

Bírálat Váczy Kálmán Zoltán „A szőlő botritiszes fertőzései és tőkebetegségei a molekuláris és mikrobiális kölcsönhatások tükrében” című MTA doktori munkájáról.

Általános vélemény

Váczy Kálmán Zoltán „A szőlő botritiszes fertőzései és tőkebetegségei a molekuláris és mikrobiális kölcsönhatások tükrében” című doktori műve több éven át folytatott, széles körű kutatómunka eredményeit foglalja össze. Az értekezés két, a szőlő növénykórtana szempontjából jelentős tématerületet kapcsol össze: egyrészt a *Botrytis cinerea* szürke- és nemesrothadásban betöltött szerepének molekuláris, mikrobiológiai és élettani hátterét, másrészt a szőlő tőkebetegségeinek komplex etiológiáját, a hozzájuk társuló mikrobiális közösségeket, mikrobiális kölcsönhatásokat, valamint egyes potenciális biológiai védekezési lehetőségeket. A mű további jelentős eredménycsoportját képezi több, a szőlő tőkebetegségeivel kapcsolatba hozott gombafaj taxonómiai és patogenitási vizsgálata.

A doktori mű témaválasztását mind tudományos, mind gazdasági szempontból aktuálisnak és jelentősnek tartom. A *B. cinerea* sajátos helyet foglal el a növénykórokozók között, hiszen ugyanazon gombafaj szőlőn egyrészt súlyos minőségromlást okozó szürkerothadást, másrészt megfelelő környezeti és fiziológiai feltételek között a magas minőségű botritizált borok alapját képező nemesrothadást idézhet elő. E két eltérő biológiai kimenetel molekuláris hátterének feltárása önmagában is releváns növénykórtani kérdés. A tőkebetegségek kutatása szintén kiemelt jelentőségű, mert e betegségek összetett etiológiája, hosszú látenciaideje, a tünetek változékonysága és a hatékony védekezés korlátozott lehetőségei miatt számos alapvető kérdés ma sem tekinthető lezártnak.

Az értekezés tudományos súlyát elsősorban nem egyetlen kísérletsorozat, hanem egy hosszabb idő alatt felépített kutatási program adja. A szerző klasszikus növénykórtani és mikrobiológiai módszereket kapcsol össze korszerű molekuláris, mikrobiomikai és transzkriptomikai megközelítésekkel. A vizsgálatok a mikroorganizmusok izolálásától és taxonómiai azonosításától a patogenitási teszteken és mikrobiális interakciók elemzésén keresztül a nagy áteresztőképességű szekvenálási és génexpressziós vizsgálatokig terjednek. E módszertani sokoldalúság lehetővé tette, hogy a szerző a vizsgált jelenségeket több, egymást kiegészítő biológiai szerveződési szinten értelmezze.

A mű egyik meghatározó tudományos értékét a *Botrytis cinerea* szürke- és nemesrothadás során kialakuló eltérő funkcionális állapotának vizsgálata jelenti. A szerző és munkatársai metatranszkriptomikai adatok alapján jelentős különbségeket mutattak ki a két rothadástípushoz kapcsolódó génexpressziós mintázatok között, és a vizsgálatokat funkcionális gén-, útvonal- és virulenciafaktor-elemzésekkel egészítették ki. A dolgozat ezen eredményei érdemi új információval szolgálnak annak megértéséhez, hogy ugyanazon gombafaj milyen eltérő molekuláris és metabolikus állapotban lehet jelen a szürke-, illetve nemesrothadás során.

Szintén jelentős eredménynek tartom, hogy a nemesrothadás mikrobiológiai hátterét a szerző nem kizárólag *Botrytis cinerea*–gazdanövény kapcsolatként értelmezi. A metatranszkriptomikai adatok több, az aszúsodó bogyókhoz társuló fonalas gomba és élesztő

metabolikus aktivitását is igazolják, ezáltal a folyamat összetett mikrobiális rendszerként válik vizsgálhatóvá. Az ilyen jellegű eredmények a nemesrothadás hagyományos, egyetlen domináns mikroorganizmusra koncentráló értelmezésén túlmutató szemléleti hozzájárulást jelentenek.

A tőkebetegségekkel kapcsolatos kutatásokban hasonlóan fontos szemléleti eredmény, hogy a szerző adatai alapján a mikroélőhely hatása a gombaközösség összetételére nagyobbban bizonyult, mint a tőkék tünetes vagy tünetmentes állapotának hatása. A klasszikusan tőkebetegségekhez kapcsolt gombák tünetmentes növényekben való előfordulása jól mutatja, hogy e betegségek kialakulása nem értelmezhető egyszerűen egy adott patogén jelenlétével vagy hiányával. Az eredmények ezért hozzájárulnak a tőkebetegségek komplex, a gazdanövény, a mikrobiom és a környezet interakciójára épülő értelmezéséhez.

Értekesnek tartom továbbá az *Aureobasidium pullulans* és az Esca-tünetek közötti kapcsolat vizsgálatát. A szerző nem áll meg az irodalmi adatokban megfigyelt korrelációnál, hanem tenyésztéses, kvantitatív molekuláris és funkcionális interakciós vizsgálatokkal is elemzi az *A. pullulans* és egyes Esca-asszociált gombák kapcsolatát. Különösen érdekes az *A. pullulans* és a *Phaeomoniella chlamydospora* közötti törzsfüggő kölcsönhatás és a kombinált fertőzésekben megfigyelt tünete erősödés. Az eredmény nemcsak egy adott faj szerepe miatt fontos, hanem azért is, mert jól példázza, hogy egy növényi mikrobiom általánosan előforduló komponensének funkcionális szerepe a mikrobiális környezet függvényében változhat.

A doktori mű alkalmazott növénykórtani értékét növelik a potenciális biológiai védekezési ágensekkel végzett kísérletek. A *Clonostachys rosea* esetében a szerző több antagonista mechanizmust mutatott ki, és az *in vitro* eredményeket növényi rendszerben végzett vizsgálatokkal is kiegészítette. A *Bacillus velezensis* esetében ugyancsak jelentős gombaellenes aktivitást igazolt több tőkebetegség-kórokozóval szemben. E vizsgálatok egyértelműen alkalmasak további biokontroll-kutatások megalapozására, bár gyakorlati, szabadföldi alkalmazhatóságuk igazolása természetesen további vizsgálatokat igényel.

Az értekezés különösen jól körülhatárolható eredménycsoportját jelentik az újonnan vagy új összefüggésben azonosított tőkebetegség-kórokozókkal kapcsolatos kutatások. A *Kalmusia longispora*, *Neofabraea kienholzii*, *Dothiorella omnivora*, *Diaporthe hungariae* és *Seimatosporium vitis* vizsgálata során a molekuláris azonosítást több esetben multilókuszos filogenetikai elemzések, morfológiai jellemzés és patogenitási vizsgálatok egészítették ki. A fertőzési kísérletek és a kórokozók visszaizolálása e megállapítások bizonyító erejét lényegesen növeli. A *D. hungariae* új fajként történő leírása ezen eredménycsoport taxonómiai jelentőségét is erősíti.

A bemutatott eredmények jelentős része rangos nemzetközi szakfolyóiratokban megjelent közleményeken alapul. Ezt az akadémiai doktori mű értékelésében lényeges körülménynek tartom, mivel azt jelzi, hogy az értekezés eredményeinek jelentős része már átesett nemzetközi szakmai megmérettetésen. Ugyanakkor az MTA doktora cím szempontjából természetesen nem önmagában a publikációk száma vagy megjelenési helye a döntő, hanem az, hogy a doktori műben összefoglalt eredmények közül melyek tekinthetők a jelölt saját, eredeti és kellően bizonyított tudományos eredményeinek. Ennek részletes értékelését ezért a tézisek tételes vizsgálatánál tartom szükségesnek.

A dolgozat nagy tematikai szélessége előnyt és egyben bizonyos korlátot is jelent. A tizenkét célkitűzés és az ezekhez kapcsolódó számos kísérleti rendszer mögött jelentős kutatási teljesítmény áll, ugyanakkor az egyes vizsgálatok tudományos súlya és bizonyító ereje nem

azonos. Az értekezés emiatt kevésbé egyetlen hipotézis lineáris tesztelésének, inkább egymással összefüggő kutatási programok szintézisének tekinthető.

Az eredmények értelmezésében néhány esetben a szerző megfogalmazásai túlmutatnak azon, amit a bemutatott kísérleti adatok közvetlenül igazolnak. Ez elsősorban a génexpressziós eredményekből levezetett metabolikus és érzékszervi következtetéseket, a tőkebetegségekhez társított fajok „magmikrobiom”-státuszát, valamint egyes biokontroll-ágensek gyakorlati alkalmazhatóságának megítélését érinti. Ezeket a kérdéseket az egyes eredmények részletes értékelésénél külön tárgyalom. Fontosnak tartom azonban hangsúlyozni, hogy e kifogások elsősorban a következtetések általánosításának mértékére, nem pedig a bemutatott alapadatok hitelességére vonatkoznak.

Összességében a doktori mű mögött jelentős volumenű, módszertanilag sokrétű és nemzetközi szinten is látható kutatói teljesítmény áll. A bemutatott eredmények több ponton érdemben bővítik a *B. cinerea* nemes- és szürkerothadásban betöltött szerepéről, a nemesrothadás mikrobiális és molekuláris hátteréről, valamint a szőlő tőkebetegségeinek mikrobiológiai és kóroktani összefüggéseiről rendelkezésre álló ismereteket. A dolgozatban megfogalmazott új tudományos eredmények azonban eltérő bizonyító erővel rendelkeznek, ezért annak megítélését, hogy közülük melyek fogadhatók el a jelölt új tudományos eredményeiként, a tézispontok egyenkénti értékelése alapján tartom indokoltnak.

Az elméleti háttér és a célkitűzések értékelése

Az értekezés szakirodalmi áttekintése megfelelően széles körű, és lefedi mindazokat a fő tématerületeket, amelyekre a doktori mű saját vizsgálatai épülnek. A szerző részletesen tárgyalja a *Botrytis cinerea* növénykórtani jelentőségét, a szőlő szürke- és nemesrothadásának kialakulását, a gazdanövény és a kórokozó közötti kölcsönhatásokat, a nemesrothadás fizikai, kémiai és mikrobiológiai hátterét, továbbá a folyamat vizsgálatára alkalmas korszerű molekuláris megközelítéseket. A másik nagy tematikus egység a szőlő tőkebetegségeit, ezen belül az Esca-komplexet, a biológiai védekezés lehetőségeit, valamint a tőkebetegségekhez társuló gombaközösségeket és egyes vizsgált mikroorganizmusokat foglalja össze.

MTA doktori mű esetében az irodalmi áttekintés megítélésének számomra legfontosabb szempontja nem annak terjedelme, hanem az, hogy a szerző képes-e saját kutatásainak helyét kijelölni a tudományterület nemzetközi fejlődésében. E tekintetben a fejezet összességében megfelelően teljesíti feladatát. A szerző ismeri a vizsgált területek meghatározó szakirodalmát, és több olyan, továbbra sem teljesen megoldott problémát azonosít, amely saját kutatási programját indokolja.

A *B. cinerea* esetében a dolgozat helyesen abból indul ki, hogy bár a faj a növénykórtan jól ismert modellorganizmusa, a szürke- és nemesrothadás eltérő kimenetelének molekuláris és funkcionális háttere lényegesen kevésbé feltárt. Különösen indokoltnak tartom annak vizsgálatát, hogy a két rothadási forma közötti eltérés mennyiben vezethető vissza a kórokozó funkcionális állapotának, a gazdanövény válaszreakcióinak és a társuló mikrobiális közösség működésének különbségeire. A szakirodalmi háttér megfelelően előkészíti a dolgozat későbbi transzkriptomikai és metatranszkriptomikai vizsgálatait.

Hasonlóan jól megalapozott a szőlő tőkebetegségeivel kapcsolatos kutatási irány. A szerző világosan érzékelteti, hogy e betegségek etiológiája nem írható le egyszerű, egy kórokozó–egy betegség típusú modellben. A tünetek változékonysága, a potenciális kórokozók tünetmentes

növényekben való előfordulása, a mikrobiális kölcsönhatások, valamint a környezeti és gazdanövényi tényezők együttes szerepe valóban olyan kérdéskört alkot, amely indokolja a közösségi és interakciós megközelítést. A célkitűzések bevezetője maga is ezt a problémát hangsúlyozza, amikor a tökebetegségek etiológiai rendszerét több mikroorganizmusra, mikrobiális kölcsönhatásokra és elhúzódó gazdanövényi válaszokra épülő, részben még feltáratlan rendszerként határozza meg.

A szakirodalmi áttekintés erősségének tartom továbbá, hogy a szerző a klasszikus növénykórtani eredményeket korszerű mikrobiom- és molekuláris szemlélettel kapcsolja össze. A dolgozatban ezért nem egyszerűen az egyes patogének előfordulása kerül a középpontba, hanem azok funkcionális aktivitása, egymással való kölcsönhatása, valamint a gazdanövény állapotával fennálló kapcsolata. Ez a szemlélet jól illeszkedik a doktori mű egészének tudományos koncepciójához.

A célkitűzések ugyanakkor rendkívül széles kutatási programot jelölnek ki. A szerző összesen tizenkét célkitűzést fogalmaz meg, amelyek a szürke- és nemesrothadás molekuláris különbségeinek feltárásától a nemesrothadás fizikai és kémiai jellemzésén, a mikrobiális közösségek funkcionális elemzésén és az Esca mikrobiológiáján keresztül a biokontroll-ágensek és új tökebetegség-kórokozók vizsgálatáig terjednek.

Ugyanakkor a célkitűzések között számottevő tartalmi átfedés figyelhető meg. Az 1., 2., 3., 4., 7. és 8. célkitűzés részben ugyanazon kutatási problémának – a nemes- és szürkerothadás molekuláris, mikrobiális és funkcionális különbségeinek – eltérő megfogalmazása. Különösen a 4. és 8. célkitűzés mutat jelentős hasonlóságot, hiszen mindkettő a társuló gombák funkcionális aktivitásának, illetve az aroma- és érzékszervi profil kialakulásában feltételezett szerepének vizsgálatára irányul.

A célkitűzések megfogalmazásával kapcsolatban további észrevételem, hogy néhány esetben a vizsgálni kívánt kérdés és a később levont következtetés nem válik teljesen szét. Különösen jól látható ez a 9. célkitűzésben, amely már kiindulásként úgy fogalmaz, hogy az Esca-betegséggel összefüggésbe hozott gombák a szőlő „magmikrobiomjának” részei, kommenszális endofitonok vagy látens szaprotrófok lehetnek, és opportunistá kórokozóként léphetnek fel. Ez valójában részben már a későbbi eredmények interpretációját tartalmazza. Tudományos szempontból tisztább lett volna e célkitűzést nyitott kérdésként megfogalmazni: különbözik-e a tünetes és tünetmentes tőkék gombaközössége, és milyen szerepet tölthetnek be a klasszikusan patogénnek tekintett fajok a szőlő mikrobiomjában.

Hasonló megfontolás érvényes a 11. célkitűzésre, amelyben már a biokontroll-ágensek „igazolt hatékonyságának” gyakorlati alkalmazhatóságát kívánja vizsgálni. A megfelelő tudományos kérdés itt elsősorban az antagonista aktivitás és mechanizmus igazolása, míg a gyakorlati növényvédelmi alkalmazhatóság ennél magasabb validációs szintet – különösen szabadföldi vizsgálatokat – igényel.

A célkitűzések között ugyanakkor több olyan kérdés szerepel, amely egyértelműen alkalmas új és tudományosan jelentős eredmények létrehozására. Ilyennek tartom a szürke- és nemesrothadás eltérő funkcionális génexpressziós hátterének feltárását; a társuló mikroorganizmusok aktivitásának funkcionális vizsgálatát; a nemesrothadás különböző fejlődési fázisainak több szinten történő jellemzését; az Esca-tünetekhez társuló mikrobiális közösségek és mikroba–mikroba kölcsönhatások vizsgálatát; valamint olyan, korábban nem

vagy nem megfelelően jellemzett mikroorganizmusok patogenitásának tisztázását, amelyek kapcsolatba hozhatók a szőlő tőkebetegségeivel.

Különösen megfelelően megfogalmazott célkitűzésnek tartom a 12. pontot, amely a tőkebetegség-komplexhez korábban nem társított vagy újonnan azonosított mikroorganizmusok meghatározását és patogén tulajdonságaik vizsgálatát jelöli meg. Ez világosan elkülöníthető kérdés, amelynek teljesülése egyértelműen megítélhető taxonómiai és növénykórtani bizonyítékok alapján.

Összességében megállapítható, hogy az értekezés elméleti háttere megfelelően megalapozza a kutatási programot, a szerző a vizsgált területek nemzetközi szakirodalmát ismeri, és saját kutatásait releváns, részben ma is nyitott tudományos problémákhoz kapcsolja. A célkitűzések nagy száma és részbeni átfedése a dolgozat szerkezetét kevésbé koncentrálttá teszi, egyes pontok pedig már részben megelőlegezik a későbbi következtetéseket. Ezeket azonban elsősorban szerkezeti és megfogalmazási kérdésnek tekintem. A célkitűzések mögött álló tudományos kérdések összességükben relevánsak, és alkalmasak olyan eredmények létrehozására, amelyek újdonsága és tudományos jelentősége az MTA doktora cím szempontjából érdemben értékelhető.

Az alkalmazott anyagok és módszerek értékelése

Az értekezésben alkalmazott módszertant összességében korszerűnek, széles körűnek és a kitűzött tudományos kérdések vizsgálatára alkalmasnak tartom. A munka egyik meghatározó erőssége, hogy a szerző a klasszikus növénykórtani, mikrobiológiai és morfológiai módszereket molekuláris biológiai, nagy áteresztőképességű szekvenálási, bioinformatikai, filogenetikai és funkcionális vizsgálatokkal kapcsolja össze. Ennek következtében több fontos eredmény nem egyetlen módszerre, hanem egymást kiegészítő bizonyítékokra épül.

A *Botrytis cinerea* és a nemesrothadás vizsgálatában különösen értékesnek tartom a több évjáratra, különböző szüreti időpontokra és fejlődési állapotokra épülő mintavételt, valamint a fizikai, kémiai, mikrobiológiai és molekuláris változók párhuzamos vizsgálatát. A DNS- és RNS-alapú szekvenálási eredmények statisztikai és bioinformatikai feldolgozása a korszerű omikai vizsgálatoknak megfelelő módszerekkel történt, az RNS-szekvenciaadatok pedig nyilvánosan hozzáférhető adatbázisban is elhelyezésre kerültek.

Különösen jelentős módszertani értéket képvisel a metatranszkriptomikai megközelítés, amely lehetővé teszi, hogy a mikroorganizmusok pusztán jelenlétén túl azok funkcionális aktivitását is vizsgálják. Ugyanakkor az alkalmazott módszer hatókörét az eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni. A szekvencia-leolvasásokat öt előzetesen kiválasztott gombafaj – *B. cinerea*, *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum nigrum* és *Rhodotorula graminis* – referencia-genomjához illesztették. A vizsgálat tehát ezen fajok funkcionális aktivitását meggyőzően jellemzi, de nem tekinthető a teljes aszúsodó mikrobiom referenciafüggetlen funkcionális feltárásának. Ennek megfelelően az ebből származó eredmények a kiválasztott domináns mikroorganizmusokra vonatkozóan fogadhatók el teljes bizonyító erővel.

A génexpressziós adatok hálózati elemzése, különösen a WGCNA alkalmazása, alkalmas arra, hogy az egyedi gének helyett együtt változó funkcionális génmodulokat kapcsoljon az aszúsodás fázisaihoz és a szőlőbogyó fizikai tulajdonságaihoz. A paraméterezés részletesen megadásra került, és a módszer az értekezés egyik innovatív elemét jelenti. Ugyanakkor az

ilyen korrelációs hálózatok eredményeit funkcionális összefüggésként, nem pedig önmagukban bizonyított oksági mechanizmusként indokolt értelmezni. Ez különösen azoknál a téziseknél fontos, amelyek egyes génfunkciókat közvetlenül a bogyó texturális vagy biokémiai átalakulásával kapcsolnak össze.

A tőkebetegségek mikrobiom-vizsgálatának kísérleti elrendezése megfelelő a mikroélőhely, a termőhely és az egészségi állapot összehasonlítására. Három tokaji termőhelyen összesen 24 Furmint-tőke vizsgálata történt, termőhelyenként négy tünetes és négy tünetmentes egyeddel, és minden növényből kéreg-, évelő farész- és talajmintát gyűjtöttek. Ez a kísérleti rendszer megfelelő alapot ad annak megállapítására, hogy a vizsgált mintarendszerben a mikroélőhely hatása meghaladja-e az egészségi állapot hatását.

Ugyanakkor éppen e mintavételi keret miatt óvatosság indokolt a szélesebb általánosításnál. A három, egyazon borvidékről származó termőhely és az egyetlen vizsgált szőlőfajta megfelelő egy jól körülhatárolt ökológiai összehasonlításhoz, de önmagában nem bizonyítja, hogy a megfigyelt közösségi mintázat valamennyi borvidéken, fajtán és évjáratban azonos módon érvényesül. Ez közvetlenül érinti a „magmikrobiom” fogalmának alkalmazását: a tünetmentes növényekben való rendszeres előfordulás fontos bizonyíték, de a széles értelemben vett core microbiome státuszhoz nagyobb földrajzi és időbeli reprezentativitás lenne kívánatos.

Az *Aureobasidium pullulans* és az Esca-kórokozók közötti kölcsönhatások vizsgálatát módszertanilag erősnek tartom, mert a megfigyeléses adatok mellett konfrontációs, tenyésztetfilterátumos, mikroszkópos és növényi kísérleteket is alkalmaztak. Ez lényegesen növeli annak a következtetésnek a hitelességét, hogy bizonyos *Aureobasidium pullulans* és *Phaeomonella chlamydospora* törzsek között funkcionálisan releváns, törzsfüggő kölcsönhatás létezik. Ugyanakkor az interakcióból az Esca teljes természetes patogenezisére történő általánosítás már túlmutat a vizsgálati rendszer bizonyító erején. Az eredmények elsősorban egy lehetséges tünete erősítő mechanizmust igazolnak.

A biokontroll-kísérletek értékelésénél lényeges különbséget látok a *Clonostachys rosea* és a *Bacillus velezensis* esetében rendelkezésre álló bizonyítékok között. A *Clonostachys rosea* esetében az *in vitro* antagonista és mikoparazita hatást *in planta* vizsgálatok is kiegészítik. A növénykísérletben ugyan kombinációként mindössze öt dugvány szerepelt, de a vizsgálat közvetlenül alkalmas annak kimutatására, hogy kontrollált körülmények között a kezelés egyes kórokozók által előidézett nekrozist csökkentheti. Ezt a *Clonostachys rosea* biokontroll-potenciáljának megfelelő bizonyítékaként elfogadhatónak tartom, de szabadföldi hatékonyságot természetesen nem bizonyít.

A *Bacillus velezensis* esetében ezzel szemben a dolgozatban bemutatott saját eredmények döntően *in vitro* antagonizmusra, tenyésztetfilterátumok fungicid aktivitására, frakcionálásra és levélkorongon végzett fitotoxicitási vizsgálatra épülnek. E kísérletek egyértelműen alátámasztják az izolátum antagonista potenciálját és a szekretált gombaeellenes aktivitást, de a dolgozat saját vizsgálatai alapján nem látom azonos szinten bizonyítottnak az *in planta* betegségcsökkentő hatást.

A tőkebetegségekhez kapcsolódó új vagy korábban nem megfelelően jellemzett gombafajok vizsgálata módszertani szempontból az értekezés legerősebb részei közé tartozik. Az ITS-régió vizsgálatát taxontól függően további lókuszok elemzése, többgénés filogenetikai rekonstrukció, morfológiai jellemzés és patogenitási teszt egészíti ki. A filogenetikai analízisek maximum likelihood és Bayes-féle eljárást egyaránt alkalmaznak. A mesterséges fertőzéseket a kórokozók

tünetes szövetből történő visszaizolálása követi, ami a fajazonosítást funkcionális növénykórtani bizonyítékkal kapcsolja össze. E megközelítés kellően erős alapot szolgáltat annak megállapítására, hogy a vizsgált fajok képesek szőlőn kóros elváltozásokat előidézni.

Ezeknél a taxonómiai és patogenitási vizsgálatoknál egyes fajokat kis számú izolátum reprezentál, ezért az eredményekből elsősorban a patogén képesség ténye vezethető le megbízhatóan. A populációs variabilitásra, az epidemiológiai jelentőségre vagy a faj szülőtermesztésben betöltött általános súlyára ebből még nem lehet következtetni.

Összességében a doktori műben alkalmazott módszerek alkalmasak a fő tudományos kérdések vizsgálatára, és a szerző több esetben egymástól független módszertani megközelítések kombinációjával erősíti eredményei bizonyító erejét. Nem látok olyan általános módszertani hiányosságot, amely a doktori mű eredményeinek egészét vagy azok hitelességét megkérdőjelezné. A megjelölt korlátok elsősorban egyes következtetések érvényességi tartományát határozzák meg. Ezek közül a tézisek értékelése szempontjából a referencia-genomokra korlátozott metatranszkriptomikai megközelítést, a differenciális expressziós elemzés többszörös tesztelésének nem teljesen egyértelmű leírását, a „magmikrobiom” általánosításának mintavételi korlátait, valamint a két biokontroll-agens eltérő szintű *in planta* bizonyítottságát tartom a legfontosabbnak.

Az eredmények és azok tudományos jelentőségének értékelése

Az értekezésben bemutatott eredményanyag mennyiségét, tematikai szélességét és módszertani sokrétűségét jelentősnek tartom. Az egyes eredménycsoportok tudományos újdonsága és bizonyító ereje ugyanakkor nem azonos, ezért az MTA doktori mű értékelése szempontjából indokoltnak tartom megkülönböztetni a közvetlenül és több módszerrel alátámasztott megállapításokat azoktól a következtetésektől, amelyek elsősorban korrelatív, funkcionális annotációs vagy előzetes alkalmazási eredményekre épülnek.

A szürke- és nemesrothadás molekuláris hátterére vonatkozó eredmények

Az értekezés egyik legerősebb és tudományosan leginkább újszerű eredménycsoportját a *Botrytis cinerea* szürke- és nemesrothadás során kialakuló eltérő funkcionális állapotának feltárása jelenti. A génexpressziós profilok, a differenciálisan expresszált génkészletek, a funkcionális útvonalak és a virulenciafaktorok elemzése egybehangzóan arra utal, hogy a két rothadási forma nem pusztán azonos kórokozói folyamat eltérő környezeti megjelenése, hanem a gomba eltérő funkcionális állapotával is együtt jár.

A nemesrothadásos mintákban az anyagcserével, kolonizációval és másodlagos metabolizmussal összefüggő funkciók kerültek előtérbe, míg a szürkerothadásban a gazdanövényi védekezés semlegesítéséhez, a sejtfalkárosításhoz és fitotoxin-termeléshez kapcsolódó gének hangsúlyosabb expressziója volt megfigyelhető. Ezt az eredménycsoportot megfelelően megalapozottnak és a doktori mű egyik meghatározó eredeti hozzájárulásának tartom.

Jelentős további eredmény, hogy a szerző a *Botrytis cinerea* mellett más, az aszúsodó szőlőbogyókhoz társuló fonalas gombák és élesztők funkcionális aktivitását is vizsgálta. Eredményei alapján ezek a mikroorganizmusok nem csupán passzívan jelen lévő közösségi tagok, hanem aktív génexpressziót mutatnak a nemesrothadás során. Ez a megállapítás

érdemben bővíti a nemesrothadás mikrobiológiai értelmezését, és indokolttá teszi a folyamat több mikroorganizmust magában foglaló rendszerként történő vizsgálatát.

E ponton ugyanakkor különbséget kell tenni a mikrobiális aktivitás, a metabolikus potenciál és a tényleges metabolittermelés között. A szerző több esetben a funkcionális génannotáció alapján aroma- és aromaelővegyületek képződéséhez kapcsolja az egyes mikroorganizmusok működését, majd ebből a botritiszes bor érzékszervi profiljához való hozzájárulásra következtet. A génexpressziós adatok ezt a biológiai lehetőséget erősen alátámasztják, de közvetlen metabolomikai és érzékszervi validáció nélkül nem tartom teljes bizonyító erővel igazoltnak azt az erősebb állítást, hogy e mikroorganizmusok meghatározó módon alakítják a kész bor érzékszervi tulajdonságait.

A gazdanövény génexpressziós válaszainak vizsgálata fontos módon egészíti ki a kórokozói oldalon kapott eredményeket. A szürke- és nemesrothadás során eltérő növényi védekezési és anyagcsere-folyamatok azonosítása a gazda-kórokozó kapcsolat kétoldalú molekuláris értelmezését teszi lehetővé. Ezt az eredménycsoportot tudományosan jelentősnek tartom. Az életmódváltásra vonatkozó terminológia alkalmazását ugyanakkor indokoltnak tartom pontosítani, mivel a *B. cinerea* klasszikusan nekrotróf kórokozó, és a nemesrothadás során megfigyelt eltérő gazda-kórokozó kapcsolat nem feltétlenül azonos egy valódi biotróf-nekrotróf életmódváltással.

A nemesrothadás fizikai, kémiai és funkcionális jellemzésének eredményei

A nemesrothadás stádiumainak fizikai és kémiai jellemzése önálló tudományos értéket képvisel. A szerző objektív texturális paraméterek segítségével különíti el az aszúsodás egyes fázisait, és kimutatja, hogy a bogyóhéj mechanikai tulajdonságai a folyamat során jellegzetesen változnak.

Különösen érdekes eredmény az I. és II. fázis között megfigyelt, „E-drop” elnevezésű rugalmasságcsökkenés, amely a morfológiailag még alig felismerhető változásokat megelőző vagy azokkal egyidejű texturális átalakulást jelzi. Az E-drop mint mérhető jelenség létét a bemutatott adatok támogatják. A szerző azonban ennél tovább megy, amikor ezt általános, döntéstámogatásban használható korai küszöbértékként értelmezi. Véleményem szerint e gyakorlati jelentőség további fajtákon, évjáratokban és termőhelyeken történő prospektív validációt igényel. A tudományos eredmény ezért az objektív texturális átmenet azonosításaként erős; univerzális előrejelző rendszerként való alkalmazhatósága jelenleg még inkább perspektívának tekinthető.

Hasonló különbségtétel indokolt a fizikai és kémiai eredményekből levont borászati ajánlások esetében is. A Furmint és Hárslevelű, valamint a vizsgált évjáratok alapján kapott adatok alkalmasak a vizsgált rendszer jellemzésére, de a fajták általános rangsorolása vagy egy általánosan optimális szüreti időpont meghatározása ennél szélesebb validációt igényelne.

A nemesrothadás különböző fázisainak génexpressziós és hálózati elemzését az értekezés kifejezetten értékes integratív eredményének tartom. A fizikai tulajdonságok és a génexpressziós modulok közötti kapcsolatok azt mutatják, hogy a gomba funkcionális aktivitásának jelentős átrendeződése már a folyamat korai szakaszában megindul. Eredményei jól támogatják a nemesrothadás dinamikus, többfázisú biológiai folyamatként történő értelmezését. A koexpressziós kapcsolatokból ugyanakkor közvetlen oksági mechanizmus csak további funkcionális kísérletekkel vezethető le.

A tőkebetegségek mikrobiológiai hátterére vonatkozó eredmények

A tőkebetegségekhez kapcsolódó mikrobiom-vizsgálatok egyik legfontosabb eredménye, hogy a gombaközösségek összetételét a vizsgált mintarendszerben erősebben befolyásolta a mikroélőhely – kéreg, évelő faanyag vagy talaj –, mint a tőke tünetes vagy tünetmentes állapota. A teljes közösség szintjén nem volt kimutatható egyértelmű elkülönülés az Esca-tünetes és tünetmentes tőkék között.

Ezt fontos és meggyőző eredménynek tartom, mert közvetlenül támogatja azt a korszerű szemléletet, amely szerint a tőkebetegségek nem magyarázhatók kizárólag valamely kórokozó jelenlétével vagy hiányával. A tünetmentes növényekben is kimutatható, klasszikusan kórokozónak tekintett gombák jelenléte egyértelműen rámutat a gazdanövény állapotának, a környezetnek és a mikrobiális kölcsönhatásoknak a lehetséges jelentőségére.

Ennél szűkebben értékelem azonban azt a következtetést, hogy a tőkebetegséghez társuló kórokozók általánosan a szőlő „magmikrobiomjának” részét képezik, és jellemzően kommenszális endofitonként vagy látens szaprotrófként vannak jelen. Maga a dolgozat is úgy fogalmaz, hogy az eredmények „arra utalnak” e szerepre. A rendelkezésre álló mintarendszer erősen támogatja a tünetmentes kolonizációt, de a szélesebb értelemben vett core microbiome státusz igazolásához nagyobb földrajzi, genetikai és időbeli reprezentativitást tartanék szükségesnek.

Az *Aureobasidium pullulans* szerepének vizsgálatát tudományosan különösen érdekesnek tartom. A tünetek súlyosságával mutatott korreláció önmagában még nem lenne elegendő oksági szerep felvetéséhez, a szerző azonban ezt funkcionális kölcsönhatási vizsgálatokkal egészíti ki. A *Phaeomoniella chlamydospora* és az *A. pullulans* egyes törzsei között megfigyelt kölcsönhatások, valamint a kombinált kísérletekben kialakuló fokozott tünetek megfelelő alapot adnak egy törzsfüggő tünete erősítő hatás megfogalmazására.

Ezt nem tekinteném az Esca általános patogenezisének magyarázataként, de új és kellően alátámasztott eredményként fogadható el az a szűkebb állítás, hogy egy alapvetően nem patogén vagy gyengén patogén mikrobiomtag bizonyos kórokozókval való kölcsönhatása révén módosíthatja a tünetképződés intenzitását.

A biológiai védekezésre vonatkozó eredmények

A *Clonostachys rosea* vizsgálata több szinten is alátámasztott eredményt szolgáltat. A szerző növekedésgátló és mikoparazita mechanizmusokat egyaránt azonosít, és az *in vitro* vizsgálatokat növényi kísérletekkel egészíti ki. Az *Eutypa lata* és a *Phaeomoniella chlamydospora* esetében az *in planta* nekroziscsökkentés közvetlen bizonyítékot nyújt arra, hogy a *Clonostachys rosea* kontrollált körülmények között biokontroll-potenciállal rendelkezik.

Ezt új és tudományosan megalapozott eredménynek tartom, miközben fontos különválasztani a biokontroll-potenciál igazolását a termesztéstechnológiai alkalmazhatóság bizonyításától. Utóbbihoz többéves, szabadföldi validáció lenne szükséges.

A *Bacillus velezensis* esetében a dolgozat saját eredményei erős *in vitro* antagonista aktivitást és szekretált gombaellenes hatást támasztanak alá. A törzs biokontroll-jelöltként való azonosítása ezért indokolt. A növényben kialakuló betegség tüneteinek csökkentésére

vonatkozó bizonyítottsági szint ugyanakkor alacsonyabb, mint a *Clonostachys rosea* esetében. E különbséget a szerző által megfogalmazott új tudományos eredmények között is szükségesnek tartom érvényesíteni.

Az újonnan azonosított tőkebetegség-kórokozók

A tőkebetegségekhez kapcsolódó új vagy korábban nem megfelelően jellemzett gombafajok vizsgálata az értekezés egyik legegységértelműbben bizonyított eredménycsoportja.

A *Neofabraea kienholzii* esetében a molekuláris azonosítást patogenitási tesztek és sikeres visszaizolálás egészíti ki. A kontrollnövények tünetmentessége és az inokulált növényekben kialakuló szállítószerkezeti elváltozások egyértelműen támogatják a faj szőlőn mutatott patogén képességét.

A *Dothiorella omnivora* esetében a fajazonosítás mellett szintén patogenitási bizonyíték és sikeres visszaizolálás áll rendelkezésre. A szerző helyesen különíti el a patogén képesség igazolását a faj epidemiológiai jelentőségétől, amikor megjegyzi, hogy ritka előfordulása alapján jelenleg nem tekinthető jelentős szőlőkórokozónak.

A *Diaporthe hungariae* leírását különösen jelentős taxonómiai eredménynek tartom. A faj többgénés filogenetikai és morfológiai elkülönítése, típusanyagának meghatározása, nemzetközi törzsgyűjteményi deponálása és patogenitási vizsgálata együttesen erős bizonyítékot szolgáltat az új taxon önállóságára és szőlőn mutatott patogén képességére. A magyarországi típusizolátum gyűjtése és a faj leírásában való részvétel a doktori mű egyik jól körülhatárolható, nemzetközileg is értelmezhető eredménye.

A *Seimatosporium vitis* esetében a patogenitási kísérlet és a visszaizolálás ugyancsak támogatja a szőlőn való patogén képességet. Ugyanakkor a fajazonosítás maga kevésbé erős, mint a többgénés filogenetikával jellemzett taxonok esetében: az értekezés is „előzetes” *Seimatosporium vitis* azonosításról beszél, az izolátumok nem sporuláltak, és az ITS-szekvenciák több közeli taxonnal is nagy hasonlóságot mutattak. Ezért a patogén *Seimatosporium* izolátumok szőlőn való kimutatását erős eredménynek tartom, a fajszintű taxonómiai következtetés bizonyosságát azonban valamivel óvatosabban kezelném.

Az eredmények egészének megítélése

A bemutatott eredmények alapján az értekezés több, egymástól részben független területen tartalmaz olyan eredeti tudományos megállapításokat, amelyek érdemben bővítik a szőlő növénykórtanával kapcsolatos ismereteket.

Különösen nagy tudományos súlyt tulajdonítok

1. a szürke- és nemesrothadás eltérő *Botrytis cinerea* génexpressziós és funkcionális mintázatának;
2. a nemesrothadásban részt vevő további mikroorganizmusok funkcionális aktivitásának kimutatásának;
3. a nemesrothadás fejlődési fázisaihoz kapcsolódó fizikai és molekuláris változások integrált jellemzésének;
4. a tőkén belüli mikroélethelyek gombaközösséget alakító szerepére vonatkozó eredményeknek;

5. az *Aureobasidium pullulans* és *Phaeomoniella chlamydospora* törzsfüggő funkcionális kölcsönhatásának;
6. a *Clonostachys rosea* több mechanizmuson alapuló antagonista hatásának;
7. valamint az új vagy korábban szőlőn patogénként nem igazolt gombataxonok azonosításának és patogenitási bizonyításának.

Az értekezésben megfogalmazott következtetések egy része ugyanakkor szélesebb az alapul szolgáló közvetlen bizonyítéknál. Ez elsősorban az aroma- és érzékszervi hatások oksági értelmezésére, az E-drop általános döntéstámogató alkalmazhatóságára, a „magnmikrobiom” státuszra és egyes biokontroll-ágensek gyakorlati hatékonyságára vonatkozik. Ezeket nem tekintem az alapul szolgáló eredmények cáfolatának; sokkal inkább azt jelentik, hogy az új tudományos eredmények elfogadásánál a tézisek pontos megfogalmazása döntő jelentőségű.

Összességében a doktori mű eredményeimben megfogalmazottak véleményem szerint több, az MTA doktora cím szempontjából érdemi súlyú eredeti tudományos eredményt tartalmaz. A következő lépésben ezért indokoltnak tartom a szerző által megfogalmazott tizennégy új tudományos eredmény egyenkénti vizsgálatát annak meghatározására, hogy mely tézisek fogadhatók el változtatás nélkül, melyek fogadhatók el szűkített vagy pontosított tartalommal.

Az új tudományos eredmények tételes értékelése

A szerző tizennégy pontban foglalja össze az értekezés új tudományos eredményeit. Az MTA doktori mű értékelése szempontjából ezeket egyenként vizsgáltam abból a szempontból, hogy az adott állítást a bemutatott kísérleti eredmények milyen mértékben támasztják alá, illetve milyen terjedelemben fogadható el a jelölt új tudományos eredményként.

1. tézispont

A szerző a *Botrytis cinerea* génexpressziós és metabolikus profiljának elemzése alapján a szürke- és nemesrothadás eltérő funkcionális hátterét fogalmazza meg. A nemesrothadáshoz fokozott metabolikus aktivitást, kolonizációval és aromaképző folyamatokkal kapcsolatos génexpressziót, a szürkerothadáshoz pedig a növényi védekezés kijátszásával és fitotoxin-termeléssel kapcsolatos gének dominanciáját társítja.

A tézispont lényegi tartalmát elfogadom új tudományos eredményként. A génexpressziós mintázatok, funkcionális útvonalak és virulenciafaktorok eltérései megfelelően alátámasztják, hogy a *Botrytis cinerea* funkcionális állapota lényegesen különbözik a szürke- és nemesrothadás során. A virulenciafaktor-elemzésben a nemesrothadáshoz elsősorban kolonizációval, a szürkerothadáshoz pedig többek között oxidoreduktáz-, sejtfalbontó és fitotoxin-funkciók kapcsolódtak. A „metabolikusan aktívabb” megfogalmazást ugyanakkor transzkriptomikai értelemben tartom igazoltnak; közvetlen metabolomikai mérés ennél szélesebb értelmezéshez lenne szükséges.

2. tézispont

A tézis szerint a *Botrytis cinerea* mellett az *Alternaria alternata*, *Epicoccum nigrum*, *Aureobasidium pullulans* és *Rhodotorula graminis* is aktív génexpressziós szereplője a nemesrothadásnak, és hozzájárul a bogyók fizikai-kémiai átalakulásához.

A tézispontot pontosított tartalommal fogadom el. Meggyőzően igazoltnak tartom, hogy a felsorolt mikroorganizmusok a nemesrothadás során funkcionálisan aktívak, és eltérő génexpressziós profilokat mutatnak. A konkrét fizikai-kémiai változásokhoz való közvetlen hozzájárulás ugyanakkor részben a gének funkcionális annotációján és az expressziós mintázatokkal való összefüggésen alapul. Ezért új tudományos eredményként azt fogadom el, hogy a *Botrytis cinerea* mellett további fonalas gombák és élesztők metabolikusan aktív résztvevői a nemesrothadásnak, és funkcionális génkészletük alapján potenciálisan részt vesznek annak biokémiai folyamataiban.

3. tézispont

A szerző a szőlő génexpressziós profiljának eltérését írja le nemes- és szürkerothadás esetén, a nemesrothadásban visszafogottabb védekezési, a szürkerothadásban erőteljes, de eredménytelen védekezési válaszokat azonosítva. A tézis ezt a *Botrytis cinerea* „nekrotróf életmódváltásával” hozza oksági kapcsolatba.

A tézispontot pontosított tartalommal fogadom el. Új és megfelelően alátámasztott eredménynek tartom, hogy a gazdanövény transzkriptomikai válasza lényegesen különbözik a két rothadási formában. Nem tartom ugyanakkor kellően pontosnak a „nekrotróf életmódváltás” kifejezést és az ehhez kapcsolt közvetlen oksági állítást. A *Botrytis cinerea* alapvetően nekrotróf kórokozó, ezért a kimutatott eltérést inkább eltérő fertőzési és funkcionális állapotként, illetve eltérő gazda–kórokozó kölcsönhatásként tartom indokoltnak értelmezni.

4. tézispont

A hároméves adatsor alapján a szerző a szüreti hónap és az évjárat hatását igazolta a *Botrytis cinerea* micéliumnövekedésére és morfológiai típusainak eloszlására, valamint ezek kapcsolatát a nemesrothadás előfordulásával.

A tézispontot elfogadom új tudományos eredményként. A több évre kiterjedő vizsgálat megfelelően alátámasztja a szezonális és évjárat tényezők, a gomba fenotípusos tulajdonságai és a nemesrothadás előfordulása közötti összefüggést. A tézis megfogalmazása alapvetően arányos a rendelkezésre álló bizonyítékokkal.

5. tézispont

A szerző a nemesrothadás egyes fázisaihoz eltérő fizikai, kémiai és mikrobiális tulajdonságokat rendel, továbbá az „aszúszem tudományos definíciójának” meghatározását és szőlőfajtára, illetve szüreti időpontra vonatkozó ajánlást fogalmaz meg.

A tézispontot csak szűkített tartalommal fogadom el. Egyértelműen új tudományos eredményként értékelem a nemesrothadás fázisaihoz kapcsolódó, objektíven mérhető fizikai, kémiai és mikrobiális változások meghatározását. Az I. és II. fázis közötti jellegzetes rugalmasságcsökkenés, az ún. E-drop azonosítása különösen érdekes eredmény.

Az „aszúszem tudományos definíciója”, illetve az általánosan alkalmazható fajta- és szüretidőpont-ajánlás azonban a vizsgált két fajta, termőhelyek és évjáratok alapján szélesebb állítás annál, mint amit az adatok közvetlenül igazolnak. Maga az E-drop is ígéretes korai indikátor, de általános döntéstámogató küszöbként való használata további validációt kíván.

6. tézispont

A tézis szerint a *Botrytis cinerea* funkcionális génexpressziója a nemesrothadás korai szakaszában ugrásszerűen fokozódik, és az aktiválódó sejtfalbontó, fehérje-, szénhidrát-, kén- és másodlagos metabolikus útvonalak közvetlenül hozzájárulnak a bogyók texturális és biokémiai változásaihoz, illetve a gomba dominanciájához.

A tézispontot pontosított tartalommal fogadom el. A korai génexpressziós átrendeződés és az érintett funkcionális útvonalak aktiválódása megfelelően igazolt. Elfogadhatónak tartom azt is, hogy ezek funkcionális kapcsolatban állnak a nemesrothadás során bekövetkező texturális és biokémiai változásokkal. A „közvetlenül hozzájárulnak” megfogalmazást azonban okságilag erősebbnek tartom a bemutatott bizonyítéknál. A koexpresszió és funkcionális annotáció erős összefüggést mutat, de a közvetlen mechanisztikus okság külön funkcionális validációt igényelne.

7. tézispont

A szerző azt állítja, hogy a *Botrytis cinerea* mellett további fonalas gombák és élesztők bizonyítottan hozzájárulnak az aroma- és aromaelővegyületek képződéséhez, és meghatározó szerepet játszanak a botritiszes borok egyedi érzékszervi profiljában.

A tézispontot ebben a megfogalmazásban nem fogadom el teljes egészében, de szűkített tartalmát új tudományos eredményként elfogadom. A dolgozat megfelelően bizonyítja, hogy a vizsgált társuló gombák és élesztők metabolikusan aktívak, és olyan géneket, illetve útvonalakat expresszálnak, amelyek aroma- és aromaelővegyületek metabolizmusához kapcsolhatók. Közvetlen metabolit-meghatározás és az abból készült bor érzékszervi vizsgálata nélkül azonban nem bizonyított, hogy e mikroorganizmusok ténylegesen milyen mértékben járulnak hozzá az egyes aromavegyületekhez, és különösen nem, hogy „meghatározóak” a kész bor érzékszervi profiljának kialakulásában.

Elfogadható új eredménynek ezért azt tartom, hogy a nemesrothadás társuló mikroorganizmusai funkcionális génexpressziójuk alapján rendelkeznek az aromaképzéshez kapcsolódó metabolikus potenciállal, amely különösen a későbbi fázisokban válik jelentőssé.

8. tézispont

A szerző a mikroélőhelyek közötti nagyobb közösségi eltérésből, valamint az egészséges és Esca-tünetes tökékek közötti kisebb eltérésből arra következtet, hogy a kórokozó gombák a szőlő „magmikrobiomjának” részét képezik.

A tézispontot eredeti megfogalmazásában nem fogadom el, de az alapjául szolgáló eredményt elfogadom új tudományos eredményként. Meggyőzően igazoltnak tartom, hogy a vizsgált rendszerben a mikroélőhely hatása nagyobb volt a gombaközösség szerkezetére, mint a tünetes vagy tünetmentes állapoté, és hogy több tőkebetegségekhez társított gombafaj tünetmentes növényekben is előfordul.

Ebből azonban önmagában nem következik teljes bizonyító erővel, hogy valamennyi ilyen patogén a szőlő általános értelemben vett „core microbiome”-jének része. Ehhez szélesebb földrajzi, genetikai és időbeli vizsgálat, valamint a core státusz előre definiált prevalencia- vagy gyakorisági kritériumainak alkalmazása lenne szükséges. A tézis elfogadható formája ezért a

mikroélőhely domináns közösségformáló hatására és a tünetmentes kolonizáció kimutatására korlátozható.

9. tézispont

A szerző az *Aureobasidium pullulans* jelenléte és az Esca-tünetek súlyossága közötti pozitív korrelációt, valamint az *Aureobasidium pullulans* és *Phaeomoniella chlamydospora* egyes törzsei közötti, a levéltüneteket fokozó kölcsönhatást fogalmazza meg új eredményként.

A tézispont lényegi tartalmát elfogadom új tudományos eredményként. A korrelációt tenyésztési és kvantitatív molekuláris adatok is támogatják, a funkcionális kísérletek pedig azt mutatják, hogy bizonyos törzskombinációkban a két mikroorganizmus együttes jelenléte fokozhatja a tünetképződést. Fontosnak tartom azonban a tézisben szereplő „törzsfüggő” jelzőt: az eredmény nem általánosítható valamennyi *Aureobasidium pullulans* és *Phaeomoniella chlamydospora* izolátumra, és nem tekinthető az Esca teljes patogenezisét magyarázó általános mechanizmusnak.

10. tézispont

A szerző a *Clonostachys rosea* antagonista hatását fogalmazza meg, különösen az *Eutypa lata* és a *Phaeomoniella chlamydospora* ellen, és kiemeli az *in planta* kísérletekben megfigyelt nekroziscsökkenést.

A tézispontot elfogadom új tudományos eredményként. Az *in vitro* antagonista aktivitást mikroszkópos megfigyelések és növényi kísérletek is alátámasztják. Az *Eutypa lata* és *Phaeomoniella chlamydospora* által okozott nekrosis csökkenése közvetlen *in planta* bizonyítékot jelent a *Clonostachys rosea* biokontroll-potenciáljára. Az „ígéretes biológiai védekezési lehetőség” megfogalmazást megfelelőnek tartom, amennyiben ez potenciált, és nem már bizonyított szabadföldi technológiát jelent.

11. tézispont

A tézis közösen fogalmazza meg a *Clonostachys rosea* és a *Bacillus velezensis* biokontroll-hatását, és azt állítja, hogy mindkettő szignifikánsan mérsékelte a tünetek kialakulását, továbbá a *Bacillus velezensis* gombaellenes aktivitását lipopeptidekhez köti.

A tézispontot ebben a formában nem fogadom el. A *Clonostachys rosea* esetében valóban rendelkezésre áll *in planta* bizonyíték a nekrotikus tünetek mérséklésére. A *Bacillus velezensis* saját vizsgálataival ezzel szemben elsősorban *in vitro* növekedésgátlást, tenyészetfiltrátumhoz köthető fungicid aktivitást és levélkorongon vizsgált fitotoxicitás hiányát mutatják. A dolgozatban bemutatott adatok alapján ezért nem látom bizonyítottnak azt az állítást, hogy a *Bacillus velezensis* *in planta* szignifikánsan mérsékelte volna a tőkebetegség tüneteit.

A hatóanyag természetére vonatkozó megfogalmazást is óvatosabban kezelném. A frakcionálási és oldhatósági eredmények a gombaellenes komponensek kémiai természetére utalnak, de a konkrét lipopeptidek egyértelmű szerkezeti azonosítása nem történt meg.

Új tudományos eredményként elfogadom, hogy a vizsgált *Bacillus velezensis* izolátum több GTD-kórokozóval szemben jelentős *in vitro* antagonista és fungicid aktivitással rendelkezik, szekretált gombaellenes komponenseket termel, és a vizsgált rendszerben nem mutatott

fitotoxicitást. A *Clonostachys rosea in planta* biokontroll-hatását külön, a 10. tézis szerint fogadom el.

12. tézispont

A szerző a *Kalmusia longispora* szőlőpatogén tulajdonságának első igazolását, virulenciájának lakkáztermeléssel való összefüggését, valamint a *Neofabraea kienholzii* szőlőhöz kötődő patogén szerepének igazolását fogalmazza meg.

A tézispontot lényegi tartalmában elfogadom új tudományos eredményként. A patogenitási kísérletek megfelelően alátámasztják, hogy mindkét faj képes szőlőn kóros elváltozást okozni. A *Kalmusia longispora* esetében a virulencia mértéke és a lakkázaktivitás az alkalmazott törzsek között azonos irányban változott. Ezt a lakkáztermelés és a virulencia közötti összefüggés bizonyítékeként elfogadom, de közvetlen oksági virulenciafaktorként történő azonosításához további funkcionális vizsgálatok lennének szükségesek.

13. tézispont

A tézis a *Dothiorella omnivora* első európai, szőlőről történő kimutatását és patogenitásának igazolását, valamint a *Seimatosporium vitis* szőlőpatogén tulajdonságának első bizonyítását foglalja össze.

A tézispontot pontosított tartalommal fogadom el. A *Dothiorella omnivora* esetében a molekuláris azonosítás, a mesterséges fertőzés, a kontrollnövények tünetmentessége és a sikeres visszaizolálás kellően erős alapot biztosít a faj szőlőn mutatott patogén képességének elfogadásához.

A *Seimatosporium vitis* esetében magát a patogén képességet szintén megfelelően alátámasztják a fertőzési és visszaizolálási eredmények. A fajszerű taxonómiai azonosítás azonban kevésbé erős: az értekezés maga is „előzetes” *Seimatosporium vitis* azonosításról beszél, a törzsek nem sporuláltak, az azonosítás elsősorban ITS-szekvenciákra támaszkodott, amelyek több rokon taxonnal is nagyfokú hasonlóságot mutattak. Ezért a szőlőn patogén *Seimatosporium* izolátumok kimutatását elfogadom, a *Seimatosporium vitis* fajszerű azonosítást és az arra épülő világszintű prioritásállítást valamivel óvatosabban értékelném.

14. tézispont

A szerző a *Diaporthe hungariae* tudomány számára új fajként történő leírását és szőlőpatogén tulajdonságának igazolását fogalmazza meg.

A tézispontot elfogadom új tudományos eredményként. A taxon elkülönítését morfológiai és többgénés filogenetikai eredmények támasztják alá, a faj típusanyaga és tenyésztete deponálásra került, a patogenitási kísérletek pedig nektrózisos elváltozást és sikeres visszaizolálást igazoltak. A faj hivatalosan *Diaporthe hungariae* Guarnaccia, Armengol & Váczy néven került leírásra.

Összegző állásfoglalás a tézisekről

A tizennégy tézispont értékelése alapján megállapítható, hogy az értekezés jelentős számú, megfelelően dokumentált és tudományos szempontból érdemi új eredményt tartalmaz. A **4., 10.**

és 14. tézispontot lényegében a szerző által megfogalmazott formában elfogadom; az 1., 2., 3., 5., 6., 9., 12. és 13. tézispontot tartalmi pontosítással vagy az állítás érvényességi körének szűkítésével fogadom el. A 7., 8. és 11. tézispontot a szerző által megfogalmazott teljes terjedelemben nem tartom igazoltnak, ugyanakkor mindhárom esetben azonosítható olyan szűkebb, a kísérleti eredményekkel megfelelően alátámasztott tudományos eredmény, amelyet új eredményként elfogadok.

A fenntartások tehát elsősorban nem a bemutatott alapadatok hitelességét, hanem egyes tézisek megfogalmazásának túlzott oksági, általánosító vagy alkalmazási tartalmát érintik. Az elfogadott és pontosított tézisek együttes tudományos súlyát az MTA doktori mű szempontjából jelentősnek tartom.

KÉRDÉSEK

1. A metatranszkriptomikai vizsgálatokban a leolvasásokat öt kiválasztott gombafaj referencia-genomjához illesztették. Milyen szempontok alapján választották ki ezt az öt fajt, és mennyiben tekinthetők az ezekre épülő eredmények a teljes nemesrothadási mikrobiom funkcionális reprezentációjának? Elképzelhető-e, hogy más, referencia-genommal nem reprezentált mikroorganizmusok funkcionális szerepe így rejtve maradt?
2. A dolgozat szerint több társuló gomba és élesztő olyan génexpressziós útvonalakat mutat, amelyek aroma- és aromaelővegyületek képződéséhez kapcsolhatók, és ezek alapján a szerző az érzékszervi profil kialakulásában betöltött szerepükre következtet. Hol húzná meg a jelölt a határt a metabolikus potenciál, a tényleges metabolittermelés és a kész bor érzékszervi tulajdonságainak bizonyított alakítása között? Milyen további kísérlettel bizonyítaná közvetlenül ezt az oksági láncot?
3. A *Seimatosporium vitis* izolátumok fajsztintú azonosítását a dolgozat maga is előzetesnek nevezi; a törzsek nem sporuláltak, és az ITS-szekvenciák több közeli taxonnal is nagy hasonlóságot mutattak. Mennyire tartja biztosnak a fajsztintú azonosítást, és milyen további multilókuszos vagy morfológiai vizsgálatot tartana szükségesnek a taxonómiai státusz véglegesítéséhez?

Nyilatkozom, hogy a doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez, a nyilvános védés kitűzését javaslom. Sikeres védés esetén a MTA doktora cím odaítélését javaslom.

Győr, 2026. október 4.

Palkovics László