



INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2023. május 12.

Mandula mesterséges fertőzése különböző módszerekkel
***Colletotrichum nymphaeae* izolátummal**
Artificial inoculation of almond fruits with *Colletotrichum nymphaeae*
applying different inoculation methods

Készítette: **Bozi József**
TS0NAD
Növényorvosi mesterképzés
Nappali
Budai Campus

Témavezetők: Varjas Virág, PhD hallgató
Dr. Tóth Annamária, egyetemi adjunktus
Dr. Petróczy Marietta, egyetemi docens
MATE, Budai Campus, Növényvédelmi Intézet,
Növénykórtani Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

Budapest
2023.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés	4
2.	Irodalmi áttekintés	6
2.1.	<i>A mandula bemutatása</i>	6
2.2.	<i>Jelentős mandula fajták bemutatása</i>	6
2.2.1	Tétényi bőtermő	7
2.2.2	Tétényi kedvenc	7
2.2.3	Constanti	7
2.2.4	Non Pareil	8
2.3.	A mandula kórokozói	8
2.4.	A <i>Colletotrichum</i> nemzetség bemutatása	10
2.5.	<i>Colletotrichum</i> fajok gazdanövényei, az általuk okozott tünetek és gazdasági jelentőségük	11
2.6.	<i>Colletotrichum nymphaeae</i>	12
2.6.1.	<i>Rendszertani besorolás</i>	12
2.6.2.	A kórokozó biológiája	13
2.6.3.	Mandulán okozott tünetek és a fertőződés feltételei	14
2.6.4.	Morfológiai bélyegek	15
2.6.5.	<i>Colletotrichum acutatum</i> fajkomplex földrajzi elterjedése	17
2.7.	<i>Colletotrichum</i> fajok elleni védekezés lehetőségei	17
2.7.1.	<i>Fajta</i>	17
2.8.	<i>Módszertani lehetőségek mesterséges fertőzésekhez</i>	19
3.	Anyag és Módszer	21
3.1.	<i>A vizsgálat helye és ideje</i>	21
3.2.	<i>A vizsgálat anyaga</i>	21
3.2.1.	A mesterséges fertőzéshez használt izolátum	21
3.2.2.	A vizsgálatba vont fajták	21
3.3.3.	Felhasznált eszközök	21
3.4.1.	Növényi részek gyűjtése és tárolása	22
3.4.2.	A kórokozó azonosításának módszere	22
3.4.3.	A fertőzés módszere	22
3.4.4.	Az értékelés módszere	25
3.4.5.	Statisztikai módszerek	26
4.	Eredmények és következtetések	27
4.1.	<i>Tünetek ismertetése</i>	27
4.2.	<i>A kórokozó azonosítása és jellemzése</i>	27
4.3.	<i>Statisztikai eredmények</i>	28
4.3.1.	Fertőzési módok hatékonyságának értékelése	29
4.4.	<i>Fertőzési módszerek értékelése</i>	31
4.4.1.	Csepp	31
4.4.2.	Spray	32
4.4.3.	Mártott	33
4.4.4.	Korong	35
5.	Konklúzió	37

6. Összefoglalás	39
7. Köszönetnyilvánítás	40
8. Irodalomjegyzék	41

1. Bevezetés és célkitűzés

Az elmúlt években a mandulaültetvények telepítési kedve új lendületet kapott, a mandula jó eladhatóságának és a melegedő éghajlatnak köszönhetően. A mandula termésének rengeteg felhasználási módja létezik és magas piaci értékkel bír. Fogyasztják nyersen, pirítva, sósan, édesen, a cukrászipar egyik fontos alapanyaga, illetve a gyógyszer- és kozmetikai ipar is használja. Magas tápanyagtartalommal rendelkezik, olaj-, fehérje-, szénhidrát-tartalma magasabb, mint a húsféléké. Kalciumot, magnéziumot, káliumot, vasat, illetve B- és E vitamint tartalmaz magas koncentrációban.

Magyarországon az 1960-as években körülbelül 3000 tonna héjas termés termett, napjainkban 100 tonna termésmennyiséggel számolhatunk. A magyar mandulatermesztés Entz Ferenc javaslatára, az 1800-as években, a filoxeravész után kapott lendületet. A kipusztul szőlőültetvények helyére mandulafákat ültettek. Az 1900-as évek elején a Balaton-felvidéken jelentős ültetvény telepítésbe kezdtek, majd a második világháború után újabb telepítési hullám kezdődött, de a termésmennyiségek elmaradtak a vártaktól. Feltehetően a nem megfelelő termőhely kiválasztás és szakszerűtlen ápolás miatt (Ujfalussy és Békefi, 2019).

Jelenleg a fajtasortiment bővítése céljából külföldi fajták hazai termesztetőségét vizsgálják kórokozókkal szembeni ellenállóságuk, fagyűrűsük szempontjából. A hazai fajtakínálatban nincsenek öntermékenyülő fajták, ezért külföldi öntermékenyülő fajták tesztelése is folyik (Ujfalussy és Békefi, 2019). Eredményesebb termesztetősége azonban nemcsak a termőhely megfelelő kiválasztásán, a fajták fagyűrűsén és a kívánt termésmennyiségen múlik, hanem, mint minden termesztett kultúrnövényünk és gyümölcstermő növényünk esetében: a megfelelő növényvédelmen. A megfelelő és okszerű növényvédelemhez pedig elengedhetetlen a mandulán előforduló kórokozók, és a mandulafajták egyes kórokozókkal szembeni ellenállóságának ismerete.

A mandulatermesztésben a *Colletotrichum* fajok által okozott antraknózis az egyik legjelentősebb gombás eredetű betegség a jelentős mandulatermesztő régiókban (Kalifornia, Ausztrália, Spanyolország). Komoly gazdasági károkat okoz a termesztőknek. Az említett országok éghajlati adottságai miatt elsősorban a fiatal terméseket fertőzi meg a kórokozó, amelyek a fertőzés következtében idő előtt lehullanak (López-Moral és mtsai., 2020). A kifejlett termést is károsítja, valamint lombvesztést, hajtás- és vesszőelhalást is képes okozni. 2019-ben hazánkban is detektálták a *Colletotrichum* nemzetség egyik tagjának, a *Colletotrichum nymphaeae*-nek a mandulán való kártételét (Varjas és mtsai., 2023). Ennek a külföldön jelentősnek tartott kórokozónak hazai fellépése több kérdést is felvet, amik közül az egyik

legfontosabb a hazai fajták fogékonyságának kérdése. A *C. nymphaeae* faj fellépése mandulán nemzetközi viszonylatban is új adatnak számít (Varjas és mtsai., 2022), emiatt a fajták fogékonyságának tesztelését megelőzően, szükségesnek láttuk, hogy teszteljünk a lehetséges fertőzési módszereket a későbbi fogékonysági vizsgálatokhoz.

Diplomamunkámban több inokulációs módszert vizsgáltunk a mandula mesterséges fertőzésére. A kísérletben a *Colletotrichum nymphaeae*-t használtunk, melyet először Magyarországon írtak le manduláról. Kísérletünk és diplomamunkám során az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

(1) Melyik fertőzési módszer alkalmas a mandulatermés mesterséges fertőzésére a *Colletotrichum nymphaeae* kórokozóval?

(2) Melyik tesztelt módszer a legalkalmasabb a mandulafajták fogékonyságának meghatározására?

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A mandula bemutatása

A mandula (*Prunus dulcis* [Mill.] D. A. Webb) közép-Ázsiából származik, ahol több mint 30 rokon faja őshonos. Közép-Ázsiából terjedt tovább a Közel-Keletre, illetve Görögországba. Ezeken a területeken indult el a mandula termesztése és szelekciója. A XV. században eljutott a Balkánra és a mediterrán térségbe, a XVII-XVIII. század során pedig az amerikai kontinensre, először Dél-Amerikába, majd az amerikai kontinens északi részére. Magyarországon már a római korban is lehetett mandula, melynek termesztését és használatát feltehetőleg a középkori Itáliából vettük át (Ujfalussy és Békefi, 2019).

A mandula *Rosaceae* családkhoz tartozik. Egyetlen olyan faj a *Prunus* nemzetségben, amelynek a gazdasági értékét a magja szolgáltatja, a többi *Prunus* fajjal ellentétben a gazdasági értéke a lédús mezokarpiumban rejlik, ezért a mandulát inkább a dióval együtt a héjasokhoz sorolják, annak ellenére, hogy a *Prunus* fajokkal mutat genetikai rokonságot (Socias i Company és mtsai., 2017).

A mandula a Földközi-tenger medencéjének hagyományos növénye, de az egész világon elterjedt a termesztése: Ázsiában, Ausztráliában, Észak- és Dél-Amerikában és Dél-Afrikában is termesztik (Arquero, 2013).

Legnagyobb termőterülettel Spanyolország bír a maga több mint 650 ezer hektárjával, a második legnagyobb mandula termesztő ország az Egyesült Államok, 440 ezer hektárral, ugyanakkor az Egyesült Államok 2500 kg/ha mandulamag termésátlaggal rendelkezik, míg Spanyolországban átlagosan csak 150 kg/ha mandulamag terem (Arquero, 2013).

A mandula természetes előfordulása a 160–250 méter tengerszint feletti déli lejtőkre tehető. Fény- és melegigényes, illetve fagyérzékeny növény, ezért a megfelelő termőhely kiválasztása elengedhetetlen. Legalább évi 600 milliméter csapadékra van szüksége és legalább 300 milliméternek a vegetációs periódusban kell rendelkezésre állnia. Öntözőrendszer telepítése javasolt a biztonságos termesztéshez. A gyökereknek magas a levegőigénye, meszes talajokon érzi jól magát (Ujfalussy és Békefi, 2019).

A mandula magas tápértékkel rendelkezik, gazdag fehérjében, ásványi anyagokban és vitaminokban. Magas E vitamin, arginin és magas kálium tartalommal, egyszeresen telítetlen zsírsavakkal rendelkezik (USDA, 2022). Körülbelül 49% olajat tartalmaz, ebből 62% egyszeresen telítetlen olajsav (omega), 24% linolsav, 6% palmitinsav (Berry és mtsai., 1991).

2.2. Jelentős mandula fajták bemutatása

2.2.1 Tétényi bőtermő

Az akkori Kertészeti Kutatóintézet érdi kísérleti telepén szabad megporzású magonc populációból szelektálta Brózik Sándor. 1984-ben kapott állami fajtaelismerést. Önmeddő, ezért más mandulafajtákkal együtt kell termesztésbe vonni. Gyenge növekedési erélyű, sűrűsödésre hajlamos, gömbkoronát nevel, ezért már fiatal korban is ritkítani kell. Szeptember közepén érik, termése nagy (40 mm), hengeres, telt csepp alakú, félpapírhéjú, magbél arány 45–50%. A mag alakja hengeres, világos barna, íze fűszeres zamatú. Porzói: Tétényi kedvenc, Budatétényi 1, Budatétényi 70. Virágzása középidejű, de elhúzódása miatt gyakran középkésői. Jó víz- és levegő-gazdálkodású, humuszban és tápanyagban gazdag közép-kötött talaj szükséges az optimális fejlődéshez, sekély gyökérzete miatt nagy vízigényű fajta (Brózik és Apostol, 2003).

2.2.2 Tétényi kedvenc

Az akkori Kertészeti Kutatóintézet érdi kísérleti telepén szabad megporzású magonc populációból szelektálta Brózik Sándor. 1973-ban kapott fajtaelismerést, manapság az egyik fő árufajta. Önmeddő, ezért más mandulafajtákkal kell együtt termesztetni. Gyenge növekedési erélyű, ritka elágazású, szellős koronát nevel. Az idősebb ágrészek is sűrűn berakódnak bokrétás termőnyársakkal. Középnagy termést nevel (38–44mm), lándzsa alakú, hengeres, telt, ritkán lyukacsos, kis taréjú, szúrós csúcsú. Félpapírhéjú, a magbél aránya 46–50%. Érési ideje szeptember első és második dekádja. Termése sokáig a fán marad, nem hullik le. Porzói a Tétényi bőtermő, Budatétényi 1, Budatétényi 70 fajták. Jó víz- és levegő-gazdálkodású, humuszban és tápanyagban gazdag közép-kötött talaj szükséges az optimális fejlődéséhez. Meszes talajokat kedveli. Nagy fényigényű, közepes hőigényű, jó fagyűrűsű fajta (Brózik és Apostol, 2003).

2.2.3 Constanti

Közepes növekedési erélyű, közepes sűrűségű lombkoronát nevel. Öntermékeny fajta, ezáltal porzó fajta telepítése nem szükséges az ültetvénybe, azonban jobb termékenyülést érhetünk el porzó fajtákkal együttes termesztésben. Porzói lehetnek a Vario, Glorietta, Francolí, Guara fajták. Virágzási ideje közepesen hosszú. Kiemelkedő termőképességgel rendelkezik, betakarítási ideje augusztus végén. Betakarítása könnyű, a héj könnyen elválasztható a magtól. Mag mérete közepes (1,2 g) (IRTA, 2023).

2.2.4. Non Pareil

Rendszeres termőképességű. Virágzási ideje március harmadik hetében kezdődik. Jó a fa megújuló képessége és jól tűri a fagyokat. Papírhéjú, világosbarna színű terméseket nevel, magbél aránya 60–40%. Átlagos termőképessége 2,5 tonna/hektár (Ahmed és Verma, 2009).

2.3. A mandula kórokozói

A mandulának számos kórokozóját ismerjük (1. táblázat). A *Prunus necrotic ringspot virus* az Ilarvirus csoportba tartozik, az összes *Prunus* nemzetségbe tartozó fajt képes megfertőzni (Mink, 1992; Spiegel és mtsai., 1996). Több különböző biokémiai tulajdonságú törzse létezik (Crosslin és Mink, 1990). Pollennel, maggal, és vegetatív szaporítás útján terjed (Greber és mtsai., 1991). A fertőzött fákon klorotikus, nekrotikus levélfoltok, mozaik foltok és gyűrűs foltok jelennek meg (Nyland és mtsai., 1976; Lansac és mtsai., 1979).

1. táblázat: Mandula jelentős kórokozóinak áttekintése

Rendszertan	Kórokozó	Betegség	Gazdanövény	Terjedésmód, fertőzési forrás
<i>Bromoviridae</i> <i>Ilarvirus</i>	<i>Prunus necrotic ringspot virus</i>	Mandula nekrotikus gyűrűsfoltosság	Mandula, csonthéjasok, <i>Prunus</i> fajok	szaporítóanyag, pollen, mag, gyökérérintkezések
<i>Gammaproteobacteria</i> <i>Lysobacteraceae</i>	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv <i>pruni</i>	Csonthéjasok xantomonászos betegsége	Csonthéjasok	szaporítóanyag, Légmozgással, vektorokkal
<i>Ascomycota</i> <i>Venturiaceae</i>	<i>Venturia carpophila</i>	Mandula ventúriás varasodása	Csonthéjasok	konídiumok, légmozgással, vízcseppekkel
<i>Ascomycota</i> <i>Diaporthaceae</i>	<i>Diaporthe amygdali</i>	Mandula diaportés betegsége	Csonthéjasok	konídiumok, légmozgással,

				vízcseppekkel
<i>Ascomycota</i> <i>Sclerotiniaceae</i>	<i>Monilinia</i> <i>laxa</i>	Mandula monilíniás betegsége	Csonthéjasok	konídiumok, légmozgással, vízcseppekkel
<i>Ascomycota</i> <i>Glomerellaceae</i>	<i>Colletotrichu</i> <i>m</i> spp.	Mandula antraknózis	Fás és lágyszárú növények	konídiumok légmozgással, vízcseppekkel
<i>Ascomycota</i> <i>Mycosphaerellaceae</i>	<i>Stigmina</i> <i>carpophila</i>	Csonthéjasok sztigminás betegsége	Csonthéjasok	konídiumok légmozgással, vízcseppekkel

Csonthéjasok xanthomonászos betegségét a *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* baktérium okozza. Kezdetben a leveleken apró, szögletes, vízzel átitatott foltok jelennek meg, amelyek elsősorban a levélszéleken jelentkeznek. A foltok a fertőzés előrehaladtával összeolvadnak. A terméseken besüppedő foltok jelentkeznek, a gyümölcsök idő előtt lehullanak. Az ágakon, gallyakon ágrákosodás figyelhető meg (Palacio-Bielsa és mtsai., 2010).

A mandula ventúriás varasodását a *Venturia carpophila* okozza. A tünetek a vesszőn, hajtáson, levélen és terméseken figyelhetők meg, kezdetben zöldesbarna, később szürkésbarna egybefolyó foltok alakulnak ki (Dar és mtsai., 2019).

A *Monilinia laxa* (a mandula monilíniás betegségének kórokozója) gyümölcsrothadást, virág-, rügy- és hajtáselhalást okoz, illetve a fertőzött gallyakon és ágakon rákos sebek jelennek meg. A betegséget okozhatja még a *Monilinia fruticola* és *Monilinia fructigena*, de a mandulaültetvényekben a *Monilinia laxa* kórokozó a legelterjedtebb (Palacio-Bielsa és mtsai., 2017; Teviotdale és mtsai., 2002). A kórokozó a portokon keresztül fertőzi a virágokat és a kocsányon keresztül halad tovább. A fertőzés hatására a virágok megbarnulnak és elhalnak. Az ágakon, gallyakon rákos sebek alakulnak ki, a fertőzött részek elhalnak és a rajtuk található levelek megbarnulnak (Teviotdale és mtsai., 2002; Ollero-Lara és mtsai., 2016; Palacio-Bielsa és mtsai., 2017).

A *Diaporthe amygdali* (syn. *Phomopsis amygdali*, *Fusicoccum amygdali*) kártételét mandulán először Varjas és mtsai. (2017) írták le Magyarországon. A szerzők megfigyelései

szerint a *Diaporthe amygdali* jelentős kórokozó, fertőzése a rügyek és hajtások gyors elszáradásával jár. Barnás, hosszanti nekrotikus foltok alakulnak ki a hajtáson, melyek később besüllyednek és ágrákká alakulnak, gumiszerű váladék jelenhet meg. Az hajtások és vesszők elhalása a termőfelület csökkenéséhez vezet, ez jelentősen visszaveti a várható termésmennyiséget.

A mandula legjelentősebb betegsége az antraknózis, melyet a *Colletotrichum* fajok idéznek elő. Eddig a *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum fiorinae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum godetiae*, *Colletotrichum nymphaeae*, *Colletotrichum simmondsii* fajokat írták le mandulán, melyek összefüggésbe hozhatók a betegséggel (López-Moral és mtsai., 2010; 2017; 2020). A legsúlyosabb tünetek a fiatal fejlődő mandulaterméseken alakulnak ki. A terméseken kerek, narancssárgás barna 5–12 mm átmérőjű elváltozások jelennek meg, melyekben jelentős mennyiségű fehér micélium és narancssárga konídiummassza jelenik meg. A gyümölcs végül mumifikálódik, ezek a gyümölcsmúmiák a következő évi fertőzési forrásai lehetnek (López-Moral és mtsai., 2017). Tüneteket jelenhetnek még meg a leveleken, fásrészekon, virágokon (Palacio-Bielsa és mtsai., 2017).

A csonthéjasok sztigminás betegségét a *Stigmina carpophila* okozza. A leveleken, terméseken és hajtásokon okoz tüneteket. A leveleken apró vöröses, lilás kerek foltok alakulnak ki, amelyek általában a levél szélén jelentkeznek először. A foltok később kihullanak (Woodward, 1999). A fiatal fásodó részekon fekete foltok jelentkeznek, amelyek később megnagyobbodnak és besüppednek. Tavasszal a hűvös, csapadékos időben okozza a legnagyobb károkat (Evans és mtsai., 2008).

2.4. A *Colletotrichum* nemzetség bemutatása

A *Colletotrichum* nemzetség az *Ascomycota* törzsbe, a *Sordariomycetes* osztályba, a *Glomerellales* rendbe, a *Glomerellaceae* családba tartozik. A *Colletotrichum* fajok ivartalan szaporítóképlete az acervulusz, melyben konídiumok képződnek. A *Colletotrichum* nemzetség a világ egyik legjelentősebb növénypatogén nemzetsége, gazdasági és tudományos jelentősége miatt (Dean és mtsai., 2012). Fás és lágyszárú növényeket egyaránt fertőz. Leginkább trópusi és szubtrópusi elterjedésű, de vannak jelentős mérsékelt övi patogén fajok is köztük. Károsításuk különösen a szamóca (Smith és Black, 1990; Freeman és Katan, 1997), mangó (Nelson, 2008; Ismail és mtsai., 2015); citrusfélék (Peres és mtsai., 2004; Huang és mtsai., 2013), banán (Muirhead és Deverall, 1981; Thangavelu és mtsai., 2004), kávé (Waller és mtsai.,

1993; Nguyen, 2010,) és mandula (Brizi, 1896), meggy (Lehoczky, 1957) és a paradicsom (Chechi és mtsai., 2019) termesztését érinti.

2.5. *Colletotrichum* fajok gazdanövényei, az általuk okozott tünetek és gazdasági jelentőségük

A *Colletotrichum* fajok világszerte elterjedtek, leggyakrabban hervadást és rothadást is okoznak. A szamóca egyik legjelentősebb betegsége a *Colletotrichum* nemzetségbe tartozó fajok által okozott antraknózis (Buddie és mtsai., 1999; Debode és mtsai., 2009). A nemzetségbe tartozó kórokozó fajok a faiskolákban a növénypusztulások 80%-át, a szamócatermő területeken a termésvesztesség több mint 50%-át okozza (Sreenivasaprasad és Talhinhas, 2005).

Az antraknózis a diónak is jelentős betegsége, melyet a különböző *Colletotrichum* fajok idéznek elő: Sreenivasaprasad és Talhinhas (2005) *Colletotrichum acutatum* sensu lato-t, Juhasova és mtsai. (2005) a *Colletotrichum gloeosporioides*-t írták le dión 2005-ben. Zhu és mtsai. (2015) *Colletotrichum fiorinae*-t azonosították a dió leveleiről, amiken kezdetben vízzel átitatott körkörös vagy félkör alakú foltok jelentek meg. Az idősebb foltok barnás szegélyűvé, közepükön szürkés színűekké váltak. A terméseken barna vagy fekete száraz kör alakú foltok alakultak ki, gyakran narancssárga színű konídiumtömeg is képződött a fertőzött részeken. A fertőzés a termések korai lehullásához vezet, ami akár 50–70%-os termésvesztességgel is járhat (Da Lio és mtsai., 2018). Magyarországon Varjas és mtsai. (2021) a *Colletotrichum fiorinae* és *Colletotrichum godetiae* kórokozókat azonosították diófákon. A szerzők szerint a vessző csúcsi részein vagy a rügyek környékén atipikus nekrotikus foltok jelentkeztek, illetve a rügyek elhalását is megfigyelték. A leveleken a kórokozóval kapcsolatba hozható tüneteket nem észleltek. A termésburkon tipikus, nagy kiterjedésű, sötétbarna, besüppedő szövetnekrózist figyeltek meg. Ezekben a foltokban időnként koncentrikus zónázottság jelent meg. Csapadékos, párás időjárás esetén nagy mennyiségű acervulusz képződött, illetve a nagy tömegben képződött konídiumok narancssárga masszát alkottak. A konídiumtömeg egy része a burokra, vesszőre száradt (Varjas és mtsai., 2021).

A *Colletotrichum nymphaeae*-t mint az olajfa antraknózisáért felelős kórokozót 2019-ben írták le Olaszországban (Antelmi és mtsai., 2019). Az olajbogyó egyik legjelentősebb betegsége az antraknózis (Moral és mtsai., 2009). A terméseket fertőzi, melyeken sötétbarna elváltozások, rothadás jelenik meg. Klorotikus foltok is kialakulhatnak a kocsányon, és korai terméshullást okozhat.

A *Colletotrichum nymphaeae*-t egy kaméliasfélétről a *Camellia oleifera*-ról 2017-ben írták le Kínában az antraknózist okozó kórokozót (Li és Li, 2020). A leveleken nekrotikus elváltozások jelentkeznek, amelyet gyűrű alakban barna elszíneződés vesz körbe.

Az alma (*Malus domestica*) keserűrothadását okozó kórokozót, a *Colletotrichum nymphaeae*-t 2014-ben írták le Brazíliában (Velho és mtsai., 2014). A keserűrothadás az egész világon elterjed betegség. Az alma termésén kezdetben világosbarna besüppedő foltok alakulnak ki, amik később kiterjednek és sötétbarnára színeződnek, a konídiumok narancssárga masszaként tömegesen jelennek meg a tünetes részekben.

A japán szilva (*Prunus salicina*) antraknózist okozó kórokozóját a *Colletotrichum nymphaeae*-t 2018-ban közölték. A japán szilva fontos csonthejas gyümölcs, vitaminokban, antocianinokban gazdag. A tüneteket a gyümölcsökön alakulnak ki, barna, besüppedt, kerek, körülbelül 16 milliméter átmérőjű foltok formájában a fertőzés során. A kórokozó a tárolás alatt is okozhat kártételt (Chang és mtsai., 2018).

A paradicsom (*Solanum lycopersicum*) a világ egyik legjelentősebb kertészeti terméke a Food and Agriculture Organization of the United Nations 2020-as adatai alapján több, mint ötmillió hektáron termesztik világszerte. A *Colletotrichum nymphaeae*-t 2019-ben írták le kórtól paradicsomról (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). Antraknózisos tüneteket figyeltek meg: besüppedt, nekrotikus, kerek foltokat, amelyekben narancssárga nyálkás konídiumtömeg volt megfigyelhető (Chechi és mtsai., 2019).

Mandulán (*Prunus dulcis*) 2022-ben írták le a *Colletotrichum nymphaeae* kórokozót Magyarországon (Varjas és mtsai., 2023). A tünetek megjelentek a gallyakon és a terméseken. A gyümölcsökön narancssárga, besüppedt elváltozások alakultak ki, a fertőzött termések közelében lévő hajtások hervadtak.

A *Colletotrichum* fajok okozzák a meggy antraknózisos betegségét. Magyarországon 1957-ben Lehoczky János írta le *Gloeosporium fructigenum* Berk. néven. Legsúlyosabb kártételt a gyümölcsökön okozza, barna, besüppedő, fénytelen foltok keletkeznek a terméseken, a foltokat narancssárga, ragacsos konídiummassza kíséri (Lehoczky, 1957; Tóth és mtsai., 2013).

A cseresznye antraknózisos betegségéért is a *Colletotrichum* spp. a felelős. Magyarországon Magyar és Oros (2012) írták le először a *Colletotrichum gloeosporioides* kórokozót.

2.6. *Colletotrichum nymphaeae*

2.6.1. Rendszertani besorolás

A *Colletotrichum nymphaeae* a *Colletotrichum acutatum* fajkomplexbbe tartozik (Damm és mtsai., 2012), a nukleotid sorrendje alapján. Először fehér tündérrózsáról azonosították (Van Der AA, 1978), az elnevezése is innen ered. Máig több mint 50 gazdanövényét ismerjük (Farr és Rossman, 2022).

A *Colletotrichum* nemzetségbe több mint 200 faj tartozik. A *Colletotrichum* fajokat fajkomplexekbe sorolták be, számszerűsítve 15 fajkomplexet hozva létre (Talhinhas és Baroncelli, 2021): *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides*, *C. orbiculare*, *C. caudatum*, *C. graminicola*, *C. spaethianum*, *C. destructivum*, *C. dematium*, *C. gigasporum*, *C. boninense*, *C. truncatum*, *C. agaves*, *C. dracaenophilum*, *C. magnum*, *C. archidearum*. A molekuláris genetikai módszerek elterjedése előtt a *Colletotrichum* fajok elkülönítése nehéz feladat volt, mert a *Colletotrichum* fajok morfológiailag nagyon hasonlítanak egymáshoz (Cai és mtsai., 2009; Hyde és mtsai., 2009; Weir és mtsai., 2012; Crouch, 2014; Liu és mtsai., 2014, 2016). Megkülönböztetésüket a konídiumok morfológiája, a telepek színe, azok növekedési erélye, pigmenttermelésük, ivaros alakjuk alapján kísérelték meg (Freeman és mtsai., 1998). Ma a *Colletotrichum* fajokat több módszer együttes alkalmazásával azonosítják. Az új taxonómiai irányelvek szerint a genetikai vizsgálatokat és a morfológia és fiziológiai tulajdonságok vizsgálatát ötvözik a patogenitás vizsgálatával, illetve a metabolit termelés vizsgálatával (Liu és mtsai., 2016).

2.6.2.A kórokozó biológiája

Tavasszal a mumifikálódott terméseken áttelelt micéliumból indul a primer fertőzés. A primer fertőzés következtében kialakuló konídiumok indítják el a másodlagos fertőzést, a konídiumok vízcseppekkel terjednek. Tavasszal az acervuluszokban már 12–18 °C-on megindul a konídiumképzés (Børve és mtsai., 2010). A konídiumok talajon vagy elhalt növényi részekben képesek a telet átvészelni, száraz hideg körülmények között sokáig megőrzik a csírázókéességüket (Eastburn és Gubler, 1992). A *Colletotrichum* fajok hemibiotróf életmódot folytatnak. A fertőzés első szakaszában biotrófként viselkednek. A rövid biotróf szakasz után nekrotróf életmódra térnek át, amely során elpusztítják a növényi sejteket (Mendgen és Deising 1993; Deising és mtsai., 2000; Kubo és mtsai., 2000).

A növény felületére jutó spóra indítja a fertőzést: először apresszóriumot fejlesztve. A kezdeti biotróf fázisban az elsődleges hífák behatolnak a növényi sejtek plazmamembránjába, parazitálják a növényt, de nem ölik meg a sejteket, hasonlóan a lisztharmat és rozsdagombákhoz (Bailey és mtsai., 1992; Nicholson, 1992; Bergstrom és Nicholson, 1999). A biotróf fázis alatt

a fertőzött sejtek megtartják a membránfunkcióikat (O'Connell és mtsai., 1985). A *Colletotrichum* fajok a biotróf fázisban aminosavakat, hexózokat vesznek fel az élő sejtekből egy transzferrendszeren keresztül (Mendgen és Hahn, 2002). A környezeti körülményektől függően a fertőzéstől számított 48–72 órán belül, a *Colletotrichum* fajok átlépnek a nekrotróf életszakaszba. A másodlagos hifák bejutnak a plazmamembránba, sejthalált okoznak és elterjednek a növényi szövetekben. Lebontják a növényi sejt falban található különböző polimereket a depolimerázok segítségével (Carpita és Gibeau, 1993; Carpita és mtsai., 2001), így képesek lesznek felvenni az oligo- és monomer cukrokat a növényi sejtekből.

A nekrotróf fázisban a *Colletotrichum* fajok a gazdaszervezet szövetében elhalást okoznak. Ennek egyik módja a toxinok kiválasztása (Thines és mtsai., 2006). A *Colletotrichum* fajok sok másodlagos metabolitot választanak ki: ilyen többek között a kolletotrichin, amely egy terpenoid vegyület. Ez a másodlagos anyagcsere termék a gazdaszervezet sejtmembrán integritásának elvesztését okozza, ezáltal sejthalált idézve elő (Thines és mtsai., 2006).

2.6.3. Mandulán okozott tünetek és a fertőződés feltételei

A *Colletotrichum* fajok felelősek a mandula antraknózisáért, mely mérsékelten meleg időjárás és nedves körülmények között alakul ki (Shabi és Katan, 1983; Adaskaveg és Fröster, 2000). Meleg, nedves időjárási körülmények között a *Colletotrichum* nemzetség tagjai gyorsan szaporodnak. Szél és a vízcseppek segítségével terjednek át újabb növényi részekre. A spórák 3–48 óra alatt fertőzik meg a növényi szövetet (Wharton és Diéguez-Urbeondo, 2004). A tünetek megjelenhetnek a csonthéjas terméseken, leveleken, gallyakon, virágokon (Palacio-Bielsa és mtsai., 2017). Csonthéjas terméseken jellegzetes narancssárga vagy barna színű kör alakú besüppedt elváltozások jelennek meg, melyekben narancssárga színű konídiumtömeg keletkezik. A fertőzés hatására a termések összezsugorodnak, elpusztulnak, és gyümölcsmúmiaként a fán maradnak (1. ábra). Ezek a gyümölcsmúmiák indítják el a következő évi fertőzést (López-Moral és mtsai., 2017).

A levélszéleken kezdetben nekrótikus foltok jelennek meg, később az egész levél nekrotizálódik (Palazon Espanol és Palazon Espanol, 1979). Kaliforniában a kórokozó egy másik tünetét, a virágrothadást is megfigyelték (Fröster és Adaskaveg, 1999).



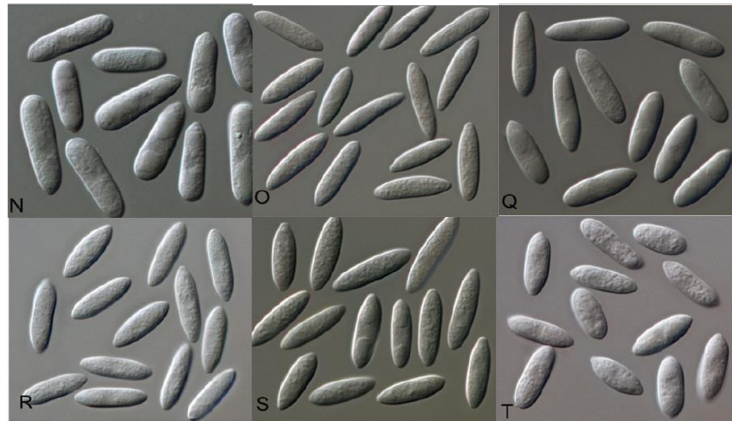
1. ábra: A *Colletotrichum* spp. által okozott jellegzetes tünetek mandulán. Fertőzött fiatal termések mumifikálódtak (bal fent). Az antrachnózis tünetei a mandula termésén (jobb fent).

Levéltünet (bal lent). Vessző mumifikálódott termésekkel (közép lent). A kórokozó által termelt toxinok hatására bekövetkező lombvesztés és vesszőelhalás (López-Moral és mtsai., 2020).

2.6.4. Morfológiai bélyegek

A *Colletotrichum acutatum* fajkomplex tagjainak konídiumai egysejtűek, hosszúkásak, általában enyhén kihegyesedőek (Simmonds, 1965). A konídiumok a fertőzött terméseken nagy tömegben jelennek meg, ragacsos, narancssárgás masszaként. A szaporítóképletek acervuluszokban képződnek. Az acervuluszok átmérője körülbelül 0,5 mm, széták ritkán képződnek bennük (EPPO, 2004).

A fajkomplexen belül nem teljesen homogén a konídiumok alakja (2. ábra). Elkülönítettek egy henger alakú konídiumot képző csoportot a fajkomplexen belül (2. ábra) (Damm és mtsai., 2012).



2. ábra: A *Colletotrichum acutatum* fajkomplexbbe tartozó fajok konídiumainak morfológiai változékonysága (N: *C. nymphaeae*, O: *C. guajavae*, Q: *C. johnstonii*, R: *C. acutatum*, S: *C. fioriniae*, T: *C. godetiae*) (Damm és mtsai., 2012)

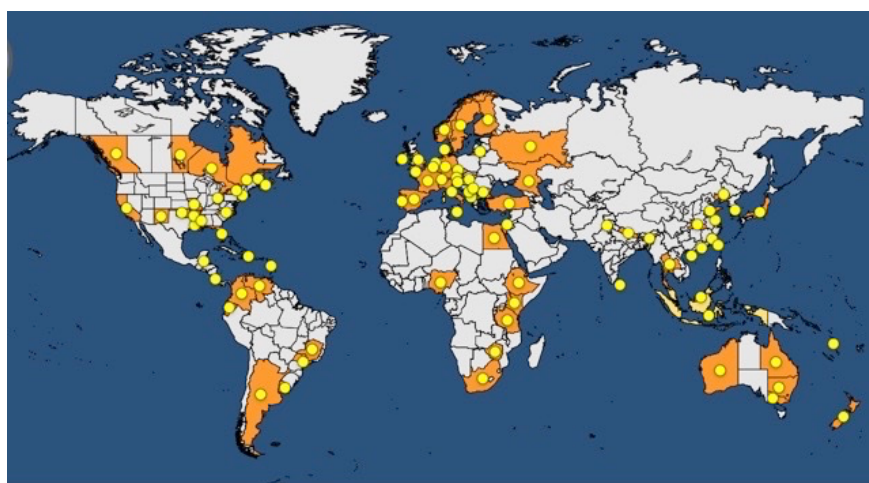
A táptalajon kialakuló tenyészbélyegeket befolyásolja a táptalaj típusa és a tenyészet kora (EPPO, 2004). A tenyészetek színe a halvány szürkétől a sárgásbarnán át a krémszínig változhat (4. ábra). A fiatal tenyészet fehér színű, az idő előrehaladtával a tenyészet színe narancssárgás, később szürkés, végül fekete színűvé válik (Mycobank, 2011). A különböző gazdanövényekről származó izolátumok, eltérő színanyagokat képeznek a tenyészetben (Peres és mtsai., 2005). McKay és mtsai. (2009) rózsaszín, narancs, krém és szürke színű csoportokba osztotta be az általuk manduláról izolált tenyészeteket (3. ábra).



3. ábra: *C. godetiae*, *C. nymphaeae* telepmorfológiája különböző táptalajokon. PDA-n (A,B,C,D), MEA-n (E,F,G,H), illetve OA-n (I,J,K,L), illetve patogenitásuk a *Fragaria* × *ananassa* 'Elsanta' növény levelén (M,N,O,P) (Karimi és mtsai., 2019).

2.6.5. *Colletotrichum acutatum* fajkomplex földrajzi elterjedése

A *Colletotrichum acutatum* fajkomplexbe tartozó kórokozók az egész világon elterjedtek. Jelen vannak Európában, Észak- és Dél-Amerikában, Afrikában, Ázsiában, Ausztráliában, Óceániában (4. ábra). A leírást az EPPO adatai alapján készítettem (EPPO, 2021). Mandulán először 1896-ban jegyezték fel Szardínián (Brizi, 1896), 1900-ban Spanyolországban, 1915-ben Dél-Afrikában (Ballester, 1916), 1916-ban Amerikában (Czarnecki, 1916). Az évek során az egész világon okozott károkat a mandulatermesztésben, legutóbb 2014-ben Dél-Spanyolországból jelentettek jelentős károkat (López-Moral és mtsai., 2017).



4. ábra: *Colletotrichum acutatum* fajkomplex földrajzi elterjedése.

(<https://gd.eppo.int/taxon/COLLAC/distribution>)

2.7. *Colletotrichum* fajok elleni védekezés lehetőségei

A *Colletotrichum* fajok elleni védekezésben az integrált növényvédelemre kell törekedni. Az integrált növényvédelem részét képezi a rezisztens fajták nemesítése és használata, az agrotechnikai módszerek alkalmazása, a kémiai növényvédelem és a biológiai növényvédelem. Ezek együttes alkalmazásával sikeresen lehet védekezni az antraknózis kórokozói ellen (Wharton és Diéguez-Uribeondo, 2004).

2.7.1. Fajta

Az ellenálló fajták használata gazdaságos és környezetbarát megoldást nyújt az antraknózist okozó kórokozóval szemben. Napjainkban minden eddigénél fontosabbá válik az ellenálló fajták alkalmazása a termesztésben. Több kísérletet végeztek különböző mandulafajtákkal, és

megállapítható, hogy az összes jelentős fajta fogékony a *Colletotrichum* kórokozóval szemben, de jelentős különbségek vannak az érzékenységekkel kapcsolatban (López-Moral és mtsai., 2020). Toleránsnak tekinthető a 'Drake' (Palacio-Bielsa és mtsai., 2017), 'Ferraduel', 'Nonpareil' (Diéguez-Uribeondo és mtsai., 2011, McKay és mtsai., 2014, López-Moral és mtsai., 2019). Külföldi vizsgálatok során a legfogékonyabbnak a 'Garrigues', 'Penta Tarraco', 'Vairo' fajtákat találták (López-Moral és mtsai., 2019). Californiában végzett vizsgálatok során, amelyekben a virágok, levelek és termések fogékonyágát vizsgálták a *Colletotrichum* spp.-vel szemben, megállapították, hogy a Nonpareil toleránsabb volt, mint a Carmel, Ne Plus Ultra, Wood Colony fajták (Palacio-Bielsa és mtsai., 2017; Diéguez-Uribeondon és mtsai., 2011; Adaskaveg és mtsai., 2002). Spanyolországban a mandula termések vizsgálata során megállapították, hogy a Ferraduel és Nonpareil a legtoleránsabb, míg a Tarraco és Penta fajták a legérzékenyebbek az antraknózis kórokozóival szemben (López-Moral és mtsai., 2019).

2.7.2. Agrotechnikai védekezés

Az agrotechnikai módszerek a prevenciót szolgálják: nem csak a *Colletotrichum* fajok, hanem valamennyi kórokozó esetén képesek a kártételt csökkenteni. Fontos a gyümölcsmúmiák, fertőzött növényi részek eltávolítása, illetve a szellős lombkorona kialakítása a metszés során (Körtvély és Véghelyi, 1974). A primer fertőzési források — gyümölcsmúmiák, gyümölcskocsányok – megsemmisítése szintén kiemelt jelentőségű (Holb, 2005). A talajon felhalmozódott inokulum mennyisége megfelelő talajmunkával jelentősen csökkenthető (Jertberg, 2009). Az öntözést és permetezést a reggeli órákban célszerű elvégezni, annak érdekében, hogy minél rövidebb ideig legyen nedves a levelek felülete (Verma, 2005). Az öntözési módok között is vannak különbségek az esőztető öntözés esetén a konídiumok könnyebben tudnak terjedni, mint a csepegtető öntözés használata mellett (Freeman és mtsai., 2001).

2.7.3. Kémiai növényvédelem

Több különböző hatásmechanizmusú hatóanyag áll rendelkezésre a *Colletotrichum* fajok elleni védekezés során. Réz-tartalmú hatóanyagok, triazol származékok, imidazolok, strobilurinok (Waller, 1992; Schilder és mtsai., 2001). A metil-benzimidazol-karbamát (MBC), és dikarboximid (DC) fungicidek gyakran és hatékonyan alkalmazott fungicidek az antraknózis betegség ellen (Han és mtsai., 2018; Thomas és Sweetingham, 2003), ugyanakkor a MBC fungicidekkel szemben Kínában megjelent a rezisztencia a *Colletotrichum* fajokban (Cai és

mtsai., 2009; Chen és mtsai., 2013; Han és mtsai., 2018). C14-demethylase in sterol biosynthesis (DMI) fungicidek igazán hatékonyak a *Colletotrichum nymphaeae* ellen (De Paredes, és Munoz, 2002). Fludioxonil (PPs) hatékony fungicid a *Colletotrichum acutatum* ellen (Wedge és mtsai, 2007). A *Colletotrichum nymphaeae* ellen a procymidone (DC) és boscalid (SDHI) nem bizonyult hatékonynak (Gao és mtsai., 2018).

Az eredményesség szempontjából meghatározó jelentősége van a kémiai növényvédő szerek kijuttatási időpontjának. A fungicideket a növények intenzív növekedési időszakában kell kijuttatni, legyen szó a levelekről, virágokról vagy a gyümölcsökről (Fitzell és Peak, 1984). A rezisztencia létrejöttének elkerülése érdekében fontos a különböző hatásmechanizmusú szerek rotációja, illetve az előrejelző modellek alkalmazásával csökkenthető a kezelések száma (Timmer és Brown, 2000).

2.7.4. Biológiai növényvédelem

A mai napig nincsenek mandulán végzett specifikus kísérletek biológiai védekezést illetően, az eddig megjelent tanulmányok más növényeket károsító *Colletotrichum* fajokat vizsgálnak (López-Moral és mtsai., 2020). Az *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* baktériumtörzsek potenciálisan alkalmasak lesznek a biológiai növényvédelemben számóca kultúrákban (Tortora és mtsai., 2011). *Trichoderma* fajok *in vitro* körülmények között alkalmasnak bizonyultak az antraknózist okozó kórokozóval szemben (Freeman és mtsai., 2004). Az antagonista szervezetek alkalmazása hatásos lehet a kórokozóval szemben, a *Gliocladium roseum*, *Streptomyces noursei*, *Streptomyces natalensis*, *Bacillus subtilis* fajok közül a *Streptomyces* fajok hatása a legjelentősebb (Zivkovic és mtsai., 2010).

2.8. Módszertani lehetőségek mesterséges fertőzésekhez

A fejezetben olyan inokulációs módszereket mutatok be, amelyeket *Colletotrichum* fajokkal történő mesterséges fertőzés során használtak. A vonatkozó szakirodalmat áttekintve a leggyakrabban alkalmazott módszer a konídiumszuszpenziós fertőzés és annak különböző változatai: az inokulumot tartalmazó szuszpenziót pipettából csepegtetve, permetezőből permetezve, vagy a fertőzendő növényi részt a szuszpenzióba mártva juttatják a növényi rész felületére. Csepegtetési módszer esetén alkalmaztak sebzett és sebzettlen változatot is, feltételezve, hogy a sebzés hatására könnyebben jut be a kórokozó a növény belső szövetébe.

Freeman és Shabi (1996) négy héttel a terméskötődés után fertőzték mesterségesen a mandulaterméseket vizes konídium-szuszenzióval (10^6 ml^{-1}), pipettával csepegtetve. A

gyümölcsön hosszában egy pontra cseppentették a szuszpenziót és tíz ismétlésben végezték el az inokulációt. Fertőzés után 48 órán keresztül 20–25 °C-on magas páratartalom mellett inkubálták a terméseket.

Förster és mtsai. (1999) a mesterséges fertőzés előtt a mandula terméseket megsebeztek, majd konídiumszuszpenziót (10^5 konídium/ml) csepegtettek a sebzés helyére. A terméseket műanyag edényekben 20 °C-on 95%-os relatív páratartalom mellett inkubálták 14 napon keresztül.

Parikka és Lemmetti (2004) szamócapalánták mesterséges fertőzéshez spóraszuszpenziót ($1,6\text{--}2,4 \times 10^6$ konídium/ml) használtak, melyet kézipermetezővel juttattak a növény felületére. A fertőzéshez használt izolátumot burgonya dextróz agar táptalajon tenyésztették 24 °C-on két hétig. A kéthetes tenyészetekhez 20 ml desztillált vizet adtak és egy üvegrúddal kaparták a tenyészet felületét, hogy a konídiumok felszabaduljanak és szuszpenziót alkossanak a desztillált vízzel. A szuszpenziót desztillált vízzel hígították, majd azzal fertőzték a növényeket. Fertőzés után 24–26 °C-on, magas páratartalmon tartották a növényeket.

Guidarelli és mtsai., (2011) éretlen és érett szamócatermések fertőzéséhez egykonídiumos tenyészetet hoztak létre, 20 °C-on tartották 10 napig, ezek után használták fel konídiumszuszpenzió készítésére, amelyet 10^6 konídium/ml koncentrációra hígították. A gyümölcsöket 1 percre a konídium-szuszenzióba mártották, majd 20 °C-on, 70%-os relatív páratartalom mellett inkubálták.

Moral és mtsai., (2012) konídium szuszpenzióval permetezték az olajfa terméseit, majd műanyag dobozban 100%-os relatív páratartalom mellett inkubálták azokat. A tanulmányban megállapították, hogy leggyorsabban 25 °C-on, 12 óra megvilágítás és 12 óra sötétség mellett fejlődik a kórokozó.

Baroncelli és mtsai., (2015) kéthetes tenyészetek felhasználásával készítettek konídiumszuszpenziót ($10^5\text{--}10^6$ spóra/ml) és az éretlen gyümölcsökre cseppentették az inokulumot, majd 25 °C-on 12 óra megvilágítás és 12 óra sötét periódus mellett inkubálták.

3. Anyag és Módszer

3.1. A vizsgálat helye és ideje

A mesterséges fertőzéseket 2022 júliusában és augusztusában végeztük *in vitro* körülmények között, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézetének Gyümölcsstermesztési Kutatóközpontjának növénykórtani laboratóriumában.

3.2.A vizsgálat anyaga

3.2.1.A mesterséges fertőzéshez használt izolátum

A mesterséges fertőzéshez a *Colletotrichum nymphaeae* kórokozó VV-201 jelű izolátumát használtuk, mely az Érd-Elvira mandula fajtagyűjteményből származik. A fertőzött termést 2022 júniusában gyűjtöttük (5. ábra). A kórokozót a fejlődésben lévő termés epikarpiumának belső szövetéből izoláltuk PDA táptalajra.



5. ábra: *Colletotrichum nymphaeae* okozta tünet mandula termésén. Fotó: Varjas Virág

3.2.2. A vizsgálatba vont fajták

A kísérletben három mandulafajta - a Tétényi bőtermő, a Tétényi kedvenc és a Constanti - terméseit használtuk fel. A fajták tulajdonságait a 2.2. fejezetben részletezem.

3.3.3.Felhasznált eszközök

A kísérlet során általános laboratóriumi eszközökkel dolgoztunk. A tenyészetek létesítéséhez klóramfenikol tartalmú (25 mg/l) burgonya-kivonat agar (PDA) táptalajt használtuk, melyeket fitotronban tartottunk. A termések felületi fertőtlenítéséhez 70%-os etanolt és steril desztillált vizet használtunk. A fertőzés során automata pipettát, kézi permetezőt, tűt, 5 mm átmérőjű dugófúrót használtunk. A fertőzött terméseket műanyag dobozokba helyeztük, amelyeknek aljában steril üveggyöngyök voltak.

3.4.A vizsgálat módszere

3.4.1.Növényi részek gyűjtése és tárolása

A terméseket 2022. július 5-én és 2022. augusztus 17-én szedtük, két nappal a kísérlet beállítása előtt. A Tétényi kedvenc és Tétényi bőtermő fajták termései termő ültetvényből, Magyarkesziről származtak, a Constanti gyümölcsei pedig az Érd-Elvira fajtagyűjteményből. A fertőzéshez két fenológiai fázisban lévő, fejlődő, egészséges terméseket használtunk. A júliusban szedett termések a BBCH skála szerint 77-es, az augusztusban gyűjtött termések BBCH 84-es fenológiai fázissal jellemezhetőek. A terméseket az előkészítésig papírzacskóban szobahőmérsékleten tároltuk.

3.4.2.A kórokozó azonosításának módszere

A kórokozót a termés belső szövetéből izoláltuk táptalajon. A kórokozó azonosítása során leírtuk az általános morfológiai bélyegeket. Vizsgáltuk a PDA táptalajon létrehozott tiszta tenyészet színét, alakját, mintázottságát és a szaporítóképletek megjelenését.

Témavezetőm - Varjas Virág – az izolátum molekuláris azonosítását is elvégezte, és megerősítette a kórokozó fajsztípus besorolását a *Colletotrichum acutatum* fajkompleksen belül. A nukleinsav alapú diagnosztikát dolgozatomban nem mutatom be, mert nem képezte a célkitűzés tárgyát.

3.4.3.A fertőzés módszere

A három mandulafajta terméseinek felületi fertőtlenítését egy nappal a mesterséges fertőzés előtt végeztük. Folyó csapvízzel 2 alkalommal mostuk át őket, majd 70%-os etanolban áztattuk a gyümölcsöket három percen keresztül, majd desztillált vízben öblítettük le a terméseket, és nedvszívó papírra helyezve száradni hagytuk őket. A gyümölcsök teljes száradása után, a

következő napon végeztük a mesterséges fertőzéseket. A fertőzéshez hét napos *Colletotrichum nymphaeae* tenyészetekből nyertük a szükséges inokulum mennyiséget. A tenyészetekből 10^6 konídium/ml szuszpenziót készítettünk, illetve 5 mm átmérőjű dugófúróval a telep széléről, a tenyészet növekvő széléből micéliummal átszótt táptalajkorongot vágunk ki (vö. 7. ábra).

A kísérlet során négyféle módszerrel fertőztük a termésburkokat (2. táblázat). Ezek közül 3 esetben ép, illetve steril tűvel sebzett mandulaburkon is elvégeztük az inokulációt, 1 esetben pedig csak mesterségesen sebzett terméseken.

2. táblázat A mesterséges fertőzés módszereinek bemutatása

MÓDSZER NEVE	MÓDSZER ISMERTETÉSE	TERMÉSHÉJ
csepp	Pipetából 0,05 ml konídiumszuszpenziót cseppentettünk a termések ép epikarpiumára (7. ábra)	ép
	A termés felületén steril tűvel sebzést ejtettünk, majd pipetából 0,05 ml konídiumszuszpenziót cseppentettünk a sebzési ponthoz a termések felületére.	sebzett
korong*	A termésten steril tűvel sebzést ejtettünk, majd ide helyeztük a micéliummal átszótt korongot (8. ábra)	sebzett
mártott	Az ép, sebzés nélküli terméseket a konídiumszuszpenzióba mártottuk.	ép
	A steril tűvel megsebzett terméseket konídiumszuszpenzióba mártottuk.	sebzett
spray	A konídiumszuszpenziót kézi permetezővel egy fújással a termések ép epidermiszére permeteztük.	ép
	A termés felületén steril tűvel sebzést ejtettünk, majd a konídiumszuszpenziót kézi permetezővel egy fújással a megsebzett termésekre permeteztük.	sebzett

* A „korong” módszer gyakorlatilag a pozitív kontroll szerepét tölti be, mert a megsebzett felülethez helyezzük közvetlenül a kórokozó micéliumát.



6. ábra: A „csepp” fertőzési módszer. Fotó: Bozi József



7. ábra: A „korong” fertőzési módszer (pozitív kontroll). Fotó: Bozi József

Valamennyi módszer esetén, minden fajtából, két időpontban és három ismételtsben végeztük el a kísérletet. Egy ismételtsben 15 darab termést fertőztünk. A fertőzést követően műanyag dobozba helyeztük a gyümölcsöket, amelyek aljába steril üveggyöngyöket

helyeztünk, illetve steril desztillált vizet töltöttünk, így cc. 80–100%-os páratartalom mellett inkubáltuk őket két héten keresztül.

A negatív kontroll esetén kórokozó inokuluma helyett a terméseket steril vízzel, ill. steril táptalajkoronggal inokuláltuk (3. táblázat). A sebzéseket sterilizált tűvel ejtettük, a pipettás és spray módszer esetén három pontban (háromszög alakban) okoztunk sérülést a termésburok felületén. A mártott módszer esetén három ponton okoztunk mesterségesen sérülést: a kocsánynál, a termés közepén és a bibepontnál.

3. táblázat A negatív kontroll ismertetése

MÓDSZER NEVE	MÓDSZER ISMERTETÉSE	TERMÉSHÉJ
csepp	Pipettából 0,05 ml steril vizet cseppentettünk a termések ép epikarpiumára.	ép
	A termés felületén steril tűvel sebzést ejtettünk, majd pipettából 0,05 ml steril vizet cseppentettünk a sebzési ponthoz a termések felületére.	sebzett
korong*	A termésen steril tűvel sebzést ejtettünk, majd ide helyeztük a steril táptalaj korongot.	sebzett
mártott	Az ép, sebzés nélküli terméseket steril vízbe mártottuk.	ép
	A steril tűvel megsebzett terméseket steril vízbe mártottuk.	sebzett
spray	A steril vizet kézi permetezővel egy fűjással a termések ép epidermiszére permeteztük.	ép
	A termés felületén steril tűvel sebzést ejtettünk, majd a steril vizet kézi permetezővel egy fűjással a megsebzett termésekre permeteztük.	sebzett

Minden egyes kontrollal három ismételtsben végeztük el a kísérletet valamennyi fajta esetében, mind a két alkalommal. Egy ismételtsbe öt darab termést kezeltünk. A kontroll terméseket is műanyag dobozba helyeztük üveggyöngyökkel és steril desztillált vízzel együtt. Két hétig inkubáltuk 80–100%-os páratartalom mellett.

3.4.4. Az értékelés módszere

A fertőzéstől számított 14 nap elteltével értékeltük a kísérletet. Az értékelés során szemrevételezéssel becsültük, hogy az adott csonthéjas termés zöld burkának felületén hány százalékán jelentek meg a *Colletotrichum nymphaeae* kórokozó által okozott tünetek (8. ábra). Az adatokat a Microsoft Excel táblázatkezelő programjában rögzítettük.



8. ábra: Vizuális becslés bemutatása a fertőzöttség mértékének értékelésekor (Tétényi kedvenc mandulatermés, konídiumszuszpenzióval fertőzve, pipettából cseppentve, sebzett felületre). Fotó: Bozi József

3.4.5. Statisztikai módszerek

Az eredmények statisztikai értékelését az IBM SPSS Statistics 27 statisztikai szoftverrel végeztük. A három faktor hatásának vizsgálatát blokkos UNI ANOVA-val végeztük, a fajtákat blokkoknak tekintettük. A faktorok hatását külön-külön és együtt is értékeltük. Az adatok Kolmogorov-Smirnov ($KS=0,05$; $p=0,2$) és Shapiro-Wilk ($W=0,99$; $p=0,7$) tesztek alapján is normális eloszlást követnek. Szóráshomogenitást Levene-tesztel vizsgáltuk az egyes faktorokra külön. Módszer változó esetében a szóráshomogenitás súlyosan sérült ($L(3)=19,29$; $p<0,001$), így a páronkénti összehasonlításához a post hoc tesztek közül a Games-Howell tesztet választottuk. Sebzés faktornál a Levene-teszt szignifikáns volt ($L(1)=0,02$; $p=0,88$), míg az idő változónál sérült a szóráshomogenitás ($L(1)=15,4$; $p<0,001$). Ez utóbbi esetében a $\max var/\min var = 2,72$, illetve a $\max_ni/\min_ni$ hányados $= 1$, ez alapján a szóráshomogenitás nem sérül súlyosan, és szignifikánsnak tekinthető.

4. Eredmények és következtetések

4.1. Tünetek ismertetése

Szabadföldi körülmények között a mandulatermésen, amelyről a kórokozót a vizsgálatokhoz izoláltuk tipikus antraknózisra utaló tünetek jelentek meg: barnás színű, kör alakú besüppedő foltok, melyek később az egész termés elhalását okozták (vö. 5. ábra).

Laboratóriumi körülmények között a mesterséges fertőzést követően a mandulaterméseken a tipikus és atipikus elváltozásokat figyeltünk meg, fertőzési módtól függően. Egyes esetekben (pl. csepp és korong módszer) az antraknózis jellegzetes tüneteit figyeltük meg: a termések zöld burkán kissé besüppedő barnás vagy narancssárgás foltok alakultak ki. A foltokban koncentrikus sávozottságot is megfigyeltünk, esetenként fehér micélium megjelenését is tapasztaltuk. A mandula zöld burkán megjelenő foltok alatt az epikarpium mélyebb szöveti rétegei is nekrotizálódtak (9. ábra).

A „mártott” módszer esetén a tömegesen megjelenő fehér micélium ellehetetlenítette a pontos kiértékelést (vö. 10. ábra).



9. ábra: Mesterséges fertőzést követően a nekrosis az epidermisz alatti szövetekre is kiterjedt (Constanti fajta). Fotó: Bozi József

4.2. A kórokozó azonosítása és jellemzése

Az antraknózis tüneteit mutató termésről izolált *Colletotrichum nymphaeae* izolátum PDA táptalajon morfológiailag megegyezett a szakirodalmi adatokkal (Garcia-Lopez és mtsai., 2023). A gombatelepek színe hét nap sötétben való növekedés után a színen fehérből szürkébe (10. ábra), a fonákon lazacszínűbe hajló. A színen képződő fekete micéliumtömörüléseknek

megfelelően a fonákon sötét foltok alakultak ki a tenyészetben. A telepekben a konídiumok hifák csúcsán képződtek, konídiummassza képződését nem figyeltük meg (Varjas, 2022).

A konídiumok egysejtűek, hialinok, henger alakúak, jellemzően mindkét végük lekerekített, esetenként az egyik végük kihegyesedő, méretük $15,8 - 20,2 \times 4,1 - 5,3 \mu\text{m}$ ($n = 50$). A konídiumok morfológiája szintén nagy hasonlóságot mutat a Magyarországon manduláról azonosított *C. nymphaeae* esetében leírtakkal (Varjas, 2022). Így a kórokozót morfológiai bélyegei alapján *Colletotrichum nymphaeae*-ként azonosítottuk.



10. ábra: A *Colletotrichum nymphaeae* jellegzetes tenészbélyegei PDA táptalajon. Fotó: Bozi József

4.3. Statisztikai eredmények

Az elvégzett UNI ANOVA alapján mindhárom faktor (fertőzési módszer ($F(3) = 160,99$; $p < 0,001$), fertőzési idő ($F(1) = 151,32$; $p < 0,001$), sebzett/ép termés fertőzése ($F(1) = 75,61$; $p < 0,001$)) szignifikáns különbséget mutat a megbetegedés mértékét tekintve. A fajták között is kimutatható szignifikáns különbség ($F(2) = 28,5$; $p < 0,001$), így a fajta változót blokk-ként kezelhettük.

A módszer és a sebzett/ép termés fertőzésének interakciója nem eredményezett szignifikáns különbséget ($F(2) = 2,93$; $p = 0,06$).

A módszer és fertőzés ideje közötti interakció szignifikáns volt ($F(3) = 20,99$; $p < 0,001$), viszont a módszer, fertőzés ideje és a sebzett/ép termések fertőzésének interakciója nem mutatott szignifikáns különbséget ($F(2) = 0,21$; $p = 0,81$). Az egyes faktorok hatásának megismeréséhez, külön egytényezős ANOVA-kat végeztünk.

A fertőzési időket összehasonlítva, a módszer és sebzett/ép fertőzési mód szerint, a következő megállapításra jutottunk: a micéliumkoronggal, sebzett termésen végzett fertőzésnél, a fertőzési idők között nincs szignifikáns különbség a fertőződés mértékében ($F(1) = 3,39$; $p = 0,08$).

A sebzett vagy ép termésen végzett fertőzési eljárásokat összehasonlítva a módszer és fertőzési idő szerint megállapítható, hogy az augusztusban, spray módszerrel végzett fertőzéseknél, nincs szignifikáns különbség az ép termésen, illetve a sebzett termésen mért fertőződési mértékek között ($F(1) = 4,2$; $p = 0,06$).

4.3.1. Fertőzési módok hatékonyságának értékelése

A fertőzési módszerek értékeléséhez, a két fenológiai stádium és sebzett/ép fertőzési eljárás szerint, Games-Howell post hoc tesztet végeztünk. Megállapítható, hogy a „mártott” és a „spray” eljárások között nincs szignifikáns különbség a júliusban, ép termésen végzett fertőzéseknél ($p = 0,08$). A júliusban, sebzett termésen végzett fertőzéseknél megállapítható, hogy a korongos módszer szignifikánsan megegyező eredményt ad mártott ($p = 0,084$), és spray ($p = 0,54$) módszerekkel. Továbbá elmondható, hogy módszerek között minden esetben szignifikáns különbség van ($p < 0,05$), amennyiben a fertőzés augusztusban történik akár sebzett, akár ép termésen. Az egyes fertőzési eljárások összehasonlítása megtalálható az 4. számú táblázatban.

4.táblázat. Az elvégzett fertőzési eljárásoknál mért átlagok és hozzá tartozó szórások

módszer	idő	sebz./ép	átlag	szórás
csepp	július	ép	7,07	2,24
		sebzett	12,65	4,62
	augusztus	ép	10,93	3,78
		sebzett	22,35	2,86
korong	július	sebzett	26,02*, B, C	4,8
	augusztus	sebzett	29,07*	1,32
mártott	július	ép	25,56A	8,98
		sebzett	36,18B	10,29
	augusztus	ép	46,81	12,76
		sebzett	63,12	9,96
spray	július	ép	17,64A	3,83
		sebzett	23,46C	2,91
	augusztus	ép	32,64a	7,06

		sebzett	41,19a	10,4
--	--	---------	--------	------

Magyarázat a 4. táblázathoz: A csillaggal jelölt átlagokhoz tartozó fertőzési eljárások esetében nincs szignifikáns különbség a fertőzési idők között ($F(1) = 3,39$; $p=0,08$). Az azonos kisbetűvel jelölt átlagokhoz tartozó fertőzési eljárásoknál nincs szignifikáns különbség a sebzési módok között ($F(1) = 4,16$; $p=0,06$). Az azonos nagybetűvel jelölt átlagokhoz tartozó fertőzési eljárásoknál nincs szignifikáns különbség a fertőzési módszerek között (Tukey; $p>0,05$)

4.3.2. Fajták egymáshoz viszonyított fogékonysága a különböző fertőzési módszerek mellett

Amennyiben a fajták kórokozóra való fogékonyságát szeretnénk megvizsgálni, összehasonlíthatók a fertőzési idő, módszer, és sebzett/ép termésein végzett fertőzési eljárások szerint. Itt a Levene teszt $L(2) = 4,4$; $p = 0,01$ alapján a szórás homogenitás sérül, de a $\max_{var}/\min_{var} = 2,29$ és $\max_{ni}/\min_{ni} = 1$ alapján nem sérül súlyosan, így Tukey post hoc teszt végezhető. Szignifikáns különbség nem volt kimutatható a fajták között a júliusban, sebzett termésein, micéliumkoronggal végzett eljárás esetén ($F(2) = 0,11$; $p = 0,89$) és júliusban, sebzett termésein, sprayvel ($F(2) = 0,45$; $p = 0,66$) fertőzések esetében. Az egyes fertőzési eljárások alapján, Tukey post hoc teszttel végzett fajtaösszehasonlítást, a 7. számú táblázat tartalmazza. A sebzett termésein, júliusban, koronggal, illetve a sprayvel végzett fertőzések esetében sem volt kimutatható szignifikáns különbség a fajták fertőződése között, így ezek az eljárások nem alkalmasak a fajták érzékenységeinek elkülönítésére. Mindhárom fajta között szignifikáns különbséget a következő három féle eljárással végzett fertőzések adták: konídiumszuszpenzió cseppel, ép termésein, júliusban és augusztusban is; illetve sprayvel, ép termésein, augusztusban.

7. táblázat. A mesterséges fertőzést követően mért fertőződési mértékek átlaga az egyes fajták és eljárások szerint

fertőzési eljárás			fajta					
			Tétényi kedvenc		Tétényi bőtermő		Constanti	
			átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
csepp	július	ép	4,73a	0,57	6,80b	1,04	9,69 ^c	0,38
		sebzett	10,62a	1,69	8,82 a	0,30	18,51 ^b	1,63
	augusztus	ép	7,13a, b	0,24	15,60 b	0,53	10,04 ^c	1,17
		sebzett	21,42a	1,87	25,49 b	0,75	20,13 ^a	2,29
korong	július	sebzett	26,89a	2,41	26,33 a	1,20	24,84 ^a	9,03
	augusztus	sebzett	27,78a	0,19	29,22 a, b	1,39	30,22 ^b	0,65

mártott	július	ép	20,71 ^a	2,75	18,73 ^a	1,76	37,22 ^b	1,68
		sebzett	28,16 ^a	1,11	30,93 ^a	2,82	49,44 ^b	3,53
	augusztus	ép	39,11 ^a	2,52	38,00 ^a	1,45	63,33 ^b	5,33
		sebzett	54,56 ^a	1,84	59,00 ^a	3,38	75,80 ^b	2,34
spray	július	ép	13,24 ^a	2,59	20,00 ^b	2,70	19,67 ^b	1,15
		sebzett	22,11 ^a	4,23	23,82 ^a	2,87	24,44 ^a	1,84
	augusztus	ép	24,93 ^a	2,23	40,33 ^b	3,51	32,67 ^c	2,08
		sebzett	27,56 ^a	0,60	49,22 ^b	2,46	46,78 ^b	1,90

Magyarázat a 7. táblázathoz: Az egy sorban, azonos kisbetűvel jelölt fajták között nincs szignifikáns különbség a fertőződés mértékében, az adott fertőzési eljárás használatával (Tukey; $p > 0,05$).

4.4. Fertőzési módszerek értékelése

4.4.1. Csepp

A csepp formájában kijuttatott konídiumszuszpenzióval való fertőzés ép burokra (11. ábra) mind júliusban, mind augusztusban végezve a statisztikai eredmények (8. táblázat) alapján megfelelő fertőzési módszernek bizonyult a fajták fogékonysági szintjének meghatározására. Az ugyanezzel a módszerrel, sebzett burkot fertőzve a fajták fogékonysági szintje kevésbé különült el. Az értékelés napjáig a kontroll terméseken elváltozás nem jelent meg. Két mandulafajta (Nonpareil, Price) ép és sebzett leveleinek hat izolátummal (*C. acutatum*, *C. fioriniae* és *C. simmondsii*) való mesterséges fertőzésére használták ezt az inokulációs módszert de Silva és mtsai. (2021). Hét nap inkubáció után úgy találták, hogy a sebzett leveleken mind a hat izolátum léziót okozott, míg az ép szöveteken való mesterséges fertőzés nyomán csak az egyik mandulafajta esetében volt képes a *C. acutatum* izolátumai nekroízist okozni. A léziók hosszanti átmérője alapján különbséget találtak a két vizsgált fajta fogékonysági szintje között.



11. ábra: Csepp módszerrel kijuttatott, konídiumszuszpenzióval fertőzött, sebzés nélküli Tétényi kedvenc mandulafajta termései (fent: kontroll). Fotó: Bozi József

8. táblázat. Fajták fogékonysága közti különbség cseppes fertőzés esetén.

módszer=csepp

Tukey HSD^{a,b}

fajta(blokk)	N	Subset 1
K	12	10,9778
B	12	14,1777
C	12	14,5944
Sig.		,382

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square (Error) = 43,543.

a. Uses Harmonic Mean
Sample Size = 12,000.

b. Alpha = ,05.

4.4.2.Spray

A spray formájában kijuttatott konídiumszuszpenzióval való fertőzés (12. ábra) esetében a cseppel való fertőzéshez hasonlóan jó eredményeket a fajták összehasonlítására (9. táblázat) csak az augusztusi időpontban, ép szövet fertőzésekor kaptunk, a többi esetben (júliusi

fertőzések és augusztusi sebzett fertőzés) ez a módszer kisebb érzékenységűnek bizonyult a fajták fogékonysági szintjének meghatározására. Továbbá a terméseken a több pontból induló fertőzések a vizuális kiértékeléskor nagyobb hibalehetőséget jelentenek. Az értékelés napjáig a kontroll terméseken elváltozás nem jelent meg. A spray módszer irodalmi vonatkozását típusából adódóan a következő alponthban, a mártott módszerrel együtt értékelem.



12. ábra: Spray módszerrel kijuttatott konídiumszuszpenzióval fertőzött, sebzett Tétényi kedvenc mandulafajta termései (fent: kontroll). Fotó: Bozi József.

9. táblázat. Fajták fogékonysága közti különbség spray fertőzési módszer esetén

módszer=spray

Tukey HSD^{a,b}

fajta(blokk)	N	Subset	
		1	2
K	12	21,9611	
C	12	30,8889	30,8889
B	12		33,3444
Sig.		,099	,829

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 105,448.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.
b. Alpha = ,05.

4.4.3.Mártott

A mártott fertőzési módszer (13. ábra) esetében problémák merültek fel az értékelés során, mert a terméseket vastag fehér micéliumszövedék borította be, ami nagyban megnehezítette a fertőződés mértékének értékelését. Ez a jelenség magyarázat arra, hogy a statisztikai értékelés (10. táblázat) során a sebzés és a módszerek kölcsönhatásánál anomália lépett fel. Így ez a fertőzési módszer mandulatermés esetében nem bizonyult alkalmasnak. Az értékelés napjáig a kontroll terméseken elváltozás nem jelent meg. Spray és mártott módszert használtak Moral és mtsai. (2008) olajfa terméseinek mesterséges fertőzésére *C. acutatum* izolátummal, majd a tünetek mértékét 6 fokozatú skálán értékelték. Elképzelhető, hogy mivel az olajfa termése nem molyhos, ezért azon a gazdanövényen az említett módszerek is alkalmasak lehetnek a fajták fogékonyságának összehasonlítására, de meg kell jegyeznünk, hogy Moral és mtsai. (2008) rendelkezésére álltak fajtaérzékenységi adatok, és így ismertén különböző fogékonyságú fajtákat vontak be a kísérletbe, így a hat lépcsős skála alkalmazásával szignifikáns különbséget mutattak a fajták fogékonysága kapcsán. Tapasztalataink alapján képződött micéliumbevonat intenzitása - lekapargatva a micéliumot - nem minden termés esetén volt egyenes arányban a termés felületén kialakult nekروزis mértékével. Ezen problémák ismeretében kijelenthető, hogy a fajták fogékonyságának összehasonlítására jobb az egy ponton történt fertőzés (csepp, korong), ugyanis pontosabb kiértékelést tesz lehetővé, csökken a kiértékelés során a vizuális becslés hibalehetősége, és nem jelentkezik a túlzott inokulummennyiség miatt keletkező micéliumképződés jelensége, aminek mennyisége nem feltétlenül áll arányban a fajta fogékonyságával, emiatt torzíthatja az eredményeket.



13. ábra: Kondídiumszuszpenzióba mártott, sebzett, Konstanti mandulafajta 14 nappal a fertőzés után. (A felső sorban a kontroll termések láthatók.) Fotó: Bozi József

10. táblázat. A fajták fogékonysága közti különbség mártott módszer esetén

módszer=márt

Tukey HSD^{a,b}

fajta(blokk)	N	Subset	
		1	2
K	12	35,6333	
B	12	36,6667	
C	12		56,4500
Sig.		,984	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 218,717.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = ,05.

4.4.4.Korong

A júliusban, éretlen terméseken végzett micéliumkoronggal való mesterséges fertőzés (14. ábra) statisztikai értékelése (11. táblázat) alapján nem volt különbség a fajták fogékonysága között. Ez az eredmény nem volt meglepő, hiszen a sebzésre közvetlenül nagy mennyiségű micéliumot helyeztünk az inokuláció során. Augusztusban azonban, az éréshez közeli terméseken ugyan kisebb érzékenységgel, de hasonló fogékonysági sorrendet határozott meg, mint a szuszpenziócsappal való fertőzés. Ez azért figyelemre méltó eredmény, mert a fertőzési módszerek közül ez modellezi legkevésbé a természetes fertőződés folyamatát, hiszen természetes körülmények között a konídium kerül a növény felületére, és sebzés sincs a legtöbb esetben. A létrejött nekrosis méret alapján ugyanakkor alkalmasnak bizonyult a fajták egymáshoz viszonyított fogékonyságának meghatározására, de csak éréshez közeli állapotban levő termések esetén. Az értékelés napjáig a kontroll terméseken elváltozás nem jelent meg. Ezt a mesterséges fertőzési módot elterjedten alkalmazzák patogenitás teszt során, így héjas gyümölcsökön, *Colletotrichum nymphaeae* esetében is (da Lio és mtsai., 2018; Wang és mtsai., 2022).



14. ábra: Micéliumkoronggal fertőzött Tétényi bőtermő mandulafajta a fertőzés után 14 nappal (bal oldalon egy kontroll termés). Fotó: Bozi József

11. táblázat. A fajták csoportosítása korongos fertőzés módszer esetén

módszer=Koron

Tukey HSD^{a, b}

fajta(blokk)	N	Subset 1
K	6	27,3333
C	6	27,5306
B	6	27,7778
Sig.		,980

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 15,977.

a. Uses Harmonic Mean
Sample Size = 6,000.

b. Alpha = ,05.

5. Konklúzió

Az irodalmi adatok alapján kiválasztott módszerek között különbségeket tapasztaltunk, melyek ismeretében a vizsgálat céljához kiválasztható a megfelelő módszer. A statisztikai elemzés alapján, hogy a négyféle tesztelt módszer 14 féle eljárása közül négy alkalmasnak lesz a fajták egymáshoz viszonyított fogékonysági sorrendjének meghatározására.

Megfelelő és megbízható fertőzési módszernek tűnik az eredmények alapján ép zöldburkon végzett konídiumszuszpenzió cseppes módszer a termések érési állapotától függetlenül, továbbá a spray módszer érésközei időpontban, ebben az esetben nem számít, hogy sebzetten, vagy ép szöveten történik a fertőzés. Spray és mártott módszer esetében Moral (2008) szintén arra a következtetésre jutott, hogy a sebzésnek nem volt hatása a nekrosis méretére.

A merített fertőzési módszer esetében az értékelés során problémák merültek fel, mert a vastag micéliumszövedék megnehezítette a valós fertőzöttség felmérését, hiszen több esetben a micélium alatt szöveti nekrosis nem alakult ki. Az feltételezzük, hogy a módszer sikertelenségének egyik oka a mandula zöld burkának szőrözöttsége lehetett, illetve esetenként a burok kocsány felőli nyitott területe túl nagy inokulum mennyiséget vett fel. A módszer sikertelenségét a statisztikai értékelés is alátámasztja: a sebzés és a módszerek kölcsönhatásánál anomália lépett fel. Így ezt a fertőzési módszert mandulatermés esetében nem javasoljuk a további mesterséges fertőzések során.

Külön figyelmet érdemel a micéliumkorongos fertőzési módszer, mert, bár kisebb érzékenységgel, de a második fertőzés során ugyanazt a relatív fogékonysági fajtasorrendet adta, mint a csepp és spray módszer. Így ez a módszer a patogenitási teszteken túl, alkalmas lehet a fajták fogékonyságának tesztelésére is.

A fajták fertőződésének a különböző fertőzési módszerekkel való összehasonlításának eredményei valószínűsítik, hogy a három választott fajta érzékenységi szintje hasonló lehet. A három fajta kiválasztása során törekedtünk arra, hogy ne álljanak egymással rokonságban, így lehetővé téve azt, hogy különböző mértékben legyenek fogékonyak a *Colletotrichum nymphaeae* gombára, mivel szakirodalom nem állt rendelkezésünkre sem a magyar fajták fogékonyságára vonatkozóan, sem világirodalmi szinten a *Colletotrichum nymphaeae* kórokozó mandulán való kártételére vonatkozóan, emiatt kizárólag a rokonság kizárására hagyatkozhattunk.

Attól függően, hogy milyen érettségi stádiumban fertőzünk, más mesterséges fertőzési módszer kiválasztása lehet indokolt. Az éretlen termések esetében az ép szöveten végzett konídiumszuszpenzió cseppel végzett fertőzés, azérés közeli állapotban lévő terméseken az ép szöveten a cseppes és a spray-es módszer is, és a micéliumkorongos módszer – ugyan kisebb

érzékenységgel – érésközeli állapotban levő terméseken alkalmazva szintén hasonló eredményt ad.

6. Összefoglalás

Az elmúlt években a mandulaültetvények telepítési kedve új lendületet kapott. A termés sokrétűen felhasználható: fogyasztják nyersen, pirítva, sósan, édesen, a cukrászipar egyik fontos alapanyaga, illetve a gyógyszer- és kozmetikai ipar is használja. A mandula legjelentősebb betegsége az antraknózis, melyet számos *Colletotrichum* faj külön-külön, vagy együttesen is előidézhethetnek. A legsúlyosabb tünetek a fiatal fejlődő mandulaterméseken alakulnak ki: kerek, narancssárgás, vagy barna besüppedő foltok formájában. A gyümölcs végül mumifikálódik. 2019-ben konzulensem (Varjas Virág) hazánkban is azonosította a *Colletotrichum nymphaeae*-nek a mandulán való megjelenését és kártételét. Ezt a gombafajt külföldön jelentős kórokozóként írják le, melynek mandulán való hazai fellépése több kérdést is felvet: többek között a hazai fajták fogékonyságának kérdését. A *Colletotrichum nymphaeae* faj fellépése mandulán nemzetközi viszonylatban is új adatnak számít (Varjas és mtsai., 2022), emiatt a fajták fogékonyságának tesztelését megelőzően, szükségesnek láttuk, hogy megtaláljuk a legmegfelelőbb fertőzési módszert/módszereket a későbbi fogékonysági vizsgálatokhoz.

Diplomamunkám során arra a kérdésre kerestem a választ, hogy mely fertőzési módszerek alkalmasak a mandulatermés mesterséges fertőzésére a *Colletotrichum nymphaeae* kórokozóval, illetve melyik közülük a leghatékonyabb.

Három mandulafajtán (Tétényi bőtermő, Tétényi kedvenc, Constanti) végeztünk mesterséges fertőzéseket *Colletotrichum nymphaeae* kórokozóval. A kísérletet két alkalommal végeztük: júliusban és augusztusban, ép és sebzett termések epikarpiumán a konídiumszuszpenziót csepp, spray és merítés formájában juttatva, valamint micéliumkorongot helyezve a sebzett epikarpium felszínére. A fertőződés mértékét 14 nap után értékeltük. Az értékelés során azt vettük figyelembe, hogy a csonthéjas termés zöld burkának felületén hány százalékban jelentek meg a *Colletotrichum nymphaeae* kórokozó által okozott tünetek.

A statisztikai eredmények alapján a négyféle tesztelt módszer 14 féle eljárása közül négy alkalmas a fajták egymáshoz viszonyított fogékonysági sorrendjének meghatározására. Attól függően, hogy milyen érettségi stádiumban fertőzünk, más mesterséges fertőzési módszer kiválasztása lehet indokolt. Megbízhatóan használható éretlen termések esetében az ép szöveten végzett konídiumszuszpenzió cseppel végzett inokuláció, érés közeli állapotban lévő terméseken az ép szöveten a csepp és a spray módszer is, valamint a micéliumkorongos módszer érésközeli állapotú terméseken alkalmazva – ugyan kisebb érzékenységgel – de szintén megfelelő eredményeket biztosít.

7. Köszönetnyilvánítás

Szeretném kifejezni köszönetemet konzulenseimnek, Varjas Virágnak, Dr. Tóth Annamáriának és Dr. Petróczy Mariettának, akik támpontot adtak a dolgozatom elkészítéséhez. Szakmai tanácsaikkal és észrevételeikkel, segítőkészségükkel és kitartással folyamatosan támogatták munkámat.

Köszönöm a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézet Gyümölcsstermesztési Kutatóközpontjának, hogy a vizsgálati helyszín biztosításával a diplomamunkám elkészülhetett.

8. Irodalomjegyzék

1. Adaskaveg J.E., Diéguez-Uribeondo J., Förster H., Erickson E., Teviotdale B.L., Connell J., Edstrom J., Duncan R., Hendricks L., Freeman M., et al. (2002). Program of the 30th Annual
2. Adaskaveg, J.E., Förster, H. (2000). Occurrence and management of anthracnose epidemics caused by *Colletotrichum* species on tree fruit crops in California. pp. 317-336. In: Prusky, D., Freeman, S., Dickman, M.B. (eds.) *Colletotrichum: Host Specificity, Pathology, and Host-Pathogen Interaction*. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN.
3. Ahmed, N., and Verma, M. K. (2009). Scientific Almond Cultivation for Higher Returns Central Institute of Temperate Horti-Culture. Srinagar. 1–14.
4. Antelmi, I., Sion, V., and Nigro, F. (2019). First report of *Colletotrichum nymphaeae* on olive in Italy. *Plant Disease*, 103(4), 765–765.
5. Arquero, O. (Ed.). (2013). Manual del almendro. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
6. Bailey, J. A., O'connell, R. J., Pring, R. J., and Nash, C. (1992). Infection strategies of *Colletotrichum* species. *Infection strategies of Colletotrichum species.*, 88–120.
7. Ballester, A. (1916). Enfermedades del almendro en Baleares. Consejo Provincial de Fomento de Baleares. 27–42.
8. Baroncelli, R., Zapparata, A., Sarrocco, S., Sukno, S. A., Lane, C. R., Thon, M. R., Vannacci, G., Holub, E., Annunziata, G., Arnone, A., Tenore, G. Süntar, I., and Sreenivasaprasad, S. (2015). Molecular diversity of anthracnose pathogen populations associated with UK strawberry production suggests multiple introductions of three different *Colletotrichum* species. *PLoS One*, 10(6), e0129140.
9. Bergstrom, G. C., and Nicholson, R. L. (1999). The biology of corn anthracnose: knowledge to exploit for improved management. *Plant Disease*, 83(7), 596–608.
10. Berry, E. M., Eisenberg, S., Haratz, D., Friedlander, Y., Norman, Y., Kaufmann, N. A., and Stein, Y. (1991). Effects of diets rich in monounsaturated fatty acids on plasma lipoproteins—the Jerusalem Nutrition Study: high MUFAs vs high PUFAs. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 53(4), 899–907.
11. Børve, J., Djønne, R. T., and Stensvand, A. (2010). *Colletotrichum acutatum* occurs asymptotically on sweet cherry leaves. *European Journal of Plant Pathology*, 127, 325–332.
12. Brizi, U. (1896). Eine neue krankheit (Anthracnosis) des Mandelbaumes. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, 6(2), 65–72.
13. Brózik S. and Apostol J. (2003). Államilag elismert fő árufajták. In: Brózik S., Kállay T.-né, Apostol J.: *Mandula. Mezőgazda Kiadó*. 55–60.
14. Buddie, A. G., Martinez-Culebras, P., Bridge, P. D., Garcia, M. D., Querol, A., Cannon, P. F., and Monte, E. (1999). Molecular characterization of *Colletotrichum* strains derived from strawberry. *Mycological Research*, 103(4), 385–394.

15. Cai, L., Hyde, K.D., Taylor, P.W.J., Weir, B.S., Waller, J., Abang, M.M., Zhang, J.Z., Yang, Y.L., Phoulivong, S., Liu, Z.Y., Prihastuti, H., Shivas, R.G., McKenzie, E.H.C., Johnston, P.R. (2009). A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*. *Fungal Diversity*, 39:183–204.
16. Carpita, N. C., and Gibeaut, D. M. (1993). Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. *The Plant Journal*, 3(1), 1–30.
17. Carpita, N. C., Defernez, M., Findlay, K., Wells, B., Shoue, D. A., Catchpole, G., Wilson, R. H., and McCann, C. (2001). Cell wall architecture of the elongating maize coleoptile. *Plant Physiology*, 127(2), 551–565.
18. Chang, T. H., Hassan, O., and Lee, Y. S. (2018). First report of anthracnose of Japanese plum (*Prunus salicina*) caused by *Colletotrichum nymphaeae* in Korea. *Plant Disease*, 102(7), 1461–1461.
19. Chechi, A., Stahlecker, J., Zhang, M., Luo, C. X., and Schnabel, G. (2019). First report of *Colletotrichum fioriniae* and *C. nymphaeae* causing anthracnose on cherry tomatoes in South Carolina. *Plant Disease*, 103(5), 1042–1042.
20. Chen, D., Shi, H., Wu, H., Xu, Z., and Zhang, C. (2013). Resistance of *Colletotrichum gloeosporioides* causing grape ripe rot to thiophanate-methyl and tebuconazole in Zhejiang. *Journal of Fruit Science*, 30(4), 665–668.
21. Crosslin, J. M., and Mink, G. I. (1990). Biophysical differences among *Prunus* necrotic ringspot ilarviruses. Washington State University. 200–206.
22. Crouch, J. A. (2014). *Colletotrichum caudatum* sl is a species complex. *IMA Fungus*, 5, 17–30.
23. Czarnecki, H. (1916). A *Gloeosporium* disease of the almond probably new to America. *Phytopathology*, 6, 310.
24. Da Lio, D., Cobo-Díaz, J. F., Masson, C., Chalopin, M., Kebe, D., Giraud, M., Verhaeghe, A., Nodet, P., Sarrocco, S., Le Floch, G., and Baroncelli, R. (2018). Combined metabarcoding and multi-locus approach for genetic characterization of *Colletotrichum* species associated with common walnut (*Juglans regia*) anthracnose in France. *Scientific reports*, 8(1), 10765.
25. Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., and Crous, P. W. (2012). The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Studies in Mycology*, 73, 37–113.
26. Dar, M., Ahmad, M., Shah, M. U. D., Bhat, N., Khan, A., and Padder, B. A. (2019). Phylogenetic relationship of *Venturia carpophila*, the causal agent of almond scab from Kashmir valley as inferred by ITS nr DNA. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8, 2913–9.
27. De Paredes, S.GB., and Muñoz, R. F. (2002). Effect of different fungicides in the control of *Colletotrichum acutatum*, causal agent of anthracnose crown rot in strawberry plants. *Crop Protection*, 21(1), 11–15.

28. de Silva, D. D., Mann, R. C., Kaur, J., Ekanayake, P. N., Sawbridge, T. I., McKay, S., Taylor, P.W.J. and Edwards, J. (2021). Revisiting the *Colletotrichum* species causing anthracnose of almond in Australia. *Australasian Plant Pathology*, 50, 267–279.
29. de Silva, L. L., Moreno, H. L. A., Correia, H. L. N., Santana, M. F., and de Queiroz, M. V. (2020). *Colletotrichum*: species complexes, lifestyle, and peculiarities of some sources of genetic variability. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 1891–1904.
30. Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J.J., Dickman M., Kahmann, R., Ellis, J., and Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414-430.
- Debode, J., Van Hemelrijck, W., Baeyen, S., Creemers, P., Heungens, K., and Maes, M. (2009). Quantitative detection and monitoring of *Colletotrichum acutatum* in strawberry leaves using real-time PCR. *Plant Pathology*, 58(3), 504-514.
- Deising, H. B., Werner, S., and Wernitz, M. (2000). The role of fungal appressoria in plant infection. *Microbes and Infection*, 2(13), 1631–1641.
31. Diéguez-Urbeondo, J., Förster, H., and Adaskaveg, J. E. (2011). Effect of wetness duration and temperature on the development of anthracnose on selected almond tissues and comparison of cultivar susceptibility. *Phytopathology*, 101(8), 1013-1020.
- Eastburn, D. M., and Gubler, W. D. (1992). Effects of soil moisture and temperature on the survival of *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease*, 76(8), 841–842.
32. EPPO (2004). Diagnostic protocols for regulated pests/Protocoles de diagnostic pour les organismes réglementés *Glomerella acutata*. OEPP/EPPO Bulletin, 34: 193–199.
33. EPPO, (2021). EPPO PQR adatbázis kezelő program
34. Evans, K., Frank, E., Gunnell, J., Pace, M., and Shao, M. (2008). *Coryneum* or shothole blight. All Current Publications. 888.
35. Farr, D.F. and Rossman, A.Y. (2022). Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. Retrieved May 20, 2022, from <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>
36. Fitzell, R. D., and Peak, C. M. (1984). The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculum sources, spore production and dispersal. *Annals of Applied Biology*, 104(1), 53–59.
37. Förster, H., and Adaskaveg, J. E. (1999). Identification of subpopulations of *Colletotrichum acutatum* and epidemiology of almond anthracnose in California. *Phytopathology*, 89(11), 1056–1065.
38. Freeman, S., and Katan, T. (1997). Identification of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose and root necrosis of strawberry in Israel. *Phytopathology*, 87(5), 516–521.
39. Freeman, S., and Shabi, E. (1996). Cross-infection of subtropical and temperate fruits by *Colletotrichum* species from various hosts. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 49(6), 395–404.
40. Freeman, S., Horowitz, S., and Sharon, A. (2001). Pathogenic and nonpathogenic lifestyles in *Colletotrichum acutatum* from strawberry and other plants. *Phytopathology*, 91(10), 986–992.

41. Freeman, S., Katan, T., and Shabi, E. (1998). Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose diseases of various fruits. *Plant Disease*, 82(6), 596–605.
42. Freeman, S., Minz, D., Kolesnik, I., Barbul, O., Zveibil, A., Maymon, M., Nitzani, Y., Kirshner, B., Rav-David, D., Bilu, A., Dag A., Shafir, S., and Elad, Y. (2004). *Trichoderma* biocontrol of *Colletotrichum acutatum* and *Botrytis cinerea* and survival in strawberry. *European Journal of Plant Pathology*, 110, 361–370.
43. Gao, Y., He, L., Mu, W., Li, B., Lin, J., and Liu, F. (2018). Assessment of the baseline sensitivity and resistance risk of *Colletotrichum acutatum* to fludioxonil. *European Journal of Plant Pathology*, 150, 639–651.
44. Garcia-Lopez, M. T., Serrano, M. S., Camiletti, B. X., Gordon, A., Estudillo, C., Trapero, A., Diez, C. M., and Moral, J. (2023). Study of the competition between *Colletotrichum godetiae* and *C. nymphaeae*, two pathogenic species in olive. *Scientific Reports*, 13(1), 1–11.
45. Greber, R. S., Klose, M. J., Milne, J. R., and Teakle, D. S. (1991). Transmission of prunus necrotic ringspot virus using plum pollen and thrips. *Annals of Applied Biology*, 118(3), 589–593.
46. Guidarelli, M., Carbone, F., Mourgues, F., Perrotta, G., Rosati, C., Bertolini, P., and Baraldi, E. (2011). *Colletotrichum acutatum* interactions with unripe and ripe strawberry fruits and differential responses at histological and transcriptional levels. *Plant Pathology*, 60(4), 685–697.
47. Han, Y. C., Zeng, X. G., Xiang, F. Y., Zhang, Q. H., Cong, G. U. O., Chen, F. Y., and Gu, Y. C. (2018). Carbendazim sensitivity in populations of *Colletotrichum gloeosporioides* complex infecting strawberry and yams in Hubei Province of China. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(6), 1391–1400.
48. Holb I. (2005). A gyümölcsösoökgymölcsösök és a szőlő ökológiai növényvédelme. Budapest, Mezőgazda Kiadó.
49. Huang, F., Chen, G. Q., Hou, X., Fu, Y. S., Cai, L., Hyde, K. D., and Li, H. Y. (2013). *Colletotrichum* species associated with cultivated citrus in China. *Fungal Diversity*, 61, 61–74.
50. Hyde, K., Cai, L., Cannon, P., Crouch, J., Crous, P., Damm, U., Goodwin, P., Chen, H., Johnston, P., Jones, E., Shivas, R. G. and Tan, Y. P. (2009). *Colletotrichum*—names in current use. *Fungal Diversity*, 39 (1). 147–182. IRTA (2023). Institute of Agrifood Research and Technology. <https://www.irta.cat/en/servei/almonds-varieties-constant/>
51. Ismail, A. M., Cirvilleri, G., Yaseen, T., Epifani, F., Perrone, G., and Polizzi, G. (2015). Characterisation of *Colletotrichum* species causing anthracnose disease of mango in Italy. *Journal of Plant Pathology*, 167–171.
52. Debode, J., Van Hemelrijck, W., Baeyen, S., Creemers, P., Heungens, K., and Maes, M. (2009). Quantitative detection and monitoring of *Colletotrichum acutatum* in strawberry leaves using real-time PCR. *Plant Pathology*, 58(3), 504–514. Jertberg, J. (2009). Screening for Non-host Rotation Crops of *Colletotrichum cutatum* for Strawberry Nurseries in California. UC Davis Plant Pathology Department, Plant Pathology Department, University of California, Davis.

53. Juhászová, G., Ivanová, H., and Spišák, J. (2005). Occurrence and spread of the parasitic microscopic fungi on walnut (*Juglans regia* L.) on various localities of Slovakia. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 6(1).
54. Karimi, K., Arzanlou, M., and Pertot, I. (2019). Weeds as potential inoculum reservoir for *Colletotrichum nymphaeae* causing strawberry anthracnose in Iran and Rep-PCR fingerprinting as useful marker to differentiate *C. acutatum* complex on strawberry. *Frontiers in Microbiology*, 10, 129.
55. Körtvély A. és Véghelyi K. (1974). Gombás betegségek. 70–128. In: Jenser G. (szerk.): Gyümölcsfák védelme. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 108–109.
56. Kubo, Y., Takano, Y., Tsuji, G., Horino, O., and Furusawa, I. (2000). Regulation of melanin biosynthesis genes during appressorium formation by *Colletotrichum lagenarium*. Host specificity, pathogenicity, and host pathogen interactions of *Colletotrichum*, 99–113.
57. Lansac, M., Detienne, G., Bernhard, R., and Dunez, J. (1979). Analysis of nine isolates of almond mosaic. In XI International Symposium on Fruit Tree Virus Diseases 94.359–366.
58. Lehoczy J. (1957): A meggy glöosporiózisének hazai előfordulása. *Kertészeti és Szőlészeti Főiskola Évkönyve*. XIX/2, 1–15. Mezőgazdasági Kiadó.
59. Li, S. Z., and Li, H. (2020). First report of *Colletotrichum nymphaeae* causing Anthracnose on *Camellia oleifera* in China. *Plant Disease*, 104(6), 1860–1860.
60. Liu, F., Cai, L., Crous, P. W., and Damm, U. (2014). The *Colletotrichum gigasporum* species complex. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 33(1), 83-97.
61. Liu, F., Wang, M., Damm, U., Crous, P. W., and Cai, L. (2016). Species boundaries in plant pathogenic fungi: a *Colletotrichum* case study. *BMC Evolutionary Biology*, 16, 1–14.
62. López-Moral, A., Agustí-Brisach, C., Lovera, M., Arquero, O., and Trapero, A. (2020). Almond anthracnose: current knowledge and future perspectives. *Plants*, 9(8), 945.
63. López-Moral, A., Agustí-Brisach, C., Lovera, M., Luque, F., Roca, L. F., Arquero, O., and Trapero, A. (2019). Effects of Cultivar Susceptibility, Fruit Maturity, Leaf Age, Fungal Isolate, and Temperature on Infection of Almond by *Colletotrichum* spp. *Plant Disease*, 103(9), 2425–2432.
64. López-Moral, A., Raya-Ortega, M. C., Agustí-Brisach, C., Roca, L. F., Lovera, M., Luque,, Arquero, O., and Trapero, A. (2017). Morphological, pathogenic, and molecular characterization of *Colletotrichum acutatum* isolates causing almond anthracnose in Spain. *Plant Disease*, 101(12), 2034–2045.
65. Magyar, D., and Oros, G. (2012). Application of the principal component analysis to disclose factors influencing on the composition of fungal consortia deteriorating remained fruit stalks on sour cherry trees. *Principal Component Analysis*, InTech, Rijeka, 89–110.

66. McKay, S. F., Freeman, S., Minz, D., Maymon, M., Sedgley, M., Collins, G. C., and Scott, E. S. (2009). Morphological, genetic, and pathogenic characterization of *Colletotrichum acutatum*, the cause of anthracnose of almond in Australia. *Phytopathology*, 99(8), 985–995.
67. McKay, S. F., Shtienberg, D., Sedgley, M., and Scott, E. S. (2014). Anthracnose on almond in Australia: disease progress and inoculum sources of *Colletotrichum acutatum*. *European Journal of Plant Pathology*, 139, 773–783.
68. Mendgen, K., and Deising, H. (1993). Infection structures of fungal plant pathogens – a cytological and physiological evaluation. *New Phytologist*, 124(2), 193–213.
69. Mendgen, K., and Hahn, M. (2002). Plant infection and the establishment of fungal biotrophy. *Trends in Plant Science*, 7(8), 352–356.
70. Mikulic-Petkovsek, M., Schmitzer, V., Slatnar, A., Weber, N., Veberic, R., Stampar, F., Munda, A., and Koron, D. (2013). Alteration of the content of primary and secondary metabolites in strawberry fruit by *Colletotrichum nymphaeae* infection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(25), 5987–5995.
71. Mink, G. I. (1992). Prunus necrotic ringspot virus. *Plant Diseases of International Importance*, 3, 335–356.
72. Moral, J., Bouhmidi, K., and Trapero, A. (2008). Influence of fruit maturity, cultivar susceptibility, and inoculation method on infection of olive fruit by *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease*, 92(10), 1421–1426.
73. Moral, J., de Oliveira, R., and Trapero, A. (2009). Elucidation of the disease cycle of olive anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology*, 99(5), 548–556.
74. Moral, J., Jurado-Bello, J., Sánchez, M. I., de Oliveira, R., and Trapero, A. (2012). Effect of temperature, wetness duration, and planting density on olive anthracnose caused by *Colletotrichum* spp. *Phytopathology*, 102(10), 974–981.
75. Muirhead, I. F., and Deverall, B. J. (1981). Role of appressoria in latent infection of banana fruits by *Colletotrichum musae*. *Physiological Plant Pathology*, 19(1), 77–84.
76. Mycobank (2011): Fungal Databases Nomenclature and Species Banks. <http://www.mycobank.org/>
77. Nelson, S. C. (2008). Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). CTAHR. University of Hawai'i at Mānoa. 1–9.
78. Nguyen, P. (2010). *Colletotrichum* spp. associated with anthracnose disease on Coffee in Vietnam and on some other major tropical crops. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*. 2010: 39.
79. Nicholson, R. L. (1992). *Colletotrichum graminicola* and the anthracnose diseases of maize and sorghum. CAB International. 186–202.
80. Nyland, G., Gilmer, R. M., and Moore, J. D. (1976). Prunus ringspot group. *Virus diseases and noninfectious disorders of stone fruits in North America*, 437, 104–132.

81. O'connell, R. J., Bailey, J. A., and Richmond, D. V. (1985). Cytology and physiology of infection of *Phaseolus vulgaris* by *Colletotrichum lindemuthianum*. *Physiological Plant Pathology*, 27(1), 75–98.
82. Ollero-Lara, A. O., López-Moral, A., Manzanares, M. L., Ortega, M. C. R., Castillo, L. F. R., Quilez, O. A., and Casas, A. T. (2016). Las enfermedades del almendro en Andalucía. *Revista de Fruticultura*, (49), 166–183.
83. Olmo, D., Vicent, A., Luque, J., Miarnau, X., Trapero, A., Capote, N., Arroyo, F. T., Avilés, Gramaje, D., Andrés-Sodupe, M., Cai, L., Crous, P. W., and Damm, U. (2014). The *Colletotrichum gigasporum* species complex. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 33(1), 83–97.
84. Palacio-Bielsa, A., Cambra, M., Martinez, C., Olmos, A., Pallás, V., López, M. M., Adaskaveg, J. E., Förster, H., Cambra, M. A., Duval, H., and Esmenjaud, D. (2017). Almond diseases. In *Almonds: botany, production and uses* (pp. 321–374). Wallingford UK: CABI.
85. Palacio-Bielsa, A., Roselló, M., Cambra, M. A. and López, M. M. (2010). First report on almond in Europe of bacterial spot disease of stone fruits caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Plant Disease*, 94(6), 786–786.
86. Palazon , Espanol., I.J. and CF, Palazon Espanol C.F. (1979). Estudios sobre *Gloeosporium amygdalinum* Brizi en los almendros Espanoles. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Proteccion Vegetal*.
87. Parikka, P., and Lemmetty, A. (2004). Tracing latent infection of *Colletotrichum acutatum* on strawberry by PCR. *European journal of plant pathology*, 110, 393–398.
88. Peres, N. A. R., Souza, N. L., Peever, T. L., and Timmer, L. W. (2004). Benomyl sensitivity of isolates of *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides* from citrus. *Plant Disease*, 88(2), 125–130.
89. Peres, N. A., Timmer, L. W., Adaskaveg, J. E., and Correll, J. C. (2005). Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease*, 89(8), 784–796.
90. Peres, N. A., Timmer, L. W., Adaskaveg, J. E., and Correll, J. C. (2005). Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease*, 89(8), 784–796.
91. Schilder, A. M. C., Gillett, J. M., and Sysak, R. W. (2001). Evaluation of fungicides for control of anthracnose fruit rot of blueberries. *Fungicide and Infanticide Tests*.
92. Shabi, E., and Katan, T. (1983). Occurrence and control of anthracnose of almond in Israel. *Plant Disease*, 67, 1364–1366.
93. Simmonds, J. H. (1965). A study of the species of *Colletotrichum* causing ripe fruit rots in Queensland. *Queensland Journal of Agriculture Science*, 22: 437–459.
94. Smith, B. J., and Black, L. L. (1990). Morphological, cultural, and pathogenic variation among *Colletotrichum* species isolated from strawberry. *Plant Disease*, 74, 69–76.

95. Socias i Company, R., Ansón, J. M., and Espiau, M. T. (2017). Taxonomy, botany and physiology. In *Almonds: botany, production and uses* (pp. 1–42). Wallingford UK: CABI.
96. Spiegel, S., Scott, S. W., Bowman-Vance, V., Tam, Y., Galiakparov, N. N., and Rosner, A. (1996). Improved detection of prunus necrotic ringspot virus by the polymerase chain reaction. *European Journal of Plant Pathology*, 102, 681–685.
97. Sreenivasaprasad, S., and Talhinhos, P. (2005). Genotypic and phenotypic diversity in *Colletotrichum acutatum*, a cosmopolitan pathogen causing anthracnose on a wide range of hosts. *Molecular Plant Pathology*, 6(4), 361–378.
98. Talgø, V., Aamot, H. U., Strømeng, G. M., Klemsdal, S. S., and Stensvand, A. (2007). *Glomerella acutata* on highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) in Norway. *Plant Health Progress*, 8(1), 19.
99. Talhinhos, P., and Baroncelli, R. (2021). *Colletotrichum* species and complexes: geographic distribution, host range and conservation status. *Fungal Diversity*, 110(1), 109–198.
100. Teviotdale, B. L., Michailides, T. J., and Pscheidt, J. W. (2002). Compendium of nut crop diseases in temperate zones. American Phytopathological Society.
101. Thangavelu, R., Sundararaju, P., and Sathiamoorthy, S. (2004). Management of anthracnose disease of banana caused by *Colletotrichum musae* using plant extracts. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4), 664–668.
102. Thines, E., Aguirre, J., Foster, A. J., and Deising, H. B. (2006). Genetics of phytopathology: secondary metabolites as virulence determinants of fungal plant pathogens. *Progress in Botany*, 134–161.
103. Thomas, G. J., and Sweetingham, M. W. (2003). Fungicide seed treatments reduce seed transmission and severity of lupin anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Australasian Plant Pathology*, 32, 39–46.
104. Timmer, L. W. (2000). Biology and control of anthracnose diseases of citrus. *Colletotrichum: host specificity, pathology, and host-pathogen interaction*, 300–316.
105. Timmer, L.W., Brown, G.E. (2000): Biology and control of anthracnose diseases of citrus. pp. 300–316. In: Prusky, D., Freeman, S., Dickman, M.B. (eds.) *Colletotrichum: Host Specificity, Pathology, and Host-Pathogen Interaction*, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
106. Tortora, M. L., Díaz-Ricci, J. C., and Pedraza, R. O. (2011). *Azospirillum brasilense* siderophores with antifungal activity against *Colletotrichum acutatum*. *Archives of Microbiology*, 193, 275–286.
107. Tóth A., Petróczy M., Hegedűs M., Nagy G. és Palkovics L. (2013): *Colletotrichum acutatum* a meggyantraknózis okozója Magyarországon és a növényvédő szerek hatékonysága a kórokozóval szemben. *Növényvédelem* 49 (7), 309–318.

108. Tsushima, A., and Shirasu, K. (2022). Genomic resources of *Colletotrichum* fungi: development and application. *Journal of General Plant Pathology*, 88(6), 349–357.
109. Ujfaluossyné Örsi, D., Békefi, Zs., (2019). Mandula, a magyar gyümölcsstermesztés elfeledett Csipkerózsikája. *Agrofórum Extra*.
110. USDA (2022) United States Department of Agriculture. Food Composition Databases. Accessed June 10, 2022.
111. Van der Aa, H. A. (1978). A leaf spot disease of *Nymphaea alba* in the Netherlands. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 84, 109–115.
112. Varjas V., Kovács Cs., Lakatos T., Tóth T., and Bujdosó G. (2021). Diótermés antraknózisát okozó *Colletotrichum fiorinae* és *Colletotrichum godetiae* gombafajok előfordulása hazai dióültetvényekben., *Növényvédelem*, 82 [N. S. 57]: 12.
113. Varjas, V., Szilágyi, S., and Lakatos, T. (2022). First report of *Colletotrichum nymphaeae* causing anthracnose on Almond. *Plant Disease*. 106(5). 1527.
114. Varjas V., Szilágyi S., and Lakatos T. (2023). A mandula antraknózisa (*Colletotrichum nymphaeae*) Magyarországon, in press.
115. Velho, A. C., Stadnik, M. J., Casanova, L., Mondino, P., and Alaniz, S. (2014). First report of *Colletotrichum nymphaeae* causing apple bitter rot in southern Brazil. *Plant Disease*, 98(4), 567–567.
116. Verhaeghe, A., Nodet, P. Le Floch, G., and Baroncelli, R. Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., and Crous, P. W. (2012). The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Studies in Mycology*, 73, 37–113.
117. Verma, N. (2005). Epidemiology of *Colletotrichum acutatum*, cause of anthracnose on highbush blueberry, in British Columbia. Simon Fraser University.
118. Waller, J. M. (1992). *Colletotrichum* diseases of perennial and other cash crops. CABI International, 167–185.
119. Waller, J. M., Bridge, P. D., Black, R., and Hakiza, G. (1993). Characterization of the coffee berry disease pathogen, *Colletotrichum kahawae* sp. nov. *Mycological Research*, 97(8), 989–994.
120. Wang, Y. X., Xu, X. W., Cai, F., Huang, F. X., Chen, W. S., and Wang, Q. Z. (2022). First Report of *Colletotrichum nymphaeae* Causing Walnut Anthracnose in China. *Plant Disease*, 106(11), 2991.
121. Wedge, D. E., Smith, B. J., Quebedeaux, J. P., and Constantin, R. J. (2007). Fungicide management strategies for control of strawberry fruit rot diseases in Louisiana and Mississippi. *Crop Protection*, 26(9), 1449–1458.
122. Weir, B. S., Johnston, P. R., and Damm, U. (2012). The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology*, 73, 115–180.

123. Wharton, P. S., and Diéguez-Urbeondo, J. (2004). The biology of *Colletotrichum acutatum*. In *Anales del jardín botánico de Madrid* (Vol. 61, No. 1, pp. 3–22).
124. Woodward, J. L. W. (1999). Effect of fungicide treatment to control shot-hole disease of cherry laurel [cit. 2011-10-12].
125. Zhu, Y. Z., Liao, W. J., Zou, D. X., Wu, Y. J., and Zhou, Y. (2015). First report of leaf spot disease on walnut caused by *Colletotrichum fioriniae* in China. *Plant Disease*, 99(2), 289-289.
126. Živković, S., Stojanović, S., Ivanović, Ž., Gavrilović, V., Popović, T., and Balaž, J. (2010). Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Archives of Biological Sciences*, 62(3), 611–623.
127. Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., and Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 13(4), 414-430.