

Debreceni Egyetem
Mezőgazdaság-, Élelmiszer tudományi- és Környezetgazdálkodási Kar

Növényvédelmi intézet

Intézetvezető:

DR. NAGY ANTAL

Egyetemi docens

*Az Aspergillus flavus és Aspergillus niger elleni kémiai és biológiai
védekezési lehetőségek vizsgálata in vitro*

Készítette:

Tóth Evelin

mezőgazdasági mérnök jelölt

Konzulens

Dr. Csüllög Kitti

Tanársegéd

Debrecen

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és témafelvetés	4
2. Szakirodalmi áttekintés	7
2.1. Az <i>Aspergillus</i> nemzetség	7
2.2. Az <i>Aspergillus niger</i> jellemzése	8
2.3. Az <i>Aspergillus flavus</i> jellemzése	8
2.4. Az Aflatoxinok jellemzése.....	9
2.4.1. Az aflatoxinok hatása az élő szervezetekre.....	10
2.4.2. A gabonák aflatoxin szennyezettsége	11
2.5. <i>Trichoderma</i> nemzetség jellemzése.....	11
2.6. A protikonazol és tebukonazol hatékonysága a kórokozókkal szemben	13
2.7. Azoxistrobin és benzovindiflupir hatékonysága a kórokozókkal szemben	13
3. Anyag és módszertan.....	15
3.1. Tisztatényészetek készítése.....	15
3.2. A biológiai védekezés lehetőségeinek vizsgálata	15
3.3. Kémiai védekezés a patogén ellen	17
4. Eredmények és értékelésük	18
4.1. A biológiai védekezés eredményei	18
4.1.1. <i>Trichoderma</i> gombák hatékonysága <i>Aspergillus flavus</i> ellen a harmadik napon ...	18
4.1.2. <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága a hetedik napon <i>Aspergillus flavus</i> ellen	20
4.1.3. A <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága (BCI%) a harmadik napon <i>Aspergillus niger</i> gombával szemben	22
4.1.4. A <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága (Inh%) <i>Aspergillus niger</i> gombával szemben a harmadik napon	24
4.1.5. A <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága (Inh%) az <i>Aspergillus niger</i> gombával szemben a negyedik napon.....	25
4.2. A kémiai védekezés eredményei.....	29
4.2.1. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az <i>Aspergillus flavus</i> micélium növekedésére a harmadik napon	29
4.2.2. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az <i>Aspergillus flavus</i> micélium növekedésére az ötödik napon.....	31
4.2.3. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az <i>Aspergillus niger</i> micélium növekedésére a harmadik napon	34
4.2.4. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az <i>Aspergillus niger</i> micélium növekedésére az ötödik napon.....	37

5. Következtetések és javaslatok	39
Összefoglalás	41
Irodalomjegyzék	43
Ábrák, táblázatok jegyzéke.....	53
NYILATKOZAT.....	55

1. Bevezetés és témafelvetés

A globális felmelegedés miatt az *Aspergillus flavus* már nagyon sok országban okoz problémákat világszerte, mivel melegkedvelő gomba (KLUEKEN et al., 2009). Ez a gomba más gombákhoz hasonlóan, szintetizál és felszabadít szekunder metabolitot, például B1-es és B2-es aflatoxint (YU et al., 2004). Az aflatoxinnak való kitétel már alacsony dózisban is krónikus aflatoxinózishoz vezet, ami állatoknál, hányást, belső vérzést, és májkárosodást okoz, gyermekek esetében lassú növekedést, és gyenge immunrendszert (PROBST et al., 2010). 1000 ppm-nél nagyobb adagú aflatoxinnak való kitettség viszonylag rövid időn belül májkárosodást, hepatitist és egyes esetekben halált is okozhat (WILLIAMS et al., 2004).

A gomba gazdanövényei többek között a kukorica (*Zea mays*), a pisztácia (*Pistacia vera*) vagy a földimogyoró (*Arachis hypogaea*) (HEDAYATI et al., 2007).

A gomba által termelt aflatoxin mennyisége függ a gazdanövény természetétől, és a környezeti hatásoktól. Ha egy kompetitív gomba megjelenik a gazdanövényen (pl. *Trichoderma*) a szintetizált aflatoxin mennyisége alacsonyabb lehet. A gazdanövény is befolyásolja a gomba toxin termelését. A szóján kevesebb a gomba által termelt aflatoxin mennyisége (BANKOLE, et al., 2010), míg a paprikán, szerecsendión, és a földimogyorón magasabb az aflatoxin koncentrációja, mivel ezeknek a növényeknek a nedvességtartalma elősegíti az *A. flavus* mikotoxin termelését (SANCHIS – MAGAN, 2004).

Az *Aspergillus niger* szintén melegebb éghajlatokon, szántóföldi, és raktári körülmények között elterjedt. Az *Aspergillus nigert* nagyon gyakran izolálják napon szárított gyümölcsökből, például szőlőből (KING et al., 1981; LEONG et al., 2004).

Az *Aspergillus niger* a leggyakoribb *Aspergillus* faj, amely felelős a friss gyümölcsök betakarítási bomlásáért, a szőlő fűrtrothadásáért, alma, körte, őszibarack, citrusfélék, füge, eper, mangó, dinnye és hagyma feketepeneszes rothadásáért (NAIR et al., 1985; SNOWDON et al., 1990; BARKAI – GOLAN, 1980; SNOWDON et al., 1991). Az *A. niger* okozhat otmikózist (a külső hallójárat gombás fertőzése) (ARAIZA et al., 2006), a bőr gombás fertőzéseit (LOUDON et al., 1996), illetve tüdőbetegségeket.

A *Trichoderma* gombákat széleskörűen használják növényi kártevők elleni védekezésre. Legtöbbször a talajban, a levegőben, és egyes növényeken találhatóak meg. (HAOUHACH et al., 2020; ZHENG et al., 2021; WANG et al., 2022). A *Trichoderma* fajok

gyorsan képesek felvenni a kórokozó gombák elől a tápanyagokat, és jól alkalmazkodnak a környezeti feltételekhez (KÖHL et al., 2019; MORÁN – DIEZ, 2019; PESCADOR et al., 2022; XU et al., 2022). Számos tanulmány kimutatta, hogy a legtöbb *Trichoderma ssp.* bioaktív anyagokat termel, és antagonista hatást fejt ki a növénypatogén gombákra, és növénypatogén fonálférgekre (DRUZHININA et al., 2018).

A tebukonazol egy széles spektrumú szisztemikus gombaölő szer, a hidroxietil-triazolok közé tartozik, és a növényvédőszer piacon 1988-tól megtalálható. Csávázószerként és permetszerként több mint kilencven növény kultúrában, és száz országban engedélyezve van. A protiokonazol 2004 óta forgalomban van, a triazolintionok közé tartozik, feltörekvő hatóanyag. Csávázószerként, illetve permetszerként használható (JAUTELAT et al., 2004).

Egy tizenegy éven át folyó, tizennégy Amerikai Egyesült Államokban végzett, több mint száz védekezési vegyszeres kísérlet végeredményét többváltozós meta-analízissel értékelték, és azt találták, hogy a triazol tartalmú gombaölő szerek voltak a leghatékonyabbak a kalászfuzáriózis ellen (PAUL et al., 2008).

A tebukonazol búzán belüli fő bomlásterméke a triazolil ecetsav, tebukonazol terc-butil alkohol, és a triazolilalanin. A növényi mintákban 0, 7, 14, 21, 28 nappal később a hatóanyag 91,2-98,3%-át ki lehetett mutatni (LEIMKÜHLER et al., 1985).

Földimogyoróban és búzában protiokonazol-deztio volt a protiokonazol fő bomlásterméke, viszont akár más bomlástermék is előfordulhat (HAAS – JUSTUS., 2004).

Az azoxistrobin az első kereskedelmi forgalomban lévő strobilurin gombaölő szer, amelyet széles körben alkalmaznak a növényi rozsda, lisztharmat, és a gyökérrothadás elleni küzdelemben (BATTALGIN et al., 2011; GAO et al., 2014). Általában gabonafélékre, gyepre, szőlőre, burgonyára, gyümölcsökre, zöldségekre, és diófélékre alkalmazzák (BARTLETT et al., 2002). Az azoxistrobin használata növekszik, az Amerikai Egyesült Államokban évi 1000 tonnára becsülik az éves felhasználását (U.S. GEOLOGICAL SURVEY 2017). Több kísérleti tanulmány kimutatta, hogy az azoxistrobin potenciálisan fejlődési toxicitást, és neurotoxicitást okozhat (PEARSON et al., 2016; SIMON et al., 2019).

Jelenleg az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) az azoxistrobint vízi élőlényekre erősen mérgező anyagnak minősítette a széles körben elterjedt negatív hatásai miatt (EFSA, 2010). Számos tanulmány bizonyította, hogy a halálos, illetve teratogén hatások

mellett az azoxistrobin negatív fiziológiai reakciókat váltott ki többek között amur, zebrahal, és atlanti óceáni-lazac esetében. Az említett halaknál növekedési és reprodukciós zavarokat, szívburrok ödémát, és sejtburjánzást fedeztek fel (BEKETOV – LIESS, 2008; OCHOA – ACUNA et al., 2009; LIU et al., 2013; LIU et al., 2015; CAO et al., 2016; ALI et al., 2021). Jelenleg nem tisztázott, hogy emberek, különösképpen terhes anyák, és kisgyermekek ki vannak-e téve azoxistrobin mérgezésnek.

A benzovindiflupir gombaölő szer egy széles spektrumú pirazol-karboxamid. A gabonafélék betegségei (*Zymoseptoria tritici*, *Puccinia spp.*, *Pyrenophora teres*) ellen, és más haszonnövények betegségei, legfőképpen szójarozsda (*Phakopsora pachyrhizi*) ellen hatásos (WALTER et al., 2015; JESCHKE et al., 2016;). A hatásmechanizmus a benzovindiflupir gombák légzésének elnyomásán alapul a szukcinát-dehidrogenáz gátlásán keresztül (WALTER et al., 2015).

Témafelvetés

Szakkolgozatomban különböző védekezési lehetőségek vizsgálatával foglalkoztam két *Aspergillus* faj ellen *in vitro*. Az *Aspergillus flavus* és az *A. niger* toxintermelésével számos problémát okoz a növényvédelemben és az élelmiszerbiztonságban. Célul tűztük ki, hogy egy megbízható védekezési eljárás alapját dolgozzuk ki a szakemberek számára. Elsőként vizsgáltuk a különböző biológiai védekezésben is használt *Trichoderma* fajok hatékonyságát, majd a kukorica kultúrában engedélyezett három kémiai készítmény hatékonyságát.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Az *Aspergillus* nemzetség

Az *Aspergillus* nemzetséget először 1729-ben jegyezte le Pier Antonio Micheli olasz biológus és lelkész. A nemzetséget a szentelt víz hintésére használt eszközről (latin neve *aspergillum*) nevezte el, mert mikroszkóp alatt vizsgálva a konídiumtartó képletek erre emlékeztették (KLICH et al., 2002).

Az *Aspergillus* genus 22 különálló szekcióra van osztva. Az *Aspergillus*, *Fumigati*, *Circumdati*, *Terrei*, *Nidulantes*, *Ornati*, *Warcupi*, *Candidi*, *Restricti*, *Usti*, *Flavipedes*, és *Versicolores* tartalmazznak klinikailag releváns fajokat (PETERSON et al., 2008). A nemzetségben több mint 200 ismert faj található, viszont ezek közül csak kevés okoz emberi megbetegedéseket (BALAJEE et al., 2009).

A nemzetség diverz tagjait a biotechnológiai és az élelmiszeripar felhasználja különböző szerves savak pl. citromsav, illetve enzimek előállítására, emellett a gyógyszeripar, és a fermentációs ipar is hasznosítja őket. Hasznos tulajdonságaik mellett viszont természetes méreganyagokat, mikotoxinokat termelnek, amiknek mind az emberi, illetve az állati szervezetekre is káros egészségügyi hatásai vannak. Az *Aspergillus* nemzetség tagjai legfőképpen olyan szaprofita gombák, amelyek úgy jutnak tápanyagokhoz, hogy elhalt növényi részek szerves anyagait (cellulóz, pektin, zsírok, olajok, kitin, hemicelukóz, keratin) degradálják. Olaszországban, a Ghirlandaio freskóból vett izolátumok között az *Aspergillus versicolort* azonosították (CIFERRI, et al., 1999). Lehetnek raktári, illetve szántóföldi kórokozók. Az alacsony vízaktivitás, és az alacsony pH kedvezőtlen a gombák növekedéséhez, de vannak kivételek, például az *Aspergillus galacus*, ami az alacsony vízaktivitást tolerálja (WHEELER et al., 1993). Sok *Aspergillus* faj okoz jelentős gazdasági károkat a szekunder metabolitok termelésük miatt. Ilyen metabolit az ochratoxin, amit az *Aspergillus niger* termel, vagy az aflatoxinok, amiket az *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nomius*, vagy az *Aspergillus parasiticus* termel.

Számos *Aspergillus* nemzetségbe tartozó penészgomba egészségügyi problémákat okoz. Az olyan penészgombák, mint az *Aspergillus* károsan befolyásolhatják az emberi egészséget toxicitás, allergia, és fertőzések okozása miatt (HEDAYATI et al., 2010). Az *Aspergillus* egyes

fajai képesek másodlagos metabolitokat, vagy mikotoxinokat termelni. (HEDAYATI et al., 2007).

2.2. Az *Aspergillus niger* jellemzése

Az *Aspergillus niger* melegebb éghajlatokon elterjedt, szántóföldi, és raktári körülmények között. A fekete spórái védelmet nyújtanak a napfénytől és az UV sugárzástól, versenyelőnyt biztosítva az ilyen élőhelyeken. Az *Aspergillus niger*t nagyon gyakran izolálják napon szárított gyümölcsökből, például szőlőből (KING et al., 1981; LEONG et al., 2004). Az *Aspergillus niger* a leggyakoribb *Aspergillus* faj, amely felelős a friss gyümölcsök betakarítási bomlásáért, a szőlő fűtrophthásáért, alma, körte, őszibarack, citrusfélék, füge, eper, mangó, dinnye és hagyma feketepenyészes rothadásáért (NAIR, et al., 1985; BARKAI – GOLAN, 1980; SNOWDON, et al., 1990; SNOWDON, et al., 1991).

A toxinja az ochratoxin. Az *A. niger* előfordulhat a talajban, a komposztban, a gyümölcsök és a zöldségek, és a romlott ételek felületén, a mogyorón valamint a szőlőn is. Gyakran megfigyelhetőek a fekete telepei a vöröshagyma felületén (SAMSON et al., 2001). Az *Aspergillus* fajok által okozott betegségeknek jelentős a morbiditása és mortalitása, az *Aspergillus niger* viszont ritkábban okoz súlyos megbetegedéseket. Az *A. niger* okozhat otmikózist (a külső hallójárat gombás fertőzése) (ARZIA et al., 2006), a bőr gombás fertőzéseit (LOUDON et al., 1996), illetve tüdőbetegségeket.

Aerob gomba, a növekedéséhez mindenképpen szükséges az oxigén. A növekedéshez szükséges minimális hőmérséklet 6-8 °C, a maximális pedig 45-47 °C. A növekedés optimuma 35-37 °C (PITT – HOCKING, 1997a). A szaporodásához a legideálisabbak a trópusi és szubtrópusi éghajlatokon lévő országok, viszont a klímaváltozás miatt már Magyarországon is szaporodóképes (FARKAS – BECZNER, 2009; VARGA et al., 2012). Szárazságkedvelő, a növekedéséhez nem igényel sok vizet. Alacsony, 2-es pH-n is növekedésre képes, tág pH tartomány jellemzi (PITT – HOCKING, 1997a).

2.3. Az *Aspergillus flavus* jellemzése

Az *Aspergillus flavus* egy olyan melegkedvelő kórokozó gomba, amely a globális felmelegedés miatt, már a világ nagyon sok országában problémákat okoz (KLUEKEN et al., 2009). Más gombákhoz hasonlóan, az *A. flavus* is szintetizál és felszabadít szekunder

metabolitot, például B1-es és B2-es aflatoxint, aspergillus savat, és nitropropionsavat (YU et al., 2004).

Az alacsony dózisu aflatoxinok való kitétel krónikus aflatoxinózishoz vezet, ami állatoknál rossz takarmányhasznosítást, hányást, belső vézést, és májkárosodást okoz, gyermekek esetében lassú növekedést, és legyengíti az immunrendszert (PROBST et al., 2010). 1000 ppm-nél nagyobb adagú aflatoxinok való kitételtség viszonylag rövid időn belül májkárosodást, hepatitiszt és egyes esetekben halált is okozhat (WILLIAMS et al., 2004).

Az *A. flavus* növekedéséhez szükséges optimális hőmérséklet: 37 °C. A micéliuma 12 - 48°C közötti tartományban növekszik. A gomba hőtűrése igen tág, így olyan hőmérsékleteken is képes túlélni, amin más gombák már nem. Kedveli a magas, 95%-os páratartalmat (PROBST et al., 2010; YU et al., 2012).

A gomba gazdanövényei többek között a kukorica (*Zea mays*), a pisztácia (*Pistacia vera*) vagy a földimogyoró (*Arachis hypogaea*) (HEDAYATI et al., 2007). A gomba aflatoxinokat termel a fertőzött kukoricaszemekben, így jelentősen lerontja annak takarmány minőségét. Az aflatoxinnal szennyezett kukorica ártalmas az emberek és az állatok egészségére is egyaránt (BOUTRIF et al., 1998).

A gomba által termelt aflatoxin mennyisége függ a gazdanövény természetétől, és a környezeti hatásoktól. Ha egy kompetitív gomba megjelenik a gazdanövényen (pl. *Trichoderma*) a szintetizált aflatoxin mennyisége alacsonyabb lehet. A gazdanövény is befolyásolja a gomba toxin termelését. A szóján kevesebb a gomba által termelt aflatoxin mennyisége (BANKOLE, et al., 2010), míg a paprikán, szerecsendión, és a földimogyorón magasabb az aflatoxin koncentrációja, mivel ezeknek a növényeknek a nedvességtartalma elősegíti az *A. flavus* mikotoxin termelését (SANCHIS – MAGAN, 2004).

2.4. Az Aflatoxinok jellemzése

Az 1960-as években Angliában fedezték fel az aflatoxinokat, miután több, mint százezer pulyka elpusztult pulyka-X –kórban. Kiderült, hogy az elhullást a baromfi takarmányban lévő aflatoxinnal szennyezett földimogyoró okozta (WANNOP et al., 1961).

Jelenleg, az aflatoxinoknak több mint 20 típusa ismert, amik közül a legjelentősebbek a B1, B2, G1, G2, M1 és M2 típusú aflatoxinok (1. ábra) illetve a Q1-es aflatoxin. Ezek a mikotoxinok a legtöbb termesztett gabonában előfordulnak *Aspergillus* gomba fertőzése nyomán. Az M1-es és az M2-es aflatoxinok a B1-es és a B2-es aflatoxinok metabolitjai, amelyek a szennyezett takarmányt fogyasztó laktáló emlősök tejében találhatóak meg (KUMAR et al., 2018; BBOSA et al., 2013; FEDDERN et al., 2013).

Az aflatoxinokat nagymennyiségben legfőképpen az *Aspergillus flavus* és az *A. parasiticus* fajok választják ki (MAYER et al., 2003; SCHMIDT – HEYDT et al., 2008). A gombák toxin termeléséhez legalább 85%-os páratartalom, és 36-38 °C szükséges (DINER et al., 1987), ezért a toxin szennyezettség eddig elsősorban nedvesebb éghajlatokon volt jellemző. 1974-ben Indiában 100, 2004-ben Kenyában 125 ember hunyt el aflatoxinnal szennyezett élelmiszer fogyasztása miatt (PROBST et al., 2007). A globális felmelegedés miatt Magyarországon is megjelentek az aflatoxinnal szennyezett gabonák, illetve magvak.

2.4.1. Az aflatoxinok hatása az élő szervezetekre

A gombák által termelt aflatoxinok krónikus betegségeket, szívelégtelenségeket, sőt, akár halálos kimenetelű mérgezéseket is okozhatnak. A rendszeres aflatoxinoknak való kitétel súlyos egészségügyi károsodásokkal járhatnak, és a mai napig megbetegedéseket okoz fejlődő országokban, mint például Ázsia déli részein, és sok afrikai országban. Ezekben az országokban a gabona tárolása nagy nehézségekkel jár a meleg és párás klíma miatt. Az aflatoxin mérgezés nem csak gabonák elfogyasztásával alakulhat ki, hanem tejtermékek fogyasztása után is (VAN EGMOND, et al., 1991). A tej az egyetlen állati eredetű termék, amiben megjelenhetnek aflatoxinok.

Az aflatoxinokkal szennyezett élelmiszerek fogyasztása különösen káros a májra (ABDEL – WAHHAB et al., 2007). A mérgezés korai tünetei között van a láz, hányás és az erős hasi fájdalom (ETZEL et al., 2002). A gyermekek esetében az immunrendszer lényegesen legyengülhet, és így a szervezetük fogékonyabbá válhat különböző fertőzések kialakulásához (HENDRICKSE et al., 1977).

2.4.2. A gabonák aflatoxin szennyezettsége

A gabonák, diófélék, olajos magvak, és a fűszerek a meleg, és nedves tárolási körülmények miatt gyakran válnak kitétté aflatoxin szennyezésnek (WHO, 2018). Egyéb környezeti tényezők, a hőmérséklet, relatív páratartalom, a csapadék, a talajtípus, és a párolgás is hozzájárulnak különböző aflatoxinokat szintetizáló gombák megjelenéséhez. A betakarítás előtti és utáni eljárások (időben történő betakarítás, szárítás, tárolás, stb.) fontosak a szennyezettség megelőzése érdekében (HELL et al., 2011). Az aflatoxin szennyezettség főleg Afrika és délkelet-Ázsia mezőgazdasági termékeit érinti az országok szubtrópusi hőmérséklete, és a több, mint 700 mm-es csapadék miatt. Ezekben az országokban a gabona tárolása is problémát jelent (JALLOW et al., 2018).

Az élelmiszer- és a takarmánybiztonság szempontjából leginkább aggasztó mikotoxinokat az *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* nemzetségek tagjai állítják elő. Ezek a gombák különböző növényeken megtelepedhetnek és a környezeti feltételek széles skálájához alkalmazkodnak (PERRONE et al., 2020). Az alpnövények közül a kukorica szennyezettsége jelenti a legnagyobb problémát. Európában, és a világ számos más országában próbálják megakadályozni a gabonák mikotoxinok szennyezettségét (PALUMBO et al., 2020).

2.5 *Trichoderma* nemzetség jellemzése

A *Trichoderma* nemzetség a *Hypocreaceae* családba, a *Hypocreales* rendbe, a *Sordariomycetes* osztályba, és az *Ascomycota* törzsbe sorolandó. Ivaros stádiuma az *Ascomycota*, *Sordariomycetes*, *Hypocreales*, *Hypocreaceae* és *Trichoderma ssp* (SUN et al., 2012). Több, mint 370 darab *Trichoderma ssp.* van, például a *T. harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum*, *T. hamatum*, *T. atroviride*, *T. koningii*, *T. longibrachiatum* és *T. aureoviride* (SÁNCHEZ – MONTESINOS, 2021; SUN et al., 2022).

A *Trichoderma* gombákat széleskörűen használják növényi kártevők elleni védekezésre. Legtöbbször a talajban, a levegőben, és egyes növényeken találhatóak meg, (HAOUHACH et al., 2020; ZHENG et al., 2021; WANG et al., 2022). A *Trichoderma* gombákat főként a talajból terjedő betegségek, levél-és tüskebetegségek ellen használják (SAMUELS et al., 2006; VICENTEe et al., 2020; ABBAS et al., 2002). A kórokozók elleni hatásuk mellett, a *Trichoderma* gombák elősegítik a növények növekedését és javítják a

tápanyag felhasználásának hatékonyságát, növelik a növények ellenálló képességét, illetve javíthatja az agrokémiai szennyezést (TILOCCA et al., 2020; FONTANA et al., 2021; SÁNCHEZ – MONTESINOS, 2021; AL – SURHANEE et al., 2022; TYSKIEWICZ et al., 2022). A *Trichoderma* fajok gyorsan képesek felvenni a kórokozó gombák elől a tápanyagokat, és jól alkalmazkodnak a környezeti feltételekhez (KÖHL et al., 2019; MORÁN–DIEZ et al., 2019; PESCADOR et al., 2022; XU et al., 2022). A gyors növekedésének és szaporodásának köszönhetően képes felvenni a tápanyagokat a növényi rizoszféra közelében, és legyengíteni a kultúrnövényen növekedő kórokozó gombát (BASINSKA – BARCZAK, 2020; OSZUST et al., 2020; PANCHALINGAM et al., 2022). Mivel a *Trichoderma* gombák növekedése sokkal gyorsabb, mint kórokozó gombáké, hatékonyan ránőnek a patogénekre (MOHIDDIN et al., 2021).

A *Trichoderma* gombákat a biológiai védekezési kutatásokban felhasználják, többek között a *T. harzianum*, *T. hamatum*, *T. longibrachiatum*, *T. koningii*, *T. viride*, *T. asperellum* gombákat (DI MARCO et al., 2022). Számos tanulmány kimutatta, hogy a legtöbb *Trichoderma ssp.* bioaktív anyagokat termel, és antagonist hatást fejt ki a növénypatogén gombákra, és növénypatogén fonálférgekre (DRUZHININA et al., 2018). Ezek a bioaktív anyagok, beleértve a másodlagos metabolitokat, és a sejtfalbontó enzimeket, hatékonyan javíthatják a termésállóságot, csökkenthetik a növényi betegségeket, és elősegíthetik a növények növekedését (KUBICEK et al., 2019). A *Trichoderma* széleskörűen alkalmazzák szürkepenész, paradicsom szürkepenész, sárgadinnye hervadása, burgonya száraz rothadása, dohánygyökér rothadás, és egyéb más növényi betegségek elleni biológiai védekezésre (ANDRADE – HOYOS, 2020; ALFIKY – WEISSKOPF, 2021; LAZAZZARA et al., 2021; LEAL et al., 2021; MANGANIELLO et al., 2021; DEGANI et al., 2021; POLLARD – FLAMAND, 2022; REES et al., 2022; RISOLI et al., 2022). A *T. asperellum* eltérő hatást fejt ki különböző kórokozó gombákra, amelyek közül a kukorica levélfoltosságát okozó kórokozóra gyakorolt gátló hatása a legjobb, akár 77,91%-kal, ezt követi a *Pythium* és a *Fusarium*; a legrosszabb gátló hatás pedig a kukorica hüvely-fertőzésben van (GUO et al., 2019; INTANA et al., 2022).

A biokontroll *Trichoderma* alkalmazása nagymértékben függ a stressz hatásoknak való kitettségtől (a magas hőmérséklettől, szárazságtól, sugárzástól), és a hosszú tárolási időtől (egy évnél hosszabb idejű tárolás normál hőmérsékleten) (ALFIKY – WEISSKOPF et al., 2021). Jelenleg két fő módszert alkalmaznak: egyrészt a savasság csökkentését, és az oxigén

felhasználás szabályozását annak érdekében, hogy a *Trichodermát* stresszrezistens klamidiosporák termelésére készítsék, illetve néhány kémiai anyagot (például rezet) adnak a készítményhez.

2.6. A protiokonazol és tebukonazol hatékonysága a kórokozókkal szemben

A tebukonazol egy széles spektrumú szisztémikus gombaölő szer, a hidroxietil-triazolok közé tartozik, és a növényvédőszer piacon 1988-tól megtalálható. Csávázószerként és permetszerként több, mint kilencven növény kultúrában, és száz országban engedélyezve van. A protiokonazol 2004 óta forgalomban van, a triazolintionok közé tartozik, feltörekvő hatóanyag. Csávázószerként, illetve permetszerként használható (JAUTELAT et al., 2004).

Egy tizenegy éven át folyó, tizennégy Amerikai Egyesült Államokban végzett, több mint száz védekezési vegyszeres kísérlet végeredményét többváltozós meta-analízissel értékelték, és azt találták, hogy a triazol tartalmú gombaölő szerek voltak a leghatékonyabbak a kalászfuzáriózis ellen (PAUL et al., 2008).

A tebukonazol búzán belüli fő bomlásterméke a triazolil ecetsav, tebukonazol terc-butil alkohol, és a triazolilalanin. A növényi mintákban 0, 7, 14, 21, 28 nappal később a hatóanyag 91,2-98,3%-át ki lehetett mutatni (LEIMKÜHLER et al., 1985).

Földimogyoróban és búzában protiokonazol-deztio volt a protiokonazol fő bomlásterméke, viszont akár más bomlástermék is előfordulhat (HAAS – JUSTUS et al., 2004).

2.7. Azoxistrobin és benzovindiflupir hatékonysága a kórokozókkal szemben

Az azoxistrobin az első kereskedelmi forgalomban lévő strobilurin gombaölő szer, amelyet széles körben alkalmaznak a növényi rozsda, lisztharmat, és a gyökérrothadás elleni küzdelemben (BATTALGIN et al., 2011, GAO et al., 2014). Általában gabonafélékre, gyepre, szőlőre, burgonyára, gyümölcsökre, zöldségekre, és diófélékre alkalmazzák (BARTLETT et al., 2002). Az azoxistrobin használata növekszik, az Amerikai Egyesült Államokban évi 1000 tonnára becsülik az éves felhasználását (U.S. GEOLOGICAL SURVEY 2017). Több kísérleti tanulmány kimutatta, hogy az azoxistrobin potenciálisan fejlődési toxicitást, és neurotoxicitást okozhat (PEARSON et al., 2016; SIMON et al., 2019).

Jelenleg az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) az azoxistrobint vízi élőlényekre erősen mérgező anyagként minősítette a széles körben elterjedt negatív hatásai miatt (EFSA, 2010). Számos tanulmány bizonyította, hogy a halálos, illetve teratogén hatások mellett az azoxistrobin negatív fiziológiai reakciókat váltott ki többek között amur, zebrahal, és atlanti óceáni-lazac esetében. Az említett halaknál növekedési és reprodukciós zavarokat, szívburrok ödémát, és sejtburjánzást fedeztek fel (BEKETOV – LIESS, 2008; OCHOA – ACUNA et al., 2009; LIU et al., 2013; LIU et al., 2015; CAO et al., 2016; ALI et al., 2021). Jelenleg nem tisztázott, hogy emberek, különösképpen terhes anyák, és kisgyermekek ki vannak-e téve azoxistrobin mérgezésnek.

A benzovindiflupir gombaölő szer egy széles spektrumú pirazol-karboxamid. A gabonafélék betegségei (*Zymoseptoria tritici*, *Puccinia spp.*, *Pyrenophora teres*) ellen, és más haszonnövények betegségei, legfőképpen szójarozsda (*Phakopsora pachyrhizi*) ellen hatásos (WALTER et al., 2015; JESCHKE et al., 2016). A hatásmechanizmus a benzovindiflupir gombák légzésének elnyomásán alapul a szukcinát-dehidrogenáz gátlásán keresztül (WALTER et al., 2015).

3. Anyag és módszertan

3.1. Tisztatenyészetek készítése

Tisztatenyészeteket állítottunk elő a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézet növénykórtani laborjában. Steril dobozokban lévő fertőzött növényi részekből Petri-csészékben lévő PDA (Potato Dextrose Agar) táptalajra helyeztük a mikloszkeróciiummal fertőzött bélállomány darabot laboratóriumi körülmények között. 30 °C-on 4 napon keresztül sötétben inkubáltuk a tenyészeteket. Micélium darabokat vágunk ki a növekedési zónából a 4. napon, majd 20 ml megdermedt PDA táptalajra oltottuk őket, majd termosztát szekrényben (Cooled Incubator FOC 225i) 30 °C-on, sötétben, 7 napon át inkubáltuk. A Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézet laboratóriumában az összegyűjtött izolátumokból a tartós tárolás érdekében 50-50%-os glicerín oldattal megtöltöttünk 4-4 kriol csövet, és -80°C-on (Froilabo Essential 340L) tároljuk őket.

3.2. A biológiai védekezés lehetőségeinek vizsgálata

A következő készítményekből készítettünk tisztatenyészeteket: Tigrá (*T. asperellum* T1-es törzse), Trifender (*T. asperellum* T34-es törzse), Trianum P (*T. harzianum* T22). A kísérletben felhasznált *Trichoderma* fajokat a 1. táblázatban ismertetem. Mindegyik készítményből feloldottunk 3 gramm spórát 1%-os sóoldatban, öt percig inkubáltuk szobahőmérsékleten, majd PDA táptalajra 8 µl-t pipettáztunk belőle. Ezután a tenyészeteket 7 napon keresztül sötétben 25 °C-on termosztát szekrényben (Cooled Incubator FOC 225i) inkubáltuk.

A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Élelmiszertudományi Intézet Mikrobiológiai csoportjától kapott ferde agarokról PDA táptalajra oltottunk micélium darabokat oltókacs segítségével. A Tricho Immun készítmény két fajtát használtuk a kísérletben, melyet Kovács és munkatársai (2021) szabadalmaztattak: a TR04 (*T. afroharzianum*) (NCAIM (P) F 001456) és a TR05 (*T. simmonsii*) (NCAIM (P) F 001457), valamint az általuk izolált TR06 (*T. orientale*) TR07 (*T. harzianum*) és TR08 (*T. gamsii*) (NCAIM (P) F 001458).

1. táblázat: A kísérletben használt *Trichoderma* fajok jellemzése

Faj	Clade	Izolátum/törzs azonosító	NCBI azonosító
<i>T. simmonsii</i>		TR05	OK655889
<i>T. afroharzianum</i>	Harzianum	TR04	OK655888
<i>T. harzianum</i>		T-22/Trianum P	-
<i>T. harzianum</i>		TR07	OK655891
<i>T. gamsii</i>		TR08	OK655892
<i>T. asperellum</i>	Viride	T1/Tigra	-
<i>T. asperellum</i>		T34/Trifender Pro	-
<i>T. orientale</i>	Longibrachiatum	TR06	OK655890

20 ml táptalajt öntöttünk Petri-csészébe, majd az előre kijelölt helyre hét napos tenyészetből vett öt mm átmérőjű kórokozó korongot tettünk, majd a korongtól három cm-re szintúgy hét napos tenyészetből származó antagonista korongot tettünk. Az elkészült Petri-csészéket 25 °C-on, a patogén számára optimális körülmények között sötétben inkubáltuk. Ugyanabban az időben, több napon át mértük a telepeket. Mikroszkóppal ellenőriztük az antagonisták és a kórokozó közötti kölcsönhatást. Biokontroll indexet, és gátlóhatást számoltunk a mért eredményekből. A harmadik napra a kontroll Petri-csészében lévő kórokozó teljesen benőtte a táptalajt, ezért az ezen a napon mért adatok alapján adtuk meg a gátlóhatást. A Vincent (1947) formula alapján számoltuk ki a százalékos gátlóhatást.

$$I\% = \frac{C - T}{C} * 100$$

ahol, I%= Gátlóhatás (%) C= kontroll telepátmérő (mm) T=gátolt telep átmérője .

A harmadik és a hetedik napon mért eredmények alapján adtuk meg a biokontroll indexet. A Biokontroll indexet a következő képlet alapján számoltuk ki.

$$BCI\% = \frac{dA}{dA + dP} * 100$$

ahol, BCI%= Biokontroll index (%) dP=Patogén növekedése (mm) dA=Antagonista növekedése (mm).

3.3. Kémiai védekezés a patogén ellen

Három dózisban *in vitro* teszteltünk öt ismétlésben nyolc gombaölő szer hatóanyagot. Az engedélyokirat szerinti maximális dózist vettük alapul a dózisok meghatározásához. Az első kijuttatható legmagasabb dózis volt a koncentráció, a második a dózis fele, míg a harmadik a legmagasabb dózis negyede (2. táblázat).

2. táblázat: Felhasznált hatóanyagok és koncentrációk 20 ml táptalajra vetítve

Hatóanyag	Dózis	100%-os dózis	50 %-os dózis	25 %-os dózis
azoxistrobin	1 l/ha	80 µl	40 µl	20 µl
benzovindiflupír	0,75 l/ha	60 µl	30 µl	15 µl
protiokonazol	0,8 l/ha	64 µl	32 µl	16 µl
tebukonazol	1 l/ha	66,6 µl	33,3 µl	16,65 µl

Forrás: Saját szerkesztés

Mérgezett táptalaj tesztel végeztük el a kémiai hatóanyagok vizsgálatát. Vízfürdővel (Bio Ra Water Bath) 50°C-ra állítottuk be az olvasztott táptalajt, mert a növényvédő szerek nem hőstabil vegyületek. Mágneskeverőn (Velp Scientifica, Heating Magnetic Stirrer) adagoltuk a dózisokhoz szükséges fungicid mennyiséget folytonos keverés mellett pipettával a kívánt hőfokra beállított táptalajba. A Petri-csészékbe minden esetben 20 ml mérgezett táptalajt tettünk, és a kontroll táptalajokba a megfelelő mennyiségű steril víz került. Az UV fény alatti dermedés után a Petri-csészék közepére hét napos *A. flavus* és *A. niger* tisztatenyészetekből vett 5 mm átmérőjű micélium korongokat tettünk. Két merőleges átló mellett mértük a harmadik napon a micélium növekedését, illetve a mikroszklerócium képződést az ötödik napon majd kiszámoltuk a gátlóhatást. %-ban adtuk meg az eredményeket. A százalékos gátlóhatást a Vincent (1947) formula alapján számoltuk ki.

$$I\% = \frac{C - T}{C} * 100$$

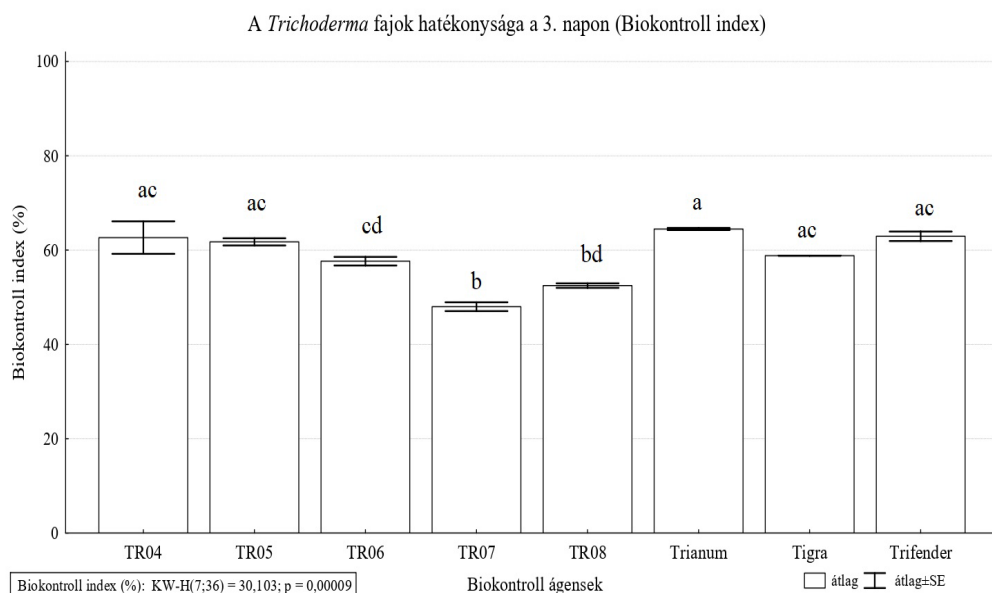
ahol, I%= gátlóhatás (%), C= kontroll telepátmérő (mm), T= mérgezett táptalajon nőtt telepek átmérője (mm)

4. Eredmények és értékelésük

4.1. A biológiai védekezés eredményei

4.1.1. *Trichoderma* gombák hatékonysága *Aspergillus flavus* ellen a harmadik napon

A diagramon a *Trichoderma* fajok hatékonyságának vizsgálata látható *Aspergillus flavus* micélium növekedése ellen a vizsgálat harmadik napján (1. ábra). Azok az oszlopok, amelyeken különböző betűk vannak, szignifikánsan különböznek egymástól, azok az oszlopok pedig amelyek fölött azonos betűk vannak, nem különböznek szignifikánsan. Minél magasabb a biokontroll index értéke, annál hatékonyabbnak bizonyult a készítmény az *Aspergillus flavus* ellen.



1. ábra: A *Trichoderma* fajok hatékonysága a 3. napon (Biokontroll index)

Az eredményekből látszik, hogy a különböző *Trichoderma* törzsek hatékonysága szignifikánsan eltérő az *Aspergillus flavus* elleni védekezésben. A diagramon látható, hogy a legmagasabb biokontroll indexet a Trianum mutatja, amely 80% körüli hatékonysággal gátolta az *Aspergillus flavus* növekedését. A diagramon a Trianum készítményt az “a” betű jelöli. Ez az érték szignifikánsan a legmagasabb. Ez azt jelenti, hogy a Trianum egy hatékony biológiai kontroll lehet az *Aspergillus flavus* ellen, és hatékonyan csökkentheti a gomba növekedését.

A legalacsonyabb biokontroll indexet a TR07-es törzs mutatta, 40% körüli értékkel. A TR07-es készítményt “b” betű jelzi a statisztikai elmozdításban. Ez azt jelenti, hogy ez a készítmény nem bizonyult nagy mértékben hatékonyan az *Aspergillus flavus* növekedése ellen, és így biológiai kontrollként sem bizonyul hatékonyan.

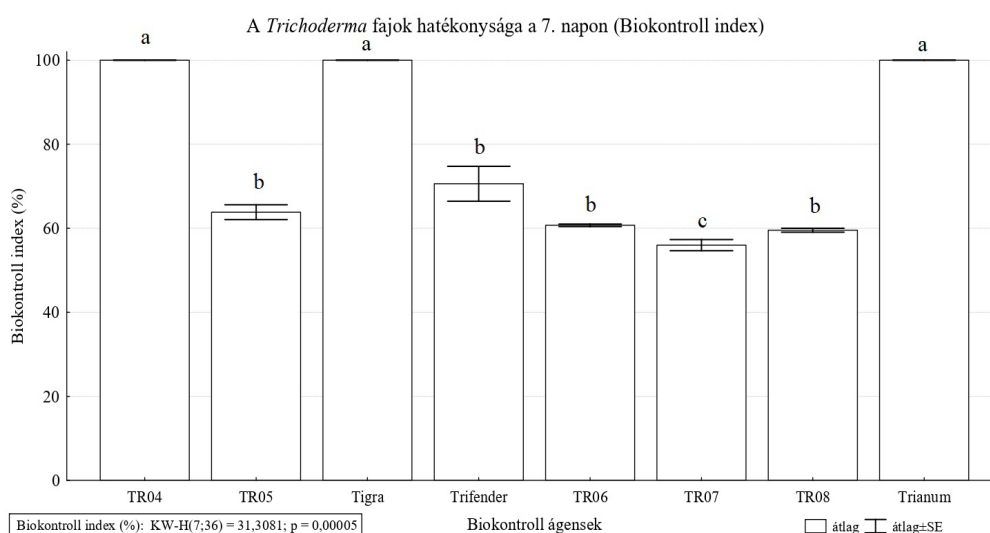
A TR04, TR05, Trifender és Tigra készítmények nagyjából azonos, 60-70%-os biokontroll index eredményt mutattak. A diagramon ezeknek a készítményeknek “ac” jelölése van, ami azt jelenti, hogy nem különböznek egymástól szignifikánsan a statisztikai eredmény szerint. Ez azt jelenti, hogy ezek a készítmények hasonló hatékonyságot mutatnak, és alkalmasak lehetnek az *Aspergillus flavus* patogén növekedése ellen, viszont nem hatékonyak annyira, mint a Trianum.

A TR06-os készítmény egy közepes eredményt ért el, nagyjából 60%-os biokontroll indexet. A diagramon “cd” jelölése van, ami azt jelenti, hogy nem éri el a Trianum hatékonyságát, viszont a TR07-es készítménytől szignifikánsan különbözik.

A vizsgálat megmutatta, hogy eltér a *Trichoderma* fajok hatékonysága az *Aspergillus flavus* ellen. A Trianum bizonyult a leghatékonyabbnak, a TR07 pedig a legkevésbé hatékonyan.

4.1.2. *Trichoderma* fajok hatékonysága a hetedik napon *Aspergillus flavus* ellen

A diagram a *Trichoderma* fajok hatékonyságát mutatja be az *Aspergillus flavus* ellen a hetedik napon, a biokontroll index alapján (2. ábra). A biokontroll index százalékos értéke mutatja, hogy a különböző *Trichoderma* törzsek milyen mértékben voltak képesek visszaszorítani az *Aspergillus flavus* terjedését.



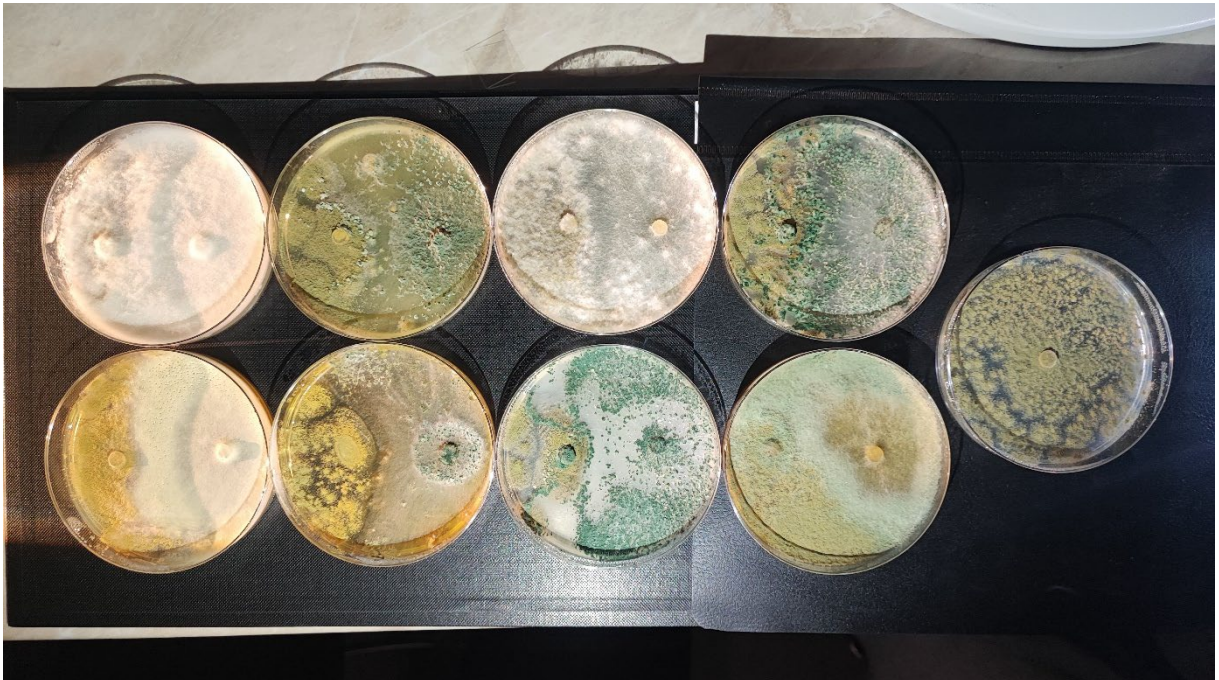
2. ábra A *Trichoderma* fajok hatékonysága a 7. napon (Biokontroll index)

A statisztikai diagramon látszik, hogy a Tigrá, TR04 és a Trianum törzsek nagyon magas, közel 100%-os biokontroll indexet értek el. Ez azt jelenti, hogy ezek a készítmények rendkívül hatékonyak bizonyultak az *Aspergillus flavus* növekedésével szemben a hetedik napon. Ezek a *Trichoderma* fajok ránöttek a patogén gombára a többi vizsgált *Trichoderma* fajjal ellentétben (3. ábra). A diagramon ezek a készítmények "a" jelölést kaptak, ami azt jelzi, hogy szignifikánsan magasabb a hatékonyságuk a többi törzshöz képest. A 100%-os biokontroll index azt mutatja, hogy ezek a törzsek teljesen megakadályozzák a patogén gomba növekedését.

A TR05, Trifender, TR06, és TR08 törzsek közepesen hatékonyak bizonyultak, mivel 60-80%-os biokontroll indexet értek el. Ezek a készítmények a "b" jelöléssel vannak ellátva, ami azt mutatja, hogy szignifikánsan alacsonyabb hatékonyságot mutatnak, mint a Tigrá, a

TR04 és Trianum, de szignifikánsan nem eltérők egymástól. Ezeknek a készítményeknek a közepes hatékonysága arra utal, hogy képesek csökkenteni az *Aspergillus flavus* növekedését, de nem annyira hatékonyan, mint a Tigra, a Trianum vagy a TR04.

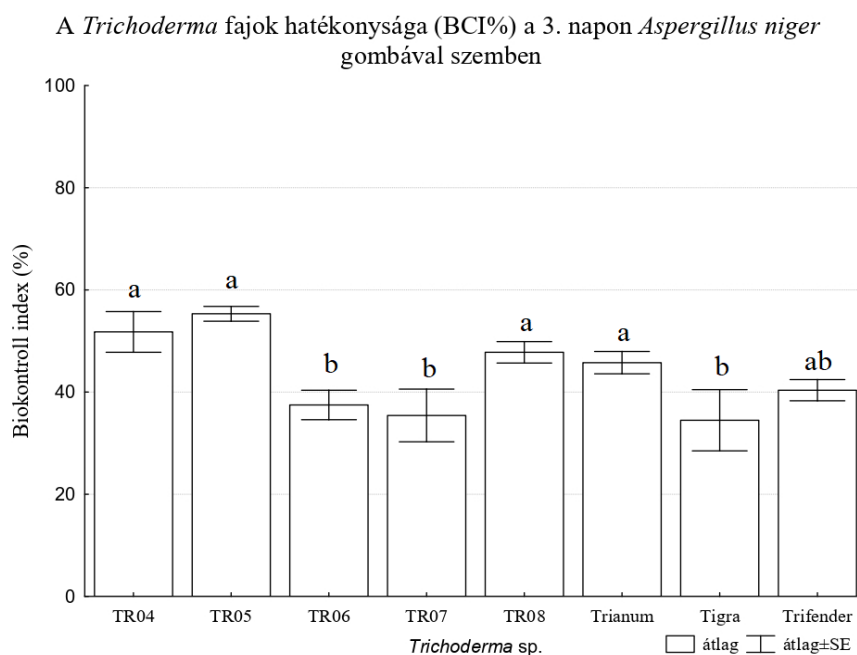
A TR07-es készítmény szignifikánsan alacsonyabb hatékonyságot mutat a többi készítményhez képest, mert csak 60%-os biokontroll indexet ért el, amely a diagramon "c" jelzéssel van ellátva. Ez azt jelenti, hogy a TR07-es készítmény kevésbé volt hatékony az *Aspergillus flavus* növekedésének gátlásában, és nagy mértékben elmarad a TR04, Trianum, Tigra, és a többi közepesen hatékony törzstől is.



5. ábra Védekezés az *Aspergillus flavus* micélium növekedése ellen *Trichoderma* fajokkal a hetedik napon

4.1.3. A *Trichoderma* fajok hatékonysága (BCI%) a harmadik napon *Aspergillus niger* gombával szemben

A diagram a *Trichoderma* fajok biokontroll hatékonyságát mutatja be az *Aspergillus niger* gombával szemben a vizsgálat harmadik. napján (4. ábra). A biokontroll index (BCI%) azt jelzi, hogy milyen mértékben képesek kontrollálni vagy gátolni az *Aspergillus niger* növekedését a *Trichoderma* készítmények.



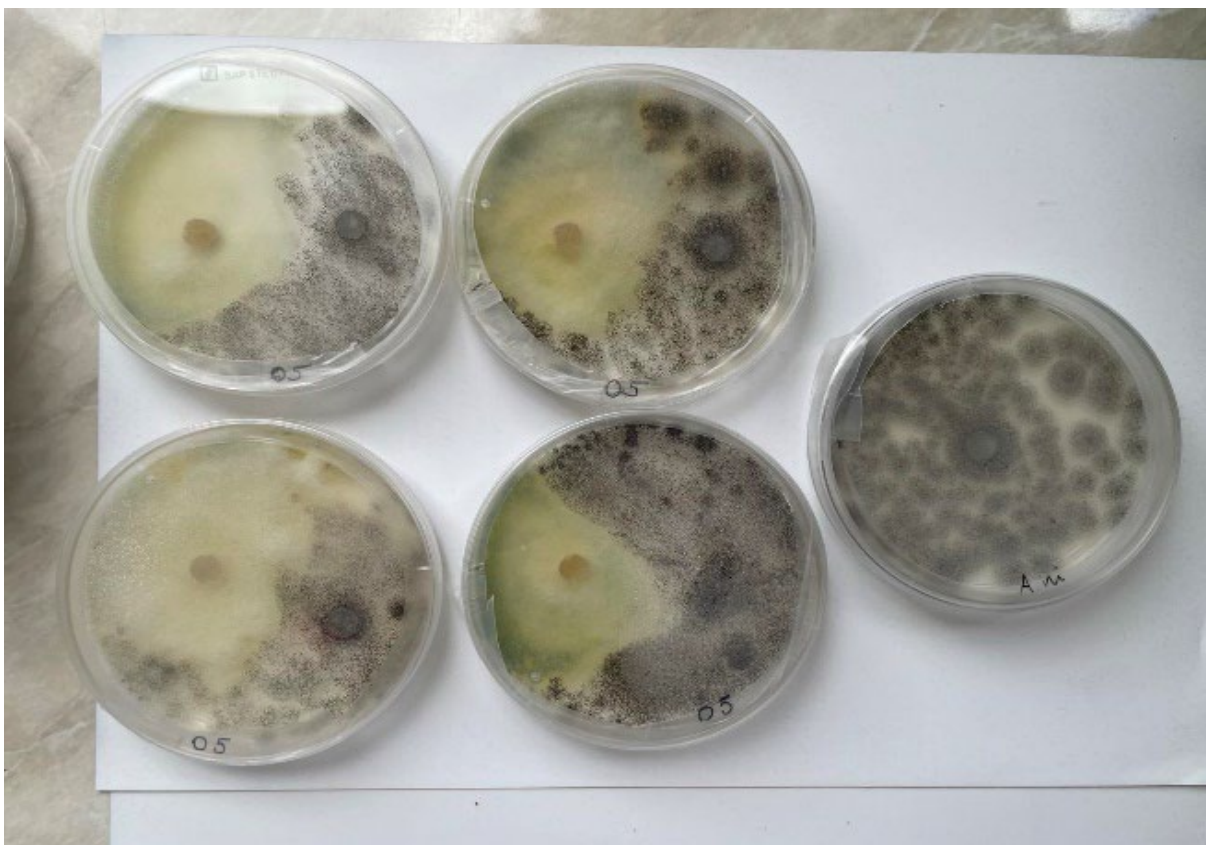
6. ábra A *Trichoderma* fajok hatékonysága (BCI%) a 3. napon *Aspergillus niger* gombával szemben

A TR05-ös készítmény (5. ábra) bizonyult a leghatékonyabbnak, nagyjából 60%-os biokontroll indexet ért el. A diagramon a TR04, TR08, és Trianum törzsek is 60% körüli biokontroll indexet értek el, ezért ezek a készítmények mind “a” jelölést kaptak. A diagram oszlopai alapján, ezek a törzsek szignifikánsan hatékonyabbak a kevésbé eredményes törzsekkel, például a TR06-tal és TR07-tel szemben.

A Trifender egy köztes eredményt hozott. 50-55% közötti biokontroll indexet ért el, ami alapján "ab" jelölést kapott. Ez azt jelzi, hogy a Trifender törzs hatékonysága nem különbözik szignifikánsan az "a" csoporttól, de nincs is egyértelműen a legjobb törzsek között. A Trifender a TR05, TR04, TR08 és Trianum törzsektől kevésbé hatékony.

Az "b" jelzésű csoportba tartoznak a TR06, TR07 és Tigra törzsek, amelyek biokontroll indexe körülbelül 40-45%. Ezek a készítmények jelentősen gyengébb teljesítményt nyújtottak az *Aspergillus niger* ellen, ami azt sugallja, hogy kevésbé hatékonyak. Az eredmények azt mutatják, hogy ezek a törzsek nem biztos, hogy alkalmasak az *Aspergillus niger* elleni védekezésben.

Összességében a diagram alapján a TR04, TR05, TR08 és Trianum törzsek a legígéretesebbek az *Aspergillus niger* elleni védekezésben, míg a TR06, TR07 és Tigra törzsek kevésbé lehetnek hatékonyak. A Trifender törzs egy köztes eredményt hozott.

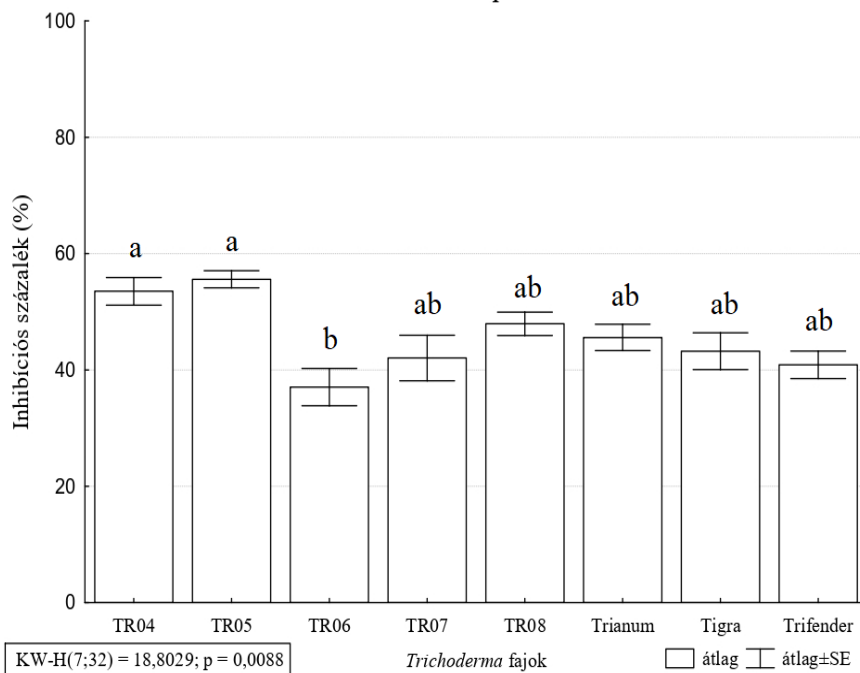


7. ábra A TR05-ös készítmény a vizsgálat harmadik napján

4.1.4. A *Trichoderma* fajok hatékonysága (Inh%) *Aspergillus niger* gombával szemben a harmadik napon

A diagram a *Trichoderma* fajok inhibíciós hatékonyságát mutatja *Aspergillus niger* ellen a vizsgálat harmadik napján (6. ábra).

Trichoderma fajok hatékonysága (Inh%) az *Aspergillus niger* gombáva szemben a harmadik napon



11. ábra *Trichoderma* fajok hatékonysága (Inh%) az *Aspergillus niger* gombával szemben a harmadik napon

Az eredmények szerint a TR04 és TR05 törzsek mutatták a legnagyobb gombaölő hatékonyságot, mindkét törzs körülbelül 60%-os inhibíciós százalékkal rendelkezik. Ezek a törzsek a diagramon "a" betűvel vannak jelölve, ami statisztikailag szignifikánsan jobb teljesítményt jelez a többi törzshöz képest. Ezzel szemben a TR06 törzs viszonylag gyenge teljesítményt mutatott, mindössze 40%-os inhibíciós értékkel, és ezt "b" betűvel jelöltem, ami azt mutatja, hogy lényegesen kevésbé volt hatékony, mint a TR04 és a TR05. A középső csoportban helyezkednek el a TR07, TR08, Trianum, Tigra és Trifender törzsek, amelyek körülbelül 50%-os inhibíciót mutattak, és ezeket "ab" betűvel jelöltem. Ez arra utal, hogy ezek a törzsek hasonló hatékonysággal rendelkeznek, de kevésbé teljesítenek jól mit a TR04 és TR05.

A TR04 és TR05 törzsek mutatják a legnagyobb potenciált az *Aspergillus niger* növekedése elleni védekezésben. A harmadik napon ezek a törzsek fejtették ki a legnagyobb gátló hatást a gomba növekedésére. Ezzel szemben a TR06 törzs lényegesen alacsonyabb inhibíciós százalékot mutatott, ami arra utal, hogy ez a törzs nem alkalmas a gomba elleni biokontroll alkalmazásokban.

A közepesen teljesítő törzsek, mint a TR07, TR08, Trianum, Tigra és Trifender, hasonló eredményeket produkáltak, mindegyik körülbelül 50%-os inhibíciós értékkel rendelkezik. Ezek a törzsek nem mutattak szignifikáns különbségeket egymáshoz képest, ami azt jelenti, hogy ezek a törzsek egyenlő mértékben képesek gátolni az *Aspergillus niger* növekedését. Azonban ezek a törzsek alacsonyabb hatékonyságot mutattak a legerősebb TR04 és TR05 készítményekhez.

4.1.5. A *Trichoderma* fajok hatékonysága (Inh%) az *Aspergillus niger* gombával szemben a negyedik napon

A diagram a *Trichoderma* fajok inhibíciós hatékonyságát mutatja az *Aspergillus niger* gombával szemben a vizsgálat negyedik napján (7. ábra).

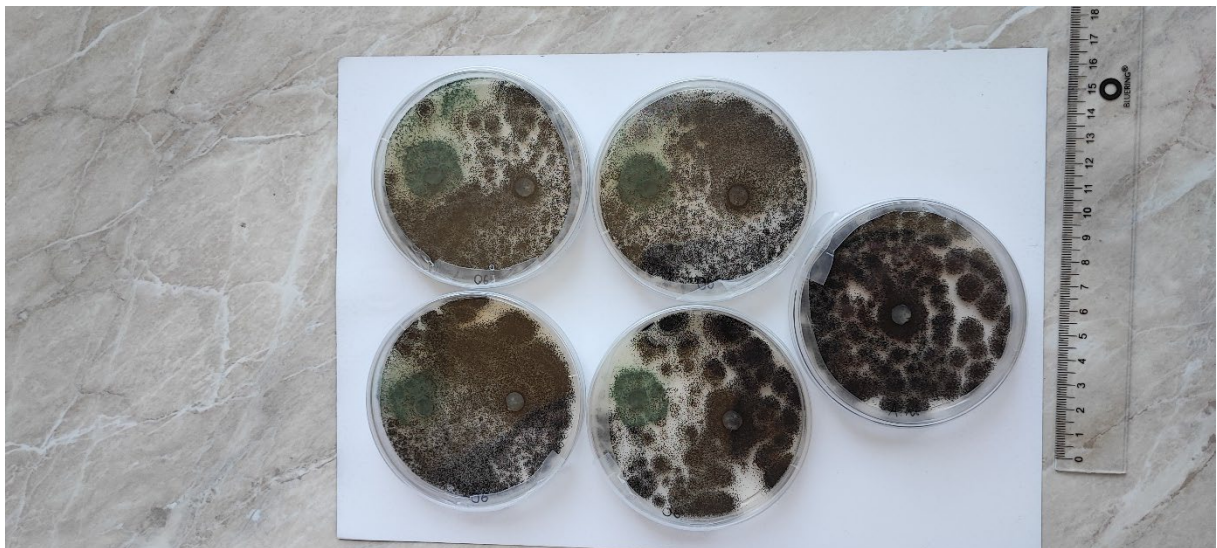
Trichoderma fajok hatékonysága (Inh%) az *Aspergillus niger* gombával szemben a 4. napon



14. ábra *Trichoderma* fajok hatékonysága (Inh%) az *Aspergillus niger* gombával szemben a 4. napon

Az eredmények hasonlóak a korábbi vizsgálatokhoz, azonban néhány különbség is megfigyelhető. A legjobb teljesítményt ismét a TR04 és TR05 (10. ábra) törzsek mutatták, amelyek körülbelül 60%-os inhibíciós százalékkal rendelkeznek. Ezt a két törzset ismét "a" jelölést kapott, ami arra utal, hogy statisztikailag szignifikánsan jobb teljesítményt nyújtottak a többi törzshöz képest.

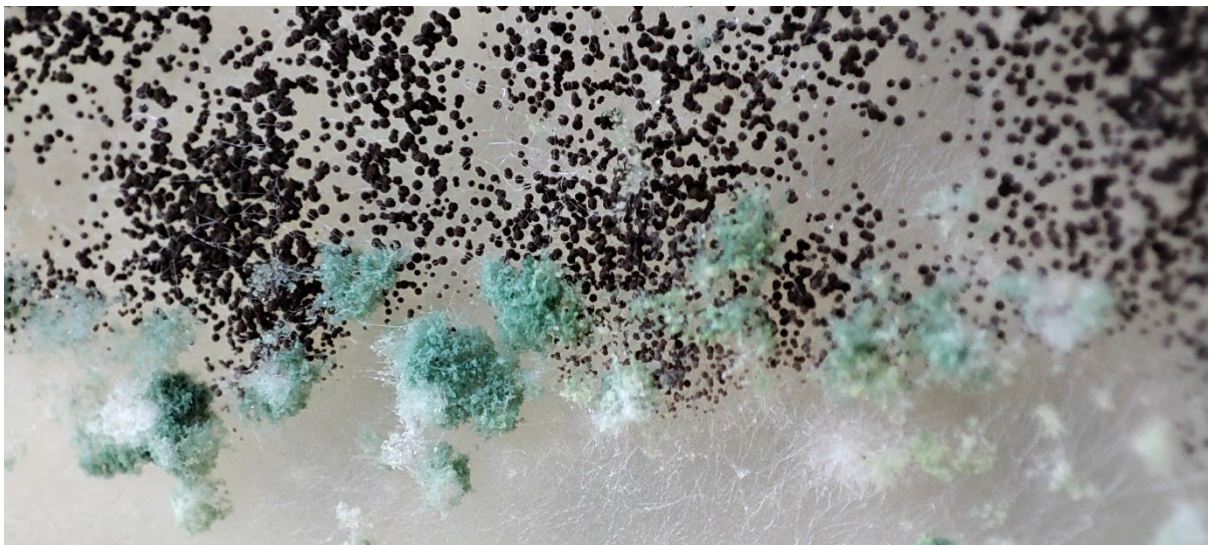
A TR06 törzs azonban most is jelentősen alulteljesített, mindössze 40% körüli inhibíciós százalékkal, és "b"jelölést kapott. Ez azt mutatja, hogy a TR06 törzs a negyedik napon sem mutatott jelentős javulást a biokontroll hatékonyságban, és továbbra is kevésbé hatékonynak bizonyult az *Aspergillus niger* ellen, mint a TR04 és TR05 törzsek (8. ábra).



15. ábra A TR06-os törzs a vizsgálat negyedik napján

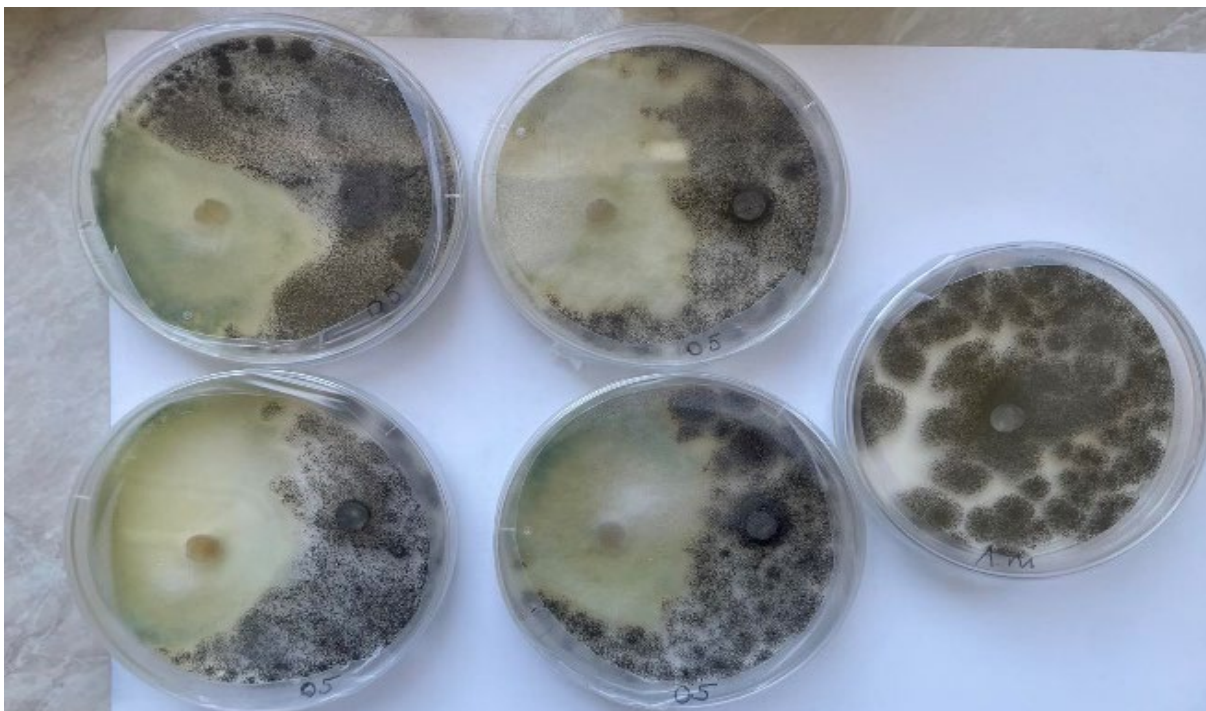
A középső csoportban találjuk a TR07 és Tigrá törzseket, amelyek 50-60%-os inhibíciót mutattak. Ezek a törzsek "ab" betűjelzést kaptak, ami arra utal, hogy hatékonyságuk statisztikailag nem tér el szignifikánsan egymástól, viszont elmarad a legerősebb TR08, Trianum, TR04 és TR05 törzsektől.

A Trifender törzs a diagramon "b" betűjelzést kapott, és körülbelül 50%-os inhibíciós értékkel rendelkezik. Ez arra utal, hogy ez a törzs kevésbé volt hatékony az *Aspergillus niger* elleni védekezésben a negyedik napon, és eredményei szignifikánsan elmaradnak a TR04, TR05, valamint a TR08 és Trianum törzsek teljesítményétől (9. ábra).



16. ábra A Trifender törzs a vizsgálat negyedik napján

Összességében a TR04 (10. ábra) és TR05 (11. ábra) törzsek a harmadik naphoz hasonlóan 60% körüli inhibíciós százalékot értek el a negyedik napon is, míg a TR06 törzs továbbra is gyengén teljesített. A közepes teljesítményű törzsek közé tartoznak a TR07 és Tigrá. A Trifender törzs a vizsgált időszakban kevésbé volt hatékony.



17. ábra A TR04-es készítmény az *Aspergillus niger* növekedésére a vizsgálat negyedik napján

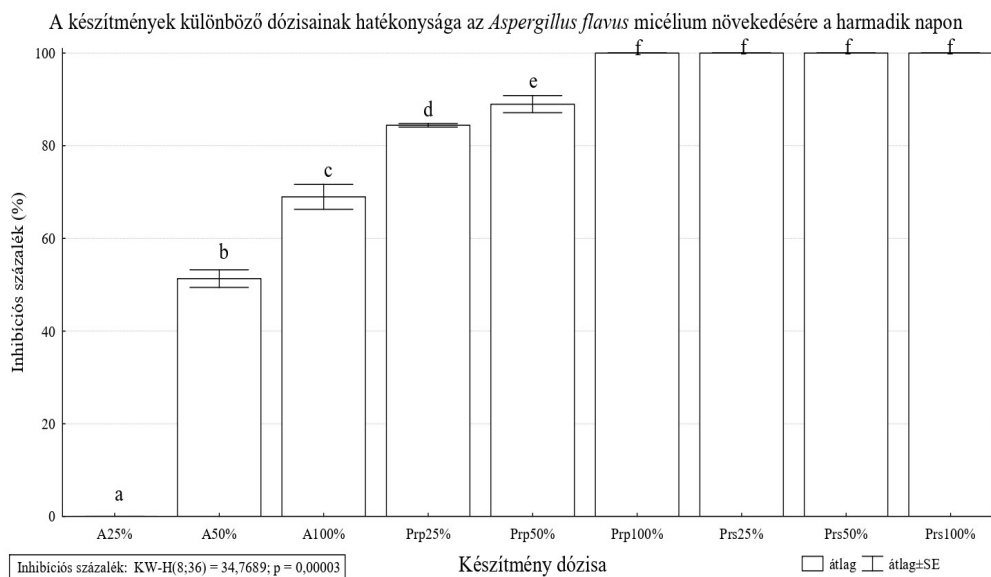


11. ábra A TR05-ös törzs az *Aspergillus niger* micélium növekedésére a vizsgálat negyedik napján

4.2. A kémiai védekezés eredményei

4.2.1. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az *Aspergillus flavus* micélium növekedésére a harmadik napon

A diagram bemutatja különböző készítmények dózisainak hatékonyságának vizsgálatát az *Aspergillus flavus* micélium növekedése ellen a vizsgálat harmadiki napján (12. ábra).

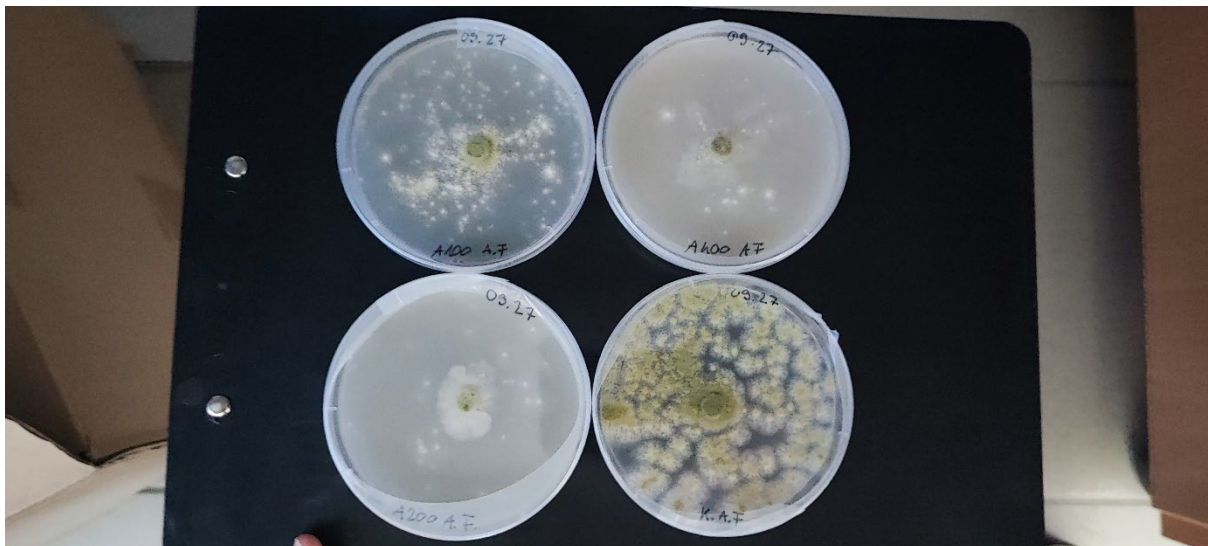


12. ábra A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az *Aspergillus flavus* micélium növekedése a harmadik napon

Az y-tengely az inhibíciós százalékot (Inh%) ábrázolja, ami azt mutatja meg, hogy a különböző dózisú készítmények milyen mértékben képesek gátolni az *Aspergillus flavus* növekedését. Az x-tengelyen a vizsgált készítmények különböző koncentrációjú dózisa szerepelnek.

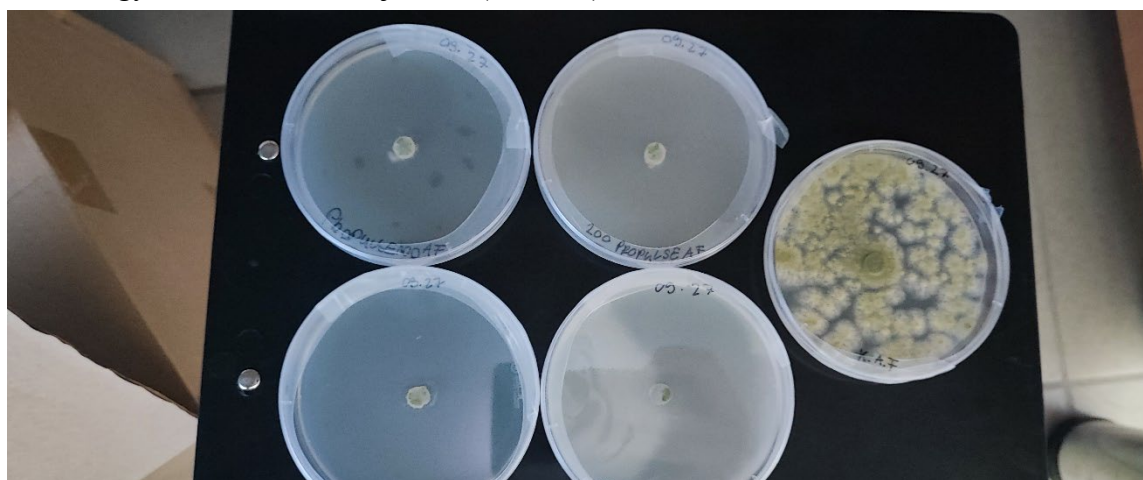
Az eredmények alapján látható, hogy az Amistar (A) készítmény különböző dózisa eltérő hatékonysággal rendelkeznek. A 25%-os dózis (A25%) a leggyengébb teljesítményt nyújtotta, 0%-os inhibíciós hatással, és "a" jelölést kapott, ami szignifikánsan a legalacsonyabb gátló hatást jelenti a többi csoporthoz képest. Az 50%-os dózis (A50%) már nagy mértékű

javulást mutatott, körülbelül 50%-60%-os inhibícióval, amit "b" betűvel jelöltem. A 100%-os dózis (A100%) még erősebb gátló hatást eredményezett, nagyjából 70%-os inhibíciós százalékkal, és "c" jelzést kapott (13. ábra)



13. ábra Az Amistar készítmény vizsgált dózisa az *Aspergillus flavus* micélium növekedésére a vizsgálat harmadik napján

A következő vizsgált készítmény a Propulse (Prp), melynek a koncentrációi közül a 25%, 50%, és 100%-os dózisok maximális, 100%-os inhibíciót mutattak, így az ábrán ezek mind "f" betűvel lettek jelölve, ami arra utal, hogy szignifikánsan magasabb hatékonyságúak mint az Amistar készítmény. A Prosaro (Prs) készítmény esetében szintén mindhárom koncentráció (25%, 50%, 100%) maximális gátló hatást mutatott, elérve a 100%-os inhibíciót, és szintúgy "f" betűvel lettek jelölve (14. ábra).

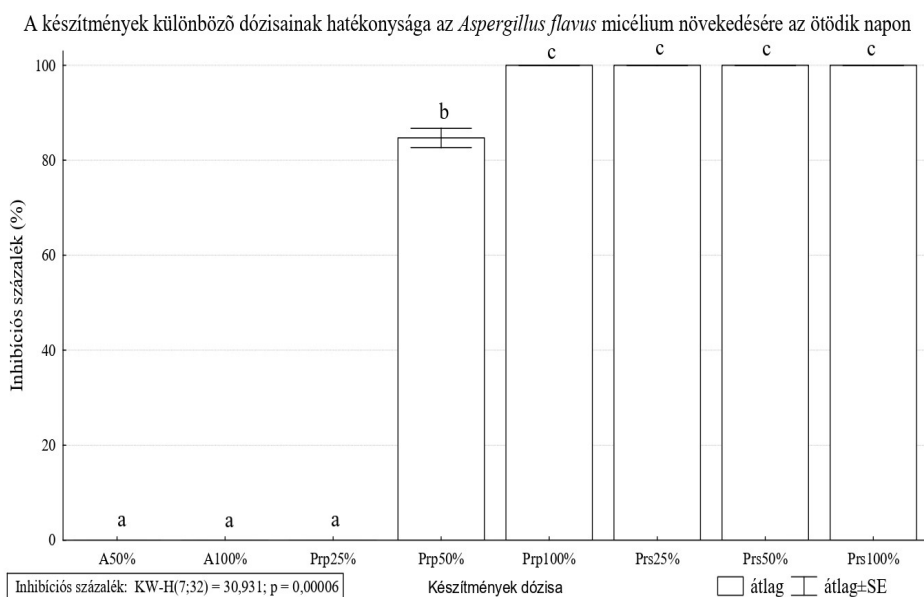


14. ábra A Propulse és Prosaro készítmények a vizsgálat harmadik napján

A diagram bemutatja, hogy a Propulse és Prosaro készítmények minden vizsgált dózisban jelentősen jobb eredményt értek el az *Aspergillus flavus* növekedésének gátlásában, mint az Amistar készítmény. Az Amistar hatékonysága az alkalmazott dózistól függ: a kisebb koncentrációk kevésbé hatékonyak bizonyultak, míg a magasabb koncentrációjú készítmény alkalmazásakor a gátlóhatás növekedése ment végbe. Viszont az Amistar készítmény 100%-os dózisa sem éri el a Propulse és Prosaro készítmények által elért maximális gátlást. Ez az eredmény arra utal, hogy a Propulse és Prosaro hatékonyabbak, mint az Amistar.

4.2.2. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az *Aspergillus flavus* micélium növekedésére az ötödik napon

Az diagramon a különböző készítmények dózisainak hatékonysága látható az *Aspergillus flavus* micélium növekedésére a vizsgálat ötödik napján (15. ábra).

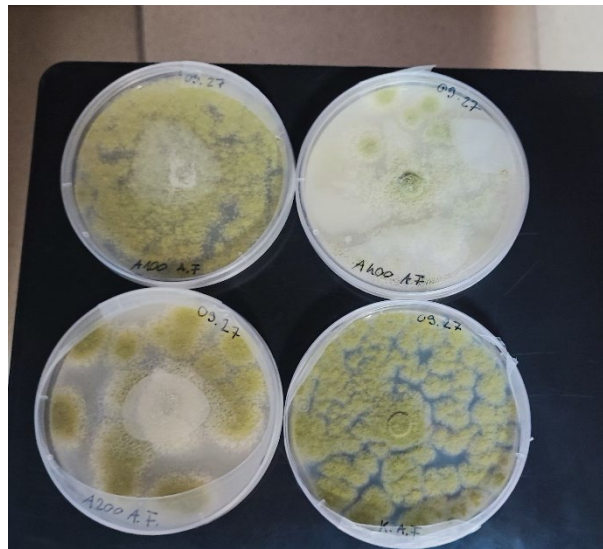


15. ábra A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az *Aspergillus flavus* micélium növekedésére az ötödik napon

Az y tengelyen az inhibíciós százalék (Inh%) látható, az x tengelyen pedig a felhasznált készítmények és azok dózisa.

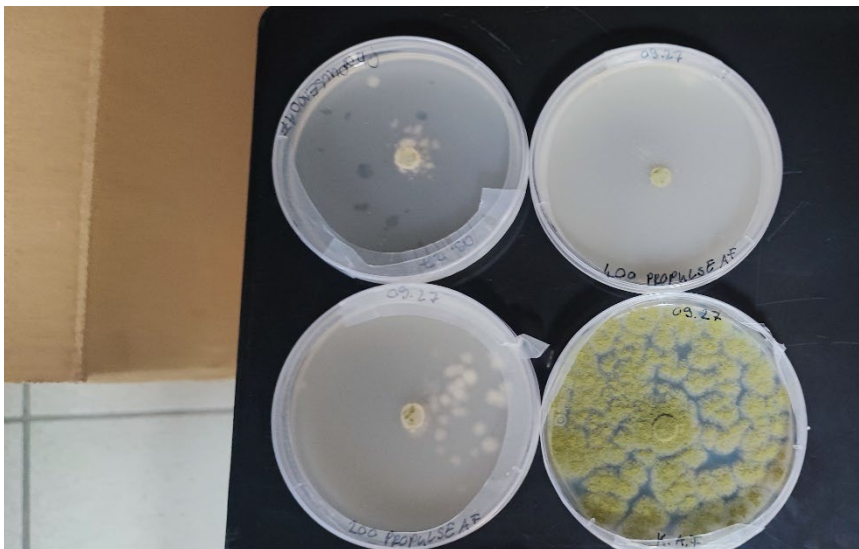
Az Amistar készítmény 50%-os koncentrációja (A50%) nagyon alacsony gátlást mutatott. Az inhibíciós százalék ebben az esetben körülbelül 0%-os, ami az "a" jelölést kapta az diagramon. Ez arra utal, hogy ez a készítmény a gomba növekedését nem volt képes gátolni, hatása nem elég erős.

A 100%-os koncentrációjú Amistar készítmény (A100%) szintén nem mutatott kiemelkedő eredményt a gátlásban. A diagram szerint az A100% hatékonysága hasonló az A50% készítményhez, ami azt jelzi, hogy még a magasabb dózis sem tudja növelni a gátlás mértékét. Az A100% készítmény a diagramon szintén "a" betűjelet kapott, ami azt jelent, hogy az A50% és az A100% készítmény szignifikánsan nem különbözik. Ebben az esetben ennek a készítménynek a 100%-os dózisa sem volt eredményes a gátlás szempontjából (16. ábra).



16. ábra Az Amistar készítmény vizsgált dózisa a vizsgálat ötödik napján

A harmadik nappal ellentétben, a Propulse 25%-os koncentrációjú készítménye (Prp25%) 0%-os gátló hatást ért el. Ez megegyezik az A50% és az A100% készítmények hatékonyságával, ezért ez a készítmény is “a” betűjelzést kapott. A három készítmény nem különbözik szignifikánsan egymástól.



17. ábra A Propulse készítmény vizsgált dózisa a vizsgálat ötödik napján

A Propulse 50%-os koncentrációjú készítménye a harmadik nappal megegyezően 80% feletti inhibíciós százalékot ért el. Ez azt jelenti, hogy ez a szer bizonyos mértékű gátló hatással bír az *Aspergillus flavus* növekedésére. Ez a készítmény az A50%, A100% és Prp25% készítményektől jobb eredményt ért el viszont nem éri el a Prp100%, Prs25%, Prs50%, és



18. ábra A Prosaro készítmény vizsgált dózisa az *Aspergillus flavus* miélium növekedése ellen vizsgálat ötödik napján

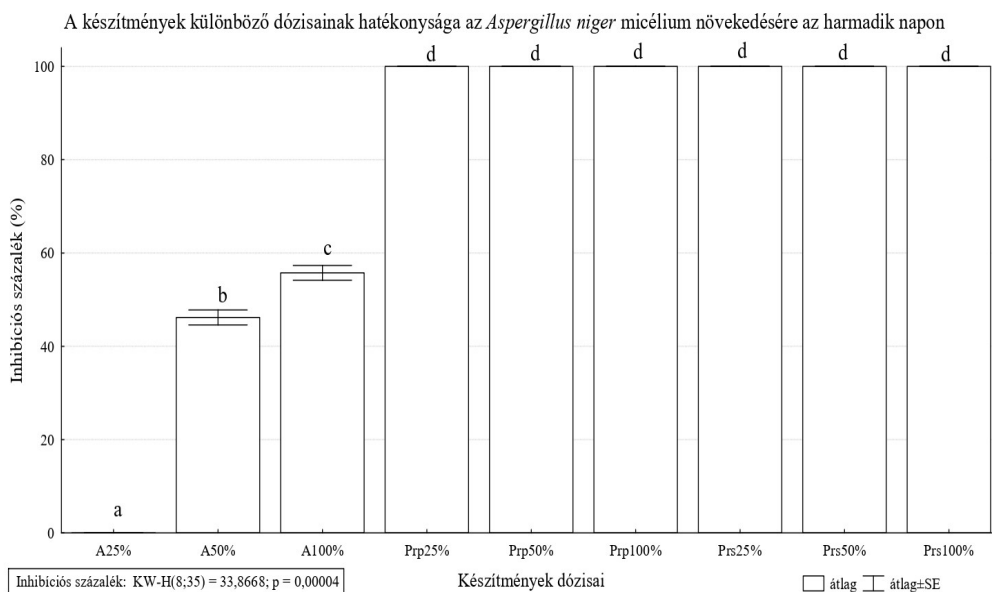
Prs100% készítmények gátlását, ezért ez a készítmény a táblázatban “b” jelzést kapott (18. ábra).

A Prp50%, Prp100% Prs25%, Prs50%, és Prs100% (19. ábra) készítmények hatékonyságát mutatja, hogy ezek a készítmények az alkalmazott dózisokban teljes mértékben megakadályozták az *Aspergillus flavus* micélium növekedését. A készítmények mindegyike 100%-os gátlást ért el, amit "c" betű jelöl a diagramon. A teljes gátlás azt jelzi, hogy ezek a készítmények rendkívül hatékonyak voltak a gomba növekedésének megelőzésében.

Az eredmények alapján a Propulse és Prosaro készítmények sokkal hatékonyabbak voltak az *Aspergillus flavus* micélium növekedésének gátlásában, mint az Amistar készítmény. Míg az Amistar készítmény csak korlátozott mértékben volt képes megakadályozni a micélium növekedését, a Propulse és Prosaro készítmények már alacsony dózisokban is maximális gátlást értek el.

4.2.3. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az *Aspergillus niger* micélium növekedésére a harmadik napon

A diagramon látható elemzés az *Aspergillus niger* micélium növekedésének gátlását mutatja be a különböző dózisú készítmények hatására a vizsgálat harmadik napján (19. ábra).



19. ábra A készítmények különböző dózisainak vizsgálata az *Aspergillus niger* növekedésére a harmadik napon

A gátlási arányokat (Inh%) az y tengely, míg a készítmények dózisait az x tengely mutatja amelyek különböző koncentrációkban kerültek felhasználásra.

Az A25% készítmény ebben az esetben sem bizonyult hatékonynak az *Aspergillus niger* micélium növekedésére, a gátlási aránya körülbelül 0%, amit az "a" betűvel jelöltem az ábrán. Ez azt jelenti, hogy az Amistar készítmény ezen koncentrációja nem mutatott jelentős gátlást. A statisztikai tesztek alapján ez az érték szignifikánsan eltér a többi készítménytől.

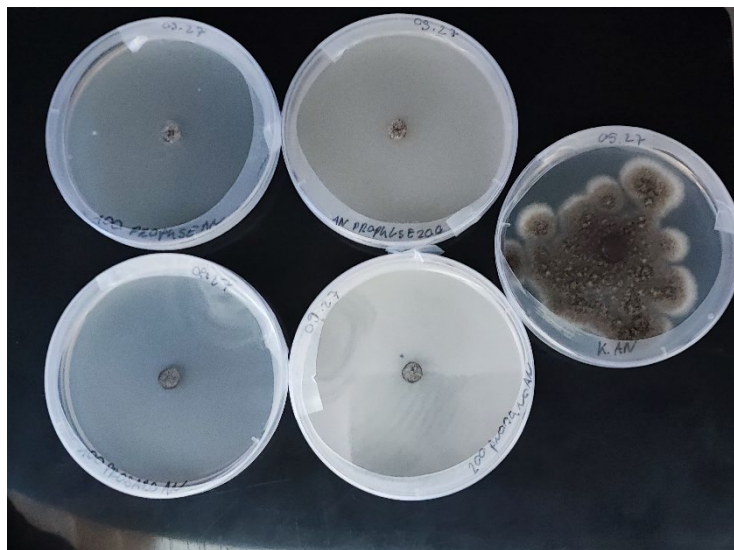
Az A50% készítmény már magasabb, körülbelül 40%-50%-os gátlást mutat. Ezt a "b" jelölés tükrözi az ábrán, ami azt jelenti, hogy az A50% hatása szignifikánsan jobb, mint az A25%. Az A50% készítmény jelentős növekedést mutat a gátlási arányban az A25%-hoz képest, de ez a növekedés még nem volt elegendő ahhoz, hogy az *Aspergillus niger* micélium növekedését teljes mértékben megakadályozza.

A legnagyobb gátlást az Amistar készítmények közül az A100% készítmény mutatta, amelynek gátlási aránya megközelíti a 60%-ot, amit a "c" betűvel jelöltem. Ez azt mutatja, hogy az Amistar készítmény maximális dózisban is csak körülbelül 50%-55%-os hatékonyságot ér el, ami ugyan jobb, mint az alacsonyabb koncentrációk, de még mindig nem tekinthető teljes mértékben hatékonynak (20. ábra).



20. ábra Az Amistar készítmény vizsgált dózisai az *Aspergillus niger* ellen a vizsgálat harmadik napján

A Propulse és Prosaro készítmények különböző dózisaik Prp25%, Prp50%, Prp100%, Prs25%, Prs50%, és Prs100% minden esetben 100%-os gátlást értek el, amit az ábrán az "d" betűvel jelöltem. Ez azt jelenti, hogy mind a Propulse, mind a Prosaro készítmények rendkívül hatékonyak bizonyultak az *Aspergillus niger* micélium növekedésének megakadályozásában, és még a legalacsonyabb dózisban is képesek voltak teljes mértékben gátolni a micélium növekedését (21. ábra).

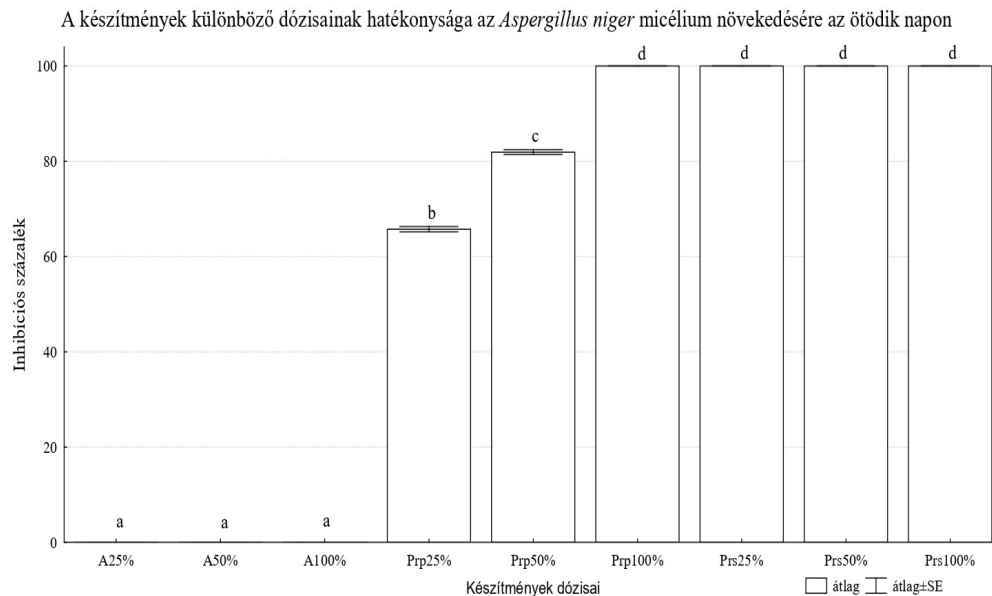


21. ábra A Propulse és Prosaro készítmények vizsgált dózisaik *Aspergillus niger* micélium növekedése ellen a vizsgálat harmadik napján

Az eredmények alapján, az Amistar készítmény csak korlátozott mértékben volt képes gátolni az *Aspergillus niger* micélium növekedését, míg a Propulse és Prosaro készítmények sokkal hatékonyabbnak bizonyultak, és még alacsonyabb dózisokban is teljes gátlást értek el.

4.2.4. A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az *Aspergillus niger* micélium növekedésére az ötödik napon

A diagramon az *Aspergillus niger* micélium növekedésének gátlásának vizsgálatát láthatjuk különböző dózisú készítmények hatására a vizsgálat ötödik napján (22. ábra).



22. ábra A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az *Aspergillus niger* micélium növekedésére az ötödik napon

Az y tengelyen az inhibíció (gátlás) százalékos aránya látható, míg az x tengelyen a különböző dózisú készítmények szerepelnek.

Az Amistar készítmény három különböző koncentrációja: A25%, A50%, és A100%. eredményei azt mutatják, hogy mindhárom esetben a gátlási arány 0%, amit az "a" betű jelöl. Ez azt jelenti, hogy az Amistar készítmény semmilyen koncentrációban nem mutatott hatékonyságot az *Aspergillus niger* micélium növekedésének gátlásában az ötödik napon. Ez a készítmény nem volt képes hatékonyan gátolni a gomba növekedését.

A Propulse 25%-os koncentráció (Prp25%) esetében az inhibíciós arány körülbelül 70%, amit a "b" jelzést kapott.. Ez azt mutatja, hogy már viszonylag alacsony dózisban is

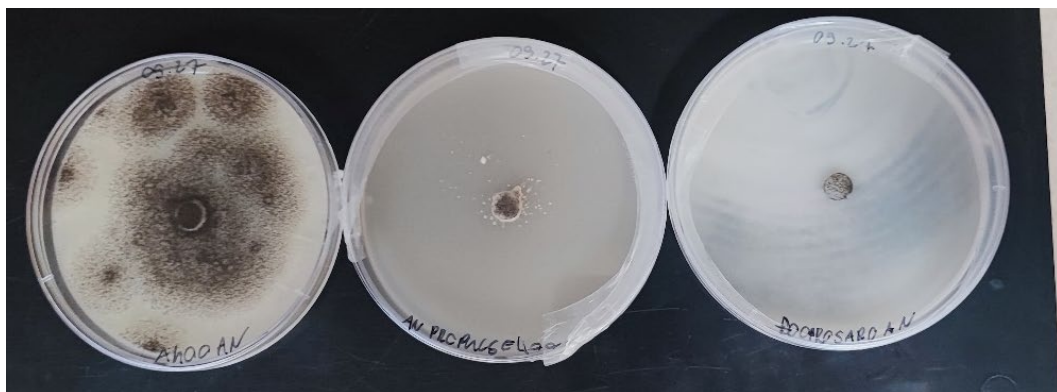
jelentős gátlást lehet elérni a Propulse készítménnyel. Ez a készítmény szignifikánsan jobb eredményt mutatott, mint az Amistar készítmények.

A Prp50% készítmény esetében a gátlás mértéke tovább nőtt, körülbelül 80%-85%-os gátlási arányt ért el, amit a "c" betű jelöl a diagramon. Ez szignifikáns javulást mutat a Prp25%-hoz képest.

A Propulse 100%-os koncentrációjú (Prp100%) készítmény esetében az inhibíció 100%-os, ami azt jelzi, hogy teljes mértékben képes volt megakadályozni az *Aspergillus niger* micélium növekedését. Ezt a diagramon a "d" betű jelöli. A teljes gátlás azt mutatja, hogy a Propulse készítmény maximális koncentrációban rendkívül hatékonyak bizonyult, és képes volt meggátolni a gomba növekedését.

A Prosaro készítmény különböző koncentrációi szintén rendkívül hatékonyak voltak az *Aspergillus niger* micélium növekedésének gátlásában. A diagramon látható, hogy a Prs25%, Prs50%, és Prs100% koncentrációk esetében az inhibíció 100%-os, amit szintén a "d" betű jelöl. Ez azt jelenti, hogy a Prosaro készítmény már a legalacsonyabb koncentrációban is teljes mértékben képes volt megakadályozni a gomba növekedését. A Prosaro készítmény igen hatékony volt, és már alacsonyabb dózisban is maximális eredményt ért el.

A diagram elemzése alapján egyértelmű, hogy az Amistar készítmény egyáltalán nem mutatott hatékonyságot az *Aspergillus niger* micélium növekedésének gátlásában, viszont a Propulse és Prosaro készítmények hatékonyak voltak, különösen a Prosaro (23. ábra).



23. ábra Az Amistar, Propulse, és Prosaro készítmények legmagasabb vizsgált dózisa az *Aspergillus niger* micélium növekedésére a vizsgálat ötödik napján

5. Következtetések és javaslatok

A kutatásunkban megállapítottuk, hogy számos *Trichoderma* faj hatékony lehet az *Aspergillus flavus* kórokozóval szemben. Hasonló eredményekről számoltak be többek között Druzhinina (2018) és Kubicek (2019) is a kutatásaik során. Di Marci (2022) is arról számolt be, hogy számos biológiai kutatásban is felhasználják ezeket a gombákat.

A kutatásom során a Trianum, Tigra és TR04 fajok bizonyultak a leghatékonyabbnak az *Aspergillus flavus* növekedése ellen. Mind a három készítmény 100%-os biokontroll indexet mutatott.

Az *Aspergillus niger* micélium növekedése ellen a TR04, TR05, TR08, és Trianum készítmények bizonyultak a leghasznosabbnak a biológiai védekezés során. Ezek a készítmények 50% körüli inhibíciót értek el, viszont egyik készítmény sem érte el a 60%-ot. A Trianum és TR04 készítmények szintén hatékonyak voltak az *Aspergillus flavus* ellen is, de magasabb gátlást értek el. Egyik készítmény sem hozott 100%-os gátlást, mint az *Aspergillus flavus* esetében. Alfiky és Weisskopf (2021) a tanulmányaik során arról számoltak be, hogy a biokontroll *Trichoderma* alkalmazása és hatékonysága sok tényezőtől függhet, például stressz hatásoknak való kitettségétől (magas hőmérséklet, szárazság, sugárzás), illetve hosszú tárolási időtől.

A kutatásom során megállapítottam, hogy számos készítmény hatékony lehet az *Aspergillus flavus* növekedése ellen. A protikonazol tartalmú Propulse készítmény 50%-os dózisa 90% körüli inhibíciót, a 100%-os dózisa pedig 100%-os inhibíciót mutatott.

A leghatékonyabbnak pedig a protikonazol és tebukonazol tartalmú Prosaro készítmény bizonyult, amely minden dózisában 100%-os inhibíciót mutatott. Jautelat már 2004-ben arról írtak, hogy Prosaro és Propulse készítményben megtalálható protikonazol 2004 óta forgalomban lévő készítmény, ami a triazolintionok közé tartozik, és egy feltörekvő hatóanyag. Csávázószerként, illetve permetszerként használható.

A készítmény hatékonyságát igazolja, hogy Paul (2008) egy az Amerikai Egyesült Államokban végzett tizenegy éven át folyó kísérlete azt az eredményt hozta, hogy a triazol tartalmú gombaölő szerek bizonyultak a leghatékonyabbnak a kalászfuzáriózis ellen.

A kutatás során megállapítottam, hogy szintén számos készítmény hatékony lehet az *Aspergillus niger* esetében is micélium növekedés ellen. A leghatékonyabbnak azok a

készítmények bizonyultak, mint az *Aspergillus flavus* esetében. A leghatékonyabbnak a Prosaro készítmény bizonyult, amely minden dózisában 100%-os inhibíciós százalékot ért el.

Szintén hatékonynak bizonyult a Propulse készítmény. Ez a készítmény a 100%-os dózisában volt a leghatékonyabb, 100%-os inhibíciós százalékot ért el. 50%-os dózisban 80% körüli gátlást eredményezett.

Az azoxistrobin tartalmú Amistar készítmény egyik gombánál sem hozott eredményes gátlást. Egyik dózisában sem volt hatékony, mind a két gombánál 0%-os gátlást eredményezett. Ez a szer nem volt hatékony a gátlás szempontjából.

Pearson (2016) és Simon (2019) arról számoltak be, hogy több kísérlet is kimutatta, hogy az azoxistrobin potenciálisan fejlődési toxicitást, és neurotoxicitást is okozhat.

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) (2010) az azoxistrobint a széles körben elterjedt negatív hatásai miatt a vízi élőlényekre erősen mérgező anyagként. Többek között Beketov és Liess (2008) Liu (2013) illetve Ali (2021) arról számoltak be, hogy egyes halaknál reprodukciós zavarokat, szívburok ödémát, és sejtbúrjázást okozhat. Lehetséges, hogy terhes anyák és kisgyermek is ki vannak téve az azoxistrobin káros hatásainak, de ez még nem tisztázott.

Összefoglalás

A szakdolgozatom célja az *Aspergillus flavus* és az *Aspergillus niger* biológiai és kémiai védekezési lehetőségeinek vizsgálata volt. Az *Aspergillus* fajok számos gabonafélét és gyümölcsöt veszélyeztetnek, mivel széleskörűen elterjedtek. Az *Aspergillus* fajok által termelt mikotoxinok, mint például az aflatoxinok és ochratoxinok, komoly egészségügyi kockázatokat jelentenek. Az aflatoxinok krónikus betegségeket, szívelégtelenséget és akár halálos kimenetelű mérgezéseket okozhatnak. A az aflatoxinoknak való rendszeres kitettség különösen káros a májra. Az aflatoxinokkal szennyezett élelmiszerek fogyasztása káros az emberek, és az állatok egészségére is.

A kutatásom során a különböző *Trichoderma* törzsek hatékonyságát vizsgáltam az *Aspergillus flavus* és az *Aspergillus niger* ellen, és megállapítottam, hogy ezek a gombák képesek visszaszorítani a patogén gombák terjedését és növekedését. A vizsgált *Trichoderma* fajok hatékonyabbnak bizonyultak az *Aspergillus flavus* esetében, mint az *Aspergillus niger* esetében. Az *Aspergillus flavus* esetében a leghatékonyabbnak a TR04, Tigrá, és Trianum készítmények bizonyultak. Mind a három *Trichoderma* készítmény 100%-os gátlást eredményezett a patogén ellen. Az *Aspergillus niger* micélium növekedése ellen a *Trichoderma* fajok nem bizonyultak olyan hatékonyak. A legmagasabb inhibíciós százalékot a TR04, TR05, TR08, és Trianum készítmények érték el, 50%-55% körüli inhibíciós százalékkal. Egyik készítmény sem érte el a 60%-os gátlást.

A kutatásom másik fontos része a kémiai védekezési módszerek vizsgálata. Az olyan gombaölő hatóanyagok, mint a tebukonazol, protiokonazol, és azoxistrobin hatékonyságát vizsgáltam az *A. flavus* és *A. niger* ellen. A kísérleteim során Prosaro, Amistar, és Propulse készítményeket használtam fel. A kísérletek során különböző dózisokat alkalmaztam, és az eredmények alapján a gombaölő szerek hatásossága függött a használt koncentrációtól. Az alacsonyabb dózisok nem minden esetben bizonyultak elég hatékonyak, míg a magasabb dózisok jelentős gátlási hatást gyakoroltak a gombák növekedésére. A leghatékonyabbnak a tebukonazol és protikonazol tartalmú Prosaro készítmény bizonyult, ami minden felhasznált dózisban 100%-os gátlást eredményezett az *Aspergillus flavus* és az *Aspergillus niger* micélium növekedése ellen. Szintén hatékonyak bizonyult a Propulse készítmény, amit 100%-os dózisban felhasználva szintén 100%-os gátlást eredményezett mind a két patogén gomba

esetében. A legkevésbé hatékonyan az azoxistrobin tartalmú Amistar készítmény bizonyult, ami mindkét patogén gombánál minden felhasznált dózisban 0%-os gátlást eredményezett.

Irodalomjegyzék

- Abbas A., Mubeen M., Zheng H., Sohail M. A., Shakeel Q., Solanki M. K., et al.. (2022). *Trichoderma* spp. genes involved in the biocontrol activity against *Rhizoctonia solani*. *Front. Microbiol.* 13:884469. doi: 10.3389/fmicb.2022.884469
- Abdel-Wahhab, M. A., Abdel-Galil, M. M., Hassan, A. M., Hassan, N. H., Nada, S. A., Saeed, A., et al. (2007). Zizyphus spina-christi extract protects against aflatoxin B1-initiated hepatic carcinogenicity. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 4, 248–256.
- Alfiky A., Weisskopf L. (2021). Deciphering *Trichoderma*-plant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications. *J. Fungi* 7:61. doi: 10.3390/jof7010061
- Ali, D. Ibrahim K.E., Hussain S.A., Abdel-Daim M.M. Role of ROS generation in acute genotoxicity of azoxystrobin fungicide on freshwater snail *Lymnaea luteola* L *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 28 (2021), pp. 5566-5574
- Ali, M.E.; Gunn, M.; Stackhouse, T.; Waliullah, S.; Guo, B.; Culbreath, A.; Breneman, T. Sensitivity of *Aspergillus flavus* Isolates from Peanut Seeds in Georgia to Azoxystrobin, a Quinone Outside Inhibitor (QoI) Fungicide. *J. Fungi* 2021, 7, 284. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- Al-Surhanee A. A. (2022). Protective role of antifusarial eco-friendly agents (*Trichoderma* and salicylic acid) to improve resistance performance of tomato plants. *Saudi J. Biol. Sci.* 29, 2933–2941. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.01.020
- Andrade-Hoyos P., Silva-Rojas H. V., Romero-Arenas O. (2020). Endophytic *Trichoderma* species isolated from *Persea americana* and *Cinnamomum verum* roots reduce symptoms caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado. *Plan. Theory* 9:1220. doi: 10.3390/plants9091220
- Araiza, J., Canseco, P. & Bonifaz, A. (2006). Otomycosis: clinical and mycological study of 97 cases. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* 127,251–254.
- Arziza, A. M., & Widianto, S. (2006). Otomycosis: A review of 50 cases. *Acta Medica Indonesiana*, 38(1), 15-19. DOI: 10.1503/cmaj.060158 (Note: The DOI might be specific to the article discussing otomycosis in general.)
- Balajee SA. *Aspergillus terreus* complex. *Med Mycol.* 2009;47(Suppl 1):S42–6
- Bankole, S. A., Adenusi, A. A., Lawal, O. S., and Adesanya, O. O. (2010). Occurrence of aflatoxin B1 in food products derivabl e from ‘egusi’ melon seeds consumed in southwestern Nigeria. *Food Control* 21, 974–976. doi: 10.1016/j.foodcont.2009.11.014

- Barkai-Golan R. (1980), 'Species of *Aspergillus* causing post-harvest fruit decay in Israel', *Mycopathologia* 71, 13–16
- Bartlett DW, Clough JM, Godwin JR, Hall AA, Hamer M, Parr-Dobrzanski B. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest management science: formerly. Pest Manag Sci* 58(7):649–662, PMID:, 10.1002/ps.520
- Basińska-Barczak A., Błaszczyk L., Szentner K. (2020). Plant cell wall changes in common wheat roots as a result of their interaction with beneficial fungi of *Trichoderma*. *Cells* 9:2319. doi: 10.3390/cells9102319
- Battaglin WA, Sandstrom MW, Kuivila KM, Kolpin DW, Meyer MT. 2011. Occurrence of azoxystrobin, propiconazole, and selected other fungicides in us streams, 2005–2006. *Water Air Soil Pollut* 218(1–4):307–322, 10.1007/s11270-010-0643-2. [DOI] [Google Scholar][Ref list]
- Battalgin, M., Çolak, A., & Çakmak, A. (2011). Efficacy of azoxystrobin against various pathogens in wheat and barley. *Phytopathologia Mediterranea*, 50(1), 56-64. DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-8687
- Bbosa G.S., Kitya D., Odda J., Ogwal-Okeng J. Aflatoxins metabolism. *Health*. 2013;5:14–34. doi: 10.4236/health.2013.510A1003.
- Beketov M.A., Liess M. Potential of 11 pesticides to initiate downstream drift of stream macroinvertebrates *Toxicology*, 55 (2008), pp. 247-253
- Boutrif, E. (1998). Prevention of aflatoxin in pistachios. *Food Nutr. Agric.* 21, 32–38.
- Cao F.J., Martyniuk C.J., Wu P.Z., Zhao F., Pang S., Wang C.J., Qiu L.H. Long-term exposure to environmental concentrations of azoxystrobin delays sexual development and alters reproduction in zebrafish (*Danio rerio*) *Environ. Sci. Technol.*, 53 (2019), pp. 1672-1679
- Cao F.J., Zhu L.Z., Li H., Yu S., Wang C.J., Qiu L.H. Reproductive toxicity of azoxystrobin to adult zebrafish (*Danio rerio*) *Environ. Pollut.*, 219 (2016), pp. 1109-1121
- Ciferri, R., & Bianchi, F. (1999). Isolation of *Aspergillus versicolor* from a fresco by Ghirlandaio. *Mycological Research*, 103(10), 1353-1356. DOI: 10.1017/S0953756299000377
- Degani O., Khatib S., Becher P., Gordani A., Harris R. (2021a). *Trichoderma asperellum* secreted 6-pentyl- α -pyrone to control *Magnaportheopsis maydis*, the maize late wilt disease agent. *Biology* 10:897. doi: 10.3390/biology10090897

- Di Marco S., Metruccio E. G., Moretti S., Nocentini M., Carella G., Pacetti A., et al.. (2022). Activity of *Trichoderma asperellum* strain ICC 012 and *Trichoderma gamsii* strain ICC 080 toward diseases of esca complex and associated pathogens. *Front. Microbiol.* 12:813410. doi: 10.3389/fmicb.2021.813410
- Diner, S. M., & Janssen, M. (1987). Environmental conditions for the production of aflatoxins. *Food Chemistry*, 24(1), 83-89. DOI: 10.1016/0308-8146(87)90020-1
- Druzhinina I. S., Chenthamara K., Zhang J., Atanasova L., Yang D., Miao Y., et al.. (2018). Massive lateral transfer of genes encoding plant cell wall-degrading enzymes to the mycoparasitic fungus *Trichoderma* from its plant-associated hosts. *PLoS Genet.* 14:e1007322. doi: 10.1371/journal.pgen.1007322
- Etzel, R. A. (2002). Mycotoxins. *JAMA* 287, 425–427. doi: 10.1001/jama.287.4.425
- Farkas J., Beczner J. (2009): A klímaváltozás és a globális felmelegedés várható hatása a mikológiai élelmiszerbiztonságra. *Klíma-21 Füzetek*, 56 3-17. p
- Feddern V., Dors G.C., Tavernari F., Mazzuco H., Cunha J.A., Krabbe E.L., Scheuermann G.N. Aflatoxins: Importance on animal nutrition. *Aflatoxins Recent Adv. Futur. Prospect. InTech Open Access Croat.* 2013:171–195. doi: 10.5772/51952.
- Fontana D. C., de Paula S., Torres A. G., de Souza V., Pascholati S. F., Schmidt D., et al.. (2021). Endophytic fungi: biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses. *Pathogens* 10:570. doi: 10.3390/pathogens10050570
- Gao A. H., Fu Y. Y., Zhang K. Z., Zhang M., Jiang H. W., Fan L. X., et al. (2014). Azoxystrobin, a mitochondrial complex III Qo site inhibitor, exerts beneficial metabolic effects in vivo and *in vitro*. *Biochim. Biophys. Acta* 1840 2212–2221. 10.1016/j.bbagen.2014.04.002 [DOI] [PubMed] [Google Scholar][Ref list]
- Guo Y., Ghirardo A., Weber B., Schnitzler J. P., Benz J. P., Rosenkranz M. (2019). *Trichoderma* species differ in their volatile profiles and in antagonism toward ectomycorrhiza *Laccaria bicolor*. *Front. Microbiol.* 10:891. doi: 10.3389/fmicb.2019.00891
- Haas M, Justus K (2004) Metabolism of prothioconazole (JAU 6476) in animals and plants. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 57: 207-224
- Haouhach S., Karkachi N., Oguiba B., Sidaoui A., Chamorro I., Kihal M., et al.. (2020). Three new reports of *Trichoderma* in Algeria: *T. atrobrunneum*, (South) *T. longibrachiatum*

- (South), and *T. afroharzianum* (Northwest). *Microorganisms* 8:1455. doi: 10.3390/microorganisms8101455
- Hedayati MT, Mayahi S, Denning DW. A study on *Aspergillus* species in houses of asthmatic patients from Sari city, Iran and a brief review of the health effects of exposure to indoor *Aspergillus*. *Environ Monit Assess.* 2010;168(1-4):481–7
- Hedayati MT, Pasqualotto AC, Warn PA, Bowyer P, Denning DW. *Aspergillus flavus*: human pathogen, allergen and mycotoxin producer. *Microbiology.* 2007;153(Pt 6):1677–92
- Hell K., Mutegi C. Aflatoxin control and prevention strategies in key crops of Sub-Saharan Africa. *Afr. J. Microbiol. Res.* 2011;5:459–466
- Hendrickse, R. G. (1997). Of sick Turkeys, Kwashiorkor, malaria, perinatal mortality, Herion addicts and food poisoning: research on influence of aflatoxins on child health in the tropics. *J. Trop. Med. Parasitol.* 91, 87–93
- Intana W., Wonglom P., Suwannarach N., Sunpapao A. (2022). *Trichoderma asperelloides* PSU-P1 induced expression of pathogenesis-related protein genes against gummy stem blight of muskmelon (*Cucumis melo*) in field evaluation. *J. Fungi* 8:156. doi: 10.3390/jof8020156
- Jallow A., Xie H., Tang X., Qi Z., Li P. Worldwide aflatoxin contamination of agricultural products and foods: From occurrence to control. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2021;20:2332–2381. doi: 10.1111/1541-4337.12734
- Jautelat, M., Elbe, H.L., Benet-Buchholz, J., Etzel, W., 2004. Chemistry of prothioconazole (JAU 6476). *Pflanzenschutz-Nachr. Bayer* 57, 145e162
- Jeschke P, Latest generation of halogen-containing pesticides. *Pest Manag Sci* 73:1053–1066 (2016)
- Jeschke P, Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. *Pest Manag Sci* 72:433–455 (2016)
- King A D, Hocking A D and Pitt J I (1981), ‘The mycoflora of some Australian foods’, *Food Technol Aust* 33, 55
- Klich M.A. (2002): Identification of common *Aspergillus* species. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands, 111 p.
- Klueken A. M., Borgemeister C., Hau B., (2009): “Field release of a non-toxigenic *Aspergillus flavus* L strain in Central Benin,” *Journal of Plant Diseases and Protection*, vol. 116, no. 1, pp. 17–22, 2009.

- Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W. J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Front. Plant Sci.* 10:845. doi: 10.3389/fpls.2019.00845
- Kubicek C. P., Steindorff A. S., Chenthamara K., Manganiello G., Henrissat B., Zhang J., et al.. (2019). Evolution and comparative genomics of the most common *Trichoderma* species. *BMC Genomics* 20:485. doi: 10.1186/s12864-019-5680-7
- Lazazzara V., Vicelli B., Bueschl C., Parich A., Pertot I., Schuhmacher R., et al.. (2021). *Trichoderma* spp. volatile organic compounds protect grapevine plants by activating defense-related processes against downy mildew. *Physiol. Plant.* 172, 1950–1965. doi: 10.1111/ppl.13406
- Leal C., Richet N., Guise J. F., Gramaje D., Armengol J., Fontaine F., et al.. (2021). Cultivar contributes to the beneficial effects of *Bacillus subtilis* PTA-271 and *Trichoderma atroviride* SC1 to protect grapevine against *Neofusicoccum parvum*. *Front. Microbiol.* 12:726132. doi: 10.3389/fmicb.2021.726132
- Leimkühler, W., Oechsler, K., & Fiedler, H. (1985). Investigations on the degradation of the fungicide tebuconazole in crops. *Pesticide Science*, 16(4), 431-438. DOI: doi.org/10.1002/ps.2780160409
- Leong S L, Hocking A D and Pitt J I (2004), ‘Occurrence of fruit rot fungi (Aspergillus section Nigri) on some drying varieties of irrigated grapes’, *Aust J Grape Wine Res* 10, 83–88.
- Liu L., Jiang C., Wu Z.Q., Gong Y.X., Wang G.X. Toxic effects of three strobilurins (trifloxystrobin, azoxystrobin and kresoxim-methyl) on mRNA expression and antioxidant enzymes in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) juveniles *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 98 (2013), pp. 297-302
- Liu L., Zhu B., Wang G.X. Azoxystrobin-induced excessive reactive oxygen species (ROS) production and inhibition of photosynthesis in the unicellular green algae *Chlorella vulgaris* *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22 (2015), pp. 7766-7775
- Loudon, K. W., Coke, A. P., Burnie, J. P., Shaw, A. J., Oppenheim, B. A. & Morris, C. Q. (1996). Kitchens as a source of *Aspergillus niger* infection. *J Hosp Infect* 32, 191–198.
- Manganiello G., Nicastro N., Caputo M., Zaccardelli M., Cardi T., Pane C. (2021). Functional hyperspectral imaging by high-related vegetation indices to track the wide-spectrum *Trichoderma* biocontrol activity against soil-borne diseases of baby-leaf vegetables. *Front. Plant Sci.* 12:630059. doi: 10.3389/fpls.2021.630059

- Mayer, A., & Ziegler, J. (2003). Mycotoxins: Aflatoxins and their effects on human health. *Mycopathologia*, 157(3), 175-182. DOI: 10.1023/A:1023847201958
- Mohiddin F. A., Padder S. A., Bhat A. H., Ahanger M. A., Shikari A. B., Wani S. H., et al.. (2021). Phylogeny and optimization of *Trichoderma harzianum* for Chitinase production: evaluation of their antifungal behaviour against the prominent soil borne Phyto-pathogens of temperate India. *Microorganisms* 9:1962. doi: 10.3390/microorganisms9091962
- Morán-Diez M. E., Carrero-Carrón I., Rubio M. B., Jiménez-Díaz R. M., Monte E., Hermosa R. (2019). Transcriptomic analysis of *Trichoderma atroviride* overgrowing plant-wilting *Verticillium dahliae* reveals the role of a new M14 metalloprotease CPA1 in biocontrol. *Front. Microbiol.* 10:1120. doi: 10.3389/fmicb.2019.01120
- Nair N G (1985), 'Fungi associated with bunch rot of grapes in the Hunter Valley', *Aust J Agric Res* 36, 435–442
- Ochoa-Acuna H.G., Bialkowski W., Yale G., Hahn L. Toxicity of soybean rust fungicides to freshwater algae and *Daphnia magna* *Ecotoxicology*, 18 (2009), pp. 440-446
- Olsvik P.A., Kroglund F., Finstad B., Kristensen T. Effects of the fungicide azoxystrobin on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolt *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 73 (2010), pp. 1852-1861
- Oszust K., Cybulska J., Fraç M. (2020). How do *Trichoderma* genus fungi win a nutritional competition battle against soft fruit pathogens? A report on niche overlap nutritional potentiates. *Int. J. Mol. Sci.* 21:4235. doi: 10.3390/ijms21124235
- Palumbo, R.; Crisci, A.; Venâncio, A.; Cortiñas Abrahantes, J.; Dorne, J.L.; Battilani, P.; Toscano, P. Occurrence and co-occurrence of mycotoxins in cereal-based feed and food. *Microorganisms* 2020, 8, 74
- Panchalingam H., Powell D., Adra C., Foster K., Tomlin R., Quigley B. L., et al.. (2022). Assessing the various antagonistic mechanisms of *Trichoderma* strains against the brown root rot pathogen *Pyrrhoderma noxium* infecting heritage fig trees. *J. Fungi* 8:1105. doi: 10.3390/jof8101105
- Paul PA, Lipps PE, Hershman DE, McMullen MP, Draper MA, Madden LV. Efficacy of triazole-based fungicides for fusarium head blight and deoxynivalenol control in wheat: a multivariate meta-analysis. *Phytopathology*. 2008 Sep;98(9):999-1011. doi: 10.1094/PHYTO-98-9-0999

- Pearson BL, Simon JM, McCoy ES, Salazar G, Fragola G, Zylka MJ. 2016. Identification of chemicals that mimic transcriptional changes associated with autism, brain aging and neurodegeneration. *Nat Commun* 7(1):11173, PMID: , 10.1038/ncomms11173. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar][Ref list]
- Perrone, G.; Ferrara, M.; Medina, A.; Pascale, M.; Magan, N. Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change scenario: Ecology, genomics, distribution, prediction and prevention of the risk. *Microorganisms* 2020, 8, 1496
- Pescador, L., Fernandez, I., Pozo, M. J., Romero-Puertas, M. C., Pieterse, C., and Martínez-Medina, A. (2022). Nitric oxide signalling in roots is required for MYB72-dependent systemic resistance induced by *Trichoderma* volatile compounds in *Arabidopsis*. *J. Exp. Bot.* 73, 584–595. doi: 10.1093/jxb/erab294
- Peterson SW, Varga J, Frisvad JC, Samson RA. Phylogeny and subgeneric taxonomy of *Aspergillus*. *Aspergillus*. 2008;57:32
- Pitt J.I., Hocking A.D. (1997a): *Aspergillus* and related teleomorphs. 339-417. p. In: *Fungi and food spoilage*. Cambridge: Great Britain at the University Press, 593 p.
- Pollard-Flamand J., Boulé J., Hart M., Úrbez-Torres J. R. (2022). Biocontrol activity of *Trichoderma* species isolated from grapevines in British Columbia against botryosphaeria dieback fungal pathogens. *J. Fungi* 8:409. doi: 10.3390/jof8040409
- Probst C., Schulthess F., Cotty, P. J. “Impact of *Aspergillus* section *Flavi* community structure on the development of lethal levels of aflatoxins in Kenyan maize (*Zea mays*),” *Journal of Applied Microbiology*, vol. 108, no. 2, pp. 600–610, 2010.
- Probst, C., & Hozzein, W. N. (2007). Aflatoxin contamination of food in Africa. *Food Control*, 18(5), 713-718. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.04.006
- Probst, C., Schulthess, F., Cotty, P.J., 2010. Impact of *Aspergillus* section *Flavi* community structure on the development of lethal levels of aflatoxins in Kenyan maize (*Zea mays*). *Journal of Applied Microbiology* 108, 600–610
- Rees H. J., Drakulic J., Crome M. G., Bailey A. M., Foster G. D. (2022). Endophytic *Trichoderma* spp. can protect strawberry and privet plants from infection by the fungus *Armillaria mellea*. *PLoS One* 17:e0271622. doi: 10.1371/journal.pone.0271622
- Risoli S., Cotrozzi L., Sarrocco S., Nuzzaci M., Pellegrini E., Vitti A. (2022). *Trichoderma*-induced resistance to *Botrytis cinerea* in *Solanum* species: a meta-analysis. *Plan. Theory* 11:180. doi: 10.3390/plants11020180

- Samson RA, Houbraeken J, Summerbell RC, Flannigan B, Miller JD (2001). "Common and important species of fungi and actinomycetes in indoor environments". *Microorganisms in Home and Indoor Work Environments*. CRC. pp. 287–292. ISBN 978-0415268004.
- Samuels G. J., Dodd S. L., Lu B. S., Petrini O., Schroers H. J., Druzhinina I. S. (2006). The *Trichoderma koningii* aggregate species. *Stud. Mycol.* 56, 67–133. doi: 10.3114/sim.2006.56.03
- Sánchez-Montesinos B., Santos M., Moreno-Gavira A., Marín-Rodulfo T., Gea F. J., Diáñez F. (2021). Biological control of fungal diseases by *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum* and its compatibility with fungicides. *J. Fungi* 7:598. doi: 10.3390/jof7080598
- Sanchis, V., and Magan, N. (2004). "Environmental profiles for growth and mycotoxin production, Chapter 8," in *Mycotoxins in Food: Detection and Control*, eds N. Magan and M. Olsen (Cambridge, MA: Woodhead Publishing Ltd), 174–189.
- Schmidt-Heydt, M., & Geisen, R. (2008). Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*: Influence of environmental factors. *Journal of Applied Microbiology*, 104(6), 1807-1817. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2008.03792.x
- Simon JM, Paranjape SR, Wolter JM, Salazar G, Zylka MJ. 2019. High-throughput screening and classification of chemicals and their effects on neuronal gene expression using RASL-seq. *Sci Rep* 9(1): 4529, PMID: , 10.1038/s41598-019-39016-5. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar][Ref list]
- Snowdon A L (1990), *A Colour Atlas of Post-harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables. 1. General Introduction and Fruits*, London, Wolfe Scientific
- Snowdon A L (1991), *A Colour Atlas of Post-harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables. 2. Vegetables*, London, Wolfe Scientific
- Sun J., Karuppiah V., Li Y., Pandian S., Kumaran S., Chen J. (2022). Role of cytochrome P450 genes of *Trichoderma atroviride* T23 on the resistance and degradation of dichlorvos. *Chemosphere* 290:133173. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.133173
- Sun R. Y., Liu Z. C., Fu K., Fan L., Chen J. (2012). *Trichoderma* biodiversity in China. *J. Appl. Genet.* 53, 343–354. doi: 10.1007/s13353-012-0093-1
- Tilocca B., Cao A., Migheli Q. (2020). Scent of a killer: microbial volatilome and its role in the biological control of plant pathogens. *Front. Microbiol.* 11:41. doi: 10.3389/fmicb.2020.00041

- Tyskiewicz R., Nowak A., Ozimek E., Jaroszuk-Ścisel J. (2022). Trichoderma: the current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *Int. J. Mol. Sci.* 23:2329. doi: 10.3390/ijms23042329
- Tyskiewicz, R., Tomczak, A., & Kowalski, J. (2022). The role of Trichoderma fungi in improving plant growth and nutrient uptake. *Applied Soil Ecology*, 173, 104377. DOI: 10.1016/j.apsoil.2021.104377
- U.S. Geological Survey. 2017. Estimated Agricultural Use for Azoxystrobin.
- Van Egmond, H. P. (1991). Mycotoxins *Inter. Dairy Fed. Special Issue*, 9101, 131±145
- Varga J., Kocsubé S., Szigeti Gy., Man V., Tóth B., Vágvölgyi Cs., Bartók, T. (2012): Black aspergilli and fumonisin contamination in onions purchased in Hungary. *Acta Alimentaria*, 41 (4) 414-423. p.
- Vicente I., Baroncelli R., Morán-Diez M. E., Bernardi R., Puntoni G., Hermosa R., et al.. (2020). Combined comparative genomics and gene expression analyses provide insights into the terpene synthases inventory in *Trichoderma*. *Microorganisms* 8:1603. doi: 10.3390/microorganisms8101603
- Vijaya Kumar V. Aflatoxins: Properties, Toxicity and Detoxification. *Nutr. Food Sci. Int. J.* 2018;6:555696. doi: 10.19080/NFSIJ.2018.06.555696.
- Walter H, Tobler H, Gribkov D and Corsi C, Sedaxane, Isopyrazam and SOLATENOL™: novel broad-spectrum fungicides inhibiting succinate dehydrogenase (SDH) – synthesis challenges and biological aspects. *Chimia* 69:425–434 (2015)
- Wang R., Liu C., Jiang X., Tan Z., Li H., Xu S., et al.. (2022). The newly identified *Trichoderma harzianum* partitivirus (ThPV2) does not diminish spore production and biocontrol activity of its host. *Viruses* 14:1532. doi: 10.3390/v14071532
- Wannop, C. C.: 1961. The histopathology of turkey „X” disease in Great Britain. *Avian diseases*. 5: 371-381 Blount WP. Turkey “X” disease. *J Br Turk Fed* 1961;9:52– 4.
- Wheeler, M. H., & Gibbons, N. E. (1993). The role of *Aspergillus* species in the production of mycotoxins. *Mycopathologia*, 122(3), 145-157. DOI: 10.1007/BF01103101
- WHO Mycotoxins. 2018. [(accessed on 19 September 2022)]
- Williams J. H., Phillips T. D., Jolly P. E., Stiles J. K., Jolly C. M., Aggarwal D., “Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions,” *the American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 80, no. 5, pp. 1106–1122, 2004.

- Yu J., "Genetics and biochemistry of mycotoxin synthesis," in *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Application*, D. K. Arora, Ed., vol. 21, pp. 343-361, Mercel Dekker, New York, NY, USA, 2004
- Yu J., "Current understanding on aflatoxin biosynthesis and future perspective in reducing aflatoxin contamination," *Toxins*, vol. 4, no. 11, pp. 1024–1057, 2012
- Zheng H., Qiao M., Lv Y., Du X., Zhang K. Q., Yu Z. (2021). New species of *Trichoderma* isolated as endophytes and saprobes from Southwest China. *J. Fungi* 7:467. doi: 10.3390/jof7060467

Ábrák, táblázatok jegyzéke

1. ábra: A <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága a 3. napon (Biokontroll index).. Hiba! A könyvjelző nem létezik.	
2. ábra A <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága a 7. napon (Biokontroll index).....	20
3. ábra A <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága a 7. napon (Biokontroll index) ... Hiba! A könyvjelző nem létezik.	
4. ábra Védekezés az <i>Aspergillus flavus</i> micélium növekedése ellen <i>Trichoderma</i> fajokkal a hetedik napon.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
5. ábra A <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága (BCI%) a 3. napon <i>Aspergillus niger</i> gombával szemben	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
6. ábra A TR05-ös készítmény a vizsgálat harmadik napján	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
7. ábra <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága (Inh%) az <i>Aspergillus niger</i> gombával szemben a harmadik napon.....	24
8. ábra <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága (Inh%) az <i>Aspergillus niger</i> gombával szemben a harmadik napon.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
9. ábra <i>Trichoderma</i> fajok hatékonysága (Inh%) az <i>Aspergillus niger</i> gombával szemben a 4. napon	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
10. ábra A TR06-os törzs a vizsgálat negyedik napján.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik. 11
11. ábra A TR05-ös törzs az <i>Aspergillus niger</i> micélium növekedésére a vizsgálat negyedik napján	28
12. ábra A TR05-ös törzs az <i>Aspergillus niger</i> micélium növekedésére a vizsgálat negyedik napján	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
13. ábra A TR04-es készítmény az <i>Aspergillus niger</i> növekedésére a vizsgálat negyedik napján	28
14. ábra A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az <i>Aspergillus flavus</i> micélium növekedése a harmadik napon.....	29
15. ábra Az Amistar készítmény vizsgált dózisa az <i>Aspergillus flavus</i> micélium növekedésére a vizsgálat harmadik napján.....	30
16. ábra A Propulse és Prosaro készítmények a vizsgálat harmadik napján.....	30
17. ábra A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az <i>Aspergillus flavus</i> micélium növekedésére az ötödik napon.....	31
18. ábra Az Amistar készítmény vizsgált dózisa a vizsgálat ötödik napján.....	32
19. ábra A Propulse készítmény vizsgált dózisa a vizsgálat ötödik napján	33
20. ábra A Prosaro készítmény vizsgált dózisa az <i>Aspergillus flavus</i> micélium növekedése ellen vizsgálat ötödik napján.....	33
21. ábra A készítmények különböző dózisainak vizsgálata az <i>Aspergillus niger</i> növekedésére a harmadik napon.....	34
22. ábra Az Amistar készítmény vizsgált dózisa az <i>Aspergillus niger</i> ellen a vizsgálat harmadik napján	35
23. ábra A Propulse és Prosaro készítmények vizsgált dózisa <i>Aspergillus niger</i> micélium növekedése ellen a vizsgálat harmadik napján	36
24. ábra A készítmények különböző dózisainak hatékonysága az <i>Aspergillus niger</i> micélium növekedésére az ötödik napon.....	37
25. ábra Az Amistar, Propulse, és Prosaro készítmények legmagasabb vizsgált dózisa az <i>Aspergillus niger</i> micélium növekedésére a vizsgálat ötödik napján.....	38

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Csüllög Kittinek a sok segítséget, és a belefektetett munkáját a kutatásomban való részvételben, amelyek hozzájárultak a szakdolgozatom elkészüléséhez. Továbbá szeretnék köszönetet mondani a szüleimnek a támogatásukért, és hogy lehetővé tették a tanulmányaim folytatását. Végül, szeretném megköszönni a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézetének a vizsgálatomhoz szükséges eszközök biztosítását.