

Debreceni Egyetem
Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar

Növényvédelmi Intézet

Tanszékvezető:

Dr. Nagy Antal

egyetemi docens

**Talajból fertőző veszélyes kórokozók elleni biológiai védekezési
lehetőségek vizsgálata baktérium törzsekkel, és a különböző európai
Macrophomina phaseolina izolátumok hőprofiljának vizsgálata *in vitro***

Simon Diána

Növényorvos jelölt

Konzulens:

Dr. Csüllög Kitti

egyetemi tanársegéd

Debrecen

2024

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	4
1. TÉMAFELVETÉS:.....	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
2.1. A <i>Fusarium graminearum</i> jellemzése	7
2.2. Az <i>Aspergillus niger</i> jellemzése	8
2.3. Az <i>Aspergillus flavus</i> jellemzése	9
2.4. A <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> jellemzése.....	10
2.5. A <i>Macrophomina phaseolina</i> jellemzése	11
2.6. A biológiai védekezésben használható mikroorganizmusok szerepe	12
2.7. A <i>Bacillus subtilis</i> jellemzése	13
2.8. Az <i>Azospirillum brasilense</i> jellemzése	14
2.9. Az <i>Azotobacter vinelandii</i> jellemzése.....	14
2.10. A <i>Pseudomonas gessardii</i> jellemzése.....	15
2.11. A <i>Bacillus aryabhattai</i> jellemzése.....	15
2.12. A <i>Cellulomonas flavigena</i> jellemzése.....	16
2.13. A <i>Paenibacillus peoriae</i> jellemzése	16
2.14. A <i>Solibacillus isronesis</i> jellemzése.....	17
2.15. A <i>Bacillus tequilensis</i> jellemzése	17
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	19
3.1. A kutatás helyszínének, céljának bemutatása	19
3.1.1. A kísérletben használt patogén gombák bemutatása.....	19
3.1.2. A kísérletben alkalmazott Avanti és Supary baktérium készítmény bemutatása.....	19
3.2. A patogén és antagónista tisztatenyészetek előállítás.....	20
3.3. A napraforgó hibrid jellemzése.....	20
3.4. A kukorica hibrid jellemzése	20
3.5. A kísérlet során használt <i>Macrophomina phaseolina</i> izolátumok eredete	21
3.5.1. <i>Macrophomina phaseolina</i> hőprofiljának előkészítése	21
3.6. A konfrontációs teszt beállításának részletei	21
3.7. A kukorica és napraforgó vetőmag csávázása a baktérium készítményekkel	22
3.8. Az adatok elemzése, statisztikai értékelése és összegzése	22
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEKELÉSÜK:.....	23
4.1. A <i>Fusarium graminearum</i> és a <i>Macrophomina phaseolina</i> hatása a csíranövények hosszára a kezelések függvényében.....	23

4.2. Az alkalmazott baktériumok antagonista hatása a vizsgált kórokozókra	26
4.2.1. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása a <i>Macrophomina phaseolina</i> gombára in vitro	26
4.2.2. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása a <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> gombára in vitro	26
4.2.3. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása az <i>Aspergillus flavus</i> gombára in vitro	27
4.2.4. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása az <i>Aspergillus niger</i> gombára in vitro	28
4.2.5. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása az <i>Fusarium graminearum</i> gombára in vitro	28
4.2.6. A <i>Macrophomina phaseolina</i> izolátumok különböző hőmérsékleten történő növekedése	29
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	33
ÖSSZEFOGLALÁS	37
IRODALOMJEGYZÉK	39
ÁBRAJEGYZÉK	50

BEVEZETÉS

Világszerte a növény patogén gombák valamennyi növénytermesztő kontinensen megtalálhatóak (HORBACH et al., 2011; OJAGHIAN, WANG et al., 2016; JABEEN et al., 2024). A *Fusarium graminearum*, az *Aspergillus niger* és az *Aspergillus flavus*, a *Sclerotinia sclerotiorum* és a *Macrophomina phaseolina* fajok súlyos károkat okoznak a gazdasági növényeinkben. Ezek a fajok többnyire a talajból fertőznek. A *Fusarium* spp. jól ismert növényi kórokozók, amelyek a mennyiségi kár mellett minőségi kárt okoznak a toxintermelésük miatt. Egyes gazdanövényben tracheomikózist, a csíranövények pusztulását, vagy gyökér- és szárrothadást idéznek elő. Az *Aspergillus niger* gomba egy olyan penészgombafajta, amely bizonyos élelmiszerek, például a sárgabarack, a hagyma, a szőlő és egyéb növények külsején megjelenő „fekete penész” kialakulását előidéz, ezért az az élelmiszerek „romlását” okozó szervezet (WARD et al., 2005). A talajban is mindenhol jelen van, és gyakran megtalálható beltéri környezetben, egyes törzseiről ismert, hogy ochratoxinokat – mikotoxinokat – választanak ki, fogyasztásuk révén potenciálisan veszélyesek az emberi egészségre is (ABARCA et al., 1994; SCHUSTER et al., 2002; FRISVAD et al., 2018; FREIRE et al., 2018; SONG et al., 2022). Az *Aspergillus flavus* az egyik leggyakoribb gombás eukarióta a bolygón (RAMÍREZ-CAMEJO et al., 2012). Világszerte megtalálható a talajban szaprofitaként. A talajban lévő elhalt növényi maradványokon konídiumok vagy szkleróciumok formájában marad fenn, és kolonizál. A faj számos növényen fakultatív parazita, és gyakran megtelepedik az olajban gazdag magvakban (AMAIKE – KELLER., 2011). Egyes növényi kórokozók rendkívül sokféle gazdanövényt képesek megfertőzni (DERBYSHIRE et al., 2022). Ezek közé tartozik a *Sclerotinia sclerotiorum* nekrotróf gomba is, amely kiemelkedik azzal a képességével, hogy számos növénykultúrában jelentős megbetegedést, és ezzel károkat képes okozni/előidézni. Egy korai tanulmány 75 családban 408 növényfajt azonosított, amelyek a *S. sclerotiorum* gazdanövénykörébe tartoznak. A *S. sclerotiorum* egyik legfontosabb jellemzői közé tartozik rendkívüli gazdanövény körén kívül, a kétszikű növények preferenciája. A *Macrophomina phaseolina* csíranövény-rothadást okoz. A talajban kitartóképlet formájában (mikroszklerócium) vészeli át a számára kedvezőtlen időjárási feltételeket (JABEEN et al., 2024). A gombás betegségek komoly kockázatot jelentenek a növénytermesztés, és a globális élelmiszer-biztonság szempontjából, ezért a gombaölőszerek alkalmazása elengedhetetlen a gombás fertőzések kezelésére. Az Európai Unióban (EU) a gombaölő

szerek értékesítése a teljes növényvédőszer-értékesítés több mint 40%-át teszi ki, a szintetikus és szerves gombaölők pedig az összes gombaölő szer értékesítés 60%-át teszik ki. A szőlőtermesztéssel foglalkozó régiókban a fungicidek kijuttatása meghaladhatja a teljes növényvédőszer-felhasználás 90%-át. Ezenkívül az előrejelzések azt mutatják, hogy a gombaölő szerek felhasználása várhatóan emelkedni fog különböző régiókban az éghajlatváltozás, a gombaölő szerekkel szembeni rezisztencia megjelenése és az invazív gombafajok jelenléte miatt (ZUBROD et al., 2019). Azonban az EU Green Deal célja, hogy 2030-ra 50%-kal csökkentse a kémiai úton előállított peszticidek használatát és mérsékelje azok kockázatát (TATARIDAS et al., 2022), ennek hatására egyes európai országok jogszabályai tartalmazzák, illetve szabályozzák a már nem engedélyezett pl. tebukonazol, vagy az erősen perzisztens és az elavult peszticidek referencia-, illetve felső határértékeit a talajban (SILVA et al., 2019).

1. TÉMAFELVETÉS:

A talajból fertőző kórokozók elleni küzdelem a gyakorlatban gyakran kihívást jelent, annak ellenére, hogy a gazdák számára számos eltérő módszer (agrotechnikai, fizikai, kémiai, biológiai) állhat rendelkezésre (Javaid – Iqbal., 2014; Javaid – Rauf., 2015). Mindezen módszerek közül a növényvédelmi szakemberek egyre inkább a biológiai készítményeket javasolják, mivel ezek a készítmények nemcsak a talajban élő mikrobiológiai szervezetekre gyakorolnak kedvező hatást, hanem serkentik a gyökér-és más növényi részekben előforduló patogének elleni természetes védekező mechanizmust is (WALTERS – FOUNTAINE., 2009). A leggyakrabban használtak a *Bacillus*, *Pseudomonas* és *Streptomyces* baktériumok, illetve a *Trichoderma*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* nemzetségek gombái. Ezek a mikroorganizmusok, a különböző szubsztrátumok természetes lakói, laboratóriumi vizsgálatokban (*in vitro*), valamint üvegházban és szabadföldön is antagonista aktivitást mutattak a kórokozók széles csoportjával szemben, mint például a *M. phaseolina* (SINGH et al., 2008).

Dolgozatom témájának a gazdaságilag jelentős talajból fertőző kórokozók elleni biológiai védekezési megoldások vizsgálatát választottam, valamint a Kárpát-medencéből izolált különböző *Macrophomina phaseolina* izolátumok hőprofiljának elkészítését.

Célul tűztem ki a kereskedelmi forgalomban kapható és nem kapható baktérium törzsek tesztelését *in vitro* körülmények között. Kísérletünkben számos patogénekre nem kifejezetten káros baktériummal is foglalkozunk, hiszen a kereskedelmi forgalomban kapható készítmények általában több baktérium törzset, illetve vonalat használnak.

A kutatás másik szeglete a Kárpát-medencében eltérő környezeti feltételekhez adaptálódó *Macrophomina phaseolina* izolátumok vizsgálata. Célul tűztük ki annak vizsgálatát, hogy a melegebb és szárazabb területen izolált minták és a hűvösebb területekről izolált minták mely hőmérséklet tartományt preferálják laboratóriumi körülmények között.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A *Fusarium graminearum* jellemzése

A *Fusarium graminearum* egy ivartalan konídiumtartós konídiumos endofita általánosan előforduló Ascomycota gomba, ivaros alakja *Gibberella zeae* néven ismert. Több *Fusarium* faj ismert, amelyek megfertőzik a növényeket, közülük az egyik legfontosabb kórokozó a *F. graminearum*. A kórokozó összetett biológiája arra készítette a kutatókat, hogy ne egyetlen fajként, hanem *Fusarium graminearum* species complex (FGSC) néven határozzák meg. A *Fusarium graminearum* fajkomplex 16 fajból áll. Az FGSC komplex leggyakrabban, gabonaféléket érintő faja a *Fusarium graminearum*. Más tanulmányok ezt a gombát nemcsak a *Fusarium graminearum* fajkomplexum részének tekintik, hanem a *F. verticillioides*-szel hozzák összefüggésbe. Az egyik fajkomplex dominanciájának okai a többivel szemben egyelőre még nem tisztázottak, de összefüggésbe hozhatók a patogenitás és a különböző környezeti feltételekhez való alkalmazkodás képességével. E két gomba bonyolult kölcsönhatásban van egymással, és az egyik jelenléte elnyomhatja a másikat. A legtöbb esetben nehezen különböztethetők meg. A *Fusarium graminearum* homotallikus, öntermékenyülő gomba. Ivaros és aszexuális életciklusa egyaránt lehet. A diploid stádiumban termőtesteket (peritéciumokat) képez, az aszkuszokban, aszkospórák képződnek, amelyek tavasszal szabadulnak fel. A haploid fázisban fonalas hifából áll, és mitotikus spórákat (makrokonídiumokat) termel. Mind az aszkospórák, mind a makrokonídiumok ismertek, mint fertőzési forrás. A gomba 15 és 29 °C közötti hőmérsékleten képes növekedni, 30 °C feletti hőmérsékleten a fejlődése nagyon korlátozott. Egyes tanulmányok szerint azonban 15 °C alatti hőmérsékleten is képes növekedni. A peritéciumok termelődésének határértéke 8 °C. A *F. graminearum* számos gabonafélét fertőz köztük a búzát, árpát, zabot, rizst, rozst és kukoricát is. A kukorica egyik legfontosabb betegsége a mérsékelt égövi régiókban. Telelni a gomba 3 féleképpen, a fertőzött növényi maradványokon, talajban vagy szerves anyagszemcsékhez kötődve képes, illetve magfertőzés után a növényvel együtt. A fertőzés elindításához aszkospórák, konídiumok és propagulumok (mint például a telepről leváló hifadarabok vagy micéliumtöredékek) szolgálnak. Innen a talajszintről származó vízcseppek visszaverődésével juthatnak el a levelekre és a kalászra. A gombafonalak különböző módokon juthatnak be a kalászkák belsejébe. Az egyik lehetőség, hogy a hifák a külső felszínen a pelyva széléig nőnek, majd befordulnak a belső felület felé. A másik lehetőség, hogy a gomba a sztó mákon keresztül, valamint a pelyva és a toklász közötti résekben, illetve a kiálló porzósálak mellett is

behatolhat a virág belsejébe (OKUNGBOWA – SHITTU., 2014; BRAUER et al., 2020). A kórokozó képes különböző metabolitokat és mikotoxinokat termelni. A fertőzött növényben mikotoxinok jelenhetnek meg, mint a: trichotecének, fumonizinek és zearalenonok. A védekezés korlátozott, az egyik lehetséges hatékony hatóanyag a protiokonazol. A hatóanyag demetilációt gátló (DMI), amely megzavarja a gomba ergoszterol bioszintézisét. A másik hatóanyag csoport a strobilurin analógok, amelyek a gomba sejtmembránjában ATP-t termelő fehérjekomplex ellen hatnak, ami sejthalálhoz vezet (MAGARINI et al., 2023). Deepa és Sreenivasa (2019) kimutatták, hogy különböző növényi eredetű vagy endofita mikroorganizmusok, növényi növekedést serkentő baktériumok, nem toxikus gombatörzsek és növényi eredetű termékek alkalmazása hatékonyan bizonyulhatnak a tünetek és a mikotoxin-termelés szabályozásában, továbbá sikeresen alkalmazták több növénynél a *F. graminearum* fertőzés leküzdésére.

2.2 Az *Aspergillus niger* jellemzése

Az *Aspergillus niger* az *Aspergillus* nemzetség *Nigri* osztályába sorolt fonalas gomba, korábban „*Aspergillus niger* csoport” néven ismert fajcsoport része: e szekció minden fajának fekete konídium tartója van (ELLENA et al., 2021). Az *Aspergillus* nemzetséget először Pier Antonio Micheli, egy olasz pap és természettudós írta le 1729-ben. A mikroszkópos vizsgálatok során a gombák formája az aspergillumra - egy szenteltvíz hintésére használt eszközre - emlékeztette, mely a latin 'spargere', azaz 'szórni' szóból származik, így a nemzetség ez alapján kapta a nevét. Az aspergillum az ivartalan spóráképző alak, ami minden *Aspergillus* fajra jellemző (ANDRADE-FILHO – PENA 2010). Az *A. niger* kozmopolita, aerob módon és szerves anyagokon növekszik. Ez a faj megtalálható talajban, avarban, komposztban és bomló növényi anyagokon. Bár jeges és tengeri környezetben is előfordul, általában a száraz és meleg talajokat részesíti előnyben. Az *Aspergillus niger* gomba egy olyan penészgombafajta, amely bizonyos élelmiszerek, például a sárgabarack, a hagyma, a szőlő és egyéb növények külsején megjelenő „fekete penész” kialakulását előidéz, ezért az élelmiszerek „romlását” okozó szervezet (WARD et al., 2005). A talajban is mindenhol jelen van, és gyakran megtalálható beltéri környezetben, ahol fekete telepeit össze lehet tévesztetni a *Stachybotrys* telepekkel. Az *Aspergillus niger* egyes törzseiről ismert, hogy ochratoxinokat – mikotoxinokat – választanak ki, amelyek nefrotoxicitást és vesedaganatokat okozhatnak számos állatfajban, és fogyasztásuk révén potenciálisan veszélyesek az emberi egészségre is (ABARCA et al., 1994; SCHUSTER et

al., 2002; FRISVAD et al., 2018; FREIRE et al., 2018; SONG et al., 2022). E tulajdonságai miatt az *A. niger* fertőzése a gyümölcsök és zöldségek betakarítás utáni rothadásának gyakori okozója, ami jelentős gazdasági veszteséget okozhat az élelmiszeriparban (TAWFIK et al., 2022).

2.3. Az *Aspergillus flavus* jellemzése

Az *Aspergillus flavus* az egyik leggyakoribb gombás eukarióta a bolygón (RAMÍREZ-CAMEJO et al., 2012). Az *Aspergillus flavus* világszerte megtalálható a talajban szaprofitaként. A talajban lévő elhalt növényi maradványokon konídiumok vagy szkleróciumok formájában marad fenn, és kolonizál. A faj számos növényen fakultatív parazita, és gyakran megtelepedik az olajban gazdag magvakban a kukoricában, a földimogyoróban, a gyapotmagban és a diófélékben: mandula és pisztácia, valamint más terményekben is előfordul például: árpában, búzában és rizsben, továbbá izolálták még lime-ről, kakaóbabról, füstölt szárított húskészítményekről, pácolt sonkáról, szárított sózott halról és fűszerekről. Az *Aspergillus flavus* betakarítás előtt és után, valamint tárolás és szállítás közben is jelentkezhethet, számos fontos élelmiszernövényt megfertőz (AMAIKE – KELLER., 2011). *Aspergillus flavus* a második vezető humán aspergillózis okozója, (CHANG et al., 2014). Amíg konídiumok lehetővé teszik a gomba tömeges elterjedését, addig a szkleróciumok áttelelésre alkalmasak, illetve védelmet nyújt kedvezőtlen környezeti körülmények esetén, ha a gomba számára megfelelőek a körülmények, kicsírázhatnak. A szkleróciumok a gomba ivaros aszkospóráit tartalmazzák, amelyekről a közelmúltig csak kísérleti laboratóriumi körülmények között számoltak be, de mostanra már szabadföldön is előfordulnak. Az *A. flavus* által termelt aflatoxinok mennyiségét környezeti tényezők befolyásolják. A négy fő aflatoxin a B1, B2, G1 és G2. A fő toxinok termelése az *A. flavus* egyes törzseinek köszönhető. Az aflatoxin B1 a legmérgezőbb és legerősebb hepatokarcinogén vegyület. Az *A. flavus* más toxikus vegyületeket is termel, többek között sterigmatocisztint, ciklopiazonsavat, kojinsavat, β -nitropropionsavat, aszpertoxint, aflatremet, gliotoxint és aszpergilsavat (HEDAYATI et al., 2007; AMARE – KELLER 2014). A *flavus* fajnév a latin „sárga” szóból származik, ami a spórák színére utal (KHAN et al., 2020). Az *Aspergillus flavus* telepek általában porszerű tömegek, amelyek felső felületén sárgás-zöld spórák, alsó felületén pedig vöröses-aranyos spórák találhatók. Mind a gabonafélékben, mind a hüvelyesekben a fertőzés kis területekre minimalizálódik, és az érintett területek elszíneződése és tompasága gyakran megfigyelhető. A növekedés gyors, és

a telepek por alakúnak tűnnek. Nemrégiben azonosították a *Petromyces*-t az *A. flavus* szexuális szaporodási stádiumaként, ahol az askospórák a szkleróciumokban fejlődnek. (AMARE – KELLER., 2014). Ennek a heterotallikus gombának ivaros állapota akkor jön létre, ha a különböző vegetatív kompatibilitási csoportokhoz tartozó szexuálisan kompatibilis törzsek között történik (HORN et al., 2009). Az *Aspergillus flavus* egyedülálló abban a tekintetben, hogy hőtűrő gomba, így olyan hőmérsékleten is képes túlélni, amelyen más gombák nem (HEDAYATI et al., 2007). A szabadföldi védekezés egyik ígéretesebb stratégiája az atoxikus *A. flavus* törzsek alkalmazása kompetitív kirekesztő vizsgálatokban (AMAIKE – KELLER., 2011). A borsmenta illóolajok és növényi eredetű természetes termékek a közelmúltban ígéretesnek bizonyultak az *A. flavus* fertőzések és az aflatoxin-szennyeződés elleni küzdelemben (ABD EL-HACK et al., 2023).

2.4. A *Sclerotinia sclerotiorum* jellemzése

Egyes növényi kórokozók rendkívül sokféle gazdanövényt képesek megfertőzni. Ezek közé tartozik a *Sclerotinia sclerotiorum* nekrotróf gomba is, egy nagyon jelentős kórokozó, amely számos növénykultúrában jelentős megbetegedést, és ezzel károkat képes okozni/előidézni. A gomba az *Ascomycota* törzsbe, a *Leotiomycetes* osztályba (bár korábban *Discomycetes*ként írták le), a *Helotiales* rendbe és a *Sclerotiniaceae* családba tartozik. A *S. sclerotiorum* a világ számos, a szárazbaktól (*Phaseolus vulgaris*) a repcéig (*Brassica napus*), a trópusoktól kezdve (LEHNER et al., 2017) a mediterrán régiótól, Ausztrália, Európa és Észak-Amerika mérsékelt éghajlatú (DERBYSHIRE – DENTON-GILES, 2016; DENTON-GILES et al., 2018) növénytermesztési övezeteiben megtalálható. Ez a gomba felelős a fehérpenészes szárrothadás nevű betegségért, ami különösen kártékony lehet a szójabab, borsó, bab, repce és napraforgó termesztésében (HEGEDUS – RIMMER., 2005). A *Sclerotinia sclerotiorum*-ra jellemző, hogy képes vastag, gumószerű szkleróciumokat létrehozni, amelyek túlélési struktúrákként szolgálnak gazdanövény hiányában. Nyeles apotéciumot hoz létre, amelyek speciális askarpok, amelyek csésze alakú askuszcsoportokkal rendelkeznek. A gomba a talajban micélium vagy szklerócium formában maradhat fenn, a szkleróciumok rendkívül ellenállóak a tartós faggyal és a hőséggel szemben is, akár 8 évig is életképesek lehetnek a talajban (WILLBUR et al., 2019). Gazdasági jelentősége miatt a *S. sclerotiorum* molekuláris és evolúciós kutatás tárgyát képezi a mai napig (DERBYSHIRE et al., 2022). A gomba elleni védekezéshez az agrotechnikai eszközök alkalmazása egy jó megoldás, amellyel csökkenthető a szkleróciumok száma a talajban. Azonban ez nem

elegendő, a sikeres védekezéshez fungicides kezelés elengedhetetlen. A *Sclerotinia sclerotiorum* elleni védekezésre Európában számos gombaölőszer áll rendelkezésre, ezen hatóanyagok közé tartozik a boszkalid, fluazinám, fluxapíroxad, piraklostrobin, pentiopirád, pikoxistrobin, protiokonazol és trifloxistrobin, tetrakonazol, valamint tiofanát-metil. A hatékony védekezés érdekében szükséges, hogy az érzékeny időszakokban alkalmazzunk gombaölőszereket. A kezelések időzítése függ a növény vegetációs időszakának hosszától, valamint attól, hogy a virágok vagy szirmok mennyi ideig vannak kitéve az aszkospórák által okozott fertőzési periódusnak (SMOLIŃSKA – KOWALSKA., 2018).

2.5. A *Macrophomina phaseolina* jellemzése

A *Macrophomina phaseolina* a *Botryosphaeriaceae* családba tartozó, elsősorban talajlakó, meleg területeken széles körben elterjedt *Ascomycota* gomba (BAIRD et al., 2010). A *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. gomba, amely világszerte elterjedt, mezőgazdasági és erdészeti kultúrákat is érintő veszélyes kórokozó és több mint 500 gazdanövénye van, mint például a szójabab, a kukorica, a napraforgó, a lucerna, dohány bab, paradicsom, burgonya, alma, körte. Gyomnövényeken is fellelhető, például a parlagfű és a kakasvirág fajokon, valamint a dísnövényeken is pusztít (MARQUEZ et al., 2021). A *M. phaseolina* egy fakultatív szaprofita gomba, amely a talajban a mikroszkleróciumok formájában vészeli át a számára kedvezőtlen időjárási feltételeket (WESTPHAL et al., 2015). A talajban, a növényi maradványokban és a vetőmagokban 2-15 évig is életben maradhatnak, és a betegség előrehaladott stádiumában a gyökér- és szárszövetekben kimutathatók. Az *M. phaseolina* elleni védekezés elég összetett és bonyolult, mivel rezisztenciát mutat különböző hatóanyagokkal szemben. Ez a tulajdonság annak köszönhető, hogy kórokozó képes anasztomózis képzésére, ezzel ellenállóvá teszi magát a fungicidekkel szemben. Jelenleg nincsen hatékonyan alkalmazható szisztémikus gombaölő készítmény a patogén ellen. A kórokozó kompetitív szaprofita, ellenáll az agrotechnikai műveleteknek is, úgymint a talajművelés és a vetésváltás, így biztosítva a talajban való elterjedését és fennmaradását. Ezen tulajdonságok miatt a kórokozót életciklusának különböző fázisaiban elnyomó biológiai védekező anyagok alkalmazása alternatív lehetőségeket kínálhat (RANGEL – MONTOYA et al., 2022). Napjainkban a piacon, számos biológiai alapú készítmény kereskedelmi forgalomban elérhető a gazdálkodók számára. Azonban ezekről a készítményekről, a kémiai változatukkal ellentétben, szántóföldi, illetve eltérő környezeti feltételek melletti teljesítményükről egyelőre nincsen elegendő/teljeskörű adat, ami nagyban

hátráltatja ezeknek a produktumoknak a széleskörű alkalmazását. A növényi kórokozók elleni küzdelem egy alternatív módja lehet, vegyszerek használata nélkül, a szerves hatóanyagokkal és az antagonista mikroorganizmusokkal történő fungicides kezelés használata. Ez a módszer alkalmas lehet a fenntartható gazdálkodásba való beillesztéshez (PANDYA et al., 2024). A *M. phaseolina* világszerte nagy gazdasági terméskiesést okoz és csökkenti a vetőmagok minőségét; például a szójabab szénrothadásában a veszteségeket mintegy 1,9-2,0 millió tonnára becsülik. A *M. phaseolina* okozta terméskiesést a cirok, a bab és a szamóca esetében 30%-ra, 60%-ra, illetve 20%-ra becsülték (ROMERO LUNA et al., 2017). (RAMEZANI, 2008) szerint a biológiai védekezés létjogosultság támasztja alá kutatási eredményeik is. Kutatásukban különböző fajok gátló hatását vizsgálták elsősorban a *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium moniliforme*, a *Rhizoctonia solani*, a *Pythium ultimum* és a *Sclerotium rolfsii* ellen. Vizsgálatukban kimutatták, hogy a *Trichoderma* gombák közül a *T. harzianum*, a *T. polysporum*, a *T. viridae* és a *T. hamatum* hatékonyan felhasználható a fentebb említett patogén gombák elleni védekezésre. A két gomba között vagy kompetíció lép fel gátlási zóna kialakulásával vagy az antibiózis jelenség kialakulásának lehetősége miatt csökken a patogén gombák élettere és életképessége. Az Universidad de Concepción Laboratorio de Patología Forestal laboratóriumában nemrégiben végzett kutatás során megállapították néhány *Bacillus* és *Pseudomonas* izolátumok hatékonyságát a *M. phaseolina* elleni védekezésben. A baktériumokat *in vitro* vizsgálatokkal, majd a gombával fertőzött faiskolákban értékelték, és megerősítették, hogy egyes *Bacillus* izolátumok képesek csökkenteni a *P. radiata* *Macrophomina* által okozott növénypusztulását. Az *in vitro* vizsgáltbaktériumizolátum közül 19,8% gátolta a *M. phaseolina* micélium növekedését. A *P. radiata* faiskolákban végzett vizsgálatok során alkalmazott *Bacillus* izolátumok jelentősen csökkentették a *M. phaseolina* okozta növénypusztulást (ANIS et al., 2010).

2.6. A biológiai védekezésben használható mikroorganizmusok szerepe

A talajban élő mikroorganizmusok kulcsszerepet játszanak a termékenység és a növények egészségének fenntartásában. A növényi növekedést elősegítő rhizobaktériumok (PGPR) olyan szabadon élő talajbaktériumok, amelyek a vetőmagokra vagy a gyökerekre juttatva nemcsak a növények növekedését serkentik, hanem a talajban élő kórokozók által okozott károk csökkentésével a növények javát szolgálják/ hozzájárulnak a növény egészségének megőrzéséhez. A baktériumok lehetséges biológiai védekezési mechanizmusai közül az antibiotikumok, a konkurencia, a sziderofórok és a szisztémás rezisztencia

indukcióját írják. Az antagonisták különböző hatásmódokkal rendelkezhetnek, és ez a sokféleség fontos jellemző, a biológiai védekező ágensként való kiválasztásuk szempontjából. A *Bacillus* nemzetség régóta az egyik leggyakrabban használt, és széles körben ismert baktériumnemzetség az agráriumban, főként a számunkra gazdaságilag is jelentős növénykultúrákban előforduló fitopatogén gombák elleni egy lehetséges védekezési módszerként alkalmazzák. A *Bacillus spp.* fajai a *Bacillaceae* családba tartoznak, Gram-pozitív, rúd alakú baktériumok, amelyek képesek endospórák képzésére. Ezek a *Bacillus* fajok különféle antibiotikumokat, toxint, sziderofórt és lítiás enzimeket szintetizálnak, és képesek szisztémikus rezisztenciát indukálni és növény növekedését elősegíteni (RANGEL-MONTOYA et al., 2022).

2.7. A *Bacillus subtilis* jellemzése

1835-ben a mikrobiológia egyik alapítója, Christian Gottfried Ehrenberg leírt egy baktériumot, amelyet *Vibrio subtilis*-nek nevezett el, valószínűleg a vékony sejtek mozgékonyasága („rezgése”) miatt. Ez a nemzetség számos, a bakteriológusok számára érdekes tulajdonsággal bír. A *Bacillus subtilis*, a *Bacillus* nemzetség típusfaja, egy gram-pozitív, spóráképző baktérium. Cohn tanulmánya során azt is felfedezte, hogy a *B. subtilis* életciklusa részeként hőálló, másnéven endospórákat képez (DREWS., 2000). Ez a felfedezés végül kikövezte az utat a pasztörözéshez. Mivel a *B. subtilis* képes hőálló spórákat képezni, amelyek még nagyon hosszú idő után is képesek csírázni, nagy tudományos érdeklődést váltott ki, és az *Escherichia coli* mellett a leginkább kutatott baktérium lett. Ez a baktérium volt az egyik első, amelynek genomját teljesen szekvenálták. Mivel a *B. subtilis* képes nagy mennyiségű fehérjét kiválasztani és számos értékes vegyületet előállítani, a biotechnológia egyik fő munkaeréjévé vált. A *B. subtilis* szerveződésének lenyűgöző összetettsége, párosulva a genetikai manipuláció kifinomult eszközeinek lehetőségeivel, az új biológiai koncepciók felfedezésének és a baktériumsejtek szerveződésének mélyebb megértésének szempontjából az élvonalba helyezi (STÜLKE et al., 2023). A *Bacillus spp.* nemzetség egyes tagjai, mint például a *B. subtilis* gazdasági szempontból fontos enzimeket, antibiotikumokat, lipopeptid vegyületeket és toxinokat termelnek, mint az iturin, surfactin és fengycin. Ezek a molekulák a célsejtek membránjának szintjén lépnek kölcsönhatásba, befolyásolva azok szerkezetét és áteresztőképességét azáltal, hogy ioncsatornák és pórusok megszakítását vagy kialakulását idézik elő (CASH 1998; RANGEL-MONTOYA et al., 2022). A *Bacillus* izolátumokról ismert, hogy nagyszámú antibakteriális és gombaellenes

hatású peptidet szintetizálnak. Egyes tanulmányok az illékony és diffúz antibiotikum típusú anyagok, például szubtilin és iturinok jelenlétére utalnak, amelyek gátolják a kórokozók növekedését. A *Bacillus* fajok másik jellemzője, hogy endospórákkal rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik számukra, hogy szélsőséges viszonyok között: hőmérséklet, aszály, pH, peszticidek, műtrágyák és hosszabb tárolási idő mellett is túléljenek (ANIS et al., 2010).

2.8. Az *Azospirillum brasilense* jellemzése

Az *Azospirillum*ot először nitrogénszegény homokos talajból izolálták Hollandiában. Ennek a felfedezésnek a jelentőségét azonban több mint 50 évig nem ismerték fel, amikor Döbereiner és Day (1976) arról számolt be, hogy az *Azospirillum*hoz kapcsolódó pázsitfűvek nem mutattak nitrogénhiányos tüneteket a környező *Azospirillum* baktériummentes fűvekben (TIEN et al., 1979., HOLGUIN et al., 1999) Azóta azt találták, hogy ennek a baktériumnemzetségnek a tagjai képesek a légköri nitrogén megkötésére és elősegítik a növények növekedését. Ismert, hogy az *Azospirillum* fajokkal történő oltás akár 30%-kal is növelheti a gabonafélék terméshozamát szántóföldi körülmények között, míg üvegházakban ezek az értékek gyakran nagyobbak (BOLETA et al., 2020; DASGUPTA et al., 2021).

2.9. Az *Azotobacter vinelandii* jellemzése

Az *A. vinelandii*-t először a New Jersey állambeli Vinelandben izolálták talajból. Az *A. vinelandii*, melyet 1903-ban fedezték fel, mint nitrogénmegkötő talajmikróba. Azóta évtizedek óta tanulmányozott aerob, diazotróf modellorganizmus (SHURIGIN et al., 2022). Kutatását a nitrogénmegkötéssel kapcsolatos enzimek termelése miatt kezdték el. Három típust különböztetünk meg, a nitrogenáz enzim alapján. Ezek közül az egyik molibdén (Mo), a másik vanádium (V) és a harmadik pedig vas (Fe) helyettesítik. Mindhárom enzim képes az N_2 -t NH_3^+ -á alakítani, de kisebb eltérések vannak köztük. Ez a faj hasznosnak bizonyult számos különböző biológiai rendszer tanulmányozásában. Különösen hasznosnak bizonyult a különböző nitrogenáz enzimek szerkezetének és mechanizmusainak kidolgozásában, oxikus környezetben való működésükben és a nitrogénkötés kölcsönhatásában az anyagcsere egyéb jellegeivel. Képes fokozni a hüvelyesek gyökereinél található helyi rhizobiumok gümőképző aktivitását, és növekedésserkentő hormonokat, például indol-ecetsavat (IAA) termel. A nitrogénmegkötés során keletkező hidrogén

kedvezhet a növények számára hasznos, hidrogén-oxidáló mikrobák szaporodásának, akár az *A. vinelandii*-nak. Egyes törzsek gombaellenes aktivitás révén potenciálisan képesek a növényi kórokozók biokontrolljára (NOAR – BRUNO-BÁRCENA., 2018).

2.10. A *Pseudomonas gessardii* jellemzése

A *Pseudomonas gessardii* baktériumot természetes ásványvízből izolálták, és a fluoreszcens *Pseudomonas* törzsbe sorolták DNS-bázis összetételének vizsgálata alapján. Egyes baktérium-izolátumok gombaellenes hatást mutattak a gombák széles spektruma ellen. Ezt az állítást támasztja alá (SHURIGIN et al., 2022) tanulmánya, ahol *Pseudomonas gessardii* HRT18 izolátum mind a hét vizsgált gomba ellen hatásos volt: az endofita baktérium-izolátumok növényi kivonatát és sejtmentes szuszpenzióit a *Fusarium solani*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Phytium ultimum*, *Rhizoctonia solani* és *Alternaria alternata* növényi patogén gombák ellen tesztelték. Ennek a baktériumnak az egyik előnyös tulajdonsága, hogy képes megvédeni a velük szimbiózisban élő növényeket a kórokozó mikroorganizmusok ellen. Ez annak tulajdonítható, hogy olyan anyagokat képes előállítani, mint például a gombaölő hatású kitinázok, vagy az antibakteriális lipázok és proteázok. A növények baktériumokkal való kezelésének előnyei közé tartozik, hogy ezek a baktériumok szideroforokat termelnek, ezért növelik a növények számára elérhető vas mennyiségét. Ezeken kívül, ez a baktériumfaj képes más hasznos baktériumokkal együttműködve növénynövekedést serkentő baktériumkonzorciumokat létrehozni, maximalizálják a növényekre gyakorolt pozitív hatásaikat. Ezek a konzorciumok lehetővé teszik a légköri nitrogén megkötését, valamint a foszfor és kálium hozzáférhetőségének növelését a talajban, az egyedülálló populációkhoz képest (KAUR et al., 2022).

2.11. A *Bacillus aryabhattai* jellemzése

A *Bacillus aryabhattai* eredetileg azokból a levegőgyűjtő kriolcsövekből került izolálásra és azonosításra, amit a Föld sztratoszférájából, 27 és 41 km közötti magasságban gyűjtöttek. Ez arra utalt, hogy ez egy baktérium kozmikus eredetű is lehet. Később a baktériumot a talajból is izolálták a gyökérzónából (SHIVAJI et al., 2009; PARK et al., 2017). Különösen érdekesek a *Bacillus* törzsek, mivel ezek ellenállnak a kedvezőtlen környezeti feltételeknek, könnyen előállíthatók és tárolhatók, és alkalmas nem specifikus kapcsolatok kialakítására számos gazdanövénnyel (RAMÍREZ – KLOEPPER 2010; RAMESH et al.,

2014). A tudósok a mai napig számos új *B. aryabhatai* törzset izolálnak különböző forrásokból, például növényekből és talajból. A ligninolitikus *B. aryabhatai*-t a papírgyári szennyvízből, talajból, szalmából és iszapból is izolálták. A bakteriális jellemzésre vonatkozó hagyományos tesztek azt mutatták, hogy az izolátum nem mozgékony, gram-pozitív, rúd alakú, fermentatív, és pozitív katalázreakciót mutatott, 50 °C-on is képes volt növekedni, és tolerálta a 4%-os NaCl koncentrációt. (SINGH et al., 2022). A *B. aryabhatai* törzsek (RAMESH et al., 2014) kutatásai alapján szabályozták, a szerves komplexhez kötött és kalcium-karbonáthoz kötött cink felvételét, valamint a cserélhető és kötött cink növekedését eredményezte a talajban. A *B.aryabhatai* törzseket számos más célra is hasznosnak találták, mint például a peszticid lebontásban (PARK et al., 2017).

2.12. A *Cellulomonas flavigena* jellemzése

Cellulomonas flavigena, a *Cellulomonadaceae* aktinobakteriális családjába tartozó *Cellulomonas* nemzetség típusfaja *Cellulomonas flavigena* faj típustörzse, amelyet a talajból izoláltak (RAJOKA – MALIK., 1999). A *Cellulomonas* nemzetség tagjai különösen érdekesek a cellulóz és hemicellulóz lebontó képessége miatt. Ezek a baktériumok cellulózbontó tevékenysége miatt, a cellulózban gazdag környezetet részesítik előnyben, például a talajt, a fakérget, a fát és a cukornádültetvényeket (ABT et al., 2010).

2.13. A *Paenibacillus peoriae* jellemzése

A *Paenibacillus* egy fakultatív anaerob, endospórát képező baktériumnemzetség. A nemzetség tagjai talajban, vízben, a rizoszférában, növényi anyagokban, takarmányban és rovarlárvában, valamint klinikai mintákban is megtalálhatók. A név eredete a latin "paene" szóra vezethető vissza, ami azt jelenti, "majdnem *Bacillus*" (MCSPADDEN GARDENER., 2004.; MONTES et al., 2004; OUYANG et al., 2008; PADDA et al., 2017). *Paenibacillus peoriae* egy bizonyos törzse széles gátlási spektrumot mutatott különböző fitopatogén baktériumok és gombák ellen. A *Paenibacillus* nemzetség kompetitív módon képes a növények gyökereit kolonizálni, egyszerre működhet biotrágyként és antagonista biopeszticidként, ezáltal védelmet nyújt a gyökérgörkőző baktériumok és gombák ellen (BLOEMBERG – LUGTENBERG., 2001).

2.14. A *Solibacillus isronensis* jellemzése

A *Bacillus isronensis* név az ISRO-ra utal, amely az Indian Space Research Organisation (Indiai Űrkutatási Szervezet) rövidítése, ahol a típustörzseket izolálták. Ellenáll az UV-sugárzásnak, és képes más szénvegyületet felhasználni egyedüli szénforrásként (SHIVAJI *et al.*, 2009). A *Bacillus isronensis* MTCC 7902^T taxonómiai helyzetének vizsgálata feltárta, hogy a törzs a *Solibacillus silvestris* MTCC 10789^T törzsével közös filogenetikai vonalon osztozik (MUAL *et al.*, 2016). Ezek a tulajdonságok megerősítik molekuláris filogenetikai elemzések eredményeit, valamint (KÄMPFER *et al.*, 2006) kutatásai indokolják a *Bacillus isronensis* átvitelét a *Bacillus* nemzetségből a *Solibacillus* nemzetségbe, így az új átsorolt neve *Solibacillus isronensis*.

2.15. A *Bacillus tequilensis* jellemzése

Gram-pozitív, spóráképző *Bacillust* izoláltak, egy körülbelül 2000 éves aknasírból vett mintából, amelyet a mexikói Jalisco államban, Tequila város közelében találtak meg (GATSON *et al.*, 2006). A *Bacillus tequilensis* genomszekvenciája a genom-genom távolság (GGDC) szerint jobban hasonlít a *Bacillus subtilis*hez (NAYARISSEI – SINGH., 2023), ezért kijelenthető, hogy a baktérium a *Bacillus* nemzetséghez tartozik. Míg a *B. subtilis* komplexben a legtöbb fajt jól jellemezték, a *B. tequilensis* fiziológiája és ökológiája kevésbé ismert. Jellemző rá a *Bacillus* nemzetség általános tulajdonságai (GATSON *et al.*, 2006). A *B. tequilensis* iránti növekvő érdeklődést annak tulajdonítható, hogy elnyomja a gabonák, zöldségek, gyümölcsök és dísznövények különféle gombás kórokozóit (TAM *et al.*, 2020; XU *et al.*, 2021; ZHOU *et al.*, 2021; KWON *et al.*, 2022). A *B. tequilensis* közül az egyik legjobban jellemzett törzs az EA-CB0015, a *Pseudocercospora fijiensis* természetes antagonistájaként fedezték fel (CUELLAR-GAVIRIA *et al.*, 2023). (BAARD *et al.*, 2023) kimutatta, hogy a *B. subtilis* és a *B. tequilensis* antimikrobiális anyagok előállítására képes mikroorganizmusok közé tartoznak. Az általuk termelt enzimek ellenállnak a magas hőmérsékletnek, így kevésbé károsodnak (ANDRIYANI *et al.*, 2021). A bakteriális izolátumokat *Bacillus subtilis* és *Bacillus tequilensis* néven azonosították, amelyek különféle közvetett mechanizmusokat mutattak a növényi növekedés elősegítésére, beleértve az IAA-termelést, az extracelluláris hidrolitikus enzimaktivitásokat és *in vitro* antagonista aktivitást négy fitopatogén *Fusarium* törzsszel szemben. Az eredmények azt mutatták továbbá, hogy az izolált bakteriális endofitonok jelentősen gátolták a *Fusarium*

fajok növekedését a következő sorrendben: *F. proliferatum* > *F. culmorum* > *F. verticillioides* > *F. oxysporum* az *in vitro* biokontroll vizsgálatban. Ebből a tanulmányból arra a következtetésre jutottak, hogy a baktérium izolátumok gátló hatása annak tulajdonítható, hogy képes sziderofort, proteázt, katalázt és kitinázt termelni, amelyekről ismert, hogy gátolják a gombakórokozókat. Bár ezek a tulajdonságok hozzájárulhatnak a baktériumizolátumok gombaellenes aktivitásához, további kutatásra van szükség az antimikrobiális kapacitás teljes jellemzéséhez, értékelve az illékony mikrobiális vegyületek és más lítikus enzimek, például a β -1,3-glükanáz termelő képességet (BAARD et al., 2023; NAYARISSEERI – SINGH., 2023).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kutatás helyszínének, céljának bemutatása

Az *in vitro* kutatásokat és az ahhoz kapcsolódó méréseket a Debreceni Egyetem MÉK Növényvédelmi Intézetben végeztük 2023-2024 között. A kutatás során vizsgáltuk néhány *Bacillaceae*, *Azospirillaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Cellulomonadaceae*, *Paenibacillaceae*, *Planococcaceae* családba tartozó baktériumok hatékonyságát, a bevezetésben említett kórokozók ellen (*M. phaseolina*, *S. sclerotiorum*, *A. flavus*, *A. niger*, *F. graminearum*). A kutatás másik része, a Kárpát-medencéből származó *Macrophomina phaseolina* izolátumok hőprofiljának elkészítése volt, a mintákat különböző hőmérsékleten inkubáltuk és vizsgáltuk, hogy az izolátumok mely hőmérsékleti tartományt preferálják.

3.1.1. A kísérletben használt patogén gombák bemutatása

A kísérlet során *F. graminearum*, *A. flavus*, *A. niger*, *S. sclerotiorum* és *M. phaseolina* izolátumokat használtam, amelyek a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézetének -80°C-os (Froilabo Essential 340L) ultrafagyasztó szekrényéből, illetve az Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézet (DENI) törzsgyűjteményéből származtak.

3.1.2. A kísérletben alkalmazott Avanti és Supary baktérium készítmény bemutatása

A két készítményt a BIO-NAT Kft. biztosította számunkra, amelyeket a cég fejlesztett ki, valamint kereskedelmi forgalomba is hozta azokat. Az Avanti nevű készítmény tartalmaz különböző *Bacillus* fajok (*Bac. aryabhattai*, *Bac. safensis*, *Bac. subtilis* és *Bac. tequilensis*) különböző arányú keverékét. A Supary nevű készítmény fő komponensei pedig a *Bac. subtilis*, a *Bac. aryabhattai* és a *Paenibacillus peoriae*. A cég a két készítmény kijuttatását a legszélesebb környezeti tényezők mellett javasolja. Talajoltás céljára akár száraz időjárás esetén, különböző agrotechnikai műveletek előtt: vetéssel egymentben, vetés előtt a művelősorba adagolva, továbbá vetőmagsávázásra kertészeti és szántóföldi kultúrákra egyaránt ajánlja. A készítmények hagyományos csávázószerrel is alkalmazhatóak, mint kiegészítő csávázás a nagyobb védelem érdekében. A két termékben lévő baktériumok, úgynevezett PGPR szervezetek, amelyek segítik a növény általános kondícióját, illetve erősítik a tápanyagok hatékonyabb felvételét a talajból (Internet 1; Internet 2).

3.2. A patogén és antagonista tisztatenyészetek előállítása

A tisztatenyészeteket a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézetben készítettük. A patogén izolátumokat Petri-csészékbe töltött PDA (Potato Dextrose Agar) táptalajra helyeztük, majd az izolátumokat sötét körülmények között, 25 °C-on inkubáltuk (Cooled Incubator FOC 225i), amíg a korokozók be nem nőttek a Petri-csésze egészét. A baktérium tisztatenyészeteket hasonló módon készítettük steril körülmények között. A hőprofil elkészítéséhez használt *Macrophomina* izolátumokat szintén -80°C-on fokon tárolt DENI törzsgyűjteményből keltettük fel. A tisztatenyészeteket 7 napon keresztül szintén sötét körülmények között inkubáltuk, 25 °C-on.

3.3. A napraforgó hibrid jellemzése

Az NK Neoma, az NK Brio imidazolin-toleráns (Clearfield®) napraforgó hibrid változata. A hazai termesztési körülményekhez tökéletesen alkalmazkodik, kiemelkedő teljesítményt nyújtva még gyomos területeken és kedvezőtlen időjárási viszonyok között is. Versenyképes hozamot biztosít Magyarország minden régiójában. A *Macrophomina phaseolina* gombával és *Sclerotinia sclerotiorum* gombával szemben gyengébb a napraforgó hibrid toleranciája, mint az átlag. Erős *Sclerotinia* nyomás, illetve hőstressz hatására a *Macrophomina phaseolina* kórokozóra kifejezetten érzékenységet mutat (Internet 3).

3.4. A kukorica hibrid jellemzése

A kísérlet során LG 31.330 kukorica hibrid vetőmagot használtunk. A hibrid FAO-száma 330-340, ez egy korai éréscsoportba tartozó vetőmag. Jellemzői közé tartozik a szárazságtűrő-képesség, nagy termőképesség, illetve tolerancia a korai vagy valamilyen környezeti, vagy egyéb körülmények miatt megkéssett, betakarítással szemben. A hibrid kiváló termésstabilitással rendelkezik, jó a csővég termékenyülése, illetve jól telítődő szemeket képez, továbbá jó a szárazságtűrő-képessége (Internet 4).

3.5. A kísérlet során használt *Macrophomina phaseolina* izolátumok eredete

A kísérlet során alkalmazott *Macrophomina* által fertőzött növényanyag a következő országokból történtek begyűjtésre: 26 Bikács (H), 50 Vel'ký Meder (SK), 52 Deutsch Jahrndorf (A), 53 Čantavir (SRB), 57 Tileagd (RO), 58 Lendva (SLO), 59 Mikulov (CZ). A Petri-csészéket, a kísérlet során, az országokhoz tartozó DENI törzsgyűjtemény azonosítókkal különböztettük meg.

3.5.1. *Macrophomina phaseolina* hőprofiljának előkészítése

Az izolátumokból a 7 napos inkubálás után, korongokat vágunk dugófűrővel (4-es méret), az aktív növekedési zónából, majd két független alkalommal megismételt kísérlet sorozatot végeztünk. Egy kísérlet sorozatban 5 ismétlésben állítottuk be az izolátumokat hőmérsékletenként (10, 15, 20, 25, 30, 35 és 40 °C-on). Az izolátumokat naponta mértük 7 napon keresztül, vagy ameddig be nem futotta teljesen a táptalajt a micélium. A patogén gomba micéliális növekedését vízszintes irányban mértük, majd 90 fokkal elforgatva.

3.6. A konfrontációs teszt beállításának részletei

A konfrontációs teszthez a *F. graminearum*, *A. flavus* és *A. niger*, *S. sclerotiorum*, illetve *M. phaseolina* patogén tisztatenyészetekből 2 független ismétlésben 5 Petri-csésze/patogén ismétlésben 0,5 cm átmérőjű korongokat vágunk ki, majd a szintén tisztatenyészetből származó antagonista baktériumokból is ugyanakkora átmérőjű korongokat vágunk, majd azokat egymástól 3 cm-re helyeztük el PDA táptalajon a Petri-csésze közepére. Az antagonista-patogént tartalmazó Petri-csészéket inkubáltuk 7 napon keresztül sötét körülmények között 25 °C-on. A konfrontációs zónát 7 napon keresztül ugyanazon órában mértük, melyet szintén Excel-táblában vezettünk, illetve Inhibíciós százalékot és Biokontroll indexet számoltunk. A Biokontroll indexet az alábbi képlet alapján számoltuk ki $BCI\% = \frac{dA}{dA+dP} * 100$ ahol, BCI%= Biokontroll index (%) dP=Patogén növekedése (mm) dP=Antagonista növekedése (mm). Az Inhibíciós százalékot a következő képlet alapján határoztuk meg $Inh\% = \frac{C-T}{C} * 100$, ahol Inh%= Gátlóhatás (%) C= kontroll telepátmérő (mm) T=gátolt telep átmérője.

3.7. A kukorica és napraforgó vetőmag csávázása a baktérium készítményekkel

A kukorica és a napraforgó csávázása ugyanolyan eljárással történt, szántóföldi körülményeket imitálva. A kísérlet során vizsgáltuk a legkisebb 1l/t, illetve legmagasabb 3l/t dózismennyiség hatását. Analitikai mérleggel kimértünk 100 g kukorica és 100 g napraforgómagot, majd 500 ml Erlenmeyer lombikba töltöttük a magokat, és desztillált vízzel jelig töltöttük, ebbe a keverékbe üvegeként fél szem Neomagnolt tettünk, ezzel felületi fertőtlenítve a magokat, az esteleges szennyeződés és fertőzés elkerülésére.

Az előzőleg 25°C-on, sötét körülmények között 4 napon keresztül inkubált *Fusarium* és *Macrophomina* tenyészetekre 7-7 db kukorica, illetve napraforgó magot helyeztünk az aktív növekedési zónára 4 ismétlésben, majd vizsgáltuk a magvak csírázókéességét, illetve fertőzöttségi szintjét a készítmények hatására. A baktérium készítménnyel nem kezelt, de felületi fertőtlenített Kontroll magokat szintén a két tenyészetre helyeztük. A kukorica és napraforgó csíranövényhosszának meghatározásához tolómérőt használtunk, illetve vizuális diagnosztika alapján megállapítottuk a szemek fertőzöttségét.

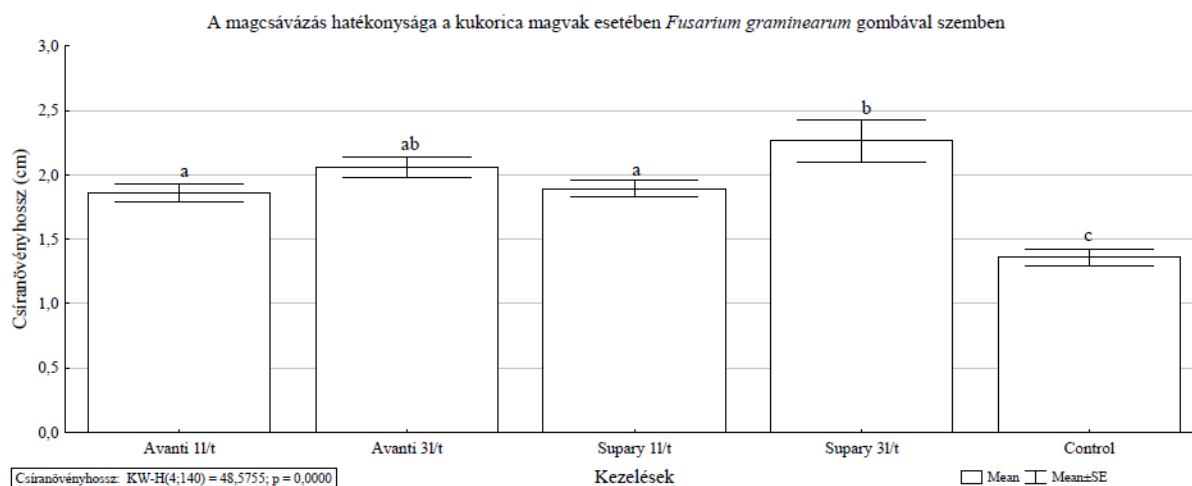
3.8. Az adatok elemzése, statisztikai értékelése és összegzése

Az adatsor normalitásának meghatározását ANOVA teszttel végeztük. Ha az adatsor megfelelt a parametrikus tesztek feltételeinek Tukey tesztet végeztünk, azonban, ha az adatsor nem felelt meg a parametrikus tesztek feltételeinek Kruskal-Wallis és Mann-Whitney U tesztet végeztünk Statistica 7 programban.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK:

4.1. A *Fusarium graminearum* és a *Macrophomina phaseolina* hatása a csíranövények hosszára a kezelések függvényében

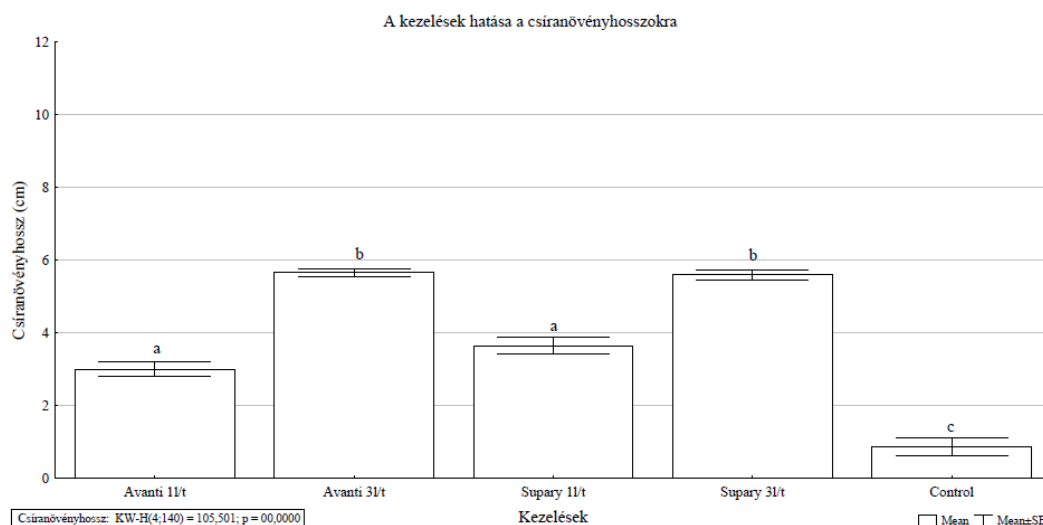
Az 1. ábrán látható, hogy a Kontroll értékhez képest, az összes a baktérium készítményekkel különböző dózisban kezelt csíranövények hossza szignifikánsan nagyobb lett.



1. ábra: A *Fusarium graminearum* kukorica csíranövények hosszára gyakorolt hatása a készítményekkel csávázott, illetve kontroll növények esetében.

Az Avanti készítmény 1l/t 1,37-tel, a 3l/t 1,51-gyel növelte, a Supary készítmény 1l/t 1,39-cel a 3l/t 1,54-gyel növelte a vizsgált szemek csíranövényhosszát a Kontrollhoz képest. Az ábrán jól látható, hogy az Avanti és Supary 1l/t dózissal végzett csávázás hasonlóan hatott a kukoricaszemek hosszára. Az ábrán az is megfigyelhető, hogy a legjobb eredményt a 3l/t dózisban alkalmazott Supary nevű készítményt ért el, amely 64,62 %-kal haladta meg a semmivel nem kezelt Kontroll szemek értékét. A Supary 3l/t készítményről az is elmondható, hogy szignifikánsan jobb hatást ért el, mint az ugyanolyan dózisban alkalmazott Avanti készítmény.

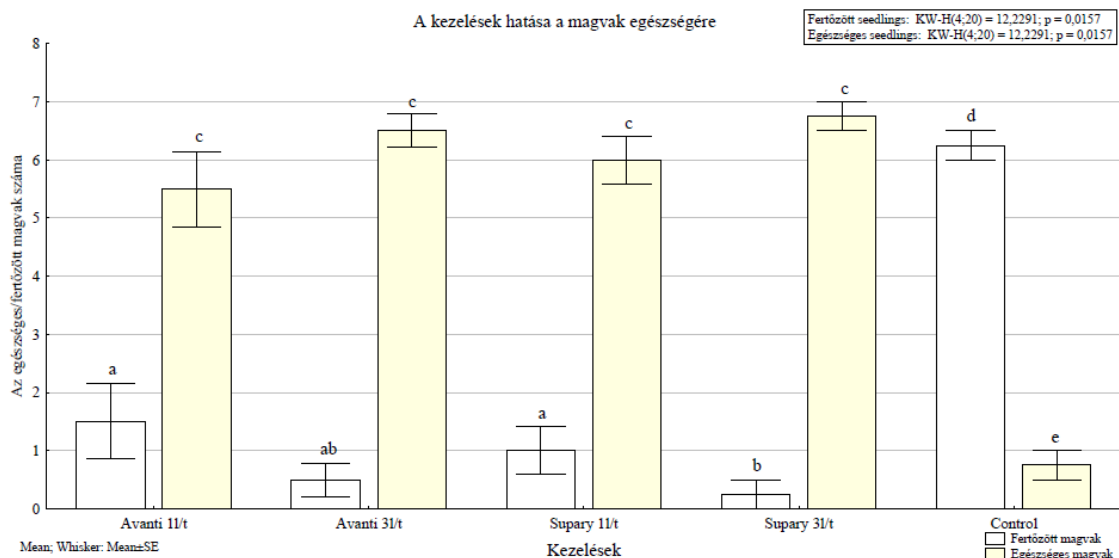
A 2. ábráról elmondható, hogy a kezeletlen csíranövények hossza, az egyes kezelt csíranövényekhez képest lényegesen kisebb volt. A diagramról az is leolvasható, hogy az Avanti 1l/t és a Supary 1l/t dózisú alkalmazása, bár szignifikáns különbséget nem mutatott, az utóbbi 21,33 %-kal jobb eredményt ért el a kezelt csíranövények hosszára.



2. ábra: A *Macrophomina phaseolina* hatása a kezeletlen és a termékekkel kezelt napraforgó csíranövények hosszára.

A két dózis között szignifikáns eltérés volt. Az ábrán látható, hogy szignifikáns eltérés nincs az azonos dózisban csávázott Avanti és Supary baktérium készítmények között, illetve a kezelések egyformán hatottak a napraforgó csíranövények hosszára. A dózisokról általánosan elmondható, hogy a nagyobb dózis alkalmazása, mindkét készítmény esetében jobb eredményt ért el. Az Avanti készítmény esetében a kisebb dózis 71,16%-kal, a magasabb dózis 84,71%-kal volt hatékonyabb a Kontroll csíranövényhossz értékeihez képest. A Supary készítmény esetében az 1l/t dózis alkalmazásakor 76,23%-kal volt, a 3l/t alkalmazása során 84,55%-kal volt hatékonyabb a Kontroll csíranövényhossz értékeihez képest.

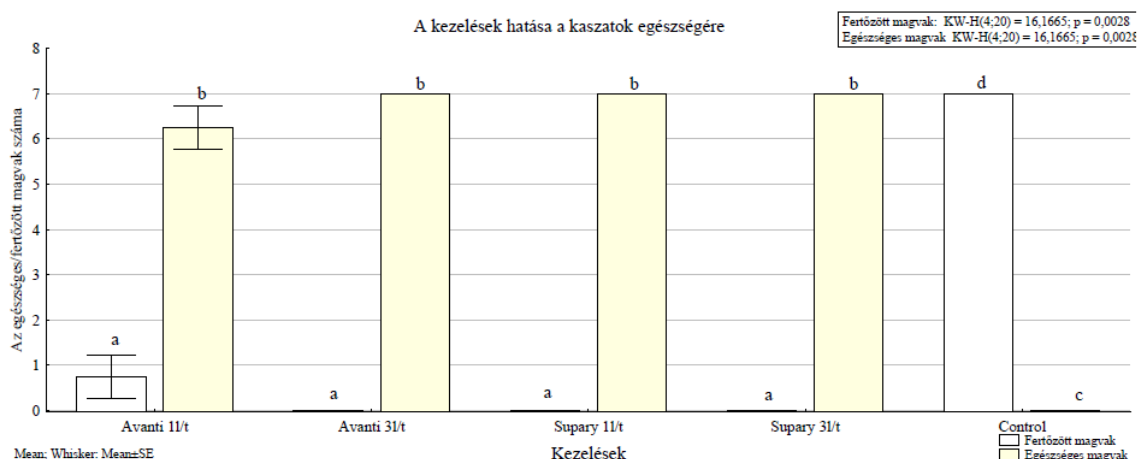
A 3.ábráról leolvasható, hogy a Kontroll esetében a *Fusarium* gombával fertőzött csíranövények száma kiugróan magas, ez az egészséges csíranövények 8,33-szerese. A valamilyen készítménnyel, különböző dózisban csávázott csíranövények esetében a fertőzött csíranövények száma szinte elhanyagolható. Az ábrán látható, hogy a legjobb eredmények ismét a magasabb dózisban történő csávázás hatására történtek, a két készítmény között szignifikáns különbség nem tapasztalható, azonban az is látszik, hogy a 3l/t Supary esetében a hatékonyság kicsivel kedvezőbb. A 3.ábrán az is látszik, hogy a legkevesebb fertőzött mag a Supary 3l/t alkalmazása során, míg arányosan a legtöbb az Avanti 1l/t esetében figyelhető meg.



3. ábra: A készítményekkel kezelt és kezeletlen csíranövények egészsége *Fusarium graminearum* esetében

A diagramról továbbá leolvasható, hogy az Avanti és Supary 1l/t alkalmazása szignifikáns különbséget nem mutatott, azonban itt is megfigyelhető a Supary kissé előnyösebb tulajdonságai, az egészséges és a fertőzött csíranövények száma alapján.

A 4. ábrán jól látható, hogy a Kontroll esetében az egészséges kaszatok száma 0 db, tehát a gomba károsítása 100 %-os, valamint az is megfigyelhető, hogy a Supary 3l/t és 1l/t, valamint Avanti 3l/t esetében a csíranövények védelme a patogén kórokozóval szemben teljeskörű volt.



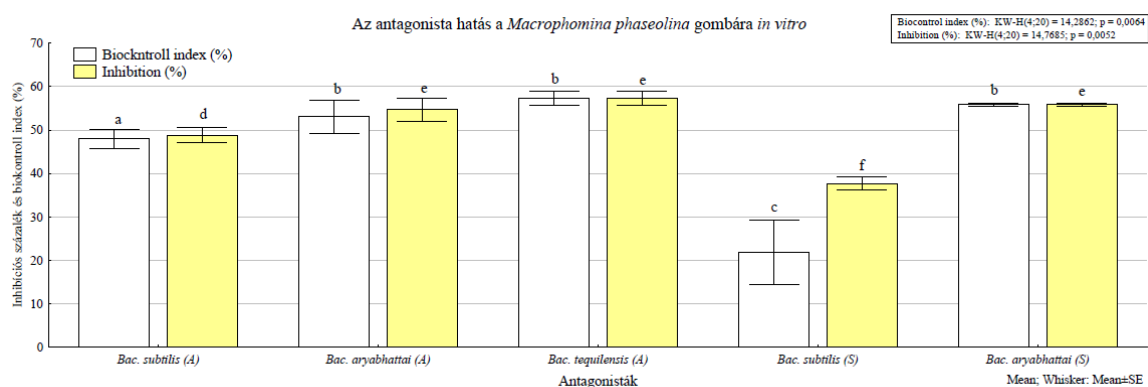
4. ábra: A készítményekkel kezelt és kezeletlen csíranövények egészsége *Macrophomina phaseolina* esetében

A diagramról leolvasható az is, hogy csak az Avanti 11/t készítmény esetében látszik kaszatfertőzöttség, amely csekély 12% volt, az egészséges csíranövényekhez képest. Mindkét baktérium tartalmú készítményről elmondható, hogy sikeresen alkalmazható csávázószerként a *Macrophomina phaseolina* ellen.

4.2. Az alkalmazott baktériumok antagonista hatása a vizsgált kórokozókra

4.2.1. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása a *Macrophomina phaseolina* gombára *in vitro*

A *Bacillus*-törzsek között jelentős hatékonyságbeli szignifikáns különbségek figyelhetők meg, a különböző törzsek eltérő hatékonysággal gátolták a *Macrophomina phaseolina* gombát.

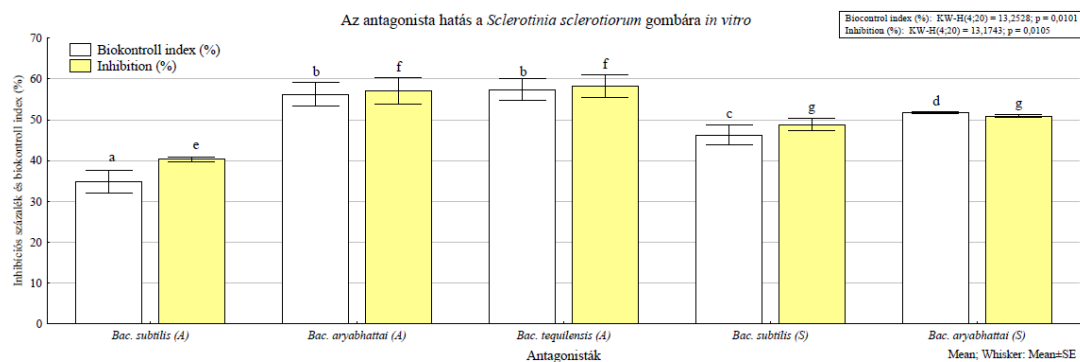


5. ábra: Az alkalmazott baktériumok antagonista hatása a *Macrophomina phaseolina* esetében *in vitro*

A legjobb biokontroll index (BCI) és gátlási százalék a *Bacillus aryabhattai* (A) BCI% 53,05%, Inh% 54,7%), a *Bacillus tequilensis* (BCI% 57,35%, Inh% 57,35%) és a *Bacillus aryabhattai* (S) (BCI% 55,88%, Inh% 55,88%) törzseké volt, amelyek között kimértékű eltérés látható. A vizsgált törzsek közül a legkevésbé hatékony a *Bacillus subtilis* (A) törzs, ahol a BCI% 47,99% és az Inh% 48,82% volt.

4.2.2. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása a *Sclerotinia sclerotiorum* gombára *in vitro*

A 6. ábrán a *Bacillus*-törzsek között szintén jelentős hatékonyságbeli különbségek figyelhetők meg.

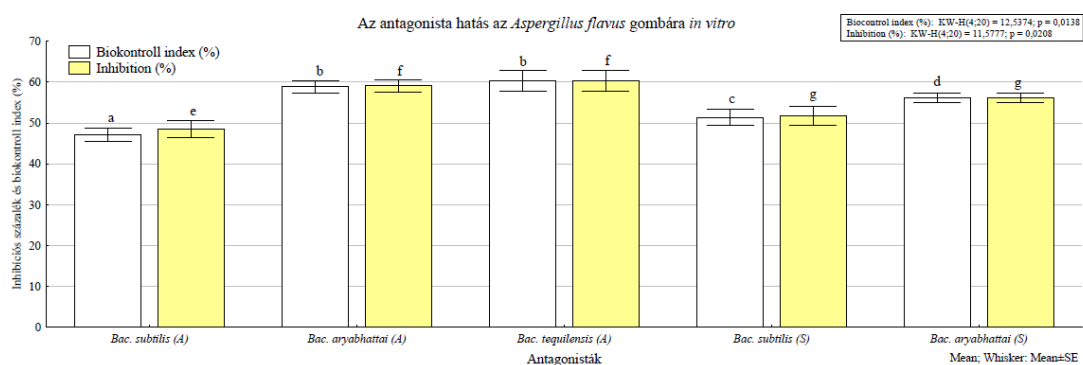


6. ábra: A különböző *Bacillus* törzsek antagonista hatása a *Sclerotinia sclerotiorum* ellen *in vitro*

A legjobb biokontroll index (BCI) és gátlási százalék a *Bac. aryabhattai* (A) (56,19%, 57,05%) és a *Bac. tequilensis* (57,39%, 58,23%) törzsekhez köthető, a második legeredményesebb a *Bac. aryabhattai* (S) (51,73%, 50,88%) törzseké volt. A harmadik a *Bac. subtilis* (S) volt, ahol a BCI% 46,29% és az Inh% 48,82% volt. A legalacsonyabb BCI% (34,83%) és gátlási százalék (40,29%) a *Bac. subtilis* (A) esetében volt.

4.2.3. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása az *Aspergillus flavus* gombára *in vitro*

A 7. ábra alapján elmondható, hogy az előző eredményekhez hasonlóképpen az alkalmazott baktérium törzsek között jelentős hatékonyságbeli különbségek figyelhetők meg.



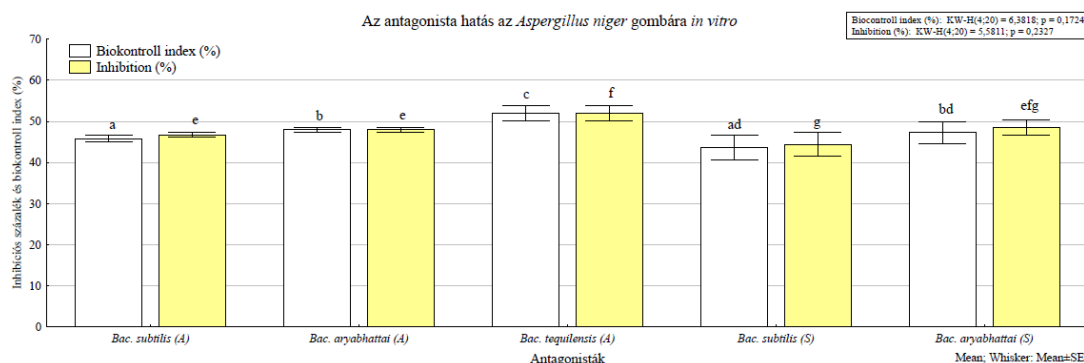
7. ábra: A különböző *Bacillus* törzsek antagonista hatása az *Aspergillus flavus* ellen *in vitro*

A leghatékonyabban a biokontroll index (BCI) és gátlási százalék alapján a *Bac. aryabhattai* (A) (58,87%, 59,11%) és a *Bac. tequilensis* (60,29%, 60,29%) törzsek gátolták az *Aspergillus flavus*-t. A második leghatékonyabb a *Bac. aryabhattai* (S) (56,17%, 56,17%) törzsek voltak. A harmadik a *Bac. subtilis* (S) volt, ahol a BCI% 51,38% és az Inh% 51,76%

volt. A legeredménytelenebbül BCI% (47,15%) és gátlási százalék (48,52%) alapján a *Bac. subtilis* (A) törzsek gátolták a patogén gombát.

4.2.4. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása az *Aspergillus niger* gombára *in vitro*

A 8. ábrán a három különböző *Bacillus*-törzs között, mint az eddig ismertetett patogénekkal végzett kísérleti eredményekkel egyetemben/párhuzamosan, szignifikáns különbségek figyelhetők meg.

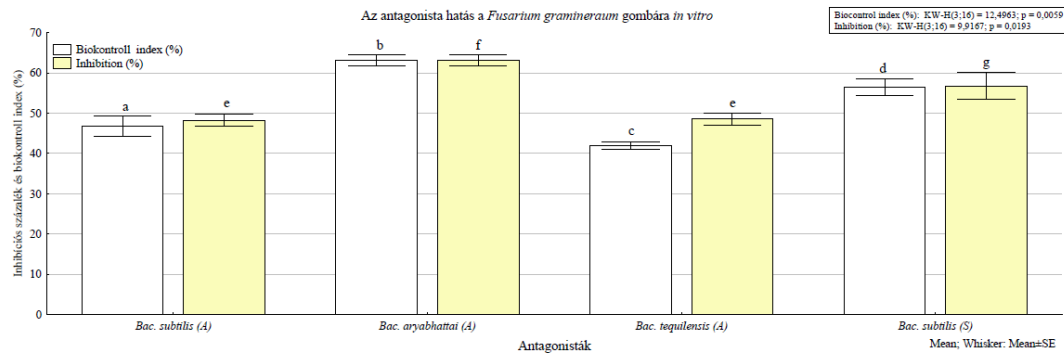


8. ábra: Az alkalmazott baktériumok antagonista hatása az *Aspergillus niger* esetében *in vitro*

A legjobb biokontroll index (BCI) és gátlási százalék a *Bac. tequilensis* (A) törzsekhez köthetők, ahol a BCI% 52,05 % és a Inh/ 52,05 % volt. A második legeredményesebb a *Bac. aryabhattai* (A) (47,94%, 47,94%) és a *Bac. aryabhattai* (S) (47,31%, 48,52%) törzsek voltak. A harmadik - a többi baktériumhoz képest - kevésbé hatékony a *Bac. subtilis* (A) volt, ahol a BCI% 45,78% és az Inh% 46,76% volt. A legkevésbé hatékony BCI% (43,56%) és gátlási százalék (44,41%) alapján a *Bac. subtilis* (S) volt.

4.2.5. Az alkalmazott baktériumok gátló hatása az *Fusarium graminearum* gombára *in vitro*

A kísérletben alkalmazott baktériumok között, a *Fusarium graminearum* gátlásának hatékonyságában, szignifikáns eltérések figyelhetők meg. A 9. ábrán látható, hogy a leghatékonyabb gátlást a *Bac. aryabhattai* (A) érte el biokontroll index (BCI) és gátlási százalék alapján, amely BCI% 63,23 %, illetve Inh% 63,23 % volt.



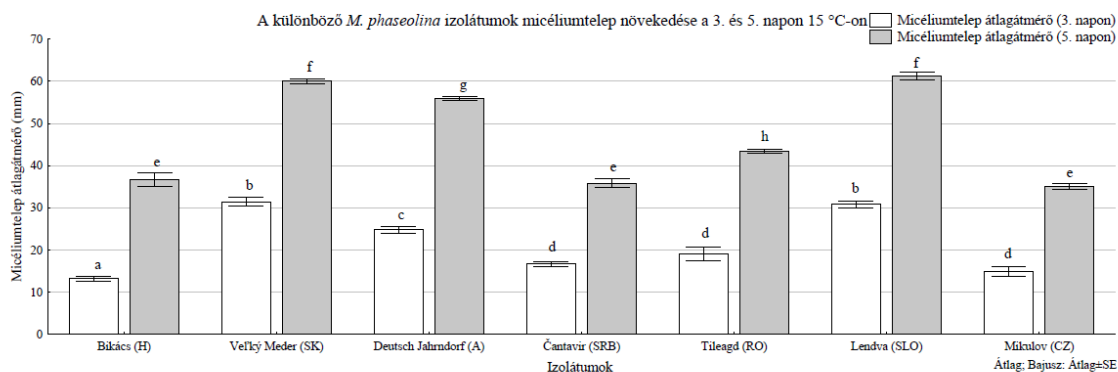
9. ábra: A különböző *Bacillus* törzsek antagonista hatása a *Fusarium graminearum* ellen in vitro

A második a *Bac. subtilis* (S) volt, ahol a BCI% 56,5% és a gátlási százalék (56,76%) volt. A legalacsonyabb gátlási százalékokat az eredmények alapján a *Bac. subtilis* (A) (48,23%) és a *Bac. tequilensis* (48,52%) érte el. A legalacsonyabb BCI% pedig a *Bac. tequilensis* esetében volt BCI% 41,89%.

4.2.6. A *Macrophomina phaseolina* izolátumok különböző hőmérsékleten történő növekedése

10 °C-on a 3. napon egyik izolátum sem képzett micéliumot. Az 5. napon csak a Deutsch Jahrndorf (A) izolátumok fejlesztettek micéliumot, amelyek átlagos micéliumtelep-növekedése 21,4 mm volt. Az izolátumok ezen a hőmérsékleten, az előbb említett izolátum kivételével, se micéliumot, se mikroszkleróciumot, illetve légmicéliumot sem növesztettek.

A 10. ábrán látható, hogy a 3. napos mérési időpontban 15 °C-on a Lendva (SLO) és Vel'ký Meder (SK) izolátumok nőttek a legjobban, amelyek micélium-telep átlagátmérője 31,2 mm és 32 mm volt. Ezen a hőmérsékleten 3. napon a micéliumtelepek-növekedése csökkenő sorrendben a következők voltak: Deutsch Jahrndorf (A) 24,53 mm, Tileagd (RO) 19,93 mm, Čantavir (SRB) 16,26 mm és Mikulov (CZ) 15,67 mm. 15 °C-on a legkevésbé Bikács (H) izolátumok nőttek, amelyek micéliumtelepinek átlagátmérője 13,53 mm volt.

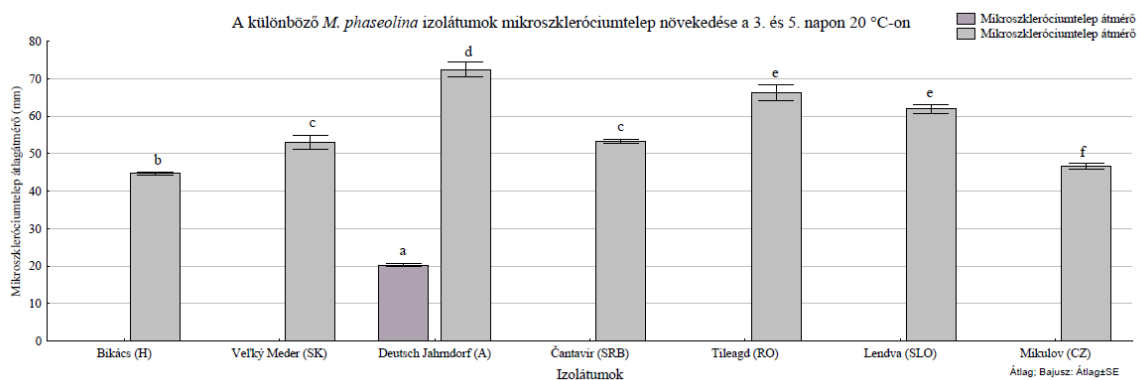


10. ábra: A vizsgált izolátumok micéliumtelep-növekedése 15 °C-on a különböző mérési időpontokban

Az 5. napon tendencia ugyanaz volt, illetve Deutsch Jahrndorf (A) izolátumok esetében mikroszklerócium-képzés volt megfigyelhető, amelyek átlagos növekedése 26,8 mm volt. Légmicélium-képzés egyik izolátum esetében sem volt.

Az izolátumok 20°C-on micéliumtelep növekedésének átlaga a 3. napon a következőképpen alakult: Bikács (H) 39,53 mm, Velký Meder (SK) 50,2 mm, Deutsch Jahrndorf (A) 63,13 mm, Čantavir (SRB) 52,67 mm, Tileagd (RO) 51,33 mm, Lendva (SLO) 56,73 mm, Mikulov (CZ) 40,13 mm.

A 11. ábrán látható, hogy mikroszkleróciumot 20 °C-on csak egy, a Deutsch Jahrndorf (A) izolátumok, képeztek, amelyek átlagátmérője 19,88 mm volt.



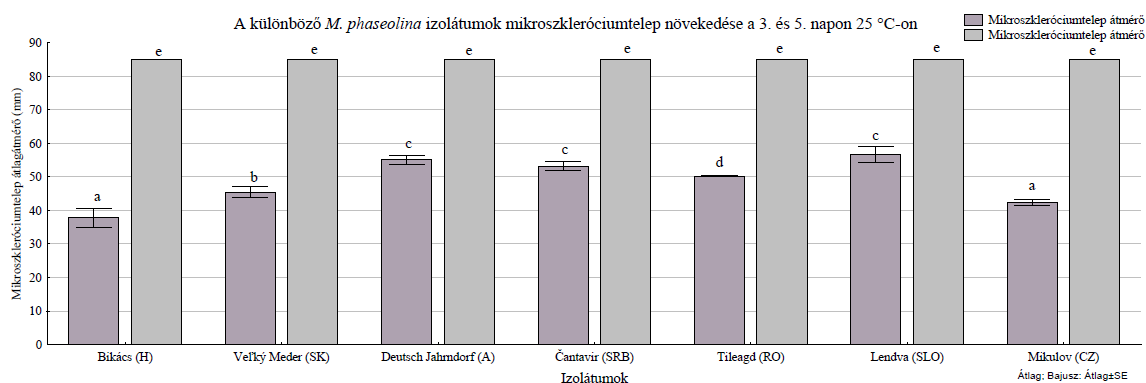
11. ábra: A különböző mérési időpontokban mért izolátumok mikroszklerócium-telep növekedése 20 °C-on

Az 5. mérési időpontra az összes izolátum micéliumtelepének átlagátmérője elérte a 85 mm-t. A legnagyobb mikroszklerócium-telepeket a Deutsch Jahrndorf (A) izolátumok képeztek, amelyek mikroszklerócium-telepének átmérőjének átlaga 72,5 mm volt. A két legkisebb

mikroszklerócium-telep átmérő átlagot Bikács (H) 44,7 mm és Mikulov (CZ) 46,3 mm izolátumok érték el. A többi izolátum mikroszklerócium-képzése közel azonos volt (Veľký Meder (SK) 53,1 mm; Čantavir (SRB) 53,4 mm; Tileagd (RO) 66,4 mm. 20 °C-on Čantavir (SRB) izolátumok légmicéliumot képeztek.

A 25 °C-on inkubált izolátumok micéliumtelep növekedésének átlaga a 3. napon következőképpen alakult: Bikács (H) 77,4 mm; Veľký Meder (SK) 83,93 mm; Deutsch Jahrdorf (A) 85 mm; Čantavir (SRB) 84,13 mm; Tileagd (RO) 85 mm; Lendva (SLO) 85 mm; Mikulov (CZ) 73,67 mm. Az 5. napra az összes izolátum elérte a 85 mm-es micélium-telep átmérőt.

A 12. ábráról leolvasható, hogy csak a 3. napon tapasztaltunk eltéréseket a mikroszklerócium-telepek átmérőjének átlagában, amelyek hasonlóan alakultak: Bikács (H) 37,8 mm; Veľký Meder (SK) 45,5 mm; Deutsch Jahrdorf (A) 55,1 mm; Čantavir (SRB) 53,2 mm; Tileagd (RO) 50,2 mm; Lendva (SLO) 56,7 mm; Mikulov (CZ) 42,4 mm. 25 °C-on, Čantavir (SRB) és Lendva (SLO) izolátumok légmicéliumot képeztek, már a 3. napon. 30 °C-on és 35 °C-on ugyanolyan eredmények születtek.

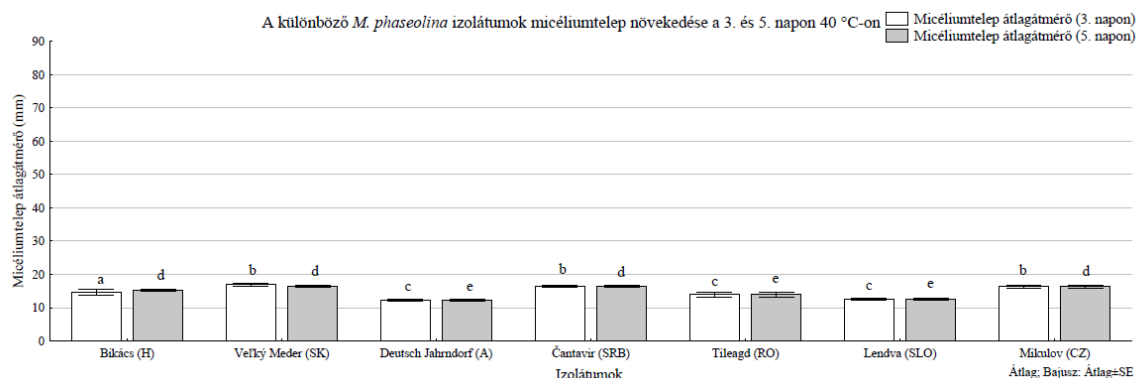


12. ábra A vizsgált izolátumok mikroszklerócium-telep növekedése 25 °C-on a különböző mérési időpontokban

A kísérlet során vizsgált összes izolátum benőtte a Petri-csésze egészét, tehát a micéliumtelepek átlagátmérője 85 mm volt. Az izolátumok már a 3. mérési napon fejlesztettek mikroszkleróciumot, amelyek átlagátmérője szintén 85 mm volt, ezen felül az összes, különböző országokból származó, izolátumok légmicéliumot is képeztek.

A 13. ábrán jól látható, hogy 40 °C-on az izolátumok a 3. nap és az 5. nap között alig nőttek, vagy egyáltalán nem nőttek, illetve a micéliumtelep átlagátmérője csökkent.

Mikroszklerócium és légmicélium-képzés ezen a hőmérsékleten, egyik izolátum esetében sem volt.



13. ábra: A különböző mérési időpontokban mért izolátumok micéliumtelep-növekedése 40 °C-on

A Bikács (H) izolátumok micéliumtelep átlagátmérője a 3. napon 14,6 mm volt, majd az 5. napra az átlagátmérő kicsivel nőtt, amely 15,3 mm volt. A Velký Meder (SK) izolátumok esetében érdekes eredmény figyelhető meg a micéliumtelepek átlagátmérőjében, a 3. napon az átlagátmérő 16,9 mm volt, majd ez az 5. napra lecsökkent 16,4 mm-re. A kísérlet során vizsgált többi izolátum ezen a hőmérsékleten egyáltalán nem nőtt a mérési időpontok között.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A 2023-2024 között végzett kísérleteink egy részeként, néhány talajból fertőző patogén gomba (*M. phaseolina*, *S. sclerotiorum*, *A. flavus*, *A. niger*, *F. graminearum*) esetében vizsgáltunk két új fejlesztésű, illetve kereskedelmi forgalomban is kapható, különféle családból (*Bacillaceae*, *Azospirillaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Cellulomonadaceae*, *Paenibacillaceae*, *Planococcaceae*) származó baktérium tartalmú készítmény hatását. Elvégeztük a fentebb említett kórokozók és baktérium törzsek (*Bacillus subtilis* (A) és (S); *Bacillus aryabhattai* (A) és (S); *Bacillus tequilensis* (A) konfrontációs tesztjét is *in vitro*. Kutatásaink másik részében a különböző európai országokból gyűjtött *M. phaseolina* izolátumok eltérő hőmérsékleten lévő biológiai igényük, illetve aktivitásuk mérésére és a kapott eredmények kiértékelésére alapoztam.

Eredményeink alapján arra következtettünk, hogy a kukorica csíranövények hossza a *Fusarium graminearum* vonatkozásában a baktérium készítménnyel nem kezelt esetben bizonyultak a legkisebbnek. A legjobb eredményt, ezzel együtt a legnagyobb védelmet a kórokozó ellen a Supary 3 l/t dózisú csávázásával lehetett elérni. A Kontrollhoz képest, a kukorica csíranövények hossza mindkét készítménnyel különböző dózisban történő csávázás során szignifikánsan nagyobbak voltak. Az eredmények tekintetében javasolható a legalacsonyabb (1l/t), illetve a legmagasabb (3l/t) dózis is. A *Macrophomina phaseolina*, az alkalmazott készítmények hatására, a csíranövényhosszt a napraforgó esetében hasonlóan befolyásolta, mint a *Fusarium* a kukorica magok csíranövényhosszát. A *M. phaseolina* esetében elmondható, hogy magasabb dózisban (3l/t) kezelt napraforgókaszatok csíranövényhossza szignifikánsan nagyobb volt, mint az alacsonyabb (1l/t) dózisban kezelt magoké. A kezelt magokhoz képest, azonban a Kontroll magok csíranövényhossza így is jóval elmaradt.

A kezelt, illetve kezeletlen csíranövények egészségét a készítmények pozitívan befolyásolták, itt is megfigyelhető, hogy a kevesebb dózis alkalmazása során a hatékonyság kicsivel gyengébb volt, mint a magasabb dózis alkalmazása során, amelyek szignifikáns különbséget nem mutattak. A fertőzött magok aránya egyik kezelésnél sem haladta meg az egészséges magok arányát a *F. graminearum* esetében. A Kontroll csíranövényeknél ez nem mondható el, ott a fertőzött csíranövények száma jóval magasabb volt, az egészséges csíranövények számánál. A *Macrophomina phaseolina* esetében a kaszatok egészségéről a következő megállapításokat tehetjük: a Supary nevű készítmény 1l/t és 3l/t, illetve az Avanti nevű készítmény 3l/t dózisban alkalmazva teljesen gátolta a patogén gomba kolonizálását a

kaszatokon. Az Avanti 1l/t dózisban való alkalmazása, nem volt 100%-os hatással a kaszatok védelmére, viszont szignifikánsan jobb hatékonyságú volt a kezeletlen kaszatokhoz képest.

A konfrontációs tesztek esetében az alábbi következtetéseket vontuk le. A *M. phaseolina* gombát az alkalmazott baktériumtörzsek *Bacillus subtilis* (A); *Bacillus aryabhattai* (A) és (S); *Bacillus tequilensis* (A) gátlási százaléka és biokontroll indexe 50% felett volt, egyedül a *Bacillus subtilis* (S) törzs teljesített gyengébben a patogénnel szemben, de az sem volt kisebb, mint 48 %. A baktériumok hatékonysága között szignifikáns különbségek tapasztalhatók. A *Sclerotinia sclerotiorum* esetében *Bac. aryabhattai* (A) a *Bac. tequilensis* törzsek közel 60%-os gátlási százalékat és biokontroll indexet állapítottunk meg, a *Bac. aryabhattai* (S) antagonista hatása 50% körül alakult. A *Bac. subtilis* (S) törzs volt, ahol a BCI% és az Inh% kicsivel kevesebb, mint 50% körül volt. A legkevésbé hatékony ismét a *Bac. subtilis* (A) törzs volt, ahol BCI% és gátlási százalék 30-40 % volt. Az *Aspergillus flavus* kórokozót a baktériumtörzsek, kisebb-nagyobb hatékonysággal gátolták. Itt is hasonlóság figyelhető meg az eredményekben, a legjobb gátlást a kórokozóval szemben a *Bac. aryabhattai* (A) és a *Bac. tequilensis* törzsek mutattak, amelyek elérték vagy meghaladták a 60%-ot. A második leghatékonyabb a *Bac. aryabhattai* (S) törzs volt. A harmadik a *Bac. subtilis* (S) törzs volt, amely kevesebb volt, mint 50%. Az antagonisták a következő módon gátolták *Fusarium graminearum* gomba növekedését, amely kissé eltérő az eddig ismertetett patogén-antagonista törzsek esetében. A *F. graminearum* kórokozót a *Bac. aryabhattai* (A) gátolta a leghatékonyabban. A második a *Bac. subtilis* (S) volt. A legalacsonyabb gátlási százalékokat és BCI% *Bac. subtilis* (A) és a *Bac. tequilensis* (48,52%) esetében állapítottunk meg. Ezek alapján a következő megállapításokat tehetjük, mind az 5 baktérium törzs hatékonyan alkalmazható a kórokozó elleni biológiai védekezésre. Az is megállapítható, hogy a *Bacillus subtilis* (S) törzs hatékonyan csak a *F. graminearum* ellen használható, a többi vizsgált gomba esetében a hatás kisebb volt, vagy nem gátolta eléggé a kórokozókat. Ezen megállapítások összhangban vannak Baard és munkatársai (2023), valamint Nayariseri és Singh (2023) kutatásaival, miszerint a *Bacillus subtilis* és *Bacillus tequilensis* antagonista aktivitást mutattak négy fitopatogén *Fusarium* törzsszel szemben. Kutatási eredményeinket megerősítik Harba (2020) kutatásai, miszerint *Bacillus subtilis* és *Bacillus tequilensis* erős antagonista hatást mutat számos talajban élő kórokozó gomba ellen. A kutatási eredményeinket igazolják Soliman (2020), valamint Mehmood és munkatársai (2021) eredményei, miszerint a *Bacillus aryabhattai* számos patogén gomba ellen alkalmazható biológiai ágensként.

Az eredmények alapján elmondható, hogy az alkalmazott készítmények és baktériumtörzsek eltérő hatékonysággal, de sikeresen tudják gátolni számos kórokozó gomba biológiai aktivitását mind a kísérletben alkalmazott csíranövényekben, mind pedig *in vitro* körülmények között, ugyanis a kísérletek során az összes paraméter esetében a valamilyen készítménnyel kezelt növények eredményei jobbak voltak, mint a Kontroll (nem kezelt) növények eredményei, ugyanakkor az is megállapítható, hogy a kísérleti adatokat elemezve több helyen állapítottunk meg szignifikáns különbséget. A továbbiakban a kísérletek újbóli elvégzését, a PDA táptalajon nem, vagy alig nőtt, így a jelen dolgozatba be nem kerülő baktériumok ideális táptalajának megtalálása, továbbá szántóföldi körülmények közötti kísérletbeállítást javasolnám.

A kísérletsorozat másik részében a *Macrophomina phaseolina* izolátumok hőprofiljának (10, 15, 20, 25, 30, 35 és 40 °C-on) eredményeit a felállított hipotézisünk alapján lévő következtetéseket tudunk levonni. 10 °C-on csak a Deutsch Jahrndorf (A) izolátumok fejlesztettek micéliumot. A többi izolátum ezen a hőmérsékleten, az előbb említett izolátum kivételével, se micéliumot, se mikroszkleróciumot, illetve légmicéliumot sem képeztek. A vizsgált izolátumok közül Lendva (SLO) és Veľký Meder (SK) micélium telepei nőttek a legjobban 15 °C-on. A Deutsch Jahrndorf (A) micéliumtelepek növekedése kissé elmaradt, de hasonló volt, a két előzőleg említett 2 különböző helyről származó izolátum mellett. A további izolátumok micélium-telepének növekedése fele akkora volt Tileagd (RO), Čantavir (SRB) és Mikulov (CZ). 15 °C-on a legkevésbé Bikács (H) izolátumok nőttek. Ezen a hőmérsékleten csak a Deutsch Jahrndorf (A) izolátumok képeztek mikroszkleróciumot. A vizsgált izolátumok egyike sem fejlesztett légmicéliumot. A vizsgált izolátumok közül 20 °C-on a 3. mérési napon a legjobban a Deutsch Jahrndorf (A) izolátum fejlesztett micéliumot, illetve csak ez az izolátum képezett ilyen rövid idő alatt mikroszkleróciumot. Későbbi méréskor (5. nap), a különböző izolátumok micélium-telepei teljesen befutották a Petri-csészét (85 mm). A legnagyobb mikroszklerócium telepet a Deutsch Jahrndorf (A) izolátum képezte, a két legkisebbet pedig a Bikács (H) és Mikulov (CZ) képzete, a többi izolátum mikroszklerócium-képzése ezen a hőmérsékleten közel azonos volt kísérlet végére. 25 °C-on a kísérlet végére a micéliumtelepe, és mikroszklerócium-telepe az összes vizsgált izolátum esetében megállapítottuk, hogy azok teljesen benőtték a Petri-csészét. Illetve a kísérlet korai fázisában a 3. napon Čantavir (SRB) és Lendva (SLO) izolátumok légmicéliumot is képeztek. 30 °C-on és 35 °C-on ugyanolyan eredmények születtek. A kísérlet során vizsgált összes izolátum benőtte a Petri-csésze

egészét, az izolátumok már a 3. mérési napon fejlesztettek mikroszkleróciumot, amelyek átlagátmérője szintén 85 mm volt, ezen felül az összes, különböző országokból származó, izolátumok légmicéliumot is képeztek mind a két hőmérsékleti tartományban. 40 °C-on vizsgált izolátumok a kísérlet kezdeti és kései fázisában között micéliumtelepet alig, vagy egyáltalán nem, illetve micélium-telep csökkenés volt megfigyelhető. Kismértékű növekedést a Bikács (H) izolátumok, továbbá micéliumtelep-csökkenést a Veľký Meder (SK) izolátumok mutattak. A *Macrophomina phaseolina* hőprofiljának elemzése során az eredmények alapján hipotéziseink, miszerint a hűvösebb helyről származó izolátumok (Lendva (SLO), Deutsch Jahrndorf (A), Veľký Meder (SK), alacsonyabb hőmérsékleten jobban, valamint a melegebb helyről származó izolátumok (Bikács (H), Čantavir (SRB) a magasabb hőmérsékleteken eredményesebben nőttek, beigazolódtak.

ÖSSZEFOGLALÁS

Világszerte a növénypatogén gombák számos növénytermesztő kontinensen megtalálhatóak (HORBACH et al., 2011; OJAGHIAN, WANG, et al., 2016; JABEEN et al., 2024). A *Fusarium graminearum*, az *Aspergillus niger*, az *A. flavus*, a *Sclerotinia sclerotiorum* és a *Macrophomina phaseolina* fajok súlyos károkat okoznak a gazdasági növényeinkben. Ezek a fajok többnyire a talajból fertőznek. A *Fusarium* spp. jól ismert növényi kórokozók, amelyek a mennyiségi kár mellett minőségi kárt okoznak a toxintermelésük miatt. Egyes gazdanövényben tracheomikózist, a csíranövények pusztulását, vagy a gyökér- és szárrothadást idéznek elő. Az *Aspergillus niger* gomba egy olyan penészgombafaj, amely bizonyos élelmiszerek, például a sárgabarack, a hagyma, a szőlő stb. külsején megjelenő „fekete penész” kialakulását előidéző, ezért az az élelmiszerek „romlását” okozó szervezet (WARD et al., 2005). A talajban is mindenhol jelen van, és gyakran megtalálható beltéri környezetben. Egyes törzseiről ismert, hogy ochratoxinokat – mikotoxinokat – választanak ki, fogyasztásuk révén potenciálisan veszélyesek az emberi egészségre is (ABARCA et al., 1994; SCHUSTER et al., 2002; FRISVAD et al., 2018; FREIRE et al., 2018; SONG et al., 2022). Az *Aspergillus flavus* az egyik leggyakoribb gombás eukarióta a bolygón (RAMÍREZ – CAMEJO et al., 2012). Világszerte megtalálható a talajban szaprofitaként. A talajban lévő elhalt növényi maradványokon konídiumok vagy szkleróciumok formájában marad fenn, és kolonizál. A faj számos növényen fakultatív parazita, és gyakran megtelepedik az olajban gazdag magvakban (AMAIKE – KELLER., 2011). Egyes növényi kórokozók rendkívül sokféle gazdanövényt képesek megfertőzni (DERBYSHIRE et al., 2022). Ezek közé tartozik a *Sclerotinia sclerotiorum* nekrotróf gomba is, amely kiemelkedik azzal a képességével, hogy számos növénykultúrában jelentős megbetegedést, és ezzel károkat képes okozni/előidézni.

Dolgozatom témájának a gazdaságilag jelentős talajból fertőző kórokozók elleni biológiai védekezési megoldások vizsgálatát választottam, valamint a Kárpát-medencéből és Európa területeiről izolált különböző *Macrophomina phaseolina* izolátumok hőprofiljának elkészítését.

Célul tűztem ki a kereskedelmi forgalomban kapható és nem kapható baktérium törzsek tesztelését *in vitro* körülmények között. Kísérletünkben számos patogénekre nem kifejezetten káros baktériummal is foglalkozunk, hiszen a kereskedelmi forgalomban kapható készítmények általában több baktérium törzset, illetve vonalat használnak. A kutatás másik szeglete a Kárpát-medencében eltérő környezeti feltételekhez adaptálódó

Macrophomina phaseolina izolátumok vizsgálata. Célul tűztük ki annak vizsgálatát, hogy a melegebb és szárazabb területen izolált minták és a hűvösebb területekről izolált minták mely hőmérséklet tartományt preferálják laboratóriumi körülmények között.

A 2024-2025 között végzett kísérletek alkalmával vizsgáltuk két kereskedelmi forgalomban kapható, a BIO-NAT Kft. által fejlesztett Avanti és Supary baktériumkészítmény csávázószerként való hatékonyságát 11/t és 31/t dózisban napraforgó és kukorica magvak csíranövényhosszának és magfertőzöttségének esetében. Továbbá vizsgáltuk a készítményekben megtalálható egyes baktérium törzsek antagonista hatását a dolgozatban foglalkozott patogén gombák ellen. A kapott értékeket biokontroll index és inhibíciós százalék formájában fejeztük ki.

A Supary és Avanti nevű készítmény csávázószerként való alkalmazása, illetve a két alkalmazott dózis hatékonyan védte meg a kísérlet során bemutatott kórokozó gombákkal szemben a kukorica és napraforgó magvakat egyaránt *in vitro*. A konfrontációs tesztnél elmondható, hogy a vizsgált baktériumtörzsek kisebb-nagyobb hatékonysággal gátolták a felhasznált kórokozó gombákat. Az eltérő helyről származó *Macrophomina* izolátumokkal kapcsolatos feltevéseink igaznak bizonyultak.

Összefoglalva, a biológiai alapú készítmények létjogosultsága egyre nagyobb mértékben bizonyított tényező a tudomány körében. A különböző családból származó baktériumok, illetve baktérium-készítmények, Rangel-Montoya és munkatársai (2022) szerint és magam is úgy vélem, számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek lehetséges biológiai védekezés mechanizmusai lehetnek köztük az antibiotikumok termelése, kompetíció a patogén gombával, toxin és sziderofórok termelése a kórokozókkal szemben, és nem utolsósorban a növények szisztémás rezisztenciájának indukciója.

IRODALOMJEGYZÉK

- ABD EL-HACK, M., E., KAMAL, M., ALTAIE, H., A., A., YOUSSEF, I., M., ALGARNI, E., H., ALMOHMADI, N., H., ABUKHALIL, M., H., KHAFAGA, A., F., ALQHTANI, A., H., – SWELUM, A., A., (2023): Peppermint essential oil and its nano-emulsion: Potential against aflatoxigenic fungus *Aspergillus flavus* in food and feed., *Toxicon* **234**: 107309., <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2023.107309>
- ABT, B., FOSTER, B., LAPIDUS, A., CLUM, A., SUN, H., PUKALL, R., LUCAS, S., GLAVINA DEL RIO, T., NOLAN, M., TICE, H., CHENG, J.,-F., PITLUCK, S., LIOLIOS, K., IVANOVA, N., MAVROMATIS, K., OVCHINNIKOVA, G., PATI, A., GOODWIN, L., CHEN, A., PALANIAPPAN, K., LAND, M., HAUSER, L., CHANG, Y.,-J., JEFFRIES, C., D., ROHDE, M., GÖKER, M., WOYKE, T., BRISTOW, J., EISEN, J., A., MARKOWITZ, V., HUGENHOLTZ, P., KYRPIDES, N., C., – KLENK, H.,-P., (2010): Complete genome sequence of *Cellulomonas flavigena* type strain (134T)., *Standards in Genomic Sciences* **3**(1): 15–25., <https://doi.org/10.4056/sigs.1012662>
- AMAIKE S., – KELLER N., P., (2011): *Aspergillus flavus*., *Annual Review of Phytopathology* **49**(Volume 49, 2011): 107–133., <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095221>
- AMARE, M., G., – KELLER, N., P., (2014): *Molecular mechanisms of Aspergillus flavus secondary metabolism and development*., *Fungal Genetics and Biology* **66**: 11–18., <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2014.02.008>
- ANDRADE-FILHO, J., D., S., – PENA, G., P., (2010): Analogies in medicine: fungus and liturgy., *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* **52**: 288–288., <https://doi.org/10.1590/S0036-46652010000500014>
- ANDRIYANI, H., NATACIA, N., – FACHRIAL, E., (2021): Production of Antimicrobial Compounds using Thermophilic Bacteria Species *Bacillus subtilis* and *Bacillus Tequilensis*., *ITEGAM-JETIA* **7**(31): 18–25., <https://doi.org/10.5935/jetia.v7i31.776>
- ANIS, M., ABBASI, M., W., – ZAKI, M., (2010): Bioefficacy of microbial antagonists against *Macrophomina Phaseolina* on sunflower., *Pakistan Journal of Botany* **42**: 2935–2940.,

- BAARD, V., BAKARE, O., O., DANIEL, A., I., NKOMO, M., GOKUL, A., KEYSTER, M., – KLEIN, A., (2023): Biocontrol Potential of *Bacillus subtilis* and *Bacillus tequilensis* against Four Fusarium Species., *Pathogens* **12**(2): 254., <https://doi.org/10.3390/pathogens12020254>
- BAIRD, R., E., WADL, P., A., ALLEN, T., MCNEILL, D., WANG, X., MOULTON, J., K., RINEHART, T., A., ABBAS, H., K., SHIER, T., – TRIGIANO, R., N., (2010): Variability of United States isolates of *Macrophomina phaseolina* based on simple sequence repeats and cross genus transferability to related genera within botryosphaeriaceae., *Mycopathologia* **170**(3): 169–180., <https://doi.org/10.1007/s11046-010-9308-3>
- BLOEMBERG, G., V., – LUGTENBERG, B., J., J., (2001): Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria., *Current Opinion in Plant Biology* **4**(4): 343–350., [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(00\)00183-7](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(00)00183-7)
- BOLETA, E., H., M., SHINTATE GALINDO, F., JALAL, A., SANTINI, J., M., K., RODRIGUES, W., L., LIMA, B., H., de, ARF, O., SILVA, M., R., da, BUZETTI, S., – TEIXEIRA FILHO, M., C., M., (2020): Inoculation With Growth-Promoting Bacteria *Azospirillum brasilense* and Its Effects on Productivity and Nutritional Accumulation of Wheat Cultivars., *Frontiers in Sustainable Food Systems* **4**., <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.607262>
- BRAUER, E., K., SUBRAMANIAM, R., – HARRIS, L., J., (2020): Regulation and Dynamics of Gene Expression During the Life Cycle of *Fusarium graminearum*., *Phytopathology*® **110**(8): 1368–1374., <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-20-0080-IA>
- CASH, P., (1998): Characterisation of bacterial proteomes by two-dimensional electrophoresis., *Analytica Chimica Acta* **372**(1): 121–145., [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00346-8](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00346-8)
- CHANG, P.,-K., HORN, B., W., ABE, K., – GOMI, K., (2014): ASPERGILLUS | Introduction., Pp., 77–82., In: BATT, C.,A., – TORTORELLO, M.,L., (eds): Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)., Academic Press, Oxford.,
- CUELLAR-GAVIRIA, T., Z., GARCÍA-BOTERO, C., JU, K.,-S., – VILLEGAS-ESCOBAR, V., (2023): The genome of *Bacillus tequilensis* EA-CB0015 sheds light into its epiphytic

lifestyle and potential as a biocontrol agent., *Frontiers in Microbiology* **14**.,
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1135487>

DASGUPTA, D., KUMAR, K., MIGLANI, R., MISHRA, R., PANDA, A., K., – BISHT, S., S.,
(2021): Chapter 1 - Microbial biofertilizers: Recent trends and future outlook., Pp., 1–
26., In: DE MANDAL, S., – PASSARI, A., K., (eds): Recent Advancement in Microbial
Biotechnology., Academic Press.,

DENTON-GILES, M., DERBYSHIRE, M., C., KHENTRY, Y., BUCHWALDT, L., – KAMPHUIS,
L., G., (2018): Partial stem resistance in *Brassica napus* to highly aggressive and
genetically diverse *Sclerotinia sclerotiorum* isolates from Australia., *Canadian
Journal of Plant Pathology* **40**(4): 551–561.,
<https://doi.org/10.1080/07060661.2018.1516699>

DERBYSHIRE, M., C., – DENTON-GILES, M., (2016): The control of sclerotinia stem rot on
oilseed rape (*Brassica napus*): current practices and future opportunities., *Plant
Pathology* **65**(6): 859–877., <https://doi.org/10.1111/ppa.12517>

DERBYSHIRE, M., C., NEWMAN, T., E., KHENTRY, Y., – OWOLABI TAIWO, A., (2022): The
evolutionary and molecular features of the broad-host-range plant pathogen
Sclerotinia sclerotiorum., *Molecular Plant Pathology* **23**(8): 1075–1090.,
<https://doi.org/10.1111/mpp.13221>

DREWS, G., (2000): The roots of microbiology and the influence of Ferdinand Cohn on
microbiology of the 19th century., *FEMS Microbiology Reviews* **24**(3): 225–249.,
<https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2000.tb00540.x>

ELLENA, V., SEEKLES, S., J., VIGNOLLE, G., A., RAM, A., F., J., – STEIGER, M., G., (2021):
Genome sequencing of the neotype strain CBS 554.65 reveals the MAT1–2 locus of
Aspergillus niger., *BMC Genomics* **22**: 679., <https://doi.org/10.1186/s12864-021-07990-8>

FREIRE, L., GUERREIRO, T., M., PIA, A., K., R., LIMA, E., O., OLIVEIRA, D., N., MELO, C.,
F., O., R., CATHARINO, R., R., – SANT’ANA, A., S., (2018): A quantitative study on
growth variability and production of ochratoxin A and its derivatives by *A.*
carbonarius and *A. niger* in grape-based medium., *Scientific Reports* **8**: 14573.,
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-32907-z>

- FRISVAD, J., C., MØLLER, L., L., H., LARSEN, T., O., KUMAR, R., – ARNAU, J., (2018): Safety of the fungal workhorses of industrial biotechnology: update on the mycotoxin and secondary metabolite potential of *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, and *Trichoderma reesei*., *Applied Microbiology and Biotechnology* **102**(22): 9481–9515., <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9354-1>
- GACITUA, S., VALIENTE, C., PERALTA, K., C, J., M, M., – SANFUENTES, E., (2009): Identificación y Caracterización Biológica de Cepas de *Bacillus* con Actividad Inhibitoria contra *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., *Chilean journal of agricultural research* **69**: 526–533., <https://doi.org/10.4067/S0718-58392009000400007>
- GATSON, J., W., BENZ, B., F., CHANDRASEKARAN, C., SATOMI, M., VENKATESWARAN, K., – HART, M., E., (2006): *Bacillus tequilensis* sp., nov., isolated from a 2000-year-old Mexican shaft-tomb, is closely related to *Bacillus subtilis*., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **56**(7): 1475–1484., <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63946-0>
- HARBA, M., JAWHAR, M., – ARABI, M., (2020): Antagonistic comparative efficacy of *Bacillus* species against different soilborne fungal pathogens., *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 2020, 26 (3), 111-116
- HEGEDUS, D., D., – RIMMER, S., R., (2005): *Sclerotinia sclerotiorum*: When “to be or not to be” a pathogen? *FEMS Microbiology Letters* **251**(2): 177–184., <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.07.040>
- HOLGUIN, G., PATTEN, C., L., – GLICK, B., R., (1999): Genetics and molecular biology of *Azospirillum*., *Biology and Fertility of Soils* **29**(1): 10–23., <https://doi.org/10.1007/s003740050519>
- HORBACH, R., NAVARRO-QUESADA, A., R., KNOGGE, W., – DEISING, H., B., (2011): When and how to kill a plant cell: Infection strategies of plant pathogenic fungi., *Journal of Plant Physiology* **168**(1): 51–62., <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.06.014>
- JABEEN, S., TARIQ, M., ABID, R., HANIF, A., SHEHZAD, K., WAJAHAT UR REHMAN, M., DAWAR, S., ANTHONY DIAS, D., MOHAMMED ALARJANI, K., – ABIDEEN, Z., (2024): Application of powdered *Medicago sativa* L., enhances eco-physiological output and

protect against root rot fungi disease in okra and cowpea., *Scientia Horticulturae* **337**: 113458., <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113458>

JAVOID, A., – IQBAL, D., (2014): Management of collar rot of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by extracts and dry biomass of *Coronopus didymus* shoot., *Biological Agriculture – Horticulture* **30**(3): 164–172., <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.886528>

JAVOID, A., – RAUF, S., (2015): Management of Basal Rot Disease of Onion with Dry Leaf Biomass of *Chenopodium album* as Soil Amendment., *International Journal of Agriculture and Biology* **17**: 142–148.,

KÄMPFER, P., ROSSELLÓ-MORA, R., FALSEN, E., BUSSE, H.,-J., – TINDALL, B., J., (2006): *Cohnella thermotolerans* gen., nov., sp., nov., and classification of ‘*Paenibacillus hongkongensis*’ as *Cohnella hongkongensis* sp., nov., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **56**(4): 781–786., <https://doi.org/10.1099/ijms.0.63985-0>

KAUR, T., DEVI, R., KUMAR, S., SHEIKH, I., KOUR, D., – YADAV, A., N., (2022): Microbial consortium with nitrogen fixing and mineral solubilizing attributes for growth of barley (*Hordeum vulgare* L.),, *Heliyon* **8**(4), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09326>

KHAN, R., MOHAMAD GHAZALI, F., MAHYUDIN, N., A., – SAMSUDIN, N., I., P., (2020): Morphological Characterization and Determination of Aflatoxigenic and Non-Aflatoxigenic *Aspergillus flavus* Isolated from Sweet Corn Kernels and Soil in Malaysia., *Agriculture* **10**(10): 450., <https://doi.org/10.3390/agriculture10100450>

KWON, H.,-T., LEE, Y., KIM, J., BALARAJU, K., KIM, H., T., – JEON, Y., (2022): Identification and Characterization of *Bacillus tequilensis* GYUN-300: An Antagonistic Bacterium Against Red Pepper Anthracnose Caused by *Colletotrichum acutatum* in Korea., *Frontiers in Microbiology* **13**, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.826827>

LEHNER M., S., JÚNIOR T., J., de P., PONTE E., M., D., MIZUBUTI E., S., G., – PETHYBRIDGE S., J., (2017): Independently founded populations of *Sclerotinia sclerotiorum* from a

- tropical and a temperate region have similar genetic structure., *PLOS ONE* **12**(3): e0173915., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173915>
- MAGARINI, A., PASSERA, A., GHIDOLI, M., CASATI, P., – PILU, R., (2023): Genetics and Environmental Factors Associated with Resistance to *Fusarium graminearum*, the Causal Agent of Gibberella Ear Rot in Maize., *Agronomy* **13**(7): 1836., <https://doi.org/10.3390/agronomy13071836>
- MARQUEZ, N., GIACHERO, M., L., DECLERCK, S., – DUCASSE, D., A., (2021): Macrophomina phaseolina: General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control., *Frontiers in Plant Science* **12**., <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>
- MCSADDEN GARDENER, B., B., (2004): Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp., in Agricultural Systems., *Phytopathology*® **94**(11): 1252–1258., <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1252>
- MEHMOOD, S., KHAN, A., A., SHI, F., TAHIR, M., SULTAN, T., MUNIS, M., F., H., KAUSHIK, P., ALYEMENI, M., N., – CHAUDHARY, H., J., (2021): Alleviation of Salt Stress in Wheat Seedlings via Multifunctional *Bacillus aryabhattai* PM34: An In-Vitro Study., *Sustainability* **13**(14): 8030., <https://doi.org/10.3390/su13148030>
- MONTES, M., J., MERCADÉ, E., BOZAL, N., – GUINEA, J., (2004): *Paenibacillus antarcticus* sp., nov., a novel psychrotolerant organism from the Antarctic environment., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **54**(5): 1521–1526., <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63078-0>
- MUAL, P., SINGH, N., K., VERMA, A., SCHUMANN, P., KRISHNAMURTHI, S., DASTAGER, S., – MAYILRAJ, S., (2016): Reclassification of *Bacillus isronensis* Shivaji et al., 2009 as *Solibacillus isronensis* comb., nov., and emended description of genus *Solibacillus* Krishnamurthi et al., 2009., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **66**(5): 2113–2120., <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.000982>
- NAYARISSERI A., – SINGH S., K., (2023): Genome analysis of biosurfactant producing bacterium, *Bacillus tequilensis*., *PLOS ONE* **18**(6): e0285994., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285994>

- NOAR, J., D., – BRUNO-BÁRCENA, J., M., (2018): *Azotobacter vinelandii*: the source of 100 years of discoveries and many more to come., *Microbiology* **164**(4): 421–436., <https://doi.org/10.1099/mic.0.000643>
- OJAGHIAN, M., R., WANG, Q., LI, X., SUN, X., XIE, G.,-L., ZHANG, J., HAI-WEI, F., – WANG, L., (2016): Inhibitory effect and enzymatic analysis of E-cinnamaldehyde against sclerotinia carrot rot., *Pesticide Biochemistry and Physiology* **127**: 8–14., <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.08.005>
- OJAGHIAN, M., R., ZHANG, J.,-Z., ZHANG, F., QIU, W., LI, X.,-L., XIE, G.,-L., – ZHU, S.,-J., (2016): Early detection of white mold caused by *Sclerotinia sclerotiorum* in potato fields using real-time PCR., *Mycological Progress* **15**., <https://doi.org/10.1007/s11557-016-1222-8>
- OKUNGBOWA, F., – SHITTU, H., (2014): Fusarium Wilts: An Overview., Pp., 83–104
- OUYANG, J., PEI, Z., LUTWICK, L., DALAL, S., YANG, L., CASSAI, N., SANDHU, K., HANNA, B., WIECZOREK, R., L., BLUTH, M., – PINCUS, M., R., (2008): Case Report: *Paenibacillus thiaminolyticus*: A New Cause of Human Infection, Inducing Bacteremia in a Patient on Hemodialysis., *Annals of clinical and laboratory science* **38**(4): 393–400.,
- PADDA, K., P., PURI, A., – CHANWAY, C., P., (2017): *Paenibacillus polymyxa*: A Prominent Biofertilizer and Biocontrol Agent for Sustainable Agriculture., Pp., 165–191., In: MEENA, V.,S., MISHRA, P.,K., BISHT, J.,K., – PATTANAYAK, A., (eds): *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Volume 2: Applications in Crop Production and Protection.*, Springer, Singapore.,
- PANDYA, K., S., MEENA, R., L., CHAUDHARI, K., R., – PATEL, K., K., (2024): Eco- friendly Management of Root Rot Disease in Cowpea Caused by *Macrophomina phaseolina*., *Journal of Experimental Agriculture International* **46**(8): 1–8., <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i82673>
- PARK Y.,-G., MUN B.,-G., KANG S.,-M., HUSSAIN A., SHAHZAD R., SEO C.,-W., KIM A.,-Y., LEE S.,-U., OH K., Y., LEE D., Y., LEE I.,-J., – YUN B.,-W., (2017): *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth

of soybean by modulating the production of phytohormones., *PLOS ONE* **12**(3): e0173203., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173203>

RAMESH, A., SHARMA, S., K., SHARMA, M., P., YADAV, N., – JOSHI, O., P., (2014): Inoculation of zinc solubilizing *Bacillus aryabhattai* strains for improved growth, mobilization and biofortification of zinc in soybean and wheat cultivated in Vertisols of central India., *Applied Soil Ecology* **73**: 87–96., <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.009>

RAMEZANI, H., (2008): Biological Control of Root-Rot of Eggplant Caused by *Macrophomina phaseolina*., *Environ., Sci.*,

RAMÍREZ, C., A., – KLOEPPER, J., W., (2010): Plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 depends on inoculum rate and P-related soil properties., *Biology and Fertility of Soils* **46**(8): 835–844., <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0488-2>

RAMÍREZ-CAMEJO, L., A., ZULUAGA-MONTERO, A., LÁZARO-ESCUDEO, M., HERNÁNDEZ-KENDALL, V., – BAYMAN, P., (2012): Phylogeography of the cosmopolitan fungus *Aspergillus flavus*: is everything everywhere? *Fungal Biology* **116**(3): 452–463., <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2012.01.006>

RANGEL-MONTOYA, E., A., DELGADO-RAMÍREZ, C., S., SEPULVEDA, E., – HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, R., (2022): Biocontrol of *Macrophomina phaseolina* Using *Bacillus amyloliquefaciens* Strains in Cowpea (*Vigna unguiculata* L.), *Agronomy* **12**(3): 676., <https://doi.org/10.3390/agronomy12030676>

RAY, S., DATTA, R., BHADRA, P., CHAUDHURI, B., – MITRA, A., K., (2012): FROM SPACE TO EARTH: *BACILLUS ARYABHATTAI* FOUND IN THE INDIAN SUB-CONTINENT *Bioscience Discovery*, **3**(1):138-145., ISSN: 2229-3469

ROMERO LUNA, M., P., MUELLER, D., MENGISTU, A., SINGH, A., K., HARTMAN, G., L., – WISE, K., A., (2017): Advancing Our Understanding of Charcoal Rot in Soybeans., *Journal of Integrated Pest Management* **8**(1): 8., <https://doi.org/10.1093/jipm/pmw020>

- SCHUSTER, E., DUNN-COLEMAN, N., FRISVAD, J., – VAN DUICK, P., (2002): On the safety of *Aspergillus niger* – a review., *Applied Microbiology and Biotechnology* **59**(4): 426–435., <https://doi.org/10.1007/s00253-002-1032-6>
- SHIVAJI, S., CHATURVEDI, P., BEGUM, Z., PINDI, P., K., MANORAMA, R., PADMANABAN, D., A., SHOUCHE, Y., S., PAWAR, S., VAISHAMPAYAN, P., DUTT, C., B., S., DATTA, G., N., MANCHANDA, R., K., RAO, U., R., BHARGAVA, P., M., – NARLIKAR, J., V., (2009): *Janibacter hoylei* sp., nov., *Bacillus isronensis* sp., nov., and *Bacillus aryabhatai* sp., nov., isolated from cryotubes used for collecting air from the upper atmosphere., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **59**(12): 2977–2986., <https://doi.org/10.1099/ijs.0.002527-0>
- SHURIGIN, V., ALIMOV, J., DAVRANOV, K., GULYAMOVA, T., – EGAMBERDIEVA, D., (2022): *The diversity of bacterial endophytes from Iris pseudacorus L. and their plant beneficial traits.*, *Current Research in Microbial Sciences* **3**: 100133., <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100133>
- SILVA, V., MOL, H., G., J., ZOMER, P., TIENSTRA, M., RITSEMA, C., J., – GEISSEN, V., (2019): Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded., *Science of The Total Environment* **653**: 1532–1545., <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>
- SINGH, A., KUMAR, R., MAURYA, A., CHOWDHARY, P., – RAJ, A., (2022): *Isolation of functional ligninolytic Bacillus aryabhatai from paper mill sludge and its lignin degradation potential.*, *Biotechnology Reports* **35**: e00755., <https://doi.org/10.1016/j.btre.2022.e00755>
- SINGH, N., PANDEY, P., DUBEY, R., C., – MAHESHWARI, D., (2008): Biological control of root rot fungus *Macrophomina phaseolina* and growth enhancement of *Pinus roxburghii* (Sarg.) by rhizosphere competent *Bacillus subtilis* BN1., *World Journal of Microbiology and Biotechnology* **24**: 1669–1679., <https://doi.org/10.1007/s11274-008-9680-z>
- SMOLIŃSKA, U., – KOWALSKA, B., (2018): Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* — a review., *Journal of Plant Pathology* **100**(1): 1–12., <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0023-0>

- SOLIMAN, M., A., (2020): *Paenibacillus polymyxa* and *Bacillus aryabhattai* as Biocontrol Agents against *Ralstonia solanacearum* In Vitro and In Planta., *Journal of Plant Protection and Pathology*., <https://doi.org/10.21608/jppp.2020.87024>
- SONG, C.,-G., PARK, J.,-H., LEE, P.,-M., – JUNG, M.,-G., (2022): Survey of Airborne Microorganisms in an Arcade-Type Traditional Market in Anseong, South Korea., *International Journal of Environmental Research and Public Health* **19**(11): 6667., <https://doi.org/10.3390/ijerph19116667>
- STÜLKE, J., GRÜPPEN, A., BRAMKAMP, M., – PELZER, S., (2023): *Bacillus subtilis*, a Swiss Army Knife in Science and Biotechnology., *Journal of Bacteriology* **205**(5): e00102-23., <https://doi.org/10.1128/jb.00102-23>
- TAM, L., T., T., JÄHNE, J., LUONG, P., T., THAO, L., T., P., CHUNG, L., T., K., SCHNEIDER, A., BLUMENSCHIEIT, C., LASCH, P., SCHWEDER, T., – BORRIS, R., (2020): Draft Genome Sequences of 59 Endospore-Forming Gram-Positive Bacteria Associated with Crop Plants Grown in Vietnam., *Microbiology Resource Announcements* **9**(47): 10.1128/mra.01154-20., <https://doi.org/10.1128/mra.01154-20>
- TATARIDAS, A., KANATAS, P., CHATZIGEORGIOU, A., ZANNOPOULOS, S., – TRAVLOS, I., (2022): Sustainable Crop and Weed Management in the Era of the EU Green Deal: A Survival Guide., *Agronomy* **12**(3): 589., <https://doi.org/10.3390/agronomy12030589>
- TAWFIK, E., ALQURASHI, M., ALOUFI, S., ALYAMANI, A., BAZ, L., – FAYAD, E., (2022): Characterization of Mutant *Aspergillus niger* and the Impact on Certain Plants., *Sustainability* **14**(3): 1936., <https://doi.org/10.3390/su14031936>
- TIEN, T., M., GASKINS, M., H., – HUBBELL, D., H., (1979): Plant Growth Substances Produced by *Azospirillum brasilense* and Their Effect on the Growth of Pearl Millet (*Pennisetum americanum* L.), *Applied and Environmental Microbiology* **37**(5): 1016–1024., <https://doi.org/10.1128/aem.37.5.1016-1024.1979>
- WALTERS D., R., – FOUNTAINE J., M., (2009): Practical application of induced resistance to plant diseases: an appraisal of effectiveness under field conditions., *The Journal of Agricultural Science* **147**(5): 523–535., <https://doi.org/10.1017/S0021859609008806>

- WARD, O., P., QIN, W., M., DHANJOON, J., YE, J., – SINGH, A., (2005): Physiology and Biotechnology of *Aspergillus*., Pp., 1–75., In: LASKIN, A., I., BENNETT, J., W., GADD, G., M., – SARIASLANI, S., (eds): Advances in Applied Microbiology., Vol., 58., Academic Press.,
- WESTPHAL, A., ABNEY, T., S., – GREGORY., (2015): Charcoal Rot., 5/06.,
- WILLBUR, J., MCCAGHEY, M., KABBAGE, M., – SMITH, D., L., (2019): An overview of the *Sclerotinia sclerotiorum* pathosystem in soybean: impact, fungal biology, and current management strategies., *Tropical Plant Pathology* **44**(1): 3–11., <https://doi.org/10.1007/s40858-018-0250-0>
- XU, M., GUO, J., LI, T., ZHANG, C., PENG, X., XING, K., – QIN, S., (2021): Antibiotic Effects of Volatiles Produced by *Bacillus tequilensis* XK29 against the Black Spot Disease Caused by *Ceratocystis fimbriata* in Postharvest Sweet Potato., *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **69**(44): 13045–13054., <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c04585>
- ZHOU, H., ZHU, H., REN, Z., LI, X., ZHONG, J., – LIU, E., (2021): Efficacy of *Bacillus tequilensis* strain JN-369 to biocontrol of rice blast and enhance rice growth., *Biological Control* **160**: 104652., <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104652>
- ZUBROD, J., P., BUNDSCHUH, M., ARTS, G., BRÜHL, C., A., IMFELD, G., KNÄBEL, A., PAYRAUDEAU, S., RASMUSSEN, J., J., ROHR, J., SCHARMÜLLER, A., SMALLING, K., STEHLE, S., SCHULZ, R., – SCHÄFER, R., B., (2019): Fungicides: An Overlooked Pesticide Class? *Environmental Science – Technology* **53**(7): 3347–3365., <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04392>
- Internet 1: <https://mikro-vital.hu/mv-supary-2/>
- Internet 2: <https://mikro-vital.hu/mv-avanti/>
- Internet 3: <https://www.syngenta.hu/napraforgo-nk-neoma>
- Internet 4: <https://lgseeds.hu/termekek/kukorica/szemes-kukorica/lg-31-330>

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A <i>Fusarium graminearum</i> kukorica csíranövények hosszára gyakorolt hatása a készítményekkel csávázott, illetve kontroll növények esetében.	23
2. ábra: A <i>Macrophomina phaseolina</i> hatása a kezeletlen és a termékekkel kezelt napraforgó csíranövények hosszára.	24
3. ábra: A készítményekkel kezelt és kezeletlen csíranövények egészsége <i>Fusarium graminearum</i> esetében	25
4. ábra: A készítményekkel kezelt és kezeletlen csíranövények egészsége <i>Macrophomina phaseolina</i> esetében	25
5. ábra: Az alkalmazott baktériumok antagonista hatása a <i>Macrophomina phaseolina</i> esetében in vitro.....	26
6. ábra: A különböző <i>Bacillus</i> törzsek antagonista hatása a <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ellen in vitro.....	27
7. ábra: A különböző <i>Bacillus</i> törzsek antagonista hatása az <i>Aspergillus flavus</i> ellen in vitro	27
8. ábra: Az alkalmazott baktériumok antagonista hatása az <i>Aspergillus niger</i> esetében in vitro	28
9. ábra: A különböző <i>Bacillus</i> törzsek antagonista hatása a <i>Fusarium graminearum</i> ellen in vitro.....	29
10. ábra: A vizsgált izolátumok micéliumtelep-növekedése 15 °C-on a különböző mérési időpontokban	30
11. ábra: A különböző mérési időpontokban mért izolátumok mikroszklerócium-telep növekedése 20 °C-on.....	30
12. ábra A vizsgált izolátumok mikroszklerócium-telep növekedése 25 °C-on a különböző mérési időpontokban	31
13. ábra: A különböző mérési időpontokban mért izolátumok micéliumtelep-növekedése 40 °C-on.....	32