CELLULOSE DEGRADATION BY A MIXED-CULTURE SYSTEM COMPOSED OF A CELLULOLYTIC CLOSTRIDIUM AND AEROBIC NON-CELLULOLYTIC BACTERIA FEMS. *MICROBIOLOGY ECOLOGY*. 51. 133–142.
31. THALMANN A. (1968): DEHYDROGENASE ACTIVITY. IN: ALEF K. AND NANNIPIERI P. (ED.) (1995): METHODS IN APPLIED SOIL MICROBIOLOGY AND BIOCHEMISTRY. ACADEMIC PRESS LTD. 228–230.
32. VÁRALLYAY GY., 1996. MAGYARORSZÁG TALAJAINAK ÉRZÉKENYSÉGE SZERKEZETLEROMLÁSRA ÉS TÖMÖRÖDÉSRE. KÖRNYEZET- ÉS TÁJGAZDÁLKODÁSI FÜZETEK. II/1. 15–30.
33. VERES Zs., KOTROCZÓ Zs., MAGYAROS K., TÓTH J.A., TÓTHMÉRÉSZ B. (2013): DEHYDROGENASE ACTIVITY IN A LITTER MANIPULATION EXPERIMENT IN TEMPERATE FOREST SOIL. *ACTA SILVATICA ET LIGNARIA HUNGARICA*. 9: 25–33.
34. WANG S., GUO L., ZHOU P.C., WANG X., SHEN Y., HAN H., NING T., HAN K., 2019. EFFECT OF SUBSOILING DEPTH ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND SUMMER MAIZE (*ZEA MAYS* L.) YIELD. *PLANT SOIL ENVIRON*. 65. 131–137.
35. WOLFAARDT, G.M., LAWRENCE, J.R., ROBERTS, R.D., CALDWELL, D.E. 1994. THE ROLE OF INTERACTIONS, SESSILE GROWTH AND NUTRIENT AMENDMENTS ON THE DEGRADATIVE EFFICIENCY OF A

MICROBIAL CONSORTIUM. CAN.J. MICROBIOL. 40. 331–340.

36. ZSEMBELI J., SZÚCS L., TUBA G., CZIMBALMOS R., 2015. NEDVESSÉGTAKARÉKOS TALAJMŰVELÉSI RENDSZER FEJLESZTÉSE KARCAGON. IN: MADARÁSZ B.: KÖRNYEZETKÍMÉLŐ TALAJMŰVELÉSI RENDSZEREK MAGYARORSZÁGON. MTA CSFK FTI, BUDAPEST. PP. 122–133.

INTERNETES HIVATKOZÁSOK

1. http1: <https://4p1000.org>

NYILATKOZAT

Hajnal Péter (hallgató Neptun azonosítója: CULXG9) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozato a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2023. november 13.



belső konzulens

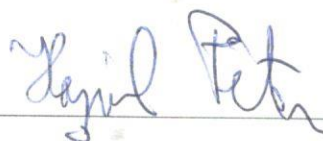
¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

SZAKDOLGOZAT LEADÁSI NYILATKOZAT

Alulírott **Hajnal Péter** (Neptun-kód: CULXG9) nyilatkozom, hogy „**A konvencionális és néhány regeneratív talajművelési módszer összehasonlító értékelése a talajok rövidtávú fizikai-kémiai és biológiai tulajdonságaira**” címen benyújtott szakdolgozatom saját szellemi termékem. Tudomásul veszem, hogy a Dékáni Hivatalban határidőben történő bemutatás nem jelenti dolgozatom szakmai és tartalmi elfogadását.

Budapest, 2023. november 10.



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Szakedolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Hajnal Péter
Hallgató Neptun kódja: CULXG9
A dolgozat címe: A konvencionális és néhány regeneratív talajművelési módszer összehasonlító értékelése a talajok rövidtávú fizikai-kémiai és biológiai tulajdonságaira
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agrár-környezettani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakedolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ 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 tulajdonkezelési 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 eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Komárom, 2023.11.11


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.