

## Válasz Dr. Tóbiás István opponensi véleményére

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Dr. Tóbiás István professzor úrnak, az MTA doktorának, hogy elvállalta doktori értekezésem opponensi véleményezését, valamint a dolgozat gondos áttanulmányozását és támogató értékelését. Köszönöm az értekezés szakmai színvonalára, az irodalmi háttér részletes és kritikus feldolgozására, az alkalmazott módszerek széles körére, valamint a bemutatott eredmények tudományos jelentőségére vonatkozó elismerő megállapításait. Külön köszönöm, hogy az értekezésben megfogalmazott új tudományos eredményeket elfogadta, és azokat a szőlő növénykórtanával kapcsolatos ismeretekhez jelentősen hozzájáruló eredményeknek ítélte.

A bírálatban megfogalmazott kritikai észrevételekre reagálva egyetérték azzal, hogy a fajnevek rövidített formájának gyakori használata, különösen a fejezetcímekben, nem minden esetben volt szerencsés. A rövidített forma alkalmazásával a tudományos közleményekben általánosan követett gyakorlatot vettem alapul, ugyanakkor a fejezetcímekben a teljes fajnév használata indokoltabb lett volna.

Ugyancsak jogosnak tartom az egyes, laboratóriumi szaknyelvből átvett kifejezések használatára vonatkozó észrevételt. Az értekezés megírása során törekedtem a megfelelő magyar tudományos terminológia használatára, ugyanakkor néhány, az angol szakirodalom szóhasználatát közvetlenül követő megfogalmazás benne maradt a szövegben. Ezek következetesebb magyar nyelvű megfogalmazása valóban szerencsésebb lett volna.

A szőlő tökeelhalásos betegségeinek fajgazdagságát vizsgáló mintagyűjtések háttere és lehetőségei sajnos nem tették lehetővé, hogy teljes magyarországi földrajzi lefedettségben dolgozzunk. A vizsgálatok Eger, Neszmély, Pécs, Szekszárd és Villány térségére terjedtek ki, így elsősorban domb- és hegyvidéki termőhelyeket reprezentáltak. Az alföldi borvidékek bevonása kétségtelenül tovább szélesítette volna a vizsgálatok földrajzi reprezentativitását, és lehetőséget adott volna az eltérő termőhelyi adottságok összehasonlítására is. Ezt utólag különösen sajnálom, hiszen Lehoczky János a szőlő tökeelhalásos betegségeinek hazai kutatásában meghatározó munkát végzett az Alföldön, elsősorban Kecskeméthez kötődően.

Az ábrák méretére és magyarázatára vonatkozó észrevételeket elfogadom. Utólag magam is úgy ítélem meg, hogy egyes, nagy információtartalmú ábrák nagyobb méretben történő közzlése javította volna azok olvashatóságát, és egyes esetekben a részletesebb ábramagyarázat is segítette volna az eredmények értelmezését. A *Botrytis cinerea* funkcionális génmoduljainál szereplő angol színmegnevezések ugyanakkor az alkalmazott WGCNA-elemzés során létrehozott modulok azonosítására szolgálnak. Ezeket az eredeti elemzésben és az annak alapjául szolgáló közleményben alkalmazott elnevezésekkel összhangban tartottam meg. Ennek indokát az értekezésben célszerű lett volna egyértelműen jelezni.

Az általános észrevételekre adott válaszaimat követően az opponensi véleményben megfogalmazott kérdésekre az alábbiakban válaszolok.

**1. kérdés:** „A szőlőfajták hogyan befolyásolják az aszúsodás folyamatát?”

A szőlőfajta több, egymással összefüggő tulajdonságon keresztül befolyásolhatja az aszúsodás kialakulását és lefolyását. Az érési idő és az érés dinamikája határozza meg, hogy a bogyók megfelelő érettségi állapota időben egybeesik-e a nemesrothadás kialakulásához kedvező környezeti feltételekkel. A fürt és a bogyó morfológiai jellemzői, valamint a bogyóhéj és a kutikula fizikai tulajdonságai befolyásolhatják a *B. cinerea* kolonizációját, illetve a fertőzött bogyó vízvesztését és töppedését. A *B. cinerea* meghatározó szerepet játszik a nemesrothadás kialakulásában, a folyamat azonban nem kizárólag egyedül a gomba és a szőlő kölcsönhatásának eredménye, hanem a bogyóhoz kapcsolódó mikrobiális közösség és a környezeti tényezők együttes hatása is alakítja. A fajta emellett meghatározza a bogyó kiinduló kémiai összetételét és annak érés során bekövetkező változásait, amelyek az aszúsodás lefolyását és a kialakuló aszúszem tulajdonságait egyaránt befolyásolják. Az aszúsodásra való alkalmasságot ezért a fajta több jellemzője és a környezeti feltételek együttesen határozzák meg. Ezt a nemzetközi gyakorlat is jól példázza: a franciaországi Sauternes borvidéken elsősorban a Sémillon, míg Németországban a nemesrothadásos Beerenauslese és Trockenbeerenauslese borok készítésében a Riesling játszik meghatározó szerepet.

Blanco-Ulate és munkatársai (2015) Sémillon bogyókon végzett vizsgálatai igazolták, hogy a nemesrothadás nem egyszerűen a bogyók vízvesztésével és az oldott anyagok koncentrációjával jár, hanem a gazdanövény génexpressziójának és anyagcseréjének jelentős átalakulását eredményezi. Ez arra is rámutat, hogy a bogyó morfológiai és fizikai tulajdonságai mellett a gazdanövény és a kórokozó közötti élettani kölcsönhatás is befolyásolja az aszúsodás folyamatát.

A Furmint kedvező aszúsodási hajlama jól ismert. Bene (2023) a Furmint aszúkészítésben betöltött szerepét tárgyalva hangsúlyozza a bogyóhéj és a kutikula tulajdonságainak, valamint a fürtszerkezetnek a jelentőségét. Furmint és Hárslevelű fajtákon végzett saját vizsgálataink azt mutatták, hogy bár a bogyók fizikai tulajdonságainak változását elsősorban a nemesrothadás stádiuma határozta meg, egyes mechanikai és kémiai paraméterekben szignifikáns fajtakülönbségek is mutatkoztak. A vizsgált kémiai jellemzők közül különösen a pH alakulásában mutatkozott fajtahatás és a Furmint több további vizsgált paramétere is kedvezőbbnek bizonyult az aszúbor-készítés szempontjából.

A bogyó fizikai és kémiai tulajdonságai mellett a gazdanövény élettani válasza is fontos lehet az aszúsodás szempontjából. A nemes- és szürkerothadás összehasonlítása során kimutattuk, hogy a szőlő növényi válasza alapvetően eltér a két folyamatban. Vizsgálatunk nem különböző fajták összehasonlítására irányult, ezért ebből közvetlen fajtaspecifikus következtetés nem vonható le. A Sémillonon végzett vizsgálatokkal összevetve eredményeink ugyanakkor felvetik annak lehetőségét, hogy az egyes fajták *B. cinerea* fertőzésére adott eltérő élettani és molekuláris válaszai is hozzájárulhatnak az

aszúsodási képességükben mutatkozó különbségekhez. Ennek igazolásához azonos környezeti feltételek között végzett összehasonlító fajtakísérletekre lenne szükség.

A kedvező aszúsodási képesség tehát nem egyszerűen a *B. cinerea* fertőzésére való fogékonyságot jelenti. Olyan komplex fajtatulajdonságként értelmezhető, amelyben a fenológiai, morfológiai, fizikai és kémiai sajátosságok mellett feltehetően a gazdanövény fertőzésre adott élettani válasza is szerepet játszik, és amely megfelelő környezeti feltételek mellett elősegíti a nemesrothadás kialakulását és az aszúszemek képződését.

**2. kérdés:** „Van-e tapasztalatuk a homoktalajon termesztett szőlő „magmikrobiomja”-ról?”

Homoktalajon termesztett szőlő magmikrobiomjára vonatkozó célzott vizsgálatokat nem végeztünk, így erre vonatkozó közvetlen tapasztalatokkal nem rendelkezünk. A kérdés ugyanakkor a magmikrobiom fogalmából és a termőhely mikrobiális közösségekre gyakorolt ismert hatásából kiindulva is értelmezhető. A magmikrobiom fogalma mindig egy meghatározott vizsgálati rendszerhez és mintakörhöz kapcsolódik, ezért az általunk azonosított magmikrobiom nem feltétlenül tekinthető a szőlő valamennyi termőhelyére általánosítható közösségnek. Ennek alapján feltételezhető, hogy a homoktalajon termesztett szőlő magmikrobiomja is eltérhet a más talajtípusokon termesztett szőlőétől. A talaj és a termőhely szőlőhöz kapcsolódó mikrobiális közösségekre gyakorolt hatását több nemzetközi vizsgálat is alátámasztja. Zarraonaindia és munkatársai (2015) kimutatták, hogy a talaj a szőlőhöz kapcsolódó baktériumközösségek fontos mikrobiális forrása, és a termőhelyi adottságok jelentősen befolyásolhatják azok összetételét. Darriaut és munkatársai (2022) üvegházi kísérletben vizsgálták, hogy egy Bordeaux térségében fekvő, homoktalajú szőlőültetvény különböző mikrobiológiai állapotú területeiről származó talajok miként befolyásolják a fiatal szőlőnövények gyökérhez kapcsolódó mikrobiomját. Eredményeik alátámasztják a termőhelyi talaj mikrobiomot alakító szerepét, ugyanakkor a vizsgálat nem különböző talajtípusok összehasonlítására és nem a fás szövetek magmikrobiomjára irányult, ezért eredményeiből a homoktalajon termesztett szőlő magmikrobiomjára közvetlen következtetés nem vonható le.

A homoktalajok sajátos fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságai, valamint az ezekhez kapcsolódó talajmikrobiom a szőlő mikrobiális közösségeinek összetételét is befolyásolhatják. Mindezek alapján a homoktalajon termesztett szőlő magmikrobiomja is mutathat termőhelyi sajátosságokat. Azt azonban, hogy ezek milyen mértékben köthetők kifejezetten a talajtípushoz, közvetlen összehasonlító vizsgálatok hiányában nem lehet megalapozottan megítélni.

**3. kérdés:** „Az abiotikus tényezők közül melyek fontosabbak az ESCA-betegség kialakulásában?”

Az ESCA kialakulását és tüneteinek megjelenését befolyásoló abiotikus hatások közül jelenlegi ismereteink alapján elsősorban a szőlő vízállapotát meghatározó környezeti feltételeket és a hőmérsékleti viszonyokat tartom fontosnak. Emellett kísérletes adatok

támasztják alá a tápanyagellátottság, különösen a nitrogénellátottság szerepét is. Fontos azonban különbséget tenni a betegség kialakulása és a lombtünetek megjelenése között, mivel az abiotikus hatásokra vonatkozó közvetlen bizonyítékok jelentős része az utóbbira vonatkozik.

z ESCA esetében a vízellátottság szerepe összetett, mivel a szőlő vízállapotát a talaj vízkészlete, a csapadékviszonyok és a légkör párologtatási igénye együttesen alakítják, befolyásolva a transzspirációt és a vízszállító rendszer működését. A vízstressz azonban nem tekinthető egyszerűen az ESCA levéltüneteit kiváltó vagy súlyosbító tényezőnek. Bortolami és munkatársai (2021) kontrollált kísérletekben azt találták, hogy a szárazság gátolta a jellegzetes levéltünetek kialakulását. Eredményeik alapján tehát az ESCA lombtüneteinek megjelenése és a növény vízállapota közötti kapcsolat nem írható le egyszerű, egyirányú összefüggésként.

Etienne és munkatársai (2026) húsz év adatait elemezve, 493 franciaországi szőlőültetvény vizsgálata alapján mutattak ki összefüggést az ESCA lombtüneteinek éves előfordulása, valamint a talajnedvesség, az evapotranszspiráció és a hőmérsékleti viszonyok között. Eredményeik szerint a magasabb talajnedvességi index és az aktív növekedési időszak nagyobb evapotranszspirációja a tünetek gyakoribb előfordulásával társult. A hőmérsékleti viszonyok esetében ugyanakkor eltérő összefüggéseket találtak a nyugalmi és a vegetációs időszakban. A vizsgálat arra is rámutatott, hogy az adott év éghajlati viszonyai általában nagyobb jelentőséggel bírtak a lombtünetek megjelenésében, mint a megelőző évei.

A tápanyagellátottság és az ESCA kapcsolatáról kevesebb adat áll rendelkezésre. Dell'Acqua és munkatársai (2025) hároméves vizsgálatukban összefüggést mutattak ki a nitrogénellátottság és az ESCA levéltüneteinek előfordulása, valamint a növények növekedése, fotoszintetikus aktivitása és anyagcseréje között. A nitrogénhiányos kezelésben ritkábban jelentkeztek levéltünetek, miközben a fás szövetek gombaközösségének összetételében nem mutattak ki ezzel párhuzamos változást. Az eredmények arra utalnak, hogy a nitrogénellátottság a gazdanövény élettani állapotának befolyásolásán keresztül is szerepet játszhat az ESCA lombtüneteinek megjelenésében. Saját vizsgálatainkban szintén összefüggést találtunk a termőhelyi és időbeli tényezők, valamint a szőlőhöz kapcsolódó gombaközösségek között. A termőhely, az évjárat és az évszak egyaránt kapcsolatban állt a szőlő patogén gombaközösségeinek alakulásával, az ESCA-tünetes és tünetmentes tőkéhez kapcsolódó gombaközösségekben pedig jelentős tér- és időbeli változásokat mutattunk ki (Leal és mtsai, 2024, Geiger és mtsai, 2026). Ezek az eredmények azonban nem bizonyítják az egyes abiotikus tényezők közvetlen szerepét az ESCA kialakulásában. Jelenlegi ismereteink alapján a szőlő vízállapotát és a hőmérsékleti viszonyokat tartom a legfontosabb abiotikus tényezőknek, de a tápanyagellátottság szerepe sem elhanyagolható. Az összefüggés azonban nem lineáris: az erősebb abiotikus stressz nem szükségszerűen jár az ESCA kialakulásának vagy tüneteinek fokozódásával.

4. kérdés: „Milyen lehetőségei vannak az ESCA-betegség elleni biológiai védekezésnek a gyakorlatban?”

Az ESCA elleni biológiai védekezés lehetőségeit célszerű a szőlő tőkeelhalásos betegségeinek tágabb összefüggésében értelmezni. A már kialakult, fás szöveteket érintő fertőzések megszüntetésére jelenleg nem rendelkezünk megbízható biológiai módszerrel. A gyakorlati biológiai védekezés ezért elsősorban az új fertőzések megelőzésére, különösen a számos GTD-kórokozó számára fertőzési kaput jelentő metszési sebek védelmére irányul (Mondello és mtsai, 2018).

Saját vizsgálatainkban több olyan mikroorganizmust azonosítottunk, amelyek jelentős antagonista hatást mutattak a szőlő tőkeelhalásos betegségeinek kórokozóival szemben. A *Clonostachys rosea* különböző izolátumainál növekedésgátló és mikoparazita aktivitást mutattunk ki, és kontrollált növényi kísérletekben a nekrotikus tünetek mérséklődését is igazoltuk (Geiger és mtsai, 2022). A hatás különösen az *Eutypa lata* és a *Phaeomoniella chlamydospora* esetében volt jelentős. Utóbbi az ESCA-komplexhez szorosan kapcsolódó egyik fontos gombafaj, míg az *E. lata* az eutípiás tőkeelhalás kórokozója. A szőlőtőkéből izolált *Bacillus velezensis* esetében szintén több jelentős GTD-kórokozóval szemben mutattunk ki antagonista aktivitást, amelyben a tenyészetfiltrátumban kimutatott, lipopeptid jellegű komponensekhez kapcsolható gombaellenes aktivitás játszhat szerepet (Szabó és mtsai, 2023). Ezek az eredmények igazolják a vizsgált mikroorganizmusok biokontroll-potenciálját, gyakorlati hatékonyságukat azonban szabadföldi körülmények között nem vizsgáltuk.

A gyakorlati alkalmazás területén jelenleg a *Trichoderma* fajokon alapuló eljárásokkal áll rendelkezésre a legtöbb tapasztalat. Különböző *Trichoderma*-törzseket tartalmazó készítményeket laboratóriumi körülmények között, a szőlő-szaporítóanyag előállítása során, valamint szabadföldi kísérletekben is vizsgáltak. Többéves szabadföldi vizsgálatokban kedvező eredményekről is beszámoltak, a kezelések hatékonysága azonban nem bizonyult minden esetben egyértelműnek. Di Marco és munkatársai (2022) hosszú távú vizsgálatai a *Trichoderma asperellum* és a *T. gamsii* törzsekre alapozott megelőző kezelések kedvező hatását mutatták ki. Ezzel szemben Martínez-Diz és munkatársai (2021) két spanyolországi szőlőültetvényben végzett vizsgálatukban a Vintec és Esquive készítmények alkalmazásával nem tapasztaltak szignifikáns fertőzéscsökkenést a *Phaeomoniella chlamydospora* és a *Diplodia seriata* esetében. Az eltérő eredmények arra utalnak, hogy a biológiai kezelések hatékonysága jelentősen függhet az alkalmazott törzstől, a megcélzott kórokozótól, a kezelés módjától és időzítésétől, valamint a környezeti feltételektől.

Jelenlegi ismereteink alapján tehát az ESCA és a szőlő egyéb tőkeelhalásos betegségei elleni biológiai védekezés gyakorlati szerepét elsősorban a megelőzésben, mindenekelőtt a fertőzési kapuk, különösen a metszési sebek védelmében látom.

Az alábbiakban a válaszban hivatkozott további szakirodalmi és saját forrásokat tüntetem fel.

- Bene, Zs. (2023): Furmint az aszúkészítésben. In: Bene, Zs. (szerk.): *Furmint Summit – Absztraktkötet*, Sárospatak, 21–27.
- Blanco-Ulate, B., Amrine, K. C. H., Collins, T. S., Rivero, R. M., Vicente, A. R., Morales-Cruz, A., Doyle, C. L., Ye, Z., Allen, G., Heymann, H., Ebeler, S. E., Cantu, D. (2015): Developmental and metabolic plasticity of white-skinned grape berries in response to *Botrytis cinerea* during noble rot. *Plant Physiology*, 169(4), 2422–2443.
- Bortolami, G., Gambetta, G. A., Cassan, C., Dayer, S., Farolfi, E., Ferrer, N., Gibon, Y., Jolivet, J., Lecomte, P., Delmas, C. E. L. (2021): Grapevines under drought do not express Esca leaf symptoms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(43), e2112825118.
- Darriaut, R., Antonielli, L., Martins, G., Ballestra, P., Vivin, P., Marguerit, E., Mitter, B., Masneuf-Pomarède, I., Compant, S., Ollat, N., Lauvergeat, V. (2022): Soil composition and rootstock genotype drive the root associated microbial communities in young grapevines. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1031064.
- Dell'Acqua, N., Gambetta, G. A., Comont, G., Ferrer, N., Rochepeau, A., Pétriacq, P., Delmas, C. E. L. (2025): Nitrogen nutrition impacts grapevine esca leaf symptom incidence, physiology, and metabolism. *Journal of Experimental Botany*, 76(11), 3225–3242.
- Di Marco, S., Metruccio, E. G., Moretti, S., Nocentini, M., Carella, G., Pacetti, A., Battiston, E., Osti, F., Mugnai, L. (2022): Activity of *Trichoderma asperellum* strain ICC 012 and *Trichoderma gamsii* strain ICC 080 toward diseases of Esca complex and associated pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 12, 813410.
- Etienne, L., Martinetti, D., Frank, E., Bonnardot, V., Michel, L., Guérin-Dubrana, L., Delmas, C. E. L. (2026): Identification of ecoclimatic indicators of Esca disease through 20 years of large-scale vineyard monitoring in France. *Plant Disease*, 110(4), 1258–1269.
- Geiger, A., Leal, C. M., Karácsony, Z., Golen, R., Lepres, L. A., Molnár, A., Váczy, K. Z., Geml, J. (2026): Unveiling the mycobiome of healthy and Esca diseased grapevines: fungal community dynamics across different microhabitats, seasons, years, and cultivars. *Environmental Microbiome*, 21, 102.
- Leal, C. M., Geiger, A., Molnár, A., Váczy, K. Z., Kgobe, G., Zsófi, Z., Geml, J. (2024): Disentangling the effects of terroir, season, and vintage on the grapevine fungal pathobiome. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1322559.
- Martínez-Diz, M. P., Díaz-Losada, E., Díaz-Fernández, Á., Bouzas-Cid, Y., Gramaje, D. (2021): Protection of grapevine pruning wounds against *Phaeomoniella chlamydospora* and *Diplodia seriata* by commercial biological and chemical methods. *Crop Protection*, 143, 105465.

- Mondello, V., Songy, A., Battiston, E., Pinto, C., Coppin, C., Trotel-Aziz, P., Clément, C., Mugnai, L., Fontaine, F. (2018): Grapevine trunk diseases: A review of fifteen years of trials for their control with chemicals and biocontrol agents. *Plant Disease*, 102(7), 1189–1217.
- Zarraonaindia, I., Owens, S. M., Weisenhorn, P., West, K., Hampton-Marcell, J., Lax, S., Bokulich, N. A., Mills, D. A., Martin, G., Taghavi, S., van der Lelie, D., Gilbert, J. A. (2015): The soil microbiome influences grapevine-associated microbiota. *mBio*, 6(2), e02527-14.

Eger, 2026. október 16.



Váczy Kálmán Zoltán