

A GYÖKÉRKORHADÁST OKOZÓ *ARMILLARIA* (TUSKÓGOMBA) FAJOK ELLENI BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS LEHETŐSÉGEI

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

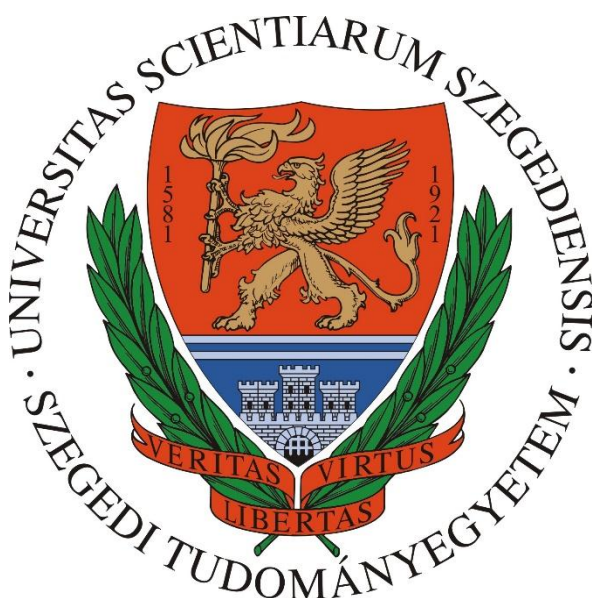
KEDVES ORSOLYA

TÉMAVEZETŐK:

DR. KREDICS LÁSZLÓ, EGYETEMI DOCENS

PROF. DR. SIPOS GYÖRGY, EGYETEMI TANÁR

BIOLÓGIA DOKTORI ISKOLA



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
BIOTECHNOLÓGIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI TANSZÉK

SZEGED

2024

Bevezetés

Az *Armillaria* nemzetség az egyik legjelentősebb gyökérkorhadást okozó gombacsoport, amely világszerte több mint 500 fajtát támad meg, beleértve az erdészeti és mezőgazdasági növényeket is. Az *Armillaria* fajok kolonizálják a fák gyökereit, és képesek elpusztítani az élő fákat. Ezek a gombák jelentős ökológiai és gazdasági károkat okoznak a tölvelevelű-, a tölgyerdőkben és a gyümölcsösökben. A kémiai védekezési módszerek, mint például a fungicidek alkalmazása, korlátozott hatékonyságúak és magas környezeti kockázatokkal járnak. Ezért egyre nagyobb figyelmet kapnak az alternatív védekezési módszerek, különösen a biológiai védekezés, amely mikroorganizmusokat alkalmaz a patogén gombák elleni küzdelemben. Az *Armillaria* elleni biológiai védekezésben alkalmazható baktériumok és gombák különböző mechanizmusokkal, például antibiózissal, kompetitív kolonizációval és parazitizmussal gátolják a növekedést és terjedést. A *Bacillus*, a *Pseudomonas* és a *Chaetomium* fajok által termelt antimikrobiális metabolitok, a sziderofórok és az extracelluláris enzimek fontos szerepet játszhatnak az *Armillaria* elleni védekezésben. Az *Armillaria* gyökérrothadás elleni hatékony védekezési stratégiák kidolgozása érdekében fontos a különböző biokontroll mikroorganizmusok hatékonyságának vizsgálata.

Célkitűzések

Munkánk célja olyan mikroorganizmusok izolálása, jellemzése és szelektálása volt, amelyek alkalmazhatóak lehetnek az *Armillaria* gyökérrothadás elleni védekezésben, valamint képesek elősegíteni a növények növekedését és javítani a növények életképességét.

Alkalmazott módszerek

- Egészséges és fertőzött erdők talaj-, termőtest- és rizomorfa-mintáiból *Armillaria* törzsek és biokontroll potenciállal rendelkező baktériumok izolálása és tisztítása szelektív táptalajokon.
- Az *Armillaria* törzsek fajszerű azonosítása a *tefla* genetikai marker amplifikációjával és szekvenálásával.
- A biokontroll potenciállal rendelkező *Bacillus* és *Pseudomonas* törzsek fajszerű azonosítása genetikai markerek (16S rRNS, *gyrA* és *rpoB*) amplifikációjával és szekvenálásával.
- *Chaetomium* és *Chaetomium*-szerű gombatörzsek molekuláris markerekkel (*tefla*, ITS, *rpb2* és *tub2*) történő fajszerű azonosítása és filogenetikai elemzése a különböző gének szekvenciáinak összehasonlításával.

- *Chaetomium* és *Chaetomium*-szerű gombatörzsek morfológiájának tanulmányozása fénymikroszkóppal, sztereomikroszkóppal és pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) alkalmazásával.
- *In vitro* antagonizmus-vizsgálatok PDA táptalajon: *Armillaria* törzsek konfrontációja különböző biokontroll mikroorganizmusokkal:
 - Baktériumtörzsek hatásának vizsgálata *Armillaria* törzsekkel szemben.
 - *Chaetomium* és *Chaetomium*-szerű gombatörzsek vizsgálata *Armillaria* törzsekkel szemben.
- Az antagonista mechanizmusok vizsgálata SEM-mel.
- *Bacillus* törzsek antifungális aktivitásért felelős metabolitokat kódoló génjeinek vizsgálata PCR segítségével.
- A törzsek extracelluláris enzimaktivitásának mérése kromogén szubsztrátok segítségével:
 - exokitináz enzimaktivitás vizsgálata paranitrofenil-N-acetil- β -D-glükózaminid szubsztráttal,
 - cellulózbontó képesség vizsgálata paranitrofenil- β -D-cellobiozid és paranitrofenil- β -D-glükopiranozid szubsztrátokkal,
 - xilánbontás vizsgálata paranitrofenil- β -D-xilopiranozid szubsztráttal,
 - foszfátmobilizáló képesség vizsgálata paranitrofenil-foszfát szubsztrát felhasználásával.
- A biokontroll baktérium- és gombatörzsek indol-3-ecetsav (IES) termelésének vizsgálata spektrofotometriás módszerrel.
- A baktériumtörzsek sziderofórtermelésének vizsgálata krómazuroil-szulfonsav tartalmú táptalajon.
- A biokontroll baktériumok növekedést serkentő hatásának vizsgálata fenyőmagok esetében: a fertőtlenített magok kezelése baktériumszuszpenzióval, majd inkubációt követően a csíranövények hosszának mérése.

Eredmények összefoglalása

A mintákat két különböző helyszínről gyűjtöttük: egy *Armillaria* fertőzés által sújtott Keszthelyi-hegységbeli tölgyerdőből a és egy Rosalia-hegységbeli egészséges fenyőerdőből. A két helyszínről gyűjtött talaj-, termőtest- és rizomorfa-mintákból szelektív táptalajon *Armillaria* törzseket izoláltunk. Négy *Armillaria* fajt azonosítottunk, a Rosalia-hegység őshonos fenyveseiből az *A. cepistipes*-t és az *A. ostoyae*-t, a Keszthelyi-hegységből az *A. mellea* -t és az

A. gallica-t. A gyűjtött talaj-, termőtest- és rizomorfa-mintákból összesen 22 baktériumtörzset izoláltunk, amelyek közül 11 a *Pseudomonas*, 5 a *Bacillus*, 4 pedig a *Paenibacillus* nemzetségbe tartozott.

A Szegedi Mikrobiológiai Törzsgyűjteményben korábban 32 *Chaetomium* és *Chaetomium*-szerű törzs került elhelyezésre, melyek magyarországi és finnországi mintákból származnak. Ezen törzsek taxonómiai vizsgálata során a *Ch. globosum*, *Ch. cochliodes*, *Ch. interruptum* és *Ch. rectangulare* fajok mellett a *Dichotomopilus* nemzetség két képviselőjét azonosítottuk. A két *Dichotomopilus* izolátumot (SZMC 26527 és SZMC 26529) a filogenetikai elemzés során új fajként azonosítottuk, melyet *Dichotomopilus finlandicus* néven írtunk le.

Az izolált baktériumtörzseket *in vitro* konfrontációs tesztekben vizsgáltuk az *Armillaria* fajok növekedésére gyakorolt hatásuk szempontjából. Vizsgálataink eredményei alapján kiderült, hogy a *Bacillus*, *Paenibacillus* és *Pseudomonas* baktériumfajok egyes törzsei, valamint a *Chaetomium* és *Dichotomopilus* gombafajok alkalmazhatók lehetnek az *Armillaria* elleni biológiai védekezésre. Magas ($\geq 75\%$) antagonista aktivitást figyeltünk meg a baktériumtörzsek közül a *B. amyloliquefaciens* SZMC 24437, a *B. subtilis* SZMC 24183, 24200, 24439 és 24440, a *Paenibacillus* sp. SZMC 24202, a *Pseudomonas* sp. SZMC 24425, a *Ps. fluorescens* SZMC 24419 és a *Ps. mandelii* SZMC 26958 esetében, amikor az *Armillaria*-t egy hetet előneveltük. Abban az esetben, amikor az *Armillaria*-t és a baktériumtörzset egyszerre oltottuk le, a *B. subtilis* SZMC 24183 és SZMC 24439, a *Paenibacillus* sp. SZMC 24202 és a *Ps. fluorescens* SZMC 24419 teljes mértékben (100%) gátolták az *Armillaria* törzsek növekedését.

A pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) vizsgálatok lehetővé tették az *Armillaria* hifákon bekövetkező morfológiai változások részletes megfigyelését, ami fontos információkat nyújt a baktériumok antagonista mechanizmusairól. A vizsgált baktériumtörzsek eltérő mechanizmusokkal képesek gátolni az *Armillaria* fajok növekedését. Egyes törzsek (pl. a *B. amyloliquefaciens* és a *B. subtilis*) közvetlenül kolonizálják a gombahifákat, és jelentős szerkezeti károsodást okoznak. Más törzsek (pl. a *Ps. fluorescens*) metabolitok termelésével idéznek elő hifakárosodást anélkül, hogy közvetlenül kolonizálnák a gombahifákat. A közvetlen hatások – mint a hifák kolonizálása és a fizikai behatolás – jelentős szerkezeti változásokat eredményeznek a gombamicéliumokon. Ezek a változások magukba foglalják a hifák ellaposodását, deformálódását, és a citoplazma kiürülését. A közvetett hatások – például a metabolitok termelése – szintén jelentős hifakárosodást okoznak, ami arra utal, hogy ezek a baktériumok olyan bioaktív vegyületeket termelnek, amelyek hatékonyan gátolják a gombák növekedését és fejlődését. A *Bacillus* törzsek (*B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*) és néhány

Pseudomonas törzs (*Ps. fluorescens*, *Ps. mandelii*) mutatták a legígéretesebb biokontroll hatást. Ezek a törzsek 80% feletti mértékben gátolták az *Armillaria* növekedését.

A különböző *Armillaria* fajok eltérő érzékenységet mutattak a különböző baktériumtörzsekkel szemben, de általánosságban elmondható, hogy minden vizsgált *Armillaria* faj érzékeny a *B. amyloliquefaciens*, a *B. subtilis*, a *Ps. mandelii* és a *Ps. fluorescens* törzsek által kiváltott antagonista hatásokra. Az *A. gallica* és *A. mellea* fajok esetében megfigyelt eredmények nagymértékben hasonlóak a fenyőspecifikus *A. cepistipes* és *A. ostoyae* törzsek esetében kapott eredményekhez, ami arra utal, hogy a biokontroll mikroorganizmusok széles körben alkalmazhatóak lehetnek különböző *Armillaria* fajok ellen.

A *Chaetomium*-ok közül az összes vizsgált faj (*Ch. cochliodes*, *Ch. globosum*, *Ch. interruptum*, *Ch. rectangulare*) magas ($\geq 85\%$) *Armillaria* növekedésgátlást eredményezett, és egyes törzsei teljesen benőtték, azaz 100%-ban gátolták a vizsgált *Armillaria* törzsek 1 hetes telepeit. Az általunk leírt *D. finlandicus* faj is átlagosan 85%-ban gátolta az összes vizsgált *Armillaria* növekedését. A vizsgált biokontroll törzsek hatékonyan képesek gátolni az *Armillaria* fajok növekedését közvetlen fizikai és közvetett biokémiai mechanizmusok révén. A *Chaetomium* fajok széles körben ismertek fitopatogének elleni antagonizmusukról, mely a növénykórokozó gombák növekedésének gátlása révén valósul meg. A SEM-vizsgálatok során megfigyeltük, hogy a *Chaetomium* és *Dichotomopilus* hifák képesek kolonizálni az *Armillaria* hifákat, behatolni azokba, és jelentős szerkezeti károsodásokat (pl. hifák ellaposodása és deformálódása) okozni. Ezek a megfigyelések alátámasztják a közvetlen fizikai és biokémiai mechanizmusok révén kifejtett antagonizmust. A *Ch. globosum* és *D. finlandicus* törzsek különösen hatékonyak voltak az *Armillaria* fajok hifáinak kolonizálásában és károsításában. A *Ch. globosum* hifák rátekeredtek az *Armillaria* hifákra és behatoltak azokba. A *D. finlandicus* törzsek is hasonló módon hatottak, szoros kapcsolatot kialakítva az *Armillaria* hifákkal, és súlyos szerkezeti károsodásokat okozva azokban.

A *Bacillus* törzsek lipopeptid-termelésért felelős génjeit genetikai tesztekkel elemeztük a fengicin, szurfaktin, mikoszubtilin és bacillomicin termeléséért felelős gének jelenlétére összpontosítva. Ezek a lipopeptidek különböző bioaktív tulajdonságokkal, például erős antifungális, antivirális, és antibakteriális hatásokkal rendelkeznek. A *B. amyloliquefaciens* SZMC 24437, a *B. subtilis* SZMC 24200 és a *B. subtilis* SZMC 24440 törzsek mind a négy vizsgált gént tartalmazták. Mértük a potenciális biokontroll mikroorganizmusok esetében az N-acetil- β -D-glükózaminidáz enzim termelésének mennyiségét. Az N-acetil- β -D-glükózaminidázok a kitináz enzimek közé tartoznak, amelyek a kitinláncról N-acetil- β -D-glükózamin monomereket hasítanak le, így fontos szerepet játszhatnak a gombák elleni

biológiai védekezésben. A vizsgált *Bacillus* törzsek mindegyike, valamint néhány *Pseudomonas* és *Paenibacillus* törzs is termelt N-acetil- β -D-glükózaminidáz enzimet, melyek átlagosan 82%-os, vagy annál nagyobb mértékben gátolták az *Armillaria* törzsek növekedését. A *Ch. globosum* törzsek különösen magas enzimaktivitást mutattak, ami jelentős növekedésgátló hatást gyakorolhat az *Armillaria* fajokra. Az általunk végzett kísérletek során a biokontroll-jelölt baktérium- és gombatörzsek esetében egyaránt korrelációt mutattunk ki az N-acetil- β -D-glükózaminidáz termelése és az *Armillaria* növekedésének gátlása között. Az N-acetil- β -D-glükózaminidáz enzim termelésének kvantitatív mérését követően megfigyeltük, hogy azok a törzsek, amelyek magasabb enzimaktivitást mutattak, szignifikánsan hatékonyabban gátolják az *Armillaria* fajok növekedését *in vitro* kísérleti körülmények között. Ezek az eredmények alátámasztják azt a hipotézist, hogy az N-acetil- β -D-glükózaminidáz enzim termelése kritikus tényező lehet az *Armillaria* fajok elleni biológiai védekezésben, és potenciálisan felhasználható indikátorként az antagonista mikroorganizmusok szelektálása és fejlesztése során.

A *Bacillus* és *Pseudomonas* törzsek jelentős sziderofórtermelő képességgel rendelkeznek, ami elősegítheti a vas felvételét a növények gyökérszónájában, így gátolva a patogén gombák szaporodását. A 22 izolált baktériumtörzsből 12 mutatott sziderofórtermelő képességet, leginkább a *Pseudomonas* és *Bacillus* fajok törzsei. A legmagasabb sziderofórtermelést a *Ps. fluorescens* SZMC 24419 törzs esetében tapasztaltuk. A *Bacillus* törzsek is jelentős sziderofórtermelést mutattak, míg a *Paenibacillus*, *Burkholderia* és *Lysinibacillus* törzsek nem termeltek sziderofórokat. A sziderofórtermelés hozzájárulhat a növények vaspótlásához és a fitopatogének visszaszorításához. A szakirodalomban számos tanulmány igazolja a *Bacillus* és *Pseudomonas* fajok sziderofórtermelő képességét és fitopatogén-gátló hatását.

Vizsgáltuk a különböző baktérium- és gombatörzsek cellobiohidroláz, β -glükozidáz és β -xilozidáz enzimaktivitását is, amelyek kulcsfontosságúak a cellulóz és xilán lebontásában. Ezek az enzimek nemcsak tápanyagokat biztosítanak a növények számára, hanem a talaj mikrobiális közösségeinek aktivitását is elősegítik. Négy baktériumtörzs kiemelkedő strukturális szénhidrátbontó enzimtermeléssel rendelkezett, 14 törzs pedig mindhárom vizsgált enzimet termelte. A *Bacillus* törzsek esetében magas cellobiohidroláz és β -glükozidáz enzimaktivitást tapasztaltunk, a legmagasabb értékeket a *B. amyloliquefaciens* SZMC 24437 és a *B. subtilis* SZMC 24439 törzsek mutatták. A *Paenibacillus* és *Burkholderia* törzsek között is voltak celluláz enzimet termelők, de kisebb mennyiségben termelték a vizsgált enzimeket. A β -xilozidáz enzimtermelés tekintetében 15 baktériumtörzs közül 12 termelt jelentős mennyiséget,

különösen a *Bacillus* fajok mutattak magas enzimaktivitást. A vizsgált baktériumtörzsek között a *Ps. fluorescens* SZMC 24419 termelte a legnagyobb mennyiségű β -xilozidázt.

A *Chaetomium* nemzetségbe tartozó gombák szintén magas enzimaktivitással rendelkeznek, főképp a *Ch. globosum* törzsek, amelyek mindhárom vizsgált enzimet nagy mennyiségben termelték. A *Ch. globosum* SZMC 27052 és SZMC 26539 törzsek mutatták a legmagasabb cellobiohidroláz enzimaktivitást. A *Ch. interruptum* és *Ch. cochliodes* törzsek esetében alacsonyabb enzimaktivitást tapasztaltunk, a *Ch. rectangulare* SZMC 26535 törzshöz hasonlóan. Az újonnan leírt *D. finlandicus* fajba tartozó törzsek cellobiohidroláz enzimtermelése alacsonyabb volt, de β -glükózidáz- és β -xilozidáz-termelésük hasonló volt a *Ch. globosum* törzsekéhez.

Összességében a vizsgált, biokontroll-jelölt baktérium- és gombatörzsek különböző szénhidrátbontó enzimaktivitást mutattak, ami hozzájárulhat a talaj szerves anyagainak lebontásához és a növények tápanyagellátásához. Ezen enzimek termelése fontos lehet a biokontroll stratégiákban és az ökológiai növényvédelemben. Az eredmények arra utalnak, hogy ezek a mikroorganizmusok közvetlenül hozzájárulhatnak a növények növekedéséhez és ellenálló képességéhez, ezáltal elősegítve az egészséges talajökoszisztéma fenntartását.

Az indolecetsav (IES) egy auxin-típusú növényi hormon, amely kulcsszerepet játszik a növény-növekedés és -fejlődés szabályozásában. A gyökérszónában élő mikroorganizmusok által termelt IES különösen fontos, mivel közvetlenül befolyásolja a gyökérszóna növekedését, a tápanyagfelvételt és a növények általános egészségi állapotát. IES-t a vizsgált baktériumok közül a *Pseudomonas* törzsek termeltek, közülük a *Pseudomonas* sp. SZMC 24425 (92,64 $\mu\text{g/mL}$), a *Ps. mandelii* SZMC 26958 (75,11 $\mu\text{g/mL}$), és a *Ps. fluorescens* SZMC 24428 (65,65 $\mu\text{g/mL}$) mutatták a legmagasabb IES-termelést, kiemelkedve a többi törzs közül. A többi vizsgált törzs kis mennyiségben termelt IES-t, kivéve a *B. subtilis* SZMC 24200, *Lysinibacillus* sp. SZMC 24203, *Paenibacillus* sp. SZMC 24202, *Pb. castaneae* SZMC 24204 és *Ps. mandelii* SZMC 24197 törzseket, melyek nem termeltek IES-t.

Az összes vizsgált *Chaetomium* és *Dichotomopilus* törzs termelt IES-t, melynek mennyisége 24-57 $\mu\text{g/mL}$ között változott. A *Ch. globosum* törzsek termelték a legnagyobb mennyiségben az IES-t, míg a *Ch. interruptum* termelte a legkevesebbet. A *Ch. cochliodes*, *Ch. rectangulare* és *D. finlandicus* törzsek alacsonyabb, de még mindig jelentős IES-termelést mutattak. A szakirodalomban fellelhető eredmények alapján az általunk izolált baktériumtörzsek kiemelkedő IES-termelő képességgel rendelkeznek.

Eredményeink alapján foszfatáz enzimaktivitással főleg a *Bacillus* nemzetségbe tartozó törzsek rendelkeznek. A legnagyobb mennyiségű foszfatáz enzimet a *B. amyloliquefaciens*

SZMC 24437 és a *B. subtilis* SZMC 24439 termelte. További magas foszfatáz enzimaktivitással rendelkező törzsek közé tartozik a *B. subtilis* SZMC 24440, a *Lysinibacillus* sp. SZMC 24203, és a *Ps. mandelii* SZMC 24197. Az összes tesztelt *Chaetomium* és *Dichotomopilus* törzs termelt foszfatáz enzimet. A *Ch. globosum* törzsek (pl. a *Ch. globosum* SZMC 22478, SZMC 24508, SZMC 24766, és SZMC 26534) kimagasló mennyiségű foszfatáz enzimet termeltek.

Vizsgáltuk a baktériumtörzsek fenyőmagok csírázására gyakorolt hatását is. A kontrollhoz viszonyítva az összes vizsgált baktériumtörzs serkentette a fenyőmagok csírázását, ez a növekedésserkentő hatás azonban statisztikailag nem bizonyult szignifikánsnak.

Eredményeink alapján a *B. subtilis*, a *B. amyloliquefaciens* és a *Ps. fluorescens* baktériumtörzsek bizonyultak a legígéretesebbeknek az *Armillaria* fajok elleni biológiai védekezés céljaira. Ezek a törzsek nemcsak jelentős antagonista aktivitást mutatnak az *Armillaria* fajokkal szemben, hanem különböző növény-növekedést serkentő tulajdonságokkal is rendelkeznek. A gombák közül a *Ch. globosum* és a *D. finlandicus* törzsek tűntek a legjobbnak az *Armillaria* elleni védekezésre, mivel hatékonyan gátolják az *Armillaria* növekedését, és különböző biokontroll mechanizmusokat is kifejtnek, például a sziderofórok és a sejtfalbontó enzimek termelését.

Összességében a dolgozat eredményei rávilágítanak arra, hogy a biokontroll mikroorganizmusok hatékony alternatívát kínálnak a kémiai növényvédő szerekkel szemben, hozzájárulva a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokhoz és a környezeti terhelés csökkentéséhez. A jövőbeli kutatások célja, hogy ezeknek a mikroorganizmusoknak a hatékonyságát különböző növényi rendszerekben és környezeti feltételek mellett tovább vizsgáljuk, valamint hogy a biológiai védekezési stratégiák optimalizálása érdekében alkalmazási technológiákat fejlesszünk. Eredményeink gyakorlati alkalmazásuk révén hozzájárulhatnak a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságához és hatékonyságához is.

A dolgozat legfontosabb eredményei a következők:

1. A két mintavételi területről négy *Armillaria* fajt azonosítottunk: *A. cepistipes*-t és *A. ostoyae*-t a Rosalia-hegységből, *A. mellea*-t és *A. gallica*-t pedig a Keszthelyi-hegységből. Emellett összesen 22 baktériumtörzset izoláltunk, amelyek közül 11 *Pseudomonas*-nak, 5 *Bacillus*-nak., 4 pedig *Paenibacillus*-nak bizonyult.
2. Összesen 32 (15 magyarországi és 17 finnországi) *Chaetomium* és *Chaetomium*-szerű törzset azonosítottuk *tef1 α* -szekvenciák alapján, melyek közül 24 a *Ch. globosum*, 2 a *Ch. cochliodes*, 1 a *Ch. interruptum*, 1 a *Ch. rectangulare*, további 2 izolátum (SZMC 26527, SZMC 26529) pedig egy, a közeli rokon *Dichotomopilus* nemzetségbe tartozott.

Ez a két gombatörzs a tudomány számára új fajnak bizonyult, melyet polifázikus taxonómiai módszerek alapján *Dichotomopilus finlandicus* néven írtunk le.

3. Elsőként vizsgáltuk és bizonyítottuk *B. subtilis* és *Paenibacillus* izolátumok *in vitro* növekedésgátló hatását az *A. gallica*, *A. cepistipes* és *A. ostoyae* gombákkal szemben, *B. amyloliquefaciens*, *Burkholderia* és *Lysinibacillus* baktériumtörzsek esetében az *A. gallica*, *A. mellea*, *A. cepistipes*, *A. ostoyae* gombákkal szemben, *Ch. cochliodes*, *Ch. globosum*, *Ch. interruptum*, *Ch. rectangulare* és a *D. finlandicus* fajok esetében pedig *A. cepistipes*, *A. gallica*, *A. mellea* és *A. ostoyae* ellen.
4. Elsőként vizsgáltuk a *B. amyloliquefaciens*, a *B. subtilis*, a *Lysinibacillus* sp., a *Pb. castaneae* és a *Ps. fluorescens* antagonizmusát *A. cepistipes*, *A. gallica*, *A. mellea* és *A. ostoyae*, valamint a *Ch. globosum* és a *D. finlandicus* antagonizmusát *A. mellea* és *A. ostoyae* fajokkal szemben pásztázó elektronmikroszkóppal, melynek eredményeképpen megfigyelhetővé vált az *Armillaria* fajok hifáinak morfológiai változása különböző potenciális biokontroll mikroorganizmusok jelenlétében.
5. A vizsgált *Bacillus* fajok magas növekedésgátló hatással rendelkeztek az *Armillaria* fajokkal szemben, melynek egyik oka az antifungális metabolitok termelése lehet. Az általunk vizsgált *B. subtilis* és *B. amyloliquefaciens* törzsek esetében kimutattuk a bacillomicin (*bamC*), mikoszubtilin (*mycA*), fengicin (*fenB*) és szurfaktin (*sfp*) antifungális metabolitok termeléséért felelős gének jelenlétét.
6. A baktériumok és a gombák antagonizmusának vizsgálata során felmértük a törzsek N-acetil- β -D-glükózaminidáz enzim termelésére való képességét, és összefüggést találtunk az antagonizmus és az N-acetil- β -D-glükózaminidáz-termelés között: azok a törzsek, amelyek nagyobb mennyiségű N-acetil- β -D-glükózaminidáz enzimet termeltek, az *Armillaria* fajok ellen hatékonyabb antagonistának bizonyultak, mint azok, amelyek nem termelték ezt az enzimet.
7. A baktérium- és gombatörzsek strukturális szénhidrátbontó enzimek termelésére való képességének vizsgálata során megállapítottuk, hogy a vizsgált gombatörzsek magasabb enzimaktivitással rendelkeznek, mint a baktériumtörzsek, melynek magyarázata, hogy a *Chaetomium* nemzetség a szaprofita cellulózbontó gombák közé tartozik.
8. A potenciális biokontroll baktérium- és gombatörzsek növény-növekedést serkentő tulajdonságai közül az indolecetsav-termelésre és foszformobilizásra való képességüket mutattuk ki. Magas IES-termelésre a *Pseudomonas* fajok voltak képesek, valamint az összes *Chaetomium* és *Dichotomopilus* jelentősebb mennyiségű IES-termelést mutatott.

Summary

Certain members of the fungal genus *Armillaria* cause significant root rot in over 500 tree species worldwide, including forest trees and agricultural plants. These fungi colonize the roots of trees and can kill living trees, resulting in substantial ecological and economic damage. Chemical control methods, such as fungicides, have limited effectiveness and pose environmental risks, hence biocontrol methods are gaining increased attention. Biological control uses microorganisms (bacteria and fungi) to attack *Armillaria*. *Bacillus*, *Pseudomonas*, and *Chaetomium* species inhibit the growth and spread of the fungi through various mechanisms, including antibiosis, competitive colonization, and parasitism.

Our research aimed to identify and investigate *Armillaria* strains and potential biocontrol microorganisms from soil-, fruiting body-, and rhizomorph samples collected from the Keszthely and the Rosalia Mountains, as well as from other sources.

For the isolation and identification of *Armillaria* strains and potential biocontrol bacteria, samples from healthy and infected forests were used. The fungal tissues were placed on selective media and identified by amplifying and sequencing the genetic marker *tefla*. *Bacillus* and *Pseudomonas* strains were isolated on selective media and identified using the genetic markers *gyrA* and *rpoB*. *Chaetomium* and *Chaetomium*-like strains were identified using the molecular markers *tefla*, ITS, *rpb2*, and *tub2*, and phylogenetic analyses were conducted by comparing the sequences of different genes.

In antagonism assays, *Armillaria* strains were cultured on PDA media and incubated with various biocontrol microorganisms. The inhibition of *Armillaria* colony growth was measured, and antagonistic effects were also examined using scanning electron microscopy. The indole-3-acetic acid (IAA) production of potential biocontrol bacteria and fungi was assessed spectrophotometrically, while siderophore production was analyzed on chrome azurol-S agar. Extracellular enzyme activities were measured using chromogenic substrates. The growth-promoting effects of biocontrol bacteria were also evaluated on pine seeds. Seeds were sterilized, treated with bacterial suspensions, incubated, and the length of seedlings was measured. PCR was used to examine genes (*bamC*, *mycA*, *fenB*, *sfp*) responsible for the antifungal activity of *Bacillus* strains.

We identified four *Armillaria* species in the examined samples: *A. cepistipes* and *A. ostoyae* from the Rosalia Mountains, as well as *A. mellea* and *A. gallica* from the Keszthely Mountains. We isolated 22 bacterial strains, including 11 *Pseudomonas* sp., 5 *Bacillus* sp., and 4 *Paenibacillus* sp. The previously isolated *Chaetomium* strains involved in the study were

Ch. globosum, *Ch. cochliodes*, *Ch. interruptum*, and *Ch. rectangulare*, along with strains of a phylogenetically new species, which we described as *Dichotomopilus finlandicus*.

In vitro antagonism tests demonstrated that the *Bacillus* and *Pseudomonas* strains effectively inhibited the growth of *Armillaria* species, with *B. amyloliquefaciens* and *B. subtilis* showing significant antagonistic effects. *Chaetomium* strains also exhibited strong growth inhibition, particularly *Ch. globosum* and *Ch. rectangulare*. Scanning electron microscopy revealed that *Bacillus* and *Chaetomium* strains directly colonized *Armillaria*, leading to thinning and fragmentation of the fungal hyphae, while *Pseudomonas* strains inhibited fungal growth through metabolite production.

Bacteria and fungi producing N-acetyl- β -D-glucosaminidase enzyme also showed significant growth inhibitory effects against *Armillaria* species. We found a correlation between enzyme production and inhibitory effect in both bacterial and fungal strains. The analysis of lipopeptide-producing genes in *Bacillus* strains revealed that *B. amyloliquefaciens* SZMC 24437 and *B. subtilis* SZMC 24440 contained all four examined genes (bacillomycin - *bamC*, mycosubtilin - *mycA*, fengycin - *fenB*, surfactin - *sfp*). These lipopeptides possess important bioactive properties, such as antifungal and antibacterial effects.

The efficacy of biocontrol microorganisms was also assessed through the production of siderophores, extracellular enzymes, and IAA. *Bacillus* and *Pseudomonas* strains exhibited significant siderophore production, which may enhance iron uptake in the plant root zone, thereby inhibiting the proliferation of pathogenic fungi. Different bacterial and fungal strains produced cellulolytic enzymes crucial for biocontrol and nutrient uptake by the plant. Notably, *Bacillus* strains like *B. amyloliquefaciens* SZMC 24437 and *B. subtilis* SZMC 24439 exhibited high cellobiohydrolase and β -glucosidase activities, *Ps. fluorescens* SZMC 24419 showed high β -xylosidase production, while among *Chaetomium* species, *Ch. globosum* strains demonstrated the highest enzymatic activity, particularly for cellobiohydrolase and β -glucosidase. *Pseudomonas* strains, particularly *Pseudomonas* sp. SZMC 24425 and *Ps. fluorescens* SZMC 24428 showed high production of IAA, which plays a key role in plant growth regulation. *Ch. globosum* strains produced the most IAA among *Chaetomium* species. The analysis of phosphatase enzyme activity indicated that *Bacillus* strains, especially *B. amyloliquefaciens* SZMC 24437 and *B. subtilis* SZMC 24439, had the highest activity. *Ch. globosum* strains also demonstrated significant phosphatase production.

Our results indicate that bacterial strains of *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, and *Ps. fluorescens* are the most promising for *Armillaria* biocontrol, displaying significant

antagonistic activity and plant growth-promoting properties. Among fungi, *Ch. globosum* strains were the most effective against *Armillaria*, employing various biocontrol mechanisms.

In conclusion, biocontrol microorganisms provide an effective alternative to chemical pesticides, contributing to sustainable agricultural practices and reducing environmental impact. Future research should focus on further examination of the efficacy of these microorganisms in different plant production systems under various environmental conditions, and the development of application technologies to optimize biological control strategies.

Publikációk:

A fokozatszerzés alapjául szolgáló közlemények:

Kedves O., Kocsubé S., Bata T., Andersson M. A. Salo J. M., Mikkola R., Salonen H, Szűcs A., Kedves A., Kónya Z., Vágvölgyi C., Kredics L. *Chaetomium* and *Chaetomium*-like species from European indoor environments include *Dichotomopilus finlandicus* sp. nov. *Pathogens* 10(9): 1133 (2021) <https://doi.org/10.3390/pathogens10091133>. **IF: 4,531**

Kedves O., Shahab D., Champramary S., Chen L., Indic B., Bóka B., Nagy V D., Vágvölgyi C., Kredics L., Sipos G., Epidemiology, biotic interactions and biological control of Armillarioids in the Northern Hemisphere. *Pathogens* 10(1): 76 (2021) DOI: 10.3390/pathogens10010076. **IF: 4,531**

A dolgozat témájából született konferenciaösszefoglalók:

Kedves O., Kedves A., Kónya Z., Brányi Á., Vágvölgyi C., Sipos G., Kredics L.: *Chaetomium* és *Dichotomopilus* fajok antagonizmusának vizsgálata az erdő- és diófakárosító *Armillaria* fajok ellen. In: Dima Bálint és Dr. Papp Viktor (szerk.) VII. Magyar Mikológiai Konferencia (2024), pp 151-153. ISBN 978-963-623-098-2

Kedves O., Kedves A., Kónya Z., Vágvölgyi C., Sipos G., Kredics L. Erdő- és diófakárosító *Armillaria* fajok és potenciális biokontroll mikroorganizmusaik interakciójának vizsgálata pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) In: Allaga H., Balázs D.K. (szerk.) III. Természettudományok helyzete hazánkban Egyetemtől a munkaerőpiacig Workshop: Absztraktfüzet Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2024) pp. 22-24.

Kedves O., Bencsik-Bóka B., Chen L., Kedves A., Kónya Z., Vágvölgyi C., Sipos G., Kredics L. *Armillaria* nemzetség elleni biológiai védekezésre alkalmas baktériumok jellemzése In: Molnár, Dániel; Molnár, Dóra (szerk.) XXV. Tavaszi Szel Konferencia 2022. Absztraktkötet Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2022) 799 p. pp. 67-68.

Kedves O., Kocsubé S., Bata T., Andersson M.A., Salo J.M., Mikkola R., Salonen H., Szűcs A., Kedves A., Kónya Z., Vágvölgyi C., Magyar D., Kredics L. *Dichotomopilus finlandicus* sp. nov.: a new *Chaetomium*-like Species from European Indoor Environments. 6th Central European Forum for Microbiology Kecskemét, Magyarország, 2021. október 13–15. ACTA MICROBIOLOGICA ET IMMUNOLOGICA HUNGARICA (1217-8950 1588-2640): 68 Supplement-1 pp 79-79 (2021)

Kedves O., Chen L., Bóka B., Kedves A., Kónya Z., Vágvölgyi C., Sipos G., Kredics L., A gyökérröthadást okozó *Armillaria* (tuskógomba) fajok elleni biológiai védekezés In: Barna B.J.; Kovács P., Molnár D.P., Viktória L. (szerk.) XXIII. Tavaszi Szel Konferencia 2020. Absztraktkötet: MI és a tudomány jövője Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2020) pp. 43-44.

Kedves O., Kocsubé S., Magyar D., Salo J.M., Mikkola R., Andersson M.A., Kedves A., Kónya Z., Vágvölgyi C., Kredics L. Studies on the diversity and physiology of *Chaetomium* species isolated from closed environments. Magyar Mikrobiológiai Társaság 2020. évi Nagygyűlése és a XIV. Fermentációs Kollokvium, 2020. pp. 20-20. , 1 p.

Kedves O., Sipos G., Microbial biocontrol of *Armillaria* root rot In: Zurich Mycology Symposium 2020 (2020) pp. 10.

Kedves O., Bóka B., Chen L., Imre V., Kredics L., Sipos G., Vágvölgyi C. *Armillaria* elleni védekezésben alkalmazható potenciális biokontroll ágensek foszformobilizáló, valamint sziderofór- és indol-3-ecetsav-termelő képessége - Phosphor mobilization and the production of siderophores and indol-3-acetic acid by potential microbial biocontrol agents of *Armillaria* root rot Mikológiai Közlemények-Clusiana (2017) 56(1): pp. 107-108.

További a dolgozat témájához kapcsolódó közlemények

Folyóiratokban megjelent szakcikkek:

- Salo J.M., **Kedves O.**, Mikkola R., Kredics L., Andersson M.A., Kurnitski J., Salonen H. Detection of *Chaetomium globosum*, *Ch. cochliodes* and *Ch. rectangulare* during the diversity tracking of mycotoxin-producing *Chaetomium*-like isolates obtained in buildings in Finland *Toxins* 12(7): 443, (2020). DOI: 10.3390/toxins12070443. **IF: 4.546.**
- Chen L., Bóka B., **Kedves O.**, Nagy V.D., Szűcs A., Champramary S., Roszik R., Patocskai, Z., Münsterkötter M., Huynh T., Indic B., Vágvolgyi C., Sipos G., Kredics L., Towards the biological control of devastating forest pathogens from the genus *Armillaria*. *Forests* 10(11): 1013 (2019). DOI: 10.3390/f10111013. **IF: 2,21**

Konferenciaösszefoglalók:

- Indic B., Champramary S., Chen L., Thu H., **Kedves O.**, Lakatos L., Vágvolgyi C., Kredics L., Sipos G. Phylogenetic analysis shows contrasting genetic diversity among various Armillarioid species in Pannonian forests In: Németh, R., Hansmann, P., Rademacher, P., Bak, M., Báder, M. (szerk.) 10TH Hardwood Conference Proceedings Sopron, Magyarország: Soproni Egyetemi Kiadó (2022) 323 pp. 203. DOI: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-446-0>
- Chen L., ; Shahab D., **Kedves O.**, Champramary S., Indic B., Nagy V.D., Vágvolgyi C., Kredics L., Sipos L. Armillarioid root rot invasion: possibilities of silvicultural and chemical control Hardwood Conference Proceedings 9th Hardwood Proceedings: Part II. (2021) pp. 90-97
- Sipos G., Kredics L., Chen L. Sahu N., Prasanna A., Champramary S., Kedves O., Indic B., Raj G., Nyikos, B.R., Huyn T., Kocsubé S., Vörös M., Marik T., Nagy V.D., Szekeres A., Münsterkötter M., Bencsik-Bóka B., Szűcs A., Tyagi C., Merényi Z., Vágvolgyi C., Nagy L. Az erdészeti kártevő *Armillaria* (tuskógomba) nemzetség patológiája és a biológiai védekezés lehetőségei. Sopron, Magyarország: Soproni Egyetemi Kiadó (2021), 16 p.
- Vágvolgyi C., Sipos G., Chen L., **Kedves O.**, Kredics L. Biology and control of *Armillaria* species, emerging pathogenic fungi of forests In: Kende, Zoltán (szerk.) Abstract book of the 19th Alps-Adria Scientific Workshop, 2020. április 26. – május 1., Wisła, Lengyelország, Gödöllő, Magyarország : Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft. (2020) 100 p. pp. 60.
- Bencsik-Bóka B., Sahu N., Huynh T., Kedves O., Merényi Z., Kovács G., Chen L., Champramary S., Patocskai Z., Münsterkötter M. Vágvolgyi C., Nagy L.; Sipos G., Kredics, L. Classical and ‘omics’ approaches towards the biological control of devastating forest pathogens from the genus *Armillaria*. In: A Magyar Mikrobiológiai Társaság 2018. évi Nagygyűlése és a XIII. Fermentációs Kollokvium: Absztraktfüzet Budapest, Magyarország : Magyar Mikrobiológiai Társaság (MMT) (2018) 70 p. pp. 6.
- Kredics L., Sahu N., Huynh T., **Kedves O.**, Merényi Z., Kovács G., Chen L., Bóka B., Patocskai Z., Münsterkötter M., Vágvolgyi C., Nagy L., Sipos G. Devastating forest pathogens from the genus *Armillaria*: from genomics to biocontrol In: Grenni, P; Fernández-López, M; Mercado-Blanco, J (szerk.) Soil biodiversity and European woody agroecosystems COST Action FP1305 BioLink: linking below ground biodiversity and ecosystem function in European forests : proceedings of the 2018 Annual Meeting Róma, Olaszország: National Research Council, Italy (2018) 190 p. pp. 48-49.
- Kredics L., Bóka B., Chen L., **Kedves O.**, Imre V., Sipos G., Vágvolgyi C. Isolation, identification and characterization of potential microbial biocontrol agents of *Armillaria* species damaging tree crops. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* (2017) 64 p. 139.
- Bóka B., Sipos G., Marik T., Jakab J., Imre V., Chen L., **Kedves O.**, Nagy V.D., Allaga H., Kredics L., Vágvolgyi C. Rhizomorph-associated microbiome as a potential source of biocontrol agents against *Armillaria* root rot In: Kriiska, K; Rosenvald, K; Meitern, A; Ostonen, I (szerk.) *Woody*

- Root 7: 7th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants, Tartu, Észtország : University of Tartu (2017) 114 pp. 86
- Kredics L., Bóka B., Chen L., **Kedves O.**, Imre V., Sipos Gy., Vágvölgyi Cs. Fitopatogén *Armillaria* fajok ellen potenciálisan alkalmazható biokontroll ágensek izolálása és azonosítása - Isolation and identification of potential biological control agents of phytopathogenic *Armillaria* species Mikológiai Közlemények-Clusiana (2017) 56(1) pp. 78-80.
- Sipos G., Bóka B., **Kedves O.**, Chen L., Patocskai Z., Mümsterkötter M., Vágvölgyi Cs., Kredics L. A pusztító erdészeti kártevő *Armillaria* (tuskógomba) fajok genetikai vizsgálata és a biológiai védekezés lehetőségei In: Bidló A., Facskó F. (szerk.) Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia: a konferencia előadásainak és posztereinek kivonatai Sopron, Magyarország: Soproni Egyetemi Kiadó (2017) 59 p. pp. 16-17.
- Vágvölgyi Cs., Bóka B., Sipos G., Jakab J., Imre V., Marik T., **Kedves O.**, Chen L., Allaga H., Nagy V.D., Khaled J.M., Alharbi N.S., Kredics L. Screening of rhizomorph-associated soil samples for potential biocontrol agents against forest-damaging *Armillaria* species In: Department of Public Health Faculty of Medicine University of Szeged (szerk.) 19th DKMT Euroregional Conference on Environment and Health: Program and abstracts Szeged, Magyarország: University of Szeged, Faculty of Medicine (2017) 65 p. pp. 55.
- Varga O.**, Bartos H., Péter T. Strukturális szénhidrátbontó baktériumtörzsek jellemzése növényi növekedést serkentő és antagonistá tulajdonságaik alapján In: Varga, Zoltán (szerk.) XXXIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia: Agrártudományi szekció Rezümékötet Mosonmagyaróvár, Magyarország: Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar (2017) 333 pp. 236

Egyéb közlemények

Folyóiratokban megjelent szakkikkek:

- Kedves A., Yavuz Ç., **Kedves O.**, Haspel H., Kónya Z., Response to shock load of titanium dioxide nanoparticles on aerobic granular sludge and algal-bacterial granular sludge processes, *NanoImpact*, (2024), <https://doi.org/10.1016/j.impact.2024.100532>. **IF: 4,7**
- Kredics L., Büchner R., Balázs D., Allaga H., **Kedves O.**, Racić G., Varga A., Nagy V. D., Vágvölgyi Cs., Sipos Gy. Recent advances in the use of *Trichoderma*-containing multicomponent microbial inoculants for pathogen control and plant growth promotion. *World Journal Of Microbiology & Biotechnology* 40(5): 162 (2024) DOI:10.1007/s11274-024-03965-5. **IF: 4.0**
- Bartal A., Huynh T., Kecskeméti A., Vörös M., **Kedves O.**, Allaga H., Varga M., Kredics L., Vágvölgyi Cs., Szekeres A. Identifications of surfactin-type biosurfactants produced by *Bacillus* species isolated from rhizosphere of vegetables. *Molecules* 28(3): 1172 (2023). DOI: 10.3390/molecules28031172. **IF: 4,6.**
- Huynh T., Vörös M., **Kedves O.**, Turbat A., Sipos G., Leitgeb B., Kredics L., Vágvölgyi, C., Szekeres A. Discrimination between the two closely related species of the operational group *B. amyloliquefaciens* based on whole-cell fatty acid profiling *Microorganisms* 10(2): 418 (2022). DOI: 10.3390/microorganisms10020418. **IF: 4,1**
- Andersson M.A., Salo J., **Kedves O.**, Kredics L., Druzhinina I., Kurnitski J., Salonen H. Bioreactivity, guttation and agents influencing surface tension of water emitted by actively growing indoor mould isolates. *Microorganisms* 8(12) 1940 (2020). DOI: 10.3390/microorganisms8121940 **IF: 3,964**
- Vornanen-Winqvist C., Järvi K., Andersson, M.A., Duchaine C., Létourneau V., **Kedves O.**, Kredics L., Mikkola R., Kurnitski J., Salonen H., Exposure to indoor air contaminants in school buildings with and without reported indoor air quality problems. *Environment International* 8(12): 1940 (2020). DOI: 10.1016/j.envint.2020.105781. **IF: 9,621**

Zervas A.; Aggerbeck M.R., Allaga H., Güzel M., Hendriks M., Jonuškienė I., **Kedves O.**, Kupeli A., Lamovšek J., Mülner P., Munday D., Namli S., Samut H., Tomičić R., Tomičić Z., Yeni, Zghal R.Z., Zhao X., Sanchis-Borja V., Hendriksen N.B. Identification and characterization of 33 *Bacillus cereus sensu lato* isolates from agricultural fields from eleven widely distributed countries by whole genome sequencing. *Microorganisms* 8: 2028 (2020). DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8122028>, **IF: 3,964**

Kredics L., Chen, L., Kedves O., Büchner R., Hatvani L., Allaga H., Nagy V.D., Khaled, J.M., Alharbi N.S., Vágvölgyi C. Molecular tools for monitoring *Trichoderma* in agricultural environments *Frontiers In Microbiology* 1599 (2018) DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01599>. **IF:4,25**

Konferenciaösszefoglalók:

Languar, O., **Kedves, O.**, Champramary, S., Lange-Enyedi, N.T., Indic B., Vágvölgyi, Cs., Kredics, L., Szekeres, A., Sipos Gy. Volatile compound-mediated interactions between *Armillaria* and *Trichoderma*: implications for biocontrol strategies In: 1st Annual Conference of the MiCropBiomes COST Action: Exploiting Plant-Microbiomes Networks and Synthetic Communities to Improve Crops Fitness (2024) 106 p. pp. 54-55. , 2 p.

Kredics L., Allaga H., **Kedves O.**, Varga A., Brányi Á., Geösel A., Csutorás Cs., Sipos Gy., Vágvölgyi Cs. Gomba gombának farkasa: a mikoantagonista *Trichoderma* nemzetség szerepe a mezőgazdaságban. In: Dima, B., Papp, V. (szerk.) VII. Magyar Mikológiai Konferencia (2024) pp 9-11. ISBN 978-963-623-098-2

Kedves A., Yavuz C., **Kedves O.**, Haspel H., Kónya Z. Nikkel szerves-fémkoordinációs vázszerkezetek és nikkkel-oxid nanorészecskék hatásának vizsgálata aerob- és alga-baktérium iszap granulumos biológiai szennyvíztisztítási eljárások esetében. In: Allaga H.; Balázs D.K. (szerk.) III. Természettudományok helyzete hazánkban Egyetemtől a munkaerőpiacig Workshop: Absztraktfüzet Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2024) pp. 27-28.

Büchner R., Allaga H., **Kedves O.**, Vörös M., Varga A., Hatvani L., Vágvölgyi C., Kredics L. *Bacillus velezensis* GBS21 strain successfully increases mushroom yield in commercial *Agaricus bisporus* growing conditions In: Allaga H., Balázs, D.K. (szerk.) III. Természettudományok helyzete hazánkban Egyetemtől a munkaerőpiacig Workshop: Absztraktfüzet Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2024) pp. 36-37.

Kedves A., **Kedves O.**, Kónya Z. Polimer stabilizált réz-oxid nanorészecskék előállítása növényvédelem céljára. In: Molnár, Dániel; Molnár, Dóra (szerk.) XXV. Tavasz Szél Konferencia 2022. Absztraktkötet Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) (2022) 799 p. pp. 774-775.

Andersson M.A., Kredics L., **Kedves O.**, Marik T., Salonen H. Potentially Pathogenic Fungi In Finnish Educational Buildings. Sisäilmastoseminaari 2022 Messukeskus Helsinki Finland SIY raportti (2022) pp. 275-280

Kedves A., Buchholz B., **Kedves O.**, Sánta L., Rónavári A., Halász J., Kónya Z., Grafén-oxid hatása az aerob granulátumos szennyvíztisztítási technológiára = Effect of graphene-oxide for aerobic granular sludge wastewater treatment In: Füleky Gy. (szerk.) XIV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia kiadványa: Szent István Egyetem Regionális Tudástranszfer Központ: Gödöllő, 2018. április 5-7.Gödöllő, Magyarország: MAG Mezőgazdaságért Alapítvány (2018) 400 p. pp. 138-142.

Kredics L., Körmöczy P., Bóka B., Racic G., **Kedves O.**, Nagy V.D., Chen L., Hatvani L., Szekeres A., Sipos G., Pankovic D., Vágvölgyi C. Development of biocontrol strategies based on antagonistic *Trichoderma* strains In: Monostori, Tamás (szerk.) 16th Wellmann International Scientific

- Conference "Hello Modern Agriculture!" : Book of Abstracts Hódmezővásárhely, Magyarország: University of Szeged Faculty of Agriculture (2018) 118 p. pp. 11-12.
- Kredics L., Chen L., **Kedves O.**, Büchner R., Hatvani L., Allaga H., Nagy V.D., Racic G., Pankovic D., Skrbic B., Vágvölgyi C. Monitoring biocontrol microorganisms in agricultural environments: *Trichoderma* in the spotlight. In: Cotoraci, C; Ardelean, A 20th Danube-Kris-Mures-Tisa (DKMT) Euroregion Conference on Environment and Health - Book of Abstracts Arad, Románia: Vasile Goldis University Press (2018) 57 p. pp. 48-49.
- Mara G., Becze A., **Varga O.**, Laslo L., Oancea F. Screening of multifunctional bacterial inoculants with lignocellulose degradation ability for agricultural applications. *Studia Universitatis Vasile Goldis Arad - Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)* (2016) 26(2): 225-233.
- Varga O.**, Sánta L., Kedves A. Multi-stage anaerobic digestion technology for the cogeneration of hydrogen and methane from corn ethanol by-products. In: Sonia, Amariei (szerk.) *The International Conference for Students "Student in Bucovina": Abstracts Suceava, Románia* : Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava (2015) p. 89

Összesített impakt faktor: 55,017

MTMT azonosító: 10056886

Társszerzői nyilatkozat

Kijelentem, hogy **Kedves Orsolya** szerepe meghatározó volt a **Kedves O.**, Kocsubé S., Bata T., Andersson M. A. Salo J. M., Mikkola R., Salonen H, Szűcs A., Kedves A., Kónya Z., Vágvölgyi Cs., Kredics L. *Chaetomium* and *Chaetomium*-like Species from European Indoor Environments Include *Dichotomopilus finlandicus* sp. nov. *Pathogens* 10(9): 1133 (2021) <https://doi.org/10.3390/pathogens10091133>.

és

Kedves O., Shahab D., Champramary S., Chen L., Indic B., Bóka B., Nagy V D., Vágvölgyi C., Kredics L., Sipos Gy., *Epidemiology, Biotic Interactions and Biological Control of Armillarioids in the Northern Hemisphere. Pathogens* 10(1): 76 (2021) DOI: 10.3390/pathogens10010076.

címmel megjelent közleményekben, így az értekezésben és a publikációkban közölt eredményeket tudományos fokozat (Ph.D.) megszerzésére nem használtuk fel és ezt a jövőben sem fogjuk tenni.

Szeged, 2024.10.29.



Dr. Kredics László
Témavezető



Prof. Dr. Sipos György
Témavezető