

## Mikorrhiza kezelés hatásai a salátatermesztésben – Irodalmi áttekintés

KUCHÁR BORBÁLA<sup>1</sup>, OMBÓDI ATTILA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, MSc hallgató

<sup>2</sup>Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet

E-mail: Ombodi.Attila@uni-mate.hu

### Összefoglalás

A saláta kiemelt fontosságú levélzöldség. Hazai termesztési problémája a globális klímaváltozás okozta forrószélű nyarak, amelyet az egyébként is érzékeny növény nehezen visel. Termesztését tovább nehezíti az, hogy a jelenlegi szabályozási környezetben kémiai szerekre alapozott növényvédelme egyre nehezebben kivitelezhető. A kiszámíthatóbb és fenntarthatóbb termesztés megvalósításának egyik segédeszköze lehet a mikorrhizálás alkalmazása. Jelen cikk célja az eddig salátával elvégzett mikorrhizálási kísérletek ismertetése és összefoglalása volt. A publikációk eredményei eléggé egybehangzóak, nincsenek nagyon egymásnak ellentmondó megállapítások. Az elvégzett kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy számos más növényhez hasonlóan a mikorrhizálás növeli a saláta sótűrőképességét, ami egy ilyen kifejezetten sóérzékeny növény esetében fontos eredmény. A szárazságtűrés, a vízfelhasználás hatékonysága is növelhető ilyen kezelésekkel. Szintén javítható a tápanyagfelvételi hatékonyság, elsősorban a foszfor esetében. Vannak biztató eredmények a számunkra kifejezetten fontos hőstressz tűrés esetében is, de ennek kiváltó okai, élettani háttér-folyamatai még tisztázásra szorulnak. A mikorrhiza gombáknak a saláta növényvédelmében való felhasználásáról viszont még nem végeztek vizsgálatokat. Számos kutatásban mérték a tápanyagok koncentrációját és eredményül a legtöbb esetben azt kapták, hogy a mikorrhizálás hatására javult a saláta táplálkozási értéke.

**Kulcsszavak:** hőstressz, biokontroll, sótűrés, víz- és tápanyaghasznosítás, táplálkozási érték

### Bevezetés

A saláta Magyarország, Európa, és az egész mérsékelt öv legjelentősebb levélzöldsége. Növekvő népszerűsége ellenére a hazai salátafogyasztás nem éri el az 1 kg/fő/év mennyiséget, miközben más európai országokban az egy főre jutó fogyasztás ennek sokszorosa (Franciaországban például 13-

14 kg/fő/év) (Terbe 2022). A KSH 2021-es adatai alapján a fejes saláta szabadföldi termőterülete hazánkban 237 hektár, a betakarított termésmennyiség 8540 tonna körül alakult. Ehhez adódik még hozzá a 350 hektáros hajtatófelület produktuma, ami körülbelül 15 ezer tonna (FruitVeB Bulletin). Az elmúlt években a termőterület csökkenő tendenciát mutatott. A Eurostat adatai alapján az Európai Unió tagországai által termelt saláta mennyisége 2,3-2,4 millió tonna, melynek csaknem felét Spanyolországban állítják elő. A 2020 évi adatok alapján a Föld salátatermesztéséből Európa 14%-ban részesült. Amerika az összes termés mennyiségéhez 20%-kal járult hozzá. A legnagyobb salátatermesztő az ázsiai kontinens, a világ salátamennyiségének 63%-át termelte (FAOSTAT).

Az Európai Unió Green Deal programjának részeként a 'Farm To Fork' stratégia célja, hogy alapot teremtsen az egészségesebb, pazarlásmentesebb, környezetkímélőbb növénytermesztésre. Előirányozta többek közt az ökológiai gazdálkodás terjesztését, a kémiai növényvédőszeresek és antibakterikumok használatának csökkentését, valamint a műtrágyák fenntarthatóbb alternatívákkal való helyettesítését (Beckman et al. 2020; Bremmer et al. 2021).

Az egyik legnagyobb magyarországi salátatermesztő, Becsey Zoltán aktuális természeti helyzetről való tájékoztatása alapján a hazai termesztők egy része kezd felhagyni a nyári salátatermesztéssel. A forróság hatására lecsökken ugyanis az salátafejek tömege az áruházlánci átviteli határok közelébe (fejes salátánál 25 dkg, jégsalátánál 40 dkg), ami az értékesítési biztonságot veszélyezteti. További természeti kockázatot jelent még ha az ültetés utáni egy hétben komolyabb stressz éri a salátát, annak gyökérzetét, mert nem tudja behozni a fejlődésbeli lemaradást a kultúra végéig (Becsey, szóbeli közlés).

A saláta nagyon érzékeny növény, a stresszhatásokra kifejezetten rosszul reagál. A környezeti tényezők jelentős mértékben befolyásolják a természeti és növényvédelmi ráfordításokat és növelik a veszteségeket. Biotikus stresszt okoznak a talajlakó kórokozók kártételei is, valamint a rövid vegetációs idő során később fellépő károsítások. Számos külföldi kutatás bizonyította a mikorrhiza-kezelések jótékony hatását a saláta abiotikus és biotikus stresszt okozó tényezőkkel szembeni ellenállóságára (Rouphael et al. 2015; Ryder 1998; Yan et al. 2021).

Más zöldségkultúrákhoz hasonlóan a kémiai növényvédőszeresekre alapozott védekezés megvalósítása is egyre nagyobb gondot jelent a salátánál. Ennek okai az egyre szűkebb hatóanyag kínálat és az egyre hosszabb várakozási idők, ami egy ilyen rövid tenyészidejű növénynél különösen nagy probléma. Olyan biológiai megoldások szükségesek, amelyek az adott kultúra 5-8 hetes időszakában fejtik ki a hatásukat, segítik a növényvédelmet, fokozzák a saláta stressztűrőképességét, mert a rövid tenyészidő miatt nincs idő a tartamhatás érvényesülésére. Ennek megvalósításához többek között egy jó eszköz lehet a mikorrhiza készítmények felhasználása is. Nemzetközileg egyre több kutatás foglalkozik a saláta mikorrhizálásával. Jelen cikk célja az ebben a témában megjelent publikációk áttekintése és összefoglalása volt. (Az utóbbi években számos változás történt a mikorrhiza fajok nevezéktanában. Ebben az anyagban a fajok jelenleg aktuális tudományos nevét alkalmaztuk, csak az első említésükkor tüntettük fel a korábban, az eredeti publikációkban használt nevüket.)

### **Mikorrhiza gombák általános jellemzése**

Az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombák a talaj obligát szimbiotái (Gosling et al. 2006). Neve a görög eredetű gomba (*mukhs, mukés*) és gyökér (*riza, rhiza*) szavakból jött létre, melyből következtetni lehet a gomba és a növények gyökere közt kialakult kölcsönhatásra (Alizadeh 2011). A

mikorrhiza szót először Frank, a német származású patológus használta 1885-ben (Varma et al. 2017). Szimbiotikus kapcsolatuk a szárazföldi növényekkel mintegy 450 millió évvel ezelőtt jött létre (Jiang et al. 2021).

A mikorrhiza gombák hifahálózata többszörösére növeli a növény gyökérzetének tápanyag és vízfelvevő felületét. A víz, a tápanyagok és az ásványi anyagok transzportját teszik lehetővé a növény gyökérének epidermiszén át a belső, az ún. cortex állományába hatolva, kiterjesztve a gazdanövény tápanyagfelvételét a talajban kötött formában található tápanyagokra is. A növény oldott, számára hasznosítható formában tápanyaghoz, valamint a gyökérzet abszorpciós növekedése révén több tápanyaghoz és vízhez jut hozzá (Gosling et al. 2006; Smith és Read 2008). A gomba a kapcsolat által a növénytől a fotoszintézis során előállított szerves vegyületeket, szénhidrátokat kap, melyeket a fotoszintézis képessége hiányában nem képes önmaga előállítani (Gosling et al. 2006; Smith és Read 2008). A szénhidrátokat a növény hexóz formában szállítja a gyökérzet irányába, ezáltal a gomba szénforráshoz jut (Jiang et al. 2021). A talajban természetes körülmények között is megtalálhatók ezek a szervezetek, a növényfajok 90%-a képes mikorrhiza kapcsolat létesítésére (Santander et al. 2017; Vosátka et al. 2012).

### **Szárazságtűrés, vízhasznosítás növelése**

A saláta akár öntözés nélkül is termesztendő, nem vízigényes növény, amennyiben helyrevetéssel termesztik. Ez esetben ugyanis karógyökeret fejleszt, amellyel a talaj mélyebb rétegeiből is képes vízfelvétele. Palántázás során átültetéskor azonban megszakad a főgyökér, és a talaj felső, sekély rétegében mellékgyökereket képez. Ebben az esetben folyamatos vízellátásra van szüksége (Terbe 2000). A legtöbb országban, így hazánkban is, kizárólag palántázással termesztik, ezáltal nagyon igényes az öntözésre, valamint a talaj víztartalmára (Ramazonovich et al. 2022). Aszálytűrés fokozására számos korábbi kutatás bizonyította a mikorrhiza kezelések hatékonyságát. A gyökér abszorbeáló felületnövelése által a vízfelvétel a mikorrhizált állományokban sokszorosa a kontroll állományokénak (Zou et al. 2017). A mikorrhizálás elősegíti a tápanyagok felszívódását és transzlokációját a rhizoszférában, megváltoztatva a növények anyagcseréjét, ezáltal növelve a szárazságtűrő képességét is (Rouphael et al. 2015).

Baslam és Goicoechea (2012) két salátafajta vízfelvételét vizsgálta mikorrhiza kezelés hatására. Négy kezelést alkalmaztak: optimális öntözés (szabadföldi vízellátáshoz hasonló); az optimális vízmennyiség 2/3-ada; az optimális vízmennyiség fele; aszály. A mikorrhizáltság hatása erősebben érvényesült vízhiányos körülmények esetén, mint optimális vízellátás mellett. Az optimális vízellátottságú, nem mikorrhizált növények és az optimális vízmennyiség 2/3-ával öntözött mikorrhizált növények növekedése és leveleik alakulása közel hasonló volt, ami arra enged következtetni, hogy a mikorrhizás talajoltás a vízhiányt bizonyos mértékig ellensúlyozni képes.

Ruiz-Lozano és Azcón (1996) a szárazság okozta stresszt, valamint a nitrát-reduktáz enzim aktivitását vizsgálta mikorrhizával kezelt salátanövények esetén. A kísérlet célja volt vizsgálni, hogy az enzimaktivitás stresszkörülmények közötti fenntartása szerepet játszik-e a mikorrhizált növények szárazságtűrésében. *Septoglomerum deserticola* (korábban *Glomerum deserticola*), *Funneliformis fasciculatum* (korábban *Glomerum fasciculatum*) és *Funneliformis mosseae* (korábban *Glomerum mosseae*) mikorrhiza gombákkal oltották a növényeket. A kontroll állomány nem kapott mikorrhiza kezelést. Ezen kívül a növények egyik része kevesebb foszfor műtrágyát kapott. A mikorrhizált növények

nitrát-reduktáz enzimaktivitása magasabb volt, mint a kontroll állományé, különösen vízhiányos körülmények között. Az optimálisan öntözött, megfelelő mértékben foszforral ellátott kontroll növények növekedési paramétereit és foszfortartalma közel megegyeztek a mikorrhizált, kevesebb foszfortrágyát kapott növényekével.

Szárazságtűrés fokozására irányuló mikorrhizált saláta kísérletük során Ruiz-Lozano és munkatársai (2016) magasabb fotoszintetikus aktivitást tapasztaltak a mikorrhizával kezelt növények esetében, mint a kontroll állományban. Az abszcizinsav termelődését, valamint a marker gének kifejeződését mind a mikorrhizált, mind a kontroll állományokban befolyásolta a vízhiányos környezet. Azt tapasztalták, hogy a szimbionta kapcsolat a hormonprofilok megváltoztatásával enyhíti az aszály okozta stresszt a mikorrhizált növényekben.

Durán és munkatársai (2016) Chilében vizsgálták a kombinált mikorrhiza (*Rhizoglyphus intraradices*, korábban *Glomus intraradices*) és baktérium (*Bacillus* spp., *Klebsiella* spp.) kezelés előnyeit, vízhiányos körülmények között termesztett salátán. A mikroorganizmusokkal való kezelés hatásosnak bizonyult, szignifikáns különbség mutatkozott a kontroll állományhoz képest. A fiziológiai jellemzők, mint a sztóma vízgőz vezető képessége, valamint a relatív víztartalom is növekedést mutatott a kezelésekre hatására. A baktériumok fokozták a mikorrhiza gomba hatását a növények szárazság ellen kiváltott válaszáat tekintve, serkentették a vízfelvételt, valamint a szárazságtűrést indukáló biokémiai és fiziológiai folyamatokat.

Az általunk ismert egyetlen olyan tudományos publikációban, ami Magyarországon elvégzett salátával és mikorrhizával kapcsolatos kísérlet alapján készült, Fekete és munkatársai (2020) megállapították, hogy az optimálisához képest 80%-os vízellátottság mellett a gyökérkolonizáció mértéke kisebb lett a 100%-os vízellátottságú kezeléséhez képest.

Langeroodi és munkatársai (2020) igazolták az mikorrhizálás szárazság okozta stressz csökkentő hatását cikóriánövények esetén is. A vizsgált paraméterek alapján a mikorrhizálás szignifikáns különbséget eredményezett.

### Sótűrési javítása

A saláta nagyon érzékenyen reagál a talajban felhalmozódó fitotoxikus anyagokra, szermaradékokra, sókra. Emiatt jó bioteszt növény, a fejlődést hátráltató anyagok jelenlétének megállapítására vetjük a területre a célnövény előtt. A saláta kifejezetten sóérzékeny növény, ugyanakkor könnyen felvehető tápanyagokat igényel, rövid tenésziideje miatt kevés idő áll rendelkezésre a tápanyaghasznosításra (Terbe 2000).

Salátán tesztelte Cantrell és Linderman (2001) azt a hipotézist, miszerint a növények a szikes talajba ültetés előtti, mikorrhiza gombákkal történő beoltása enyhíti a só káros hatását a növekedésre és a termés hozamra. Egy másik elméletük az volt, hogy a szikes talajból izolált gombák hatékonyabban ellensúlyozzák a sóhatásokat, mint a nem szikes talajból származók. A mikorrhizált saláta levelei a legmagasabb sótartalmú talaj esetén szignifikánsan zöldebbek voltak a nagyobb klorofill-tartalom miatt, mint a kontroll tövek levelei. A szikes talajból származó mikorrhiza gombák nem csökkentették hatékonyabban a só általi növekedésgátlást, mint a nem szikes talajból származók. A mikorrhiza gombákkal kialakított gyökérkolonizáció mértéke a talaj sókoncentrációjának növekedésével csökkent.

Az előzőhöz hasonló kísérletben vizsgálta Tigka és Ipsilantis (2020) Görögországban a mikorrhiza hatását a saláta növekedésére. A kísérlet célja volt igazolni felvetésüket, hogy a partmenti szikes

talajból izolált mikorrhiza (*Innospora spp.*, *Diversispora spp.*) sóérzékenység mérséklő hatása jobban érvényesül, mint a mezőgazdasági (*Rhizoglossum intraradices*) vagy sivatagi területekről (*Septoglossum deserticola*) izoláltaké. A tengerparti szikes talajból származó mikorrhiza-izolátumok nem bizonyultak hatékonyabbnak a sivatagi és szántóföldi talajból származó gombáknál. A mikorrhiza gomba származása és faja nem befolyásolta a sótűrővel szembeni ellenállóság növelését, csakúgy, mint Cantrell és Linderman (2001) kísérletében.

Spanyolországban Aroca és munkatársai (2013) vizsgálták az arbuskuláris mikorrhiza és a salátanövények közt kialakított szimbióziskapcsolat jótékony hatását a saláta sótűrő képességére. Vizsgálatra került a gyökérkolonizáció mértéke és a saláta gyökerek strigolakton termelése is. A kezelt növények növekedése gyorsabb volt a kontroll növényekéhez képest. A sóstressz jelentős csökkenése volt tapasztalható a mikorrhizált állomány esetén. A szerzők következtetése szerint ezt a mikorrhiza által a növény hormonális folyamataiban indukált változások okozták. A sóartalom, a gyökérkolonizáció és a strigolakton termelés között egyértelmű összefüggéseket állapítottak meg.

Egy Chilében végzett kísérlet során Santander és munkatársai (2019) a mikorrhizálás sótűrőre ható képességét igazolták saláta esetében két különböző mikorrhiza izolátummal. Azon növények esetében, melyek kisebb sókoncentrációnak voltak kitéve, a kezelések 87 és 60%-kal növelték a frisstömeget. Azoknál a salátanövényeknél, amelyek nagyobb koncentrációban kaptak sóoldatot, szintén mindkét gombakezelés növelte a zöldtömeget, azonban kisebb mértékben tudták ellensúlyozni a só okozta károkat, 48, illetve 52%-kal javult a föld feletti zöldtömeg a kontrollhoz képest. Megállapították, hogy a mikorrhiza kezelés hatott az oxidatív károsodások csökkentésére, az antioxidáns védekezőrendszer enzimatikus elemeire. Mikorrhizás talajoltással a sóérzékeny levélzöldség termesztése lehetővé válik magasabb sóartalmú területeken is, azonban a szerzők felhívták rá a figyelmet, hogy a különböző mikorrhiza gombafajoknak eltérő mértékű hatása lehet.

Zuccarini (2007) a *Funneliformis mosseae*, a *Rhizoglossum intraradices* és a *Funneliformis coronatum* mikorrhiza gombák keverékével kezelt talajban vizsgálta a fejes saláta sóérzékenységét három eltérő sókoncentrációjú öntözővíz esetén. A föld feletti zöldtömeg szignifikánsan nagyobb volt már az első mintavételkor is. A mikorrhizálás jelentősen csökkentette a nátrium és kalcium felvételét, ezen túlmenően serkentette a kálium és foszfor felszívódását. A mikorrhizálás hatása legjobban a legrosszabb minőségű öntözővíz esetén érvényesült.

Jahromi és munkatársai (2007) *Rhizoglossum intraradices* mikorrhiza kezelés esetén vizsgálták a saláta fiziológiai és molekuláris válaszait, három eltérő koncentrációjú sóoldatos kezelés hatására. A mikorrhizált növények szignifikánsan nagyobb méretbeli különbségeket mutattak a nem mikorrhizált növényekhez képest. Ezentúl a mikorrhizáltság megváltoztatta a növény molekuláris válaszreakcióit és génexpresszióját. A mikorrhizált növények gyökérzete kevesebb mennyiségű abszcizin savat termelt, amiből következtethetünk a mikorrhiza általi sótűrő képesség növekedésére.

### Tápanyaghasznosítás fokozása

Az agrokemikáliák nagymértékű felhasználására alapozott növénytermesztés számos környezetvédelmi jellegű problémát okoz, károsan hat a talajéletre (Smil 2002). Például Miller és Jackson (1998) Kaliforniában végzett kísérlete során megerősítették, hogy a növények természetes mikorrhizáltságának mértéke kisebb a kémiai növényvédőszerrel, valamint foszfor- és nitrogénműtrágyával szennyezett talajban. Jelenleg egyre nagyobb lesz a szerepe a környezettudatos, úgyne-

vezett fenntartható természetstechnológiák alkalmazásának (Basu et al. 2021). Ennek fontos eleme a műtrágyafelhasználás csökkentése a tápanyaghasznosítás növelése által, melynek megvalósításában komoly szerepe lehet a mikorrhiza gombáknak is (Bitterlich et al. 2018). A gomba az extraradikális hifái által termelt foszfátáz enzimekkel segíti a talajban lévő, a növény számára nehezen felvehető, kötött formában található foszfor átalakítását. A foszfor magasabb arányú hasznosítása hozzájárul más tápelemek nagyobb mértékű hasznosításához is (Rouphael et al. 2015; Sato et al. 2019).

Koide és szerzőtársai (2000) a saláta foszforhiányos talajban történő termesztése során vizsgálták a mikorrhizálás jelentőségét. A mikorrhizáltság szignifikánsan növelte a saláta foszfor-hasznosítását és ezáltal foszfor-tartalmát és előnyös hatással volt a növekedési ütemére. Baslam és munkatársai (2013a) azt tapasztalták, hogy a mikorrhizált salátanövények leveleiben megnövekedett a nitrogén, a foszfor, a réz és a vas koncentrációja. A szerzők a fokozott foszforfelvételt tekintik a mikorrhizálás egyik fő előnyének, amellyel javíthatja a gazdanövénye vízfelhasználását is.

Cela és munkatársai (2022) talaj nélküli (hidroponikus) termesztés során vizsgálták a saláta mikorrhiza oltását a foszfor tápanyagutánpótlás összefüggésében. A felhasznált izolátum a *Funneliformis mosseae* gomba volt. Három kezelést hasonlítottak össze: HPC (optimális foszforellátású, nem mikorrhizált), LPC (alacsony foszforellátású, nem mikorrhizált), LPM (alacsony foszforellátású, mikorrhizált) növények. A növekedési paraméterek tekintetében a HPC és LPM növények között nem mutatkozott szignifikáns különbség, az LPM azonban szignifikánsan magasabb értéket mutatott az LPC növényekhez képest. A mikorrhizával inokulált növények leveleiben aktívabb gázcserét, valamint magasabb nitrogén, foszfor és magnézium mennyiséget mértek. Az eredmények alapján a mikorrhiza oltás alkalmazásával csökkenthető a műtrágya felhasználás, ugyanis a növényi növekedésre és beltartalmi értékekre stimulálóan hatott a *Funneliformis mosseae* gombával kialakított szimbiózis kapcsolat.

### Hőstressz tűrő képesség növelése

A saláta hőigényéről elmondható, hogy jól tűri a hideget, szinte az év legnagyobb részében sikerrel termesztethető, hőoptimuma 16 °C. A hideg hőmérséklet nem okoz károkat, a nagy meleget ellenben kifejezetten rosszul viseli, 30 °C felett már vontatott csírázás a jellemző (Terbe 2000). Gyakorlati tapasztalatok alapján a hőtolerancia mára nagyon fontos megoldandó feladatává vált a hazai salátatermesztésnek (Becsey szóbeli közlés). A növények hőstresszel szembeni ellenállóságában nagy szerepet játszik a vízfelvétel, ezért a két tényező szoros korrelációt mutat (Berzy 2000).

Yan és munkatársai (2021) a fejes saláta hőstresszel szembeni ellenállóságát vizsgálták *Funneliformis mosseae* mikorrhiza gomba kezelés hatására. A növényeket 25, illetve 35 °C-on termesztették. A kontroll állományban 35 °C-on károsodtak a tilakoidok, magasabb volt a keményítőszemcsék felhalmozódásának aránya, kisebb lett a klorofill koncentráció, valamint alacsonyabb lett a nettó fotoszintetikus teljesítmény a 25 °C-on termesztett kontroll állományhoz képest. A mikorrhizált, 35 °C-on termesztett salátákban a klorofill-a és -b tartalom egyaránt 4,5%-kal, a nettó fotoszintetikus teljesítmény 7,7%-kal, a transzpirációs együttható pedig 5,9%-kal nőtt a mikorrhizával nem kezelt állományhoz képest. A 35 °C-on termesztett mikorrhizált és a 25 °C-on termesztett kontroll állományok közt a klorofill fluoreszcenciában nem mutatkozott szignifikáns különbség, ami a mikorrhiza kezelés kedvező hatásának tudható be. A vizsgálat megerősítette a mikorrhiza kezelés hőstresszel szembeni jótékony hatásait fejes saláta esetében, javította a saláta magas hőmér-

séklettel szembeni toleranciáját, növelte a fotokémiai folyamatok hatékonyságát és megakadályozta a fotoszintetikus folyamatok károsodását.

Tong és munkatársai (2015) kutatásuk során igazolni kívánták három különböző mikorrhiza gomba (*Funneliformis mosseae*, *Rhizoglyphus intraradices*, *Glomus versiforme*) hatását 25, 30 és 35 °C-on termesztett salátanövények hőtűrésére. A *Funneliformis mosseae* kolonizációja volt a legmagasabb arányú, 70,4%-os kapcsolódást mutatott a gyökérzettel, míg a legkisebb mértékben, 44,6%-ban a *Rhizoglyphus intraradices* gomba kolonizálódott. Vizsgálták a szuperoxid-dizmutáz (SOD), a peroxidáz (POD) és a kataláz (CAT) stresszenzimek aktivitását a salátalevelekben. Ez a SOD esetében 68,4%-kal, a POD-nál 128,6%-kal, a CAT-nál pedig 88,9%-kal volt magasabb a mikorrhizált növények esetén a kontrollhoz viszonyítva. A vízdoldható cukor, a prolin szint és a nyersfehérje tartalom is szignifikánsan magasabb volt a mikorrhizával kezelt növényekben. A klorofilltartalom 27,2%-kal, a gyökérzet tömege pedig több, mint a kétszeresére nőtt. A mikorrhizálás hatása a legmagasabb hőmérsékleten fejeződött ki leginkább.

Baslam és munkatársai (2013b) spanyolországi kísérletük során két salátafajtát vizsgálva megállapították, hogy mikorrhiza kezelés felhasználásával a saláták jobban növekedtek a termesztésre kevésbé kedvező meleg tavaszi és nyári hónapokban a kontroll állományhoz képest. Tehát a mikorrhiza gombák felhasználásával meghosszabbítható volt a termesztési időszak. Salátával végzett, a mikorrhizálást a hőtűrés fokozására használt kísérletekről sajnos csak a fentebb említett három publikációt találtuk. A tudományos ismeretek bővítéséhez, a mikorrhizálás általi hőstressz-tolerancia kiváltásának pontos okához további kutatásokra lenne szükség.

### **Mikorrhizálás hatása a táplálkozási értékre**

Ahhoz, hogy a saláta iránt olyan nagy a kereslet világszerte, hozzájárul kedvező táplálkozási értéke is. Ásványi anyagok és vitaminok (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub> és C) mellett számos bioaktív vegyületet, pl. antocianinokat, fenolokat, flavonoidokat, karotinoidokat is tartalmaz (Falvo et al. 2009; Ryder 1998; Shi et al. 2022). Alacsony a kalóriatartalma, glikémiás indexe, zsírtartalma és nátrium-tartalma is (Work 1997). A levélzöldségek nagy mennyiségben tartalmaznak az egészség fenntartása szempontjából hasznos fitonutriens vegyületeket, ezáltal az egészséges, modern táplálkozás alapjává váltak, közkeveltségük részben ennek is tulajdonítható (Britz et al. 2005). A mikorrhiza gomba a gazdanövény anyagcseréjével kölcsönhatásba lépve megváltoztathatja ezeknek a másodlagos anyagcseretermékeknek a termelődését, hozzájárul a metabolitok salátalevélben történő felhalmozásához, előnyösen hat az antioxidáns tulajdonságú vegyületek tartalmára, így táplálkozásélettani szempontból értékesebbé teszi a termesztett növényt (Avio 2017; Goicoechea et al. 2015).

Baslam és Goicoechea (2012) vízellátási kísérlete során a mikorrhiza kezelés növelte a saláta fajták leveleiben az antioxidáns tulajdonságú vegyületek koncentrációját, legfőképp a karotinoidokra és antocianinokra volt hatással. Kisebb mértékben növelte a klorofillok és fenolok felhalmozódását is a levelekben. Goicoechea és munkatársai (2015) a másodlagos anyagcseretermékek felhalmozódását vizsgálták mikorrhizálás hatására és azt, hogy ezt milyen módon befolyásolja a szelénnel történő trágyázás. A mikorrhizált növények szeléntartalma alacsonyabb lett a kontroll növényekénél, ami negatív korrelációra utal a szelén és a mikorrhiza gombák alkalmazása között. A mikorrhizálás előnyösen hatott a klorofill- és karotinoid-termelésre, növelte az antioxidáns- és a fenoltartalmat, de a szelén adagolás fajtától függő mértékben ezt a hatást negatívan befolyásolhatta.

Baslam és munkatársai (2013b) a beltartalmi értékek változását vizsgálták mikorrhiza kezelés hatására, két saláta fajta és különböző termesztési időszakok esetén. Télen a kezelés a vas, a karotinoidok, a fehérjék és az antocianinok felhalmozódását okozta. Nyáron és ősszel a mikorrhiza kezelés mindkét salátafajta antocianin szintjét megnövelte. A kálium, a cukor és a C-vitamin szintje télen és tavasszal is megnőtt a mikorrhizált állományokban. Télen is és nyáron is megnövekedett a réz és magnézium mennyisége. A tavaszi időszakban a mikorrhiza a réz, a cink és a cukrok mennyiségére, ősszel a mangán mennyiségére hatott pozitívan.

Avio és munkatársai (2017) Olaszországban két különböző mikorrhiza fajjal (*Rhizoglyphus intraradices* és *Funneliformis mosseae*) kezelték a salátát. A *R. intraradices* gombával kezelt növények esetében jelentősen megnövekedett az antioxidáns kapacitás és a fenol tartalom, valamint az antocianin-tartalmat tekintve is ez a faj bizonyult hatásosabbnak. Összességében megállapították, hogy a beltartalmi értékek növelésére sikerrel alkalmazható a mikorrhiza oltás, de fontos, hogy a megfelelő fajt válasszuk a kezeléshez. 2022-ben egy szintén olaszországi kísérlet alkalmával Cela és munkatársai (2022) a mikorrhizálás hatását talajnélküli termesztés során vizsgálták. A mikorrhizálás következtében magasabb klorofill, karotinoid, fenol, nitrogén, foszfor és magnézium értékeket mértek a salátalevelekben.

Durán és munkatársai (2016) az aszálytűrés mellett a beltartalmi értékeket is vizsgálták a *Bacillus* spp. és *Klebsiella* spp. baktériumok, valamint a mikorrhizálás (*Rhizoglyphus intraradices*) együttes hatására. A mikroorganizmusokkal kezelt növények szeléntartalma, makro- és mikroelem tartalma magasabb volt a kezeletlen növényekhez képest. A kezelt növények klorofill- és karotinoid koncentrációja szignifikánsan magasabb volt, mint a kontroll állományban.

Asadi és munkatársai (2022) a *Funneliformis mosseae* gombával történő oltás, és hínárkivonat levélre történő permetezésének hatását vizsgálták. Kutatásuk eredményei azt mutatták, hogy a mikorrhizálás és a hínárkezelés külön-külön is hatásosnak bizonyultak, azonban együttes alkalmazásuk jelentősen növelte a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét, aminek a növény növekedési potenciáljában és beltartalmi értékeiben is jelentős szerepe van. Ezt a hatást a gyökér abszorpciók felület megnövekedésének és az ehhez szorosan kapcsolódó fokozott tápanyagfelvételnek tulajdonították. A saláta ásványianyag tartalmát szignifikánsan növelte a mikorrhiza alkalmazása, és ezt még inkább fokozta a hínárkivonat kezeléssel való kombináció. A mikorrhizált növények növekedése és beltartalmi értékeinek javulása egyenes arányosságot mutatott. A nagyobb levelekkel rendelkező növények nagyobb mennyiségű nitrogént, foszfort, káliumot, vasat, cinket és rezet tartalmaztak a kontroll növényekhez képest.

### **Lehetséges biokontroll szerep a saláta növényvédelmében**

A növények fokozott védekezőképességgel válaszolhatnak a mikorrhiza gombákkal kialakított szimbiotikus kapcsolatra. A mikorrhiza indukálta rezisztencia szisztemikus védelmet nyújt a károsítók ellen (Cameron et al. 2013). Több kísérlet igazolta, hogy a mikorrhiza gombákkal kialakuló szimbiózis kapcsolat rezisztenciát vagy toleranciát eredményezett a vizsgált növényfajok gyökér- és levélkórokozóival szemben, bár az immunválaszt kiváltó molekuláris hatásmechanizmusokról kevés adat áll rendelkezésre (Sanchez-Bel et al. 2016). A mikorrhiza-kezelés növényvédelmi szerepére saláta esetében vizsgálat még nem történt, további kutatások szükségesek tudományos ismereteink kiterjesztéséhez. Viszont számos olyan publikáció található, amelyből kiderül, hogy a salátánál meghatározó jelentőségű kórokozók ellen más zöldségkultúrában sikerült ellenállóságot kialakítani.

Miozzi és munkatársai (2020) paradicsom növényekkel végzett kísérletükben bizonyították a salátamozzaikat is okozó CMV (Cucumber Mosaic Virus) ellen a mikorrhiza-kezelés indukálta toleranciát a szalicilsavszint növekedése, valamint a reaktív oxigénformák felhalmozódásának korlátozása által. Sanchez-Bel és munkatársai (2016) paradicsom növényeken vizsgálták a mikorrhiza által indukált ellenállóságot a *Botrytis cinerea*-val szemben, mely a saláta botritiszes betegségét okozza és egy folyamatosan jelenlévő, lényeges probléma a salátatermesztésben. Azt tapasztalták, hogy a mikorrhizált növények fokozott rezisztenciát mutattak, a növények levelein kisebb méretű nekrózisok alakultak ki, mint a kezeletlen növényeken. Ezt a metabolikus változásoknak tulajdonították: a folsav, riboflavinok, indolszármazékok és fenolok felhalmozásával reagáltak a mikorrhizált tövek a fertőzésre.

Yao és munkatársai (2002) két burgonyafajtán vizsgálták a mikorrhizával történő kezelés hatását a salátát is károsító *Rhizoctonia solani* gombabetegséggel szemben. A mikorrhiza oltáshoz két gombafajtát, a *Claroideglomus etunicatum*-ot (korábban *Glomus etunicatum*) és a *Rhizoglossum intraradices*-t használták fel. A vizsgálat eredményes volt, a két mikorrhizagomba 26, illetve 77%-kal csökkentette a mortalitást a fertőzött állományban. A kontroll állományhoz képest mindkét mikorrhiza gombával történt kezelés szignifikánsan több termést eredményezett. Asadabadi és munkatársai (2021) szójával végzett vizsgálataik során a mikorrhizálást eredményesebb eljárásnak találták a salátát is megfertőző *Sclerotinia sclerotiorum* visszaszorítására más alternatív védekezési lehetőségekhez képest. Sikes (2010) pedig arra talált bizonyítékot, hogy egyes mikorrhiza fajok hatékonyan csökkentették a *Fusarium spp.* kórokozó jelenlétét.

### Összegzés

Összességében megállapítható, hogy szép számban végeztek már kísérleteket a saláta mikorrhizálásával kapcsolatban. Ebben a tevékenységben eddig elsősorban a spanyol és az olasz kutatók jártak az élen. A legtöbb vizsgálat a saláta sőtűrésének fokozásával volt kapcsolatos. Az eredmények alapján a mikorrhizálás növeli a saláta sőtűrés képességét, mint ahogyan a foszfor felvevő képességét, valamint a szárazságtűrését és a vízhasznosítását is. Ezek kétségtelenül fontos és lényeges eredmények, de a hazai termesztési gyakorlat szempontjából ezeknek talán kicsit kisebb a jelentősége, mert egyrészt öntözés nélkül nálunk nincs salátatermesztés, másrészt nemzetközi összehasonlításban a hazai termőtalajok sóartalma viszonylag alacsony, foszfor tartalma pedig megfelelő. Számunkra sokkal lényegesebb kérdések a hőstressz tűrés és a biokontroll kérdésköre. A mikorrhizálással történő hőstressz tűrés fokozással kapcsolatban vannak ígéretes eredmények, ami számunkra is fontos lehet és érdemes lenne ez irányban kutatásokat folytatnunk. A mikorrhizálásnak a saláta növényvédelmébe való bevonásával kapcsolatban még nem nagyon végeztek vizsgálatokat. Ugyanakkor biztató, hogy számos, a saláta szempontjából is fontos kórokozót sikerült kontrollálni más zöldégnövényekkel végzett kísérletekben. Megemlítené még a mikorrhiza kezelésektől táplálkozási érték növelő hatása, ami számos vizsgálatban bebizonyosodott.

## Felhasznált irodalom

1. Alizadeh, O. 2011. Mycorrhizal symbiosis. *Advanced Studies in Biology*, 3(6): 273-281.
2. Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M., Zamareno, A.M., Paz, J.A., García-Mina, J.M. and López- Ráez, J.A. 2013. Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences strigolactone production under salinity and alleviates salt stress in lettuce plants. *Journal of Plant Physiology*, 170(1): 47-55.
3. Asadabadi, R.S., Hage-Ahmed, K. and Steinkellner, S. 2021. Biochar, compost and arbuscular mycorrhizal fungi: a tripartite approach to combat *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(6): 1433-1445.
4. Asadi, M., Rasouli, F., Amini, T., Hassanpouraghdam, M.B., Souri, S., Skrovankova, S., Mlcek, J. and Ercisli, S. 2022. Improvement of photosynthetic pigment characteristics, mineral content, and antioxidant activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) by arbuscular mycorrhizal fungus and seaweed extract foliar application. *Agronomy*, 12: 1943.
5. Avio, L., Sbrana, C., Giovannetti, M. and Frassinetti, S. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi affect total phenolics content and antioxidant activity in leaves of oak leaf lettuce varieties. *Scientia Horticulture*, 224: 265-271.
6. Baslam, M. and Goicoechea, N. 2012. Water deficit improved the capacity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for inducing the accumulation of antioxidant compounds in lettuce leaves. *Mycorrhiza*, 22(5): 347-359.
7. Baslam, M., Garmendia, I. and Goicoechea, N. 2013a. Enhanced accumulation of vitamins, nutraceuticals and minerals in lettuces associated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF): A question of interest for both vegetables and humans. *Agriculture*, 3(1): 188-209.
8. Baslam, M., Garmendia, I. and Goicoechea, N. 2013b. The arbuscular mycorrhizal symbiosis can overcome reductions in yield and nutritional quality in greenhouse-lettuces cultivated at inappropriate growing seasons. *Scientia Horticulturae*, 164: 145-154.
9. Basu, A., Prasad, P., Das, S.N., Kalam, S., Sayyed, R.Z., Reddy, M.S. and El Enshasy, H. 2021. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*, 13(3): 1140.
10. Beckman, J., Maros, I., Jelliffe, J.L., Baquedano, F.G. and Scott, S.G. 2020. Economic and food security impacts of agricultural input reduction under European Union Green Deal's Farm to Fork and Biodiversity Strategies. *Economic Brief No. 30*, United States Department of Agriculture.
11. Berzy T. 2000. Abiotikus stressztényezők szerepe a hibridkukorica termesztésben és vetőmagelőállításban. Doktori (PhD) értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő.
12. Bitterlich, M., Roupheal, Y., Graefe, J. and Franken, P. 2018. Arbuscular mycorrhizas: a promising component of plant production systems provided favorable conditions for their growth. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1329.
13. Bremmer, J., Gonzalez-Martinez, A., Jongeneel, R., Huiting, H. and Stokkers, R. 2021. Impact assessment study on EC 2030 Green Deal targets for sustainable food production. Effect of Farm to Fork and Biodiversity Strategy 2030 at farm, national and EU level. Wageningen Economic Research.
14. Britz, S., Caldwell, C., Mirecki, R., Slusser, J. and Gao, W. 2005. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the concentration of phytonutrients in green and red leaf lettuce (*Lactuca sativa*) cultivars. In: *Proceedings of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*, Vol. 5886. Ultraviolet ground- and space-based measurements, models, and effects V. 284-291.
15. Cameron, D.D., Neal, A.L., Wees, S.C.M. and Ton, J. 2013. Mycorrhiza-induced resistane: More than the sum of its parts? *Trends in Plant Science*, 18(10): 539-545.
16. Cantrell, I.C. and Linderman, R.G. 2001. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *Plant and Soil*, 233(2): 269-281.
17. Cela, F., Avio, L., Giordani, T., Vangelisti, A., Cavallini, A., Turrini, A., Sbrana, C., Pardossi, A. and

- Incrocci, L. 2022. Arbuscular mycorrhizal fungi increase nutritional quality of soilless grown lettuce while overcoming low phosphorus supply. *Foods*, 11(22): 3612.
18. Durán, P., Acuna, J.J., Armada, E., Lopez-Castillo, O.M., Cornejo, P., Mora, M.L. and Azcón, R. 2016. Inoculation with selenobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi to enhance selenium content in lettuce plants and improve tolerance against drought stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(1): 201-225.
  19. Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database> (megtekintve: 2022. november)
  20. Fallovo, C., Roupheal, Y., Rea, E., Battistelli, A. and Cella, G. 2009. Nutrient solution concentration and growing season affect yield and quality of *Lactuca sativa* L. var. *acephala* in floating raft culture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(10): 1682-1689.
  21. FAOSTAT: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (megtekintve: 2022. november)
  22. Fekete K., Takács E., Ferschl B., Szalai Z.M. és Pap Z. 2020. Az öntözés mértéke és a fekete fóliás talajtakarás hatása batávia saláta gyökérkolonizációjának mértékére, fejtömegére és tápanyagtartalmára. *Kertgazdaság*, 52(2): 35-46.
  23. FruitVeB Bulletin: <https://fruitveb.hu/fruitveb-bulletin-2019-zoldseg-gyumlucs-termoteruletek-alakulasa-2011-2019/> (megtekintve: 2022. november)
  24. Goicoechea, N., Garmendia, I., Fabbrin, E.G., Bettoni, M.M., Palop, J.A. and Sanmartín, C. 2015. Selenium fertilization and mycorrhizal technology may interfere in enhancing bioactive compounds in edible tissues of lettuces. *Scientia Horticulturae*, 195: 163-172.
  25. Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G. and Bending, G.D. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113(1-4): 17-35.
  26. Jahromi, F., Aroca, R., Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J.M. 2007. Influence of salinity on the *in vitro* development of *Glomus intraradices* and on the *in vivo* physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. *Microbial Ecology*, 55(1): 45-53.
  27. Jiang, D., Tan, M., Wu, S., Zheng, L., Wang, Q., Wang, G. and Yan, S. 2021. Defense responses of arbuscular mycorrhizal fungus-colonized poplar seedling against gypsy moth larvae: a multiomics study. *Horticulture Research*, 8: 245.
  28. Langeroodi, A.R.S., Osipitan, O.A., Radicetti, E. and Mancinelli, R. 2020. To what extent arbuscular mycorrhiza can protect chicory (*Cichorium intybus* L.) against drought stress. *Scientia Horticulturae*, 263: 109109.
  29. Koide, R.T., Goff, M.D. and Dickie, I.A. 2000. Component growth efficiencies of mycorrhizal and nonmycorrhizal plants. *The New Phytologist*, 148(1): 163-168.
  30. KSH: A fontosabb zöldségfélék termesztése és felhasználása (2016-2020): [https://ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0024.html](https://ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0024.html) (megtekintve: 2022. november)
  31. Miozzi, L., Vaira, A.M., Brilli, F., Casarin, V., Berti, M., Ferrandino, A., Nerva, L., Accotto, G.P. and Lanfranco, L. 2020. Arbuscular mycorrhizal symbiosis primes tolerance to cucumber mosaic virus in tomato. *Viruses*, 12(6): 675.
  32. Miller, R.L. and Jackson, L.E. 1998. Survey of vesicular-arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil-factors. *The Journal of Agricultural Science*, 130(2): 173-182.
  33. Ramazonovich, K.R., Tursunoy, Q. and Marjona, G. 2022. Leaf lettuce cultivation technology, zoned and widespread varieties. *International Journal on Integrated Education*, 5(6): 208-212.
  34. Roupheal, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., Pascale, S.D., Bonini, P. and Colla, G. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196: 91-108.
  35. Ruiz-Lozano, J.M. and Azcón, R. 1996. Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 60(2): 175-181.
  36. Ruiz-Lorano, J.M., Aroca, R., Zamarreno, A.M., Molina, S., Andreo-Jimenez, B., Porcel, R., Garcia-Mina, J.M., Ruyter-Spira, C. and Lopez-Raez, J.A. 2016. Arbuscular mycorrhizal symbiosis induces

- strigolactone biosynthesis under drought and improves drought tolerance in lettuce and tomato. *Plant, Cell & Environment*, 39(2): 441-452.
37. Ryder, E.J. 1998. Lettuce, endive and chicory. CABI Publishing, Wllingford, UK. 208.
38. Sanchez-Bel, P., Trocho, P., Gamir, J., Pozo, M.J., Camanes, G., Cerezo, M. and Flors, V. 2016. The nitrogen availability interferes with mycorrhiza-induced resistance against *Botrytis cinerea* in tomato. *Frontiers in Microbiology*, 7: 1598.
39. Santander, C., Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M., Olave, J., Cartes, P., Borie, F. and Cornejo, P. 2017. Arbuscular mycorrhiza effects on plant performance under osmotic stress. *Mycorrhiza*, 27: 639-657.
40. Santander, C., Ruiz, A., García, S., Aroca, R., Cumming, J. and Cornejo, P. 2019. Efficiency of two arbuscular mycorrhizal fungal inocula to improve saline stress tolerance in lettuce plants by changes of antioxidant defense mechanisms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(4): 1577-1587.
41. Sato, T., Hachiya, S., Inamura, N., Ezawa, T., Cheng, W. and Tawarayama, K. 2019. Secretion of acid phosphatase from extraradical hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus clarus* is regulated in response to phosphate availability. *Mycorrhiza*, 29(6): 599-605.
42. Shi, M., Gu, J., Wu, H., Rauf, A., Emran, T.B., Khan, Z., Mitra, S., Aljohani, A.S.M., Alhumaydhi, F.A., Al-Awthan, Y.S., Bahattab, O., Thiruvengadam, M. and Suleria, H.A.R. 2022. Phytochemicals, bioavailability, and health benefits in lettuce – A comprehensive review. *Antioxidants*, 11(6): 1158.
43. Sikes, B.A. 2010. When do arbuscular mycorrhizal fungi protect plant roots from pathogens? *Plant Signaling & Behavior*, 5(6): 763-765.
44. Smil, V. 2002. Nitrogen and food production: Proteins for human diets. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31(2): 126-131.
45. Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd Edition, Academic Press, London
46. Terbe I. 2000. *Levélzöldségfélék*. Dinasztia Kiadó, Budapest
47. Terbe I. 2022. Kevésbé ismert, ritkán fogyasztott levélzöldségek: a madársaláta és termesztése. *Agroforum Online*, <https://agroforum.hu/szakcikk/kevesbe-ismert-ritkan-fogyasztott-levelzoldsegek-a-madarsalata-es-termesztese/> (megtekintve: 2022. november)
48. Tigka, T. and Ipsilantis, I. 2020. Effects of sand dune, desert and field arbuscular mycorrhizae on lettuce (*Lactuca sativa*, L.) growth in a natural saline soil. *Scientia Horticulturae*, 264: 109191.
49. Tong, M.A., Runjin, L.I.U. and Min, L.I. 2015. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on heat-tolerance of *Lactuca sativa*. *Plant Physiology Journal*, 51(11): 1919-1926.
50. Varma, A., Prasad, R. and Tuteja, N. 2017. *Mycorrhiza – nutrient uptake, biocontrol, ecorestoration*. Springer Cham.
51. Vosátka, M., Látr, A., Gianinazzi, S. and Albrechtová, J. 2012. Development of arbuscular mycorrhizal biotechnology and industry: Current achievements and bottlenecks. *Symbiosis*, 58(1-3): 29-37.
52. Work, P. 1997. *Vegetable production and marketing*. Biotech Books, New York. 498.
53. Yan, Z., Ma, T., Guo, S., Liu, R. and Li, M. 2021. Leaf anatomy, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of lettuce as influenced by arbuscular mycorrhizal fungi under high temperature stress. *Scientia Horticulturae*. 280: 109933.
54. Yao, M., Tweddell, R. and Désilets, H. 2002. Effect of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Mycorrhiza*, 12(5): 235-242.
55. Zou, Y.N., Wang, P., Liu, C.Y., Ni, Q.D., Zhang, D.J. and Wu, Q.S. 2017. Mycorrhizal trifoliolate orange has greater root adaptation of morphology and phytohormones in response to drought stress. *Scientific Reports*, 7(1): 1-10.
56. Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. *Plant Soil and Environment*, 53(7): 283-289.

## **Effects of mycorrhizal treatment in lettuce cultivation - Literature review**

KUCHÁR, B.<sup>1</sup>, OMBÓDI, A.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, MSc student

<sup>2</sup>Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticulture

E-mail: Ombodi.Attila@uni-mate.hu

### **Summary**

Lettuce is a highly important leafy vegetable. The Hungarian cultivation is strongly affected by the hot summers caused by global climate change, which the heat sensitive plant can hardly tolerate. Its cultivation is further complicated by the fact that under current regulations, plant protection based on chemical agents is increasingly difficult to implement. The use of mycorrhization can be one of the solutions to achieve a more sustainable and reliable lettuce cultivation. The purpose of this article was to list and summarize the mycorrhization experiments carried out so far with lettuce. The results of the publications are quite consistent, there are no contradictory findings. Based on the results of the experiments, it can be concluded that, like in case of many other plants, mycorrhization increases the salt tolerance of lettuce, which is an important result for such a salt-sensitive plant. Drought tolerance and water use efficiency can be increased with mycorrhizae treatments as well. It is also possible to improve nutrient absorption efficiency, especially in the case of phosphorus. There are further promising results in the issue of heat stress tolerance, which is especially important for us, but the main causes and physiological background processes of this effect still need to be clarified. However, no studies have yet been conducted on the use of mycorrhizal fungi as a biocontrol agent in lettuce plant protection. In many researches, the concentration of nutrients was measured, and in most cases they found that the nutritional value of the lettuce improved as a result of mycorrhization.

**Keywords:** heat stress, biocontrol, salt-tolerance, water and nutrient utilization, food value

### **Szerzők**

Kuchár Borbála – MSc hallgató, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Ombódi Attila (kapcsolattartó szerző) – PhD, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.