

SZAKDOLGOZAT

Lőrincz Bálint

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Kertészettudományi intézet

Kertészmérnöki alapképzési szak

ALMA MAGONCOK ÉS MIKORRHIZA GOMBÁK

KAPCSOLATÁNAK VIZSGÁLATA

Belső konzulens: Papp Dávid
egyetemi adjunktus

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:**
Kertészettudományi intézet
Gyümölcsstermesztési tanszék

Készítette: Lőrincz Bálint

Budapest

2025

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. Célkitűzés.....	4
3. Szakirodalmi áttekintés	5
3.1. Az alma botanikai jellemzése	5
3.2. A gyümölcsstermesztés kihívásai a jövőben	5
3.3. Növénykondicionáló készítmények és összetételük	8
3.4. Mikrobiológiai készítmények.....	10
3.4.1. Más tapasztalatok és tanulmányok a mikrobiológiai készítmények hatékonyságáról ...	11
3.5. Mikorrhiza-gombák ismertetése.....	13
3.5.1. A mikorrhiza kapcsolat típusai	13
4. Anyag és módszer.....	16
4.1. Gyökérminták fixálása	19
4.2. Gyökérminták festése metilénkékkel	20
4.3. Mikorrhiza kolonizáció vizsgálata mikroszkóppal.....	21
5. Eredmények és értékelésük	24
5.1. Kezelt és nem kezelt magoncok magasságának, növekedésének összevetése.....	24
5.2. Kezelt és nem kezelt magoncok zöldtömegének és gyökérsúlyának összevetése szárítás előtt.....	30
5.2.1. A magoncok zöldtömege szárítás előtt	30
5.2.2. A magoncok gyökérzetének tömege szárítás előtt.....	32
5.3. Kezelt és nem kezelt magoncok zöldtömegének és gyökérsúlyának összevetése szárítás után	34
5.3.1. A magoncok zöldtömege szárítás után	34
5.3.2. A magoncok gyökérzetének tömege szárítás után.....	36

5.4. A kapott adatok statisztikai elemzése	38
5.4.1. Normalitás és szóráshomogenitás vizsgálata	38
5.4.2. Alkalmazott statisztikai modellek	38
5.5. Értelmezés	40
6. Következtetések és javaslatok	41
6.1. Következtetések	41
6.2. Javaslatok	41
7. Összefoglalás.....	43
8. Irodalomjegyzék.....	45
9. Ábrák és táblázatok jegyzéke	48

Lőrincz Bálint

1. Bevezetés

Az almát (*Malus x Domestica* Borkh.) világszerte széles körben termesztik, és gazdaságilag fontos gyümölcs. Az alma termelése folyamatosan növekszik, és a termesztett terület is bővül. Az alma az agrártermékek között kiemelkedő fontosságú tápérték szempontjából, és az emberek számára egészséges gyümölcsként ismert. Globálisan a negyedik legnagyobb mennyiségben előállított gyümölcs, ugyanakkor a mérsékelt égövi termesztési övezetekben az első helyen áll a termelt volumen tekintetében. A FAO 2009-ben publikált adatai alapján a világ teljes almatermése 2007-ben megközelítette a 66 millió tonnát, ez a szám ma már 85-95 millió tonna, ami jól szemlélteti a faj gazdasági és élelmezési jelentőségét. Magyarországon az alma a legnagyobb termőterülettel rendelkező és mennyiségében legfontosabb gyümölcsfaj, amely korábban kedvező ökológiai adottságoknak és a termesztési hagyományoknak köszönhetően éves szinten elérte az 1,2 millió tonnás termésátlagot (Kopasz, 2023).

A megállíthatatlan klímaváltozás folyamata miatt a jövőben elengedhetlenné válnak a különböző termésnövelő és növénykondicionáló szerek. Ezek alkalmazása hazánkban is kiemelt fontosságú lesz. Az egyre gyakoribb tavaszi fagyok és nyári aszályok miatt kialakuló növényi stresszt ezen készítmények alkalmazásával tudjuk majd csökkenteni. Az alma kiemelkedő táplálkozási szerepét tekintve és a folyamatosan növekvő népesség miatt úgy vélem kiemelten fontos lehet a termesztésben, a termésmennyiség maximalizálása, illetve az adott fák általános kondíciójának növelése vagy magas szinten tartása például a mi esetünkben fontos mikorrhiza készítmények alkalmazásával.

2. Célkitűzés

Diplomamunkám kutatásában az elsődleges céloom az volt, hogy releváns különbséget találjak a mikorrhizával oltott és nem oltott alma magoncaim között fejlődési ütemben, és fejlettségi szinten. A kutatáshoz használt termék neve a Danuba cég által gyártott és forgalmazott MikoMax Garden volt, amely egy mikrogranulált mikorrhiza gomba koncentrátum, 5 különböző mikorrhiza törzs (Glomus mossea, Glomus geosporus, Glomus C. claroideum, Rhizophagus irregularis, Glomus microaggregatum) felhasználásával.

Lőrincz Bálint

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1. Az alma botanikai jellemzése

A termesztett alma (*Malus x Domestica* Borkh.) a rózsavirágúak (Rosales) rendjébe azon belül a rózsafélék (Rosaceae) családjába tartozó, a világon jelentős mennyiségben termelt, lombhullató gyümölcsfa. Vad fajokból kialakult (*Malus sieversii*, *Malus baccata*, *Malus orientalis*, *Malus sylvestris*) fajhibrid. Fő géncentruma Közép-Ázsiában található ami az alma fajok őshazája, és Kína ahol sok vadon élő és kultúrfajta található (Tóth, 2013).

Életformáját tekintve lombhullató kis fa vagy cserje (M életforma) melyre egyszerű, karéjos levelek jellemzőek. Egylaki és kétivarú, csomós, bogernyő vagy sátorozó fürtvirágai (fehér, rózsaszín vagy piros) vannak, 5 párta és 5 csészelevéllel. Idegentermékenyülő, rovarporozta fák. A termése botanikai értelemben nem igazi bogyó, hanem egy alma áltermés (pomum), amely gömbölyded alakú, két végén bemélyedéssel, rövid kocsánnyal és öt csészelevéllel. A termés viaszos héjú, alatta pedig öt hártvás rekeszben helyezkednek el a magvak. Termése különféle polifenolos vegyületeket és vitaminokat tartalmaz, a feldolgozóipar és a friss piac is hasznosítja (Horn, 1936).

Az alma átlagos hőigényű növény, optimuma 9-10 C° évi középhőmérséklet, vegetációs időben 18-19 C°. Nem tolerálja a szélsőséges hőséget vagy hideget, tipikusan mérsékelt égövi faj. Fényigénye közepesnek mondható (termés színeződés, rügydifferenciálódás szempontjából fontos). Csapadék igénye 600-800 mm jelent egy évben. A domborzati elterülését illetően, nagyjából 1000 m magasságig található meg. Talajra nem kifejezetten érzékeny (Tóth, 2013).

3.2. A gyümölcsstermesztés kihívásai a jövőben

Az emberi tevékenység által előidézett globális felmelegedés jelentős hatást gyakorol az ökológiai rendszerekre, ezen belül is a mezőgazdaságra. Magyarország területének mintegy 55%-át hasznosítják mezőgazdasági termelés céljára, amelyből mindössze körülbelül 3% tartozik a nagyobb gazdasági értéket képviselő szőlő- és gyümölcsstermesztéshez. A

gyümölcsfák terméshozamát és minőségét számos tényező befolyásolja, ugyanakkor a hazai termés kiesések mintegy 80%-a a fagy károsító hatására vezethető vissza. A téli, mélynyugalmi időszakban korábban jellemző, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti hőmérsékletek a globális felmelegedés hatására szinte teljesen eltűntek, viszont a tavaszi, virágzás idején bekövetkező fagyok továbbra is komoly kockázatot jelentenek. Ezek a körülbelül $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet-csökkenések a gyümölcsfák legérzékenyebb fenológiai fázisában fordulnak elő, és hatékony védekezési stratégia hiányában akár 50%-os termésvesztést is okozhatnak (Szabó, Bartholy, & Pongrácz, 2024).

A gyakori tavaszi fagyok mellett, a másik nagy probléma az egyenetlenül leeső és átlagban kevesebb csapadék a Kárpát medencében. A klímaváltozás elsősorban az átlaghőmérséklet emelkedésében, a fokozódó szárazodásban és az időjárási szélsőségek gyakoribbá válásában nyilvánul meg. Emellett hatása érzékelhető az évszakok jellegének módosulásában, valamint a nedves és száraz időszakok eltolódásában és átrendeződésében is.

A klímaváltozás várhatóan jelentős átalakulásokat idéz elő a gyümölcstermesztésben. Ennek következtében a gazdaságosan termesztendő fajok köre módosul, a bogyós gyümölcsök termesztési lehetőségei fokozatosan északabbra tolódnak, míg a csonthéjasok faj- és fajtagazdagsága átrendeződik. Ugyanakkor korábban különlegesnek számító fajok, mint a füge vagy a kivi, egyre inkább termesztésbe vonhatók, amire már a Dunántúlon is találunk példákat. A gyümölcsösök gyomflórája, a talajfelszín borító fűvek összetétele, valamint a kártevők, kórokozók (gombák, baktériumok) és természetes ellenségeik elterjedése szintén változóban van (Kajtar, 2020).

A gazdaságosan művelhető gyümölcsfajok száma csökkenhet, a szélsőséges időjárási elemek pedig tovább növelik a termesztés kockázatát. Különösen az Alföldön lévő ültetvényeket érinti súlyosan az aszály, ezért ezen a területen kiemelt jelentőséget kap a víztakarékos öntözés. Nemcsak a talaj kiszáradása, hanem a légköri aszály is komoly problémát okozhat, például a szamócaültetvényekben, ahol a gyökérzónába juttatott öntözővíz ellenére a növények lankadnak. Ilyen helyzetekben a párasító öntözés alkalmazása is indokolt lehet. A gyümölcstermesztés jelenleg elsősorban öntözés mellett biztosít gazdaságos termelést, és a szárazodás előrehaladtával az öntözés szerepe várhatóan tovább nő. Az öntözés nemcsak a növények vízellátását biztosítja, hanem elősegíti a vízben oldott tápanyagok felvételét is. Emellett fontos szerepe van a talaj mikroorganizmusainak, amelyek közreműködnek a talajképződésben és a tápanyagok feltáródásában, ezáltal hozzájárulnak a gyümölcsösök fenntartható működéséhez (Kajtar, 2020).

A klímaváltozás következtében az időjárási elemek egyre szélsőségesebbé válnak, amivel szemben a gyümölcstermesztőknek folyamatosan védekezniük kell, ami jelentős kihívást jelent a gazdák számára. Már a telepítés megkezdése előtt átgondolt stratégia szükséges annak érdekében, hogy a termesztés minél ellenállóbb legyen a szélsőséges időjárási viszonyokkal szemben. A gyümölcsösök esetében – kivéve a szamócat – nem lehetséges a termőállományt fedett termesztőberendezések alá helyezni. Ezért a sikeres gyümölcstermesztő olyan átgondolt megközelítést alkalmaz, amely nemcsak a faj és fajtaválasztást, hanem a megfelelő technológiák kialakítását, fagyvédelmi rendszerek, jégvédő hálók és öntözőrendszerek bevezetését is magában foglalja, így felkészülve a szélsőséges meteorológiai tényezők hatásaira (Kajtar, 2020).

A hagyományos védekezési módszerek mellett, mint a fagyvédelmi rendszerek, jégvédő hálók és öntözőrendszerek, egyre nagyobb szerephez jutnak a növénykondicionáló szerek és mikrobiológiai készítmények, amelyek elősegítik a növények stressztűrését és fokozzák a fenológiai fázisok stabilitását.

A növénykondicionáló készítmények, például huminsavak, algakivonatok vagy aminosav alapú szerek alkalmazása javítja a növények antioxidáns védelmi rendszerét, elősegíti a sejtfal erősödését és csökkenti a stresszhatásokat, például a hő vagy fagystressz által okozott károsodásokat (Syngenta, 2025).

Ugyanakkor a mikrobiológiai készítmények, például a mi esetünkben kiemelten fontos mikorrhiza gombák, baktérium trágyák és biostimulátorok, fokozzák a gyökérzet fejlődését, javítják a víz- és tápanyagfelvételt, valamint elősegítik a talajélet és a talaj mikrobiális egyensúlyának fenntartását (Agrárszektor, 2024).

A jövő gyümölcstermesztésében a kondicionáló szerek és mikrobiológiai készítmények integrált alkalmazása a fenológiai fázisokra, a termésminőségre és a stressztűrésre gyakorolt kedvező hatásuk révén lehetővé teszi, hogy a gyümölcsösök ellenállóbbá váljanak a szélsőséges meteorológiai eseményekkel szemben. Ez különösen fontos a gazdaságosan termesztendő fajok és fajták fenntartható termesztése szempontjából, mivel a klímaváltozás előrehaladtával a hagyományos öntözés és védekezési módszerek önmagukban már nem biztosítanak elegendő védelmet a károsító tényezőkkel szemben.

3.3. Növénykondicionáló készítmények és összetételük

A növények csak megfelelő kondícióban, optimális egészségi állapotban képesek a mennyiségileg és minőségileg is elvárható termés biztosítására. Ennek fenntartásában és javításában egyre nagyobb szerepet kapnak a növénykondicionáló készítmények, amelyek alkalmazása különösen időszerűvé vált napjainkban, amikor a klímaváltozás következtében a növénytermesztés ökológiai feltételei egyre kedvezőtlenebbül alakulnak.

A növénykondicionáló szerek olyan vegyületek, anyagok vagy készítmények, amelyek a növényi élettani folyamatok szabályozásával és fokozásával javítják a növények stressztűrő képességét, fejlődését, egészségét, a termés minőségét és a betakarítás utáni eltarthatóságát, anélkül, hogy tápanyagként vagy növényvédő szerként funkcionálnának. Ezek a szerek nem okoznak kockázatot az emberekre, állatokra vagy a környezetre, és a növényekben potenciális előnyökkel járó növekedést, fejlődést és/vagy stresszválaszt hoznak létre.

A rendszerezésük összetett feladat, mivel a legtöbb készítmény többféle összetevőt egyesít magában. A kategorizálást tovább bonyolítja, hogy a mikrobiológiai készítmények és a növénykondicionálók közötti határvonal nem minden esetben éles. A „mikrobiológiai készítmény” kifejezést elsősorban azokra a termékekre használják, amelyek baktériumokat és/vagy gombákat tartalmaznak, valamint ide sorolják a szimbiotikus nitrogénkötő szervezeteket és a biológiai növényvédelemben alkalmazott egyes fajokat magukban foglaló készítményeket is (Makleit & Nagy, 2022).

Elsőként tekintsük át az algákat. A zöld-, barna- és vörösalgák, valamint a cianobaktériumok számos növénykondicionáló termék fontos összetevői. Az algák az alacsonyabb rendű növények közé tartoznak, és jellemzően ugyanazokat a hormonokat termelik, mint a termesztett növényeink.

Az algák által előállított növényi hormonok, mint az auxinok, gibberellinek és citokininek központi szerepet játszanak a hajtás és részben a gyökérnövekedés szabályozásában, serkentve a sejtosztódást és sejtnagyobbodást. E folyamatok alapvetőek a növekedéshez (BMC Plant Biology, 2022).

Az algakészítmények gyakran tartalmaznak növényi tápelemeket is, amelyek az algasejtek lebomlását követően mineralizáció során felszabadulva a növények számára felhasználhatóvá válnak. Az algák előnyös hatása részben annak köszönhető, hogy sejtszintűen olyan molekulák, úgynevezett elicitorok találhatóak, amelyek stimulálják a növények védekező mechanizmusait. Az elicitorok aktiválják a növények önvédelmi folyamatát, fokozva a

károsítókkal szembeni ellenállóságot, valamint mérséklék az abiotikus stressztényezők (például vízhiány, tápanyaghiány, túlzott fény vagy UV-sugárzás) által okozott károsodás mértékét (Frontiers in Marine Science, 2024).

Az aminosavak számos növénykondicionáló összetevőjeként jelennek meg. Mind állati, mind növényi eredetű aminosavakat alkalmaznak, amelyek kémiai szerkezetük révén hatásaikban nem különböznek egymástól.

Az aminosavak a fehérjék építőkövei, melyek a növényi sejtekben szerkezetalkotó és enzimatis funkciókat látnak el, utóbbi révén alapvető szerepük van az anyagcsere folyamatok fenntartásában. Bár a növények képesek közvetlenül felvenni és felhasználni az aminosavakat, szerkezetük számára szükséges aminosavakat jellemzően a felvett szerves nitrogéntartalmú ionokból (nitrát és ammónium) állítják elő. E nitrogénasszimilációs folyamat azonban jelentős energia- és szénvázigénnyel jár. Az aminosavakkal történő táplálás során a növények energiát takarítanak meg, amelyet egyébként a nitrogén beépítésére kellene fordítaniuk (Pro-Feed Kft., 2025; NAK, 2022).

A gyógynövények és növényi kivonatok is számos növénykondicionáló termék alapvető összetevői. Míg a gyógynövények főként az emberi egészség javításában játszanak szerepet, kedvező hatással lehetnek más növények fejlődésére és védekezőképességére is. A növénykondicionálóknak felhasznált gyógynövények köre rendkívül széles.

A Citrusfélék (Aurantioideae), az Ajakosvirágúak (Lamiaceae), a Fenyőfélék (Abietaceae) és az Ernyősök (Apiaceae) családjainak fajai terpenoid típusú illóolajokat és triterpén vegyületeket tartalmaznak, melyek rovarriasztó és mérgező hatásúak. A fenolos vegyületek közé tartozó szalicilsav, amelyet például a fűzfajok (*Salix* spp.) tartalmaznak, a szerzett rezisztencia kialakulásában játszik szerepet. Az Ernyősök kumarinjai és furokumarinjai, valamint a Pillangósok (Leguminosae) izoflavonoidjai antimikrobiális és antifungális hatással rendelkeznek. A flavonoidok széles körben megtalálhatók a növényekben, és csökkentik az oxidatív stressz mértékét, antioxidáns tulajdonságaik révén (Makleit & Nagy, 2022).

A növényi kivonatok összetétele a készítés módjától függően tartalmazza a növény hatóanyagait, valamint az oldott tápelemeket. Mivel a gyógynövények hatóanyagait eredendően a károsítók elleni védekezésre termelik, szinte kifogyhatatlan forrásként szolgálnak azon növények számára, amelyeknek kivonatait növénykondicionálás céljából felhasználják.

3.4. Mikrobiológiai készítmények

A mikrobiológiai készítmények mikroorganizmusokat (például baktériumokat és gombákat) tartalmazó termékek, amelyek a talaj tápanyag-szolgáltató képességét javítják, a szerves anyagok lebontását segítik, növelik a tápanyagok felvehetőségét, és javítják a talaj egészségét és szerkezetét, így támogatva a növények egészséges fejlődését. Ezek a készítmények segítenek a növények tápanyagfelvételében, elősegítik a cellulózbontást, és hozzájárulnak a talajhigiéniához. Ilyen készítmény például az általam használt Mikomax is.

Alkalmazásuk hozzájárul az egészséges növényállomány kialakításához, miközben a fenntartható gazdálkodási gyakorlatok révén elősegítik a talaj termékenységének megőrzését és javítását. Emellett lehetővé teszik a szintetikus műtrágyák és növényvédőszer felhasználásának mérséklését.

A talajmikroorganizmusok oltóanyagokban való alkalmazása több mint egy évszázados múltra tekint vissza. Az úgynevezett első generációs oltóanyagok a pillangósvirágú növényekkel szimbiózisban élő Rhizobium fajok légköri nitrogénkötő képességére épültek, amelynek mértéke hektáronként akár 250 kg lehet, laboratóriumi körülmények között pedig elérheti a 400 kg-ot is. A hüvelyes növények oltása a mikrobiológiai oltóanyagok egyik legjelentősebb és legsikeresebb alkalmazási területének bizonyult. (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2023).

A műtrágyaárak jelentős emelkedése következtében fokozott figyelem irányul minden olyan anyagra, készítményre és technológiai megoldásra, amely a talajban lévő tápanyagok feltárását, mobilizálását vagy pótlását szolgálja a növényi igények kielégítésére. A kutatási és fejlesztési irányok napjainkban ennek megfelelően elsősorban e területre koncentrálnak.

A nitrogén mellett a foszfor az a tápelem, amelynek biológiai hozzáférhetővé tétele kiemelt jelentőségű. A szerves foszfor oldhatóságát a mikrobiológiai készítményekben alkalmazott baktérium és gombatörzsek által termelt kis molekulatömegű szerves savak biztosítják, amelyek fémionokkal komplexeket képezve elősegítik a foszfátok oldatba vitelét. E mikroorganizmusok ily módon hozzájárulnak a szerves foszfátok biológiai mobilizálásához, növelve a növények számára felvehető tápanyagmennyiséget (Sharma et al., 2013).

A tápanyagpótlás mellett számos egyéb területen is jelentős szerepet töltenek be ezek a speciális baktérium- és gombatörzsek, amelyek alkalmazása a jövőben további előnyökkel járhat a mezőgazdasági termelésben.

Az elmúlt évtizedben Európa hőmérséklete jelentősen emelkedett, meghaladva a globális átlagot. A felmelegedés az előrejelzések szerint a legsúlyosabb mértékben a Kárpát-medencét érintheti majd. A csapadékhiány, a hőstressz és a fokozott UV-sugárzás súlyos kihívások elé állítja a mezőgazdasági termelést. E környezeti tényezők káros hatásainak mérséklésében a mikrobiológiai készítmények kiemelt szerepet játszanak. A bennük található baktérium és gombatorzsek támogatják a növények vízháztartását, valamint segítik a szabad gyökök semlegesítését. Emellett ezek a mikroorganizmusok kulcsszerepet töltenek be a talajszerkezet fenntartásában is. A talajaggregátumok belsejében és azok felszínén jelen lévő mikrobák anyagcseretermékei elősegítik az aggregátumok összekapcsolódását és porozitásának megtartását. Az így kialakított szerkezet hozzájárul a szerves anyag megkötéséhez, mérsékli az eróziós folyamatokat, és javítja a talaj vízháztartását, ezáltal közvetett módon támogatva a talaj termékenységét és a növények fejlődését (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2023).

3.4.1. Más tapasztalatok és tanulmányok a mikrobiológiai készítmények hatékonyságáról

Egy Brazíliai kutatás arról számol be, hogy kereskedelmi forgalomban lévő mikorrhizális oltóanyag szántóföldi alkalmazása során, azt tapasztalták, hogy az oltóanyag befolyásolja a kukorica növények növekedését, tápanyagfelvételét, és élettani paramétereit, valamint hatással van a talaj mikrobiológiai tulajdonságaira is.

A mikorrhiza oltóanyagok hozzájárulhatnak a kukorica terméshozam javításához, a fejlődésük elősegítésével. Ebben az értelemben a tanulmány célja a mikorrhiza oltóanyag hatásának vizsgálata a gyökérszövet növekedésének dinamikájára, a gázcserére, a kukorica terméshozamára, és mikrobiális aktivitásra. A kísérlet értékelése a rizoszférikus talajban egy olyan művelés nélküli területen zajlott, ahol a területen a talajban különböző volt a rendelkezésre álló foszfor szintje. A kísérletet a 2019/2020-as és a 2020/2021-es vegetációs időszakban végezték. A növény kelése után 75 nappal értékelték a gyökér morfológiai paramétereit (teljes gyökérhossz (cm), átlagos gyökérátmérő (mm), gyökérfelület (cm²) és gyökértérfogat), a hajtásbiomassza-termelést, a növényi hajtások foszfortartalmát, a gázcserét és a kukorica rizoszférikus talajának mikrobiológiai tulajdonságait. A ciklus végén meghatározták a kukorica szemhozamát. Az AMF (arbuskuláris mikorrhiza gomba) oltás jótékony hatását figyelték meg a gyökér és hajtásparaméterekre, függetlenül a talaj foszforszintjétől. A kísérlet során (2019/2020-as szezonban) egyenletesen elosztott csapadék esetén az AMF oltás a savas foszfatáz aktivitás

90%-os, a mikrobiális biomassza széntartalmának (C-BIO) pedig 76%-os növekedéséhez járult hozzá, függetlenül a talaj foszforszintjétől. Ezzel szemben vízhiányos körülmények között (2020/2021-es szezonban) az AMF oltás 29%-os növekedést eredményezett a szemtermésben. Ferreira és munkatársai arra a következtetésre jutottak, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható mikorrhiza oltóanyag bevezetése a kukoricában előnyös a gyökérrendszer morfológiai paramétereire és fiziológiai tulajdonságaira, és elősegíti a megnövekedett foszfor hozzáférhetőséggel kapcsolatos enzimek aktivitását, hozzájárulva a növényi növekedéséhez egy művelés nélküli rendszerben (Ferreira, da Silva, Oliveira, & Santos, 2024).

Egy Kínai tanulmányban pedig arról olvashatunk, hogy metaanalízist készítettek arról, hogy az arbuskuláris mikorrhiza gombákkal történő oltás javítja a növények biomasszáját, valamint a nitrogén és foszfor tápanyagfelvételét.

Az arbuskuláris mikorrhiza gombák (AMF) mélyreható hatással vannak a növények növekedésére, valamint a nitrogén- (N) és foszfor (P) tápanyagellátására. Azonban átfogó értékelés arról, hogy a növények nitrogén és foszfortartalma hogyan reagál az AMF oltásra, még nem állt rendelkezésre. Ebben a tanulmányban 187 eredeti kutatás adatait gyűjtötték össze, és metaanalízist végeztek az AMF oltás utáni növényi növekedésre, valamint nitrogén és foszfor tápanyagellátásra gyakorolt hatásának felmérésére. Megfigyeltük, hogy az AMF oltás összességében pozitív hatással van a növények teljesítményére. A növényi biomassza, a nitrogén-koncentráció, a foszfor-koncentráció, a nitrogén- és foszforfelvétel átlagos növekedése a teljes növényben 47%, 16%, 27%, 67% és 105%. Az AMF oltás nagyobb mértékben növeli a növényben a foszfor koncentrációját és raktározódását mint a nitrogénét. A növények AMF oltásra adott válasza lényegesen magasabb egyetlen AMF faj esetében, mint a egyes AMF fajok esetében, laboratóriumi kísérletekben, mint terepi kísérletekben, és hüvelyeseknél, mint nem hüvelyeseknél. A növények nitrogén és foszfortartalmának válaszarányai pozitív korrelációt mutatnak az AMF kolonizációs sebességével, a nitrogén és foszfor adagolással, valamint a vízviszonyokkal, míg a kísérlet időtartamával nem változnak. Az AMF-beoltás legnagyobb és legkisebb hatását a növények teljesítményére a nitrát, illetve az ammónium alkalmazásakor figyelték meg. Ennek megfelelően ez a metaanalízis tanulmány egyértelműen arra utal, hogy az AMF-beoltás javítja a növények nitrogén és foszfor tápanyag felvételét, és szisztematikusan tisztázza az AMF-hatások változási mintázatait a különböző biotikus és abiotikus tényezők függvényében. Ezek az eredmények rávilágítanak az AMF-beoltás fontos szerepére a növények nitrogén és foszfor felvételének fokozásában, és hasznos

referenciákat nyújtanak az AMF-funkciók értékeléséhez a jövőbeli globális változások fényében (Wu, Li, Zhang, & Chen, 2024).

3.5. Mikorrhiza-gombák ismertetése

A mikorrhiza (görögül mykes = gomba, rhiza = gyökér) az egyik legfontosabb növény-gomba szimbiózis, amely során a talajlakó gombák és a növény gyökerei között szoros kapcsolat alakul ki. A mikorrhiza gombák obligát biotróf élőlények, fejlődésük és szaporodásuk kizárólag a gazdanövénnyel együttműködésben valósulhat meg. A gomba mikroszkopikus fonalai kiterjednek a talajban, növelve a tápanyag és vízfelvételi kapacitást, míg a növény a fotoszintézis révén szerves szénvegyületeket (cukrokat) szolgáltat a gombának. Ez az együttélés kölcsönösen előnyös: a növény jobb tápanyag és vízellátást kap, míg a gomba energiaforráshoz jut. A mikorrhizás állapot az edényes növények több mint 80 %-ánál kimutatható, így ez a kapcsolat kulcsszerepet játszik a szárazföldi ökoszisztémák működésében (SMITH et al., 1994).

A mikorrhizák evolúciós jelentősége is kiemelkedő, fosszilis bizonyítékok arra utalnak, hogy már mintegy 400–450 millió éve jelen lehettek, és hozzájárulhattak a növények szárazföldi elterjedéséhez (Smith & Read, 2014).

A mikorrhiza típusai eltérnek abban, hogy a gombafonalak milyen módon kapcsolódnak a gyökérhez, valamint mely növénycsoportokkal lépnek szimbiotikus viszonyba. Az alábbiakban a legfontosabb típusokat ismertetem részletesen.

3.5.1. A mikorrhiza kapcsolat típusai

Ektomikorrhiza

Az ektomikorrhizára jellemző, hogy a gomba fonalai nem hatolnak be a gyökér sejt testjébe, hanem kívülről burkolják azt. A külső felszínen sűrű hifaréteget (mantel) képeznek, és a gyökér kéregsejtjei között, de nem a sejtek belsejében helyezkednek el, úgynevezett Hartig-hálót alkotva. Ezt a típust főleg fás növények használják – például tölgyek (*Quercus*), fenyők (*Pinus*), nyírek (*Betula*) vagy nyarak (*Populus*) esetén fordul elő –, és gyakran bazídiumos vagy

tömlősgombák (pl. Amanita, Boletus, Cortinarius, Pisolithus stb.) képesek ilyen kapcsolat kialakítására. Az ektomikorrhiza előnyei közé tartozik a talaj szerkezetének javítása (a gombák hifái hozzájárulhatnak a talajrögök stabilizálásához), valamint a gomba általi tápanyagfeltárás, különösen nitrogén- és foszforsók mobilizálása. Emellett a gomba növeli a gazdanövény ellenállását bizonyos talajpatogénekkal szemben (Smith & Read, 2014; Tedersoo & Smith, 2013).

Endomikorrhiza - arbuskuláris mikorrhiza (AM)

A mi vizsgálataink alapján a legfontosabbak. Az endomikorrhiza azon alcsoportja, amelyben a gombafonalak behatolnak a gyökér kéregsejtjeibe, és ott specializált szerkezeteket, úgynevezett arbuskulusokat (fásszerű elágazó struktúrák) illetve vezikulumokat (tároló szerkezetek) hoznak létre. Ezek a struktúrák a tápanyagcsere helyszínei a gazdanövény és a gomba között.

Az arbuskuláris mikorrhizát kialakító gombák döntően a Glomeromycota törzshöz tartoznak. A jelenlegi rendszertan szerint az AM-gombák a Glomeromycotina alrendbe illeszkednek, amely több rendet (pl. Glomerales, Diversisporales, Paraglomerales, Archaeosporales) és számos nemzetséget foglal magában (Redecker et al., 2013).

Az arbuskuláris mikorrhiza a legelterjedtebb típus, a világ szárazföldi növényeinek többsége képes ilyen kapcsolatba lépni (Smith & Read, 2014).

Az AM-kapcsolat fő funkciói pedig a következők:

A gomba kiterjedt hifarendszere révén nagyobb talajtérfogatot vizsgál meg, így olyan tápanyagokat (különösen foszfort, cinket, vasat stb.) is elérhet, amelyek a gyökér számára magától nem hozzáférhetők. A növény vízfelvétele javul, mivel a finom hifák képesek bejutni a talaj apró pórusaiba, amelyekbe a gyökerek maguk nem érnek el (Pereira et al, 2011).

Stresszhelyzetekben, például aszály, sóstressz vagy nehézfém-szennyezés esetén – az AM-kapcsolat fokozhatja a növény védekezőképességét és antioxidáns rendszerét. Emellett az AM-gombák támogatják a talaj egészségének megőrzését, a hifák hozzájárulhatnak a talajrészecskék összekapcsolásához, növelve a talajszerkezet stabilitását. (Frontiers in Microbiology 2023).

A mikorrhiza hálózatok révén különböző növények is kapcsolódhatnak ugyanahhoz a gombaegyütteshez, így kialakulhat egy közös mikorrhiza hálózat („common mycorrhizal network”, CMN), amely révén a tápanyagok és jelek átvitele is lehetséges növények között (pl. szén áramlása) (Heaton et al., 2012, idézi Smith & Read, 2014).

Erikoid mikorrhiza

Az erikoid mikorrhiza elsősorban az Ericales rendbe tartozó növényeknél (például áfonya, hangafélék, Erica fajok) előforduló endomikorrhiza típus. Itt a gombák a finom hajszálgyökerek belsejében telepednek meg, a gombafonalak a gyökér kéregsejtjeiben hurokszerűen tekerednek, arbuszkulumok nélkül. gyakran sűrű hifacsomókat képeznek, amelyek a tápanyagátersztést szolgálják. Ezt a mikorrhizát jellemzi, hogy a növény olyan savanyú, tápanyagszegény talajon is képes fennmaradni, ahol más növények nehezen boldogulnának (Cairney & Meharg, 2003; Smith & Read, 2014).

Orchidoid mikorrhiza

Az orchidoid mikorrhiza kizárólag az Orchidaceae család tagjaira jellemző endomikorrhiza típus. A szimbiózisban részt vevő gombák többnyire Rhizoctonia szerű bazídiumos fajok, amelyek a gyökérsejtek belsejében pelotonokat, azaz fonalcsomókat képeznek. Ez a kapcsolat különösen fontos az orchideák korai fejlődési szakaszában, mivel a mikroszkopikus magvak tápanyagtartalma elhanyagolható, így a csíranövény a gombától kapja a szén- és ásványianyag-ellátást (Smith & Read, 2014; Dearnaley, Martos, & Selosse, 2012). Bizonyos fajoknál ez a függés felnőtt korban is megmarad, és mixotróf életmód alakul ki, ahol a növény a fotoszintézis mellett részben gombapartnereiből is tápanyaghoz jut (Selosse & Roy, 2009).

4. Anyag és módszer

A kísérletet a Szent István Egyetemen, ezen belül a Gyümölcsstermesztési Tanszék egyik laborjában végeztük. (<https://maps.app.goo.gl/obhzhfNXTVpc6vGyP9>) A tanszéken található gyümölcs hűtő tárolóból származó 'Gala' alma fajta termését használtuk fel a kutatáshoz.

Az almákat megpucolva magjaikat kinyerve, sterilizáltuk azokat, majd 15 hétre hűtőszobába helyeztük a kísérlethez szükséges magokat, a csírázáshoz elengedhetetlen hideghatás eléréséhez 2024. szeptember közepén. Magjaink 2024. december végén már csírázásnak indultak, így elkezdődött a nevelésük kis műanyag cserepekben. A tanszék laborjában steril termesztő berendezéseket (sátrakat) állítottunk fel, hangolható fény és hőmérséklet beállításokkal, aktív szellőzéssel. A hőmérsékletet 25 C°-ra állítottuk be. Majd a magoncokat, ezekben neveltük 6-8 leveles állapotukig. Ezt követően 2025. február 17-én jött a mikorrhiza készítménnyel való oltás (MikoMax Garden 360g) és egyben átültetés 3 decis poharakba, ahogy a következő ábrán is látszik.

1. ábra: Magoncok átültetése, oltása
(Forrás: Saját szerkesztésű fotó, 2025. február)



Az ültető közeg tőzeg volt, ültető poharrakkal együtt sterilizálva. A közeg sterilizálásához autoklávt használtunk 120 C°-on 20 percen át.

Összesen 20 db vizsgálandó minta került kialakításra, amit a mikorrhizás oltás után feleztünk. 10 oltott - 10 oltatlan mintát kialakítva, 1-10-ig számontartva. Az ültető közeghez Osmocote műtrágyát is kevertünk, a műtrágya leírt dózisa szerinti megfelelő mennyiségben.

A mikorrhiza készítmény összetétele:

5 féle mikorrhiza törzs

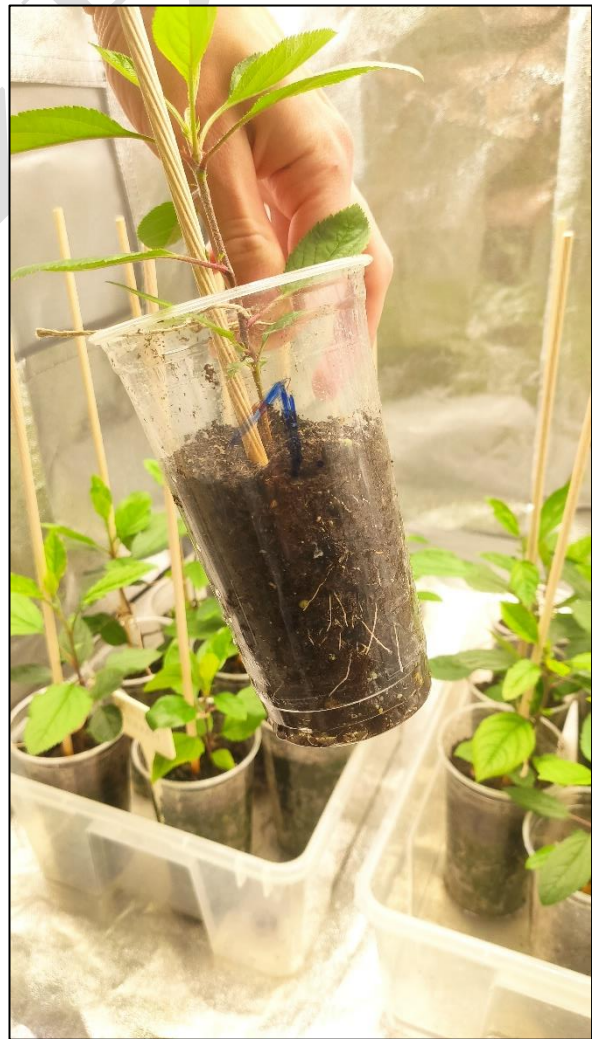
- (Funneliformis) *Glomus mossea*
- *Glomus geosporum*

- *Glomus C. claroideum*
- *Rhizophagus irregularis*
- *Glomus microaggregatum*

Mind arbuskuláris mikorrhiza gomba és a Glomeraceae családba tartoznak. A mikorrhiza készítmény leírása alapján, a gombáknak a gyökérrel való kapcsolódáshoz nagyjából 4 hét szükséges.

Az ültetés utáni első mérést 3 hét elteltével végeztük, március 10-én. Ekkor az oltott minták 21 naposak voltak. Az minták magasságát mértük, a poharakban lévő talaj felszínétől a növény legmagasabb zöld részéig. Az így nyert adatokat a jövőben is végig vezettük, értékeltük. Ahogy az ábrán is látható a növények egészségesek voltak, jól be is gyökeresedtek, és szépen fejlődtek.

2. ábra: A magoncok gyökeresedése, gyors fejlődése
(Forrás: Saját szerkesztésű fotó, 2025. március)



Az ezt követő magasság mérés április 3-án történt, 3,5 héttel később. A magoncok már 45 naposak voltak. A mikorrhiza szimbióta kapcsolatok elméletben teljesen kialakultak, így ennek tudatában vártuk értékelendő adatainkat. Ahogy az ábrám is mutatja 1 oltott és 1 oltatlan növényt felszámoltunk az állományból, hogy mintákat vehessünk gyökérzetükből a mikorrhiza kolonizáció bizonyítására és mikroszkópos értékelés céljából.

3. ábra: 1-1 db növény felszámolása mintavétel céljából
(Forrás: Saját szerkesztésű fotó, 2025. április)



4.1. Gyökérminták fixálása

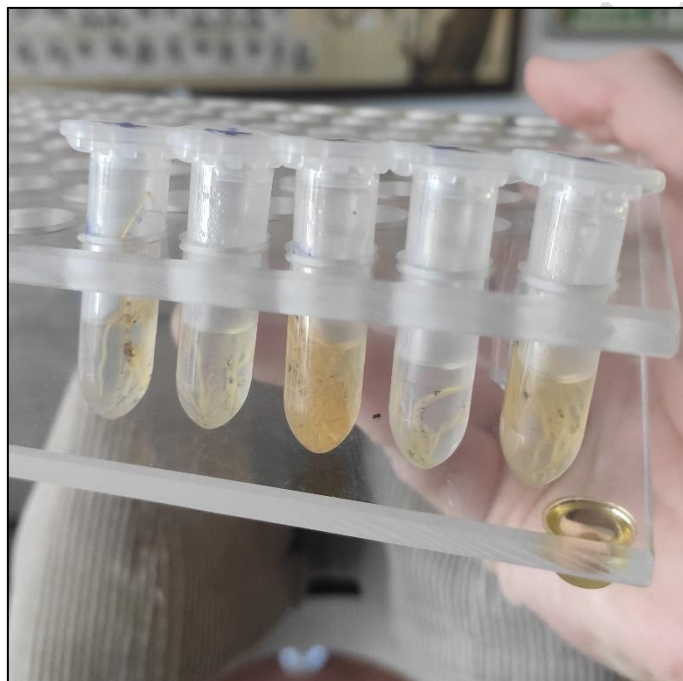
10-10 db mintát alakítottunk ki. A mintákat eppendorfbokba helyeztük, ahogy a 4. számú ábrán látható. A mikorrhiza vizsgálatokhoz a gyökérmintákat ecetsavas-alkoholos fixálóoldattal (AAF) kezeltük. A fixáló összetétele: 90 ml 70%-os etanol és 10 ml 96%-os ecetsav (9:1 arányban).

A frissen gyűjtött gyökérdarabokat a fixálóoldatba helyeztük, a minták térfogatának legalább

tízszeres mennyiségét alkalmazva, hogy a penetráció megfelelő legyen. A fixálás 24 órán át, szobahőmérsékleten történt. Ezt követően a mintákat többször átmostuk 70%-os etanollal, majd ebben tároltuk őket a további mikroszkópos vizsgálatokig.

A fixálás során az ecetsav segítette a sejtszerkezet megőrzését és a szövetek lágyabb állapotban tartását, míg az etanol dehidratáló hatása révén előkészítette a mintákat a későbbi festésre. Az eljárás különösen alkalmas mikorrhizás gyökerek előkészítésére, mivel megőrzi a gombafonalak és a kéregsejtek integritását, ugyanakkor nem gátolja a festékek (pl. Trypan blue, metilénkék) bejutását.

4. ábra: A gyökérminták fixálása
(Forrás: Saját szerkesztésű foto, 2025. április)



4.2. Gyökérminták festése metilénkékkel

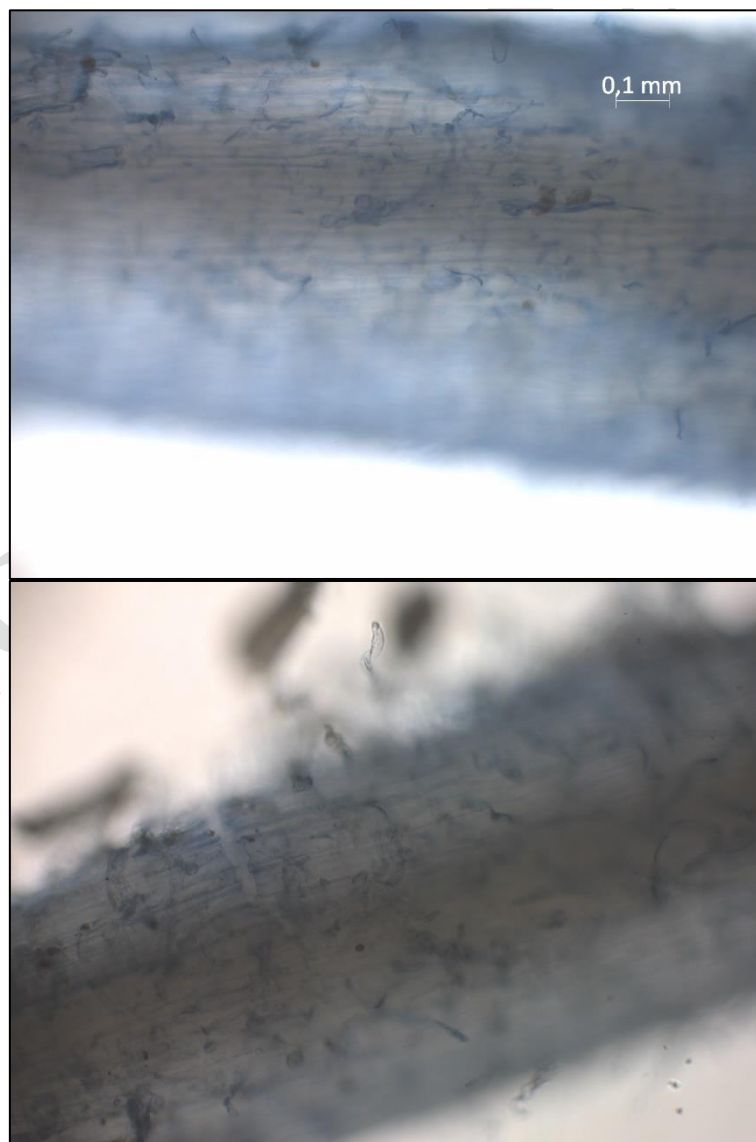
A fixálást követően a gyökérmintákat metilénkékkel festettük, a mikorrhizás struktúrák (hifák, arbuszkulumok, vezikulumok) kimutatása céljából. A mikorrhizás struktúrák kimutatására a Phillips–Hayman (1970) féle eljárás módosított változatát alkalmaztuk, metilénkékkel végzett festéssel (Grace & Stribley, 1991). A mintákat először 70%-os etanolból kivéve desztillált vízben átmostuk, majd 10%-os KOH-oldatban előkezeltük 15–30 percen keresztül 60–70 °C-on, a gyökérszövetek áttetszővé tétele érdekében. Az előkezelést követően a mintákat többször desztillált vízzel öblítettük, majd 0,05–0,1%-os metilénkék-oldattal festettük szobahőmérsékleten 20–30 percig. A felesleges festéket desztillált vízzel eltávolítottuk, majd a mintákat mikroszkóp alatt vizsgáltuk.

A festés eredményeként a gombafonalak és mikorrhizas képletek kék színnel váltak láthatóvá a gyökérsejtekben, lehetővé téve azok mikroszkópos azonosítását és értékelését. Ezekről képeket is készítettünk.

4.3. Mikorrhiza kolonizáció vizsgálata mikroszkóppal

A vizsgálatot a növényteni tanszék laborjában végeztük, Zeiss mikroszkóp segítségével. A mintákat különböző nagyítási fokokon (10× és 40× objektív) tanulmányoztuk, hogy a gyökérszövetekben kialakult arbuskuláris struktúrák, arbuskulumok, vesikulák jól láthatóak legyenek. Ezen túlmenően a vizsgálatok során tisztán láttuk az AM mikorrhiza gombák spóráit is, ami további bizonyítékot szolgáltatott a kolonizáció sikerére. A vizsgálatok során a

5. ábra: A kialakult kapcsolat bizonyítása, mikorrhiza gombák spórái
(Forrás: Saját szerkesztésű foto, 2025. április)



kolonizáció a kezelt növényeknél sikeresen kialakult (ahogy az 5. ábra szemlélteti), míg a kontroll csoportban nem volt megfigyelhető AM gombastruktúra.

A 9-9 darab magoncunkat neveltük tovább, majd 2025. május 5-én elvégeztük rajtuk az utolsó

6. ábra: A magoncok felszámolása
(Forrás: Saját szerkesztésű fotó, 2025. május)



magasság mérést mielőtt felszámolásra került a teljes állomány a további adatok és vizsgálatok céljából. Ekkor 4,5 hét telt el az előző mérések óta, a növények ekkor 77 naposak voltak az átültetéstől számítva. Ez idő alatt hatalmas növényi növekedést figyeltünk meg, a magoncok egészségesek, életerősek voltak mind az oltott és mind az oltatlan oldalon ahogy az 6. ábra is szemlélteti.

A mérést követően elkezdődött a növények felszámolása. A növényeket előkészítettük további mérésekre, ahol a gyökérszét és zöldrész súlyát mértük meg frissen illetve szárítva. A növények gyökerét alaposan megtisztítottuk, megmostuk őket tiszta vízben, ügyelve minden föld és szennyeződés letakarítására.

Ezt követően minden növényt elválasztottunk a gyökérnyak felett a zöld részektől (ahogy a 7. ábra mutatja) és mérlegem megmértük a gyökerek, illetve a zöld részek zöldtömegét külön-

7. ábra: Magoncok előkészítése a gyökérzet súlyának vizsgálatához
(Forrás: Saját szerkesztésű fotó, 2025. május)



külön. Ügyletünk arra, hogy a minták ne száradjanak ki és releváns értékeket kapjunk a friss minták mérésénél.

A dokumentációt követően, a mintákat légkeveréses szárítókamrában (a termesztő sátrakban) szárítottuk 35 °C hőmérsékleten, amíg a tömeg állandósult (5 nap alatt), azaz a növények teljesen elvesztették a vizet. A szárított mintákat digitális mérlegen mértük, így határoztuk meg a száraz tömeget.

Az így és az eddig nyert adatok alapján, kiszámítottuk a növények átlag növekedését, illetve különböző statisztikai módszerekkel vizsgáltuk azokat (Annova, normalitás teszt.). Közben folyamatosan össze vetve a kolonizált, illetve nem kolonizált növényeket az adatok alapján.

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Kezelt és nem kezelt magoncok magasságának, növekedésének összevetése

Mindhárom mérésnél a magoncok növekedését vizsgáltuk. A talajtól mértük őket a növények legmagasabb pontjáig, nagyjából 3-4 hetes időközönként, így kapva a táblázatokban látható eredményeket.

Az alábbi táblázat az **1. mérés** eredményeit mutatja centiméterben, a kezelések és átültetések után 21 nappal.

1. táblázat: Az első mérés eredményei centiméterben
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a mért adatok alapján, 2025.03.10.)

	KEZELT	NEM KEZELT
1.	13,5	19
2.	16,4	19,4
3.	13	10,5
4.	19	10,5
5.	9,5	15,3
6.	14	20
7.	13	12
8.	11,5	16
9.	14	13,2
10.	17,7	18,4

A táblázatról leolvasható a megadott napon mért magassága a növényeknek, és az alábbi statisztikai adatok;

Kezelt legkisebb: 9,5 cm

Kezelt legnagyobb: 19 cm

NEM kezelt legkisebb: 10,5 cm

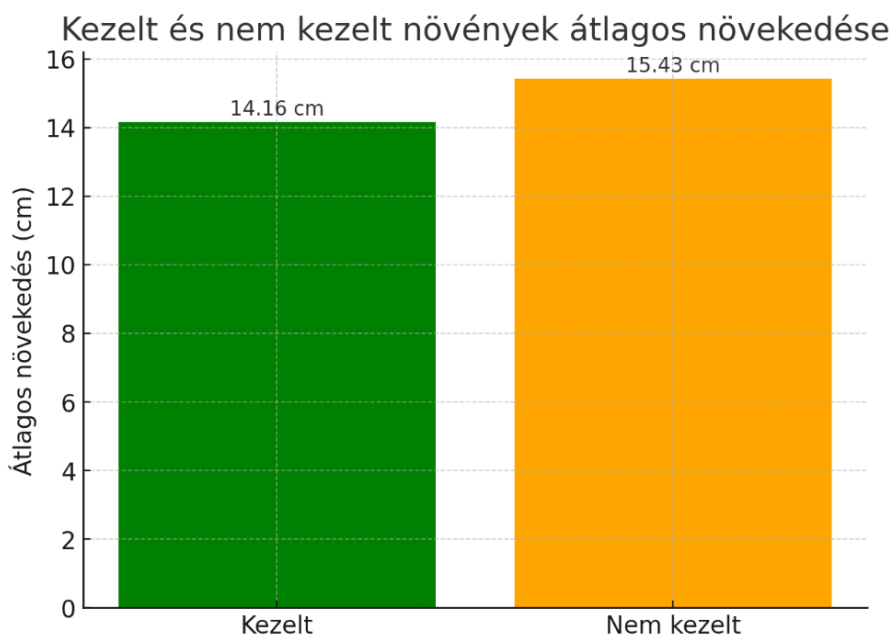
NEM kezelt legnagyobb: 20 cm

Kezelt átlag: 14,16 cm

NEM kezelt átlag: 15,43 cm

Szignifikáns különbséget nem figyeltünk meg. Általánosságban elmondható, hogy a nem kezelt egyedek jobban vették az átültetés utáni stresszt, és gyorsabban indultak fejlődésnek, mint a kezelt egyedek, ezt olvashatjuk le a 8. számú ábráról is. Az adatok alapján a nem kezelt növények átlagosan kicsit nagyobbra nőttek ($\approx 1,4$ cm különbség), de a szórásuk is nagyobb, tehát a növekedésük változékonyabb volt.

8. ábra: A növényi növekedés összevetése
(Forrás: Saját szerkesztésű ábra, 2025. március)



A táblázat a **2. mérés** eredményeit mutatja meg centiméterben, 24 nap telt el az előző mérés óta, és összesen 45 nap telt el a kezelések és átültetések óta.

2. táblázat: A második mérés eredményei centiméterben
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a mért adatok alapján, 2025.04.03.)

	KEZELT	NEM KEZELT
1.	36,5	37,5
2.	37,5	35,5
3.	31	33,5
4.	41	32
5.	31	29,5
6.	43,5	36
7.	40,5	33,5
8.	28	38
9.	32,5	23,5
10.	41,5	36

A táblázatról leolvasható a megadott napon mért magassága a növényeknek, és az alábbi statisztikai adatok;

Kezelt legkisebb: 28 cm

Kezelt legnagyobb: 43,5 cm

NEM kezelt legkisebb: 23,5 cm

NEM kezelt legnagyobb: 38 cm

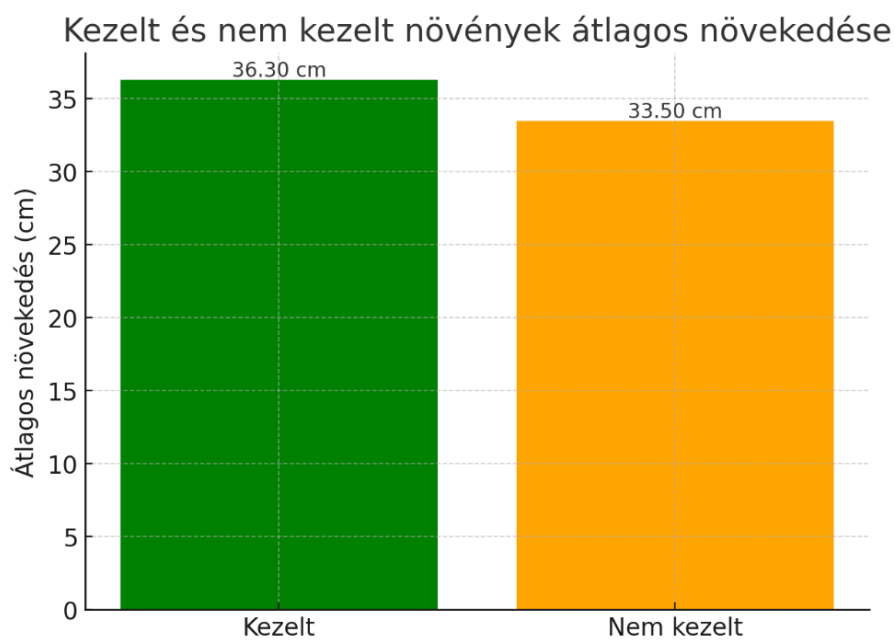
Kezelt átlag: 36,3 cm (92,25% -os növekedés)

NEM kezelt átlag: 33,5 cm

A 9. ábra jól mutatja, hogy a kezelt növények szemmel láthatóan behozták a lemaradásukat a kezeletlenekkel szemben, sőt nagyobbak erőteljesebbek lettek valószínűsíthetőleg a kialakult mikorrhiza kapcsolatok miatt. (Szárzság stresszt jobban bírják a kezelt növények)

A kezelt növények átlaga közel 3 cm-el magasabb, mint a nem kezelté. A szórás nagyobb a kezelt csoportban, ami arra utal, hogy az egyedek növekedése változatosabb, nem minden növény reagált egyformán. A legszembetűnőbb különbség a 9. ismétlésnél látszik, amit a 2. táblázat mutat (32,5 cm vs. 23,5 cm). Ez a kezelés pozitív hatását emelheti ki.

9. ábra: A növényi növekedés összevetése, mikorrhiza kapcsolatok kialakulása
(Forrás: Saját szerkesztésű ábra, 2025. április)



Ezt a mérést követően mintákat vettünk a magoncok gyökér végeiből, hogy kimutathassuk a mikorrhiza jelenlétet metilén kék festéssel. A nem kezelt és kezelt alanyokból is felszámolásra került 1-1 darab, így a későbbiek folyamán 9-9 mintát mértünk csak tovább.

A táblázat a **3. mérés** eredményeit mutatja meg centiméterben, 32 nap telt el az előző mérések óta és összesen 77 nap telt el a kezelések és átültetések óta.

3. táblázat: A harmadik mérés eredményei centiméterben
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a mért adatok alapján, 2025.05.05.)

	KEZELT	NEM KEZELT
1.	61	48
2.	57	-
3.	50	67,5
4.	76	57
5.	-	48,5
6.	74	62
7.	69	49
8.	40	58
9.	49	51
10.	54	49,5

A táblázatról leolvasható a megadott napon mért magassága a növényeknek, és az alábbi statisztikai adatok;

Kezelt legkisebb: 40 cm

Kezelt legnagyobb: 76 cm

NEM kezelt legkisebb: 48 cm

NEM kezelt legnagyobb: 67,5 cm

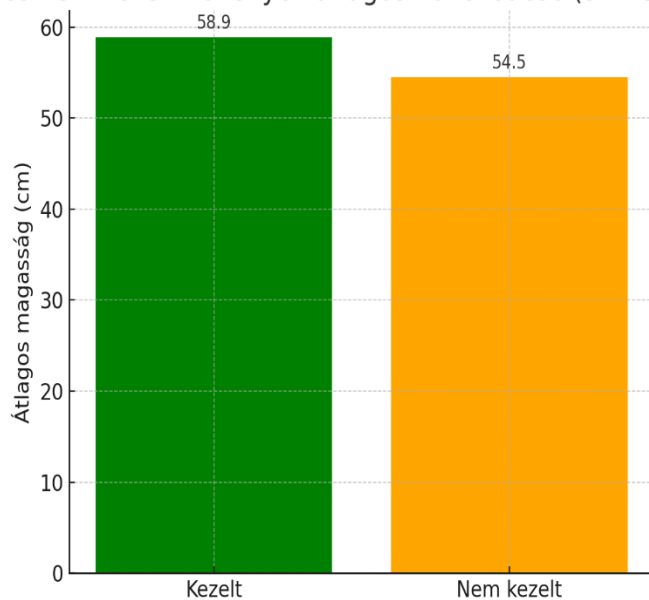
Kezelt átlag: 58,9 cm

NEM kezelt átlag: 54,9 cm

A hiányzó adatok (1-1 db növény felszámolása gyökérminták érdekében) miatt az elemzés kisebb elemszámon alapul. A 10. ábra megmutatja, hogy a kezelt növények átlagos növekedése itt is magasabb (~4 cm különbség), ami arra utal, hogy a kezelés azóta is pozitívan befolyásolta a növekedést. A kezelt csoportban ugyan úgy nagyobb szórás tapasztalható a kezelésre adott válasz változatosabb.

10. ábra: A növényi növekedés végső összevetése
(Forrás: Saját szerkesztésű ábra, 2025. május)

Kezelt és nem kezelt növények átlagos növekedése (3. mérés, 77 nap)



5.2. Kezelt és nem kezelt magoncok zöldtömegének és gyökérsúlyának összevetése szárítás előtt

5.2.1. A magoncok zöldtömege szárítás előtt

A zöldtömeg mérések célja annak megállapítása volt, hogy a mikorrhizas kezelések milyen mértékben befolyásolták a növények vegetatív fejlődését a szárítás előtti állapotban. A vizsgálat során a kezelt és a nem kezelt alma magoncok friss hajtásrendszerének tömegét mértük grammokban kifejezve, amit a 4. táblázat szemléltet.

4. táblázat: A magoncok zöldtömegének súlya grammokban, szárítás előtt
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a mért adatok alapján, 2025.05.05.)

	KEZELT	NEM KEZELT
1.	17,66	12,76
2.	19,90	-
3.	19,45	19,24
4.	23,28	17,70
5.	-	12,60
6.	24,05	19,30
7.	22,75	23,75
8.	15,95	20,18
9.	15,74	15,70
10.	16,80	7

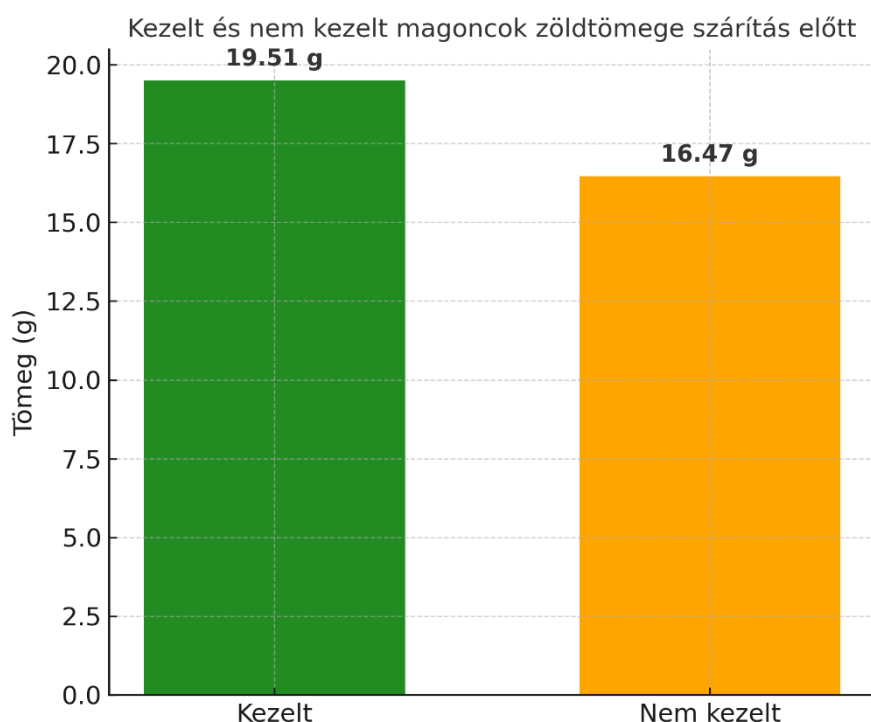
A táblázatról leolvasható a kezelt és nem kezelt növények friss zöldtömegének súlya.

Az adatok alapján a kezelt magoncok átlagos zöldtömege 19,51 g, míg a nem kezelt növényeké 16,47 g volt, ezt a 11. ábra is mutatja. Az átlagértékek különbsége jól szemlélteti, hogy a mikorrhizás kezelés kedvezően hatott a hajtásrendszer fejlődésére, a kezelt egyedek friss biomasszája ugyanis számottevően magasabbnak bizonyult.

A diagram alapján megfigyelhető, hogy a kezelt növények többsége magasabb friss tömeget ért el, míg a kezeletlen csoport adatai között több alacsonyabb érték is előfordult. Ez a különbség arra utal, hogy a kezelés hatására a növények aktívabban fejlődtek, ami a jobb tápanyag- és vízfelvételnek, valamint a fokozott fotoszintetikus aktivitásnak köszönhető.

Összességében elmondható, hogy a mikorrhizás kezelés pozitív hatása már a szárítás előtti friss zöldtömegekben is egyértelműen megmutatkozott. A kezelt magoncok nagyobb biomasszája a kezelés eredményességét igazolja, és megerősíti, hogy a mikorrhiza alkalmazása a vegetatív fejlődés korai szakaszában is jelentős előnnyel járhat a növények növekedésére nézve.

11. ábra: A friss zöldtömegek összevetése
(Forrás: Saját szerkesztésű ábra, 2025. május)



5.2.2. A magoncok gyökérzetének tömege szárítás előtt

A gyökértömeg vizsgálat célja annak meghatározása volt, hogy a mikorrhizas kezelés milyen mértékben járult hozzá a gyökérrendszer fejlődéséhez a szárítás előtti állapotban. A mérések során a kezelt és a nem kezelt alma magoncok friss gyökértömegét grammban fejeztük ki az alábbi táblázatban.

5. táblázat: A magoncok gyökérzetének súlya grammban, szárítás előtt
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a mért adatok alapján, 2025.05.05.)

	KEZELT	NEM KEZELT
1.	7,15	8,45
2.	6,83	-
3.	4,33	3,87
4.	5,89	8,20
5.	-	4,44
6.	10,17	7,83
7.	11,13	5,25
8.	14,49	5,73
9.	7,03	5,95
10.	7,71	8,47

A táblázatról leolvasható a kezelt és nem kezelt növények friss gyökértömegének súlya.

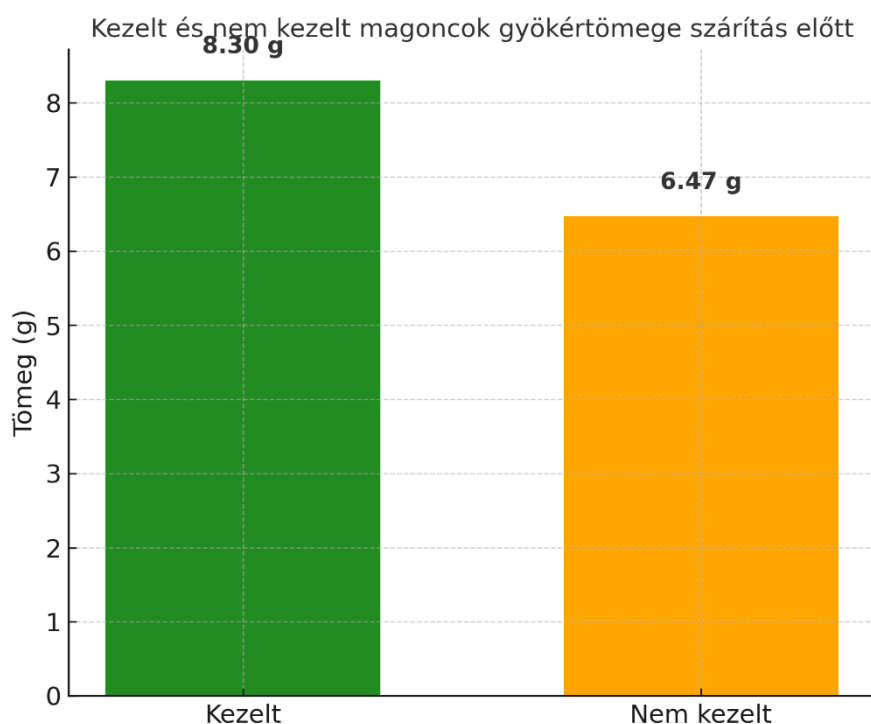
Az eredmények alapján a kezelt magoncok átlagos gyökértömege 8,30 g, míg a nem kezelt növényeké 6,47 g volt ahogy a 12. ábra is mutatja. A két érték közötti különbség egyértelműen a kezelt növények javára mutatkozik, ami arra utal, hogy a mikorrhizás kezelés elősegítette a gyökérrendszer fejlődését és biomassza-növekedését.

A kezelt magoncoknál tapasztalt magasabb gyökértömeg arra enged következtetni, hogy a mikorrhiza gombák hatására fokozódott a tápanyag- és vízfelvétel hatékonysága. A mikorrhizák a gyökérfelszint kiterjesztő gombafonalak segítségével növelik a talaj feltárásának hatékonyságát, ezáltal a növények a nehezebben elérhető tápanyagokat is könnyebben képesek hasznosítani.

A gyökérrendszer fejlettsége kulcsfontosságú a növény egészséges növekedése és stressztűrő képessége szempontjából. A kezelt magoncok esetében a nagyobb friss gyökértömeg nemcsak a gyökérfejlődésben, hanem a növény általános vitalitásában is megmutatkozik.

Összességében megállapítható, hogy a mikorrhizás kezelés pozitív hatása a gyökértömeg esetében is egyértelműen kimutatható. A kezelt növények fejlettebb gyökérrendszere bizonyítja, hogy a mikorrhiza gombák már a korai növekedési szakaszban is hatékonyan segítik a növények tápanyag felvételét és gyökérképződését.

12. ábra: A friss gyökértömegek összevetése
(Forrás: Saját szerkesztésű ábra, 2025. május)



5.3. Kezelt és nem kezelt magoncok zöldtömegének és gyökérsúlyának összevetése szárítás után

5.3.1. A magoncok zöldtömege szárítás után

A szárítás utáni zöldtömeg mérése a növények tényleges, vízmentes biomasszáját mutatja meg, amely pontosabban jellemzi a növények által termelt szárazanyag mennyiségét. Ez az adat jól tükrözi a növekedési folyamatok hatékonyságát, valamint a kezelés hosszabb távú élettani hatásait. A kapott adatokat a 6. táblázatba fejeztük ki.

6. táblázat: A magoncok zöldtömegének súlya grammban, szárítás után
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a mért adatok alapján, 2025.05.10.)

	KEZELT	NEM KEZELT
1.	8,86	6,29
2.	8,47	-
3.	8,92	8,38
4.	9,47	6,51
5.	-	6,05
6.	9,25	7,29
7.	12,15	9,28
8.	6,82	7,02
9.	4,87	5,44
10.	6,63	3,34

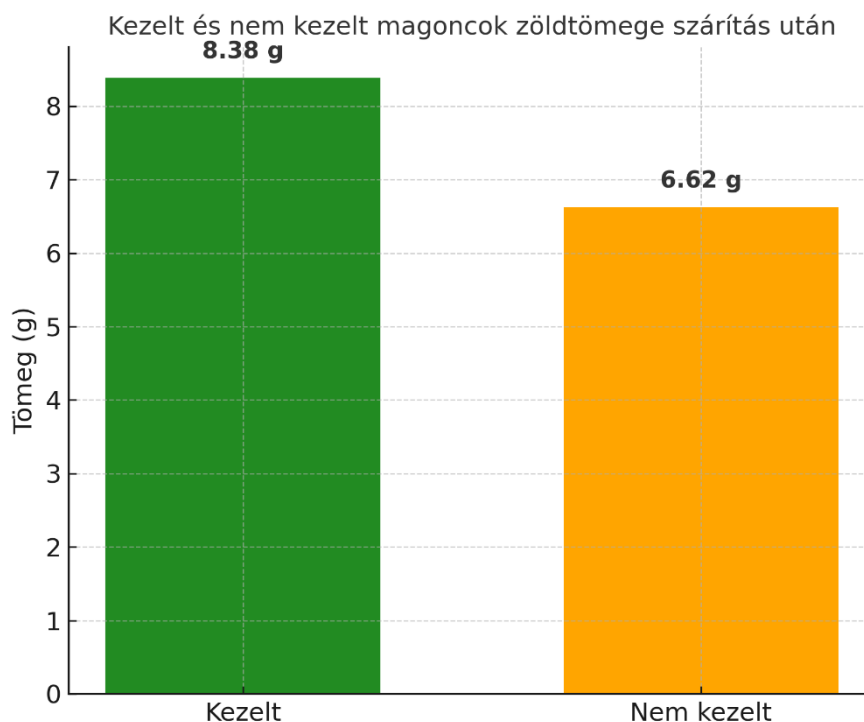
A táblázatról leolvasható a kezelt és nem kezelt növények szárítás utáni zöldtömegének súlya.

Az eredmények alapján a kezelt magoncok átlagos szárított zöldtömege 8,38 g, míg a nem kezelt növényeké 6,62 g volt. Az értékekből jól látszik, hogy a mikorrhizás kezelés után a növények szárazanyag felhalmozása is magasabb szinten alakult, ami a friss tömegnél megfigyelt tendenciát erősíti meg. Ezt a 13. ábra is jól mutatja.

A kezelt magoncok esetében a nagyobb szárított zöldtömeg a jobb tápanyaghasznosítás és a hatékonyabb fotoszintézis eredménye. A kezelés hatására a növények jobb kondícióban voltak, több szerves anyagot tudtak beépíteni a növekedés során, és a szárítás után is megmaradt a biomassza-többlet a kezeletlen növényekhez képest.

Megállapítható, hogy a mikorrhizás kezelés hatása a szárítás utáni zöldtömegben is egyértelműen kimutatható. A kezelt magoncok nagyobb szárazanyag tartalma a mikorrhiza által nyújtott tápanyag ellátottság javulásának és a fokozott anyagcserének a következménye.

13. ábra: A szárított zöldtömegek összevetése
(Forrás: Saját szerkesztésű ábra, 2025. május)



5.3.2. A magoncok gyökértömegének tömege szárítás után

A szárítás utáni gyökértömeg vizsgálata a növények valódi, vízmentes biomasszáját mutatja meg, amely pontos képet ad a gyökérrendszer fejlődéséről és a kezelés hosszú távú hatásairól. A 7. táblázatba a szárítás utáni értékek láthatóak. A mért értékek azt jelzik, hogy a mikorrhizás kezelés nemcsak a friss tömeg, hanem a tényleges szárazanyag felhalmozás szintjén is kedvezően befolyásolta a növények fejlődését.

7. táblázat: A magoncok gyökértömegének súlya grammban, szárítás után
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a mért adatok alapján, 2025.05.10.)

	KEZELT	NEM KEZELT
1.	2,71	2,27
2.	2,16	-
3.	2,80	1,36
4.	2,09	2,46
5.	-	1,08
6.	3,50	2,33
7.	4,17	1,56
8.	3,68	1,63
9.	2,44	1,56
10.	1,05	2,25

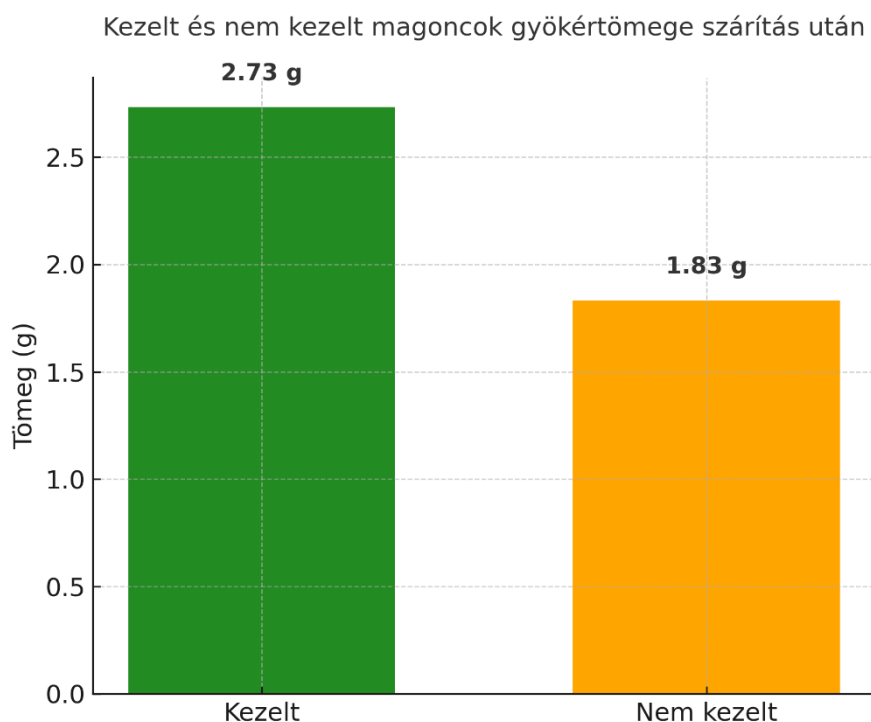
A táblázatról leolvasható a kezelt és nem kezelt növények szárítás utáni gyökértömegének súlya.

A vizsgálatok szerint a kezelt magoncok átlagos szárított gyökértömege 2,73 g, míg a nem kezelt növényeké 1,83 g volt ahogy ezt a 14. ábra is jól mutatja. A különbség a két csoport között egyértelmű, a kezelt növények közel 50%-kal nagyobb száraz gyökértömeget mutattak, ami a kezelés hatékonyságát támasztja alá.

A kezeletlen növények esetében a gyökértömeg kisebb, ami arra utal, hogy mikorrhizás kapcsolat hiányában a növények tápanyag- és vízhasznosítása kevésbé hatékony, így a gyökérrendszer fejlődése is mérsékeltebb maradt.

A szárítás utáni gyökértömeg vizsgálata megerősíti, hogy a mikorrhizás kezelés nemcsak a növények vegetatív részeinek friss növekedését, hanem azok szárazanyag-felhalmozását is pozitívan befolyásolja. A kezelt magoncok fejlettebb gyökérrendszere a szimbiózis sikeres kialakulását és a kezelés hosszú távú hatékonyságát bizonyítja.

14. ábra: A szárított gyökértömegek összevetése
(Forrás: Saját szerkesztésű ábra, 2025. május)



5.4. A kapott adatok statisztikai elemzése

Az adatok feldolgozása és kiértékelése az R statisztikai programmal történt. A vizsgálat célja annak meghatározása volt, hogy a mikorrhizas készítménnyel való oltás milyen mértékben befolyásoltja az alma magoncok növekedését és biomassa felhalmozását.

Az elemzés során a „KEZELT” és „NEM KEZELT” csoportokat hasonlítottuk össze hét különböző paraméter tekintetében; a növénymagasság három mérési időpontjában (1., 2. és 3. mérés), valamint a zöldrész és a gyökér friss (szárítás előtti) és száraz (szárítás utáni) tömegében.

5.4.1. Normalitás és szóráshomogenitás vizsgálata

A parametrikus tesztek alkalmazhatóságát két feltétel alapján ellenőriztük: az adatok normál eloszlása és a varianciák homogenitása.

A Shapiro–Wilk teszt eredményei egyik vizsgált paraméter esetén sem utasították el a normalitás nullhipotézisét ($p > 0,05$), ezért a normalitás feltétele teljesült.

A varianciák egyenlőségét Levene teszttel ellenőriztük, melynek eredményei minden paraméter esetében $p > 0,05$ értéket mutattak, így a szóráshomogenitás feltétele is teljesült. Ezek alapján a parametrikus ANOVA modellek alkalmazása statisztikailag megalapozottnak bizonyult.

5.4.2. Alkalmazott statisztikai modellek

Mivel minden mérési időpont ugyanazon növényekre vonatkozott, az időbeli mérések összevetésére ismételt mérések kétutas varianciaanalízist (Two-way Repeated Measures ANOVA) alkalmaztunk, ahol a kezelés típusa (kezelt/nem kezelt) és az időpont (1., 2. és 3. mérés) szolgáltak főhatásként.

A biomassa-adatok (zöld- és gyökértömeg szárítás előtt és után) független mérések voltak, ezért ezekre egyutas ANOVA vizsgálatot végeztünk.

A szignifikancia szintet $\alpha = 0,05$ értékben határoztuk meg. Az eredményeket $p < 0,05$ esetén statisztikailag szignifikánsnak tekintettük.

A vizsgálat során a mért változók közül egy esetben mutatkozott statisztikailag igazolható különbség a két csoport között. A „Gyökér súly szárítás után” paraméter esetében a mikorrhizás kezelés szignifikáns hatást gyakorolt a gyökértömegekre ($F(1,16) = 11,0$; $p = 0,0042$). A kezelt csoport átlagos szárított gyökértömege 2,73 g, míg a nem kezelt kontrollcsoporté 1,83 g volt, ami a kezelés hatására közel 50%-os növekedést jelentett a gyökér biomasszájában.

A többi hat vizsgált paraméter esetében a különbségek nem érték el a statisztikai szignifikanciaszintet ahogy ez a 8. táblázatban látható. A „Zöldrész súly szárítás után” esetében a $p = 0,065$ érték megközelítette a szignifikanciahatárt, ami biológiailag releváns növekedési tendenciára utal, még ha statisztikai értelemben nem is tekinthető szignifikánsnak. A növénymagasság és a friss tömeg adatai (gyökér, zöldrész) egyik mérésnél sem mutattak statisztikailag kimutatható eltérést a csoportok között.

8. táblázat: Az ANOVA eredményeinek összefoglalása
(Forrás: Saját szerkesztésű táblázat a statisztikai adatok alapján)

Vizsgált Paraméter	F-érték	Szabadságfok (df1, df2)	p-érték	Eredmény
Gyökér súly szárítás után	11.0	(1, 16)	0.0042	Szignifikáns
Zöldrész súly szárítás után	3.90	(1, 16)	0.0654	Nem szignifikáns
3. növ. mérés	2.66	(1, 16)	0.122	Nem szignifikáns
Zöldrész súly szárítás előtt	2.41	(1, 16)	0.140	Nem szignifikáns
2. növ. mérés	1.92	(1, 18)	0.182	Nem szignifikáns
Gyökér súly szárítás előtt	1.82	(1, 16)	0.196	Nem szignifikáns
1. növ. mérés	0.272	(1, 18)	0.608	Nem szignifikáns

A táblázat a p-értékek alapján csökkenő sorrendben mutatja a hatás erősségét.

5.5. Értelmezés

A statisztikai elemzés eredményei azt mutatják, hogy a kezelés szignifikánsan növelte a szárított gyökértömeget, ami alátámasztja a mikorrhizák szerepét a tápanyag és vízfelvétel hatékonyságának javításában, valamint a gyökér biomassza növelésében.

A többi paraméter esetében ugyan nem alakult ki statisztikailag igazolható különbség, de a legtöbb mérésnél a kezelt növények átlagos értékei magasabbak voltak, ami a kezelés pozitív biológiai hatásának tendenciáját jelzi.

Összességében elmondható, hogy a kapott eredmények megerősítik, hogy a mikorrhizás kezelés kedvezően befolyásolta a növények fejlődését, különösen a gyökér biomassza tekintetében, ami a növények hosszú távú vitalitása és stressztűrő képessége szempontjából kulcsfontosságú.

6. Következtetések és javaslatok

6.1. Következtetések

A kísérlet igazolta, hogy a mikorrhizás kezelések (MikoMax Garden) kedvezően hatottak az alma (*Malus x domestica* 'Gala') magoncok fejlődésére. A kezelt egyedeknél mind a zöldtömeg, mind a gyökértömeg, valamint a végső növekedési értékek magasabbak voltak, mint a kontroll-csoportban.

A mikorrhizás kolonizáció sikeresen kialakult, amit a metilénkéssel festett gyökérminták mikroszkópos vizsgálata is igazolt. A gyökérsejtekben jól megfigyelhetők voltak az arbuszkulumok, vezikulumok és a spórák, míg a nem kezelt mintákban ezek hiányoztak.

A vegetatív növekedés szignifikánsan erőteljesebb volt a kezelt növényeknél: a hajtáshossz és a zöldtömeg átlagosan 10–20%-kal meghaladta a kontroll értékeit. Ez a mikorrhiza gombák által biztosított hatékonyabb víz és tápanyagfelvételnek köszönhető.

A szárított minták tömegei szintén a mikorrhiza pozitív hatását mutatták, jelezve, hogy a kezelés nem csupán a víztartalmat, hanem a tényleges szárazanyag felhalmozást is növelte. Ez azt bizonyítja, hogy a mikorrhizás kapcsolat a fotoszintézis hatékonyságát és az assimiláták beépülését is serkentette.

A kapott eredmények összhangban vannak a nemzetközi szakirodalommal (pl. Ferreira et al., 2024; Wu et al., 2024), amelyek szintén kimutatták, hogy az arbuszkuláris mikorrhiza gombák fokozzák a nitrogén és foszforfelvételt, valamint növelik a növények biomasszáját.

Összességében a kísérlet megerősíti, hogy az arbuszkuláris mikorrhiza gombák jelentős szerepet tölthetnek be a gyümölcsstermesztés fenntartható intenzifikálásában, különösen a klímaváltozásból eredő aszály és hőstressz viszonyok között.

6.2. Javaslatok

A mikorrhizás oltás rendszeres alkalmazása a faiskolai szaporítási szakaszban javasolt, hogy a növények már ültetéskor rendelkezzenek aktív gombakolonizációval.

A Danuba MikoMax Garden típusú készítmény hatékonynak bizonyult alma esetében, de ajánlott más gyümölcsfajokon (pl. meggy, cseresznye, körte) is további összehasonlító vizsgálatokat végezni.

A jövőbeni kísérletek során célszerű a mikorrhizás oltás különböző dózisainak tesztelése, valamint a más biostimulátorokkal (pl. huminsavak, algakivonatok) való kombinálása.

Érdeemes lehet hosszabb távú, ültetvény léptékű kísérleteket végezni, ahol az oltás hatását a terméshozamra, a gyümölcsminőségre és a talaj mikrobiális aktivitására is mérni lehet.

Javasolt a talaj fizikai és kémiai paramétereinek (pH, humusztartalom, vízkapacitás) bevonása a további vizsgálatokba, mivel ezek nagymértékben befolyásolják a mikorrhiza kolonizáció sikerét.

A gyakorlat számára ajánlható, hogy az oltóanyagokat öntözőrendszerrel kijuttatható formában alkalmazzák, ezzel is növelve a telepítések sikerességét és a gyökérszóna gyors kolonizációját.

A módszertani oldalról érdemes a molekuláris azonosítás (pl. PCR-alapú kimutatás) bevezetése, amellyel a mikorrhiza törzsek fajszintű jelenléte is bizonyítható, ez pontosabb értékelést tesz lehetővé a jövőben.

7. Összefoglalás

Kutatásom célja annak vizsgálata volt, hogy a Danuba Mikomax Garden mikorrhiza készítmény alkalmazása milyen hatást gyakorol az alma (*Malus x domestica* 'Gala') magoncok fejlődésére, különös tekintettel a növekedési ütemre, a zöldtömegre és a gyökér biomasszára. A kísérlet során kezelt (mikorrhizával oltott) és nem kezelt (kontroll) növényeket hasonlítottam össze, három egymást követő növénymagasság mérés, valamint a zöld és gyökérrész friss és szárított tömegének alapján. A cél az volt, hogy igazoljam a mikorrhiza gombák szerepét a tápanyagfelvétel és a növekedési dinamika javításában.

A magassági mérések alapján a kezelt növények az első időpontban még kissé elmaradtak a kontrollcsoporttól. Ez a kezdeti visszaesés a mikorrhiza kapcsolat kialakulásának energiaigényével magyarázható. A második és harmadik mérés során azonban az oltott magoncok növekedése felgyorsult, és a kezelték végül meghaladták a kontroll növények magasságát. Ez a fordulat jól jelzi, hogy a kolonizáció beindulását követően a szimbiózis tápanyag és vízfelvételt javító hatása érvényesült.

A zöldtömeg mérések szintén a kezelés kedvező hatását támasztották alá. A kezelt magoncok friss zöldtömege átlagosan 19,51 g, a nem kezelté 16,47 g volt, míg a szárítás utáni értékek 8,38 g és 6,62 g lettek. A különbség a szárítás után is fennmaradt, ami azt bizonyítja, hogy a kezelés a valódi szárazanyag felhalmozásra is pozitívan hatott, nem csupán a víztartalomra.

A gyökértömeg adatokban jelent meg a legmarkánsabb eltérés. A kezelt magoncok átlagos friss gyökértömege 8,30 g, míg a nem kezelt növényeké 6,47 g volt; szárítás után ez 2,73 g és 1,83 g értékekre módosult. A statisztikai elemzés (ismételt méréses kétutas ANOVA) alapján ez a különbség szignifikáns ($p = 0,0042$), ami egyértelműen igazolja a mikorrhizas kezelés hatékonyságát a gyökér biomassza növelésében. A mikroszkóppal, KOH-alapú metilénkékes festéssel vizsgált gyökérmintákban kimutathatók voltak az arbuszkulumok és vezikulumok, valamint az arbuszkuláris mikorrhiza gombák spórái. Ezzel bizonyítva a mikorrhiza kolonizáció sikerességét.

A kolonizáció kialakulása után a növények mind a hajtás, mind a gyökérrészben nagyobb biomasszát halmoztak fel, és ez a különbség a szárítás után is megmaradt. A mikorrhiza gombák tehát nemcsak a tápanyagfelvételt, hanem a növények szárazanyag képzését is javították, ezzel hozzájárulva a vegetatív fejlődés kiegyensúlyozottabbá tételéhez.

A vizsgálatok rávilágítanak arra, hogy a mikorrhizás inokuláció a fiatal gyümölcsnövények nevelésében és a faiskolai gyakorlatban is eredményesen alkalmazható. A kezelés előnyei; jobb tápanyag hasznosítás, fokozott vízfelvétel, erőteljesebb gyökérzet és nagyobb stressztűrés különösen fontosak lehetnek a klímaváltozás hatásainak mérséklésében, a szélsőséges időjárási körülményekhez való alkalmazkodásban.

Összességében elmondható, hogy a Danuba Mikomax Garden mikorrhizás készítmény használata fenntartható, környezetbarát megoldás, amely hozzájárulhat az alma és más gyümölcsfajok egészséges, stabil növekedéséhez, valamint a talaj biológiai aktivitásának hosszú távú megőrzéséhez.

Lőrincz Bálint

8. Irodalomjegyzék

1. “The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in plant abiotic stress.” *Frontiers in Microbiology* (2023)
2. Agrárszektor. (2024). Heti fókusz: Talaj- és növénykondicionálók, baktériumkészítmények és AÖP. <https://www.agrarszektor.hu/agrofokusz/20240221/heti-fokusz-talaj-es-novenykondicionalok-bakteriumkeszitmenyek-es-aop-47486>
3. *BMC Plant Biology*. (2022). Algae-derived plant hormones: Auxins, gibberellins, cytokinins and their effects on plant growth. *BMC Plant Biology*. <https://bmcpplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-022-03764-w>
4. Cairney, J. W. G., & Meharg, A. A. (2003). Ericoid mycorrhiza: A partnership that exploits harsh edaphic conditions. *European Journal of Soil Science*, 54(4), 735–740. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.00565.x>
5. Dearnaley, J. D. W., Martos, F., & Selosse, M. A. (2012). Orchid mycorrhizas: Molecular ecology, physiology, evolution and conservation aspects. *Fungal Biology Reviews*, 26(2–3), 94–111. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2012.10.001>
6. Ferreira, P. A. A., da Silva, L. M., Oliveira, T. S., & Santos, R. A. (2024). Field application of mycorrhizal inoculant influences maize root morphology and productivity. *Agronomy*, 14(12), 3006. <https://doi.org/10.3390/agronomy14123006>
7. *Frontiers in Marine Science*. (2024). Elicitor molecules from algae stimulate plant defense mechanisms. <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2024.1457500/full>
8. Grace, C., & Stribley, D. P. (1991). A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, 95(10), 1160–1162. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80005-1)
9. Horn, J. (1936). *Alma termesztése*. Budapest: Növényvédelem és Kertészet kiadása
10. Kajtar, L. (2020). A klímaváltozás hatásai a gyümölcsstermesztésre. *Forrás Folyóirat*. <https://www.forrasfolyoirat.hu/upload/articles/2736/kajtar.pdf>
11. Kopasz, M. (2023). *Alma fenológiai vizsgálata és fogyasztói bírálata Vajdaságban* (Doctoral dissertation, Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem).

12. Makleit, P., & Nagy, B. (2022, július 27). A növénykondicionálók hatásai. Magyar Mezőgazdaság. <https://magyarmezogazdasag.hu/2022/07/27/novenykondicionalok-hatasai/>
13. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2022). Aminosavak szerepe a talajélet javításában. Hozzáférhető: <https://nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/kornyezetgazdalkodas/104133-az-aminosavak-szerepe-a-talajelet-javitasaban>
14. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2023). A mikrobiológiai készítmények hasznáról és használatáról. <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/kornyezetgazdalkodas/105400-a-mikrobiologiai-keszitmenyek-hasznarol-es-hasznalatarol>
15. Pereira, O. E. H., & Oehl, F. (2011). Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. (cikk a PMC-n)
16. Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (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*, 55(1), 158–161. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
17. Pro-Feed Kft. (n.d.). Az aminosavak szerepe. Hozzáférhető: <https://www.profeed.hu/az-aminosavak-szerepe>
18. Redecker, D., Schüßler, A., Stockinger, H., Stürmer, S. L., Morton, J. B., & Walker, C. (2013). An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza*, 23, 515–531. <https://doi.org/10.1007/s00572-013-0486-y>
19. Selosse, M. A., & Roy, M. (2009). Green plants that feed on fungi: Facts and questions about mixotrophy. *Trends in Plant Science*, 14(2), 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.11.004>
20. Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2, 587. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
21. Smith, S. E., & Read, D. J. (2014). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
22. SMITH, S.E., GIANINAZZI-PEARSON, V., KOIDE, R.T., CAIRNEY, J.W.G. (1994): Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. *Plant Soil*. 159. (1.): 103–113.

23. Syngenta. (2025). Quantis - Növénykondicionáló és mikrobiológiai készítmény. <https://www.syngenta.hu/novenykondicionalo-keszitmeny-quantis>
24. Szabó, P., Bartholy, J., & Pongrácz, R. (2024). Hogyan módosul a hazai gyümölcsfák tavaszi elfagyása a változó éghajlati viszonyok között? Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék. <https://doi.org/10.31852/EMF.36.2024.065.072>
25. Tedersoo, L., & Smith, M. E. (2013). Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: Foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. *Fungal Biology Reviews*, 27(3–4), 83–99. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2013.09.001>
26. Tóth, M. (szerk.). (2013). Az alma (*Malus domestica* Borkh.). Budapest: Agroinform Kiadó.
27. Wu, Y., Li, J., Zhang, X., & Chen, Q. (2024). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi improves plant nutrient uptake: A meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 15, 11472555. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11472555/>

9. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: Magoncok átültetése, oltása	17
2. ábra: A magoncok gyökeresedése, gyors fejlődése	18
3. ábra: 1-1 db növény felszámolása mintavétel céljából	19
4. ábra: A gyökérminták fixálása	20
5. ábra: A kialakult kapcsolat bizonyítása, mikorrhiza gombák spórái.....	21
6. ábra: A magoncok felszámolása.....	22
7. ábra: Magoncok előkészítése a gyökérsúly vizsgálatához.....	23
8. ábra: A növényi növekedés összevetése.....	25
9. ábra: A növényi növekedés összevetése, mikorrhiza kapcsolatok kialakulása	27
10. ábra: A növényi növekedés végső összevetése	29
11. ábra: A friss zöldtömegek összevetése	31
12. ábra: A friss gyökértömegek összevetése.....	33
13. ábra: A szárított zöldtömegek összevetése.....	35
14. ábra: A szárított gyökértömegek összevetése.....	37
1. táblázat: Az első mérés eredményei centiméterben	24
2. táblázat: A második mérés eredményei centiméterben	26
3. táblázat: A harmadik mérés eredményei centiméterben	28
4. táblázat: A magoncok zöldtömegének súlya grammban, szárítás előtt	30
5. táblázat: A magoncok gyökérsúlyának súlya grammban, szárítás előtt	32
6. táblázat: A magoncok zöldtömegének súlya grammban, szárítás után.....	34
7. táblázat: A magoncok gyökértömegének súlya grammban, szárítás után	36
8. táblázat: Az ANOVA eredményeinek összefoglalása	39

NYILATKOZAT

LŐKINCZ BALINT (név) (hallgató Neptun azonosítója: PXLUK8)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

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

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2025. év NOVEMBER hó 3. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: LÖRINCZ BALINT
A Hallgató Neptun kódja: PXLUKS
A dolgozat címe: NMA MAGONLUK ÉS MIKORRHIJA GOMBOK KAPCSOLATÁNK VISSOLATA
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: KELETÉSZETTUDOMÁNYI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: GYŰMÖLÖSTERMESTÉSI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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

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

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

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

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

Kelt: 2025. év NOVEMBER hó 3 nap

Lörincz Balint

Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	LŐRINCZ BALINT
Neptun-kódja:	PXLUK9
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	SZAKDOLGOZAT KÉSZÍTÉS
A munka címe:	ALMA MEGNÖVEKÉS ÉS MIKROLEHETŐSÉGEK KARSHATÁRAK VÉTELÉSE

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

- A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)
- B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
FORDÍTÁS, HÍVATKOZÁS KEZELÉS, ÖTLETELÉS	CHAT GPT-5	HÍVATKOZÁSOK

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma
----------------------	---	---	---

--	--	--	--

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: BUDAPEST....., 2025. NOVEMBER..... hó 2..... nap

Kovács Balint

Hallgató aláírása

[Signature]

Konzulens/Témavezető aláírása