

DIPLOMA DOLGOZAT

Póder Levente

2022

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET
BUDAPEST

**A talaj mikorrhizáltságának hatása a koriander biomassa produkciójára
és a talajszerkezetre**

Póder Levente

Ökológiai Gazdálkodási Mérnök

Készült az **Agrárkörnyezettani Tanszéken**

Közreműködő tanszék(ek): _____

Tanszéki konzulens: Dr. Kotroczó Zsolt

Konzulens(ek): _____

Bírálok: _____

Budapest, 2022

tanszékvezető/szakirányfelelős

konzulens

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	4
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1	A koriander jelentősége hazai és világviszonylatban.....	6
2.2	A koriander növényteni jellemzése.....	7
2.2.1	Származás és rendszerezés	7
2.2.2	Környezeti igény	8
2.2.3	Botanikai leírás.....	8
2.2.4	Tápanyagellátás	8
2.2.5	Drog.....	9
2.3	Mikorrhiza gombák jellemzése.....	9
2.3.1	Arbuskuláris mikorrhiza kapcsoltág.....	11
2.3.2	Ektomikorrhizák.....	12
2.4	A mikorrhizák hatása a tápanyagok felvehetőségére.....	13
2.5	A talajművelés hatása az AM gomba diverzitására	14
2.6	A vetésforgó hatása az AM gomba sokféleségére és a talaj biológiai aktivitására	14
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER	16
3.1	A kísérleti terület bemutatása.....	16
3.2	A kísérleti terület előkészítése és gondozása	19
3.3	Vizsgálati módszerek.....	21
3.3.1	Terepi mérések	21
3.3.2	Laboratóriumi vizsgálatok.....	22
4.	EREDMÉNYEK	26
4.1	Biomassza mérés.....	26
4.2	Gyökérekolonizáció mérés	27
4.3	Glomalin mérés.....	28
4.4	Humusztartalom mérés	29
4.5	Talaj biológiai aktivitás vizsgálat	30
4.6	Tápanyagtartalom mérés.....	31
5.	KÖVETKEZTETÉSEK	33
6.	ÖSSZEGZÉS	36
7.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	37
8.	IRODALOMJEGYZÉK	38
9.	ÁBRAJEGYZÉK	43
10.	MELLÉKLETEK	44

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Kevés olyan népszerű növény létezik a világon, mint a koriander (*Coriandrum sativum*), mely széles körben elterjedt mind fűszernövényként, mind pedig sokrétű gyógyhatása miatt. Számos kutató és orvos ajánlja a fogyasztását egészségmegőrzés céljából, köszönhetően a gazdag beltartalmi értékeinek (Amit, et al., 2022). Antibakteriális, gombaölő és antioxidáns hatásának köszönhetően manapság egyre gyakrabban előfordul az élelmiszeriparban (Rumyana, et al., 2022)

Sikerét sokféleségének is köszönheti, mely genetikai diverzitásából és alkalmazkodó képességéből ered, mivel már régóta termesztik a világon. Ázsiában és a keleti régióban évezredek óta ismerik. Az egyik első azon fűszerek közül, amelyek átkerültek Amerikába, 1670 előtt már termesztették Massachusetts államban. Azonban ma köztermesztésben főként a trópusi területeken a *Coriandrum sativum*-ot részesítik előnyben. Ennek változatai megtalálhatóak Indiában, Oroszországban, Mexikóban, USA-ban, Bulgáriában, Lengyelországban, Japánban, Törökországban. Magyarországon a gyógynövényágazat sajnálatos módon nagyon visszaesett az utóbbi évtizedekben, mely a magas energiaárak, termelési költségek, csökkenő jövedelmek következtében alakult így. A koriandert hazánkban 1500-3000 ha-on termesztik (2005-os adat), melyből 12 hektáron biotermesztés zajlik, azonban ez világviszonylatban eltörpül a nagy termeszítő országokhoz képest. (Erdész & Kozak, 2008.)

Az évezredek során, az élővilág fejlődési folyamatában, az élőlények között számos típusa kialakult az együttműködésnek. Gyakori együttműködési formaként figyelhetjük meg például, amikor, a tápanyagok átadására két egyed közösen egy kiterjedt felülettel érintkező szervén keresztül táplálékot juttat mutualista partnerének. A gombák és növények közötti tápanyagáramlásra szolgáló mikorrhiza kapcsolatnak nevezett co-operáció például a növények szárazföldre lépésétől jelen van az élővilágban, melynek mára számos típusa kialakult. A mikorrhiza kapcsolat mindkét fél számára kölcsönösen előnyös, ugyanis míg a növény az általa megtermelt szervesanyagokat juttatja tovább, a gomba cserébe makro- és mikroelemeket továbbít, valamint hatalmas felületű talajmicélium hálózatán keresztül vízhez juttatja a növényt. (Bratek, et al., 2020)

Az 1980-as években a tudomány valójában kezdte felismerni, hogy a Földön élő összes hajtásos növényfaj 80-90%-a valamilyen gyökérkapcsoltságban él a mikorrhiza gombával, tehát elmondható, hogy szerepe alapvetően meghatározó, a hajtásos növények és a talaj anyagforgalmának összefüggéseit tekintve. Már az 1950-es években radioaktív izotópos vizsgálatokkal bizonyították, hogy a talajból felszívott oldatokat a mikorrhiza gomba, a növény gyökerébe juttatja, mintegy a gyökérszőrök munkáját pótolva ezzel. A gomba micéliumai elégazóak sokkal hosszabbak, mint a gyökérszőrök, valamint felületük is kiterjedtebb, így tehát nem meglepő, hogy sokkal több tápanyagot tudnak felszívni. Ezen kívül ahhoz is hozzájárul, hogy a gomba, képes legyen szelektíven válogatva olyan anyagokat is felszívni, lebontani, továbbítani, feloldani, amelyeket a növényi gyökérszőrök nem képesek felvenni. (Jakucs, 1999)

Az elmúlt évtizedekben érzékelhető mikorrhiza kutatások fellendülésének okai közé tartozik, hogy a kutatási eredményeknek, igen jelentős gazdasági hasznot hozó alkalmazási területei is vannak. Ezek közül érdemes kiemelni a vezikuláris-arbuskuláris mikorrhiza (VAM) szerepét, mely számos kultúrnövényrel, többek között a paradicsommal, dohánnyal, burgonyával, szójával alakít ki szimbiotikus kapcsolatot és számottevően magasabb termést produkál mikorrhizált kapcsolatban. A felerősített pozitív hatás egyértelműen növényenként változik, a koriander esetében például a koriandermagból és biomasszából kivont illóolajtermelés mutathat növekedést, valamint maga a biomassa (Jana, et al., 2016) Ennél fogva bizonyos országokban például Amerikában nagy erőfeszítésekkel dolgoznak mesterséges mikorrhizáltságon, azonban fontos tudni, hogy steril táptalajos tenyészetben csak hiányosan jön létre a gyökérkapcsoltság. (Jakucs & Vajna, 2003)

Az alapvetően hasznos és jelentős gazdasági hasznot hozó mikorrhiza gombák, azonban nem minden esetben jelentenek előnyt a talajba juttatáskor, és csökkenthetik a már jelenlévő honos AM gombák sokféleségét. Ugyanis Niloufar, et al. (2022) szerint ezen endofitonok parazita életmódra is válhatnak, nem kedvező környezeti feltételek mellett, mely alapvető problémákat okoz például a nem célzott kultúrnövények számára.

Szakirodalmi adatok alapján jelentős növekedést lehet tapasztalni, a mikorrhiza piacot tekintve az egyik legintenzívebben fejlődő régió pedig az európai térség. A mikorrhiza termékek használatnak a gazdálkodási formától (bio, konvencionális) függetlenül meggondolandó ugyanis, a műtrágya árak emelkedése, a talajok foszfor ellátottsága, és a szélsőséges időjárási viszonyok okozta korlátozott tápanyagfelvétel ezt erősen indokolja. Folyamatos növénytakaró megléténel, a mikorrhiza kezelés akár több évre is kifejti hatását.

Szakdolgozatomban egy mikorrhizát tartalmazó termék (MikoMax) növekedésre, fejlődésre gyakorolt jótékony hatását vizsgáltam koriander kultúrában. Összehasonlításként kontroll növényeket vettem, melyek rálátást adtak arra, hogy a mikorrhiza gyökérkapcsoltság egy körülbelül két hónapos idő periódus alatt, milyen hatással lehet a korianderre növényre, valamint a talaj szerkezetére és tápanyag ellátottságára. Kísérletemet egy bio-intenzív zöldségtermesztő gazdaságban végeztem, melynek a talajélete szintén foglalkoztatott.

A Földközi-tenger vidékéről származó koriander a magyar konyhaművészetben elsősorban mag formában használatos, valamint talán egyre inkább felkapott a friss hajtás használata is. Megtalálható kispárcellás zöldségtermesztők, termékpalettáján, azonban hazánkban még nem tartozik a legközkedveltebb fűszerek közé.

A mikorrhiza alapú készítmények felhasználási területei a kertészet, mezőgazdaság és erdőgazdálkodás. Az általam választott termék (MikoMax), könnyen és jó áron elérhető volt, valamint a terméket már mások is sikeresen alkalmazták, különböző kísérletekben egyetemi kereteken belül. Ezért esett erre a választás, a többi piacon elérhető termékkel szemben, melyek magas árak miatt nem voltak optimális választás.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A koriander jelentősége hazai és világviszonylatban

A koriander származását tekintve egy mediterrán növény, mely egyes források szerint a Földközi-tenger vidékéről származik. A koriandernek több faja létezik a világon (indiai, afrikai, közép-ázsiai) valószínűleg a régmúlta visszatekintő termesztési hagyományoknak köszönhetően, azonban közülük csak a *Coriandrum sativum* terjedt el széleskörben a világon, legfőképpen a mediterrán, trópusi égvöben azonban a mérsékelt égvöben is jól megterem.

Világszerte jelenlevő népszerűségét, legfőképpen a magtermesztés hozta meg, melynek örleménye kedvelt szárított fűszerként van jelen. Azonban a friss hajtás fogyasztása is jelentős, valamint az abból előállított illóolaj. Alapvetően két fő típust különböztetnek meg: *Coriandrum sativum* var. *macrocarpum* és *Coriandrum sativum* var. *microcarpum*. Az előbbit melegebb országokban termesztik, mint, India, Marokkó, Spanyolország, és legfőképpen fűszert készítenek belőle. Az utóbbi hidegebb országokban is megterem mint, Oroszország, Ukrajna, Románia, Bulgária, és főként a nagyobb illóolaj tartalma miatt termesztik. (Bernáth, et al., 2018)

A koriandert a világ számos országában termesztik, Európán és Ázsián keresztül egészen Amerikáig (1. ábra) A legfőbb termesztő országok: India, Oroszország, Mexikó, Olaszország, Bulgária, Marokkó, Irán, Ukrajna, Kanada, Szíria, Spanyolország, valamint Kínában, Romániában, Lengyelországban is előfordul. India a világ legnagyobb koriander termesztője, fogyasztója és exportőre (468,000ha-on 567,000 t termés (2020-as adat, NHB)), ami talán nem is meglepő hiszen fogyasztás tekintetében is élen járnak. Egy tudományos kutatás szerint, ami az Economic Affairs-ben (2014) jelent meg, körülbelül a világ koriandermag termésének a 80%-át India állítja elő.

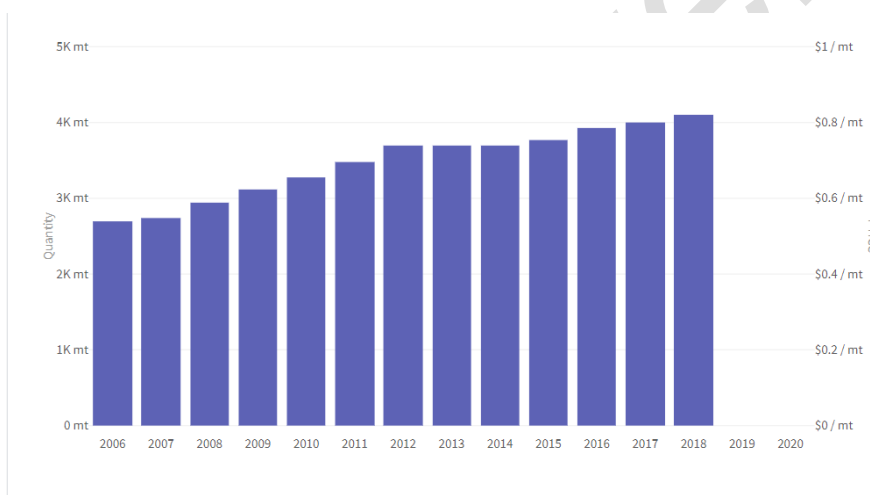


1. ábra
Koriander termesztése a világban
Forrás: (Amit, et al., 2022)

Egyes piackutatók szerint Európa koriander mag fogyasztása 2022-2027-ig tartó időszakban igencsak növekedni fog. Ez tartalmazza az egész, tört és őrölt magot is, számos fűszerkeverékbe

vegyítve. Az európai konyhában az őrölt koriander használata kiterjed a különböző fajta szósok levelek és édes sütemények körében, tipikusan a keleti ételek terén. Európában az Egyesült Királyság a legnagyobb koriandermag importőr. Németország egy fontos fogyasztói piac, legfőképpen az ország jelentős élelmiszerfeldolgozó üzemait tekintve. Hollandia, Franciaország és Ausztria szintén növekvő keresletet és fogyasztást mutat. Szintén fontos megjegyezni, hogy az egyre nagyobb számban jelenlévő ázsiai emberek igényeinek kielégítése miatt, szintén nő a koriandert tartalmazó ételek, termékek jelenléte a piacon. (Industry Arc, 2022)

A koriander termesztése Magyarországon sohasem volt számottevő világviszonylatban, ami nem csoda, hiszen használatának kultúrája sem tekint vissza régi időkre. Ennélfogva termesztési adatokat is nehéz találni, kifejezetten olyat, ahol a koriander növény egymaga szerepel a termesztett növény helyén. Rendszeresen említik csoportosan (ánizs, csillagánizs, édeskömény, koriander), így a koriander termésmennyisége nem ad egyértelmű képet. Az alábbi ábrán (2. ábra) a magnak termesztett koriander termésmennyiségét és árának változásait figyelhetjük meg 2006 és 2018 között.



2. ábra
A koriander termésmennyisége és ára/tonna 2006-2018 között
Magyarország koriander termesztése
(Tridge, 2022)

2.2 A koriander növényteni jellemzése

2.2.1 Származás és rendszerezés

A koriander vagy poloskakapor (*Coriandrum sativum*) az *Araliales* (aráliavirágúak) rendjébe az belül pedig az ernyősök (*Apiaceae*) családjába, *Coriandrum* nemzetségbe tartozó lágyszárú, egyéves növény. Két faj ismeretes a nemzeten belül, a *Coriandrum sativum* L és *C. melphitense*. Az utóbbi egy endemikus faj Dél-Olaszországban, melyet nem vontak termesztésbe. (Bernáth, 2000)

A másikat, a *C. sativum*-ot, a már Dél-Európában honos növényt, melynek két változata van jelenleg termesztésben, egyes források szerint a rómaiak hozták be a Közel-Keletről (Egyiptom)

Európa északi területeire. Mivel igen sok területen termesztették számos fajtája, típusa alakult ki: indiai, észak-afrikai, közép-ázsiai, abesszíniai. (Amit, et al., 2022)

Alapvetően két termesztett fajtaváltozatot különböztetünk meg magméret alapján: a Marokkói koriander *Coriandrum sativum* L. var. *vulgare* 3-5 mm-es, és az apróbb szemű 1.5-3mm-es *Coriandrum sativum* L. var. *microcarpum* (Manjeseer & Faizan, 2015) A *C. sativum* var. *vulgare* változatot többnyire a trópusi szubtrópusi országokban termesztik, ebből ered a marokkói koriander névváltozata is. A *C. sativum* var. *microcarpum* a világ majdnem háromnegyed koriander vetésterületét domináló fajta. Termesztik a mérsékelt égövben, ezen belül Európában, Ázsiában és az amerikai kontinensen is. (Bernáth, 2000)

2.2.2 Környezeti igény

A környezeti igény tekintetében, befolyásoló tényezőként, fontos szem előtt tartani, hogy a koriander kelet-mediterrán eredetű. A hőmérsékleti tényezőnek nagy befolyása van a fejlődésre, a csírázás 4-6 °C-on megindul, azonban komolyabb kelés 10°C felett jellemző. Az optimális hőmérséklet a 15-17 °C, azonban egy tanulmány szerint kedvező feltételek 20-25 °C között biztosítottak. (Pezhman, et al., 2013)

2.2.3 Botanikai leírás

A *Coriandrum sativum* egy egyéves, lágyszárú, terofiton faj (Th), mely a Földközi-tenger partvidékéről származik. Magyarország klimatikus viszonyai között nyár elején virágzik. Gyökere gyengén elágazó, javarészt, a talaj felső 40 cm-es rétegében. A szára egyenes, gyengén bordázott, felálló, sűrűn elágazó, helyenként antociános foltokkal és körülbelül 20-150 cm magasra nő meg, mely sokban függ az éppen aktuális klimatikus viszonyoktól. A fő és mellékajtások is virágban végződnek.

A poloskaszagú levelek alternáló helyzetben helyezkednek el és megjelenik náluk a heterofíliát mutató jelenség, más néven különböző levelűség, mely egyazon növényen előforduló levelek alakjának változatosságára utal. Ez a koriandernél a vegetatív hajtás és a magszárba futás idején különbözik. A vegetációs időben hosszú nyelű, kerekded levelek fejlődnek, melyek tőlevélrózsát alkotnak. (Bernáth, et al., 2018)

A szárlevelek szárnyasan összetettek, szórtan állnak, szeldeltek és fejlett levélhüvellyel rendelkeznek. Mivel a tőlevelek idővel fokozatosan elszáradnak, a szár idővel felkopaszodik. Virágzata összetett ernyő, virágai fehér vagy halvány rózsaszínűek, a nyár első felében nyílnak és összetett ernyővirágzatot alkotnak. A virágzatokban a külső, meddő általában nagyobb szirmú virágok feladata a beporzó rovarok csalogatása, amíg a belső kisebb virágok a terméshozásért felelősek. Termése jellegzetes gömbölydedvilágosbarna vagy szalmasárga, és mivel ikerkaszat terméstről van szó két kasztermésből összeforrt. Ezen termések nyomásra elválnak, a külső részük bordázott üregesek. (Bernáth, 2000)

2.2.4 Tápanyagellátás

A koriander jó tápanyagellátottságú talajban érzi jó magát, az istállótrágya használata például egyértelműen növeli a termésmennyiséget, az ernyővirágzatokon beérő magok mennyiségét, és a magok tömegét is. (Dadiga, 2022)

Egy tonna növény megtermesztéséhez szükséges tápanyagmennyiség a koriander számára, 42 kg nitrogén, 16 kg foszfor, 40 kg kálium. A legtöbbet a növény, a levélrózsa állapot vége, és a virágzás eleje közötti időszakban veszi fel.

Foszfor-felvétel javulása: A foszfor a „kiöregedő” tápelem, ami az agyagásványokhoz és a talaj szerves anyagaihoz erősen kapcsolódik, így a növény nehezen jut hozzá, még a műszeres vizsgálatok szerint „igen jól ellátott talajokban” is. Mind a baktériumok, mind pedig a gombák között található azonban foszfor-oldásra és/vagy -mobilizálásra is képes organizmusokat. Az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gomba a növény belsejében (mint endofita) adja le, nemcsak az oldható foszfort, de a nagyobb felvett vízmennyiséggel, egyéb ásványi elemeket is. A mikorrhiza mellett számos baktérium képes olyan szerves savak kiválasztására, amelyekkel a foszfor oldhatóvá és így felvehetővé válik. Ismert tény az is, hogy ha esetleg az AM gomba nincs jelen, vagy nem jól működik, akkor a foszforoldó baktériumok (pl. a spórás bacilusok) aktivitása lesz nagyobb. Mindkét mikrobacsoport jól vizsgálható, mennyiségük és a tényleges működőképességük is kimutatható egy-egy talaj-növény-rendszerben. (Bíró, 2020)

2.2.5 Drog

A drog a *Coriandri fructus* néven ismert, a koriander érett ikerkaszattermése. Ezen kívül fontos megemlíteni a lepárolt illóolajat *Aetherolium coriandri*, mely szintén hivatalos droggént van nyilvántartva.

2.3 Mikorrhiza gombák jellemzése

A mikorrhiza kapcsolat szimbiotikus kapcsolatot jelent különböző élőlények között, mely mindkét fél számára kölcsönösen segíti az életben maradáást. Manapság, ezt egyre inkább felismeri a tudomány, hogy minél magasabb rendű, komplexebb felépítésű egy élőlény, annál fontosabb számára, más élőlénycsoportokkal való együttműködés, melyet az evolúciós folyamat során is meg lehet figyelni. (Dahlberg, 2001)

Létezik egy ún. páros-diverzitás hipotézis, mely azt mondja ki, hogy a tápláléklánc egy szintjén élő organizmusok sokfélesége, feltételezi egy másik szinten élő organizmusok diverzitását. Ez a mikorrhiza szimbiotikus kapcsolatra teljes mértékben ráhúzható. A növények nagy mértékben függenek a mikorrhiza gombáktól, melyek segítenek a tápanyag- és vízfelvételben. Ezenkívül kiegyensúlyozzák a környezeti stresszhatásokat és egyben egy kommunikációs hálót is képeznek a növények között. (Songlin, et al., 2022)

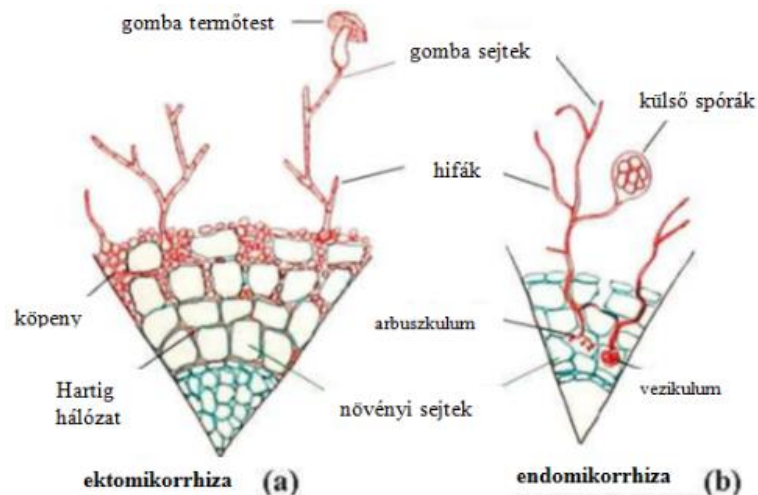
Egyes források szerint a mikorrhiza gombák fontos szerepet játszhattak a szárazföldi növények térhódításában, (Pirozynski & Malloch, 6.) melyre egyes ránk maradt fosziliák is utalnak. Ezek közül egy több mint 400 millió éves Devon-kori Rhynia lelet képezi a legrégebbi fosziliát, melynek

szeptum nélküli gombatárulás nyomai láthatóak a citoplazmájában és arbuszkulumokat tartalmaznak a gombák által kolonizált sejtek. (Remy, et al., 1994). A szárazföldi közösségekben általánosan elterjedt a gombák és a növények közötti mutualista kapcsolat. A növénytársulások fajai közül a nyitvatermők 100%-a, a zárvatermők 85%-a és a harasztok 52%-át jelenti, melyek mikorrhizát képeznek különböző gombafajokkal. (Wang & Qui, 2006). A gyökérkapcsoltság attól függően alakul ki gyengébben vagy erősebben, hogy a növény milyen mértékben mikotróf, tehát mennyire van szüksége erre a kapcsolatra. (Posta, 2013)

Vannak olyan növénycsaládok, amelyeknél természetes körülmények között egyáltalán nem, vagy csak részlegesen alakul ki a gyökérkapcsoltság. Ilyenek például a keresztesvirágúak (*Brassicaceae*), a libatop félek (*Chenopodiaceae*), sásfélék (*Cyperaceae*), szegfűfélék (*Caryophyllaceae*), szittyófélék (*Juncaceae*), növény családba tartozó fajok. Ezen növényeknél egyes feltételezések szerint a gyökérkapcsoltság hiánya másodlagosan alakulhatott ki, ami azt jelenti, hogy mikorrhiza képzésre való képességüket elveszítették. (Mark, 2002)

Egyes kutatások szerint a mikorrhiza gombáknak monofiletikus származása van az Ordovician korszakból, körülbelül 480 millió évet foglal magába, a szárazföldi növények legtöbbszörében, számos taxonban és alapvetően minden ökológiai élőhelyen. A legtöbb növény a mikorrhiza gomba fakultatív szimbiotája, azonban egyes források szerint nagy energia bevetéssel tudnak élni nélküle. (Chen, et al., 2018). A gomba és a növény együttesen képes olyan fehérjék szintézisére is (mikorrhizinek), melyet külön-külön egyikük sem termel. Ez annak a bizonyítéka, hogy a két partner idegrendszere valamelyest összhangban működik. (Jakucs & Vajna, 2003).

A mikorrhiza gombák növénytermesztésben való használata már viszonylag régóta bevett gyakorlat. A növények hasznos gombákkal való beoltásához számos módszer létezik. Ezek lehetnek steril és nem-steril eljárások, kutatási vagy gazdasági célból. Minden növény és gombafaj csak meghatározott csoportokkal tud kapcsolatot kialakítani. A növények beoltása különböző fiziológiai stádiumban történhet, mint csírázás után vagy közben, palántázás előtt vagy után. (Niloufar, et al., 2022).



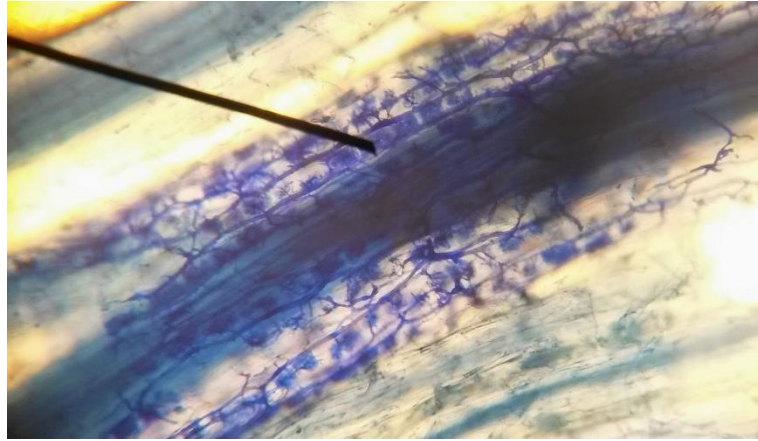
3. ábra
 Ekto- és endomikorrhiza felépítése
 (Eaglerock wiki, 2013)

2.3.1 Arbuskuláris mikorrhiza kapcsoltság

Az arbuskuláris mikorrhiza (AM) a Földön elterjedt leggyakoribb mikorrhiza típus (3. ábra). Mivel a gomba, a gyökérsejtekben intracellulárisan növekszik, alapvetően endomikorrhiza fajtáról van szó. Viszonylag szűk rendszertani csoportba tartoznak a *Zygomycota* törzs *Glomales* rendjébe (*Glomus*, *Scutellospora*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Entrophospora*). (Jakucs, 1999)

Wang és Qui szerint (2006) ezen gombák gyakran a növény gyökereit és rizómáját kolonizálják. A magasabb rendű edényes növényeknek és a korán diverzifikálódó növényeknek név szerint májmohák (*Marchantiophyta*) és becősmohák (*Anthocerotophyta*) talluszát.

Tehát ez a fajta szimbiózis filogenetikai szempontból igencsak gyakori a növények között. Növénypartner nélkül ezek a hifák csak rövid ideig képesek életben maradni, és táptalajon nem tenyészthetők, ami azt jelenti, hogy obligát biotrófok. Korábbi elnevezés szerint a Vezikuláris Arbuskuláris Mikorrhiza (VAM) volt használatos, azonban kiderült, hogy ez nem mindegyik faj esetében igaz, így a hivatalos elnevezés szerint ma Arbuskuláris Mikorrhizának (AM) hívjuk. (Jakucs & Vajna, 2003)



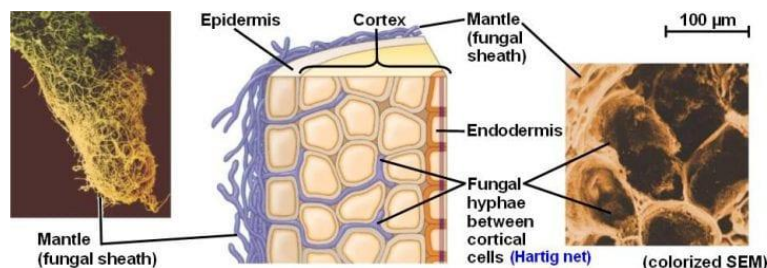
4. ábra
 AM gomba mikroszkópos képe, arbuskulumokkal és hifákkal
 (Benning, 2015)

A gombák a talajból kiindulva kolonizálják a növény gyökereit, a gomba csak akkor fejleszt kiterjedt micéliumhálózatot, ha sikeres volt a gyökérkolonizáció. A hifafonal bekúszik a sejtek közötti ún. apoplastikus térbe, majd a sejtekbe behatolva arbuskulumokat és vezikulumokat formál (4. ábra), melyek szerteágazó képződmények, szerepük a tápanyagcsere folyamatokban van. (Smith & Read, 2008) Az arbuskulumok rövid életű elágazó képződmények melyek, a növény kéregsejtjeibe behatolva, a plazmalemmával összekapcsolódva, az apoplastikus mátrixból és membránból álló interfacen keresztül, anyagok átadásáért felelősek. A vezikulumok tápanyag raktárként szolgálnak, melyben a növény sejtfalanyagokat választ ki (Jakucs & Vajna, 2003)

2.3.2 Ektomikorrhizák

A második legelterjedtebb mikorrhizatípus, mely később alakult ki, mint az arbuskuláris mikorrhiza, jelentősen elterjedt főként az erdei ökoszisztémában. Gombapartner oldaláról nagyobb diverzitást figyelhetünk meg, azonban a növénypartnerek számát tekintve sokkal kisebb a diverzitás. Jelentősége főként az erdészeti fafajok körében fontos, ez körülbelül 8000 fajt jelent. Olyan családok, mint a *Betulaceae*, *Pinaceae*, *Fagaceae*, és *Dipterocaraceae*. (Dahlberg, 2001)

Az ektomikorrhizák felépítését tekintve 3 fontos funkcionális alapelemről kell említést tenni. Az első a gyökércsúcs felszínét borító álszövetes köpeny (5. ábra), a Hartig- háló mely a gyökér kéregsejtjeit veszi körbe, valamint a köpeny felszínéről a talajba kiágazó hifák rendszere.



5. ábra
Ektomikorrhiza mikroszkópos képe
(Benning, 2015)

2.4 A mikorrhizák hatása a tápanyagok felvehetőségére

A mikorrhiza gombák gyökérekolonizációja, meglehetősen gyorsabb folyamat, összehasonlítva a gyökérnövekedéssel. Ekkor a gomba meglehetősen rövid idő alatt képes a növényt tápanyagokhoz juttatni, melyek lehetnek átmeneti jellegűek, mint növényi magok, termések, elhullott élőlények. A gombák képesek a gyökerek által exudált tápanyagokat újra felszívni. Fiatal növényeknél fontos szerepe lehet a hajszálgökök kifejlesztésében (Niloufar, et al., 2022).

A mikorrhiza gombák különböző tápelemek felvételéhez kisebb vagy nagyobb mértékben járulnak hozzá. Vannak, melyeknél fontos a gombák szerepe, mint a Foszfor, Cink Réz, azonban mások, például a Kálium és a Kén a legkisebb mértékben tudják mobilizálni. A növények jobb P ellátásának oka, hogy a növények számára a mikorrhiza gomba elérhetővé teszi a szerves foszfort, és mobilizálja, valamint hatékonyabban szállítja a gyökerekhez. Egyes források szerint (Niloufar, et al., 2022) a foszfor felvétel akkor is megtörténik, ha külső jele nincs a növény-növekedésnek. Abbaspour (2010) kutatásai nyomán más tápanyagok elérésében is közrejátszanak a mikorrhiza-gombák, Zn, Fe, Ca, K, Cu.

A hifa hálózat körülbelül ötször nagyobb területet képes lefedni gyökerével a talajban, mint a növény gyökérrendszere, mely a talajrétegek hatékonyabb feltárását is magába foglalja. Cserébe a gazdanövény asszimilátumokat küld a gombáknak. Előfordul, olyan a mikorrhiza-gombák általi növekedés gátlás, bár a ritka esetek közé tartozik, ekkor a gazdanövény célzottan képes csökkenteni az asszimilátumok gombáknak való juttatását. Azonban cserébe, azonban a gombák is csökkenthetik a tápanyag-transzferet a gazdaszervezet számára.

1. táblázat: Egyes tápelemek felvetősgének aránya kultúrnövény-mikorrhiza-kapcsolatban (Baum, 2019 nyomán) (Baum, 2019)

Tápelem neve	Hasznosulási arány
N	20-40%
P	30-90%
K	0-10%
S	10-20%
Cu	20-60%
Zn	30-80%

A jobb tápanyag-és vízellátottság mellett, a kultúrnövények mikorrhizálása nagyobb stressztoleranciát eredményez, valamint rezisztenciát a patogének ellen, és ennek következtében nagyobb hozambiztonságra is számíthatunk. Növénytáplálás és növényegészség szempontjából,

tápanyagszegény talajban, és abiotikus stressz hatására (például aszály) jelentenek előnyt a mikorrhiza gombák, mivel ingermentes környezetben nem feltétlen támaszkodnak rájuk a növények jelentős mértékben. Ezért is lehetnek fontos eszközök a mikorrhiza készítmények talajok rekultivációjára, rehabilitációjára, a kertészeti szubsztrátok újraterelítése kapcsán. A szántóföldek ebből a szempontból kivételek, mivel helyspecifikus potenciállal rendelkeznek, melyeket helyes mezőgazdasági gyakorlattal tovább lehet támogatni. Ilyenkor célzott talajrendezés általában nem is szükséges.

2.5 A talajművelés hatása az AM gomba diverzitására

A talajművelés során végzett különböző munkálatok (forgatás, lazítás, porhanyítás, keverés, tömörítés, felszínalakítás) a megfelelő talajszerkezet kialakításával, a szerveztrágyák, tarlómaradványok és kémiai anyagok talajba juttatásával, mind hatással vannak a talajban élő mikroorganizmusok diverzitására, homogenitására és aktivitására. Miller & McGonigle (1996) kutatásai alapján a talajművelés jelentősen csökkentette a gombák spóraszámát, extraradikális micélium (ERM) hosszát, és ezen kívül a glomalin koncentrációt is, melyet mérsékelt- és trópusi talajokban figyeltek meg. Csökkentett talajmegmunkálás esetében azonban nagyobb kolonizációs potenciált és annak gyorsabb alakulását írták le.

Az AM gombák által termelt glomalin vagy GRSP (Glomalin Related Soil Protein), alapvetően befolyásolja a talaj szerves szén készletét, mely 12-22 éven keresztül marad a talajban, ezzel a talaj szerkezeti felépítését erősen meghatározza. Stabilizálja, összeköti a talajrészecskéket mint egy ragasztó elem, mely fontos szerepet játszik a talaj termékenységében. Három fajtája ismeretes a GRSP-nek: könnyen kivonható (EE-GRSP), nehezen kivonható (DE-GRSP) és a teljes glomalin tartalom (T-GRSP), melyek a vizsgált paraméterek közé tartoznak. (Zou, et al., 2020). Az AM gombák 4-20%-át tárolják a növényi fotoszintézisből származó szénnek, melyet a talajban tárolva halmoznak fel, akár 54-900 kg/hm².

A szántással történő talajmunkák forgatják fel leginkább a talajt, egyes megfigyelések szerint, ha mélyebb rétegekben történik az AM gomba diverzitás csökken a mélységgel, azonban, ha csak 25 cm, és mélységig sekély szántás alkalmazásakor, lefelé haladva nő a fajgazdagság. A művelt és műveletlen talajokban jellemző különbség figyelhető meg a fajösszetétel szempontjából. A művelt talajokra jellemző a *Glomus etunicatum* és a *G. caledonium*, míg műveletlen területeken a *Glomus occultum*, *Scutellospora pellucida*, *Acaulospora paulinae* és *Entrophospora infrequens* dominálnak. (Sasvári, 2012)

2.6 A vetésforgó hatása az AM gomba sokféleségére és a talaj biológiai aktivitására

Mivel a vetésforgó növényekre és a talajra gyakorolt hatása komplex, így a gombáknak is fontos szerepük van ebben a rendszerben. A gyökérkapcsoltság csak bizonyos növényeknél alakul ki, ezért a gombaközösség dinamikájára nagy hatással van és ezáltal a soron következő növény

tápanyagfelvételt és terméshozamát is befolyásolja a mikorrhiza-kapcsoltság. Az alacsony gomba-diverzitás egyik előidézője az alacsony növényi diverzitás, melynek egyik megjelenése a monokultúras növénytermesztés. A vetésforgóban szereplő változatos fajösszetétel hatása sokféleséget okoz az AM gombák között is. Ennek hatására kialakulhat egy olyan gombaközösség a talajban, mely elősegíti a növény produktumait egyoldalúan kihasználó ún. „cheaters” gombafajok kiszélektálódását. (Sasvári, 2012).

A biológiai aktivitás, a talajok egyik alapvetően jellemző paramétere, melynek ismeretében megfigyelhető a talajba kerülő szerves anyagok (SOM=Soil Organic Matter) átalakulásának sebessége, a növény számára is felvehető szerves formákká. Továbbá képet kaphatunk a talaj tápanyag-szolgáltató képességéről, és termékenységéről. A különböző gazdálkodási módok, az agrotechnika tevékenysége (monokultúras termesztés, vetésváltás, vetésforgó), talajművelés, tápanyag visszajuttatás, mind-mind befolyásoló tényezők. A fentebb említett mikorrhiza gombáknak itt kulcsszerepük van. Az egyik jellemző kísérleti paraméter a biológiai aktivitás kutatásoknál az enzim aktivitás. Akik konvencionális és ökológiai gazdálkodásba vont talajokat hasonlítottak össze, a foszfatáz, dehidrogenáz és celluláz enzimek aktivitása az ökológiai művelésű talajokon volt számottevőbb. (Lukácsné & Kutasy, 2007)

Számos környezeti tényezőnek van befolyásoló hatása, mint a nedvességtartalom, oxigén-ellátottság, hőmérséklet, évszak, nehézfém szennyezés, műtrágya használat (Veres, et al., 2013) azonban egyértelmű, hogy az adott növénykultúra jelenléte, szerves-, tápanyag termelése szintén befolyásoló tényező.

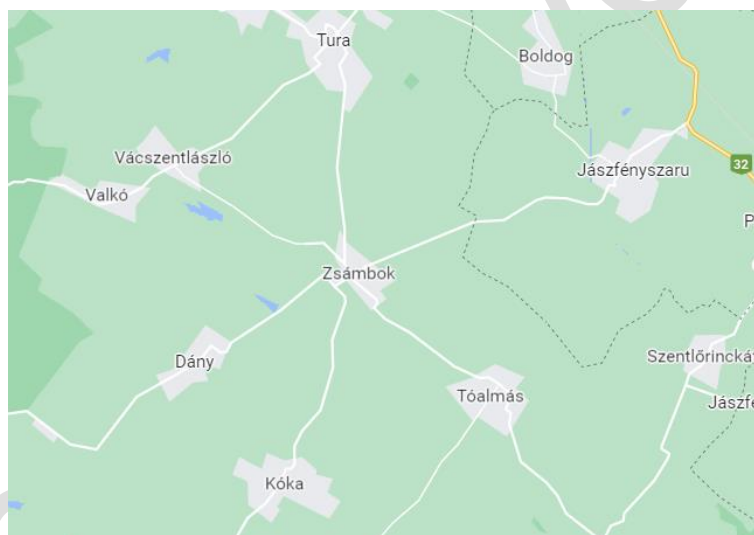
Munkám során arra kerestem a választ, hogy a koriander mikorrhizáltsága milyen hatással van a növény növekedésére, és a talaj szerkezeti változására, mely utóbbi nagyban befolyásolja az egész ökoszisztémát.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A kísérleti terület bemutatása

Diplomamunkámhoz tartozó kísérleteimet a Zsámboki Biokertben végeztem el, amely Gödöllőtől 25 km-re található Zsámbok településen a Hatvani-síkság részeként (6. ábra).

A családi vállalkozás 2011-ben indult Zsámbokon, ahol egy 3,5 hektáros területen zajlik a növénytermesztés. A fő termelési profil a bio intenzív zöldségtermesztés, amit mindig az éppen aktuális szezonális zöldségfélék ökológiai termelési módszerekkel történő előállítására képez. A zöldségtermesztés mind szabadföldön, mind fóliasátorban történik, amely egész éves termelési ciklust tesz lehetővé. Télen a fóliákban (8. ábra) legfőképpen hideg tűrő leveles zöldek (téli porcsin, Salanova-saláta, spenót, koriander stb.) teremnek. Az év melegebb napjaiban fóliában és szabadföldi parcellákon, melegigényes zöldségfélék (paradicsom, cukkini, burgonya, tök, bab, sárgarépa stb.) vannak termesztésbe fogva évente több mint 60 fajta zöldséggel. A zöldségeken kívül található a területen egy gyümölcsös is almával, körtével, szilvával, cseresznyével, mely a szezonban jó kiegészítése a főként piacra termelt zöldségféléknek.

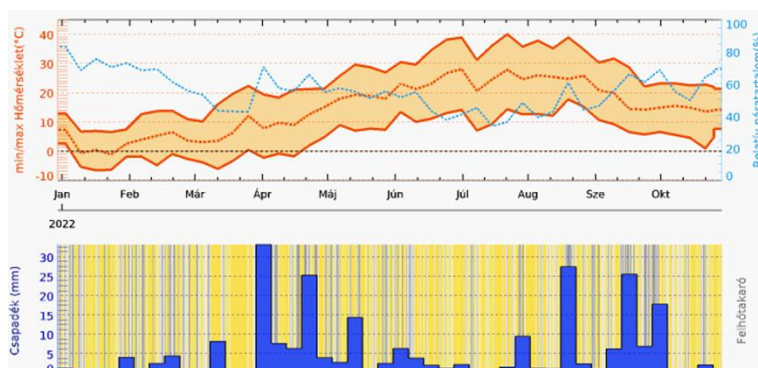


6. ábra
Zsámbok település elhelyezkedése
(Forrás: saját kép)

A gazdaságban fontos szerepet játszik a szerves istállótrágyából érlelt komposzt helyben történő előállítása, mely folyamatosan visszakerülve a talajba, biztosítja a szervesanyag utánpótlást.

A Zsámboki Biokertben az emberi erővel történő munkavégzés kap a legfontosabb szerepet, a gépek használatának elkerülésével, amennyiben lehetséges. A gazdaságban azonban található egy ló, mellyel lehetőség nyílik a talajt és a környezetet kevésbé károsítva bizonyos emberi erőt kiváltó feladatok elvégzésére (krumpli töltögetés, kultivátorozás). (Magyar Biokultúra Szövetség, 2020)

A növénytermesztés mellett fontos szerepet a kap a közösségteremtés is a fogyasztókkal, más bio termelőkkel. Emelett a bio mozgalomban való aktív részvétel, kutatásokban, oktatásban való gyakorlati tevékenység, folyamatosan lendületet ad a tovább fejlődésre.



7. ábra
Csapadékmennyiség és hőmérsékleti viszonyok 2021.12.31-2022 között Zsámbokon
(Meteoblue, 2022)

Az általam választott kísérlet terület, egy 6,4 m²-es (8*1 szakasz) szabadföldi parcella, mely nincs művelés alá vonva. Ezen a területen a mérsékelt meleg, száraz éghajlat dominál. Az 1950-2000 óra évi napfénytartam jellemző, a napsütéses órák száma a nyári időszakban 780 óra. Az évi középhőmérséklet 10 °C körül mozog, a vegetációs időszakban jellemző a 17-17,5 °C átlaghőmérséklet. Az évi átlag csapadékmennyiség 520-560 mm, melyből a vegetációs időszakban 300-320 mm a lehulló mennyiség.

Jellemzőek a területre a vályog mechanikai összetételű, kedvező vízgazdálkodású és jó termékenységű, mély termőrétegű, csernozjom barna erdőtalajok 3-3,3 m/m% humusztartalommal. (Becse, et al., 2010)



8. ábra
A gazdaság elhelyezkedése
(Google, 2022)

A 'Caribe' koriander fajtát egy holland származású cég a Bejo nemesítette, friss felhasználásra. Erős, kiterjedt lombzat jellemző rá (9. ábra), intenzív íz és aromaanyagokkal.

Felmagzásra nem hajlamos, a fajták teljesítménydinamikája különböző klimatikus viszonyok mellett eltérő.

Szára felfelé álló, magassága közepes méretű. A levelek erősen szeldeltek, világos zöldek, felületük sima, puha érintésű, kissé ráncos. A kelést (körülbelül 10-15 nap) követő 40-45. napon friss fogyasztásra alkalmassá válik a növény zöld hajtása. 1 m²-ről körülbelül 1.5 kg zöld tömeg szedhető le, de ez természetesen függ a vetés sor-és tő távolságtól.



9. ábra
'Caribe' koriander fajta
(Forrás: saját kép)

A kísérletemhez a MikoMax nevű mikorrhiza készítményt használtam. Összetétel: *Funneliformis*, *Claroideoglomus*, *Rhizophagus* nemzetségekből származó arbuskuláris mikorrhiza gombafajok (szárított kolonizált gyökérfragmensek, spórák, micéliumok) (10. ábra). Növényi eredetű biostimulánsokat is tartalmaz (melasz, aminosavak származékai). A hektáronkénti ajánlott kijuttatandó dózis: 10kg/ha. 10kg-os kiszerelésben elérhető a termék, melynek a gyártója a PlantWorks Ltd. (UK) magyarországi forgalmazója pedig a Danuba Kft.

A MikoMax termék mikrogranulátum és granulátum formában elérhető a piacon, tehát elsősorban a rossz vízoldhatósága miatt, vetéssel egy menetben kijuttatható a talajba. Ez számomra nem okozott problémát mivel kisparcellás kísérletet végeztem. Mind a talajélet mind pedig a növény fejlődésére tett hatás számottevő, információk egy készítmény értékelésénél és gazdasági értékénél. A biomassa mennyiség, a növekedés, a talajban megjelenő változások (mikorrhiza mennyiség, elérhető foszfor (Thomas, et al., 2017)) mind döntőek lehetnek.

Felhasználása:

-Ültetvényekben, mint szőlő gyümölcs, melyet érdemes az új telepítés alkalmával a gyökerekhez tenni az ültetőgödörbe. Ha megfelelő koncentrációban történik a kijuttatás a szőlő- és gyümölcs gyökerét a MikoMax-ban található gombák akár élete végéig is támogatják. Kivétel, ha olyan vegyszereket adagolnak a talajba melyek a gombát károsíthatják, valamint, ha túlságosan savas a talaj pH-ja, mely nem kedvez a gombáknak. (Zsámbokon 7-7,5 a pH tartalom).

-Szántóföldi kultúrákban a cukorrépa és repce kivételével vetés előtt, vagy azzal egy menetben felhasználható, akár takarónövény keverékben is.

-Kertészeti kultúrákban káposztafélék kivételével vetés, palántázás, ültetés előtt, vagy azzal egy menetben kell kijuttatni.

-Kiskertekben gyep, dísnövény vagy egyéb növények esetében a gyökerekhez kell kijuttatni. (Danuba, 2022)



10. ábra
MikoMax készítmény
(Boros, 2020)

3.2 A kísérleti terület előkészítése és gondozása

A kísérleti terület alapvetően egy természet alól kivont zóna melyen zöldségtermesztés alapvetően nem történt, korábban biodiverzitás sávnak használt, különböző gyógynövényekkel betelepített kertrész. Azonban a kísérletet megelőző évben szintén egy egyetemi kísérlet keretében használták kapor termesztésre a nyár egy részében.

A talajelőkészítéshez, mely megfelelt a gazdaságban használt protokoll módszerek, tolikapát (single wheel hoe), és gereblyét használtam (11. ábra). (A mélylazító villa (broadfork) is hozzátartozhat a módszerhez, ha a talajszerkezet nagyon kötött, azonban nálam ez nem merült fel, valamint minél kevésbé akartam a talajéletet megbolygatni.)



11. ábra
A vetéshez és gondozáshoz szükséges eszközök
(Forrás: saját kép)

A talajelőkészítést követően következett a vetés (11. ábra)A vetőbarázdákat sorhúzóval húztam meg. A területet 8 parcellára osztottam fel melyből 4 parcella kezelt terület volt, 4 pedig kezeletlen. A kezelt területre a gazdaságban termelt komposztból (marha + lótrágyából) szórtam ujjnyi vastagon, majd arra a MikoMax készítményből, majd pedig a 'Caribe' koriander fajta magját. A kezeletlen területek közül 3-ra csak a koriander mag került, és 1-re pedig komposztot is szórtam. Vetés után betakartam, majd gereblyével tömörítettem a vetőbarázdákat, ezután pedig beöntöztem a területet. Tehát az első vetés alkalmával 3 ismétlést csináltam a kezelt és kontroll területekről (az utóbbi nem kapott komposztot), míg a második vetésnél egy ismétlésre került sor mindkét, esetben és a kontroll területre is került komposzt.

A kísérleti terület elrendezése (Erdőkertes, 2022)

Kezelés Vetésidő	A1 Kezelt	B1 kontroll	A2 kezelt	B2 kontroll	A3 kezelt	B3 kontroll	A4 kezelt	B4 kontroll
2022.04.08	Mikomax Komposzt		MikoMax Komposzt		MikoMax komposzt			
2022.04.11							MikoMax komposzt	komposzt

A kelés a vetés után 8-10 nappal volt látható (Minimális eltéréssel a két időpont miatt).

Kapálás-gyomlálás:

-körülbelül 15 naponta

-2022.04.26

-2022.05.10-24

-2022.06.15

Öntözés: ha nem volt elég eső 2-5 naponta

-Betakarítás:

Ez is két részletben történ meg a vetésidővel arányosan. A koriander növényeket konyhai késsel vágtam a föld fölött körülbelül 5-8 cm-rel, azonban a növekedéssel arányosan, figyelni kellett, hogy ne legyen túl mély a vágás, ami a növény kiszáradását okozhatja. A növényeket csokorba szedtem (mivel piaci minőségüknek köszönhetően másnap eladásra kerültek), majd befőttesgumival fixáltam.

1. Szedés 2022.06.08.-06.11.

2. Szedés 2022.06.21.-06.24.

3.3 Vizsgálati módszerek

3.3.1 Terepi mérések

Talajmintavétel

A talajvizsgálathoz való mintákat minden parcellából véletlenszerűen 5 egymástól távol eső pontból, 0-10 cm mélységből vettem a gyökérszónából, majd homogenizálás után kivettem belőle 10g/parcella talajt melyet a laboratóriumi mérésekig hűtve tároltam a talaj biológiai aktivitás méréshez, valamint szárítva a tápanyagtartalom, glomalin, valamint humuszmenyiség és minőség mérésekhez. A talajminták tartalmaztak null kontrollt is melyet csak a talaj biológiai aktivitás mérésnél használtam és közvetlen a kísérleti terület mellett található talajból 0-10 cm mélységből vettem.

Növényi biomassza mérése

A koriander biomassza mérését a Zsámboki Biokertben végeztem. Szedés után a mintákat (friss zöld koriander hajtások) helyben ACS-E 30 kg-os digitális mérlegen mértem le (12. ábra), majd az adatokat excel táblázatban rögzítettem.



12. ábra
Második biomassza mérés
Forrás: saját kép)

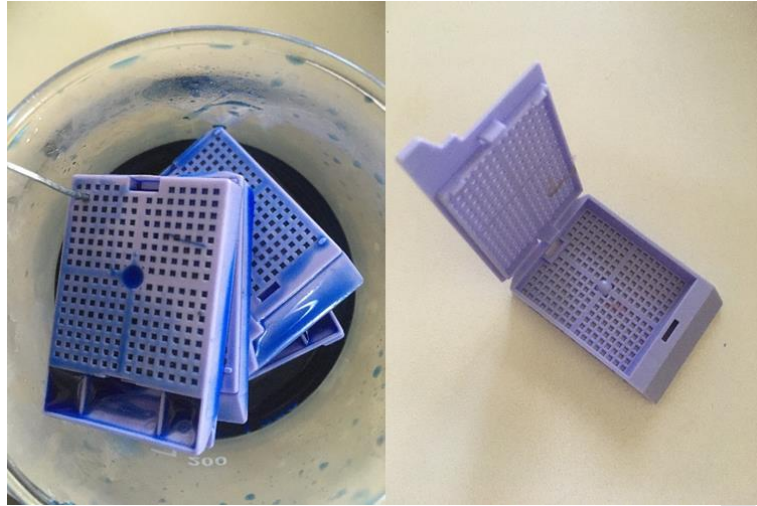
3.3.2 Laboratóriumi vizsgálatok

A laborvizsgálatokat a MATE Környezettudományi Intézetének Agrárkörnyezettani tanszékén végeztem, ahol a szükséges laboratóriumi eszközök mind elérhetőek voltak a munkafolyamatok elvégzéséhez.

Gyökérekolonizáció

A hajszálgyökémintákat (2 db növényről) minden parcellából véletlenszerűen választottam ki egymástól kb. 40 cm-es távolságban, majd a gyökerek között lévő talajt a helyszínen bő desztilláltvízzel kimostam. A mintákat a vizsgálat napjáig 70%-os etanolban fixáltam. A vizsgálatokat Phillips és Hayman (1970) útmutatásai alapján végeztem. Az alkoholos oldatból való kivétel után a gyökerek felaprítása történt kb. 1-2 cm-es darabokra, azután, a fragmentumok bekerültek egy gyökérfestő kazettába (13. ábra), melyben bő desztillált vízzel lettek átmosva. Ezután a gyökérmintákat 10% -os KOH-ba áztattam majd rögtön bekerültek a vízfürdőbe körülbelül 45 percre, melyet 15 percenként ellenőriztem, hogy elegendően átpuhultak-e. Miután a vízfürdőből kikerültek a KOH oldatot kiöntöttem és a gyökereket desztillált vízzel jól átmostam 3 ismétléssel. Ezután a gyökerekre 1%-os HCl oldatot öntöttem, hogy azt ellepje, és 3 percig állni hagytam. Ezután következett a gyökérfestés. A gyökerekre 0,04%-os tripánkék- oldatot öntöttem, hogy ellepje azokat, majd a vízfürdőben 90 °C-on 15 percig melegítettem, amíg a gyökereket megfelelően megfestette az oldat. A gyökérfestést követően, a szintelenítés következett, melyhez laktofenol-kék oldatot használtam.

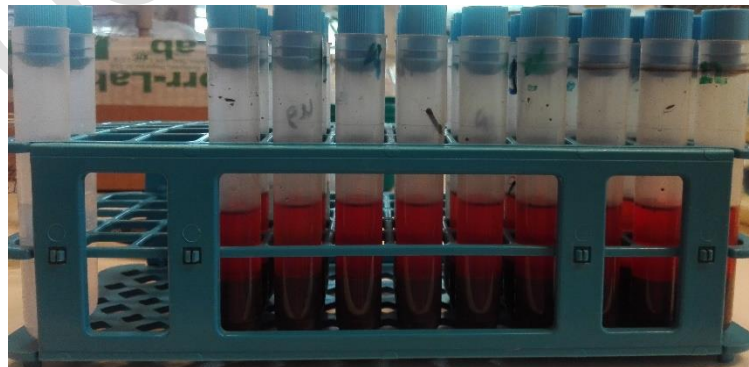
Utolsó lépésben minden egyes mintából véletlenszerűen kiválasztottam 30 db kb. 1 cm hosszúságú gyökérdarabot, melyeket egy skálázott Petri csészébe tettem, majd egyenletesen elosztottam az edényben. A mikorrhiza kolonizáltság, akkor 100%, ha a gyökér teljes hosszában és mindkét oldalán előfordul a mikorrhiza valamelyik képlete (arbuszkulum, vezikulum, hifa) Az eredmények fejezetben található ábrán (18. ábra), összesítve látható a kolonizációs arány, minden mikorrhiza fragmentumot beleértve. A becslési rendszer szubjektívásából fakadóan, különböző eredményeket hozhat.



13. ábra
Gyökérfestő kazetta
(Forrás: saját kép)

Glomalin vizsgálat

A talaj glomalin mennyiségének kivonását Wu, et al. (2014.) módszerének segítségével végeztük. A protokoll szerint a szárított talajt 8 ml 20 mM citrát pufferrel (pH 7,0) 121 °C-on és 0,11 MPa nyomáson 30 percig inkubáltuk, majd 10 000G-vel 5 percig centrifugáltuk. A felülúszót a könnyen kivonható talajfehérjékhez kapcsolódó glomalin fehérje (EE-GRSP) elemzéséhez használtuk. A kivonás után megmaradt talajt további 8 ml 50 mM citrát-puffer oldattal (pH 8,0) elegyítettük, majd újra 121 °C-on és 0,11 Mpa nyomáson 60 percig autoklávoztuk, és 10 000G-vel centrifugáltuk 5 percig. A második felülúszót használtuk a nehezen kivonható talajfehérjékhez kapcsolódó glomalin fehérje (DE-GRSP) szintjének meghatározására (14. ábra). A fehérjekoncentrációt a két felülúszóban Bradford (1976) szerinti spektrofotométerrel határoztuk meg, standardként szarvasmarha-szérumalbumint használva. Az EE-GRSP és a DE-GRSP összegeként fejeztük ki a teljes glomalin tartalmat (T-GRSP).



14. ábra
Minták elkészítése glomalin méréshez
(Forrás: saját kép)

Humusz minőség vizsgálatok

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

Dehidrogenáz enzim vizsgálat (Talaj biológiai aktivitás)

Szükséges oldatok

Tris-HCl puffer (100 mM=0,1M): Feloldottam 3,0285 g Tris (hidroxy methyl) -aminomethane-t 250 ml deszt. vízben beállítottam a pH-ját HCl-dal 7.6-ra 6-7.5 pH-jú semleges talaj esetében 250 ml-re egészítjük ki desztillált vízzel.

TTC oldat: 2,25 g TTC-t feloldottam 80 ml Tris-pufferben, majd 150 ml-re egészítettem ki a pufferrel:

Metanol

TPF standard oldat: Feloldottam 25 mg TPF-et 40 ml etanolban (500 μg TPF ml⁻¹) és 50 ml-re egészítettem ki etanollal.

Meghatározás menete: A TTC és TPF fény érzékenysége miatt az egész vizsgálatot szórt fény alatt szükséges végezni. 1 g nedves talajt mértem ki a kémcsövekbe és 1 ml TTC-t adtam hozzá, vortexeltem. A kémcsöveket lezártam és inkubáltam 24 h-án át 30 °C-on. A kontroll csak 1 ml tris-puffert tartalmaz (TTC nélkül). Az inkubációs idő lejártá után minden kémcsőbe 4 ml metanolt adtam majd alaposan összerázzuk, és tovább inkubáljuk szobahőmérsékleten 2 h-án át sötétben (időközönként összerázzuk a kémcsöveket). A talaj szuszpenziót (6 ml) leszűrtem és a tiszta felülúszót mértem blankkel szemben 546 nm-en (piros szín).

Kalibrációs görbe: Pipettázta 0, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 és 4,0 ml TPF standard oldatot mérőlombikba (50 ml), hozzáadtam 8,3 ml tris-puffert (pH 7,6) és kiegészítettem 50 ml-re etanollal, hogy a következő koncentrációkat kapjam: 0, 5, 10, 20, 30 és 40 μg TPF ml⁻¹.

Számolás: Leolvastam a TPF koncentrációkat ($\mu\text{g}/\text{ml}$) a kalibrációs görbéből a kontrollhoz igazítva, és a következők szerint számoltam:

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

ahol: dwt: 1g nedves talaj száraz tömege; m: a kimért nedves talaj tömege (g); V: a vizsgálat során a talajhoz adott oldat térfogata.

Dehidrogenáz enzim vizsgálat (TTC módszer) Thalmann (1968) módosított módszere alapján (Veres, et al., 2013).

Talaj tápanyagmennyvizsgálatok; foszfor-és kálium mennyiség meghatározása

A P és K mérésnél 5g talajhoz 100 ml AL-oldatot adtam, majd 1 óra rázatás után leszűrtem a mintákat (15. ábra). A szűrletből közvetlenül lángfotométerrel mértem a K-tartalmat.

A P tartalmat is ebből a szűrletből mértem, némi előkészítés után: Kivettem 10ml-t, hozzáadtam 15 ml ammónium-molibdenátot és 1 ml aszkorbinsavas ónkloridot. Ezután 15 perc állás után spektrofotométerrel mértem a transzmittanciát 438 nm-en. Ezeket az értékeket is behelyettesíttem a standard sor egyenletébe, és megkaptam a koncentrációt (mg/L) értékben. Az egyenlet: $y = 0,0076x^2 - 1,2169x + 82,36$ (standard sort kell készíteni, és polinomiális egyenletet kiválasztani.) Ide behelyettesíttem a kapott transzmittancia értéket az x helyére és a kapott értékek lesznek a koncentráció értékek. A P tartalom mérésnél 2 ismétlést csináltam, a kálium esetében 1 ismétlésre volt lehetőség.



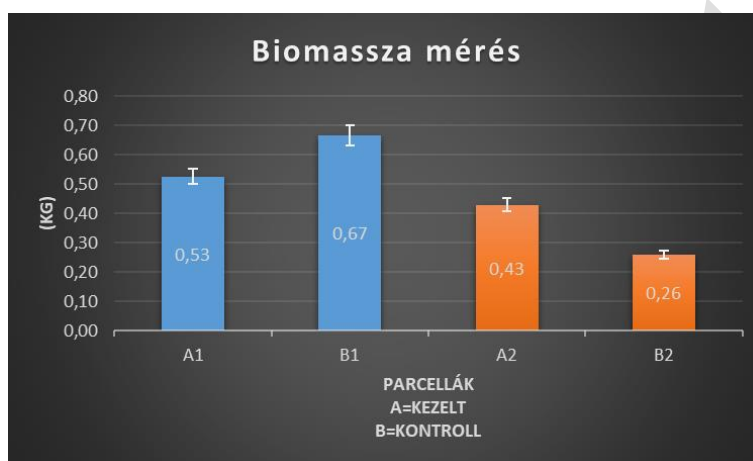
15. ábra
Oldatok elkészítése tápanyagtartalom méréshez
(Forrás: saját kép)

4. EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben összefoglalom a kísérletem eredményeit, grafikonon szemléltetve a mérési adatokat. A jobb átláthatóság érdekében a kezelt és kontroll parcellákat külön betűvel jelöltem. A=kezelt; B=kontroll.

Az első szedésből mért adatok, 3 ismétlés átlagát tartalmazzák, míg a második szedésnél egy ismétlést szemléltetnek az eredmények, mivel idő híján erre volt lehetőség. Tehát az mérések összehasonlításakor, ezt is figyelembe fogom venni.

4.1 Biomassza mérés



16. ábra

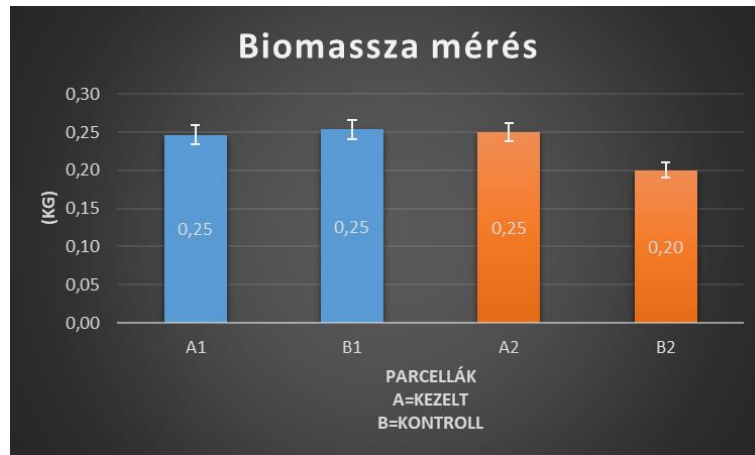
Az első koriander biomassza mérés eredményei.

2022.06.01 vetés=kék oszlop

2022.06.04 vetés =sárga oszlop

Az 16. ábra a koriander zöldtömeg mérésének első szedésből mért adatait mutatja. A kék színnel jelölt a korábbi, míg a sárga színnel jelölt oszlopok a későbbi vetésre utalnak. A fent látható eredmények alapján a mikorrhiza gombával kezelt talajon, a növényi biomassza tömege alacsonyabb volt, a kontroll parcellák eredményeivel összehasonlítva. A második szedés alkalmával már egyértelműen látszódik az oltóanyag hatása, ugyanis 0,17 kg-val magasabb a biomassza tömege.

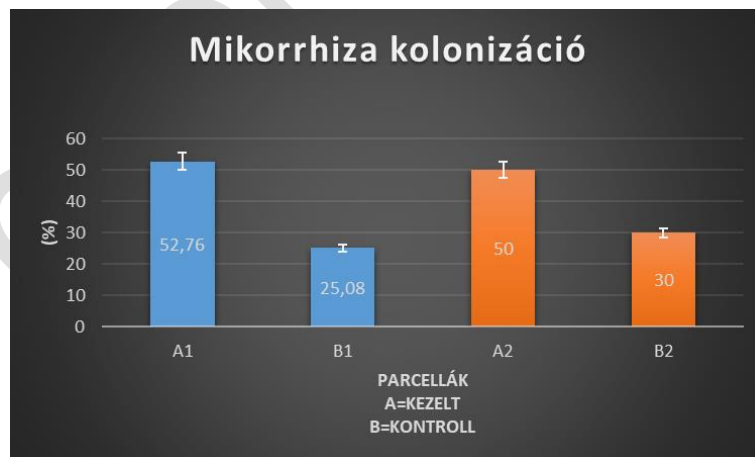
A mikorrhiza gombák pozitív hatással vannak a növény biomassza produkciójára, ezért alapvetően a kezelt parcellákon várható az intenzívebb növekedés. Ezzel szemben a kezelt parcellák esetében (A1-A2) a korábbi vetésnél 0,14 kg-mal alacsonyabb eredmény figyelhető meg, míg a későbbi vetésnél a kontroll parcella esetében 0,37 kg-mal alacsonyabb az eredmény. Összességében az első vetés eredményei magasabb értékeket mutatnak a második vetéshez képest, kifejezetten a kontroll parcelláknál, ahol 0,41 kg-mal alacsonyabb a későbbi vetésből származó minták biomassza tömege.



17. ábra
Az második koriander biomassza mérés eredményei.
2022.06.01 vetés=kék oszlopok
2022.06.04 vetés =sárga oszlopok

Az ábrán (17. ábra) a koriander zöldtömeg méréséből származó adatok láthatóak a második szedés után. Itt jól látszik, hogy mind a két vetési időszakból származó minták esetében összességében kevesebb volt a zöld tömeg, amely a koriander esetében az egyik legfontosabb paraméter felhasználási szempontból. Másrészt látható az eredményekből, hogy az első vetés esetében gyakorlatilag nem volt különbség a kezelések között a kontrollhoz képest (0,25 kg), ugyanakkor a második vetésnél a mikorrhiza kezelés esetén több volt a zöld tömeg 0,05 kg-mal.

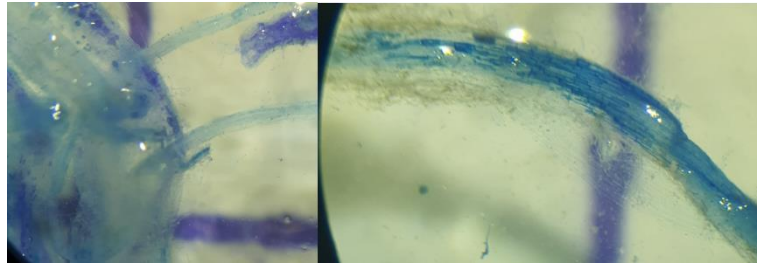
4.2 Gyökérkolonizáció mérés



18. ábra
Mikorrhiza kolonizáció mértéke a kezelt és kontroll parcellákon
2022.06.01 vetés=kék oszlop
2022.06.04 vetés =sárga oszlop

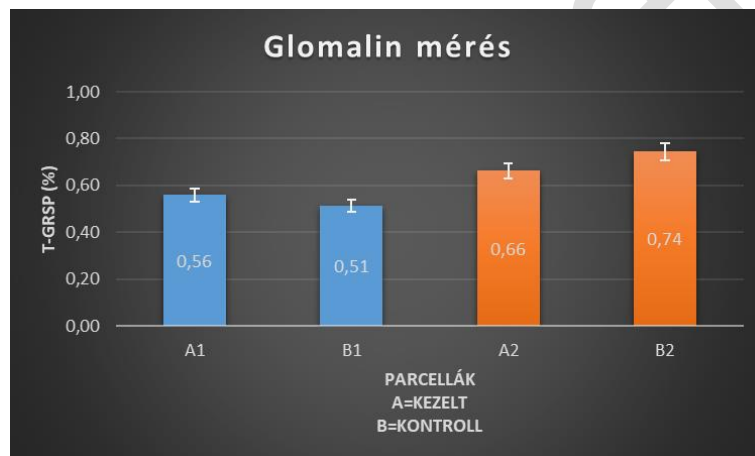
Az 18. ábra-n látható, hogy a kezelt parcellákon látványosan nagyobbak a százalékos értékek, mint a kontroll parcellákat jelölő oszlopok esetében. Alapvetően a vetési idők között minimális (0,2 %) eltérést lehet megfigyelni, a kontroll parcellákat összehasonlítva szintén csekély

eltérés látható a vetési idők között. A legmagasabb értéket az első vetéskor történt kezelések hozták (52,76 %), míg a legalacsonyabb mérések (25,08 %) az első vetések kontroll területein történtek.



19. ábra
Arbuskuláris-(jobbra) és vezikuláris (balra) mikorrhiza
fénymikroszkópos képe
(Forrás: saját kép)

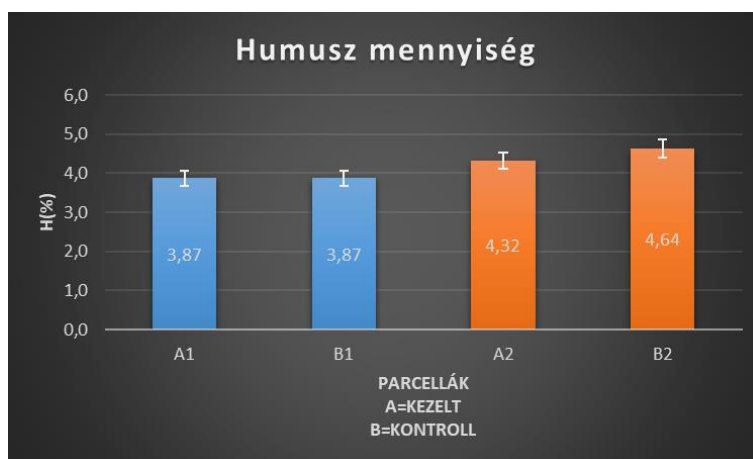
4.3 Glomalin mérés



20. ábra
Glomalin mérés eredményei
2022.06.01 vetés=kék oszlop
2022.06.04 vetés =sárga oszlop

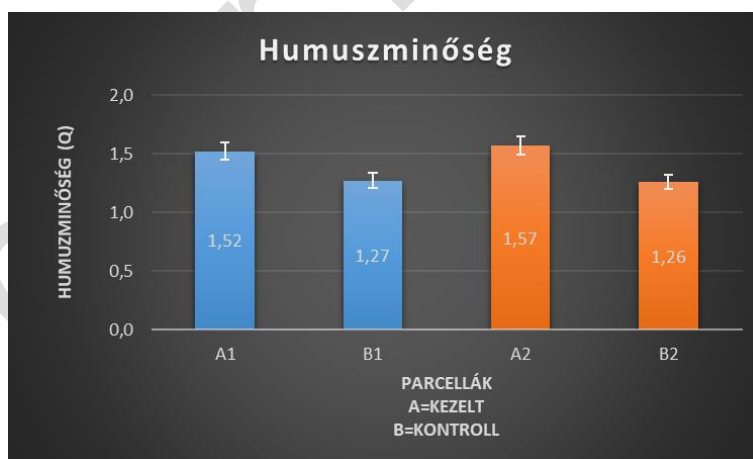
A talaj glomalin tartalmának mérési eredményeit a 20. ábra szemlélteti százalékos eloszlásban. Az első vetésből mért adatok átlagában láthatóan alacsonyabbak az eredmények, mint a második vetés esetében. Az utóbbinál a kontroll parcelláknál magasabb a glomalin tartalom (0,8%), míg első vetés esetében a kezelt parcellák átlagában látható kiugróbb eredmény.

4.4 Humusztartalom mérés



21. ábra
Humuszmennyiség mérés eredményei
2022.06.01 vetés=kék oszlop
2022.06.04 vetés =sárga oszlop

A fenti (21. ábra) ábrán láthatóak a kísérleti parcellák talajából mért humuszmennyiség értékei százalékos eloszlásban. Az első vetésből származó eredmények homogén képet mutatnak 3,87 H (%) -kal, míg a második vetésből történt méréseknél magasabb (0,32 %) humusztartalmat figyelhetünk meg a kontrollnál (B2).

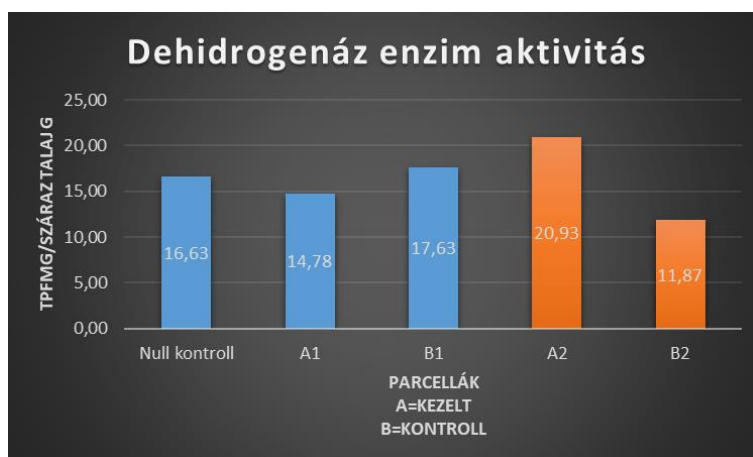


22. ábra
Humuszminőség mérés eredményei
2022.06.01 vetés=kék oszlop
2022.06.04 vetés =sárga oszlop

A humuszminőség mérés eredményeit az 22. ábra szemlélteti. A grafikon alapján egyértelmű, hogy mindkét vetési időt tekintve a kezelt parcellákon nagyobb a humuszminőség mint a kontroll területeken. A kezelt parcellák esetében, magasabb alig eltérő eredményeket figyelhetünk meg mindkét vetés esetében, míg a kontroll területek összehasonlításában szintén minimális a

vetések közti eltérés. Ugyanakkor az adatokból jól látszik, hogy a talajok humusz minősége kifejezetten jónak mondható, amely összefüggésben áll a rendszeres szerves anyag utánpótlással. A legmagasabb eredményeket a második vetés kezelésekor figyelhetjük meg (1,57) míg a legalacsonyabb érték a második vetés kezelt érték esetében van.

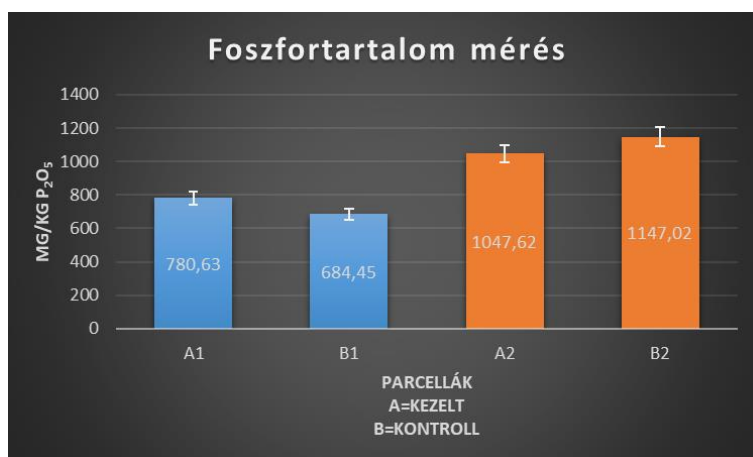
4.5 Talaj biológiai aktivitás vizsgálat



23. ábra
Talaj biológiai aktivitás mérési eredményei
(Dehidrogenáz enzim aktivitás (DHA))
2022.06.01 vetés=kék oszlop
2022.06.04 vetés =sárga oszlop

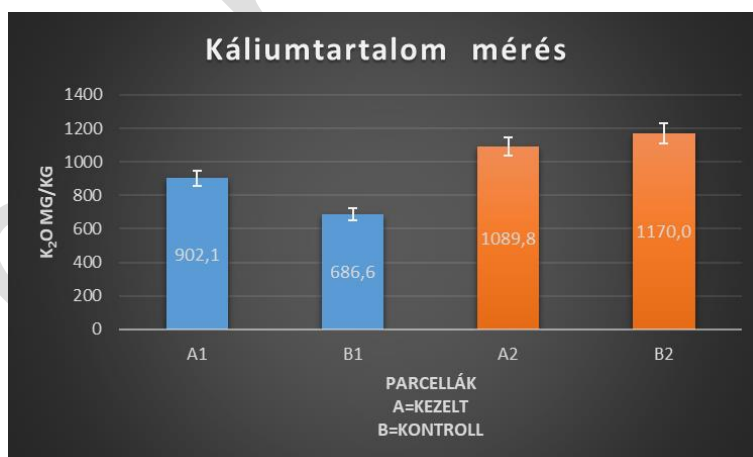
A talaj biológiai aktivitásának mérési eredményeit, a fenti (23. ábra) ábrán tüntettem fel, ahol látható egy null kontroll csoport is mely a viszonyítási alapot képezi. Az első vetésből származó minták esetében a kontroll, míg a második vetésnél a kezelt parcellákról vett talajminták értékei magasabbak. Az első vetésnél láthatjuk, hogy a kontroll és kezelt parcellák között nem jelentős a különbség, azonban a második vetésnél már a DHA emelkedésének hatására a kezelt parcella jelentős kiugrást mutat a kontroll területhez képest (9,06 TPFμg/száraz talaj g) A null kontroll az első vetéshez hasonló értéket mutat.

4.6 Tápanyagtartalom mérés



24. ábra
Foszfortartalom mérés eredményei
2022.06.01 vetés=kék oszlop
2022.06.04 vetés =sárga oszlop

A következő ábrán látható (24. ábra) adatok a foszfortartalom mérés eredményeit szemléltetik. Az első szedésből származó kezelt területek eredményei alacsonyabb értéket mutatnak a kontrollhoz képest, mely a második szedésnél pont fordítva figyelhető meg. A legkiugróbb eredmény a második szedés kontroll területén 1147,02 mg/kg P₂O₅, míg a legalacsonyabb érték az első vetés területéről származó talajminták átlagából származik (684,45 mg/kg P₂O₅).



25. ábra
Káliumtartalom mérés eredményei
2022.06.01 vetés=kék oszlop
2022.06.04 vetés =sárga oszlop

A kálium mérés eredményei (25. ábra) szintén változatos képet mutatnak. Az első vetés adatai a kezelt parcellák átlagában magasabbak, míg pont a fordítottja látható a második vetésnél. Az utóbbinál mindössze 0,1 K₂O mg/kg a különbség a kontroll terület javára, míg az első vetésnél a kezelt területek egyértelműen magasabb értéket mutatnak, a különbség 215,5 0,1 K₂O mg/kg. A talaj kálium tartalma

a foszfortartalomhoz hasonlóan alakult; a kezelt terület K tartalma kezdetben magasabb volt, de a második vetés esetén azonban már nem volt jelentős különbség a kezelések között. Ebben az esetben is megfigyelhető az, ami a foszfor esetében, hogy a második vetéskor a K tartalom mindenhol meghaladta az első vetésnél mért értékeket, de ez nem a kezelések hatása.

Póder Levente

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Ahogy az eredmények fejezetből is kiderült, két alkalommal került sor koriander biomassza mérésre. A mikorrhiza gombák pozitív hatással vannak a koriander biomassza produkciójára, ezért elsősorban a kezelt parcellákon volt várható az intenzívebb növekedés. Az ábrán (16. ábra) látható, hogy az első vetés alkalmával, feltehetően több időre volt még szükség, amíg az oltóanyag hatása érvényesül és meg tud indulni a gyökérkolonizáció, azonban a második vetéskor már egyértelműen látszódtott az oltóanyag hatása a kezelt területen. A második szedéskor (17. ábra) látható egységes eredmények az oltóanyag hatását a későbbi vetésnél szemléltetik, ahol a kontroll alacsonyabb a kezelt parcella értékeinél. De természetesen nem kizárólag az oltóanyag volt szerepe a növény zöldtömeg termelésében.

Ha a két szedés eredményeit összehasonlítjuk, látható, hogy az első szedéskor jelentősen magasabb a biomassza tömege. Ennek oka a korianderre jellemző heterofiliában keresendő, az-az a levélmorfológia átalakulásában, a növény élettani változásaiban. Az első szedés alkalmával jelen lévő fiatal hajtás, még lédús, vastag húsú, erős szárú volt, míg a második szedéskor a növény magszárat nevelt a levelek szeldeltebbek lettek, a növény nedvtartalma erősen lecsökkent. A biomassza csökkenésben szintén szerepet játszhatott a 2022 nyarán tapasztalt kiugró hőség, mely Magyarországon és Európa szerte korábban nem tapasztalt aszályt, jelentős vízproblémákat okozott. (7. ábra) Továbbá a biomassza mérési eredményei alapján arra következtethetünk, hogy a komposzt kezelés hatása nem befolyásolta jelentősen a növény zöldtömeg növekedését. Tervezett harmadik szedésre és mérésre már nem volt lehetőség mivel a terület teljesen kiszáradt.

A biomassza tömeg eredményeivel összehasonlítva, arra következtetésre jutunk, hogy az oltóanyaggal történő kolonizáció (18. ábra) sikeresnek mondható a növény és a mikorrhiza gomba között. Mivel a nyári időszak kedvez a mikorrhiza jelenlétének, melyet Füzy et al (2014) is alátámasztottak, azonban ez nem mindig jár együtt a növény esetében számottevő változással (pl. nagyobb biomassza tömeg). A talajoltás során előfordulhat olyan is, hogy a bevitt mikrobák számát oly mértékben megnöveljük, hogy az a növény számára terhet jelent és a túl sok exudátum miatt inkább hátrány, mint előny a kezelés. Ilyen fordulhat elő mikorrhiza gombával történő korai növényoltáskor, amikor a növénynek bizonyos időre van szüksége, hogy a gomba megtelepedését „túlélje” és az együttműködés később hasznos szimbiózissá váljon. (Biró, 2017). A vizsgálat során, arbuszkulum, hifa és vezikulum részeket is figyelembe vettem (nem jelenítettem meg adatsorba), melyek közül az arbuszkulumok száma mutatkozott a legmagasabbnak. Brundett (1991) szerint, a mikorrhiza általi kolonizáltság egész évben nem változik, ezzel szemben a szezonális dinamika az arbuszkulumok gyakoriságában jelenik meg, ezek a gazda-mikorrhiza kapcsolat funkcionalitását mutatják. Összességében a kísérlet sikeres volt azonban érdemes egy másik alkalommal hosszabb időperiódusban megismételni, mely tartalmaz több (3-4) szedési alkalmat is.

A talaj glomalin tartalma, habár érzékeny, tartóssága révén a talaj mikorrhizáltság megállapításához stabil indikátorként van jelen. Az arbuszkuláris mikorrhiza gombák (AM), mely a

legdominánsabb talaj mikrobiális közösség, a szárazföldi növények akár 80-90%-val alakít ki szimbiotikus kapcsolatot (Jakucs, 1999). Az AM gombák által termelt glomalin alapvető összetevője a talaj szervesanyag tartalmának és arányosan van a jelen az AM gombák mennyiségével. (Zou, et al., 2020). Eredményeink (20. ábra) alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az első vetésből mért adatok átlagában alacsonyabbak az értékek, mint a második vetés esetében, ami azzal magyarázható, hogy kezdetben kevesebb gomalin képződött a talajban, majd a későbbiekben emelkedett a mennyisége, de ez sem hoz jelentős különbségeket a kezelések között. Mivel a glomalin tartós a talajban, arra a következtetésre jutunk, hogy ezen mennyiségek már jelen voltak a kísérlet beállításakor is, mely nem változott a kísérlet időperiódusa alatt. Azonban további vizsgálatokra lenne szükség, mely a zárt, esetleg labori körülmények között vizsgálja a talaj T-GRSP tartalmát.

A talaj humusztartalma egy meglehetősen lassan változó paraméter, ezért az eredmények alapján jól látható, hogy a kísérleti talajok humuszellátottságban igen jók. Ennek feltehetően, azaz oka, hogy a gazdaságban (Zsámboki Biokert), folyamatos a szervesanyag utánpótlás, (szerves trágya, komposzt, növényi zöldhulladék), valamint a talajok bolygatása is minimálisra van korlátozva. Ezen tényezők fontosak (többek között), a talaj humuszgazdálkodásában. A talajban lévő humuszanyagok szerkezeti sajátosságaikban, tulajdonságaikban eltérőek, a legjobbak a zárt szemlancú, polimerizált, nagy molekula súlyú humuszanyagok. (Kocsis, 2012)

A talaj humusz (szerves anyag) tartalma és humusz minősége az egyik legfontosabb talajtani paraméter gazdálkodási szempontból. A talaj szervesanyag tartalma, meghatározza a talaj kémiai tulajdonságait (Juhos, et al., 2021) biológiai tulajdonságait (Kotroczó & Fekete, 2020), azonban a talajművelésnek is nagy szerepe van a szerves anyag tartalomra, valamint a fentebb említett tulajdonságokra. (Madarász, et al., 2021)

A talaj biológiai aktivitás (DHA) általánosan használt érzékeny indikátora a dehidrogenáz enzim aktivitás. Csak az élő sejtek mutatnak dehidrogenáz aktivitást, tehát a talaj aktuális mikrobiális aktivitásának legjobb mutatója. Irodalmi adatokkal való összehasonlítás után eredményeinkből arra következtethetünk, hogy a vizsgált talaj biológiai aktivitása nagyon jónak mondható. (Kotroczó, et al., 2022). A kiindulási (null kontroll) mintához képest kezdeti csökkenést figyelhettünk meg az első vetésből való mintavétel során. Ez azzal magyarázható, hogy a talaj tápanyagkészlete, elégnek bizonyult a növény számára, így nem volt szüksége a növénynek, hogy fokozza a talaj biológiai aktivitást. A glomalin vizsgálat eredményeinél ez szintén látható, ahol hasonló értékeket kaptunk. Később a tápanyag csökkenésével (foszfor), kismértékben emelkedett az aktivitás. Továbbá a második vetésnél jelentősen megemelkedett a DHA a kontrollhoz képest, ami a kontroll parcella komposzt kezelésével magyarázható, mivel feltehetően elegendő tápanyag volt a talajban. A jó minőségű érett komposzt azon kívül, hogy önmagában számottevő aktivitással rendelkezik, mint szervesanyag, tápanyagforrás, a talajban lejátszódó biológiai folyamatokhoz hozzájárul, tápanyagot szolgáltatva a mikrobák számára, emelve a talaj vízmegtartó képességét, valamint a talajszerkezetet, ezzel a talaj levegőzöttségét is javítja. (Rúbia, et al., 2021).

A mikorrhiza gombák egyik jelentős tulajdonsága, hogy fontos szerepet töltenek be a talaj foszfor ellátásában. Eredményeink ezt nem igazolják, ugyanis az első vetésből származó MikoMax oltóanyaggal kezelt minták értéke alig haladta meg a kontroll talajét, valamint a második vetésben a kontroll talaj foszfortartalma volt magasabb. Ezzel kapcsolatban azt feltételezhetjük, hogy a talaj foszfor ellátottsága megfelelő volt, ugyanis a foszforban gazdag talajok esetében nincsen szükség a mikorrhiza gombák segítségére a tápanyag szállításban.

A kálium mérés esetében hasonló megfigyelésekkel arra következtethetünk, hogy szintén a terület talajának megfelelő kálium ellátottsága miatt nem volt szignifikáns különbség a mérések között.

Póder Levente

6. ÖSSZEGZÉS

Szakdolgozatomban egy mikorrhizát tartalmazó termék (Mikomax) növekedésre, fejlődésre, gyakorolt jótékony hatását vizsgáltam, koriander kultúrában. Összehasonlításként kontroll növényeket vettem, melyek rálátást adtak arra, hogy a mikorrhiza gyökérkapcsoltság egy körülbelül két hónapos időperiodus alatt, milyen hatással lehet a korianderre növényre, valamint a talaj szerkezetére, tápanyag ellátottságára.

Szakdolgozatomban alapvetően három fő csapásvonal figyelhető meg, melyek iránymutatásul szolgáltak a legfontosabb kísérletek elvégzésében, ezek pedig a *Coriandrum sativum* növényvel kapcsolatos mérések, mint a biomassa mérés, a talajállapothoz kapcsolódó mérések, mint a humusztartalom és minőség mérés, talaj biológiai aktivitás (dehidrogenáz enzim (DHA)) mérés, tápanyagtartalom mérés, valamint az AM-val (mikorrhiza gombával) kapcsolatos mérések, mint a glomalin vagy a gyökér kolonizáció mérés. A terepi méréseket a Zsámboki Biokertben végeztem, ahol a kísérleti parcellát a termesztési protokoll (ágyáselőkészítés) alapján készítettem elő és gondoztam.

Alapvetően elmondható, hogy a talajjal és a koriander növényvel kapcsolatban vizsgált mutatók és eredményeik egyértelmű képet adnak arról, hogy a növénytermesztésben, van-e és lehet-e létjogosultsága a mikorrhiza készítményeknek érdemes-e alkalmazni őket. Mivel a kísérleti parcella egy szabadföldi terület, feltételezhetően a helyi körülmények (a talaj mikorrhiza tartalma, tápanyagtartalom) befolyásolták az eredményeket. A gyökérkolonizációval bebizonyosodott, hogy egy két hónapos periódus alatt, képesek a gombák kolonizálni a gyökereket, azonban a „valós” szimbiotikus kapcsolat létrejötte időt igényel, a zöldtömegnövekedésben ez nem feltétlenül jelenik meg. A koriander növény fiziológiai változásai (magszárnevelés) szintén csökkentették a zöldtömeget. Érdemes megemlíteni az 2022- ben tapasztalható hatalmas aszályt, melynek határozottan hatása volt a biomassa produkcóra, valamint nem kétséges, hogy az egyéb vizsgált mutatókat is befolyásolta. A talaj, a tájegységre jellemző jó minőségű mély termőrétegű, tápanyagban gazdag csernozjom barna erdőtalaj, melynek humusztartalma ezáltal igen magas. Ebből kifolyólag a glomalin, humusz és tápanyagtartalom mérési eredmények összességében ezt támasztják alá, mivel a kezelt és kontroll parcellák eredményei nem hoztak egyértelmű differenciát. A humuszminőség adataiból azonban kitűnik, hogy a kezelt területeken egyértelműen jobb eredmény mutatkozik, melyben feltehetően szerepe van a mikorrhiza készítménynek is.

Összességében elmondható, hogy a vizsgált paraméterek alapján az általam vizsgált MikoMax készítmény hasznos szerepet tölthet be egyes növénykultúrák termesztésénél, azonban a kísérlet megismétlése más talajtípuson szabadföldön, vagy esetleg zárt körülmények között, további, teljesebb képet mutatna ezen témában.

7. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Kotroczó Zsolt témavezetőmnek, aki folyamatos figyelemmel és segítőkészen kísérte végig munkámat és bármikor készségesen válaszolt kérdéseimre. Köszönettel tartozom Sundoss Kabalannak az Agrárkörnyezettani Tanszék PhD hallgatójának, a labormunkám során nyújtott segítségéért.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani a Zsámboki Biokert munkatársainak köztük Strenchock Logannek és Hayes Matthewnak a kísérletem beállításához nyújtott szakmai segítségért.

Szeretném megköszönni Reichardt Luca páromnak, jegyesemnek a türelmét, támogatását, hogy odaadásával és figyelmességével megteremtette a környezetet, hogy a diplomamunka elkészülhessen.

Póder Levente

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. Google, 2022. *Google maps*. [Online] Available at: <https://www.google.com/maps/place/Zs%C3%A1mbok> [Hozzáférés dátuma: 01 10 2022].
2. Abbaspour, H., 2010. Investigation of the Effects of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza on Mineral Nutrition and Growth of *Carthamus tinctorius* under Salt Stress Conditions. *Russian in Fiziologiya Rasterii*, pp. 564-570..
3. Amit, B. S., Manisha, M., Narottam, K. M. & Saikat, G., 2022. Agri-biotechnology of coriander (*Coriandrum sativum* L.): an inclusive appraisal. *Applied Microbiology and Agrotechnology*.
4. Baum, C., 2019. *Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG)*. [Online] Available at: <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/pflanzenbau/pflanzenernaehrung/dlg-kompakt-3-2019> [Hozzáférés dátuma: 10 10 2022].
5. Becse, A. és mtsai., 2010. Hatvani-sík. In: Z. Dövényi, szerk. *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest: MTA Földrajztudományi kutatóintézet, pp. 195-199..
6. Benning, J., 2015. *Botanb Lab*. [Online] Available at: <http://botany-lab.blogspot.com/2015/04/mycorrhizae-flora-fungi-partnership.html> [Hozzáférés dátuma: 13 10 2022].
7. Bernáth, J., szerk., 2000. *Coriandrum sativum*. L- Koriander. In: *Gyógy-és aromanövények*. Budapest: Mezőgazda Kiadó, pp. 262.-267..
8. Bernáth, J. és mtsai., 2018. *Coriandrum sativum* L. (Coriander). In: *Medicinal plant production*. Szent István Egyetem, Kerészettudományi Kar: Department of Medicinal and Aromatic Plants, pp. 38.-40..
9. Biró, B., 2017. Terménynövelők, biostimulánsok és bioeffektív megoldások. *Agrárágazat*, pp. 4-6.
10. Biró, B., 2020. Működik vagy nem?. *Agrárágazat*, 21. Július.
11. Bradford, M., 1976. Bradford, M.M. (1976): A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. *Anal. Biochem.* 72, 248–252.. *Analytical Biochemistry*, 90527(3), pp. 248-254.
12. Bratek, Z., Brandt, S., Bóna, L. & Csizmár, M., 2020. Mikorrhizált növények egy egészségesebb emberi környezetért. *Mezőhír*.

13. Brundett, M., 1991. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 21. kötet, pp. 171-313.
14. Chen, M. és mtsai., 2018. Beneficial Services of Arbuscular Mycorrhizal Fungi – From Ecology to Application. *Plant science*.
15. Dadiga, A., 2022. Seed Yield and Economic Returns in Coriander in Relation to Different Nutrient Combinations. *International Journal of Environment and Climate Change*, pp. 93-104.
16. Dahlberg, A., 2001. Community ecology of ectomycorrhizal fungi: an advancing interdisciplinary field. *New Phytologist*, pp. 555-562.
17. Danuba, 2022. *Danuba, Precíziós növénytermesztés és környezetbarát termékek*. [Online]
Available at: <https://www.danuba.hu/mikomax>
[Hozzáférés dátuma: 12 10 2022].
18. Eaglerock wiki, 2013. *Eaglerock wiki*. [Online]
Available at: <https://eagle-rock.org/Mycorrhiza>
[Hozzáférés dátuma: 10 10 2022].
19. Erdész, F. & Kozak, A., 2008.. A gyógynövényágazat helyzete. *Agrárgazdasági tanulmányok*, 4. szám. kötet, pp. 40.-48..
20. Füzy, A., Bothe, H., Molnár, E. & Bíró, B., 2014. Mycorrhizal symbiosis effects on growth of chalk false-brome (*Brachypodium pinnatum*) are dependent on the environmental light regime. *Journal of Plant Physiology*, 5. kötet, pp. 1-6.
21. Hargitai, L., 1963. Humuszanyagok minőségének vizsgálata ultrabolya spektrumaik alapján.. *MTA Agrártudományok osztálya közleményei*, 22. kötet, pp. 225-240.
22. Industry Arc, 2022. *Coriander Produce Market Overview*, Industry Arc: Industry Arc.
23. Jakucs, E., 1999. A mikorrhizaképzés. In: *A mikológia alapjai*. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó, pp. 187.-190..
24. Jakucs, E. & Vajna, L. szerk., 2003. Mikorrhizák. In: *Mikológia*. Budapest: Agroinform Kiadó, pp. 291.-303..
25. Jana, R. és mtsai., 2016. Arbuscular mycorrhiza differentially affects synthesis of essential oils in coriander and dill. *Mycorrhiza*.
26. Juhos, K. és mtsai., 2021. Carbon sequestration of forest soils is reflected by changes in physicochemical soil indicators - A comprehensive discussion of a long-term experiment on a detritus manipulation.. *Geoderma*, 385(114918), pp. 1-9.
27. Kocsis, I., 2012. *Talajtan és agrokémia*, Eszterházi Károly Főiskola: Borkultúra központ.

28. Kotroczó, Z. & Fekete, I., 2020. Significance of soil respiration from biological activity in the degradation processes of different types of organic matter. *Journal of Environment, Agriculture, and Energy*, pp. 1: 171-179.
29. Lukácsné, V. E. & Kutasy, E., 2007. *A hagyományos és az ökológiai gazdálkodási rendszerek hatása a talaj biológiai aktivitására*, REAL-MTA Könyvtárának Repozitóriuma: MTA.
30. Madarász, B. és mtsai., 2021. Long-term effects of conservation tillage on soil erosion in Central Europe: A random forest-based approach. *Soil and Tillage Research*, 209. kötet.
31. Magyar Biokultúra Szövetség, 2020. *Magyar Biokultúra Szövetség*. [Online] Available at: <https://biokultura.org/hu/biokultura-okopiac/okopiaci-arusok/1157-nagyon-fontos-elgondolkodnunk-hogy-a-magyar-biotermelesben-ki-lesz-a-kovetkezo-generacio-interju-a-zsamboki-biokerttel> [Hozzáférés dátuma: 15 10 2022].
32. Manjeseer, S. B. & Faizan, K., 2015. Dietary Spices in the Prevention of Rheumatoid Arthritis. In: R. W. Ronald, szerk. *Foods and Dietary Supplements in the Prevention and Treatment of Disease in Older Adults*. Science Direct: ismeretlen szerző, pp. 41-49.
33. Mark, C. B., 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist Foundation*, pp. 275-304..
34. Meteoblue, 2022. *Meteoblue*. [Online] Available at: https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/historyclimate/weatherarchive/zs%a1mbok_magyarorsz%a1g_3042504?fcstlength=1y&year=2022&month=10 [Hozzáférés dátuma: 25 09 2022].
35. Miller, R. M. & McGonigle, T. P., 1996. Mycorrhizae, phosphorus absorption, and yield of maize in response to tillage. *Soil Science Society of America Journal*, 60 (6). kötet, pp. 1856-1861..
36. Niloufar, H.-D., Sanni, M. A., Mahdieh, S. H. M. & Leho, T., 2022. Symbiotic fungi as biotechnological tools: Methodological challenges and relative benefits in agriculture and forestry. *Fungal Biology reviews*.
37. Paola, B. & Andrea, G., 2010. Mechanisms underlying beneficial plant-fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature communications*, pp. 1-5.
38. Pezhman, C., Mohktar, G. & Shayesteh, T., 2013. Assessing Cardinal Temperature for Germination in Coriander (*Coriandrum sativum*), Sainfoin (*Onobrychis vicifolia*) and Bitter Vetch (*Vicia ervilia*). *Annual Review & Research in Biology*, pp. 881-887.

39. Phillips, J. & Hayman, D., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 1. kötet, pp. 158-161.
40. Pirozynski, K. A. & Malloch, D. W., 6.. The Origin of Land Plants: A Matter of Mycotrophism. *Biosystems*, pp. 153-164..
41. Posta, K., 2013. *Termesztés-technológiai beavatkozások hatása arbuszkuláris mikorrhiza gombaközösségekre szántóföldi és kertészeti kultúrákban*, Gödöllő: Szent István Egyetem.
42. Remy, W., Taylor, T. N., Hass, H. & Kerp, H., 1994. Four hundred-million-year-old vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, pp. 11841-11843.
43. Romyana, G., Vanya, D. & Petar, C., 2022. Change in agronomic characteristics and essential oil composition of coriander after application of foliar fertilizers and biostimulators. *Industrial Crops and Products*.
44. Sasvári, Z., 2012. *Arbuszkuláris mikorrhiza gombák diverzitás-vizsgálata tartamkísérletekben*, Gödöllő: Szent István Egyetem.
45. Sasvári, Z., 2012. *Arbuszkuláris mikorrhiza gombák diverzitás-vizsgálata tartamkísérletekben*, Gödöllő: Szent István Egyetem.
46. Sharma, R. P. és mtsai., 2014. Coriander the Taste of Vegetables: Present and Future Prospects for Coriander Seed Production in Southeast Rajasthan. *Economic Affairs*, pp. 345-354.
47. Smith, S. E. & Read, D. J., 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. Harmadik kiadás szerk. London: Elsevier Ltd..
48. Songlin, F. és mtsai., 2022. Coupling of plant and mycorrhizal fungal diversity: its occurrence, relevance, and possible implications under global change. *New Phytologist*, pp. 1960-1966.
49. Thalmann, A., 1968.): Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid. *Landwirtschaft Forsch*, 21. kötet, pp. 249-258.
50. Thomas, J. és mtsai., 2017. Are mycorrhizal fungi our sustainable saviours? Considerations for achieving food security. *Journal of Ecology*, pp. 921-929.
51. Tridge, 2022. *Tridge*. [Online] Available at: <https://www.tridge.com/intelligences/coriander/HU> [Hozzáférés dátuma: 18 10 2022].
52. Veres, Z. és mtsai., 2013. Dehydrogenase Activity in a Litter Manipulation Experiment in Temperate Forest Soil. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 9. kötet, pp. 25-33.

53. Veres, Z. és mtsai., 2013. Dehydrogenase Activity in a Litter Manipulation Experiment in Temperate Forest Soil. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 9. kötet, pp. 25.-33..
54. Wang, B. & Qui, Y. L., 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, pp. 299-363..
55. Wu, Q. S., Cao, M., Zou, Y. & He, X., 2014.. Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae, and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliolate orange. 4, 5823.. *Scientific Reports*, 4(5823).
56. Ynes, O., dátum nélk. *Cilantro*, A food production wiki for public health professionals: Food Source Information, Colorado Integrated Food Safety Center of Excellence.
57. Zou, Y. és mtsai., 2020. Contribution of glomalin-related soil proteins to soil organic carbon in. *Applied Soil Ecology*, 154. kötet, pp. 2.-9..

Póder Leventis

9. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Koriander termesztése a világban Forrás: (Amit, et al., 2022).....	6
2. ábra A koriander termésmennyisége és ára/ tonna 2006-2018 között Magyarország koriander termesztése (Tridge, 2022).....	7
3. ábra Ekto- és endomikorrhiza felépítése (Eaglerock wiki, 2013)	11
4. ábra AM gomba mikroszkópos képe, arbuskulumokkal és hifákkal (Benning, 2015).....	12
5. ábra Ektomikorrhiza mikroszkópos képe (Benning, 2015).....	13
6. ábra Zsámbok település elhelyezkedése (Forrás: saját kép).....	16
7. ábra Csapadékmennyiség és hőmérsékleti viszonyok 2021.12.31-2022 között Zsámbokon (Meteoblue, 2022).....	17
8. ábra A gazdaság elhelyezkedése (Google, 2022)	17
9. ábra 'Caribe' koriander fajta (Forrás: saját kép).....	18
10. ábra MikoMax készítmény (Boros, 2020).....	19
11. ábra A vetéshez és gondozáshoz szükséges eszközök (Forrás: saját kép).....	20
12. ábra Második biomassa mérés Forrás: saját kép)	21
14. ábra Gyökérfestő kazetta (Forrás: saját kép).....	23
15. ábra Minták elkészítése glomalin méréshez (Forrás: saját kép)	23
16. ábra Oldatok elkészítése tápanyagtartalom méréshez (Forrás: saját kép).....	25
17. ábra Az első koriander biomassa mérés eredményei. 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop.....	26
18. ábra Az második koriander biomassa mérés eredményei. 2022.06.01 vetés=kék oszlopok 2022.06.04 vetés =sárga oszlopok	27
19. ábra Mikorrhiza kolonizáció mértéke a kezelt és kontroll parcellákon 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop.....	27
20. ábra Arbuskuláris-(jobbra) és vezikuláris (balra) mikorrhiza fénymikroszkópos képe (Forrás: saját kép).....	28
21. ábra Glomalin mérés eredményei 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop.....	28
22. ábra Humuszmennyiség mérés eredményei 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop	29
23. ábra Humuszminőség mérés eredményei 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop	29
24. ábra Talaj biológiai aktivitás mérési eredményei (Dehidrogenáz enzim aktivitás (DHA)) 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop	30
25. ábra Foszfortartalom mérés eredményei 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop	31
26. ábra Káliumtartalom mérés eredményei 2022.06.01 vetés=kék oszlop 2022.06.04 vetés =sárga oszlop	31

10. MELLÉKLETEK

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: PÖDER LEVENTE
A Hallgató Neptun kódja: 1019TE
A dolgozat címe: A talaj mikroorganizmusainak hatása a biotermészeti termékek előállítására és a talajszerveszertésre
A megjelenés éve: 2022
A konzulens tanszék neve: Agrobiológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s 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 szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2022 év 10 hó 28 nap

Pöder Levente
Hallgató aláírása

1 A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

2 A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A **Póder Levente** (név) (hallgató Neptun azonosítója: IO19T6) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfólió¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

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

Kelt: Budapest, 2022. év október hó 26. nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.