

SZAKDOLGOZAT

Gyekiczki Bernadett Fanni

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Környezettudományi Intézet

**Biológiai talajerő-gazdálkodási szakmérnök szakirányú
továbbképzési szak**

**EGY TALAJKONDITIONÁLÓ KÉSZÍTMÉNY ÖSSZEHASONLÍTÓ
VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ TALAJON**

Belső konzulens: Dr. Kotroczó Zsolt
tudományos munkatárs

**Belső konzulens
intézete:** Környezettudományi
Intézet

Készítette: Gyekiczki Bernadett
Fanni

Budapest

2023

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK	3
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1. A téma aktualitása	4
2.2. A talaj prebiotikumok szerepe.....	6
2.2.3. NUTRIGEO L talaj prebiotikum bemutatása	7
2.3. Arbuszkuláris mikorrhizák szerepe a talajban.....	8
2.4. A vizsgált paraméterek leírása	10
2.4.1. A talaj pH-ja.....	10
2.4.2. A talaj vezetőképessége (EC)	10
2.4.3. A talaj labilis széntartalma (LOC)	10
2.4.4. Gravimetrikus talajnedvesség	11
2.4.5. FDA-enzimaktivitás.....	11
2.4.6. A glomalin.....	11
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	13
3.1. A kísérletek helyszínei	13
3.2. A helyszínek talajtani adottságai.....	13
3.3. A kísérletek bemutatása	14
3.3.1. A szarvasi kísérlet beállításának bemutatása.....	14
3.3.2. A szentkirályi kísérlet beállításának bemutatása.....	15
3.3.3. A szatymazi kísérlet beállításának bemutatása	15
3.4. Talajmintavétel bemutatása.....	16
3.5. Laboratóriumi mérések bemutatása.....	17
3.5.1. A talaj pH mérése.....	18
3.5.2. A talajok vezetőképességének mérése (EC)	18
3.5.3. Talaj labilis széntartalmának meghatározása	18
3.5.4. Gravimetrikus víztartalom mérése	18
3.5.5. FDA-enzimaktivitás mérése.....	19
3.5.7. Mikroorganizmusok számának meghatározása MPN-módszerrel	21
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	22
4.1. A pH mérés eredményei	22
4.2. A vezetőképesség (EC) mérés eredményei.....	23
4.3. A labilis széntartalom meghatározásának eredményei	24
4.4. A gravimetrikus víztartalom meghatározásának eredményei	25

4.5. Az FDA-aktivitás meghatározásának eredményei.....	26
4.6. A glomalin mennyiség mérésének eredményei.....	27
4.7. Az aerob baktériumok számának meghatározásának eredményei.....	28
4.8. A gombák számának meghatározásának eredményei.....	29
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	31
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	33
7. IRODALOMJEGYZÉK.....	34
8. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	41
9. HALLGATÓI NYILATKOZAT.....	42
10. KONZULENSI NYILATKOZAT.....	43

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A klímaváltozás és a gazdasági körülmények egyre inkább rámutatnak, hogy ideje a szintetikus inputanyagok helyett a környezeti erőforrásokat fenntartó és támogató mezőgazdasági gyakorlatokhoz fordulni, ezeket preferálni. Az eddigi konvencionális gyakorlatoktól eltérő gyakorlatokat egyelőre támogatások mellett integrálhatják a termelők a gazdálkodásukba az Európai Unió hatályos Közös Agrárpolitikájának köszönhetően.

Azonban a termelők egy része nehezen jut hiteles információhoz az új jellegű készítményekkel kapcsolatban, ami hátráltatja a fenntartható technológiák terjedését.

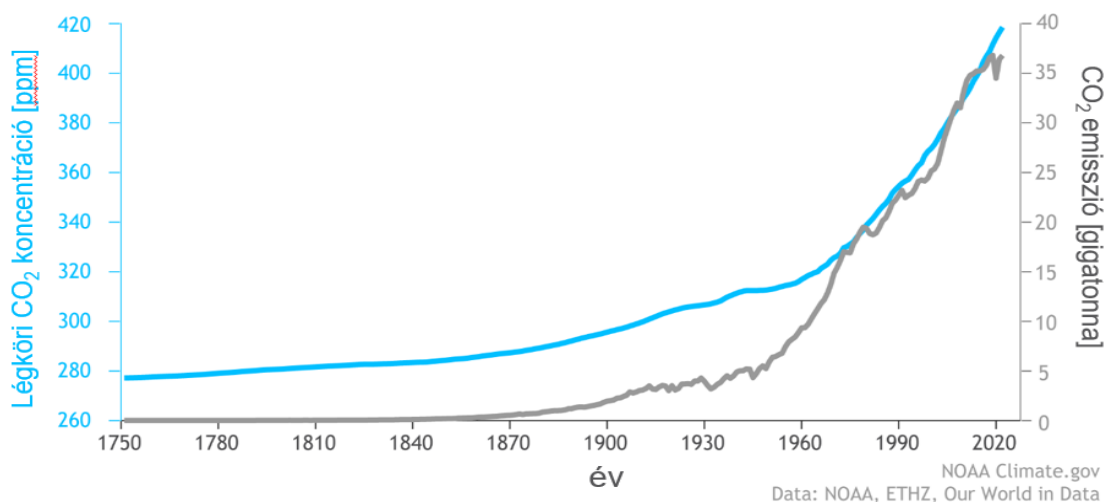
Emiatt dolgozatom céljaul egy új talajkondicionáló prebiotikum készítmény, a NUTRIGEO L hatásának laboratóriumi vizsgálatát tűztem ki célul. Munkám célja, hogy kezeletlen kontroll parcellához viszonyítva, különböző talajokon és növénykultúrákban megállapítsam, milyen hatással van a készítmény a talaj

- pH-jára
- vezetőképességére
- labilis széntartalmára
- gravimetrikus víztartalmára
- FDA-enzimaktivitására
- glomalín mennyiségére
- a mikroorganizmusok (baktériumok és gombák) számára.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A téma aktualitása

Korunk egyik legnagyobb, globális kihívása a klímaváltozás. Az üvegházhatású gázok jelenléte önmagában nem jelent kockázatot, hiszen ez alapfeltétele az földi életnek szükséges átlaghőmérsékletnek. Azonban az ipari forradalom óta folyamatosan és jelentősen nőtt ezek mennyisége a légkörben. Ezalatt a csaknem 300 év alatt a szén-dioxid légköri koncentrációja hozzávetőlegesen 280 ppm-ről (DEMÉNY 2005) 2022-re 417,1 ppm-re változott (HTTPI).



1. ábra: A légköri szén-dioxid koncentrációja és a szén-dioxid emisszió értékének változása az utóbbi 270 évben (Forrás: HTTPI)

Az erősödő üvegházhatás miatt nő a földfelszín hőmérséklete is, ami képes felgyorsítani a szervesanyag-lebomlást és az egyéb, termőképességet negatívan befolyásoló folyamatokat. Ezek kompenzálására egyre nagyobb mennyiségű szerves- illetve műtrágya felhasználásra lehet szükség, mely nem csak a termelési költségek növekedését, de a környezetterhelés növekedését is jelenti. Az egyre intenzívebb műtrágya felhasználás eredménye lehet az agrárium CO₂ és N₂O üvegházhatású gázok kibocsátásának növekedése (HARNOS 2005).

Demográfiai becslések szerint 2050-re a Föld népessége eléri a 9 milliárd főt (IGIEHON ÉS BABALOLA 2017), ami együttjár a táplálék igény növekedésével (NEPHALI ET AL. 2020). Európa a Zöld Megállapodással (Green Deal) egy olyan stratégia mellett kötelezte el magát, mellyel a mezőgazdasági szektor a növekvő szükségletek kielégítését úgy valósítja meg, hogy a hozamokat növeli, miközben csökkenti függését a hagyományos gyakorlatoktól valamint

mérsékli a környezetterhelést is, különös tekintettel a víz, a levegő és a talaj megóvására (KURCSIK ET AL. 2021, ROUPHAEL AND COLLA 2020, HTTP2). A megállapodás értelmében 2030-ra legalább 55%-kal kívánja csökkenteni az üvegházhatású gázok nettó kibocsátását az 1990-es szinthez képest, 2050-re pedig a nettó 0 érték elérését tűzte ki célul. További cél 2030-ra a műtrágya használat 20%-kal, valamint a kémiai növényvédő szerek felhasznált mennyiségének 50%-kal való mérséklése (HTTP2).

Annak érdekében, hogy az Unió termelői felkészülhessenek a fenti célok teljesítésére és megismerkedhessenek az újszerű, természeti erőforrásokkal együttműködő, a megváltozott körülményekhez igazodó termelési eszközökkel, a Közös Agrárpolitika Stratégiai Tervében (2023-2027) egy új, a zöldítést váltó, feltételes támogatási forma jelent meg: az Agrár-ökológiai Program (AÖP), melynek összege min. 60,64 EUR/ha, max. 105 EUR/ha (HTTP3).

Az AÖP keretében a talajok számára előnyös, támogatható vállalat lehet a talajtakarás, a karbamid műtrágya használat szántóföldi területeken, mikrobiológiai készítmények alkalmazása, talajkondicionáló szerek alkalmazása, vagy akár a forgatás nélküli talajművelés (15/2023.IV.19. AM RENDELET).

Az új támogatási forma első évének végéhez közeledve számos olyan termelővel találkoztam, akik arról számoltak be, hogy elvesztek a támogatáshoz tartozó szerlisták oldalaiban, nehezen tájékozódnak a különböző készítmények várható hatásosságáról, a felhasználás módjáról és az egyéb technikai paramétereikről. Független kutatási eredmények kis számú készítmény esetében érhetőek el. Ezért döntöttem úgy, hogy a NUTRIGEO L talajkondicionáló prebiotikumot részletesebben, többféle körülmény között megvizsgálom a dolgozatomban.

Emellett nem mehetünk el szó nélkül az utóbbi évek gazdasági anomáliái mellett, melyek drasztikusan emelték az energia-, a fosszilis üzemanyagok és a különböző mezőgazdasági inputanyagok árát. Jó példa erre a műtrágyák ára, mely 2022-ban átlagosan háromszorosára nőtt, míg az év első 3 negyedévében összesen 31,4%-kal esett vissza a fogyasztás. Bár 2023-ban ez a kiugrás mérséklődött, az inputanyag árak emelkedése még mindig jóval meredekebb ívet ír le, mint a mezőgazdasági termények felvásárlási árának változása (HTTP4). Jól látható tehát, hogy sürgetően szükséges a fenntartható mezőgazdaság irányába való elmozdulás.

2.2. A talaj prebiotikumok szerepe

A klímaváltozás, a gazdasági tényezők és a támogatási rendszer is ösztönzi a magyar termelőket az úgynevezett agrár-ökológiai átmenetre, melynek eszközei lehetnek a különböző biostimulátorok. Ezek definíció szerint olyan anyagok, melyeket csávázószerként, a növényekre vagy a rizoszférára alkalmazhatóak, és különböző tápanyagokat vagy mikroorganizmusokat, esetleg a kettő keverékét tartalmazzák, és segítik a növény a természetes folyamatait például úgy, hogy serkentik a tápanyagfelvételt, fokozzák a tápanyagfelhasználás hatékonyságát, növelik az abiotikus és biotikus stressztűrést és/vagy a termésminőséget, termés hozamot (ALBRECHT 2019).

A prebiotikum a biostimulátorok egyik típusa, mely tipikusan természetes forrásból származó összetevőket tartalmaz, mint humin- és fulvosavakat, hidrolizált fehérjéket, algákat, növényi és alga kivonatokat, kitozánt és más biopolimereket, komplex szervesanyagokat (komposzt vagy trágyakivonatokat), szervesetlen összetevőket és ásványi anyagokat (vas, mangán, cink, stb.) (BULGARI ET AL. 2015; CALVO ET AL. 2014). Az ilyen jellegű biostimulátorokat széleskörben használják a talaj termékenységének és a növényi növekedés fokozására (JARDIN 2015; YAKHIN ET AL. 2017). Ezek az anyagok a mezőgazdaság számos területén bizonyították már (pl. talajegészség, talajszerkezet javítása) (BERG ET AL. 2020; COLLA ET AL. 2017; NOSHEEN ET AL. 2021), de még számos kiaknázatlan lehetőséget rejthetnek. Egyik ilyen lehetőség a talajok szén-dioxid kibocsátásának mérséklése a szén megkötése által, valamint a talajok kimerülésének megakadályozása, visszafordítása (GUPTA AND STADEN 2021).

A mezőgazdasági talajokban a szén fő forrásai a növények a rizodepozícióon keresztül, az egyéb növényi maradványok, valamint a mikroorganizmusok biomasszájuk és aktivitásuk révén (MEENA ET AL. 2020). Számos tanulmány kimutatta, hogy a biostimulátorok alkalmazása a növényi biomassza jelentős növekedéséhez és a növényi maradványok gyorsabb lebomlásához vezetett (BULGARI ET AL. 2015). Ezeket az eredményeket a biostimulátorok a talaj fizikai-kémiai jellemzőire, valamint a natív mikrobiális sokféleségre és funkcionalitására gyakorolt hatása magyarázza (BERG ET AL. 2020; SHARMA ET AL. 2013). A biostimulánsok bizonyítottan szerepet játszanak a pH szabályozásában, a kationcserélő kapacitásban (CEC), a tápanyagok bioasszimilációjában, az ásványi anyagok feltáródásában, oldódásában, valamint a növényi maradványok és a mikrobiális biomassza szerves szén (OC) mineralizációjának egyidejű fokozásában (CASTELLANO-HINOJOSA ET AL. 2021; HELLEQUIN ET AL. 2020). További

tapasztalat a prebiotikumok használatában, hogy támogatják és aktiválják a gombákban gazdag mikrobiális közösséget, különösen az arbuskuláris mikorrhiza gombákat (AMF) (BASILE ET AL. 2020). Ez a hatás a növényi fotoszintézis jelentős növekedését váltotta ki (15,3%-ról 33,1%-ra), a növények (különösen a gyökerek) növekedését megháromszorozta, és a C-tárolást átlagosan 17,2%-kal növelte a kezeletlen talajokhoz képest (AMARANTHUS ÉS JIRACEK 2001; WANG ET AL. 2016). Számos tanulmány összefüggésbe hozta a talajgombák biomasszájának, diverzitásának és funkcionalitásának növekedését a nagyobb szén és nitrogén aránnyal (C:N) valamint fokozott szén felhalmozódással a talajban, ami magasabb szénmegkötést eredményez (MALIK ET AL. 2016; SIX ET AL. 2006).

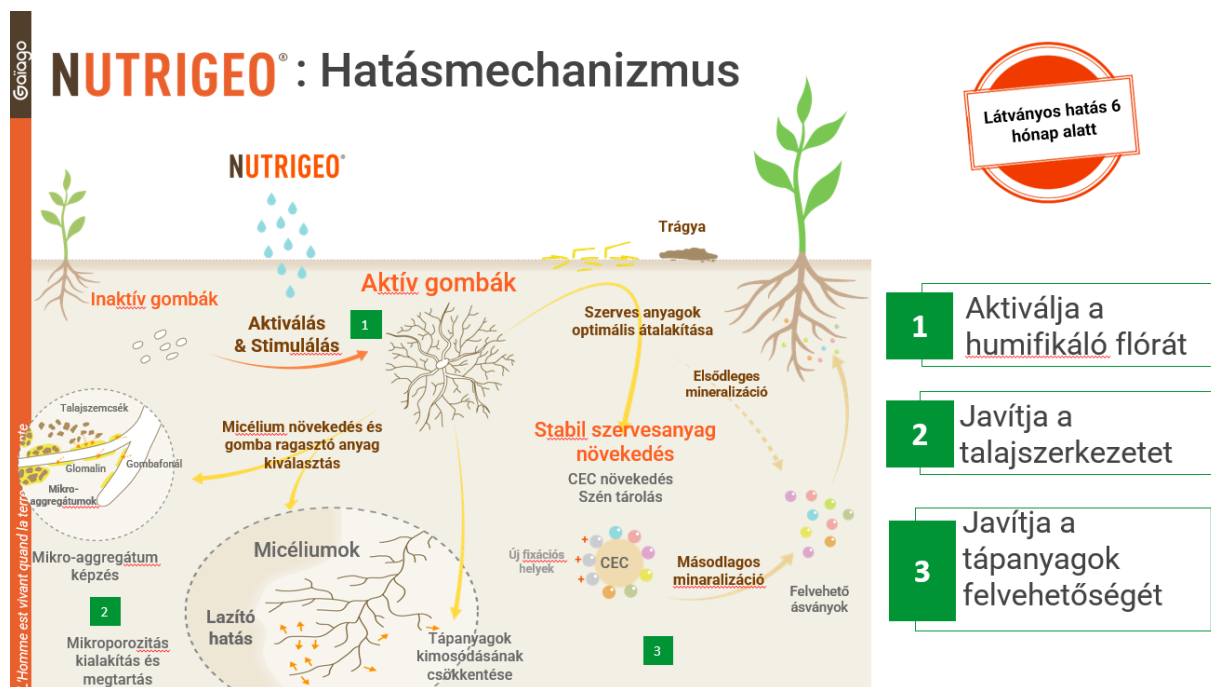
SIX ÉS MUNKATÁRSAI (2006) becslései szerint természetes állapotukhoz képest a talajok széntartalmának 25%-a már elveszett. Azonban az erózió csökkentésével, a termékenység javításával és a CO₂-kibocsátás mérséklésével elérhető a mezőgazdasági talajok azon képessége, hogy visszanyerjék a hiányzó 25% C nagyrészét (SIX ET AL. 2006). Ezért a talajkezelésre alkalmas prebiotikumok használata a növények növekedésének, a talaj tulajdonságainak javítására és a szén megkötésének fokozására olyan innovatív megközelítést jelent, amelyet tovább kell vizsgálni és ki kell használni a növekvő globális népesség és táplálkozási szükségletek, illetve a szén-dioxid-kibocsátás és a kapcsolódó éghajlati változások függvényében (ROUPHAEL ÉS COLLA 2020; UGENA ET AL. 2018).

2.2.3. NUTRIGEO L talaj prebiotikum bemutatása

A NUTRIGEO L talajkondicionáló készítmény a francia Gaiago SAS gyártó terméke. A cég leírása szerint ez az első talaj prebiotikum készítmény (HTTP5). Több, mint 3000 szabadföldi teszt eredményeként azt tapasztalták, hogy az esetek 86%-ában már kevesebb, mint 6 hónap alatt mérhetően javította a talaj szerkezetét tömörödött talaj esetében azáltal, hogy aktiválja és táplálja a humifikáló mikroflórát, különös tekintettel az arbuskuláris mikorrhizákra.

Magyarországon 2022.11.25. óta rendelkezik engedéllyel a készítmény, engedélyokiratának száma: 6300/1153-2/2022 (HTTP6). Az engedélyokiratban feltüntetett alapanyagok: mangán-lignoszulfonát és bór-etanolamin. Felhasználható szántóföldi, gyümölcs és zöldség kultúrák talaj- és állománykezelésére, 20-40 l/ha dózisban, évi 1- legfeljebb 2 alkalommal, 250-500 l/ha vízmennyiséggel kijuttatva, talajfelszínre permetezve.

Az első tudományos publikáció a NUTRIGEO L rövid- és középtávú hatásairól 2023. októberében jelent meg ALAHMAD ET AL. (2023) munkája nyomán, akik búzaszalmával kevert talajon hajtották végre a kezelést 25 l/ha dózissal. Vizsgálták a növények klorofilltartalmát és gyökérhosszát, a talaj pH-ját, EC-jét, mely paraméterekben nem adódtak szignifikáns különbségek a kezeletlen és a kezelt terület között. Azonban statisztikailag igazolható növekedést tapasztaltak a NUTRIGEO L kezelés javára például a nedves és száraz növényi részek illetve gyökérzet tömegében, a növényi részek és gyökérzet nedvességtartalmában, a talaj kationcsere-kapacitásában (CEC) (+8,29%), szerves széntartalmában (27,1%), összes szervesanyag tartalmában (+24,2%). Ezen kívül a baktériumszámban és a gombaközösség eloszlásában, valamint a glomalin mennyiségében (+37,9%) is. A kezelés hatására a mikorrhiza kapcsolatok száma 9,2%-ról 36,1%-ra nőtt, azaz csaknem megnégyszereződött.



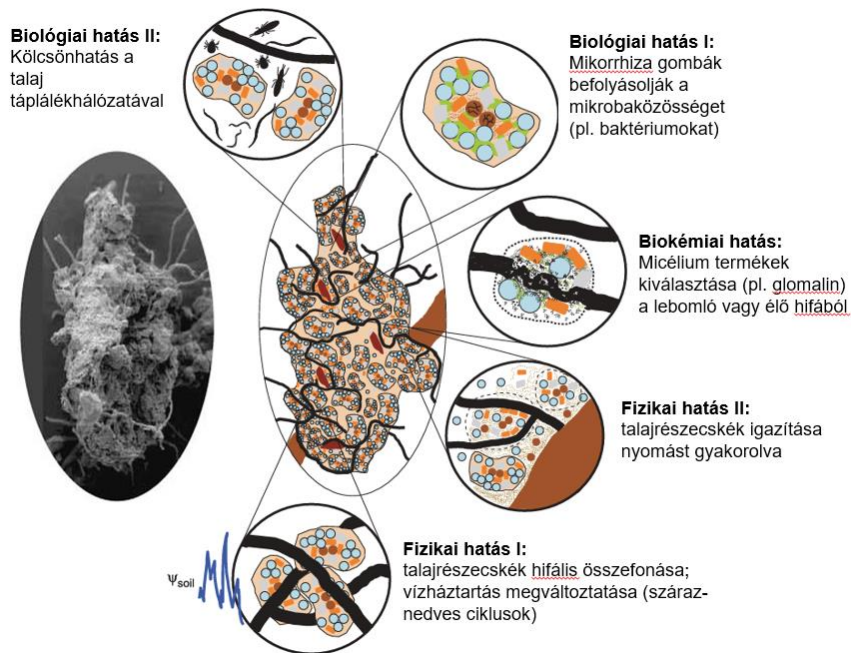
2. ábra: A NUTRIGEO L hatását bemutató gyártói infografika (Forrás: Gaiago SAS)

Legjobb tudásom szerint hazai tapasztalatról ez az első tudományos jellegű publikáció.

2.3. Arbuskuláris mikorrhizák szerepe a talajban

Mivel a NUTRIGEO L termék a gyártó leírása szerint különösen az arbuskuláris mikorrhizákra koncentrál, ezzel az élőlény csoporttal bővebben foglalkozok az irodalmi áttekintésben. Az arbuskuláris mikorrhiza-szimbiózisban a gomba és a gazdanövény kéregsejtjei között a táplálék átadása az arbuskulomokon keresztül történik, amelyek a növényi

gyökérsejteken belül helyezkednek el (ezt nevezzük endomikorrhizának) (SCHMIDT ÉS SUMALAN 2009). Az arbuszkulumon keresztül a növény cukrokat ad át a gombának, melyért cserébe az könnyen felvehető formában szolgáltatja a talaj tápanyagait a növény számára (KARANDASHOV ÉS BUCHER 2005). A gombák mikorrhiza hálózatot hoznak létre a talajban, mely élő szupersztrádként gondoskodik a különböző anyagok áramlásáról a talajban és a növények között egyaránt. Ez a hálózat számos különböző úton fejt ki pozitív hatást.



3. ábra: Az arbuszkuláris mikorrhizák hatása a talajra (Forrás: Matthias et al. 2006)

A hálózatok gondoskodnak a víz, a szén és a tápanyagok áramlásáról. A hajszálgökörek meghosszabbításaként képesek megnövelni a növények tápanyag- és vízelérő képességét (TAKÁCS ÉS VÖRÖS 2003), az általuk termelt szerves savakkal pedig a tápanyagok feltáródását fokozzák (CLARK ÉS ZETO 2000; TÓTH ET AL. 2011). Így például a növény foszforigényének 80%-át is képesek biztosítani (WHITESIDE MD ET AL. 2019; BAGO ET AL. 2002). Javítják továbbá a szárazság-stressz tűréseket (BIRÓ 2001; SMITH ÉS READ 2008; FÜZY ET AL. 2014, 2008). De a kultúrnövény egyedek összekötve, károsítók megjelenése esetén figyelmeztető jelzés továbbítására is képesek (BABIKOVA ET AL. 2013; BIRÓ ET AL. 2006). A gombafonalak fizikai úton, mikrorepedéseket létrehozva lazítják a talajt (MATTHIAS ET AL. 2006). Ezen felül felületükön glomalint és glomalin-szerű talaj fehérjéket bocsátanak ki, melyek természetes ragasztóanyagként segítik a talaj szerkezetének épülését és a talaj aggregátumok kialakulását (WRIGHT ÉS UPADHYAYA 1998, 1996).

2.4. A vizsgált paraméterek leírása

2.4.1. A talaj pH-ja

A talaj kémhatása a talajoldat H⁺-ion koncentrációját írja le. Ezt mindig légszáraz talajból készített szuszpenzióban mérjük. Az értéket nagyban befolyásolja az talajképző kőzet és az éghajlat. 6,8 pH alatt savas, 6,8-7,2-es pH-nál semleges, 7,2 pH felett lúgos talajokról beszélhetünk. A szélsőségesen alacsony vagy magas pH kedvezőtlen a növények számára és gátolja az egyes tápelemek felvételét. Emelett a talaj fizikai állapotára is kedvezőtlen hatást fejt ki (KOC SIS 2012).

2.4.2. A talaj vezetőképessége (EC)

A talaj vezetőképessége (EC= elektromos konduktancia) a talajoldatban lévő összes oldott só tartalmát fejezi ki, 20 C°-ra vonatkoztatva. Mértékegysége a mS/cm, de gyakran használják a mg/l mértékegységet is. A kettő jó közelítéssel átszámítható egymásba: 1 mS/cm nagyjából 640-680 mg/l oldott sónak felel meg (OMBÓDI 2008). A vezetőképesség a talajoldatban oldott, töltéssel rendelkező ionok, illetve részecskék számától és anyagi minőségétől függ (RHOADES ET AL. 1989; CORWIN & LESCH 2003). A mért elektromos vezetőképesség értékét meghatározza a talaj humusz- és mésztartalma, kémhatása, víztartalma, textúrája, agyagásvány összetétele, és vízben oldható összes só tartalma és a hőmérséklet (OMBÓDI 2008; KAFFKA ET AL. 2005; JOHNSON ET AL. 2001; KACHANOSKI ET AL. 1988).

2.4.3. A talaj labilis széntartalma (LOC)

Az egyik legelterjedtebb talajminőség mérőszám a talajok teljes szervesanyag tartalmának és az ahhoz kapcsolódó tulajdonságoknak a mérése. Ezek során legtöbbször a talajok teljes szerves szén (total organic carbon=TOC) tartalmát állapítják meg (KOTROCZÓ ET AL. 2017). Mivel ez az érték különböző talajhasználatok hatására több év alatt változik meg kimutathatóan, ezért rövidtávú talajhasználat-változások kimutatására nem alkalmas. Kutatások szerint alkalmasabb lehet a talajok labilis szén (labile organic carbon, LOC) tartalmának vizsgálata, ami a TOC-nak egy kisebb része csupán, de szenzitívebb a talajhasználat hatásának a lekövetésére, változására (WEIL AND MAGDOFF 2004, WEIL ET AL. 2003). Képes jelezni a mikrobiális biomassza, az apró szemcséjű szerves anyagok és a szénhidrátok széntartalmát a

talajban. Az LOC módszere alkalmas magas szervesanyag utánpótlás bizonyítására, az eltérő talajművelések összevetésére – például a csökkentett talajművelés és hagyományos művelés, továbbá állati- és műtrágya tartamkísérlet összehasonlítására (PRETTL ET AL. 2022; ABAGANDURA ET AL. 2022; BONGIORNO ET AL. 2019; LUCAS AND WEIL 2012; ROPER ET AL. 2010; SPARLING ET AL. 1998).

2.4.4. Gravimetrikus talajnedvesség

A talaj nedvességtartalma az egyik legkritikusabb pontja a mezőgazdasági termelésnek, ezért ma már az egyik legfontosabb feladatunk a talaj vízgazdálkodásának fenntartása és javítása (NADERI-BOLDAJI ET AL. 2012). A talajnedvesség kifejezés alatt a talajban található víz mennyiségét értjük. Gravimetrikus nedvességtartalom számításánál a talajban található víz tömegének a szilárd fázisokhoz tartozó arányát vizsgáljuk. Ennek módszere a MSZ08 0205-78 szabványban található (BÖRÖCZKY ET AL. 2021).

2.4.5. FDA-enzimaktivitás

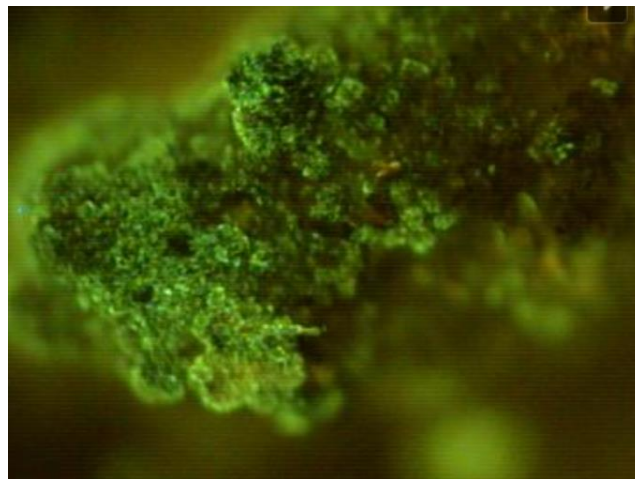
A fluoreszcein észterek enzimaktivitás mérésére való alkalmazását először KRAMER & GUILBAULT (1963) írta le, majd SCHNÜRER & ROSSWALL 1982-ben talaj és szalmahulladékok teljes mikrobiológiai aktivitásának meghatározására használták. A módszer lényege, hogy a fluoreszcein-diacetát (FDA) önmagában színtelen molekula, melyet a szabad és a membránhoz kötött enzimek egyaránt képesek hidrolizálni. Ennek eredményeként élénk, zöldes-sárga színű végtermék keletkezik (fluoreszcein), mely spektrofotometrikan mérhető, 490 nm-es hullámhosszon (GREEN ET AL. 2005; ADAM & DUNCAM 2001; SWISHER & CARROL 1980). Ezen mérés eredménye megközelítőlegesen azonosnak tekinthető olyan nagy pontosságú biomassza mérési módszer eredményével, mint például az ATP vagy a sejtsűrűség mérés (STUBBERFIELD & SHAW 1990). Ám az előző módszereknél jóval gyorsabb és egyszerűbb az FDA-enzimaktivitás mérése (GILLIAN & HARRY 2001).

2.4.6. A glomalin

A glomalin egy glikoprotein, amely a *Glomeromycota* törzsbe (SCHUBLER ET AL. 2001) tartozó arbuskuláris mikorrhizagombák (AMF) hifasejtfalában termelődik (WRIGHT ET AL. 1996), és képes szimbiózisba lépni a legtöbb magasabb rendű növény gyökerével. Minden ökoszisztémában előfordul (BAREA ET AL. 1997).

A glomalin egy hidrofób fehérje, amely ellenáll a proteolízisnek, valamint szélsőséges hőmérsékletnek, pH-nak és detergensnek kicsapó hatásának is (WRIGHT ÉS UPADHYAYA 1996). Magas vastartalommal rendelkeznek (0,8-8,8%), amiből azt feltételezik, hogy a glomalin a talaj vasfelhalmozódásában fontos szerkezeti szerepet játszik (WRIGHT ÉS UPADHYAYA 1998). A glomalin kivonható a talajból egy olyan eljárással, amely a talaj durva extrakcióját jelenti nátrium-citrát pufferben végzett autoklavozással – ez a BCA-módszer (WRIGHT ÉS UPADHYAYA 1996).

Magas koncentrációban van jelen (2-15 mg/g talaj, akár >60 mg/g talaj mennyiségben) a talajok széles körében (savas, meszes, legelő és mezőgazdasági területeken egyaránt) (WRIGHT ÉS UPADHYAYA 1998; WRIGHT ET AL. 1999) és legalább 7-42 éves időtávban fennmarad a bolygatlan talajokban (HALVORSON ÉS GONZALEZ 2006; RILLIG ET AL. 2001). Valószínűleg a glomalin talajban való felhalmozódása annak fizikai-kémiai tulajdonságaitól függ, és a glomalin a talaj szerves anyagában való hosszú távú szén és nitrogén raktározást teszi lehetővé (LOVELOCK ET AL. 2004; NICHOLS ÉS WRIGHT 2005, 2006).

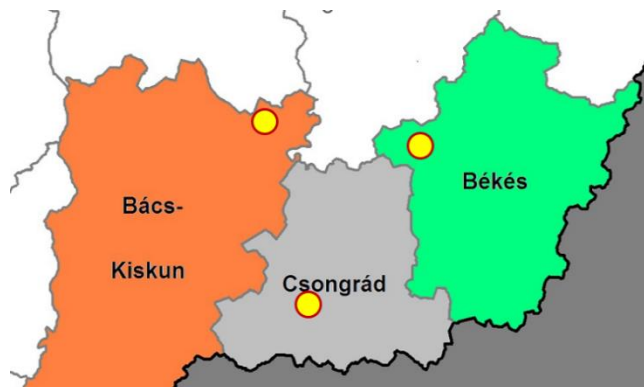


4. ábra: A glomalin (a képen zöld színnel) segíti az 1-2 mm-es talaj aggregátumok kialakulását (Szerző: Kristine Nichols)

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérletek helyszínei

A kísérletem három helyszínen: a békés vármegyei Szarvas, a bács-kiskun vármegyei Szentkirály és a csongrád-csanád vármegyei Szatymaz külterületén fekvő mezőgazdasági táblákon végeztem el azzal a céllal, hogy többféle adottságú területen és növénykultúrában is megvizsgálhassam a NUTRIGEO L talajkondicionáló készítmény hatásait a



5. ábra: A kísérletek helyszínei (Forrás: Google, saját szerkesztés)

talaj különböző tulajdonságaira. A szarvasi és a szentkirályi táblán ipari paradicsom kultúrában, a szatymazi helyszínen pedig őszibarack ültetvényben végeztem vizsgálatokat.

3.2. A helyszínek talajtani adottságai

Szarvas térségében a legdominánsabb szerep a vízé a talajképződési folyamatokban – a Körös meghatározó lenyomata, a szabályozások munkái valamint a jelentős mértékű öntözés is a hidromorf szikes és réti talajok típusainak, altípusainak és ezek különböző változatainak kialakulásához vezettek. Az alapkőzet a folyóvíz által felhalmozott lösz, melyen finom, agyagos részeket tartalmazó öntéstalajok terülnek el. Ezek tömörségük miatt gyenge vízvezető képességgel rendelkeznek. Jellemző a közepes- és mély réti szolonyec altípus. A kedvezőbb fekvésű területek réti talajok, melyek továbbfejlődését a csernozjom irányba gátolja a magas talajvíz és a kedvezőtlen agyagos fizikai féleség. Jellemzőek továbbá a karbonátos altípusok is (TÓTHNÉ HANYECZ 1997).

Szentkirály területén az alapvetően homok jellegű talaj található, melyek alapkőzete finom folyóvízi kőzetliszt iszap. A területen a következő genetikai talajtípusok fordulnak elő: karbonátos futóhomok, karbonátos humuszos homok, karbonátos töbrétegű humuszos homok (HTTP7).

A szatymazi őszibarack ültetvény a Dorozsma-Majsai Homokháton fekszik, mely a Duna-Tisza közti hordalékkúpsíkság 85-90 m átlagmagasságú peremvidéke, kis szintkülönbségekkel. Az egykori futóhomokmozgás döntően meghatározta a táj mai arculatát.

Itt a homokháthoz képest azonban kötöttebb, humuszos homok termőréteget találhatunk, alatta pedig vízzáró réteggént viselkedő mészszipot és löszös iszapot. Bár hagyományosan a magas talajvízszint formálta ezeket a homokos talajokat, mégis az utóbbi években uralkodó csapadékhiány a talajvízszint drasztikus süllyedéséhez vezetett. Így ezeken a területeken egyre nagyobb probléma a vízhiány, és kívánatos lenne a vízvisszatartás növelése (BORSY 1989).

3.3. A kísérletek bemutatása

3.3.1. A szarvasi kísérlet beállításának bemutatása

A szarvason kiválasztott, 46,7 ha-s táblában két vizsgálati parcellát jelöltem ki az ábrán látható módon. A területen a tulajdonos cég munkatársai az agronómiai feladatokat az integrált szemlélet elvei szerint tervezték meg és hajtották végre. Talajkondicionáló készítményt vagy talajkezelésre szolgáló mikrobiológiai készítményt ez a technológia nem tartalmazott, tehát ezt kezeletlen kontrollnak tekintem. Ezeknek a műveleteknek az eredményét az „A” jelű parcellában mértem fel. A vizsgált táblán belül véletlenszerűen kiválasztott helyen elkülönítettünk egy „B” kóddal jelölt mintaterületet, ahol a termelő cég a növények palántázása előtt 2023.04.20-án NUTRIGEO L készítményt használt fel, 25 l/ha dózisban, a talaj felszínére permetezve, 250 l/ha vízmennyiség felhasználásával. Ez volt az egyetlen eltérő technológiai elem a két kezelés között. A két vizsgálati területet egymástól 50 m-re jelöltem ki, hogy minél kisebbre csökkenthessem a kezelésektől független eredmények zavaró hatását. A kijelölt területek mérete egységesen 5-5 ha volt.



6. ábra: A vizsgált parcellák elhelyezkedése Szarvason (Forrás: Google Maps, saját szerkesztés, Szarvas 2023)

3.3.2. A szentkirályi kísérlet beállításának bemutatása

Szentkirályon egy olyan táblát választottam, ami minősített ökológiai gazdálkodáshoz tartozó terület. Az 1,6 ha-s ipari paradicsom táblát hosszanti irányban egy öntözőút szeli kettő, egyenlő nagyságú és elrendezésű, 0,8 ha-s parcellára. Az „A” jelű területen a tulajdonos cég agronómusa által összeállított, integrált technológia zajlott, talajkondicionáló vagy mikrobiológiai talajkezelő készítmény nélkül. Ezt a területet kezeletlen kontrollnak tekintem. A „B” jelű területen a növények palántázása utáni napon, 05.26-án NUTRIGEO L készítmény került kijuttatásra 25 l/ha dózisban, szintén 250 l/ha vízmennyiséggel, a talaj felszínére permetezve. Ez volt az egyetlen eltérő technológiai elem a két kezelés között.



7. ábra: A vizsgált parcellák elhelyezkedése Szentkirályon (Forrás: Google Maps, saját szerkesztés, Szentkirály 2023)

3.3.3. A szatymazi kísérlet beállításának bemutatása

A Szatymazon vizsgált őszibarack ültetvényben a termelő kifejezett célja volt arról információt kapni, hogy a terület talajának szervesanyag tartalmát hogyan tudja a legeredményesebben növelni. Ennek érdekében a 11 ha-s terület nagyrészen a hagyományos, korábbi évekhez hasonló műveleteit folytatta az integrált szemlélet szerint, a sorközöket rendszeresen bolygatva a metszési hulladék leforgatása és gyomirtás céljából. Ennek eredményeit a 2 ha nagyságú „A” jelű parcellán mértem fel. A „B” jelű parcellán, szintén 2 ha nagyságú területen pedig olyan gyakorlatokat végzett a termelő, amit céljaihoz megfelelőnek gondolt: 2023. 05.21-én 40 l/ha NUTRIGEO L-t juttatott ki 250 l/ha vízmennyiséggel a talajfelszínre permetezve, valamint a következő napon, külön menetben faacetet juttatott ki a

sorközökben a talajfelszínen fekvő, összemulcsozott metszési hulladéokra 15 l/ha mennyiségben. Ezen a területen a metszési hulladékot nem forgatta le a talajba és nem távolította el talajmozgatással a természetes gyomflóra növényeit.



8. ábra: A vizsgált parcellák elhelyezkedése Szatymazon (Forrás: Google Maps, saját szerkesztés, Szatymaz 2023)

3.4. Talajmintavétel bemutatása

A laboratóriumi vizsgálataimhoz száraz és nedves, biológiai minta készzésére alkalmas talajmintákat vettem a kísérleti területekről (SZARVAS, SZENTKIRÁLY, SZATYMAZ-SOR, SZATYMAZ-SORKÖZ). Az egységmintákat minden esetben a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara által kiadott Talajmintavételezési útmutató alapján képeztem úgy, hogy kezelésként 6-6 ponton vettem azonos tömegű részmintát talajfúró segítségével először 0-15 cm mélységből, majd a 15-30 cm mélységből. A szarvasi és a szentkirályi helyszínen, az ipari paradicsom tarlókon a növények sorából vettem a mintákat. A szatymazi ültetvényben pedig a fasorból (SZATYMAZ-SOR) valamint a sorközökből (SZATYMAZ-SORKÖZ) is vettem külön-külön mintákat. A mintavételek időpontja a mindhárom esetben a betakarítás után volt, 10.10-én. A 6-6 pontot véletlenszerű elrendezésben, a tábla egészét érintően jelöltem ki. Az azonos kezeléshez és mélységhez tartozó részmintákat ezután összeöntöttem egy nagyobb méretű tálban és homogenizáltam. Ezután mindegyik homogenizált egységből nagyjából 300 g-ot simítózáras PE tasakba helyeztem (ez lett az adott egységminta száraz mintája), és ezt megismételtem a nedves, biológiai minta esetében is. Mintánként az egyik egységmintát száraz mintaként, a tasakot nyitva hagyva hagytam száradni, a biológiai egységmintákat pedig

hűtőszekrénybe (4C°) helyeztem, hogy a mikrobák élettevékenységét minimálisra csökkentsem, ugyanakkor megőrizzem őket a mintában a biológiai vizsgálatokhoz.

3.5. Laboratóriumi mérések bemutatása

Szakedolgozatom célja a NUTRIGEO L készítmény talajéletre, és azzal összefüggő egyéb paraméterekre gyakorolt hatásának felmérése volt. Munkám során 2023.10.10-13. között, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusának Környezettudományi Intézetének laboratóriumában vizsgáltam:

- száraz talajmintából a minták
 - pH-ját
 - vezetőképességét (EC)
 - labilis széntartalmát
- nedves talajmintából a minták
 - gravimetrikus víztartalmát
 - az FDA-enzimaktivitás mértékét
 - a glomalin mennyiségét BCA-módszerrel
 - a mikroorganizmusok (baktériumok és gombák) számát MPN-módszerrel.



9. ábra: A talajminták előkészítése a mérésekhez (Fotó: Gyekiczki Bernadett, Budapest 2023)

3.5.1. A talaj pH mérése

A talaj pH-ját vizes szuszpenzióból mértem. 5 g légszáraz talajhoz 50 ml desztillált vizet adtam. Összerázás után a szuszpenziót 24 órát állni hagytam. A pH mérésére Adwa típusú, asztali digitális pH-mérőt használtam.

3.5.2. A talajok vezetőképességének mérése (EC)

A minták vezetőképességének méréséhez kimértem 5-5 g légszáraz talajt egy főzőpohárba, majd hozzáadtam mintánként 25 ml desztillált vizet. 1 órás rázás után (rázógépen) a mintát szűrőpapíron átszűrtem. A mérésre Adwa típusú, asztali digitális EC-mérőt használtam.

3.5.3. Talaj labilis széntartalmának meghatározása

Mintánként 1-1 g talajmintát mértem ki, 2 mm-es szitán átszítva. Ezekhez 10 ml kálium-permanganát oldatot adtam, majd 5 percig 125 RPM-mel történő rázás után szűrletet készítettem. A felülúszóból egy kémcsőbe 200 µl-t vettem ki, majd 10 ml desztillált vízzel hígítottam. Ezután 565 nm-en mértem az abszorbanciáját fotométer segítségével.

Az aktív széntartalom arányos az oxidálószer fogyással, azaz a kálium-permanganát lila színének halványulásával, ami pedig kisebb mértékű abszorpciót eredményez. A számszerű eredmény kiszámításához BLAIR ET AL (1995) módszerét használtam, miszerint 1 mol MnO_4 elfogyását ($Mn^{7+} \rightarrow Mn^{4+}$ redukció) 0,75 mol (9000 mg) C oxidálása eredményezi:

X: standard sor mol/L C

$$\text{Aktív C [mg/kg]} = \text{Labilis C [mg/kg]} = (0,02 - X) * 9000 * 10$$

Ahol $(0,02 - X)$ = fogyott szén

3.5.4. Gravimetrikus víztartalom mérése

A minták gravimetrikus víztartalmának meghatározásához előzetesen fedővel együtt lemért dobozokba egy-egy adag nedves talajt (kb. 3-5 g-ot) tettem, majd az együttes tömeget (doboz+fedő+talaj) ismét feljegyeztem. A méréshez olyan dobozokat használtam, melyek a 105 °C-os szárítás folyamán nem változtatták a súlyukat. A nyitott dobozokat 105 °C-ra beállított szárítószekrénybe helyeztem. Amint a minták konstans súlyúra száradtak, kiemeltem a szárítószekrényből és lezártam a fedelüket a rehidratáció elkerülése érdekében. Szobahőmérsékleten kihűtöttem a mintákat, majd ismét lemértem az együttes tömeget. A kapott

értékekből a nedves és száraz minták alapján kiszámítottam a szárított talajra vonatkozó víztartalmat a következő képlettel:

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

ahol:

Θ =gravimetrikus víztartalom, mint g H₂O/ g száraz talaj

3.5.5. FDA-enzimaktivitás mérése

A talajminták mikrobiális aktivitásának vizsgálatát FDA (3-6-diacetil-fluorescein)-módszerrel végeztem. A vizsgálatához mintánként 3-szor 1 g friss talajmintát mértem ki. A mintánként 3 minta két méréshez (A és B minta) és a kontrollhoz (0) szolgált. Ezekhez egyesével 7,5 ml foszfát puffer oldatot adtam. A puffer oldatot aznap készítette el konzulensem a következő módon: 1,3 g kálium-dihidrogén-foszfátból (KH₂PO₄) és 8,7 g dikálium-hidrogén-foszfátból (K₂HPO₄) oldás és homogenizálás után desztillált vízzel 1 liternyi oldatot készített. Ezután 30 C°-on fél óráig rázattam a mintákat rázatóban. Majd a kontroll kivételével minden mintához 180µl FDA-t adtam, és visszatettem a rázatóba további 2 órára. Miután ez letelt, eppendorfbokba kimértem 700 µl acetont. A mintákból és a kontrollból ezekbe mértem további 700 µl-t. Ezeket 2000-es fordulaton 2 percig centrifugáltam. Végül fotométerrel mértem az oldatok fényelnyelését 490 nm-en.

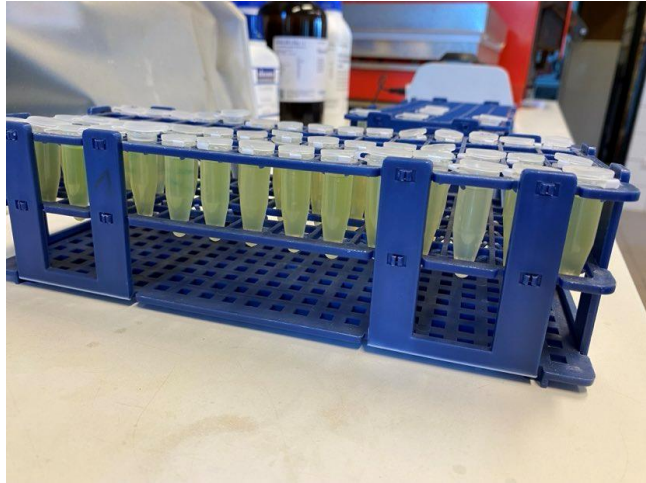
A minták nettó abszorbanciáját a következő képlettel számítottam ki:

$$ABS_{(net)} = (ABS_A + ABS_B) / 2 - ABS_0 - ABS_S \text{ átlag}$$

Ahol A, B, 0 és az S a mért értékek.

Ezután kiszámítottam a felszabadult fluorescein mennyiségét:

$$\text{Fluorecein } (\mu\text{g}) / \text{dwt (g)} = [\text{Fluorescein } (\mu\text{g}) / \text{ml} \times 30] / [1 \times \text{szna}]$$



10. ábra: Az FDA-enzimaktivitás méréséhez használt eppendorfok (Fotó: Gyekiczki Bernadett, Budapest 2023)

3.5.6. Glomalin mennyiség mérése BCA-módszerrel

A glomalin kivonásához légszáraz talajmintákból mértem 1-1 g-ot autoklávozható és centrifugálható csövekbe. Ezután a talajmintákhoz adtam 4ml 20mM-os (pH=7) citrát puffert, majd alufóliával letakartam a csöveket a kémcsőállvánnyal együtt. A mintákat 121 C°-ra 30 percre autoklávba helyeztem. A folyamat végén a kihűlt mintákat 5000 RPM-en, 15 percig centrifugáltam. A felülúszót átöntöttem tiszta üveg csövekbe, majd ezeket lezártam és hűtőben (4 C°-on) tároltam. A hűtött mintákból 20 µl-t kivettem, és felrázás után hozzáadtam 1 ml SWR (standard working solution) reagenst. A csöveket ezután vortexxel ráztam össze és inkubáltam 30 percig 60C°-on. A minták lehülését megvártam, majd a küvettába öntés előtt a mintákat óvatosan felráztam, hogy elkerüljem a kiülepedést. Ezután az oldatot 562 nm-es hullámhosszon spektrofotométerrel mértem, DV vakkal szemben. A kapott ABS értékeket a kalibrációs egyenes egyenletében az X helyére helyettesítettem be az alábbi képletben:

$$y = 1,3338x - 0,3138$$

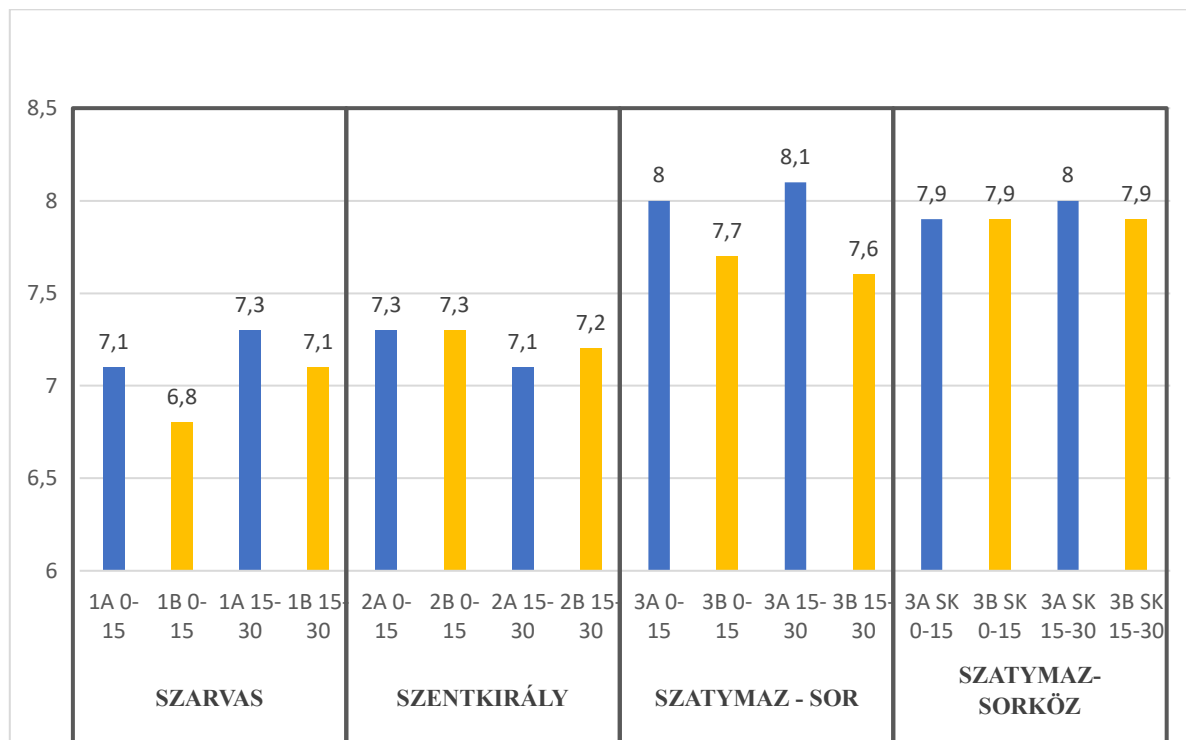
3.5.7. Mikroorganizmusok számának meghatározása MPN-módszerrel

Az MPN (Most Probable Number = legvalószínűbb élősejt szám) módszer használatakor a mikroorganizmusokat folyékony táptalajban szaporítjuk el, és a mikrobaszaporodást mutató csövek száma alapján, statisztikai alapon következtetünk a keresett mikroorganizmusok mennyiségére. A határhígítási módszer - a táptalajtól és a tenyésztési technikától függően egyaránt alkalmazható az összes (aerob mezofil) élő csíraszám és valamely kiválasztott mikrobacsoport vagy mikroorganizmus számának meghatározására. Ehhez a vizsgálandó anyagból alapsuszpenziót kell készíteni, majd ezt decimális alapon addig hígítani, míg az utolsó hígítás 1 ml-ében már valószínűleg már nem található a keresendő mikroba egyetlen sejtje sem (erre utal a határhígítási módszer elnevezés).

A hígításokból steril pipettával 1-1 ml-t oltottam folyékony táptalajt tartalmazó csövekbe. A legvalószínűbb élőcsíra-szám meghatározást 3-3 párhuzamos leoltással hajtottam végre. Az elbírálás első lépése az előírt inkubálás után a kulcsszám meghatározása. Ezt követően az úgynevezett Hoskins-féle táblázatból kikerestem a kapott kulcsszámhoz tartozó alapértéket, majd ezt megszoroztam a kulcsszám első tagjához tartozó hígítási fokkal. Az így kapott értéket normál alakba hozva adtam meg a vizsgálat eredményét.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A pH mérés eredményei



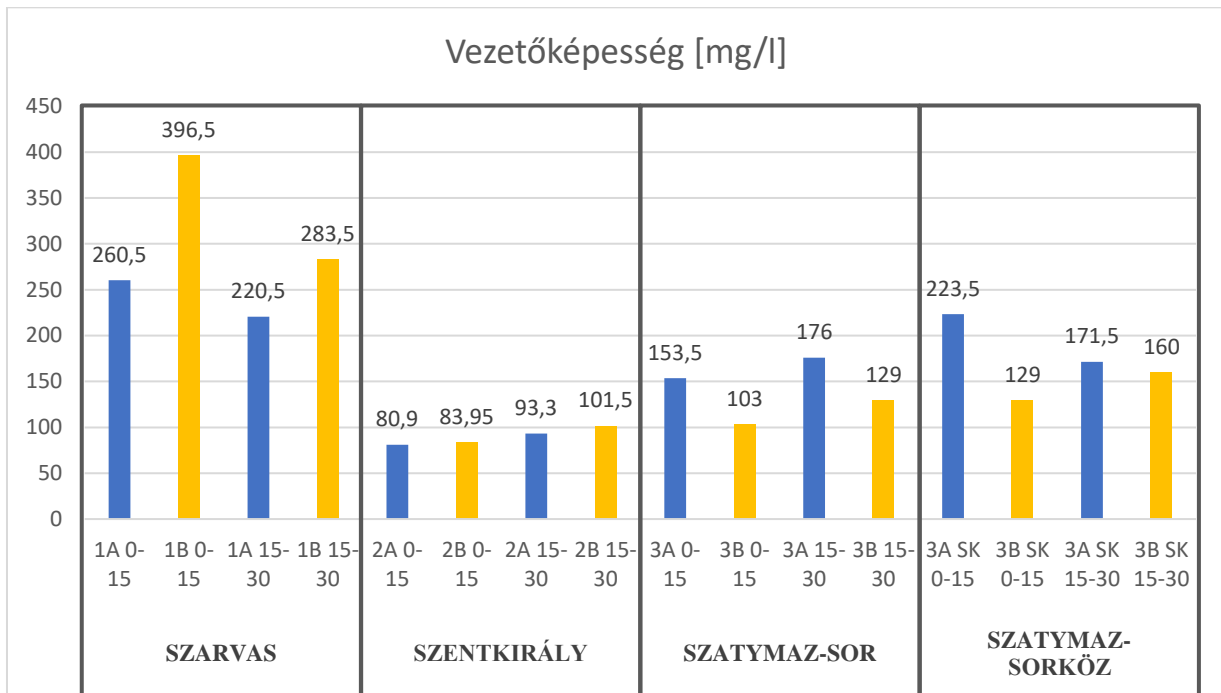
11. ábra: A pH mérés eredményei

A szarvasi kísérlet esetében, a kezeletlen „A” parcellán a 0-15 cm-es réteg mintájának pH-ja 7,1, a 15-30 cm-es réteg pH-ja 7,3 volt. Ezzel szemben a kezelt „B” parcella eredményei mindkét rétegben alacsonyabb pH-t mutattak: a 0-15 cm-ben 6,8, a 15-30 cm-ben 7,1 volt a kapott érték. Ez a 0-15 cm rétegben 4,2%-os, a 15-30 cm rétegben 2,7%-os csökkentést jelent.

A szentkirályi kísérletben az „A” parcella és „B” parcella pH-ja a 0-15 cm mintákban megegyezik, 7,3-as érték. A 15-30 cm mintában pedig az „A parcella vett fel egy tizeddel alacsonyabb értéket (A=7,1, B=7,2), ami 1,4%-os különbséget jelent.

A szatymazi helyszínen a faszor mintáiban a szarvasi helyszínhez hasonlóan alakultak az eredmények: az „A” kezelés esetében a 0-15 cm minta pH-ja 8, a 15-30 cm minta pH-ja 8,1, míg a kezelt „B” parcella eredményei alacsonyabbak, a 0-15 cm mintáé 7,7, a 15-30 cm mintáé 7,6. Ez a 0-15 cm rétegben 3,7%-os, a 15-30 cm rétegben 6,2%-os különbséget jelent. A sorköz talajának pH-ja a 0-15 cm mintákban egyező 7,9, a 15-30 cm mintákban pedig szintén a „B” kezelés pH-ja alacsonyabb, 1,2%-kal.

4.2. A vezetőképesség (EC) mérés eredményei



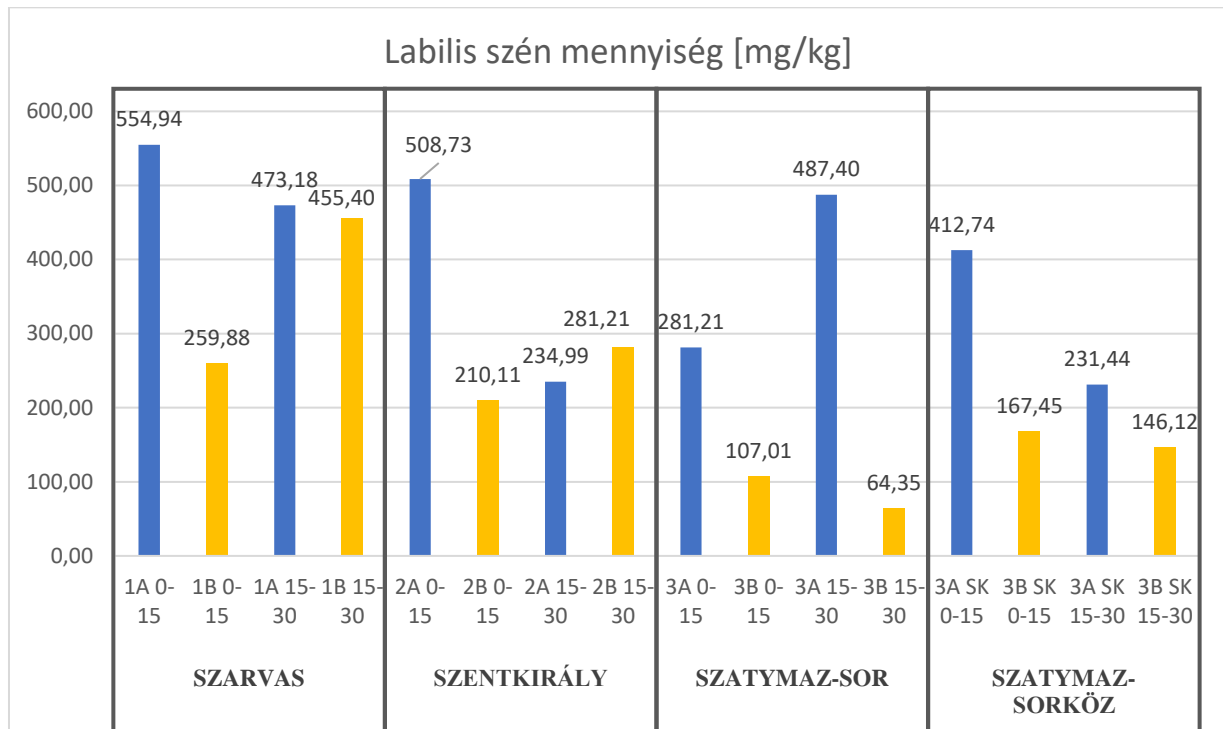
12. ábra: Az EC mérés eredményei

A szarvasi helyszínen a 0-15 cm és a 15-30 cm mintákban egyaránt a „B” kezelés mutatott magasabb értékeket: a felső réteg mintájában 52,2%-kal, az alsó réteg mintájában pedig 28,6%-kal mértem magasabb oldott sótartalmat.

A szentkirályi kísérletben is azonos tendencia volt megfigyelhető, bár az eltérések kisebbek: a „B” kezelés 0-15 cm mintájában 3,8%-kal, a 15-30 cm mintájában 8,8%-kal volt magasabb a vezetőképesség értéke.

A szatymazi mintákban azonban ezzel ellentétes eredmény alakult ki. Az „A” kezelésből nyert eredmények voltak magasabbak: a sorból vett minták esetében a 0-15 cm mintában 33,9%-kal, a 15-30 cm mintában 26,7%-kal. A sorközben pedig a 0-15 cm mintában 42,3%-kal, a 15-30 cm minta esetében pedig 6,7%-kal.

4.3. A labilis széntartalom meghatározásának eredményei



13. ábra: A labilis széntartalom mérés eredményei

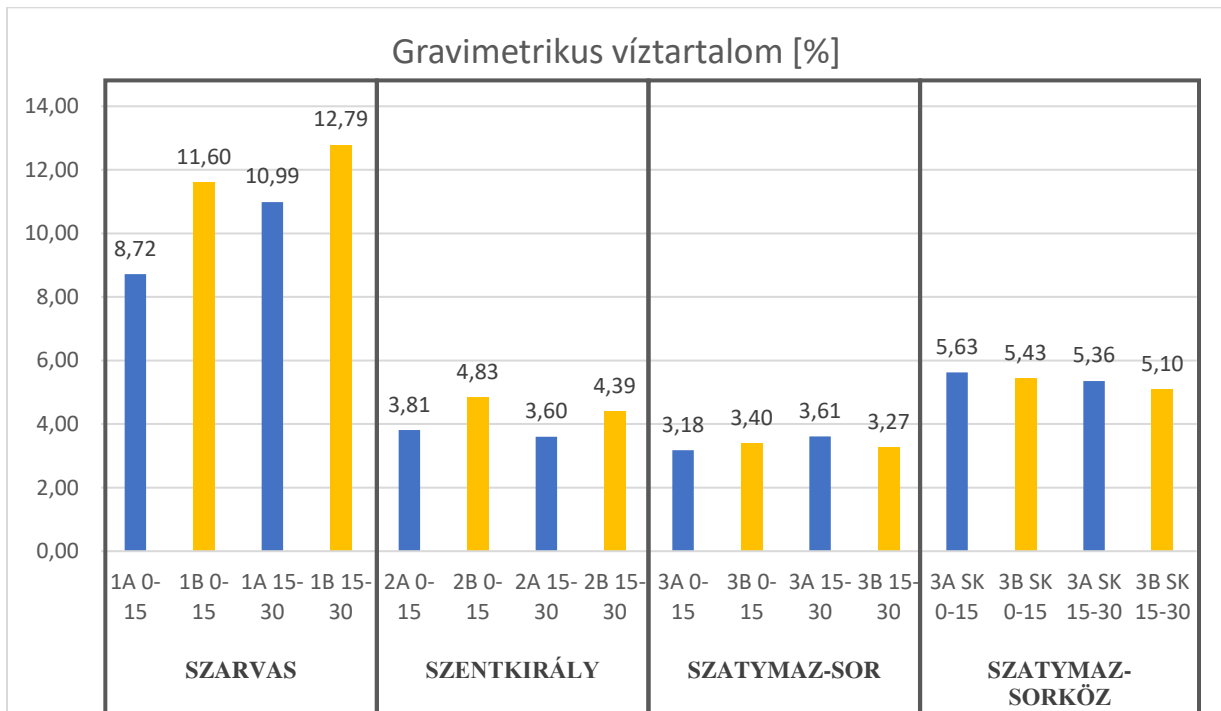
A labilis széntartalom meghatározása során egy kivétellel minden esetben a kezeletlen, „A” jelű minták értékei bizonyultak magasabbnak.

A szarvasi kísérlet esetében a 0-15 cm minták között 53,2%-os, a 15-30 cm minták között 3,8%-os különbség adódott az „A” kezelés javára.

A szentkirályi helyszínen az „A” kezelés mintájának értéke a 0-15 cm mintában 58,7%-kal haladta meg a kezelt terület azonos mélységből származó mintájának labilis széntartalmát. Az eredmények tendenciájában kivételt képez a szentkirályi 15-30 cm réteg talajmintái, itt a „B” kezelés eredménye lett magasabb 19,7%-kal.

Az szarvasi tendenciához hasonlóan alakultak a szatymazi eredmények: a fasorban az „A” kezelés 0-15 cm mintája 62,9%-kal, a 15-30 cm mintája 86,8%-kal magasodik a „B” kezelés értékei fölé. A sorközben pedig szintén az „A” kezelés értékei magasabbak, a 0-15 cm mintában 59,4%-kal, a 15-30 cm mintában 36,9%-kal.

4.4. A gravimetrikus víztartalom meghatározásának eredményei



14. ábra: A gravimetrikus víztartalom mérés eredményei

A talajminták gravimetrikus víztartalmának mérésénél ismét megoszlottak az eredmények.

A szarvasi minták esetében mindkét vizsgált mélység esetében magasabb víztartalmat mértem a „B” jelű kezelés mintáiban. A 0-15 cm „B” mintájában 33,03 %-kal, a 15-30 cm mintájában 16,38%-kal nagyobb nedvességtartalmat kaptam a kezeletlen „A”-hoz viszonyítva.

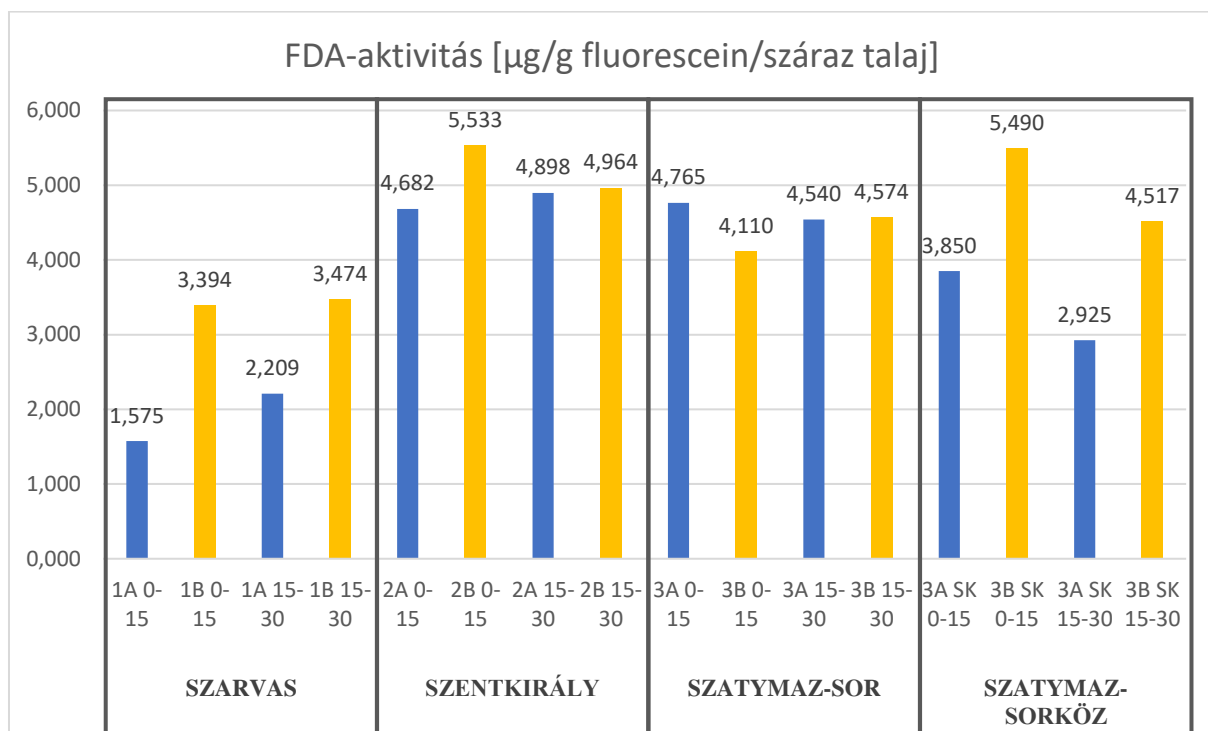
A szentkirályi helyszín mintáiban hasonló tendenciát figyeltem meg: jóval alacsonyabb víztartalommal szintén a kezelt „B” parcella mintái bírtak nagyobb nedvességgel. A 0-15 cm mintában 26,77%-kal, a 15-30 cm mintában 21,94%-kal mértem nagyobb gravimetrikus víztartalmat.

A szatymazi kísérlet fasoraiból vett mintákban már kevésbé egyértelmű eredménnyel találok. A 0-15 cm mintái közül a kezelt „B” parcellából vett minta nedvességtartalma volt magasabb, 6,92%-kal, ám a 15-30 cm mintái közül már a kezeletlen „A” parcella mintája bizonyult nagyobb víztartalmúnak, 9,42%-kal. A sorközből vett minták pedig a korábbiakkal ellentétes tendenciát írtak le, mindkét mintázott mélység esetében a kezeletlen „A” parcella

nedvességtartalma volt magasabb: a 0-15 cm mintában 3,55%-kal, a 15-30 cm mintában 4,85%-kal.

Megfigyeltem továbbá a kapott eredményekből, hogy a sor öntözése ellenére a sorközben jóval magasabb a talaj gravimetrikus víztartalma. Az „A” parcellából vett 0-15 cm mintákból kapott eredmények között 77,04% eltérés van a sorköz javára, a „B” ugyanezen mélységből vett mintái között pedig 59,71%. A 15-30 cm mintákban szintén, az „A” minták között 48,48%, a „B” minták között 55,96% különbség adódott.

4.5. Az FDA-aktivitás meghatározásának eredményei



15. ábra: Az FDA-aktivitás mérés eredményei

Az FDA-aktivitás meghatározása során a következő eredményeket kaptam:

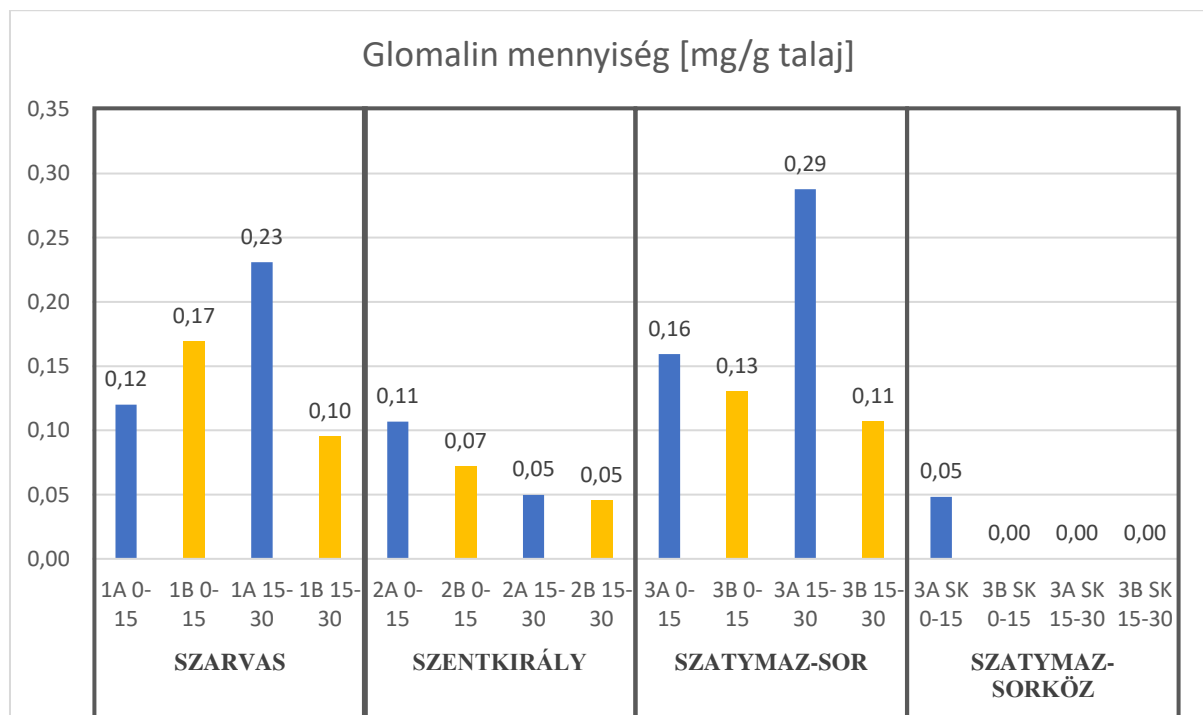
A szarvasi területről vett mintákban mindkét mélység esetében a „B” kezelés mintái mutattak magasabb fluorescein tartalmat. A 0-15 cm minták között 115,49%, a 15-30 cm minták között 57,27% különbséget tapasztaltam a „B” kezelés javára.

Szentkirályon hasonló tendenciát tapasztaltam, bár az eredmények jóval magasabbak, eltérések pedig jóval kisebbek voltak. A 0-15 cm minták között 18,18%, a 15-30 cm minták között 1,35% különbség volt, szintén a „B” kezelés javára.

A szatymazi, sorból vett minták közül a 0-15 cm minták eredményei a többivel ellentmondóak, az „A” kezelésben több a fluorescein 13,75%-kal. A 15-30 cm rétegben viszont minimális mértékben (0,75%), de a „B” kezelés értéke a magasabb. A sorköz mintáiban a szarvasi területhez hasonló, jelentős eltéréseket találtam a „B” kezelés javára: a 0-15 cm mintája 42,60%-kal, a 15-30 cm mintája 54,43%-kal tartalmaz több fluoresceint, mint az „A” kezelés azonos mélységből vett mintái.

Az eredményekből az is kitűnik, hogy a szarvasi agyagos talaj FDA értékei elmaradnak a homokos talajú többi helyszínről nyert eredményektől. A szarvasi eredmények átlaga 2,66 µg/g fluorescein / száraz talaj, míg a szentkirályi eredmények átlaga 5,02, a szatymaz-sor minták eredményeinek átlaga 4,50, a sorközöké pedig 4,20 µg/g fluorescein/száraz talaj.

4.6. A glomalin mennyiség mérésének eredményei



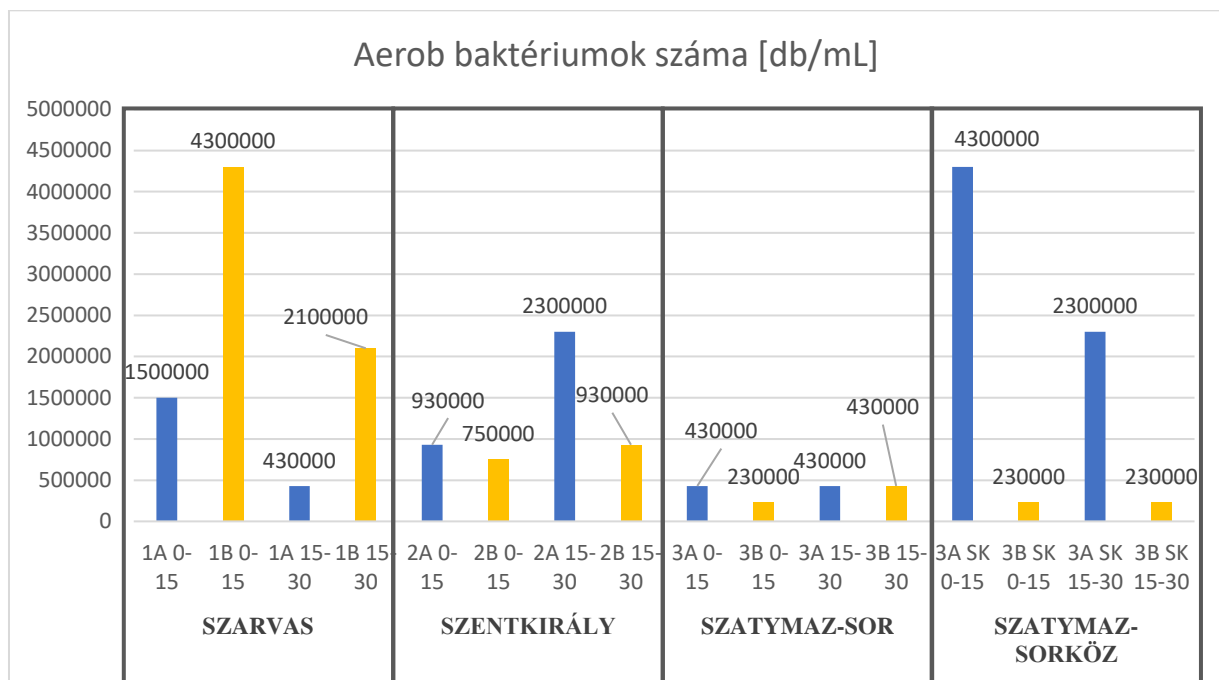
16. ábra: A glomalin mérés eredményei

A glomalin mennyiségének mérésekor azt tapasztaltam, hogy a szarvasi mintákból a 0-15 cm minták közül a „B” kezelés adott nagyobb mennyiséget, 41,67%-kal. Azonban a 15-30 cm minták közül már az „A” kezelés tűnt eredményesebbnek a glomalin mennyisége szempontjából: 56,52%-kal hozott magasabb eredményt.

A szentkirályi és a szatymazi sor mintái esetében minden esetben a „B” kezelés mintái mutattak alacsonyabb értéket. Szentkirályon a 0-15 cm mintákban 37,37%-kal, a 15-30 cm mintákban elhanyagolható különbséggel.

Szatymazon a sorokból vett mintákban a 0-15 cm mintáiban 19,75%-kal, a 15-30 cm mintáiban 62,07%-kal kevesebb glomalint tudtam kimutatni. A sorközökből vett mintákban csak az „A” kezelés 0-15 cm mintájában tudtam glomalint kimutatni, 0,05 mg/g mennyiségben.

4.7. Az aerob baktériumok számának meghatározásának eredményei



17. ábra: Az aerob baktériumok számának meghatározásának eredményei

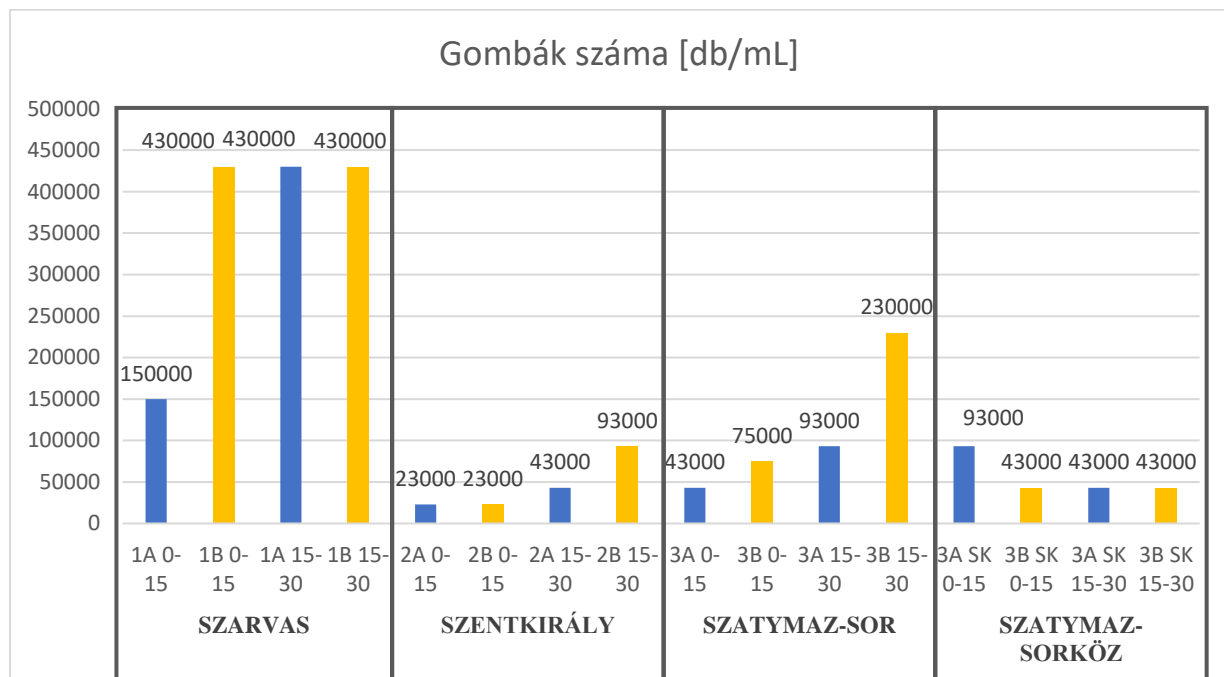
Az aerob baktériumok számának meghatározásakor nyert eredmények nagy változatosságot mutatnak a különböző helyszíneken.

Szarvason az aerob baktériumok száma mindkét mintázott mélységben magasabb a „B” kezelésben: a 0-15 cm minta értéke 186,67%-kal magasabb, mint az azonos, kezeletlen parcellából nyert minta eredménye, a 15-30 cm minták között pedig 388,37%-os fölénye van a „B” kezelésnek.

Ezzel szemben a homokos területekről ezzel ellentétes eredményeket kaptam: a szentkirályi értékekben a 0-15 cm minták között 21,05%-kal, a 15-30 cm minták között 59,57%-kal van több aerob baktérium az „A” parcellák mintáiban.

A szatymazi, sorból származó eredményekben a 0-15 cm mintákban 46,51%-kal magasabb a vizsgált baktériumszám az „A” mintában, a 15-30 cm minták között azonban nem látszik különbség. A sorközben az „A” minták eredménye sokszorosára nőtt, azonban a „B” minták jóval elmaradnak ettől: a 0-15 cm mintákban 94,65%-kal, a 15-30 cm mintákban 90%-kal.

4.8. A gombák számának meghatározásának eredményei



18. ábra: A gombák számának meghatározásának eredményei

A szarvasi eredményekből az olvasható le, hogy a 0-15 minták alapján a „B” kezelésben volt magasabb a gombák száma, 186,67%-kal. Ez a mennyiség és arány megegyezik az aerob baktériumszámmal. A 15-30 cm mintákba megegyezett a két kezelésben mért gombaszám.

A szentkirályi területről nyert eredményekben a 0-15 cm mintákban szintén megegyezett a gombaszám az „A” és a „B” kezelésben. A 15-30 cm mintákban pedig a „B” mintában mutattam ki 116,28%-kal nagyobb mennyiségű gombát.

A szatymazi, fasorból vett mintákban következetesen magasabb a gombaszám a „B” kezelésben, a két mintázott mélységben. 0-15 cm-en 74,42%-kal, 15-30 cm-en 147,31%-kal. Míg az előző esetekben az alsó talajrétegek a kezeletlen és a kezelt parcellákon is nagyobb mennyiségben tartalmaztak gomba szervezetet, addig a Szatymaz-sorköz mintákból ennek az ellenkezőjét mutatják: a legmagasabb gombaszintet az „A” kezelés 0-15 mintájából sikerült

kimutatni, ez 53,76%-kal több, mint a „B” azonos mélységből vett mintájának értéke. A további minták eredményei pedig egymással megegyeznek.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az talaj pH-jának mérésénél a 8 méréspárban 6 esetben csökkent a minták pH-ja 1,2-6,2% közötti mértékben. 2 esetben azonos mértéket mutatott. Összességében elmondható, hogy a készítmény használata a talaj pH-ját csak kis mértékben befolyásolta, a lúgos tartományból kedvező irányba.

A vezetőképesség mértékének eredményei a szarvasi és a szentkirályi helyszínen a kezelés hatására növekedtek, míg a szatymazi helyszínen csökkentek. Ez a tendencia volt megfigyelhető a 0-15 és a 15-30 cm mélységből vett mintákban egyaránt. Ez azt jelenti, hogy a szarvasi és a szentkirályi táblán több oldott só volt megtalálható a talajoldatban, amiből következtethetünk arra, hogy több elérhető tápanyag állt rendelkezésre a növények számára. Jelentős különbség figyelhető meg a szarvasi, agyagos talaj és a szentkirályi homoktalaj vezetőképességének változása között. Ez a talaj fizikai féleségének befolyásolására vezethető vissza. A szatymazi eredmények ezzel ellentétesek, melynek okainak feltárására további vizsgálatok szükségesek.

A labilis széntartalom mérési eredményei a kezelt területekről származó mintákban egy eset kivételével (Szentkirály B 15-30 cm minta) alacsonyabbak, mint a kezeletlen területéi, holott a készítmény leírása, a megemelkedett biológiai aktivitás, valamint a magasabb mikrobaszám ennek ellenkezőjét ígérné. Az eredmény okainak feltárásához további vizsgálatok szükségesek.

A gravimetrikus víztartalom eredményei a vezetőképesség eredményeihez hasonlóan a szarvasi és a szentkirályi NUTRIGEO L-lel kezelt terület mintáiban növekedtek, a szatymazi mintákéban csökkentek. Ebből arra következtettek, hogy a szarvasi és a szentkirályi terület vízmegtartó képessége a kezelés hatására növekedett. A talaj felső, 0-15 cm-éből vett mintákban mindkét esetben magasabb arányú volt ez a növekedés. A szatymazi helyszínen ennek ellenkezőjét tapasztaltam: a kezelt terület víztartalma kis mértékben, de alacsonyabb volt, mint a kezeletlen területé. Az okok megismeréséhez további vizsgálatok szükségesek.

Az FDA-aktivitás meghatározásánál a kezelés hatására megnövekedett értékeket kaptam a szarvasi, szentkirályi, a Szatymaz-sorközi valamint a Szatymaz-sor 15-30 mintákból, bár a növekedés mértéke igen ingadozó nem csak a helyszínek, de a minta mélységétől függően is. Ez azt mutatja, hogy az esetek többségében valóban fokozta a talaj mikroorganizmusainak aktivitását a kezelés.

A glomalin mennyiségének mérésénél csekély értékeket kaptam, tehát összességében elmondható, hogy minden mintában nagyon kevés glomalin volt kimutatható az alkalmazott módszer segítségével, három mintából pedig egyáltalán nem volt glomalin kimutatható. Továbbá az is elmondható, hogy egy eset kivételével a kezeletlen terület glomalinszintjei mutattak nagyobb értéket. Ennek okainak feltárásához további vizsgálatok szükségesek.

Az aerob baktériumok számának meghatározásával kapott eredményekből azt látom, hogy a szarvasi, kezelt területről nyert mintákban mindkét mélységben nagyságrendileg nagyobb az aerob baktériumok száma. Ebből arra következtetek, hogy számukra kedvezőbb életfeltételeket teremtett a NUTRIGEO L kezelés. Ezzel szemben a homokos területekről ezzel ellentétes eredményeket kaptam. Ennek okait csak további vizsgálatokkal tudom meghatározni.

A gombák számának meghatározásakor pedig vagy egyező vagy magasabb eredményeket kaptam a kezelés hatására, tehát a NUTRIGEO L hozzájárult a gombák mennyiségének növekedéséhez. Kivételt képez ezalól a Szatymaz-sorköz 0-15 mintája, melyben a kezeletlen minta értéke alakult kedvezőbben.

Az eredményeket látva azt gondolom, hogy a NUTRIGEO L készítmény érdekes, új lehetőséget nyit a talaj életközösségének aktivizálására. Azonban különböző körülmények között változhat a készítmény hatásának mértéke. Ennek részleteinek megismeréséhez további vizsgálatok szükségesek.

Az eredmények megismerése után javaslom a vizsgálatok megismétlését úgy, hogy a kezelt és a kezeletlen területeken a kijuttatás előtti állapotot is megvizsgáljuk, illetve a növény fenológiájához igazítva is érdemes lenne többször megismételni a méréseket.

A szatymazi helyszín kezeletlen-kezelt területén többféle agrotechnikai különbség is adódott az „A” és a „B” területek között, ezek hatását nehéz szétválasztani. Így ez nehezíti az eredmények pontos elemzését. A jövőben javaslom ezeket a zavaró hatásokat csökkenteni.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás korunk egyik legnagyobb kihívása. A légkör és a talajfelszín melegedése hozzájárul a talaj degradációs folyamatokhoz. Ezen folyamatok lassítására, visszafordítására rendelkezésre állnak különböző készítmények, mint például a talaj prebiotikumok. Ennek a csoportnak képviselője a NUTRIGEO L.

A dolgozatomban különböző talajokon és növénykultúrákban vizsgáltam a NUTRIGEO L hatását a talaj különböző paramétereire, mint pl: pH, vezetőképesség (EC), labilis széntartalom, gravimetrikus víztartalom, FDA-enzimaktivitás, glomalin mennyiség, valamint az aerob baktériumok és a gombák mennyisége.

Az esetek többségében azt tapasztaltam, hogy a készítmény hatására a lúgos tartományból kis mértékben csökkent a talajminták pH-ja, emelkedett a talaj vezetőképessége (oldott sótartalma), a talaj víztartalma magasabb volt. A talajélőlényeg enzimaktivitása, és a gombák egyedszáma ugyancsak nőtt.

Az eredményeket látva azt gondolom, hogy a NUTRIGEO L készítmény érdekes, új lehetőséget nyit a talaj életközösségének aktivizálására. Azonban különböző körülmények között változhat a készítmény hatásának mértéke. Ennek részleteinek megismeréséhez további vizsgálatok szükségesek.

7. IRODALOMJEGYZÉK

ABAGANDURA, G.O., MAHAL, N.K., BUTAIL, N.P., DHALIWAL, J.K., GAUTAM, A., BAWA, A., KOVÁCS, P. AND KUMAR, S. (2022): Soil labile carbon and nitrogen fractions after eleven years of manure and mineral fertilizer applications. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 1–16.

ABDELRAHMAN, A., EDELMAN, L., CASTEL, L., BERNARDON-MERY, A., LAVAL, K., TRINSOUTROT-GATTIN, I. AND THIOYE, B. (2023): *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 6 October 2023 online

ADAM, G. AND DUNCAN, H. (2001): Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 33. 943–951.

ALBRECHT, U. (2019): Plant biostimulants: definition and overview of categories and effects. EDIS HS1330.

AMARANTHUS, M.P. AND JIRACEK, S. (2001): *Fraxinus americana* roots respond to subsurface feeding of mycorrhizal inoculum and nitrogen fertilizer. *J. Sustain. For.* 14. 93–102.

BABIKOVA, Z., GILBERT, L., BRUCE, T. J. A., BIRKETT, M. A., CAULFIELD, J. C., WOODCOCK, C. M., PICKETT, J. A. AND JOHNSON, D. (2013): Underground signals carried through common mycelial networks warn neighbouring plants of aphid attack. *Ecology Letters*. 16. 835-843.

BAGO, B., ZIPFEL, W., WILLIAMS, R.M., JUN, J., ARREOLA, R., LAMMERS, P.J., PFEFFER, P.E., AND SHACHAR-HILL, Y. (2002): Translocation and Utilization of Fungal Storage Lipid in the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Plant Physiology*. 128. 108-124.

BAREA, J.M., AZCÓN-AGUILAR, C. AND AZCÓN, R. (1997): Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganism with in the context of sustainable soil – plant systems. Gange AC, Brown VK (eds) *Multitrophic interactions in terrestrial systems*. Cambridge University Press, Cambridge. 521–559.

BASILE, B., ROUPHAEL, Y., COLLA, G., SOPPELSA, S. AND ANDREOTTI, C. (2020): Appraisal of emerging crop management opportunities in fruit trees, grapevines and berry crops facilitated by the application of biostimulants. *Sci. Hortic.* 267. 109330.

BERG, S., DENNIS, P.G., PAUNGFUO-LONHIENNE, C., ANDERSON, J., ROBINSON, N., BRACKIN, R., ROYLE, A., DIBELLA, L. AND SCHMIDT, S. (2020): Effects of commercial microbial biostimulants on soil and root microbial communities and sugarcane yield. *Biol. Fertil. Soils* 56. 565–580.

BIRÓ B. (2001): Homokpusztagepek mikroszimbionta gyökér-kapcsolattal rendelkező növényei és a szárazságtűrésben betöltött szerepük. *Ökológia az ezredfordulón I. Műhelytanulmányok*. Magyar Tudományok Akadémia, Budapest. 173-175.

BIRÓ B., KÖVES-PÉCHY K., TSIMILLI-MICHAEL M. ÉS STRASSER R. J. (2006): Role of the beneficial microsymbionts on the plant performance and plant fitness. *Soil Biology*. 7.

- BLAIR, G.J., LEFROY, R.D. AND LISLE, L. (1995): Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust. J. Agric. Res.* 46. 1459-1466.
- BONGIORNO, G., BÜNEMANN, E.K., OGUEJIOFOR, C.U., MEIER, J., GORT, G., COMANS, R., MÄDER, P., BRUSSAARD, L. AND GOEDE, R. (2019): Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators*, 99, 38–50.
- BORSY Z. (1977): A Duna–Tisza közti hátság homokformái és a homokmozgás szakaszai. *Alföldi tanulmányok. Nagyalföld Alapítvány, Budapest*, 1. 43–58.
- BÖRÖCZKY A., DEÁKVÁRI J., KISS P. ÉS KISS B.L. (2021): A talajok mechanikai ellenállásának és nedvességtartalmának vizsgálata. *Mezőgazdasági Technika*, 2021. április. 2-4.
- BULGARI, R., COCETTA, G., TRIVELLINI, A., VERNIERI, P. AND FERRANTE, A. (2015): Biostimulants and crop responses: a review. *Biol. Agric. Hortic.* 31. 1–17.
- CALVO, P., NELSON, L. AND KLOEPFER, J.W. (2014): Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383. 3–41.
- CASTELLANO-HINOJOSA, A., MEYERING, B., NUZZO, A., STRAUSS, S.L. AND ALBRECHT, U. (2021): Effect of plant biostimulants on root and plant health and the rhizosphere microbiome of citrus trees in huanglongbing-endemic conditions. *Trees* 35. 1525–1539.
- CLARK, R.B. AND ZETO, S.K. (2000): Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *J. of Plant Nutrition* 23. (7). 867-902.
- COLLA, G., HOAGLAND, L., RUZZI, M., CARDARELLI, M., BONINI, P., CANAGUIER, R., ROUPHAEL, Y. (2017): Biostimulant action of protein hydrolysates: unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Front Plant Sci.* 8. 2202.
- CORWIN, D.L. AND LESCH, S. M. (2003): Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles and guidelines. *Agronomy Journal.* 95. 455–471.
- DEMÉNY A. (2005): Globális szén ciklus a stabilizotóp-összetételek tükrében. „Agro-21” füzetek. *Kémaváltozás-hatások-válaszok*, 38. 31.
- DU JARDIN, P. (2015): Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.* 196. 3–14.
- FÜZY, A., BIRÓ, B., TÓTH, T., HILDEBRANDT, J. AND BOTHE, H. (2008): Drought, but not salinity determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. *J. Plant Physiology.* 165. 1181-1192.
- FÜZY, A., BOTHE, H., MOLNÁR, E. ÉS BIRÓ, B. (2014): Mycorrhizal symbiosis affects on growth of chalk false-brome (*Brachypodium pinnatum*) are dependent on the environmental light regime. *J. Plant Physiology*, 171. 1-6.
- GILLIAN, A. AND HARRY, D. (2001): Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soils Biology & Biochemistry.* 33. 943-955.

- GREEN, V. S., SCOTT, D. E. AND DIACK, M. (2005): Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biology & Biochemistry* 1-8.
- GUPTA, S. AND VAN STADEN, J. (2021): Biostimulants for crops from seed germination to plant development: a practical approach. Academic Press. 489.
- HALVORSON, J.J. AND GONZALEZ, J.M. (2006): Bradford reactive soil protein in Appalachian soils: distribution and response to incubation, extraction reagent and tannins. *Plant Soil*. 286. 339–356.
- HARNOS Zs. (2005): Időjárás-Éghajlat-Biztonság. *Magyar Tudomány*, 7. 826-828.
- HELLEQUIN, E., MONARD, C., CHORIN, M., LE BRIS, N., DABURON, V., KLARZYNSKI, O. AND BINET, F. (2020): Responses of active soil microorganisms facing to a soil biostimulant input compared to plant legacy effects. *Sci. Rep.* 10. 13727.
- IGIEHON, N.O. AND BABALOLA, O.O. (2017): Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 101. 4871-4881.
- JOHNSON, C. K., DORAN, J. W., WIENHOLD, B. J. AND SHANAHAN, J. F. (2001): Field-scale electrical conductivity mapping for delineating soil condition. *Soil Science Society of America Journal*. 65. 1829–1837.
- KACHANOSKI, R.G., GREGORICH, E.G. AND VAN WESENBEECK, I.J. (1988): Estimating spatial variations of soil water content using non contacting electromagnetic inductive methods. *Canadian Journal of Soil Science*. 68. 715–722.
- KAFFKA, S. R., LESCH, S. M., BALI, K. M. AND CORWIN, D. L. (2005): Site-specific management in salt-affected sugar beet fields using electromagnetic induction. *Computers and Electronics in Agriculture*. 46. 329–350.
- KARANDASHOV, V. AND BUCHER, M. (2005): Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. *Trends in Plant Science* 10. (1). 22-29.
- KOCSIS, I. (2012): Talajtan és agrokémia. Talajok pH értéke, savanyúság és lúgosság. Talajok pufferképessége. dr. Czeglédi László, Eger, 26-28. p
- KOTROCZÓ Zs., BIRÓ B., KOCSIS T., VERES Zs., TÓTH J.A. ÉS FEKETE I. (2017): Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására. *Talajvédelem (különszám)* 73–83.
- KRAMER, D. N. AND GUILBAULT, G. G. (1963): A substrate for the fluorimetric determination of lipase activity. *Analytical Chemistry*. 35. 588-589.
- KURCSIK, N., MIHÁLDY, Zs. ÉS TÓTH, A. J.: Az Európai Zöld Megállapodás (EU Green Deal) bemutatása, Körforgásos Gazdaság és Környezetvédelem. 5. évf., 4.
- LOVELOCK, C.E., WRIGHT, S.F., CLARK, D.A. AND RUESS, R.W. (2004): Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rainforest landscape. *J. Ecol.* 92. 278–287.
- LUCAS, S.T. AND WEIL, R.R. (2012): Can a labile carbon test be used to predict crop responses to improve soil organic matter management? *Agronomy Journal*. 104(4). 1160–1170.

- MALIK, A.A., CHOWDHURY, S., SCHLAGER, V., OLIVER, A., PUISSANT, J., VAZQUEZ, P.G.M., JEHLICH, N., VON BERGEN, M., GRIFFITHS, R.I. AND GLEIXNER, G. (2016): Soil fungal:bacterial ratios are linked to altered carbon cycling. *Front Microbiol.* 7. 1247.
- MEENA, R.S., SIHAG, S. AND YADAV, G. (2020): Soil carbon sequestration in crop production. In: *Nutrient dynamics for sustainable crop production.* Springer Nature. 1-39.
- NADERI-BOLDAJI, M., ALIMARDANI, R., HEMMAT, A., SHARIFI, A., KEYHANI, A., DOLATSHA N. AND KELLER, T. (2012): Improvemet and field testing of a combined horizontal penetrometer for on-the-go measurement of soil water content and mechanical resistance. *Elsevier*, 9-10.
- NEPHALI, L., PIATER, L.A., DUBERY, I.A., PATTERSON, V., HUYSER, J., BURGESS, K. AND TUGIZIMANA, F. (2020): Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: a metabolomics perspective. *Metabolites* 10. 505.
- NICHOLS, K.A. AND WRIGHT, S.F. (2005): Comparison of glomalin and humic acid in eight native US soils. *Soil Sci.* 170. 985–997.
- NICHOLS, K.A. AND WRIGHT, S.F. (2006): Carbon and nitrogen in operationally defined soil organic matter pools. *Biol. Fertil Soils.* 43. 215–220.
- NOSHEEN, S., AJMAL, I. AND SONG, Y. (2021): Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability* 13. 1868.
- OMBÓDI ATTILA (2008): Az intenzív zöldségtermesztés technológiai alapjai. Öntözővíz. Szent István Egyetem, Gödöllő. 4-6.
- PRETTL, N., BIRÓ, B., NUGROHO, P.A. ÉS JUHOS K. (2022): Labilis szén, mint a talajbiológiai aktivitás indikátora mikrobiális oltóanyagok és Ca-tartalmú talajjavító alkalmazásánál. *Journal of Central European Green Innovation. Talajbiológia különszám.* 13–25.
- RHOADES, J. D., MANTEGHI, N. A., SHOUSE, P. J. AND ALVES, W. J. (1989): Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. *Soil Science Society American Journal.* 53. 433–439.
- RILLIG, M.C. AND MUMMEY, D.L. (2006): Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171. 41–53.
- RILLIG, M.C., WRIGHT, S.F., NICHOLS, K.A., SCHMIDT, W.F. AND TORN, M.S. (2001): Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. *Plant Soil.* 233. 167–177.
- ROPER, M.M., GUPTA, V.V.S.R. AND MURPHY, D.V. (2010): Tillage practices altered labile soil organic carbon and microbial function without affecting crop yields. *Soil Research.* 48(3). 274–285.
- ROUPHAEL, Y. AND COLLA, G. (2020): Biostimulants in agriculture. *Front Plant. Sci.* 11. 40.
- SCHMIDT, B. AND SUMALAN, R. (2009): Mycotroph Nutrition – Viable Alternative for the Improve of Phosphorous Nutrition on Poor Soils. *Bulletin UASVM Agriculture* 66. (1). 164-170.
- SCHNÜRER, J. AND ROSSWALL, T. (1982): Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology.* 43. 1256 – 1261.

- SCHUBLER, A., SCHWARZOTT, D. AND WALKER, C. (2001): A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105. 1413-1421.
- SHARMA, S., FLEMING, C., SELBY, C., RAO, J. AND MARTIN, T. (2013): Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *J. Appl. Phycol.* 1–26.
- SIX, J., FREY, S.D., THIET, R.K. AND BATTEN, K.M. (2006): Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70. 555–569.
- SMITH, S. E. AND READ, D. J. (2008): *Mycorrhizal symbiosis*. Third edition, Academic Press, Elsevier. 787.
- SPARLING, G., VOJVODIC, VUKOVIC, M. AND SCHIPPER, L.A. (1998): Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry.* 30(10-11). 1469–1472.
- STUBBERFIELD, L. C. F. AND SHAW, P. J. A. (1990): A comparison of tetrazolium reduction and FDA hydrolysis with other measurements of microbial activity. *Journal of Microbiological Methods.* 12. 151-161.
- SWISHER, R. AND CARROL, G. C. (1980): Fluorescein diacetate hydrolysis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. *Microbial Ecology.* 6. 217-226.
- TAKÁCS T. ÉS VÖRÖS I. (2003): Role of the arbuscular mycorrhizal fungi in the water and nutrient supply of their host plant. *Növénytermelés.* 52. 583–593.
- TÓTH J. A., NAGY P. T., KRAKOMPERGER ZS., VERES ZS., KOTROCZÓ ZS., KINCSES S., FEKETE I., PAPP M. ÉS LAJTHA K. (2011): Effect of litter fall on soil nutrient content and pH, and its consequences in view of climate change (Síkfőkút DIRT Project). *Acta Silvatica Lignaria Hungarica* 7. 75-86.
- TÓTHNÉ HANYECZ K. (1997): Szarvas környékének klimatikus, talajtani és hidrológiai vizsgálata. *A puszta.* 1/14. 192-203.
- UGENA, L., HÝLOVÁ, A., PODLEŠÁKOVÁ, K., HUMPLÍK, J.F., DOLEŽAL, K., DIEGO, N.D. AND SPÍCHAL, L. (2018): Characterization of biostimulant mode of action using novel multi-trait high-throughput screening of *Arabidopsis* germination and rosette growth. *Front Plant. Sci.* 9. 1327.
- WANG, Z., CHEN, Q., LIU, L., WEN, X. AND LIAO, Y. (2016): Responses of soil fungi to 5-year conservation tillage treatments in the drylands of northern China. *Appl. Soil Ecol.* 101. 132–140.
- WEIL, R.R. AND MAGDOFF, F. (2004): Significance of soil organic matter to soil quality and health. *Soil organic matter in sustainable agriculture*, 1–43.
- WEIL, R.R., KANDIKAR, R.I., STINE, M.A., GRUVER J.B. AND SAMSON-LIEBIG, S.E. (2003): Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture.* 18(1). 3–17.
- WHITESIDE, M.D., WERNER, G.D.A., CALDAS, V.E.A., VAN'T PADJE, A., DUPIN, S.E., ELBERS, B., BAKKER, M., WYATT, G.A.K., KLEIN, M., HINK, M.A., POSTMA, M., VAITLA, BAPU., NOE,

- RONALD., SHIMIZU, T.S., WEST, S.A. AND KIERS, E. T. (2019): Mycorrhizal fungi respond to resource inequality by moving phosphorus from rich to poor patches across networks. *Curr. Biol.* 12.
- WRIGHT, S.F. AND UPADHYAYA, A. (1996): Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science* 161. 575–586.
- WRIGHT, S.F. AND UPADHYAYA, A. (1998): A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*. 198. 97–107.
- WRIGHT, S.F., FRANKE SNYDER, M., MORTON, J.B. AND UPADHYAYA, A. (1996): Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. *Plant Soil*. 181. 193–203.
- WRIGHT, S.F., STARR, J.L. AND PALTINEANU, C. (1999): Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63. 1825–1829.
- YAKHIN, O.I., LUBYANOV, A.A., YAKHIN, I.A. AND BROWN, P.H. (2017): Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front Plant Sci.* 7. 2049.

INTERNETES HIVATKOZÁSOK:

HTTP1: Rebecca Lindsey (2023): Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. [letöltve: 2023.11.10.]

<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

HTTP2: Európai Zöld Megállapodás. [letöltve: 2023.11.10.]

https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_hu

HTTP3: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara. Az Agro-Ökológiai Program a 2023-2027-es támogatási időszakban. [letöltve: 2023.11.10.]

<https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/7038-agro-okologiai-program-2023/file>

HTTP4: Tóth László Levente (2022): A műtrágya ára nőtt, a felhasználás csökkent. [letöltve: 2023.11.10.]

<https://www.magyarhirlap.hu/videk/20221207-harmadaval-kevesebb-mutragya-fogyott-az-elozo-evinel>

HTTP5: Gaiago SAS (2022): 2022 Gaiago Homologation Nutrigeo L. [letöltve: 2023.11.10.]

<https://drive.google.com/file/d/13zBjmbSwlUaDRowOKIF1Jyg3jhu-Rkp1/view?usp=sharing>

HTTP6: Dr. Németh Csilla (2022): A Nutrigeo L engedélykirata. [letöltve: 2023.11.10.]

<https://biocontmagyarorszag.hu/dokumentumok/Nutrigeo-L/Nutrigeo-L.pdf>

HTTP7: Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság (2023): Talajtani adottságok. [letöltve: 2023.11.10.]

<https://www.hnp.hu/hu/szervezeti-egyseg/termeszettvedelem/oldal/talajtani-adottsagok>

8. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. ábra: A légköri szén-dioxid koncentrációja és a szén-dioxid emisszió értékének változása az utóbbi 270 évben (Forrás: HTTP1)	4
2. ábra: A NUTRIGEO L hatását bemutató gyártói infografika (Forrás: Gaiago SAS).....	8
3. ábra: Az arbuszkuláris mikorrhizák hatása a talajra (Forrás: Matthias et al. 2006)	9
4. ábra: A glomalin (a képen zöld színnel) segíti az 1-2 mm-es talaj aggregátumok kialakulását (Szerző: Kristine Nichols)	12
5. ábra: A kísérletek helyszínei (Forrás: Google, saját szerkesztés).....	13
6. ábra: A vizsgált parcellák elhelyezkedése Szarvason (Forrás: Google Maps, saját szerkesztés, Szarvas 2023)	14
7. ábra: A vizsgált parcellák elhelyezkedése Szentkirályon (Forrás: Google Maps, saját szerkesztés, Szentkirály 2023)	15
8. ábra: A vizsgált parcellák elhelyezkedése Szatymazon (Forrás: Google Maps, saját szerkesztés, Szatymaz 2023)	16
9. ábra: A talajminták előkészítése a mérésekhez (Fotó: Gyekiczki Bernadett, Budapest 2023)	17
10. ábra: Az FDA-enzimaktivitás méréséhez használt eppendorfok (Fotó: Gyekiczki Bernadett, Budapest 2023)	20
11. ábra: A pH mérés eredményei.....	22
12. ábra: Az EC mérés eredményei	23
13. ábra: A labilis széntartalom mérés eredményei	24
14. ábra: A gravimetrikus víztartalom mérés eredményei.....	25
15. ábra: Az FDA-aktivitás mérés eredményei	26
16. ábra: A glomalin mérés eredményei	27
17. ábra: Az aerob baktériumok számának meghatározásának eredményei	28
18. ábra: A gombák számának meghatározásának eredményei.....	29

9. HALLGATÓI NYILATKOZAT

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Gyekiczki Bernadett Fanni
A Hallgató Neptun kódja: znpapu
A dolgozat címe: Egy talajkondicionáló készítmény összehasonlító vizsgálata különböző talajokon
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agrárkörnyezettani Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat 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.

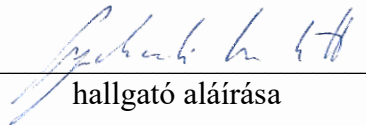
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-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 eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023.11.10.



hallgató aláírása

10. KONZULENSI NYILATKOZAT

Dr. Kotroczó Zsolt, Gyekiczki Bernadett (hallgató Neptun azonosítója: znpapu) hallgató konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / **nem javaslom**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2023.11.10.

A handwritten signature in blue ink, reading "Kotroczó Zsolt", is written above a horizontal line.

belső konzulens aláírása