

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A DIÓ TERMÉSROTHADÁSÁNAK KIALAKÍTÁSÁBAN
RÉSZTVEVŐ GOMBAPOPULÁCIÓK VIZSGÁLATA ÉS A
FAJOK IDENTIFIKÁLÁSA HAGYOMÁNYOS
MIKROBIOLÓGIAI ÉS MOLEKULÁRIS GENETIKAI
MÓDSZERREL**

Zabiák Andrea

Témavezető: Prof. Dr. Karaffa Erzsébet Mónika



DEBRECENI EGYETEM

Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen, 2024

Tartalomjegyzék

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI	2
2. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	4
2.1. Mintavételezés, mintavételezési helyek	4
2.2. A dió különböző növényi részeinek mikrobapopulációjának kitenyésztése	5
2.3. A tenyészetek morfológiai és molekuláris biológiai azonosítása	5
2.4. Látens fertőzöttség meghatározása ONFIT technikával.....	6
2.5. Hőmérséklet hatása <i>Botryosphaeria</i> és <i>Diaporthe</i> izolátumok növekedésére.....	6
2.6. Patogenitási teszt éretlen diótermésen	7
2.7. Dió- és almaágak mesterséges fertőzése	7
2.8. Fungicidek hatása a dió terméskárosodását okozó gombákra	8
2.9. Az <i>Epicoccum nigrum</i> és a <i>Trichoderma gamsii</i> antagonisták vizsgálata	8
2.10. A törzsek mikroszatellitjeinek vizsgálata	9
2.11 Az adatok kiértékelése során alkalmazott statisztikai módszerek	9
3. EREDMÉNYEK	10
3.1. A diófa részeinek fonalas gombapopulációja a kora nyári időszakban	10
3.2. Diótermések fonalas gombaközössége 2018-ban.....	11
3.3. A rügyek mikrobaközössége	12
3.4. Látens fertőzöttség meghatározása ONFIT technikával.....	13
3.5. Diótermések gombaközösségének vizsgálata érett terméseken 2019-ben	13
3.6. Hőmérséklet hatása <i>Botryosphaeria</i> és <i>Diaporthe</i> izolátumok növekedésére.....	14
3.7. Patogenitási teszt éretlen diótermésen.....	15
3.8. Diófa ágak patogenitási tesztje tünetes diótermésekből izolált kórokozókkal	16
3.9. Almafa ágainak inokulálása tünetes diófa szövetekből izolált kórokozókkal	17
3.10. Fungicidek hatása a dió terméskárosodását okozó gombákra	17
3.11. Az <i>Epicoccum nigrum</i> és a <i>Trichoderma gamsii</i> antagonisták vizsgálata	18
3.12. A törzsek mikroszatellitjeinek vizsgálata.....	18
4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI.....	19
5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....	21
6. IRODALOMJEGYZÉK.....	22
7. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK.....	27

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

A közönséges dió (*Juglans regia* L.) egy ősi növény, egyike a 25 gyümölcsfajnak, melyet már az új kőkorszakban is ismertek (Rapaics, 1940). Fő génközpontja Perzsia, de őshonosnak tekinthető Magyarországon is, mely egyike a szekunder géncentrumoknak (Vavilov, 1928). Számos egészségre gyakorolt kedvező hatása van, amelyek kémiai összetételének köszönhetők. Rendszeres fogyasztása hozzájárul a szívkoszorúér-betegségek kockázatának csökkentéséhez (Davis et al., 2007). Ezen felül kitűnő forrása az esszenciális zsírsavaknak és a tokoferoloknak (Amaral et al., 2003; 2004). A dió Magyarországon a harmadik legnagyobb területen termesztett gyümölcs, a hozam azonban az utóbbi években folyamatos csökkenést mutat a betakarított területek növekedésének dacára, viszont a külkereskedelmi egyenleg a héjas diót tekintve pozitív (FAOSTAT, 2021). A hazai ültetvényeken az utóbbi évtizedben a globalizáció és az éghajlati változások eredményeként új, a diótermést veszélyeztető kórokozók és kártevők jelentek meg (Voigt–Tóth, 2013; Kovács et al., 2018). A gombák okozta, a diófa minden részét érintő megbetegedése világszerte jelen lévő probléma, mely jelentős veszteséget idéz elő az ágazatban (Chen et al., 2014; Meng et al., 2018; Moral et al., 2019).

A Botryosphaeriaceae és Diaporthaceae családok tagjait gyakran azonosítják kórokozóként számos fás szárú növényben, a diófában is (León et al., 2020; López-Moral et al., 2020; Luna et al., 2022). Hazánkban a termesztők a 2010-es évek közepén szembesültek a súlyos növényvédelmi kihívással a diótermések feketedése, aszalódása és penészesedése következtében. Előzetes felmérés során a bélállományok vizsgálatát követően nagy arányban tenyésztettünk ki *Diaporthe* és *Diplodia* nemzetségekbe tartozó gombákat (Kovács et al., 2018). Ezek a kórokozók képesek életben maradni a nyugalmi állapotban lévő és elhalt növényi részekben, majd a sebzéseken keresztül behatolni a növényi szövetekbe (Moral et al., 2019; López-Moral et al., 2020). Ezek a sérülések létrejöhetnek a metszés következtében, de fertőzési kaput jelenthetnek a patogének számára a nap okozta égés, a jégeső vagy az állatok okozta sebek (Michailides, 1991; Michailides et al., 2014).

A Botryosphaeriaceae és Diaporthaceae gombák elterjedését tovább súlyosbíthatja a klímaváltozás felgyorsulása, ami komoly veszélyeket tartogathat a diókereskedelem számára (Kybartaitė et al., 2020; Garcia et al., 2021). Az ősszel és télen bekövetkező fertőzések általában tünetmentesek maradnak a következő év nyaráig, mialatt az inokulum források jelentősen felhalmozódhatnak. Ezt követően, a Botryosphaeriaceae fajok által kiváltott

betegségek kitörésének kockázata a bő csapadékkal járó időszakokban tetőzik, mivel a fertőzés főként a víz által szállított konídiumokkal terjed (Ahimera et al., 2004; Michailides–Morgan, 2004). Azonban ha egy csapadékos évet egy aszályos év követ, a Botryosphaeriaceae fajok által okozott tünetek jellemzően súlyosak, mivel a víz stressz növeli a gazdanövény fogékonyságát a fertőzésekkel szemben (Marsberg et al., 2016).

A diófa különböző részeinek fertőzöttségének vizsgálata elengedhetetlen a betegség megismeréséhez és a kezelések optimális időpontjainak meghatározásához. Ennek egyik eszköze a BUDMON (Bud monitoring), mely során a rügyek mikrobiológiai állapotát tanulmányozhatjuk a nyugalmi időszak végén, ezzel segítve a gazdálkodókat a megfelelő növényvédelmi intézkedésekkel kapcsolatos döntésekben (Moral et al., 2019). A kora nyári időszakban, a zöld dió kifejlődésekor alkalmazható technika az ONFIT (Over Night Freezing Incubation Technique), mely során a növényi minta fagyasztását követően felderíthetővé válnak az esetleges látens kórokozók, ezáltal képet kapunk a betakarításkor várható fertőzöttségről és az ültetvény állapotáról (Michailides et al., 2000). Ezen módszerek továbbá hozzásegíthetnek a fertőzési utak meghatározásához.

Ugyan fő probléma a termések károsodása, nem mehetünk el a Botryosphaeriaceae és Diaporthaceae család fás szöveteket kolonizáló tulajdonsága mellett (Agustí-Brisach et al., 2019). Hazánkban az ágak megbetegedése, rákosodása és elhalása nem öltött még súlyos mértéket a diófákon, a termések fogékonyabbnak és érzékenyebbnek tekinthetők ebből a szempontból (Zabiák et al., 2023). Kaliforniában azonban okoztak már jelentős veszteségeket ezen gombák ilyen módon (Chen et al., 2014). A kérdés pedig felvetődhet, hogy a fokozottan fertőzött termésekben található patogén gombák elterjedhetnek-e a fa más szöveteiben, ahogyan azt Moral és munkatársai is tapasztalták a dión (Moral et al., 2019). Ennek tanulmányozása lényeges lehet nem csak a dióra nézve, hanem a kórokozók számára kedvező klimatikus viszonyok tekintetében is, mely akár új gazda-kórokozó kapcsolatokat is eredményezhet például a dióval szomszédos kultúrák esetén, aminek következtében új betegségek alakulhatnak ki (Davis–Shaw, 2001).

A dió terméskárosodásában szerepet játszó gombafajokat tanulmányozó munkám során végzett kísérletek célja volt (1) a diófa különböző részeiben jelen lévő gombák kitenyésztése és a kórokozók meghatározása morfológiai és molekuláris biológiai markerek segítségével, (2) a kórokozó gombák optimális növekedési hőmérsékletének, (3) valamint a zöld diótermésekre és -ágakra gyakorolt patogenitásának tanulmányozása. A klímaváltozás potenciális következményeként fellépő új gazdanövény-kórokozó kapcsolatok feltárására (4) vizsgáltuk a patogén fajok fertőzőképességét almaágakon. Továbbá célul tűztük ki (5) a

betegségben szerepet játszó nemzetségekbe tartozó törzsekkel szembeni kémiai és biológiai védekezési lehetőségek vizsgálatát és (6) az izolált gombatörzsek populációgenetikai tanulmányozását.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Mintavételezés, mintavételezési helyek

A kutatás során a vizsgálatokhoz szükséges növényi részeket négy északkelet-magyarországi és egy alsószentiváni dióültetvényből gyűjtöttük be (**2. ábra**), melyek közül az egyik a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Újfehértói Kutatóintézetében (AKIT, ÚJKI) (a vizsgálat idején NAIK Gyümölcsstermesztési Kutatóintézet Újfehértói Kutatóállomás) található, a fennmaradó négy pedig kereskedelmi ültetvény.

Nem gyűjtöttünk mintát az ültetvények szélső soraiban található fákról. A különböző növényi részek begyűjtésének megkezdése előtt, valamint az egyes minták között alkohollal és leégetéssel sterilizáltuk a metszőollókat, valamint a gumikesztyűt is rendszeresen fertőtlenítettük. A begyűjtött növényi részeket tiszta zacskóba helyeztük, és a feldolgozásig 4 °C-on tároltuk.

Az fiatal ágak mintavételezését 2018 júniusában végeztük. Kis kiterjedésű nektorikus elváltozásokat mutató és termőtestekkel rendelkező, valamint tünetmentes mintákat gyűjtöttünk be a lombkorona alsó részéről a patogén gomba nemzetségek és az esetleges látens fertőzés meghatározásához. Mind a négy kelet-magyarországi mintavételezési hely felmérése során 10 fáról 10-10 darab három éves ágat gyűjtöttünk be. Ezen kívül összesen kilenc tünetmentes rügyet és hét barna foltos zöld termést is bevontunk a vizsgálatba.

A következő mintavételezés a betakarításkor történt, mely során tünetes és tünetmentes terméseket is gyűjtöttünk három ültetvényből (Hajdúdorog, Jánkmajtis, Tarpa), összesen 200 db-ot.

A nyugalmi időszak végén, 2019 márciusában 150 db tünetmentes porzós és 10 db termős rügyet szedtünk a jánkmajtisi ültetvényből. A vizsgálat célja a látens fertőzés meghatározása és a fertőzöttség felmérése volt. A technika elnevezése BUDMON (Michailides et al., 2014).

Az ONFIT vizsgálatához 2019 júniusában 38 tünetes és 32 tünetmentes diót gyűjtöttünk be Jánkmajtisról, valamint 50 tünetes termést Alsószentivánról. A tünetek között szerepeltek nagyobb kiterjedésű sötétbarna elváltozások, valamint apró foltok a zöld héj felszínén.

2019-ben a betakarításkor Alsószentiván (43 db), Tarpa (42 db) és Jánkmajtis (50 db) területén található kereskedelmi dióültetvényekből gyűjtöttünk be diókat. A vizsgálataink

során szerzett tapasztalatok alapján kiterjesztett növényvédelmi kezeléseket alkalmaztak ebben az évben Jánkmajtison, de kísérleti beállítás nem történt. A Folicur Solo készítményt azonban két hónappal korábban alkalmazták a 2018-as évben történő időzítéshez képest, valamint a kijuttatást megismételték 10 nap elteltével, mely szintén elmaradt az ezt megelőző évben.

2.2. A dió különböző növényi részeinek mikrobapopulációjának kitenyésztése

A kutatómunka során megvizsgáltuk a diófa különböző növényi részeinek patogén mikrobaközösségét annak feltérképezésére, hogy a dióbélrothadással kapcsolatba hozható *Botryosphaeriaceae* és *Diaporthe* kórokozók milyen arányban vannak jelen az ágakban, termésekben és rügyekben.

A növényi minták külső rétegét, amennyiben szükséges volt steril szikével eltávolítottuk, majd a szövetdarabot négy részre daraboltuk és Falkon-csőbe helyeztünk, ezt követően egy percig áztak a növényi részek 10%-os klorogén-szeszkvihidrát (Neomagnol, Parma Produkt Ltd.) és 0.1%-os Tween20 oldatban (Merck KGaA), a rügyek esetében pedig 5%-os NaClO-oldatban. A fertőtlenítőszer dupla steril vizes öblítéssel mostuk le a minták felületéről.

2.3. A tenyészetek morfológiai és molekuláris biológiai azonosítása

A tenyészetek nemzetség szintű azonosításához a telepek színét és textúráját, mint makromorfológiai jellemzőket vizsgáltuk. Az ivartalan termőtesteket, valamint a konídiumok alakját és méretét Zeiss AxioImager fáziskontraszt mikroszkóppal és AxioCam MRC5 kamerával (Zeiss) vizsgáltuk (Jacobs–Rehner 1998; Andersen et al., 2002; Summerell et al., 2003; Gomes et al., 2013; Visagie et al., 2014).

A genomi DNS-t NucleoSpin Plant II Kittel (Macherey-Nagel) kivontuk a gyártó protokolljában található utasítások szerint. Az azonosítandó izolátumok tenyészeinek micéliumait feltáró gyöngyöt és lízispuffert tartalmazó csövekbe (Zymo Research Corp) helyeztünk. A PCR reakciók során az ITS régió és a *tef1* gén felszaporítását végeztük el ITS1 és ITS4 (IDT) (White et al., 1990), valamint EF1-728F és EF1-986R (IDT) (Carbone–Kohn, 1999) primerpárok és Bio-Rad T100 típusú készülék alkalmazásával. A PCR-elegyek végső térfogata 25 μ l volt, amely 12,5 μ l DreamTaq Green Master Mix-et (Thermo Fisher Scientific), 0,5 μ l primert (10 pmol μ L⁻¹), 10,5 μ l nukleázmentes vizet és 1 μ l DNS-t (10 ng μ L⁻¹) tartalmazott.

Az amplifikáció 3 perces kezdeti denaturációs ciklussal kezdődött 95 °C-on, amit 35 ciklus követett 30 sec 95 °C-on, 45 sec 56 °C-on ITS, 55 °C-on *tef1* primerek esetén, majd 60 sec 72 °C-on. A program utolsó fázisa a végső lánchosszabbítás volt 72 °C-on 5 percig.

A PCR reakció sikerességét gélelektroforézissel ellenőriztük 1%-os agaróz gél (Bioline) és 4 µL EcoSafe (Pacific Image Electronics) festék alkalmazásával, 100V-os 60 perces futtatással (Bio-Rad). A bázispárok hosszúságának meghatározásához 5 µl FastRuler Low Range (Thermo Scientific) létrát jutattunk a szélső zsebekbe.

A termékek tisztításához NucleoSpin Gel, PCR Clean Up Kit-et (Macherey-Nagel) alkalmaztunk. A szekvenáláshoz külső szolgáltatót vettünk igénybe (Mirosynth GmbH). A kapott szekvenciákat BLAST algoritmussal elemeztük, és összevetettük a GenBank adatbázisban található típustörzsekkel (<http://ncbi.nlm.nih.gov/blast/>).

A filogenetikai elemzéshez a szekvenciákat először a Clustal-X programban összeillesztettük (Larkin et al., 2007). Az eredményül kapott illesztést ellenőriztük, és ahol szükséges volt Genedoc (Nicholas et al., 1997) segítségével korrigáltunk. A filogenetikai elemzést a MEGA 7.0 programmal végeztük el az összeállított DNS-illesztéseket használva bemenetként (Kumar et al., 2016). A törzsfa elkészítéshez Maximum likelihood módszert alkalmaztunk, valamint Tamura 3-paraméteres modellt (Tamura, 1992). Az elágazások pontosításához 1000-szeres Bootstrap-analízist végeztünk.

2.4. Látens fertőzöttség meghatározása ONFIT technikával

A zöld dió patogén mikrobiomját ONFIT módszerrel (Michailides et al., 2010) vizsgáltuk. Az egyéjszakás fagyasztási és inkubációs technika eredetileg a *Monilinia fructicola* csonthéjas gyümölcsökben történő kimutatására használták (Michailides et al., 2000). Felületi fertőtlenítéssel eltávolítjuk a dióburkon lévő szennyeződéseket, így az inkubációt követő micélium megjelenése csak a patogén gombák fertőzésének tulajdonítható. Ezzel a módszerrel feltárhatók a látens fertőzések és a tünetek potenciális kiváltói, valamint támpontot nyújthat a betakarítási időszakban várható veszteség előrejelzéséhez.

Első lépésként fertőtlenítettük a mintákat az előző fejezetben olvasható módszerrel (Kovács et al., 2017). A zöld diókat ezután -16 °C-on 15 órán át inkubáltuk, majd fertőtlenített műanyag edényekbe helyeztük, és magas relatív páratartalom mellett 14 napig, 25 °C-on inkubáltuk sötétben. A burok felszínén számos esetben specifikus micéliumok és piknídiumok voltak megfigyelhetők, melyeket PDA táptalajra oltottunk le.

2.5. Hőmérséklet hatása *Botryosphaeria* és *Diaporthe* izolátumok növekedésére

Négy *Diaporthe* eres (J2034, J2028, JT2024, JT2050) és két *Botryosphaeria dothidea* (JT2015, T2016) izolátum telepképzéséhez szükséges optimális hőmérsékletét elemeztük. A törzseket leoltottuk PDA táptalajra, majd a hét napos gombatelepek aktívan növekvő széléről steril dugófúróval 10 mm-es micéliumkorongot vágunk ki és helyeztünk PDA táptalajra

három ismétlésben, és 15, 20, 25, 30 és 35 °C-ra, sötétbe. A legkisebb és a legnagyobb telepátmérőt rögzítettük az 1-4., valamint a 7. napon.

2.6. Patogenitási teszt éretlen diótermésen

A patogenitási vizsgálatot dióágból, rügyből és termésből izolált *Diaporthe eres* és *Diplodia seriata* fajokba tartozó izolátumokkal végeztük zöld dión. A tesztet 2018 augusztusában állítottuk be Chen és munkatársai (2014) leírása alapján. A vizsgálathoz tüneteket nem mutató 'Milotai 10' fajtájú zöld diókat gyűjtöttünk be, amelyek az AKIT ÚJKI tulajdonában lévő újfehértói ültetvényről származtak. A vizsgálatba öt *D. eres* (J1004, T1010, U1001, U1003, U1008) és három *D. seriata* (D1012, U1012, U1013) törzset vontunk be patogén kórokozóként.

A kórokozók virulenciáját a burkon és a bélállományon McKinney-index kiszámításával számszerűsítettük (Imc%) (McKinney, 1923), melyhez osztályoztuk a mintákat a tünetek súlyossága alapján (**1. ábra**).



1. ábra: Mesterséges megfertőzés hatására különböző mértékben károsodott termékek

2.7. Dió- és almaágak mesterséges fertőzése

Annak meghatározására, hogy a diótermésből származó patogén izolátumok képesek-e a diófa ágainak szövetein is tünetet okozni, patogenitási tesztet állítottunk be. Ehhez egészséges ágmintákat gyűjtöttünk a Debreceni Egyetem Bemutatókertjében. A mesterséges fertőzést három db *Botryosphaeria dothidea* (JT2015, JT2035, T2016) és hat db *Diaporthe eres* (J2012, J2023, J2024, J2028, J2034, JT2050) izolátummal végeztük el Tang és munkatársai (2011) leírása alapján. Négy hét inkubációt követően szemrevételeztük a patogén gombák által okozott tüneteket a kérgen és a belső szövetekben, valamint lemértük a léziók kiterjedését.

A dión kívül más növényfaj dió kórokozókkal szembeni fogékonyságának és a patogének fertőzési módjának lehetőségeinek meghatározását is vizsgáltuk a kutatómunka során. Kelet-magyarországi mintázásaink során figyeltük meg, hogy a dióültetvények közelében alma és más csonthéjas ültetvények találhatók. Felvetődött a kérdés, hogy a dióültetvényekben

pusztító gombás betegség veszélyt jelenthet-e az almaültetvényekre, mely keresztfertőződés útján akár fel is ütheti a fejét. A keresztfertőzés lehetőségének bizonyításához tanulmányoztuk, hogy a vizsgálataink során dióágból izolált *Diplodia seriata* (D1011), valamint dióbélből izolált *Botryosphaeria dothidea* (JT2015) és *Diaporthe eres* (JT2036) izolátumok képesek-e tünetet okozni almafa ágakon *in vitro*. A tünetet nem mutató almafa ágakat a Debreceni Egyetem Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepéről gyűjtöttük be 2019 tavaszán. A vizsgálatot a dióág mesterséges befertőzésekor alkalmazott módszerrel állítottuk be.

2.8. Fungicidek hatása a dió terméskárosodását okozó gombákra

A növényvédő szerek hatását mérgezett agar lemezes módszerrel vizsgáltuk. Két *Diaporthe eres* (J2028, J2034) és egy *Botryosphaeria dothidea* (JT2015) izolátum érzékenységét teszteltük *in vitro*, melyeket előzetes kutatómunkánk során rothadt dióbélből tenyésztettünk ki és azonosítottunk ITS és *tefl* markerszekvenciák alapján.

A három patogén izolátum érzékenységét négy hatóanyag vagy hatóanyag kombináció jelenlétében vizsgáltuk [ciprodinil 37,5% + fludioxonil 25% (Switch), fluopiram 17,7% + tebukonazol 17,7% (Luna Experience), tebukonazol 25% (Folicur Solo), valamint fluopiram 21,3% + trifloxistrobin 21,3% (Luna Sensation)]. A készítményeket PDA (Biolab, Magyarország) táptalajba kevertünk, majd a szilárd agarra helyeztünk a vizsgált patogén izolátumok egy hetes tenyészetéből egy-egy 10mm-es micéliummal átszőtt táptalajkorongot. 25 °C-on hét napig inkubáltuk őket, majd rögzítettük a telepátmérőket, a kapott értékekből pedig gátlási indexet (Pandey et al., 1982) számoltunk.

A tebukonazolra vonatkozó EC50 érték kiszámításához a szert az engedélykiratán feltüntetett legalacsonyabb üzemi koncentrációban, illetve annak 1-10000-szeres hígításában, 47,5 – 0,00475 mg/l koncentrációban alkalmaztuk. Kontrollként fungicidet nem tartalmazó PDA táptalajra oltott tenyészetek szolgáltak. Az inkubációs idő után lemértük a telepátmérőket, és meghatároztuk a fungicidek micéliális növekedésgátlását (I%). Az EC50 kiszámításához lineáris regressziós analízist végeztünk (Pasche et al., 2004).

2.9. Az *Epicoccum nigrum* és a *Trichoderma gamsii* antagonisták vizsgálata

Diórügyből izolált *Epicoccum nigrum* (génbanki azonosító: MT111108) és Kovács és munkatársai (2021) által izolált TR08-as *Trichoderma gamsii* (OK560831) növekedésgátló hatását direkt konfrontációban vizsgáltuk. A kísérlet során az antagonisták gátló hatását két *Diaporthe eres* (J2028, J2034), egy *Botryosphaeria dothidea* (JT2015) és egy *Diplodia seriata* izolátummal (D1011) szemben tanulmányoztuk. A tenyészetek aktív növekedési

zónájából egy-egy micéliumkorongot PDA lemezre helyeztünk, egymástól három cm-re. Az inkubációs idő eltelte után az antagonisták micéliális gátlásának mértékét Biokontroll-Index kiszámításával (Szekeres et al., 2006) adtuk meg.

2.10. A törzsek mikroszatellitjeinek vizsgálata

A kutatómunkánk során tanulmányoztuk 34 darab, dióból kitenyésztett izolátumok közötti genetikai diverzitást mikroszatellit markerek segítségével. A vizsgált három faj a *Botryosphaeria dothidea*, a *Diaporthe eres* és a *Diplodia seriata* volt, melyek dióágból, rügyből, vagy termésből származtak.

A rövid DNS szakaszok amplifikálását négy primer alkalmazásával végeztük el, melyek a következők voltak: (ACAC)₅, (GGA)₇, (GTG)₅, M13 (IDT). A PCR elegyet 2 µl primer, 7 µl nukleázmentes víz, 11 µl DreamTaq Green Master Mix, és 2 µl DNS alkotta. A molekuláris biológiai vizsgálatok előtt optimalizáltuk a PCR reakció anellációs hőmérsékletét és a reakcióelegy dNTP koncentrációját, illetve az agarózgél összetételét (SeaKem vagy Bioline, 1% és 2%). Az amplifikáció 3 perces kezdeti denaturációs ciklussal kezdődött 95 °C-on, amit 40 ciklus követett 20 sec 95 °C-on, 60 sec 56 °C-on, majd 2 perc 72 °C-on. A program utolsó fázisa a végső lánchosszabbítás volt 72 °C-on 10 percig. A gélelektroforézist követően a gélfotókat FlourChem M (ProteinSimple) berendezéssel készítettük, az eredmények kiértékeléséhez pedig AlphaView Stand Alone programot (ProteinSimple) alkalmaztunk.

Az adatok elemzéséhez az egyes izolátumokat a különböző amplikonok jelenléte vagy hiánya szerint értékeltük. A három vizsgált gombafaj dendrogramját ezt követően UPGMA szoftverrel készítettük el. A létrejött filogenetikai törzsfákat a genetikai távolságok alapján kládokra osztottuk.

2.11. Az adatok kiértékelése során alkalmazott statisztikai módszerek

A kísérletek során kapott adatok kiértékeléséhez nem parametrikus Mann–Whitney U-tesztet alkalmaztunk a csoportok összehasonlítása során, ugyanis az értékek nem teljesítették a paraméteres tesztekkel szemben támasztott feltételeket (normáloszlás, varianciák homogenitása). Az elemzések során alkalmazott szignifikancia szint 5% volt. Az elemzéshez és a diagramok készítéséhez a StatSoft Statistica 7 szoftvert és a MS Excel 2016 programot használtuk.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A diófa részeinek fonalas gombapopulációja a kora nyári időszakban

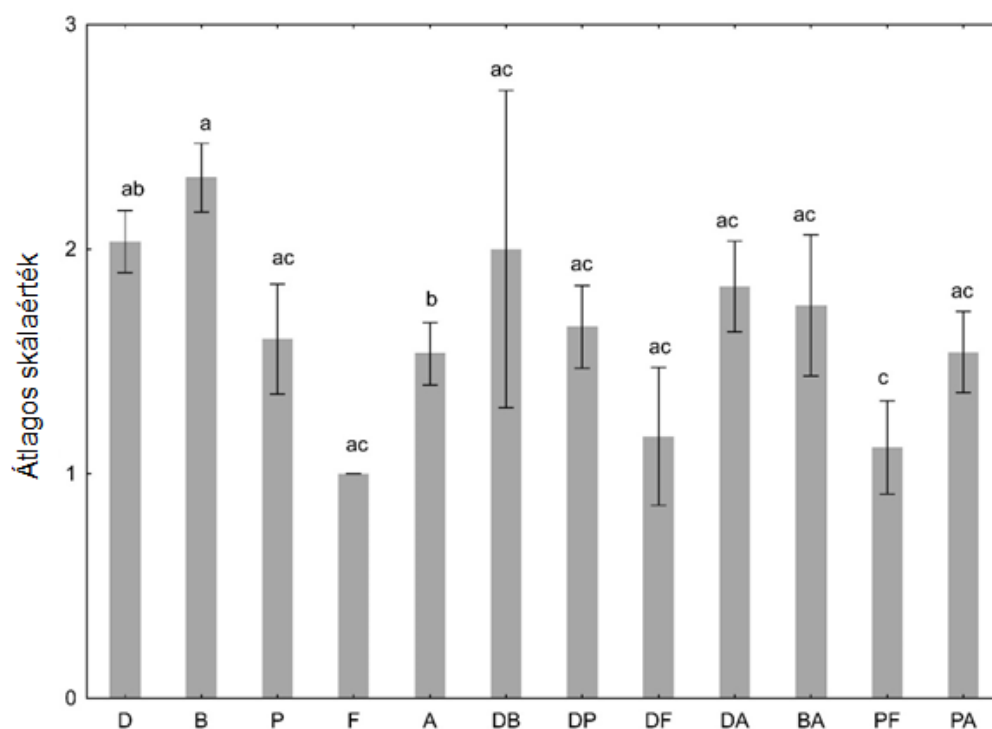
A kutatás egyik legjelentősebb célkitűzése volt a diófa különböző részeiben jelen lévő gombák kitenyésztése és a kórokozók morfológiai és molekuláris biológiai meghatározása.

A korábbi években tapasztalt jelentős termés kiesést elszenvedett ültetvényekben az előzetes felmérés során azt tapasztaltuk, hogy a diófák jó általános állapota mellett barna elváltozásokat mutató fiatal növényi részek is voltak a nyár eleji időszakban. A vizsgálatok során *Diaporthe* és *Diplodia* nemzetségbe tartozó gombákat izoláltunk tünetes ágakból és termésből, valamint tünetmentes rügyből. A 40 vizsgált diófa több mint egyharmada (35%) volt fertőzött ezen kórokozók bármelyikével, melyeket fiatal szövetekből izoláltunk. Az ITS és *tef1* markerszekvenciák alapján az izolált törzsek a *Diplodia seriata* és a *Diaporthe eres* fajokhoz tartoznak. Ezen fajok világszerte elterjedt kórokozók, melyek számos fás szárú gazdaszervezetet képesek kolonizálni, köztük a diót is (Phillips et al., 2007; Gomes et al., 2013; Abramczyk et al., 2018; Fan et al., 2018). Mindkét fajt izolálták már korábban szőlőből (Kovács et al., 2014; 2017), azonban elsőként jelen tanulmányban azonosítottuk molekuláris markerek segítségével is hazai diófákról. *Diplodia seriata* okozta fertőzést több esetben észleltek héjas gyümölcsfák fás részein mediterrán éghajlattal rendelkező területeken (Chen et al., 2014; Sohrabi et al., 2020), valamint az utóbbi években Közép-Európában is (Eichmeier et al., 2020). A *Diaporthe* fajok is kolonizálhatják a diófákat. A nemzetség több tagját azonosították a növényben Chilében (Luna et al., 2022), Kaliforniában (Agustí-Brisach et al., 2019), Spanyolországban (López-Moral et al., 2020) és Kínában (Fan et al., 2018) is. A *D. eres* faj súlyos terméskárosodást okozott mogyoróültetvényekben (Battilani et al., 2018; Eichmeier et al., 2020).

A diófa ágainak fertőződése megtörténhet például metszési sebeken keresztül, melyek a diófa esetén októberben és februárban a műveletet követően legalább négy hónapig érzékenyek maradnak a fertőzésekkel szemben, míg más fás szárú kultúrákban a metszési sebek csupán néhány hétig érzékenyek a nekrotizáló gombákkal szemben (Michailides et al., 2012). A gombák a bejuthatnak a gazdaszervezetbe a növekedés miatt létrejövő repedéseken át, metszés, állatok és az időjárási viszonyok okozta sebeken keresztül is. Az esős időjárás fokozza a gomba spórák fejlődését és terjedését, ami a fitopatogének nagyarányú elszaporodását idézheti elő (Moral et al., 2019; López-Moral et al., 2020). Mivel a magasabb hőmérséklet is elősegíti a gombák fejlődését és szaporodását, a tünetek gyakran csak késő tavasszal jelentkeznek fákon (Moral et al., 2019).

3.2. Diótermések fonalas gombaközössége 2018-ban

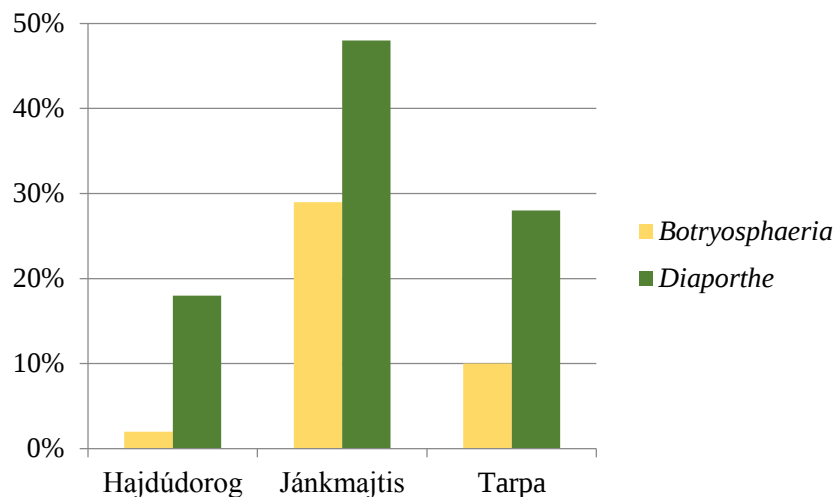
A kutatás során 2018 őszén 200 termést gyűjtöttünk be, melyek 68%-a fogyaszthatatlan állapotú volt, arányuk pedig hasonló volt a három mintázott helyszín tekintetében. A vizsgált termésekben számottevő volt az *Alternaria* spp., a *Botryosphaeria* spp., a *Diaporthe* spp., a *Fusarium* spp. és a *Penicillium* spp. aránya. Kaliforniában is hasonló mikrobiomot tenyésztettek ki dióbélből (Michailides et al., 2012). A nemzetségek McKinney-indexe a *Botryosphaeria* (74%) és *Diaporthe* (62%) nemzetségekbe sorolt izolátumok esetén volt a legmagasabb, mely számszerűen utal a rothadt termések és a két patogén nemzetség közötti kapcsolatra. Az átlagos skálaértékek is ezen nemzetségek önmagukban, valamint együttesen történő kitenyésztése esetén voltak a legnagyobbak (**2. ábra**).



2. ábra: A diótermésekből izolált nemzetségek és a hozzájuk kapcsolódó átlagos skálaértékek

Jelmagyarázat: D=*Diaporthe* spp., B=*Botryosphaeria* spp., P=*Penicillium* spp., F=*Fusarium* spp., A=*Alternaria* spp. Az oszlopok felett található betűk a Mann-Whitney U teszt eredményeit jelentik. A hibásávok a standard hibát jelölik.

A Jánkmajtis közelében található területről származó termések voltak a legfertőzöttebbek *Botryosphaeria* (29%) és *Diaporthe* (48%) gombákkal, amit a tarpai (*Botryosphaeria* spp. 10%, *Diaporthe* spp. 28%), majd a hajdúdorogi (*Botryosphaeria* spp. 2%, *Diaporthe* spp. 18%) ültetvény követett (**3. ábra**)



3. ábra: *Botryosphaeria* és *Diaporthe* nemzetségek aránya a mintázott területekről származó termésekben

Az ITS és *tef1* markerek szekvencia elemzése során a *Botryosphaeria dothidea* és *Diaporthe eres* fajokba soroltuk az izolátumainkat. Horvátország északi részén rothadt szelídgesztenye termésekből izolálták e két fajt (Ivić–Novak, 2018). Kínai dióültetvényekben a *B. dothidea* 20%-50%-os (Li et al., 2023), Kaliforniában pedig 50%-ot meghaladó termésveszteséget okozott a pisztácia termesztőknek (Moral et al., 2019).

3.3. A rügyek mikrobaközössége

A nyugalmi időszak végén monitorozott barkarügyek 44%-ában megtalálható volt a *Diaporthe* spp. patogén gomba, a *Botryosphaeria* nemzetségbe tartozó kórokozók pedig négy rügyből voltak kitenyészthetők. Tíz termésrügyet (csúcsrügy) is mintáztunk, melyek 40-40%-ában jelen voltak a két nemzetségbe tartozó gombák. Ezek alapján elmondható, hogy a módszer (BUDMON) alkalmazható a diófa hím- és nőivarú virágkezdeményeinek fertőzöttségének megállapításához.

Ez az információ támpontot gyűjthet a szakembereknek a fennálló növényvédelmi kockázatok becslésében, és a szükséges kezelések típusának és idejének meghatározásában. A barkarügyek patogén gombák általi kolonizáltsága magában rejtje a beporzáskor történő fertőződést, a termésrügyek esetén pedig látenssen beteg, majd tünetes termések létrejöttét. Michailides és Morgan (2004) hasonló tapasztalt a pisztácia *Botryosphaeria dothidea* által okozott betegségének tanulmányozása során, melyet azzal magyaráztak, hogy a termőtestek ágakon történő áttelelése lehet az eredménye a rügyek fertőzöttségének, ugyanis a spórák a csapadékkal eljuthatnak az újonnan képződő növényi részekre. Ugyan a technika alkalmas

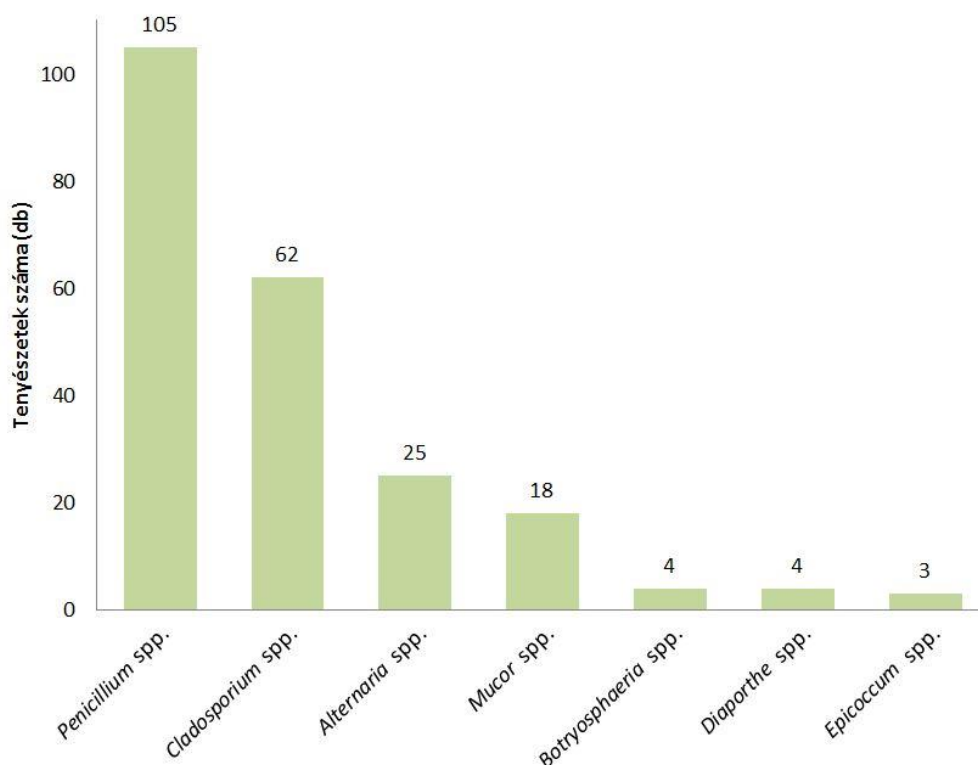
lehet az ültetvények fertőzöttségének becslésére, nem veszi figyelembe a rügyfakadás utáni időjárási viszonyokat (Morgan et al., 2009).

3.4. Látens fertőzöttség meghatározása ONFIT technikával

A zöld diók júniusban végzett ONFIT vizsgálata során csak a tünetes terméseken volt tapasztalható jelentős telepképzés. A *Botryosphaeria* és a *Diaporthe* nemzetségbe sorolható gombákat a tünetes termések 49%-ából tenyésztettük ki. A *Botryosphaeria* spp. 34 zöld termés felületén volt megfigyelhető, míg a *Diaporthe* fajokra jellemző kolóniák 50 mintán jelentek meg, ugyanazon a termésen mindkét nemzetségbe sorolható gombák 25 esetben jelentek meg. A tünetek tehát igen korán, a termésfejlődés alatt jelentkeztek. Látens megbetegedést nem azonosítottunk a kísérlet során. Mivel a *Botryosphaeria* és a *Diaporthe* gombákkal kapcsolatba hozható tünetek már júniusban megfigyelhetők voltak, így javasolt az ONFIT korábbi időpontban történő alkalmazása, amikor még inaktív formában vannak jelen az esetleges kórokozók a termésben.

3.5. Diótermések gombaközösségének vizsgálata érett terméseken 2019-ben

2019 őszén a megelőző évi betakarításkor mintázott terméseinek állapotához képest egészen más eredményt kaptunk, ugyanis a fogyaszthatatlan termések aránya, a mindkét évben mintázott területeket figyelembe véve (Tarpa, Jánkmajtis) 33% volt, míg előző évben 61% volt. A különbség megmutatkozott a kitenyésztett nemzetségek tekintetében is. A vizsgált *Botryosphaeria* és *Diaporthe* spp. diópatogén nemzetségbe sorolható izolátumok jelenléte 6% (4-4 db), míg 2018-ban 64% volt (**4. ábra**). 2019-ben a termések fogyaszthatatlanná válásáért elsősorban a *Penicillium* fajok voltak a felelősek, amelyek legnagyobb mennyiségben voltak kitenyészhetők II-es és III-as osztályba sorolt, azaz részben aszalódott vagy súlyosan rothadt diókból, de gyakran voltak jelen I-es osztályba tartozó termésekben is, melynek köszönhetően 46% volt a nemzetség McKinney-indexe. A 2018-as évhez hasonlóan a *Botryosphaeria* és a *Diaporthe* nemzetségek Imc értéke volt a legmagasabb (67-67%).



4. ábra: 2019 őszén gyűjtött diótermésekből izolált nemzetségekre tartozó tenyészetek száma

A jánkmaajtisi dióültetvényben 2019-ben kiterjesztett növényvédelmi kezelést alkalmaztak, mely hatékonynak bizonyult a betegség megfékezésében. A fogyaszthatatlan termékek aránya 77%-ról 33%-ra csökkent, a diópatogén *Botryosphaeria* és *Diaporthe* nemzetségek pedig a termékek 6%-ából volt kitenyészhető, míg az előző évben ez az érték 77% volt.

Az általunk részletesen vizsgált *Botryosphaeria* és *Diaporthe* nemzetségek jelenléte minimalizálódott a 2019-es évben, azonban az ehető termékek aránya nem követte teljes mértékben ezt a tendenciát, ami a *Penicillium* fajok nagymértékű jelenlétével hozható kapcsolatba. A nemzetség dióban való nagyarányú jelenléte miatt fontos megemlíteni az általuk potenciálisan termelt mikotoxinok egészségügyi veszélyeit (Fung–Clark, 2004). A vizsgálataink során is beazonosított *Penicillium crustosum* például Új-Zélandon mikotoxikózist okozott egy kutyánál, aki fertőzött, öt hónapja földön heverő diót fogyasztott el (Eriksen et al., 2010).

3.6. Hőmérséklet hatása *Botryosphaeria* és *Diaporthe* izolátumok növekedésére

A két *Botryosphaeria dothidea* izolátum bár nem szignifikánsan, de a *Diaporthe eres* tenyészetekhez képest lassabb telepkepzést mutatott 20 °C alatt, ahogyan azt Sánchez et al. (2003) is tapasztalták. Ezen kívül a *B. dothidea* hőtűrése is egyezett az általunk

tapasztaltakkal, mely szintén fontos ismeret. A *B. dothidea* izolátumok átlagos napi növekedése jelentősen alulmaradt a Sánchez et al. (2003) által közölt adatokhoz viszonyítva, ahol optimális hőmérsékleten a 25 mm-t is meghaladta ez az érték. A mi kísérletünkben 15 mm volt a leggyorsabb telepképzésük, 30 °C-os inkubáció mellett.

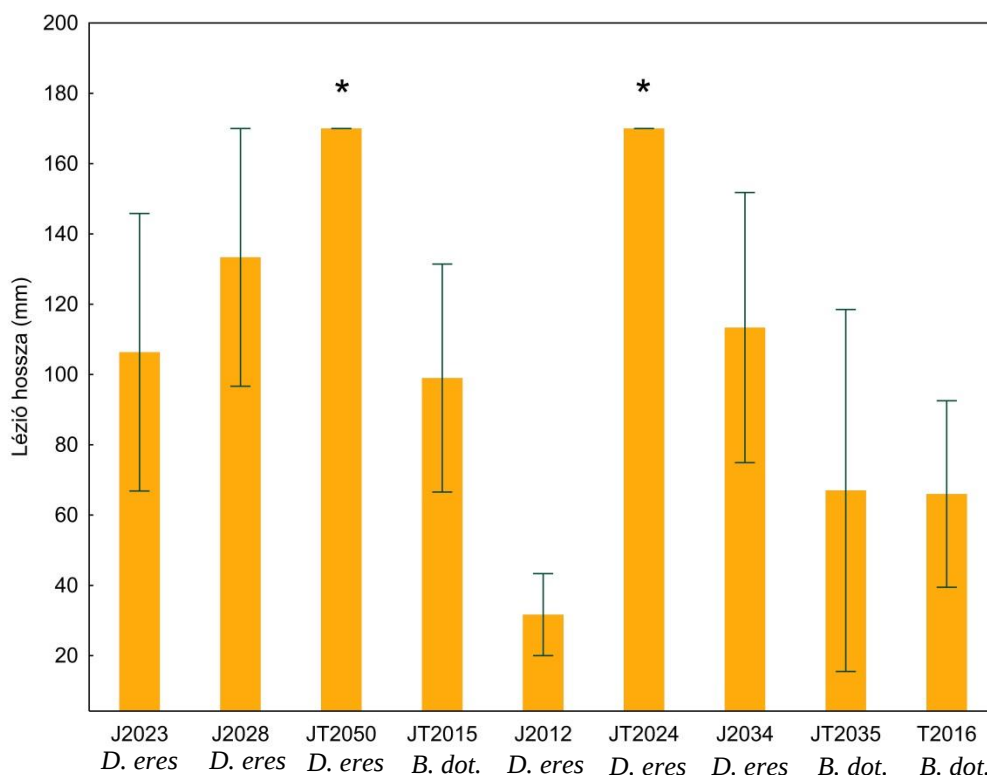
A *D. eres* izolátumokat a 35 °C-os inkubációs hőmérséklet gátolta a növekedésben, de a vegetatív túlélés valószínűsíthető Abramczyk et al. (2020) kutatási eredményei alapján. Az emelkedő hőmérséklettel szembeni érzékenység eltérő volt a *D. eres* törzseknél, ami hozzájárulhat a tünetek súlyosbodásához, mivel a növény így szélesebb hőmérsékleti tartományban van kitéve optimális körülmények mellett szaporodó és kolonizáló kórokozónak. A fás szárú növényeket károsító Botryosphaeriaceae és *Diaporthe* spp. gombák emelkedett hőmérséklethez történő adaptációját több kutató is megfigyelte (Michailides–Hasey, 2010; Agustí-Brisach et al., 2019). Összességében elmondható, hogy a vizsgált *Diaporthe* és *Botryosphaeria* izolátumok optimális növekedési körülményei megegyeznek a dió termésfejlődése idején megszokott, 20-35 °C-os hőmérséklettel.

3.7. Patogenitási teszt éretlen diótermésen

A zöld termések augusztusban történő ágból, rügyből és termésből származó *Diaporthe eres* és *Diplodia seriata* gombákkal történő *in vitro* megfertőzése során a termések 81%-ánál elrothadt a zöld burok három hét után. A *D. eres* izolátumok McKinney-indexe magasabb volt a *D. seriata* izolátumokhoz képest a zöld burokra és a bélállományra vonatkozóan is. A bélállományokon a 89%-os tünetmegjelenés és a belekből történő sikeres kórokozó visszaizolálás arra enged következtetni, hogy az inokulum bejutott a belső szövetekbe a kemény maghéjon át. Ez az információ azért fontos, mert ennek alapján lehetséges a termések késői fertőződése és károsodása. Mivel a bélállományok tünetei három hét inkubáció után, bár többnyire enyhe szinten, de megjelentek, a kórokozók megjelenése gondot okozhat szeptemberig, hiszen ha ekkor történik a kolonizáció, annak hatása már megmutatkozik a betakarított termésen. López-Moral és munkatársai (2020) az általunk megfertőzött termésekhez képest éretlenebb fázisban, a kemény héj kifejlődése előtt végeztek *in vitro* mesterséges megfertőzést számos gombafajt bevonva a tesztelésbe. A zöld burkon jelentősen kisebb mértékű tünetet váltottak ki a *D. seriata* és a *Diaporthe* spp. izolátumok, a fejlődésben lévő bélállományok középső részében azonban barnulás volt megfigyelhető. A *Botryosphaeria dothidea* ennél súlyosabb elváltozásokat okozott, átlagosan a termések 70%-án léziók keletkeztek, míg ez az érték a *D. seriata* és a *Diaporthe* nemzetségek esetén 30-40% volt.

3.8. Diófa ágak patogenitási tesztje tünetes diótermésekből izolált kórokozókkal

A rothadt termésekből izolált *Botryospaheria dothidea* és *Diaporthe eres* törzsek diófa ágakra történő inokulálásának eredménye bizonyította a patogenitásukat. A léziók kiterjedése alapján pedig változó virulenciával rendelkeznek fajon belül is, ugyanis a legkisebb (32 mm, J2012) és a legnagyobb (170 mm, JT2024 és JT2050) átlagos lézió nagyságot is a *D. eres* esetén mértünk. A *B. dothidea* által okozott legnagyobb átlagos lézió nagyság 99 mm volt, így ezen faj fertőzőképessége a dió fás szöveteit tekintve közepesnek mondható (5. ábra).



5. ábra: *Diaporthe eres* és *Botryosphaeria dothidea* izolátumokkal

megfertőzött ágakon keletkezett elváltozások mérete

A csillagokkal jelölt oszlopok értékei szignifikáns különbséget mutattak a kezelés hatására ($p < 0,05$)

Ezek az eredmények eltérnek a szakirodalomban leírtaktól, de más kutatásokban is kimutatták ezen nemzetségek diófát fertőző tulajdonságát. López-Moral et al. (2020) spanyolországi dióültetvényeket vizsgáltak, mely keretein belül az *in vitro* inokulálások során a *B. dothidea* (130 mm) fajt virulensebbnek tapasztalták a *Diaporthe* fajokhoz képest (23 mm). Kaliforniában egy *in vivo* patogenitási teszt szintén azt mutatta, hogy a *B. dothidea* virulensebb (35 mm), mint a *D. eres* (17 mm) (Chen et al., 2014). A *D. eres* jelentős

patogenitása az ágakban és a megfelelő növekedéshez szükséges széles hőmérsékleti tartománya hozzájárulhat a rügyek és termések fertőződéséhez akár a növény belső szövetein keresztül, akár a külső kérgen képződő spórák terjedésével.

3.9. Almafa ágainak inokulálása tünetes diófa szövetekből izolált kórokozókkal

A klímaváltozás hatására a fitopatogén gombák számára kedvező környezeti feltételek következtében új gazdaszervezet-kórokozó kapcsolatok jelenhetnek meg. Tanulmányoztuk a *Botryosphaeria dothidea*, *Diaporthe eres* és *Diplodia seriata* dióból származó fajok virulenciáját, amelyeket főként melegebb éghajlatú országokban izoláltak almafa fás szöveteiből (Sutton, 1991; Smit et al., 1996; Cloete et al., 2011; Abdollahzadeh, 2015; Sessa et al., 2017). A mesterséges fertőzést követően a patogén izolátumok kolonizálták az almafa ágak szöveteit és elváltozásokat is okoztak. A két Botryosphaeriaceae családba tartozó izolátum hasonló tüneteket okozott, ezeknél enyhébb elváltozásokat váltott ki a *D. eres*. A patogenitási teszt eredménye alapján tehát a vizsgált három, dióból származó faj hazánkban új potenciális gazdaszervezet-kórokozó kölcsönhatásnak tekinthető, amely később pusztító betegségekhez vezethet, ismerve a virulenciájukat. Ez alátámasztja a szomszédos növénykultúrák tüneteinek monitorozásának fontosságát az esetleges keresztfertőzések miatt.

A *B. dothidea* az almatermés károsításával járó fehér rothadás nevű betegség kórokozója, mely az alma pre- és posztharvest rothadását okozza. Európában nem elterjedt ez a betegség, de azonosították már Szerbiában (Vasić et al., 2013), valamint múlt évben ugyanitt hasonló tüneteket okozott a *B. dothidea* és a *D. eres* együttes fertőzése (Vučković et al., 2022). A *D. seriata* az utóbbi évtizedben is számos almaültetvényben okozott gyümölcskárosodást is (Cáceres et al., 2016; Crespo et al., 2018).

3.10. Fungicidek hatása a dió terméskárosodását okozó gombákra

A mérgezett agaros teszt során alkalmazott négy készítmény közül három szinte teljes mértékben gátolta a *Botryosphaeria dothidea* és *Diaporthe eres* izolátumok növekedését (ciprodinil 37,5% + fludioxonil 25%, fluopiram 17,7% + tebukonazol 17,7%, tebukonazol 25%). A tebukonazol hatóanyaggal rendelkező Folicur Solo készítményt vizsgáltuk tovább az izolátumok érzékenysége, az EC50 értékek meghatározására. A kapott EC50 értékek (0,11-0,29 mg/l) az engedélyokiratban szereplő értéknél (46,88 mg/l) jelentősen alacsonyabbak voltak. A kutatásunkba bevont növényvédő szerek alkalmazása segítheti a *B. dothidea* és *D. eres* kórokozók elleni eredményes védekezést, és az általuk okozott termésrothadás mértékének csökkentését, azonban a gátló hatás eltérő lehet a környezeti körülmények függvényében.

3.11. Az *Epicoccum nigrum* és a *Trichoderma gamsii* antagonisták vizsgálata

A kutatásunk során diórügyből izolált *Epicoccum nigrum*, valamint a TR08-as *Trichoderma gamsii* antagonista képességét *Botryosphaeria dothidea*, *Diaporthe eres* és *Diplodia seriata* izolátumokkal szemben konfrontációs tesztben vizsgáltuk. Az *E. nigrum* mind a négy, a vizsgálatba bevont patogén törzs növekedését (BCI=47-53%) gátolta, azonban a növekedésgátlás mellett az *E. nigrum* nem volt képes ránőni a patogén gombák tenyészetekre, a biokontroll hatás mértéke tehát nem megfelelő az *E. nigrum* hatékony alkalmazásához a tanulmányba bevont diópatogénekkal szemben.

A *T. gamsii* hatékonyabb potenciális biokontroll szervezetnek bizonyult a vizsgálat során, ugyanis 100% volt minden esetben a BCI-értéke. Az antagonista ránőtt a diópatogén gombák telepeire megállítva a növekedésüket. A *T. gamsii* pusztító hatását mikroszkóppal tanulmányoztuk, mely során a TR08-as hifáinak patogén izolátum fonalaira történő rátekeredését figyeltük meg.

3.12. A törzsek mikroszatellitjeinek vizsgálata

A dióból kitenyésztett *Botryosphaeria dothidea*, *Diaporthe eres* és *Diplodia seriata* kórokozó fajok genetikai polimorfizmusát is tanulmányoztuk. Több mikroszatellit primert alkalmazva sikeresen elkülönítettük őket, valamint fajon belüli eltéréseket is azonosítottunk a felszaporított 165 mikroszatellit sáv eltérő mintázata segítségével. A kapott allélprofilok alapján készült filogenetikai fák elemzése szerint a diótermésből, rügyből és ágból is kitenyésztett 25 db *D. eres* izolátum bizonyos genotípusai csak a növény egyes részeit kolonizálták, ugyanis az egyik klád csak termésből kitenyésztett izolátumokat tartalmazott.

Az egyik klaszterben található, genetikailag hasonló törzsek különböző növényi részekről származtak, mely közül egy ágból és két termésből izolált törzset ugyanabban az évben és ültetvényben gyűjtöttünk be. Ez jelezheti, hogy a fertőzés az ágak felől is kiindulhatott az ültetvényben. Földrajzi hely és a kolonizált növényi szövetek között nem figyeltünk meg összefüggést. A nagyon hasonló genetikai profillal rendelkező termésről és rügyről izolált törzsek megerősítik azt a hipotézist, hogy a barkarügyekről induló fertőzés kolonizálhatja a termővirágokat és a termést, messzemenő következtetést azonban további vizsgálatokat követően vonhatunk le. A *B. dothidea* izolátumok között előfordult allélprofil azonosság alapján, ebbe a fajba tartozó törzsek közelebb álltak egymáshoz, mint a *D. eres* tagjai. A négy vizsgált *D. seriata* izolátum közül egy külön kládba került. Összességében a mintavétel alá vetett ültetvények patogén gombáinak genetikai variabilitása nagymértékű volt, alacsony genetikai távolságok mellett.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1. A hazai dióültetvényekben jelen vannak a *Diplodia seriata*, *Diaporthe eres* és *Botryosphaeria dothidea* fajok, melyek jelen tanulmányban kerültek izolálásra és azonosításra ITS és *tef1* molekuláris markerszekvenciák segítségével, közülük a *B. dothidea* és a *D. eres* elsőként került kitenyésztésre Magyarországon kórokozóként diótermésekben.
2. A betakarított termésekben a McKinney-index alapján a *Botryosphaeria* (Imc=74%) és a *Diaporthe* (Imc=62%) nemzetségekbe tartozó gombák okozzák a legsúlyosabb károsodást önmagukban, valamint együttesen történő jelenlétük esetében.
3. A barkarügyekben és termésrügyekben jelen vannak a később terméskárosító *Diaporthe* és *Botryosphaeria* fajok. Az éretlen, tünetmentes termésekben nincsenek jelen a gombák (nincs látens fertőzés), azonban a tünetes minták 49%-ában jelen voltak *Botryosphaeria* és *Diaporthe* fajok. Tehát a két nemzetségbe tartozó gombák által okozott tünetek már a termésfejlődés közepén kialakulhatnak.
4. A magyarországi diótermésekből izolált *B. dothidea* törzsek melegkedvelők, 35 °C-on is növekednek, 30 °C-on pedig gyors (15 mm/nap) micéliális növekedéssel jellemezhetők. A *D. eres* fajba tartozó izolátumok hőmérséklettel szembeni érzékenysége eltérő volt, ami hozzájárulhat a betegség súlyosságához, mivel a növény így szélesebb hőmérsékleti tartományban van kitéve optimális körülmények mellett szaporodó és kolonizáló *D. eres* kórokozónak.
5. A tünetes termésekből származó *B. dothidea* és *D. eres* a dió fás szöveteiben is tüneteket okoznak. A *D. eres* súlyosabb tüneteket okozott (170 mm átlagos lézió hossz), mint *B. dothidea* (99 mm átlagos lézió hossz).
6. A *D. eres* és *D. seriata* kiválthatja a termések késői fertőződését és károsodását, melyek a fertőzött ágból, rügyből és termésből sebzéseken keresztül bejutva a zöld burok rothadását, a dióbél elváltozását okozzák.

7. A dióból származó *B. dothidea*, *D. eres* és *D. seriata* fajba sorolt izolátumok képesek kolonizálni és elváltozásokat okozni az alma fás szöveteiben.
8. A *Trichoderma gamsii* TR08-as törzse hatékony antagonistája (100%-os Biokontroll Index) a diópatogén *B. dothidea*, *D. eres* és *D. seriata* törzseknek.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A *Botryosphaeria* és a *Diaporthe* fajok jelentős terméskárosodást okoznak az érett, betakarított dióban.
2. A termés károsodását okozó gombák (*Diaporthe* és *Botryosphaeria* fajok) már a fertőzött rügyekből is elindíthatják a fertőzést. Ezért javasolt a rügyfertőzöttség felmérésére a BUDMON alkalmazása a jelen lévő kórokozó gombák korai azonosításához és a növényvédelmi kockázatok becsléséhez.
3. A *Botryosphaeria* és *Diaporthe* fajok már az éretlen termésekből is kimutathatók. Az éretlen termések ONFIT vizsgálatával felmérhető az ültetvény termésfejlődés alatti gombás fertőzöttsége.
4. A *Pencillium* fajok általi fertőzöttség jelentős a magyarországi ültetvényekben, tünetmentes termések esetén is.
5. Az endofita *Trichoderma* törzsek (pl. *T. gamsii* TR08-as) alkalmazása javasolt a diópatogén *Botryosphaeria dothidea*, *Diaporthe eres* és *Diplodia seriata* elleni védekezésben.

6. IRODALOMJEGYZÉK

1. Abdollahzadeh J.: 2015. *Diplodia bulgarica*, as a new pathogen and potential threat to the apple industry in Iran. *Phytopathologia Mediterranea*. 54. 128–132.
2. Abramczyk B. A.–Dorota E.–Król D. E.–Zalewska E. D.–Zimowska B.: 2020. Influence of temperature and fungal community on growth and sporulation of *Diaporthe* from fruit plants. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 19. 71–79.
3. Abramczyk B. A.–Król E. D.–Zalwska E. D.–Zimowska B.: 2018. Morphological characteristics and pathogenicity of *Diaporthe eres* isolates to the fruit tree shots. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 17. 125–133.
4. Agustí-Brisach C.–Moral J.–Felts D.–Trapero A.–Michailides T. J.: 2019. Interaction between *Diaporthe rhusicola* and *Neofusicoccum mediterraneum* causing branch dieback and fruit blight of English walnut in California, and effect of pruning wounds to the infection. *Plant Disease*. 103. 1196–1205.
5. Ahimera N.–Gisler S.–Morgan D.–Michailides T. J.: 2004. Effects of Single-Drop Impactions and Natural and Simulated Rains on the Dispersal of *Botryosphaeria dothidea* Conidia. *Phytopathology*. 94. 1189–1197.
6. Amaral J. S.–Casal S.–Pereira J.–Seabra R.–Oliveira B.: 2003. Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51. 7698–7702.
7. Amaral J. S.–Cunha S.–Alves M. R.–Pereira J. A.–Seabra R. M.–Oliveira M. B. P. P.: 2004. Triacylglycerols composition of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars: characterization by HPLC/ELSD and chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52. 7664–7969.
8. Andersen B.–Krøger E.–Roberts R. G.: 2002. Chemical and morphological segregation of *Alternaria arborescens*, *A. infectoria* and *A. tenuissima* species-groups. *Mycological Research*. 106. 2. 170–182.
9. Battilani P.–Chiusa G.–Arciuolo R.–Somenzi M.–Fontana M.–Castello G.–Spigolon N.: 2018. *Diaporthe* as the main cause of hazelnut defects in the Caucasus region. *Phytopathologia Mediterranea*. 57. 320–333.
10. Cáceres M.–Lolas M.–Gutierrez M.–Ferrada E.–Díaz G. A.: 2016. Severe Outbreak of Black Rot in Apple Fruit cv. Fuji Caused by *Diplodia seriata* During Pre-Harvest in Maule Region. *Chile Plant Disease*. 100. 2333–2333.
11. Carbone, I.–Kohn, L. M.: 1999. A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. *Mycologia*. 91. 3. 553–556.
12. Chen S. F.–Morgan D. P.–Hasey J. K.–Anderson K.–Michailides T. J.: 2014. Phylogeny, morphology, distribution, and pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae from English walnut in California. *Plant Disease*. 98. 636–652.
13. Cloete M.–Fourie P. H.–Damm U.–Crous P. W.–Mostert L.: 2011. Fungi associated with die-back symptoms of apple and pear trees, a possible inoculum source of grapevine trunk disease pathogens. *Phytopathologia Mediterranea*. 50. 176–190.
14. Crespo M.–Moral J.–Michailides T. J.–Trouillas F. P.: 2018. First Report of Black Rot on Apple Fruit Caused by *Diplodia seriata* in California. *Plant Disease*. 102. 4.

15. Davis L.–Stonehouse W.–Loots D. T.–Mukuddem–Petersen J.–van der Westhuizen F.–Hanekom S. J.–Jerling J. C.: 2007. The effects of high walnut and cashew nut diets on the antioxidant status of subjects with metabolic syndrome. *European Journal of Nutrition*. 46. 155-164.
16. Davis M. B.–Shaw R. G.: 2001. Range Shifts and Adaptive Responses to Quaternary Climate Change. *Science*. 292. 673–679.
17. Eichmeier A.–Pecenka J.–Spetik M.–Necas T.–Ondrasek I.–Armengol J.–León M.–Berlanas C.–Gramaje D.: 2020. Fungal trunk pathogens associated with *Juglans regia* in the Czech Republic. *Plant Disease*. 104. 761–771.
18. Eriksen G. S.–Jäderlund K. H.–Moldes-Anaya A.–Schönheit J.–Bernhoft A.–Jaeger G.–Rundberget T.–Skaar I.: 2010. Poisoning of dogs with tremorgenic *Penicillium* toxins. *Medical Mycology*. 48. 188–196.
19. Fan X. L.–Yang Q.–Tian C. M.–Bezerra D. P. J.–Alvarez V. L.: 2018. *Diaporthe* from walnut tree (*Juglans regia*) in China, with insight of the *Diaporthe* eres complex. *Mycological Progress*. 17. 841–853.
20. Faostat.: 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Data and statistics for walnut. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Letöltve: 2023. 03.28).
21. Fung F.–Clark R. F.: 2004. Health effects of mycotoxins: a toxicological overview. *Journal of Toxicology*. 42. 217-234.
22. Garcia J. F.–Lawrence D. P.–Morales-Cruz A.–Travadon R.–Minio A.–Hernandez-Martinez R.–Rolshausen P.E.–Baumgartner K.–Cantu D.: 2021. Phylogenomics of plant-associated *Botryosphaeriaceae* species. *Frontiers in Microbiology*. 18. 652802.
23. Gomes R. R.–Glienke C.–Videira S. I. R.–Lombard L.–Groenewald J. Z.–Crous P. W.: 2013. *Diaporthe*: a genus of endophytic, saprobic and plant pathogenic fungi. *Persoonia*. 31. 1–41.
24. Ivić D.–Novak A.: 2018. Fungi associated with nut rot in sweet chestnut, with the first record of *Gnomonopsis smithogilvyi* in Croatia. *Pomologia Croatica*. 22. 13–22.
25. Jacobs K. A.–Rehner S. A.: 1998. Comparison of cultural and morphological characters and ITS sequences in anamorphs of *Botryosphaeria* and related taxa, *Mycologia*. 90. 4. 601-610.
26. Kovács C.–Balling P.–Bihari Z.–Nagy A.–Sándor E.: 2017. Incidence of grapevine trunk diseases is influenced by soil, topology and vineyard age, but not by *Diplodia seriata* infection rate in the Tokaj Wine Region, Hungary. *Phytoparasitica*. 45. 21–32.
27. Kovács C.–Peles F.–Bihari Z.–Sándor E.: 2014. Endophytic fungi associated with Grapevine Trunk Diseases, from Tokaj wine region, Hungary. *Növényvédelem*. 50. 153–159.
28. Kovács C.–Takács F.–Zabiák A.–Karaffa E.: 2018. Identification of pathogenic fungi in rotten wal- nut fruits from different plantations in Hungary. *Journal Of Plant Pathology*. 100. 631.
29. Kumar S.–Steche G.–Tamura K. MEGA7: 2016. Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*. 33. 1870–1874.

30. Kybartaitė J.–Šernaitė, L.–Rasiukeviciute N.–Valiūškaite A.: 2020. Plants and fungal pathogens under climate change, a review. *Optimization of ornamental and garden plant assortment, technologies and environmen. Scientific articles*. 11. 37–45.
31. Larkin M. A.–Blackshields G.–Brown N. P.–Chenna R.–McGettigan P. A.–McWilliam H.–Valentin F.–Wallace I. M.–Wilm A.–Lopez R.–Thompson J. D.–Gibson T. J.–Higgins D. G.: 2007. ClustalW and ClustalX version 2. *Bioinformatics*. 23. 2947–2948.
32. León M.–Berbegal M.–Rodríguez-Reina J.–Elena G.–Abad-Campos P.–Ramón-Albalat A.–Olmo D.–Vincent A.–Luque J.–Miarnau X. Agustí-Brisach, C.–Trapero, A.–Capote, N.–Arroyo, F. T.–Avilés, M.–Gramaje, D.–Andrés-Sodupe, M.–Armengol, J.: 2020. Identification and characterization of *Diaporthe* spp. associated with twig cankers and shoot blight of almonds in Spain. *Agronomy*. 10. 1062.
33. Li C.–Zhang M.–Wei S.–Yang Z.–Pan X.: 2023. Study of Walnut brown rot caused by *Botryosphaeria dothidea* in the Guizhou Province of China. *Crop Protection*. 163. 106118.
34. López-Moral A.–Lovera M.–Raya M. D.–Cortés-Cosano N.–Arquero O.–Trapero A.–Agustí-Brisach C.: 2020. Etiology of Branch Dieback and Shoot Blight of English Walnut Caused by Botryosphaeriaceae and *Diaporthe* Species in Southern Spain. *Plant Disease*. 104. 533–550.
35. Luna I. J.–Besoain X.–Saa S.–Peach-Fine E.–Morales F. C.–Riquelme N.–Larach A.–Morales J.–Ezcurra E.–Ashworth V. E.–Rolshausen P. E.: 2022. Identity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae from *Juglans regia* in Chile. *Phytopathologia Mediterranea*. 61. 79–94.
36. Marsberg A.–Kemler M.–Jami F.–Nagel J. H.–Postma-Smidt A.–Naidoo S.–Wingfield M. J.–Crous P. W.–Spatafora J. W.–Hesse C.–Robbertse B.–Slippers B.: 2016. *Botryosphaeria dothidea*: a latent pathogen of global importance to woody plant health. *Molecular Plant Pathology*, 18. 477–488
37. McKinney H. H.: 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal of Agricultural Research*. 26. 195–218.
38. Meng L.–Yu C.–Wang C.–Li G.: 2018. First Report of *Diaporthe amygdali* Causing walnut twig canker in Shandong Province of China. *Plant Disease*. 102. 1859.
39. Michailides T. J.: 1991. Pathogenicity, distribution, sources of inoculum, and infection courts of *Botryosphaeria dothidea* on pistachio. *Phytopathology*. 81. 566-573.
40. Michailides T. J.–Chen S. F.–Coates B.–Morgan D.–Puckett R.–Hasey J.–Anderson K.–Buchner R.–DeBuse C.–Fichtner E.–Bentley W.: 2012. Managing anthracnose blight and *Botryosphaeria* and *Phomopsis* cankers of walnut. Part1: *Botryosphaeria* and *Phomopsis* of walnut Walnut Research Reports. California Walnut Board. Folsom. 367-388.
41. Michailides T. J.–Hasey J.: 2010. *Botryosphaeria* and *Phomopsis* cankers of walnuts in California. Walnut Husk Fly Field Meeting. Cooperative Extension. University of California.
42. Michailides T. J.–Morgan D. P.: 2004. Panicle and shoot blight of pistachio: A major threat to the California pistachio industry. APSnet Features. Online. doi: 10.1094/APSnetFeature-2004-0104

43. Michailides T. J.–Morgan D. P.–Felts D.: 2000. Detection and significance of symptomless latent infection of *Monilinia fructicola* in California stone fruits. *Phytopathology*. 90. 53.
44. Michailides T. J.–Morgan D. P.–Felts D.–Hasey J.–Puckett R. D.–Luo Y.–Nouri M. T.–Luna M.–Anderson K.–Buchener R.–Fichtner E.–Coates W.: 2014. Managing *Botryosphaeria/Phomopsis* canker and blight and anthracnose blight of walnut in California. Walnut Research Reports. California Walnut Board. Folsom. 299-317.
45. Michailides T. J.–Morgan D. P.–Luo Y.: 2010. Epidemiological Assessments and Postharvest Disease Incidence. *Postharvest Pathology*. 2. 69-88.
46. Moral J.–Morgan D.–Trapero A.–Michailides T.J.: 2019. Ecology and epidemiology of diseases of nut crops and olives diseases caused by Botryosphaeriaceae fungi in California and Spain. *Plant Disease*. 103. 1809–1827.
47. Morgan D. P.–Driever G. F.–Felts D.–Krueger W. H.–Michailides T. J.: 2009. Evaluation of two disease-warning systems for *Botryosphaeria* panicle and shoot blight of California pistachio and efficient control based on early-season sprays. *Plant Disease*. 93. 1181.
48. Nicholas K. B.–Nicholas H. B.–Deerfield D. W.: 1997. GeneDoc: Analysis and visualization of genetic variation. *Embnet News*. 4. 1–4.
49. Pandey D. K.–Tripathi N. N.–Tripathi R. D.–Dixit S. N.: 1982. Fungitoxic and phytotoxic properties of the essential oil of *Hyptis suaveolens*. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 89. 344–349.
50. Pasche J. S.–Wharam C. M.–Gudmestad N. C.: 2004. Shift in sensitivity of *Alternaria solani* to QoI fungicides. *Plant Disease*. 88. 181–187.
51. Phillips A. J. L.–Crous, P. W.–Alves A.: 2007. *Diplodia seriata*, the anamorph of “*Botryosphaeria*” *obtus*a. *Fungal Diversity*. 25. 141–155.
52. Rapaics R.: 1940. A magyar gyümölcs. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest
53. Sánchez M. E.–Venegas J.–Romero M. A.–Phillips A. J. L.–Trapero A.: 2003. *Botryosphaeria* and related taxa causing oak canker in southwestern Spain. *Plant Disease*. 87. 1515-1521.
54. Sessa L.–Abreo E.–Bettucci L.–Lupo S.: 2017. Diversity and virulence of *Diaporthe* species associated with wood disease symptoms in deciduous fruit trees in Uruguay. *Phytopathologia Mediterranea*. 56. 431–444.
55. Smit W. A.–Viljoen C. D.–Wingfield B. D.–Wingfield M. J.–Calitz F. J.: 1996. A new canker disease of apple, pear, and plum rootstocks caused by *Diaporthe ambigua* in South Africa. *Plant Disease*. 80. 1331–1335.
56. Sohrabi, M.–Mohammadi, H.–León, M.–Armengol, J.–Banihashemi Z.: 2020. Fungal pathogens associated with branch and trunk cankers of nut crops in Iran. *European Journal of Plant Pathology*. 157. 327–351.
57. Summerell A. B.–Salleh B.–Leslie J. F.: 2003. A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. *Plant Disease*. 87. 2. 117-128.
58. Sutton T. B.: 1991. White Rot. [In: Jones A. L.–Aldwinckle H. (eds). *Compendium of Apple and Pear Diseases*.] American Phytopathological Society, St. Paul. 16–18.

59. Szekeres A.–Leitgeb B.–Kredics L.–Manczinger L.–Vágvölgyi C.: 2006. A novel, image analysis-based method for the evaluation of *in vitro* antagonism. *The Journal of Microbiological Methods*. 65. 619–622.
60. Tang W.–Ding Z.–Zhou Z. Q.–Wang, Y. Z.–Gou, L. Y.: 2011. Phylogenetic and Pathogenic Analyses Show That the Causal Agent of Apple Ring Rot in China Is *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Disease*. 96. 486–496.
61. Vasić M.–Duduk N.–Vico I.–Ivanović M. S.: 2013. First Report of *Botryosphaeria dothidea* Causing White Rot of Apple Fruit in Serbia. *Plant Disease*. 97. 1659–1659.
62. Vavilov N.: 1928. Geographische Genzentren unserer Kulturpflanzen. *Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre*. 1. 342–369
63. Visagie C. M.–Houbraken J.–Frisvad J. C.–Hong S. B.–Klaassen C. H. W.–Perrone G.–Seifert K. A.–Varga J.–Yaguchi T.–Samson R. A.: 2014 Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in Mycology*. 78. 343–371.
64. Voigt E.–Tóth M.: 2013. Spread of the walnut husk fly in Hungary by spring of 2013. *Növényvédelem*. 49. 341–346.
65. Vučković N.–Vico I.–Duduk B.–Duduk N.: 2022. Diversity of Botryosphaeriaceae and *Diaporthe* Species Associated with Postharvest Apple Fruit Decay in Serbia. *Phytopathology*. 112. 929–943.
66. White T. J.–Bruns T.–Lee S.–Taylor J. W.: 1990. PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications. Academic Press. New York. 482.
67. Zabiák A.–Kovács C.–Takács F.–Pál K.–Peles F.–Fekete E.–Karaffa L.–Mihály K.–Flipphi M.–Sándor E.: 2023: *Diaporthe* and *Diplodia* Species Associated with Walnut (*Juglans regia* L.) in Hungarian Orchards. *Horticulturae*. 9. 205.

7. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/442/2023.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Zabiák Andrea
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10069429

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Zabiák, A.**, Csótó, A., Takács, F., Karaffa, E. M.: A dió terméskárosodásának etiológiája és a védekezés lehetőségei.
Növényvédelem. 84 (5), 193-200, 2023. ISSN: 0133-0829.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

2. **Zabiák, A.**, Csótó, A., Tóth, B., Takács, F., Pál, K., Karaffa, E. M.: Identification of Botryosphaeria dothidea and Diaporthe eres from Rotted Walnut Fruits and Other Plant Parts in Different Phenological Stages.
Acta Phytopathol. Entomol. Hung. "Accepted by Publisher" (-), 1-20, 2023. ISSN: 0238-1249.
3. **Zabiák, A.**, Károlyi, G. M., Karaffa, E. M.: Investigation of host-specificity of phytopathogenic fungi isolated from woody plants.
Agrártud. Közl. 2020 (1), 155-160, 2020. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/1/3721>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

4. **Zabiák, A.**, Kovács, C., Takács, F., Pál, K., Peles, F., Fekete, E., Karaffa, L., Mihály, K., Flippi, M., Karaffa, E. M.: Diaporthe and Diplodia species associated with walnut (Juglans regia L.) in Hungarian orchards.
Horticulturae. 9 (2), 1-15, 2023. EISSN: 2311-7524.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae9020205>
IF: 3.1 (2022)

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (3)

5. **Zabiák, A.**, Károlyi, G. M., Karaffa, E. M.: Dióból izolált Botryosphaeriaceae fajok patogenitása az almafa fás szöveteiben.
In: 66. Növényvédelmi Tudományos Napok 2020. Szerk.: Haltrich Attila, Varga Ákos, Magyar Növényvédelmi Társaság, Budapest, 97, 2020.





6. **Zabiák, A.**, Takács, F., Karaffa, E. M.: Diótermések endofiton gombapopulációjának meghatározása.
In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XLIV. Vándorgyűlése programja és az előadások összefoglalói. Szerk.: Antal Emese, Biró Lajos, Gelencsér Éva, Lugasi Andrea, Rurik Imre, Magyar Táplálkozástudományi Társaság, Budapest, 57, 2019. ISBN: 9786155606090
7. **Zabiák, A.**, Karaffa, E. M.: Diótermések endofiton gombapopulációjának vizsgálata és a fertőzöttség mértékének meghatározása.
In: 65. Növényvédelmi Tudományos Napok: Absztrakt és poszter kötet. Szerk.: Haltrich Attila, Varga Ákos, Magyar Növényvédelmi Társaság, Budapest, 66, 2019.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (2)

8. **Zabiák, A.**, Takács, F., Karaffa, E. M.: Fungal population of rotted walnuts and their antifungal sensitivity.
Acta Microbiol. Immunol. Hung. Suppl., 209, 2019. ISSN: 1217-8950.
9. **Zabiák, A.**, Takács, F., Karaffa, E. M.: Walnut blight causing by endophytic fungi during different phenological phases of the host.
J. Plant Pathol. 101, 847, 2019. ISSN: 1125-4653.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42161-019-00394-4>

További közlemények

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

10. **Zabiák, A.**, Kovács, C., Karaffa, E. M.: Szőlő tőkeelhalás tüneteit mutató növényekből izolált endofita gombák a Szekszárdi Borvidék fiatal ültetvényében.
In: 64. Növényvédelmi Tudományos Napok: Absztrakt és poszter kötet. Szerk.: Haltrich Attila, Varga Ákos, Magyar Növényvédelmi Társaság, Budapest, 66, 2018.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

11. **Zabiák, A.**, Kovács, C., Karaffa, E. M.: Characterization of endophytic fungi isolated from grapevines by matrix-assisted laser desorption time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS).
J. Plant Pathol. 100 (3), 652, 2018. ISSN: 1125-4653.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42161-018-0130-y>
12. Kovács, C., Takács, F., **Zabiák, A.**, Karaffa, E. M.: Identification of pathogenic fungi in rotten walnut fruits from different plantations in Hungary.
J. Plant Pathol. 100 (3), 631, 2018. ISSN: 1125-4653.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s42161-018-0130-y>





13. **Zabiák, A.**, Karaffa, E. M., Kovács, C.: Isolation and identification of fungi from vine rootstock.
In: The International Conference for Students - Student in Bucovina Abstract book, Stefan cel Mare University of Suceava, Romania, Bucovina, 30, 2016.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 3,1

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
3,1**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2023.09.28.

