



INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2022. április 13.

**A tárolás során fellépő penészgombák előfordulása és jelentősége
vöröshagyma, lilahagyma és fokhagyma esetében.**

**The occurrence and significance of storage molds of onion, red onion and
garlic.**

Készítette: Scherman Jakab Máté
RMDRCT
Növényorvosi, Msc
Nappali
Budai Campus

Témavezető: Dr. Horváthné Petrőczy Marietta, egyetemi
docens, Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: „Agrártudományi”

**Budapest
2022.**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés	4
2. Irodalmi áttekintés	6
2.2 A hagymák tárolása során előforduló gombás betegségek	6
2.2.1. A hagymafélék aszpergilluszos betegsége.....	6
2.2.2. A hagymafélék botrítiszos betegsége.....	9
2.2.3. A hagymafélék fuzáriumos rothadása.....	13
2.2.4. A hagymafélék penicilliumos rothadása.....	16
2.2.5. A hagymafélék rizópuszos rothadása.....	19
2.2.6. Egyéb penészgombák a hagymaféléken	21
3. Anyag és módszer	22
3.1. A vizsgálat helye és ideje.....	22
3.2 A vizsgálat anyaga és módszere	22
3.2.1 A vizsgált növények.....	22
3.2.3. Laboratóriumi eszközök, műszerek	26
3.3. A vizsgálat módszere	27
3.3.1. Mintagyűjtés	27
3.3.2. Szaporítóképletek képződésének indukálása	27
3.3.3. A kórokozók izolálása táptalajon.....	27
3.3.4. A kórokozók azonosítása	28
3.3.5.Értékelés módszere	28
4. Eredmények	29
4.1. Penészgomba nemzetségek gyakorisága a vizsgált hagymaféléken.....	29
4.1.2. <i>Allium cepa</i> gazdanövényről izolált kórokozók.....	29
Vöröshagymákról izolált nemzetségek	30
Lilahagymákról izolált nemzetségek	30
4.1.3. Kórokozó nemzetségek gyakorisága hazai és import hagymákon	31
4.2. Az izolált kórokozók nemzetségek azonosítása klasszikus mikológiai módszerekkel.....	31
4.2.1. <i>Penicillium</i> spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése	31
4.2.2. <i>Fusarium</i> spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése	33
4.2.3. <i>Aspergillus</i> spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése	34
4.2.4. <i>Botrytis</i> spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése	36

4.2.5. <i>Alternaria</i> spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése	37
4.2.6. <i>Cladosporium</i> spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése	38
4.2.7. <i>Rhizopus</i> spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése	38
5. Következtetések	39
6. Összefoglalás	44
7. Irodalomjegyzék	45
Internetes hivatkozások:.....	49
8. Köszönetnyilvánítás	50

1. Bevezetés, célkitűzés

A vöröshagyma (*Allium cepa* L.) Közép- és Délnyugat-Ázsiából származik. Már Kr. e. 1500 körül is ismert táplálék volt mind Egyiptomban, mind Indiában. A fokhagyma (*Allium sativum* L.) Közép-Ázsiából származik, termesztése 5000 éves múltra tekint vissza (BALÁZS és MTSAI, 1994). Mára a vöröshagyma világszerte a második legfontosabb zöldségnövény. A 2020-as évben az egész világon 104,5 millió tonna hagymát termesztettek (Internet 1.). A világon a legtöbb hagymát Kína, India és az Egyesült Államok állítja elő. Az Európai Unióban a három legjelentősebb hagymatermesztő ország Spanyolország, Hollandia és Franciaország (Internet 2.). A hagymatermesztésnek hazánkban nagy hagyománya van. Főként szántóföldi növényként termesztik. Makó környéke a hazai hagymatermesztés legkiemelkedőbb területe, ahol jellegzetes a termesztés kultúrája és a hagyma minősége (GLITS és MTSAI, 2003). A magyar vöröshagyma termesztés az utóbbi négy évben 2200 ha-ról 1200 ha termőterületre esett vissza, míg a fokhagyma termőterülete 1200 ha-ról 768 ha-ra csökkent. Az éves átlagfogyasztás Magyarországon 8-10 kg/év közé esik. A magyar felvevő piac érdekében 2020-ban 2111 tonna fokhagyma és 21392 tonna vöröshagyma került behozatalra (Internet 3.). A magyarországi termés csökkenés több problémára vezethető vissza. A problémák főbb okai a növényvédelmi nehézségek, az Európai Unióban csökkenő növényvédő szerhasználati lehetőségek, valamint a csökkenő éves csapadék mennyiség, amely megnehezíti a hazai termesztést. Ezért sokszor nehéz felvenni a hazai termeszteknek a versenyt a külföldi modernebb technológiákkal felszerelt, vagy Európai Unió kívüli konkurenciáikkal (Internet 4.).

A szántóföldi növényvédelmi nehézségek leküzdése után, a legjelentősebb veszteséget a tárolás során előforduló problémák okozzák. Ezek közül is kiemelt helyet foglalnak el a tárolási betegségek (az aszpergilluszos betegség, a fuzáriumos és a botrítisztes rothadás) kórokozói. A tárolókban a kórokozók terjedését a magas nedveség ill. páratartalom, valamint a magasabb hőmérséklet segíti elő. A modern tárolókban precízen állítható tárolási körülmények mellett, megteremthetők a kórokozók számára kedvezőtlen, a hagyma számára viszont kedvező feltételek, így a veszteségek jelentősen csökkenthetők (Internet 5.).

Dolgozatom célja, hogy megvizsgáljam, melyek azok a növénypatogén gomba kórokozók (elsősorban penészgombák), amelyek a hagymafélék tárolása során a jelentős veszteségeket okozzák. Célul tűztam ki a tünetek leírását, a kórokozók izolálását táptalajon, a kórokozók

morfológiai vizsgálatát és nemzetség szintű meghatározását. Kíváncsi voltam, hogy a patogének milyen arányban fordulnak elő a hazai és importált hagymaféléken, illetve milyen egyéb tényezők befolyásolhatják még jelentőségüket (pl. mikotoxin képzés) az irodalmi adatok alapján.

2. Irodalmi áttekintés

2.2 A hagymák tárolása során előforduló gombás betegségek

2.2.1. A hagymafélék aszpergilluszos betegsége

Az USDA adatbázisa szerint a hagymaféléket tíz *Aspergillus* faj fertőzi (FARR és ROSSMANN, 2022). Ezek közül vöröshagymán és a fokhagymán Európában kizárólag az *Aspergillus niger* van Tieghem fordul elő. Az *Aspergillus* nemzetség az Ascomycota törzs, Pezizomycotina altörzs, Eurotiomycetes osztály, Eurotiales rend, Trichocomaceae családba tartozik rendszertanilag (EPPO, 2022).

Az *Aspergillus niger* jelentősége:

A vöröshagyma *Aspergillus niger* által okozott fekete rothadása számottevő veszteségeket okoz a tárolás során (THAMIZHARASI és NARASIMHAM, 1992). A betegség már szabadföldön, vagy a betakarítás utáni tárolás során is kialakulhat, de gazdaságilag jelentős veszteséget a tárolás során idéz elő. A kórokozó kártételét fokozza tárolás során a magasabb hőmérséklet (KOIKE és MTSAL, 2007). A gomba csapadékszegény évjáratokban válik igazán jelentőssé, ezért a Magyarországnál északabbra fekvő országokban a kórokozó nem okoz jelentős problémát (GLITS és FOLK, 1993). A kórokozó rendszeresen fellép fokhagymákon is: 12-25%-os veszteséget okozva a tárolás során (CHAVDA és BRAHMBHATT, 2016). Az *Aspergillus niger* az emberi egészségre is ártalmas lehet, amennyiben az emberi szervezet jelentős mennyiségű konídiummal találkozik. A kórokozó kiemelt humánegészségügyi kockázatot jelent gyenge immunállapot mellett (HAYDEN és MAUDE, 1992). Allergénként felső légúti tüneteket (aszpergilliózist) okozhat (HOSHINO és MTSAL, 1999), azonban patogén volta vitatott (SCHUSTER és MTSAL, 2002). A gomba többféle mikotoxint is termel: oxálsavat, malforminokat, nigragilint (JAKUCS és VAJNA, 2003).

Gazdanövények:

A kórokozó polifág, számos gazdanövénye van. A hagymák közül az *Allium cepa*, *Allium ascalonicum*, *Allium porrum*, *Allium sativum* fajokat fertőzi (FARR és ROSSMAN, 2022).

Tünetek:

A tünetek először az idősebb, külső burokleveleken jelennek meg, innen a gomba a hagyma nyaki részére, majd később a hagyma belsejébe jut (KOIKE és MTSAL, 2007). A buroklevelek alatt csoportosan, vagy elszórtan fekete konídiumtartók jelennek meg (**1. ábra**), amelyek kézzel letörölhetők (GLITS és FOLK, 1993). A betegséget *feketepenyészként* ismerik, nevét a kórokozó jellegzetes fekete szaporítóképleteiről kapta (SVANSTRÖM, 2013).



1. ábra. *Aspergillus niger* tünete vöröshagymán (Forrás: Forestry Images, <https://www.forestryimages.org/>)

Kórokozó biológiája:

A kórokozó terjedhet szaporítóanyaggal, ill. a növényi maradványokon is fennmaradhat, a természetközegből, talajból indítva a fertőzést. Az intenzíven sporuláló gomba a betakarított fertőzött terményről az egészséges növényekre kerül (KOIKE és MTSAL, 2007). A kórokozó életképessége, fertőzőképessége és reprodukció képessége az elszáradt leveleken nagyon sokáig megmarad. Érdekes megfigyelés, hogy a hagyma külső burokleveleinek nedve a gombára kedvező serkentő hatású, míg a belső húsos levelek nedve a gomba növekedésére gátló hatású (GLITS és FOLK, 1993). A gomba tág hőmérsékleti tartományban fejlődik: 8-45 °C (SVANSTRÖM, 2013). Hőigénye azonban alapvetően magas, optimális növekedéséhez 28–34 °C hőmérsékletre van szükség. A gomba sporulációjához minimum 17 °C szükséges. A növekedéshez 80%-os páratartalmat, valamint a 6-12 órás felületi nedvességet igényel (KOIKE és MTSAL, 2007).

Morfológiai bélyegek:

Az *Aspergillus* nemzetség konídiumtartója világos vagy sötét színű, egyágú, bunkószerűen kiszélesedő vezikulumban (**2. ábra**) végződik (GLITS és FOLK, 1993). A szerzők szerint a fialidok 1 vagy 2 sorban helyezkednek el, amelyek a konídiumokat láncokban fűzik le. A képződő konídiumok fejet képeznek (BÁNHEGYI és MTSAL, 1985; SVANSTRÖM, 2013). A fejen található konídiumok egysejtűek, érett állapotban gömbölyűek, felületük érdes tüskés faluk miatt. A szerzők szerint a konídiumok átmérője 4-5 μm , a konídiumtartók pedig 4 mm-nél rövidebbek. Az így létrejövő konídiumtartó-bevonat (**vö. 1. ábra**) makroszkopikusan szénfekete színű (BÁNHEGYI és MTSAL, 1985).

Az *Aspergillus niger* tenyésztete burgonya-keményítő agaron (potato dextrose agar, PDA) kezdetben fehér vagy sárgás színű, majd idővel sötétedik (ROMERO-CORTES és MTSAL, 2019), a konídiumtartók megjelenésével (**2. ábra**) fekete színűvé válik (SVANSTRÖM, 2013). A konídiumokból álló fejek sötétbarna, fekete színűek, felszínük érdes, vagy barázdált (ROMERO-CORTES és MTSAL, 2019). A penészgomba jól sporulál. A tenyészet inkább kör alakú, külső periferiáján fehér micélium található, a telepek közepe barnás-fekete. A konídiumok méretei a tenyészetben: 24,08-25,80 μm x 3,40-4,85 μm . A tenyészetben képződő konídiofórok hosszúsága pedig 1005-1230 μm (PUDAKE és MTSAL, 2019).



2. ábra. Az *Aspergillus niger* tiszta tenyésztete és jellegzetes konídiumtartója (SVANSTRÖM, 2013)

2.2.2. A hagymafélék botrítisztes betegsége

Az USDA adatbázisa szerint a hagymaféléket 13 *Botrytis* faj fertőzi (FARR és ROSSMANN, 2022). Ezek közül vöröshagymán és a fokhagymán Európában a *Botrytis aclada* (Fresen.) Yohalem, *Botrytis allii* (Munn) Yohalem, *Botrytis bissoidea* J.C. Walker, *Botrytis cana*, *Botrytis cinerea* Persoon és *Botrytis quamosa* J.C. Walker fordul elő. A *Botrytis* fajok, bár mutatnak morfológiai eltéréseket, megbízhatóan molekuláris módszerrel határozhatók meg (CHILVERS és DU TOIT 2006; HAFEZ és MTSAI, 2013). Filogenetikai kutatások alapján (ONAEI és MTSAI, 2020) a *Botrytis allii* a *Botrytis byssoidea* és a *Botrytis aclada* közötti hibrid fajnak tekintendő. A *Botrytis* nemzetség az Ascomycota törzs, Pezizomycotina altörzs, Leotiomycetes osztály, Helotiales rend, Sclerotiniaceae családba tartozik rendszertanilag (EPPO, 2022).

Jelentőségük:

A *Botrytis* fajok a tárolás során jelentős károkat okozhatnak, azonban a modern tárolókban a szárítással a veszteség nagymértékben csökkenthető. A kórokozó megjelenhet fokhagymán, mogyoróhagymán, de vöröshagymán a legjelentősebb. Itt akár 50%-os veszteséget is okozhat (KOIKE és MTSAI, 2007). CHILVERS és DU TOIT (2006) szerint a szabadföldi fertőzés látens jellege megnehezíti a betegség kezelésére és a tárolási veszteségek előrejelzésére irányuló erőfeszítéseket. A gomba a növény levelein át jut a hagymatest belsejébe. A látensen fertőzött hagyma a tárolóba kerül a többi egészséges hagymával együtt, majd a gombának kedvező körülmények miatt rothadásnak indul. A hagymafej később teljesen elrothad, és a többi egészséges hagymára is átkerül a kórokozó (GLITS és FOLK, 1993; JAKUCS és VAJNA, 2003). HAFEZ és MTSAI (2013) eredményei alapján a hagyma nyaki rothadásával összefüggésbe hozható domináns faj a *B. aclada* (A1 típusa) volt.

Gazdanövényeik:

A *Botrytis cinerea* polifág gomba, számos gazdanövénnyel rendelkezik, a hagymaféléket általánosan fertőzi. A *Botrytis aclada*, *Botrytis squamosa*, *Botrytis byssoidea* leginkább csak hagymaféléket fertőz: pl. *Allium ascalonicum*, *Allium cepa*, *Allium cepa* var. *cepa*, *Allium fistulosum*, *Allium porrum*, *Allium sativum* (FARR és ROSSMAN, 2022).

Tünetek:

A *Botrytis cinerea* által okozott rothadás abban különbözik a nyaki rothadástól, hogy a fertőzés jellemzően a gumó legkülső száraz pikkelyeire korlátozódik (**3. ábra**). A foltok felszínesek, inkább esztétikai jellegűek (CHILVERS és DU TOIT 2006).



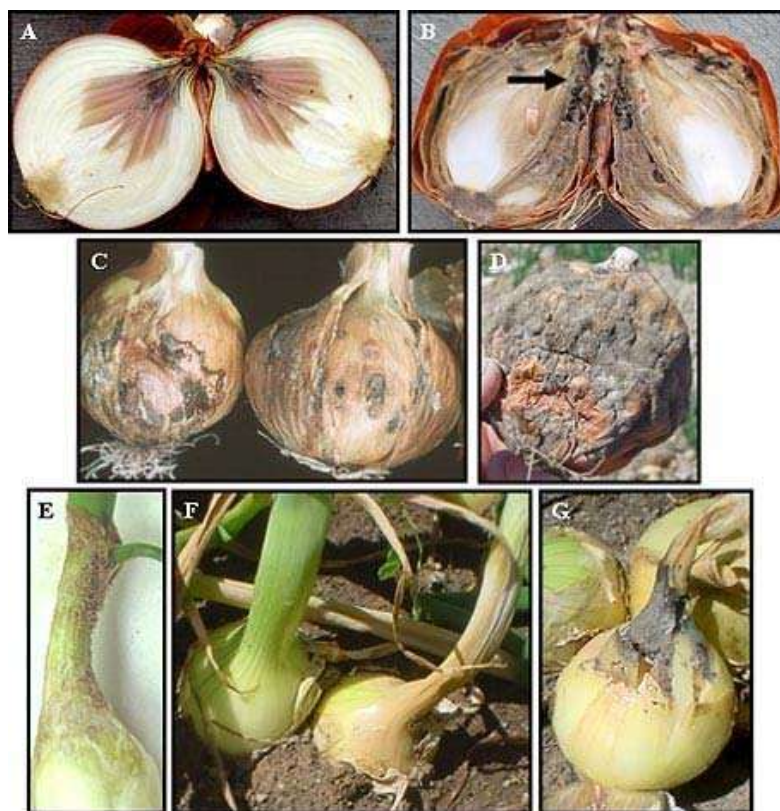
3. ábra. *Botrytis cinerea* által okozott felszíni rothadás vöröshagymán (CHILVERS és DU TOIT 2006)

A többi *Botrytis* faj okozta jellegzetes nyaki rothadás jellemzően csak a tárolást követően alakul ki (CHILVERS és DU TOIT, 2006). A tünetek a hagyma nyaki részén láthatók, ahol vizenyős, világos barna folt (**4. ábra**), majd sűrű szürke micélium jelenik meg. Később sötét színű szkleróciumok is kifejlődhetnek (**4. ábra**). Ezek a pikkelyek között, vagy a hagyma nyakán kialakuló kitartóképletek sötétbarnák vagy feketék, jellemzően lapított alakúak. A kórokozó az egész hagymát elrothasztja, a belső szövetek vizenyőssé válnak (GLITS és FOLK, 1993; KOIKE és MTSAL, 2007). Száraz időjárás mellett a hagyma mumifikálódhat (ROD és MTSAL, 2005). Egyes esetekben a tüneteket a betakarítás előtt is lehet észlelni (**4. ábra**) az idősödő leveleken (KOIKE és MTSAL, 2007), de ez ritka. A tünetek megjelenhetnek egy pontból kiindulva, ha a fertőzés mechanikai sérülés nyomán következik be. Ilyenkor a tünetek nem a nyaki részen mutatkoznak (ROD és MTSAL, 2005).

Kórokozók biológiája:

A kórokozó terjedhet szaporítóanyaggal, valamint fennmaradhat a talajban szkleróciumokkal, amelyek 2 évig is megtarthatják fertőző képességüket (KOIKE és MTSAL, 2007). A termesztésben a legfontosabb fertőzési forrás a vetőmag. A fertőzött leveleken

megjelenik a szürke konídiumtartó gyp, ahonnan a konídiumok leszakadva, széllel terjedve további fertőzéseket okoznak. (ROD és MTSAL, 2005.)



4. ábra. A *Botrytis aclada* és a *B. allii* által okozott gyakori tünetek betakarítás után (A-D) és kevésbé gyakori, betakarítás előtti tünetek (E-G) hagymákon (CHILVERS és DU TOIT 2006)

Magyarázat a 4. ábrához: (A) nyaki rothadás belső tünetei (B) súlyos nyaki rothadás, a hagyma zsugorodása, fekete szkleróciumok (C) A talajfelszínen lévő hagyma fertőzéséből eredő talajvonali szintben kialakuló rothadás (D) A *B. aclada* vagy a *B. allii* sűrű sporulációja tárolt hagyma száraz külső pikkelyein (E) A *B. aclada* vagy a *B. allii* sporulációja szabadföldi körülmények között (F) nyakrothadás szántóföldi körülmények között (G) a *B. allii* vagy *B. aclada* sporulációja szántóföldi körülmények között

Morfológiai bélyegek:

A *Botrytis* nemzetség konídiumtartói faszzerűen elágazóak, nagy tömegben szürke színűek, majd idővel barnák lesznek (**5. ábra**). A konídiumtartó a vége felé kiszélesedik, és itt fűződnek le a gomba egysejtű konídiumai (GLITS és FOLK, 1993; JAKUCS és VAJNA, 2003). A konídiumok tojásdad, ellipszoid alakúak (BÁNHEGYI és MTSAL, 1985). A *Botrytis cinerea* konídiumai sima fallal rendelkeznek (UBRIZSY és VÖRÖS, 1968), méretük 6-16 x 4-8 µm (BÁNHEGYI és

MTSAI, 1985). A hagyma nyaki rothadásában szerepet játszó többi *Botrytis* faj izolátumainak spóraméretei átfedik egymást, ami megnehezíti a fajok morfológiai megkülönböztetését a spórák alapján (CHILVERS és DU TOIT 2006).

A *Botrytis cinerea* kezdetben fehér, majd szürkés telepeket képez. A tenyészetek felszínén légmicélium, vagy szürkés konídiumtartók képződnek (CANTU és MTSAL, 2009). TANOVIĆ és MTSAL (2014) szerint 1 hét elteltével különböző morfológiai változatai különíthetők el a fajnak: eltér a sporuláció vagy a szkleróciumok képződésének intenzitása.

CHILVERS és DU TOIT (2006) szerint a *Botrytis* fajok könnyen tenésztethetők különféle szintetikus táptalajokon, így PDA táptalajon is. Megkülönböztetésük a tenészbélyegek alapján a legtöbb faj esetében lehetséges, kivéve a *Botrytis allii* és a *Botrytis aclada* esetében (6. ábra). A nem sporuláló izolátumok azonosítása szintén nehéz. A *Botrytis aclada* tenészbélyegei PDA táptalajon a következők: a növekedés üteme mérsékelt (közepes), a tenyészet színe barnás, felszínén a konídiumtartók tömötten jelennek meg. A konidiofórok rövidek, az 1mm-t nem haladják meg. A konídiumok hossza 9,7-14,1 μm szélessége pedig 5,3-7,3 μm . A gomba PDA táptalajon nem képez szkleróciumot (CHILVERS és DU TOIT, 2006).



5. ábra. A *Botrytis cinerea* jellegzetes konídiumtartója (Forrás: <https://fungi.myspecies.info/>)



6. ábra. A *Botrytis aclada*, *B. allii*, *B. byssoides*, *B. cinerea*, *B. porri* és *B. squamosa* izolátumainak tenyészbélyegei burgonyadextróz agaron (PDA) a 9. és a 13. napon ($25 \pm 3^\circ\text{C}$ hőmérsékleten) (CHILVERS és DU TOIT 2006)

2.2.3. A hagymafélék fuzáriumos rothadása

Az USDA adatbázisa szerint a hagymaféléket húsnál is több *Fusarium* faj fertőzi (FARR és ROSSMANN, 2022). Ezek közül vöröshagymán és/vagy fokhagymán Európában a *Fusarium acuminatum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium redolens*, *Fusarium roseum*, *Fusarium solani* fordul elő. Szerbiában a *Fusarium proliferatum* (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach &

Nirenberg jelentőségére és mikotoxin termelésére hívták fel a figyelmet (STANKOVIC és MTSAL, 2007). Törökországban 7 *Fusarium* fajt azonosítottak vöröshagymákról, közülük a *Fusarium oxysporum* Schltdl. okozta a megbetegedések 65%-át (BAYRAKTAR és DOLAR, 2011). A *Fusarium* nemzetség tagjai az Ascomycota törzs, Pezizomycotina altörzs, Sordariomycetes osztály, Hypocreales rend, Nectriaceae családba tartoznak rendszertanilag (EPPO, 2022).

Jelentőségük:

A hagymatermesztés jelentős kórokozói a *Fusarium* fajok. Az általuk okozott betegség világszerte ismert, mind a vöröshagyma, mind a fokhagyma termesztésében. Ezek alól azok az országok kivételek, ahol a gombának kedvezőtlen, alacsonyabb hőmérsékleti körülmények találhatók (CRÜGER és MTSAL, 2002). A *Fusarium oxysporum* talajból fertőző, világszerte elterjedt kórokozó (CRAMER, 2000). A kórokozó szántóföldön, valamint a későbbi raktározás során is okoz károkat. A helyrevertett növényeknél akár az állomány 60%-a is károsodhat. Tárolás során jelentős lehet a kártétel, ha a fertőzöttség mellé rossz tárolási körülmények is társulnak. Ilyenkor a fertőzés könnyen áttérjedhet a többi hagymára is (UBRIZSY és VÖRÖS, 1968). Friss spanyol eredmények alapján a fokhagymák tárolása során, legnagyobb arányban *Fusarium* fajok okoztak szárazrothadást (56,1%). Hat fajt azonosítottak, de a *Fusarium proliferatum* gyakorisága (85%) messzemenően kiemelkedett (GÁLVEZ és PALMERO, 2021). Egyes fajok (pl. *Fusarium proliferatum*) jelentősége kiemelt lehet mikotoxin termelő tulajdonságuk miatt (pl. fumonisin B1, moniliformin, beauvericin stb.) (STANKOVIC és MTSAL, 2007).

Gazdanövényeik:

A *Fusarium* fajok általában polifág kórokozók. A *Fusarium oxysporum* a hagymafélék közül fertőzi az *Allium ascalonicum*, *Allium cepa*, *Allium cepa* var. *ascalonicum*, *Allium sativum* fajokat. A *Fusarium proliferatum* szintén fertőzi a legtöbb hagymafélét (FARR és ROSSMAN, 2022).

Tünetek:

A hagymafej alapi részén láthatóak a tünetek. Az alapi rész megpuhul, a húsos leveleken világosbarna elszíneződés jelenik meg (**7. ábra**), majd elpusztulnak a gyökerek (CRAMER, 2000). A fertőzött növény hagymáján később megjelennek a kórokozó szaporító képletei. A bevonat

sporodóhiumokból, makrokonídiumokból valamint a rövid konídiumtartókon képződő mikrokonídiumokból áll. A hagyma később mumifikálódik (GLITS és FOLK, 1993).



7. ábra. *Fusarium oxysporum* okozta alapi rothadás hagymán (Forrás: Lindsey du Toit, Washington State University)

Kórokozó biológiája:

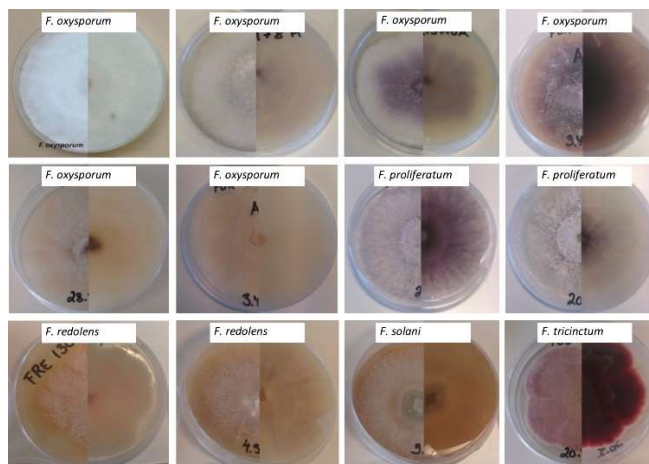
A kórokozó a talajban klamidospórákkal fennmarad. A gomba kitartóképlete több évig is életképes marad. A gomba a gazdanövénybe a sérüléseken, illetve a gyökereken keresztül juthat be. A kórokozó terjedhet továbbá szaporítóanyaggal is (ROD és MTSAL, 2005). Súlyosabb fertőzés esetén a mag felületén megjelenhetnek a gomba rózsaszínes képletei (UBRIZSY és VÖRÖS, 1968). A betegség kialakulásához az optimális hőmérséklet a 25-28 °C (KOIKE és MTSAL, 2007).

Morfológiai bélyegek:

A *Fusarium* fajok konídiumtartó párnát (= sporodóhiumot) képeznek (JAKUCS és VAJNA, 2003). Itt képződnek a kifli, vagy sarló alakú makrokonídiumok. Ezek 2-6 sejtesek, és nagy tömegben rózsaszínes árnyalatuk van. Esetenként klamidospórák képződnek rajtuk, de előfordulhat, hogy hiányoznak (BÁNHEGYI és MTSAL, 1985). A kórokozó mikrokonídiumokat is képes létrehozni. A mikrokonídiumok rövid konídiumtartókon jönnek létre. A mikrokonídiumok

egysejtűek, oválisak és színük nagy mennyiségben rózsaszínes (GLITS és FOLK, 1993), nem láncokban keletkeznek (BÁNHEGYI és MTSAI, 1985).

Hagymáról származó *Fusarium redolens*, *Fusarium solani*, *Fusarium tricinctum* és *Fusarium proliferatum* izolátumokat PDA táptalajon morfológiájuk alapján megbízhatóan azonosíthatónak ítélték (HAAPALAINEN és MTSAI, 2016), míg a *Fusarium oxysporum* nagy változatosságot mutatott (**8. ábra**). A *Fusarium oxysporum* PDA táptalajon történő tenyésztése során a gomba növekedése közepes ütemű (0,87 cm/nap). A tenyészet felszíne kezdetben fehér, majd a *Fusarium* sp.-re jellemző lilás, vagy világosbarna színű lesz. A kórokozó által létrehozott mikrokonídiumok $7,4 \times 3,7 \mu\text{m}$ méretűek, a makrokonídiumok mérete pedig $20,5 \times 3,9 \mu\text{m}$ (KALMAN és MTSAI, 2020). A *Fusarium proliferatum* tenyészetei PDA táptalajon gyorsan növekednek, fehér légnemű micéliummal és lilás színű pigmentekkel. A hifák szeptáltak és hialinok. A tenyészetben az egysejtű, ovális vagy bunkó alakú, $4,5\text{--}10,5 \times 1,3\text{--}2,5 \mu\text{m}$ méretű mikrokonídiumok bőségesen képződnek. Makrokonídiumok nem keletkeznek (SANKAR és BABU, 2012).



8. ábra. Hagymáról izolált *Fusarium* fajok tenyészbélyegei PDA táptalajon (HAAPALAINEN és MTSAI, 2016)

2.2.4. A hagymafélék penicilliumos rothadása

Az USDA adatbázisa szerint a hagymaféléket közel 15 *Penicillium* faj fertőzi (FARR és ROSSMANN, 2022). Inkább a fokhagymát betegítik meg, de vöröshagymát is fertőzik. Fokhagymáról a *Penicillium allii*, *Penicillium aurantiogriseum*, *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium hirsutum*, *Penicillium flavigenum*, *Penicillium expansum*,

Penicillium implicatum, *Penicillium minioluteum*, *Penicillium phoeniceum*, *Penicillium polonicum*, *Penicillium purpurogenum*, *Penicillium spinulosum* fajok ismertek, míg vöröshagymán a *Penicillium expansum*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium glabrum*, *Penicillium polonicum*, *Penicillium spinulosum* fordul elő (FARR és ROSSMAN, 2022).

A *Penicillium* nemzetség tagjai az Ascomycota törzs, Pezizomycotina altörzs, Eurotiomycetes osztály, Eurotiales rend, Trichocomaceae családba tartoznak rendszertanilag (EPPO, 2022).

Jelentőség:

A *Penicillium* nemzetségbe tartozó fajok jelentős károkat okozhatnak a termények tárolása során, amely a fokhagyma esetében mutatkozik meg leginkább. Az általuk okozott betegség kékpenészként, vagy kékrothadásként ismert (KOIKE és MTSAL, 2007). VALDEZ és MTSAL (2009) Argentínában folyó kutatásaik során a fokhagymákon előforduló *Penicillium* fajokat vizsgálták. A kutatás eredményei bizonyították, hogy 81,8%-ban a *Penicillium allii* okozta a megbetegedést. Előfordult továbbá a *Penicillium chrysogenum* (13,7%), a *Penicillium brevicompactum* (2,8%) is. A legfrissebb spanyol kutatások során a *Penicillium allii* –t 12,2% -os gyakorisággal azonosították a tüneteket mutató tárolt fokhagymákról (GÁLVEZ és PALMERO, 2021), és a kórokozónak három morfológiai változatára hívták fel a figyelmet. A *Penicillium* fajok mikotoxin termelő képessége is kiemelkedő (JAKUCS és VAJNA, 2003).

Gazdanövények:

Az USDA adatbázisa szerint a fent említett *Penicillium* fajok között vannak polifág fajok (*Penicillium brevicompactum*) és monofág fajok (*Penicillium allii*). A korábban felsorolt *Penicillium* fajok inkább a fokhagymát fertőzik. Vöröshagymáról, csak néhány faj ismert (FARR és ROSSMAN, 2022).

Tünetek:

Fokhagyma esetén a tünetek már szántóföldi körülmények között is megjelenhetnek, a növények kelés előtti pusztulását okozva (KOIKE és MTSAL, 2007). A fiókhagymákon először szabálytalan alakú vizenyős foltok jelennek meg, amelyek később világos barnává válnak. Ezt követően az egész gerezdet belepí a kékeszöld bevonat (**9. ábra**) és teljesen elrothad (KOIKE és

MTSAI 2007; SCHWARTZ és MOHAN, 2016). A tünetes részek szélén a konídiumtartók általában világosszürkék, a penészgyep többi része kékeszöld színű (BECZNER és MTSAL, 1970). A szerzők szerint a gomba szaporítóképletei az összeszáradt részeken szétporzók lesznek.



9. ábra *Penicillium* faj okozta rothadás fokhagymán (Forrás: <https://extension.umaine.edu/publications/1206e/>)

A vöröshagymán a kezdeti tünetek a hagyma külső héján mutatkoznak, kivilágosodó sárgás, vagy esetenként vöröses vizenyős foltok formájában. A léziók felszínén megjelenik a kékeszöld penész. A rothadás előrehaladtával a teljes hagymafej vizenyős lesz, ellentétben a fokhagymán mutatkozó szárazrothadással (SCHWARTZ és MOHAN, 2016).

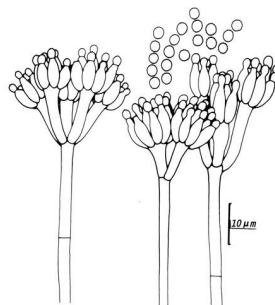
Kórokozó biológiája:

A kórokozó szaporítóanyaggal terjed, valamint fennmarad a növényi maradványokban. A fertőzési folyamatot elősegítik a sérülések, a magas hőmérséklet és az alacsony nedvességű talaj. A 21-25°C közötti hőmérséklet, valamint magas relatív páratartalom optimális a kórokozó bejutásához (KOIKE és MTSAL, 2007). A fokhagyma esetén a kórokozó terjed a szaporítóanyaggal, míg a többi hagymafélén a fertőzés jellemzően sebeken keresztül indul meg (SCHWARTZ és MOHAN, 2016).

Morfológiai bélyegek:

A *Penicillium* fajok konídiumtartói többszörösen elágazó, ecetszerű képletek (**10. ábra**), amelyek nagyobb tömegben kékes-kékeszöld színűek. A konídiumtartón található konídiumok egysejtűek és gömbölyűek (UBRIZSY és VÖRÖS, 1968; GLITS és FOLK, 1993). A konídiumtartó ecetszerűen, egy- vagy kétszeresen elágazik. Ez az elágazás általában nem

szimmetrikus, inkább egyoldalas. A gomba jelentős légmicélium képzésre képes. Ezeken nagy mennyiségben megjelennek a konídiumtartók, amelyek fala érdes. A konídiumtartók csomókban vagy nyalábokban képződnek. A kórokozó szkleróciumot nem képez. A konídiumok gömbölyűek a konídiumtartók színe sárgászöld, vagy sötétebb sárgászöld. A penészgombának nincs jellegzetes vagy feltűnő szaga (BÁNHEGYI és MTSAI, 1985). A *Penicillium* fajok a konídiumtartók morfológiai tulajdonságai alapján rendszerezhetők (JAKUCS és VAJNA, 2003).



10. ábra. A *Penicillium* nemzetségre jellemző konídiumtartók (Forrás: <https://www.bcrc.firdi.org.tw/>)

A hagymáról izolált *Penicillium* fajok azonosítására inkább Czapek-élesztő agart (Czapek-yeast agar, CYA) táptalajt használnak, a kolóniák textúrája, az exudátumok jelenléte, a diffúz sárga pigmentek megjelenése és a koncentrikus barázdák jelenléte a fő határozó bélyegek (GÁLVEZ és PALMERO, 2021).

2.2.5. A hagymafélék rizópuszos rothadása

Az USDA adatbázisa szerint a vöröshagymát és a fokhagymát két *Rhizopus* faj fertőzi (ONAEI és MTSAI, 2020; FARR és ROSSMANN, 2022): a *Rhizopus oryzae* Went & Prins. Geerl. és a *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill., A *Rhizopus* nemzetség tagjai az Zygomycota törzs, Mucoromycotina altörzs, Mucorales rend, Mucoraceae családba tartoznak rendszertanilag (EPPO, 2022).

Jelentőség:

A *Rhizopus* fajok széles gazdanövénykörrel rendelkező (polifág) kórokozók, első sorban tárolás során lépnek fel a gyümölcs- és zöldségtermesztésben egyaránt (SALUNKHE és KADAM, 1995; SCHWARTZ és MOHAN 2016).

Gazdanövények:

A *Rhizopus stolonifer* és a *Rhizopus oryzae* polifág fajok, a hagymafélék közül fertőzik az *Allium cepa* és *Allium sativum* fajokat (FARR és ROSSMAN, 2022).

Tünetek:

A hagymák nyaki részén jelenik meg a tünet, puha foltok formájában. Ezután válik láthatóvá a hagymán a fehér penészes bevonat, majd a rothadó szöveteken apró, fekete foltok, képletek jelennek meg. A gomba okozhatja a hagymamagok belső fertőzöttségét is, előidézve a kelő növény pusztulását (SCHWARTZ és MOHAN 2016, ONAEBI és MTSAL, 2020).

Kórokozó biológiája:

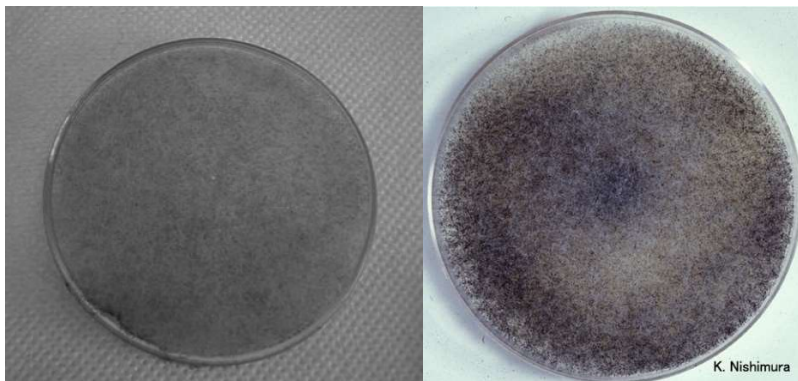
A kórokozó zigospórái és sporangiospórái is képesek a talajban hónapokig túlélni. A gomba a talajban levő bármely növényi maradványon fennmaradhat a talaj magas nedvességtartalma mellett. A fertőzéshez sebzésére is szükség van a növényi szöveten. A növény szövetébe jutva a hifa intracellulárisan és intercellulárisan növekszik (SCHWARTZ és MOHAN, 2016). A gomba sporangiospórái széllel és vízzel nagyobb távolságokra is eljutnak. A magas hőmérséklet és páratartalom nagyon kedvező a *Rhizopus stolonifer* fejlődéséhez, de a tárolás során alacsony hőmérsékleten is előfordul (BLANCARD, 2012).

Morfológiai bélyegek:

A *Rhizopus stolonifer* sporangiumtartói felállóak, 2-4 mm hosszúságúak. A sporangiospórái nagyok, méretük 10-15x7 µm, felületük nem tüskés, hanem inkább bordázott. A gomba sporangiumainak átmérője 150-350 µm. A zigospórák átmérője 150-200 µm. A kórokozó a heterotallikus fajok közé tartozik (BÁNHEGYI és MTSAL, 1985). A rizoidok erőteljesek, gazdagon elágazóak, barnásfekete színűek. A sporangiofórok egyszerűek, ritkán elágazók, világosbarna színűek 3-10-es nyalábokban találhatóak, 2-4 mm magasak. A sporangiofór a sporangium belsejében kiszélesedik, ezt kolumellának nevezik. A sporangium gömbölyű vagy tojásdad alakú, amely először fehér, majd sok aplanospórát, vagyis sporangiospórát képezve foltokban barnás-fekete színűvé válik (GLITS és FOLK, 1993).

A *Rhizopus stolonifer* tenyészetek (11. ábra) PDA táptalajon gyorsan fejlődnek, néhány nap alatt az egész agarlemezt átszövik. A telep kezdetben fehér vagy sárgás színű, később intenzív

fekete sporuláció jelenik meg a felszínén (KWON és MTSAL, 2001). KORTEKAMP és MTSAL (2003) jellemzése szerint a *Rhizopus oryzae* tenyészbélyegei (**11. ábra**) is megegyeznek a fent leírtakkal PDA táptalajon.



11. ábra. A *Rhizopus stolonifer* (balra) és a *Rhizopus oryzae* tenyészetei PDA táptalajon (Forrás: <http://www.pf.chiba-u.ac.jp/gallery>)

2.2.6. Egyéb penészgombák a hagymaféléken

GÁLVEZ és PALMERO (2021) szerint a *Stemphylium vesicarium* és az *Alternaria embellisia* fajok sötét színű micéliumot képeztek a sérült fokhagyma gerezdeken. Az *Alternaria embellisia* a hagyma külső borítólevelein esztétikai eltérést (foltokat) okoz (LATHA és MTSAL, 2011; SCHWARTZ és MOHAN, 2016). *Cladosporium herbarum* egy igen elterjedt szaprofiton vagy gyengültségi parazita. JAKUCS és VAJNA (2003) szerint is gyakran előforduló gomba, részt vesz többek között az avar bontásában is, mint primer kolonizáló szervezet. A szerzők leírták, hogy a gomba hidegtűrő, mely kimutatható a tárolt, fagyasztott terményeken és más élelmiszereken. A *Cladosporium allii-cepae* inkább a hagymafélék leveleit fertőzi (SCHWARTZ és MOHAN, 2016).

3. Anyag és módszer

3.1. A vizsgálat helye és ideje

A vizsgálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen, a Növényvédelmi Intézet Növénykórtani Tanszékének laboratóriumában végeztük. A vizsgálat anyagaként szolgáló, tüneteket mutató, hazai és import étkezési hagymák házikertekből, természetöktől, valamint kereskedelmi forgalomból származtak. Az import hagymákat Ausztriából, Németországból és Spanyolországból hozták be.

A mintagyűjtés és a vizsgálatok 2021. szeptemberétől 2022. márciusáig tartottak.

3.2 A vizsgálat anyaga és módszere

3.2.1 A vizsgált növények

Munkánk során olyan hagymaféléket vizsgáltunk, amelyeket rövidebb-hosszabb ideig tárolnak. A hagymákat a vizsgálatokhoz vizuális értékeléssel választottunk ki. Olyan elváltozásokat kerestünk (rothadás, elszíneződés, szaporítóképlet), melyet szemrevételezés alapján patogén gomba okozhatott (**12. ábra**). Patogén baktériumok által okozott rothadás tipikus tüneteit mutató egyedeket nem vontunk be a vizsgálatokba.

Munkánk során 41 mintavételből származó 69 db hagymát vizsgáltunk (**1. táblázat**). 24 db vöröshagymáról (*Allium cepa* L.), 15 db lilahagymáról (*Allium cepa* L.), valamint 30 db fokhagymáról (*Allium sativum* L.) (**1. táblázat**) izoláltuk a tünetek háttérében álló kórokozót/kórokozókat.

3.2.2. A vizsgált kórokozó nemzetségek

Munkánk során az általánosan előforduló penészgombákat vizsgáltunk a következő nemzetségekből: *Alternaria* Nees, *Aspergillus* P. Micheli., *Botrytis* P. Micheli., *Cladosporium* Link, *Fusarium* Link, *Penicillium* Link, *Rhizopus* Ehrenb.



12. ábra. A vizsgálat anyaga: tárolás során tüneteket mutató vörös-, lila- és fokhagymák
(Fotók: Scherman és Petróczy)

Minta száma	Gazdanövény	Származás helye	Gyűjtés ideje	Megfigyelt elváltozás			
				rothadás	elszíneződés	gombaképlet	Izolált nemzetség
1 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2021.10.5.	+	+		P
1 _ 2	Fokhagyma	Magyarország	2021.10.5		+	+	P
2 _ 1	Vöröshagyma	Magyarország	2021.10.7			+	A
2 _ 2	Vöröshagyma	Magyarország	2021.10.7			+	F
3 _ 1	Lilahagyma	Németország	2021.10.11		+		-
3 _ 2	Lilahagyma	Németország	2021.10.11	+		+	B
4 _ 1	Vöröshagyma	Magyarország	2021.10.19		+	+	n.a.
5 _ 1	Vöröshagyma	Ausztria	2021.11.19	+		+	A
5 _ 2	Vöröshagyma	Ausztria	2021.11.19			+	P
6 _ 1	Fokhagyma	Spanyolország	2021.11.23		+	+	F, A
6 _ 2	Fokhagyma	Spanyolország	2021.11.23			+	F, A
7 _ 1	Vöröshagyma	Ausztria	2021.11.26	+		+	P
7 _ 2	Vöröshagyma	Ausztria	2021.11.26	+	+		F
8 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2021.12.01	+		+	P
8 _ 2	Fokhagyma	Magyarország	2021.12.01		+	+	n.a
9 _ 1	Lilahagyma	Magyarország	2021.12.28			+	A
9 _ 2	Lilahagyma	Magyarország	2021.12.28	+		+	P
10 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2021.12.28	+		+	P
11 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2021.12.29	+		+	P
12 _ 1	Vöröshagyma	Magyarország	2021.12.29		+	+	A
12 _ 2	Vöröshagyma	Magyarország	2021.12.29		+	+	A, R
13 _ 1	Vöröshagyma	Magyarország	2022.01.23	+	+	+	P
14 _ 1	Vöröshagyma	Magyarország	2022.01.23	+	+	+	P
14 _ 2	Vöröshagyma	Magyarország	2022.01.23	+	+	+	P

14 _ 3	Vöröshagyma	Magyarország	2022.01.23		+	+	P
15 _ 1	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.05	+		+	P
15 _ 2	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.05	+		+	P
15 _ 3	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.05		+	+	P
16 _ 1	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.07	+	+		P
16 _ 2	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.07		+	+	A, P
16 _ 3	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.07		+		P, A
17 _ 1	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.08	+			-
17 _ 2	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.08			+	P
18 _ 1	Vöröshagyma	Németország	2022.02.08		+	+	P
18 _ 2	Vöröshagyma	Németország	2022.02.08	+		+	P
19 _ 1	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.10	+		+	P
19 _ 2	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.10	+		+	P
19 _ 3	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.10			+	P
19 _ 4	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.10	+		+	P
20 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.10			+	P
20 _ 2	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.10			+	F
21 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.14	+		+	P
22 _ 1	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.14			+	P
23 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.14	+			P
24 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.14	+		+	P
25 _ 1	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.14	+		+	P
26 _ 1	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.15	+		+	-
27 _ 1	Fokhagyma	Magyarország /Sarkad	2022.02.15	+		+	P
28 _ 1	Fokhagyma	Magyarország / Sarkad	2022.02.15			+	P
29 _ 1	Fokhagyma	Magyarország / Dabas	2022.02.15		+	+	F
30 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.15				P

30 _ 2	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.15	+		+	B, P
31 _ 1	Lilahagyma	Magyarország	2022.02.15	+	+	+	B
32 _ 1	Fokhagyma	Magyarország / Dabas	2022.02.16			+	Al., C.
33 _ 1	Vöröshagyma	Magyarország	2022.02.16	+			B, P
34 _ 1	Vöröshagyma	Ausztria	2022.02.16	+			P
34 _ 2	Vöröshagyma	Ausztria	2022.02.16	+			F
35 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.16	+			F, Al
36 _ 1	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.16			+	R
36 _ 2	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.16			+	F
36 _ 3	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.16			+	n.a
37 _ 1	Vöröshagyma	Németország	2022.02.17		+	+	F
37 _ 2	Vöröshagyma	Németország	2022.02.17			+	P
37 _ 3	Vöröshagyma	Németország	2022.02.17		+		P, A
38 _ 1	Vöröshagyma	Magyarország	2022.02.18	+		+	P
38 _ 2	Vöröshagyma	Magyarország	2022.02.18		+	+	F
39 _ 1	Fokhagyma	Magyarország	2022.02.18			+	C, P
40 _ 1	Fokhagyma	Spanyolország	2022.02.22			+	A

Magyarázat **1. táblázathoz** **P:** *Penicillium* sp.; **A:** *Aspergillus* sp.; **F:** *Fusarium* sp.; **B:** *Botrytis* sp.; **Al:** *Alternaria* sp.; **C:** *Cladosporium* sp.; **R:** *Rhizopus* sp.; **n.a:** nem azonosított; -: baktérium vagy kórokozó nem kimutatható

3.2.3. Laboratóriumi eszközök, műszerek

A tüneteket mutató hagymák és a kórokozók vizsgálata során vizsgálat során Leica MZ6 sztereomikroszkópot és Nikon Eclipse 50i citoplaszt mikroszkópot használtunk. A mikroszkópos vizsgálatokhoz üveg tárgy-, és fedőlemezeket használtunk. A kórokozók izolálását Thermo Scientific MSC 1.2 típusú lamináris fülkében végeztük.

A mikroszkopikus fényképezéshez a Micro Publisher 5.0 RTV (QImaging) kamerát használtuk. A makroszkopikus fotókat Motorola moto G9 plus mobil telefonnal készítettük. A kórokozók tenyésztéséhez 90 mm átmérőjű steril műanyag Petri-csészékbe burgonya keményítő agar (Potato Dextrose Agar, PDA, Biolab) táptalajt öntöttünk. Lándzsatűket 70%-os alkoholba

mártottuk, majd gázégő segítségével sterilizáltuk. A Petri csészéket parafilmmel (Sigma Aldrich) zártuk le. A tenyészeteket Sanyo Environmental Test Chamber MLR-351 típusú növénynevelő kamrában inkubáltuk.

3.3. A vizsgálat módszere

3.3.1. Mintagyűjtés

A hagymákat termesztőtől kaptuk, vagy kereskedelmi forgalomban választottuk ki. Csak olyan mintát gyűjtöttünk, ahol a hagymán szemmel látható elváltozást tapasztaltunk: alakbeli elváltozás, színbeli elváltozás, foltosság, rothadás, gombák szaporító képleteinek megjelenése. A hagymákat a vizsgálatig papírzacskóban, hűtőszekrényben tároltuk. A kísérlet áttekinthetőségének érdekében az adatokat Microsoft Office Excel munkalapra vittük fel.

3.3.2. Szaporítóképletek képződésének indukálása

A gyűjtést követően azokat a hagymákat, ahol elváltozást tapasztaltunk, de kórokozó képletet a mikroszkópos vizsgálatot követően sem találtunk a felszínen, a szaporítóképletek képződésének elősegítésére néhány napra (2-5 nap) nedves kamrába helyeztük. Nedves kamraként nagyméretű, üveg csíráztató tálat használtunk, amelybe steril üveggyöngyökre és desztillált vízre helyeztünk a hagymatesteket. A nedves kamrákat természetes megvilágítás mellett, szobahőmérsékleten ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$) helyen tároltuk, biztosítva a kórokozó számára a sporulációhoz megfelelő környezeti tényezőket. A hagymákat a szaporítóképletek kialakulásáig inkubáltuk (13. ábra).



13. ábra. Szaporítóképletek képződésének indukálása nedveskamrában (Fotók: Scherman)

3.3.3. A kórokozók izolálása táptalajon

A kórokozók izolálását a hagymatestről lamináris fülkében végeztük. Ha a hagymatest felszínén, vagy a buroklevelek alatt szaporító képletet találtunk (pl. micélium, konídiumtartó), akkor a képletből egy részt steril lándzsátűvel táptalajra helyeztünk (3 leoltási pont/ Petri-csésze).

A kórokozó izolálását a hagymák belsejéből is elvégeztük. Steril szikével a hagymát/fiókhagymát felvagtuk, majd az egészséges és a beteg rész határáról apró (kb. 0,5-1 mm-es) szövetdarabokat metszettünk ki és táptalajra helyeztük azokat (3 szövetdarab/ Petri-csésze). A Petri-csészéket 24 °C-on sötétben inkubáltuk. A nyers tenyészetekből 3- 7 nap elteltével tiszta tenyészeteket indítottunk. A kórokozók telepeinek növekvő széléből steril dugófúróval micéliumot metszettünk ki, majd steril PDA lemez közepére helyeztük. A tiszta tenyészeteket a nyers tenyészetekkel megegyezően inkubáltuk.

3.3.4. A kórokozók azonosítása

Mikroszkóp segítségével vizsgáltuk a kórokozók reprodukív képleteit. Vizsgáltuk a sporangiumtartók és konídiumtartók általános morfológiai bélyegeit: szín, felépítés, elágazások száma. A képződő spórák esetében megfigyeltük a spórák színét, alakját, sejtszámát. Megfigyeléseinket összevetettük a szakirodalomban, monográfiákban, határozókulcsokban található adatokkal és a kórokozókat nemzetség szinten meghatároztuk.

A tenyészbélyegek általános tulajdonságainak vizsgálata során figyelembe vettük a tenyészetek színét, alakját, mintázottságát, és a bennük képződő szaporítóképleteket. Megfigyeléseinek összevetve az irodalmi adatokkal, az izolált kórokozókat nemzetség szinten határoztuk meg.

3.3.5.Értékelés módszere

A kórokozó nemzetségek gyakoriságát ADONGO és MTSIAI (2015) módszere alapján számítottunk:

$$\text{Az előfordulás gyakorisága (\%)} = \frac{\text{Kórokozó nemzetség előfordulása az izolátumok között}}{\text{Az összes izolátum}} \times 100$$

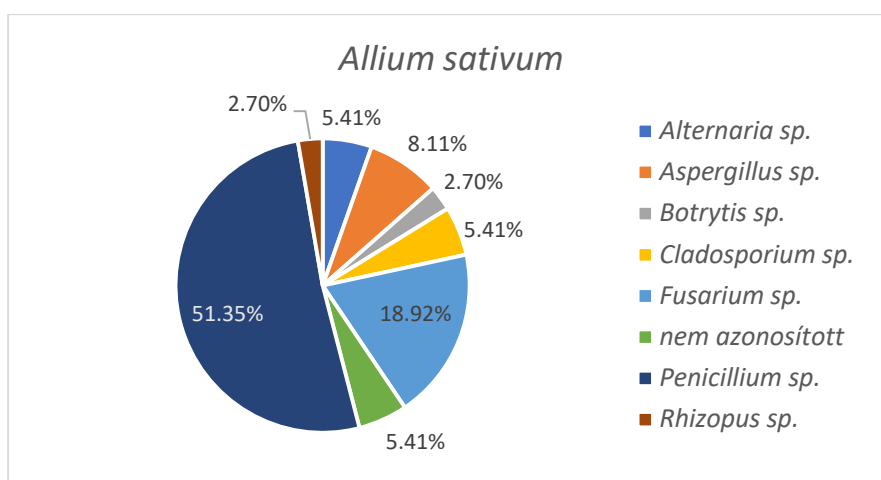
A hagymaféléken megjelenő penészgombák gyakoriságát, kördiagramokon mutatjuk be, amelyeket Microsoft Excel programmal készítettünk.

4. Eredmények

4.1. Penészgomba nemzetségek gyakorisága a vizsgált hagymaféléken

4.1.1 *Allium sativum* gazdanövényről izolált kórokozók

Fokhagymáról összesen 37 esetben izoláltunk a tünetek hátterében álló kórokozót. Az izolált kórokozókat tekintve leggyakrabban *Penicillium* fajok jelentek meg a tárolás során, az esetek több mint felénél (**14. ábra**). A nemzetségbe tartozó kórokozó 37 izolátumból 19-szer fordult elő. Ezt követte gyakoriságot tekintve a *Fusarium* nemzetség, amely 7 mintáról azonosítottunk. Az *Aspergillus* nemzetségbe tartozó kórokozó 3 mintán jelent meg (8,1%). Megjelentek továbbá *Alternaria* valamint a *Cladosporium* fajok 2-2 mintán. Egy-egy esetben izoláltunk *Botrytis*, valamint a *Rhizopus* fajt a fiókhagymákról (**14. ábra**). A vizsgálat során két esetben nem sikerült az izolált szervezetet klasszikus mikológiai módszerekkel meghatározni szaporító képlet hiányában.

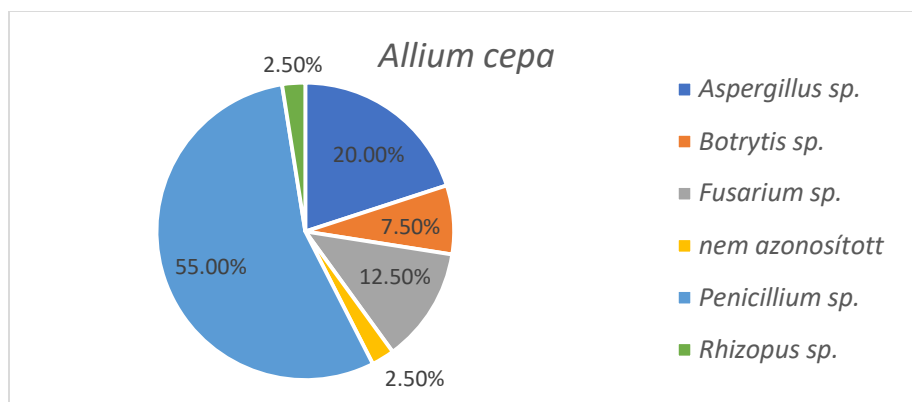


14. ábra. Fokhagymáról izolált kórokozó nemzetségek gyakorisága hazai és import fokhagymákon

4.1.2. *Allium cepa* gazdanövényről izolált kórokozók

Allium cepa alapfaj hagymáin leggyakrabban a *Penicillium* nemzetségbe tartozó penészgombák jelentek meg a tárolás során, az esetek 55%-ban (**15. ábra**). Ezt követték gyakoriságban az *Aspergillus* fajok (20%), a *Fusarium* (12,5%) és a *Botrytis* (7,5%) fajok.

Egyetlen esetben izoláltunk *Rhizopus* nemzetségbe tartozó kórokozót (**15. ábra**).



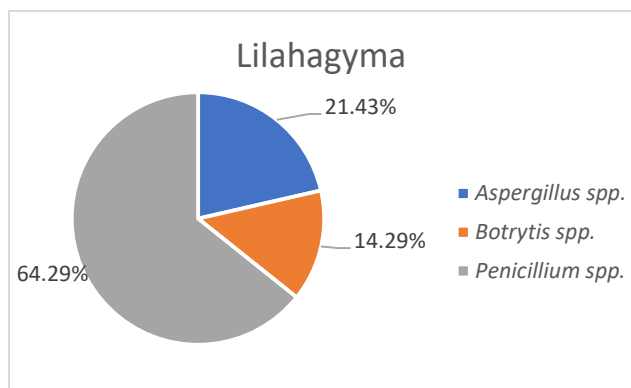
15. ábra. *Allium cepa* fajról (vöröshagymáról és lilahagymásról) izolált kórokozó nemzetségek gyakorisága hazai és import fokhagymákon

Vöröshagymákról izolált nemzetségek

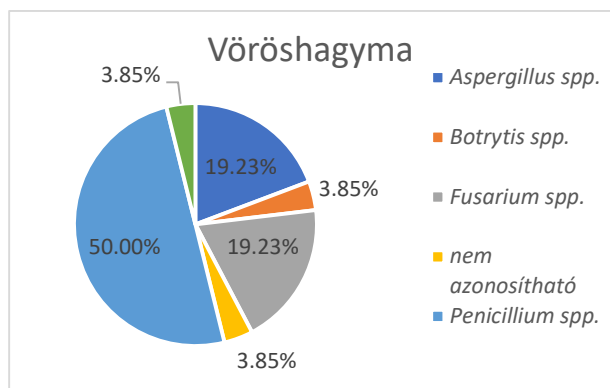
Vöröshagymáról a nemzetségek százalékos eloszlását az **17. ábra** mutatja be. Legtöbbször a *Penicillium* nemzetség tagjait izoláltuk (13 alkalommal). Ezt követik az *Aspergillus* és a *Fusarium* fajok, amely 5-5-ször fordultak elő a vizsgálat során. A *Botrytis* valamint a *Rhizopus* fajt 1-1-szer azonosítottunk a mintavételt követően. Egy izolátumot szaporító képletek képződésének hiányában, nem tudtunk azonosítani klasszikus mikológiai módszerekkel.

Lilahagymákról izolált nemzetségek

Lilahagymáról 14 esetben izoláltunk penészgombát. A kórokozók százalékos eloszlása a **16. ábrán** látható. A lilahagymán a legnagyobb gyakorisággal szintén a *Penicillium* nemzetség tagjai fordultak elő (9 izolátumon). A második legnagyobb gyakoriságú az *Aspergillus* nemzetség volt (3 mintán okozott tüneteket). A *Botrytis* faj 2 mintán okozott tüneteket (**16. ábra**).



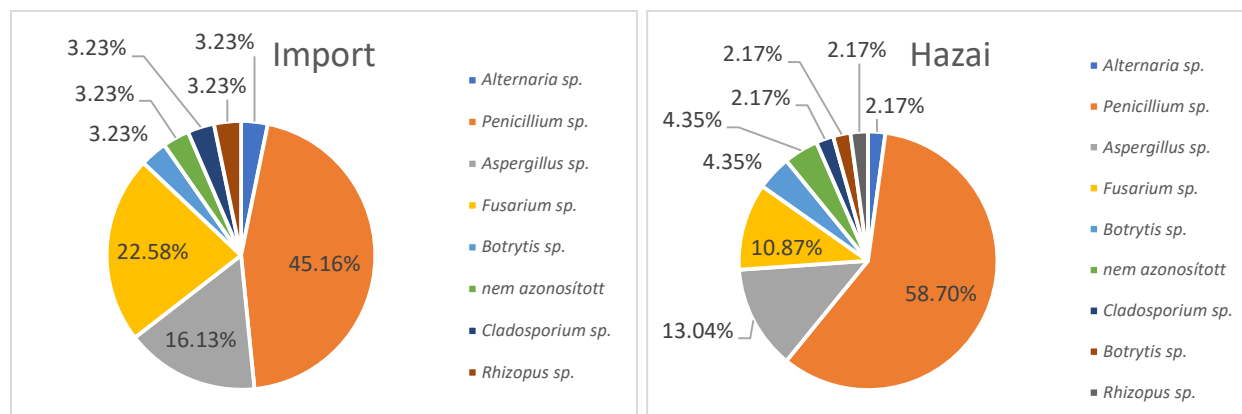
16. ábra Lilahagymáról izolált kórokozók



17. ábra Vöröshagymáról izolált kórokozók

4.1.3. Kórokozó nemzetségek gyakorisága hazai és import hagymákon

Vizsgálatunk során mind az import, mind a hazai hagymákon a *Penicillium* nemzetség fajai jelentek meg leggyakrabban. Ezt követték gyakoriságban az *Aspergillus* és a *Fusarium* fajok (18. ábra).



18. ábra. A kórokozó nemzetségek gyakorisága import és hazai hagymaféléken

4.2. Az izolált kórokozók nemzetségek azonosítása klasszikus mikológiai módszerekkel

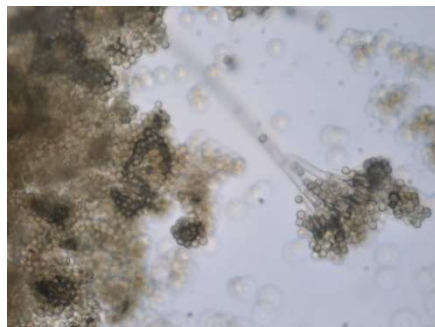
4.2.1. *Penicillium* spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése

A fokhagymán a kezdeti tünetek vizenyős sárguló vagy barnuló, határozott szélű foltok formájában jelentek meg. Előre haladott stádiumban a fertőzött részeket általában kékes, vagy zöldes árnyalatú sűrű, konídiumtartókból álló bevonat borította be (19. ábra). A sporuláló rész körül általában világos színű micéliumot figyeltünk meg. A fertőzött rész bolygatása során az intenzíven sporuláló részekről a spórák szétporzottak (19. ábra). Az utolsó stádiumban levő hagymák már teljesen szárazok voltak, a gomba teljes mértékben felélte a gerezdek szövetét. A vöröshagymán és lilahagymán egyaránt vizenyős foltok alakultak ki, nekrozis széle határozott volt. A rothadás előrehaladtával a hagyma még inkább vizenyőssé vált.



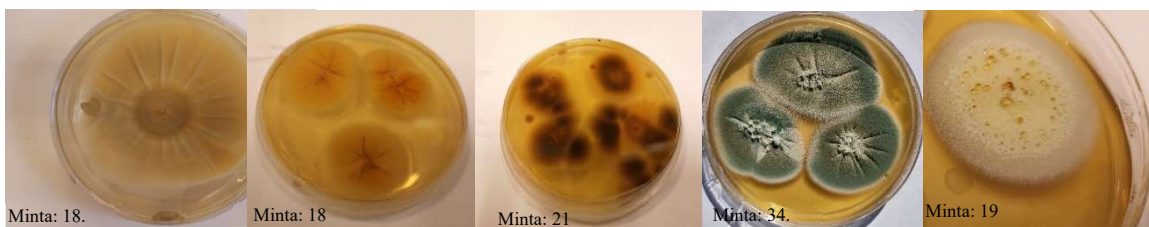
19. ábra. *Penicillium* fajok okozta tünetek a hagymákon (Fotók: Scherman és Petróczy)

A *Penicillium* nemzetség fajai jól felismerhetők egy-, vagy kétszeresen elágazó, ecetszerű tartóikról (**20. ábra**). A konídiumtartók nagy tömegben olajzöld, szürkészöld vagy kékes-zöld színűek (**19. ábra**). A kórokozó konídiumai egysejtűek, aprók, gömbölyűek és nagy tömegben képződnek.



20. ábra. *Penicillium*-ra jellemző konídiumtartó (21. minta) (Fotó: Scherman)

Burgonya-keményítő agaron a *Penicillium* fajok bársonyos felszínű, szabálytalan, vagy kör alakú, ép szélű telepeket hoznak létre (**21. ábra**). A tenyészet fonáki része sárgás, vagy barnás színű. A tenyészetekben gyakran mély, sugár irányú barázdák keletkeznek, amelyek sokszor határozottan egy pontba mutatnak, azonban egyes esetekben barázdák nem jelennek meg (**22. ábra**). A tenyészetek felszíne a sárgástól, az olajzöldön át, a kékeszöldig változik. A felszínen esetenként sárgás izzadmánycseppek jelentkeztek (**21. ábra**).



21. ábra. *Penicillium* fajok tenyészbélyegei PDA táptalajon (Fotók: Scherman)



22. ábra A 2. számú mintáról izolált *Penicillium* faj tiszta tenésze PDA táptalajon (Fotók: Petróczy)

Az izolált kórokozók morfológiai változékonysága alapján feltételezzük, hogy kb 3-4 féle *Penicillium* nemzetségbe tartozó kórokozót izoláltunk a hagymákról.

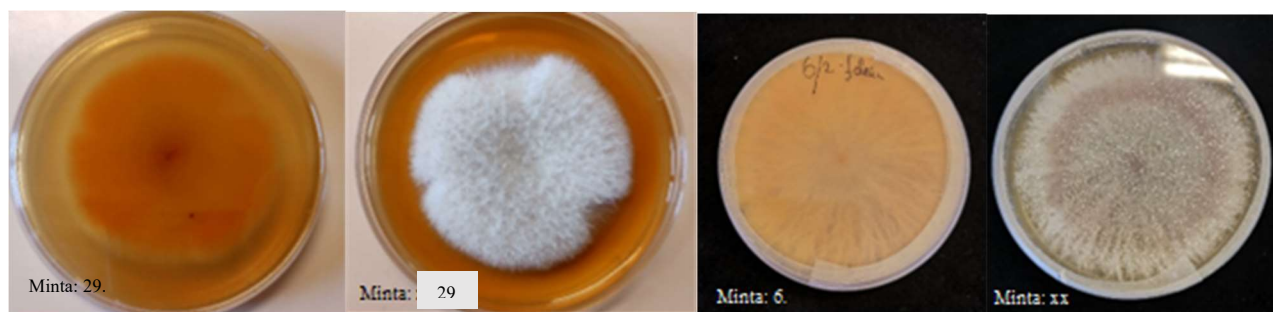
4.2.2. *Fusarium* spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése

A *Fusarium* fajt 12 esetben izoláltunk a tüneteket mutató tárolt hagymákról. Vöröshagyma levelein narancssárgás elszíneződés (**23. ábra**), és a belső húsos levelek rothadása volt látható. Fokhagymán a fej alsó részén, a fiókhagymákon jelentek meg a tünetek: rothadás, valamint rózsaszínes vagy világosbarna szöveti nekrozis (**23. ábra**). Esetenként a külső burokleveleken jelentek meg elszíneződések, melyek színe a sötétbarnától a világosbarnáig terjedt.



23. ábra *Fusarium* fajok okozta tünetek a hagymákon (Fotók: Scherman és Petróczy)

A hagymák felszínén esetenként fehér színű micélium jelent meg (**23. ábra/24. minta**), de általában nem képződött szaporítóképlet. Burgonya-keményítő agaron a telepnek világos, fehéres színe volt, sárgás, vagy rózsaszín árnyalattal. A tenyészet felszínén tömött, vagy gyér, esetenként sugár irányban lefutó légmicélium képződött (**24. ábra**). A tenyészetekben intenzív mikrokonídiumképzést (ill. néhány makrokonídium megjelenését tapasztaltuk).



24. ábra. *Fusarium* fajok tenyészbélyegei PDA táptalajon (Fotók: Scherman)

4.2.3. *Aspergillus* spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése

Aspergillus nemzetségbe tartozó kórokozót 11 esetben izoláltunk. A vöröshagyma külső buroklevelein, vagy a száraz külső buroklevelek alatt, fekete bevonatként szaporítóképletek alakultak ki, melyek általában csoportosan helyezkedtek el (**25. ábra**). A fokhagymák külső, száraz buroklevelein, vagy alattuk, ugyanezeket az elszórtan elhelyezkedő szaporítóképleteket figyeltük meg (**25. ábra**). A hagymák belső szövetében nem tapasztaltunk nekrozist, színváltozást, vagy rothadást. A nedves kamrában inkubált hagymákon gyakran megjelentek az *Aspergillus* nemzetségre jellemző konídiumtartók (**26. ábra**).



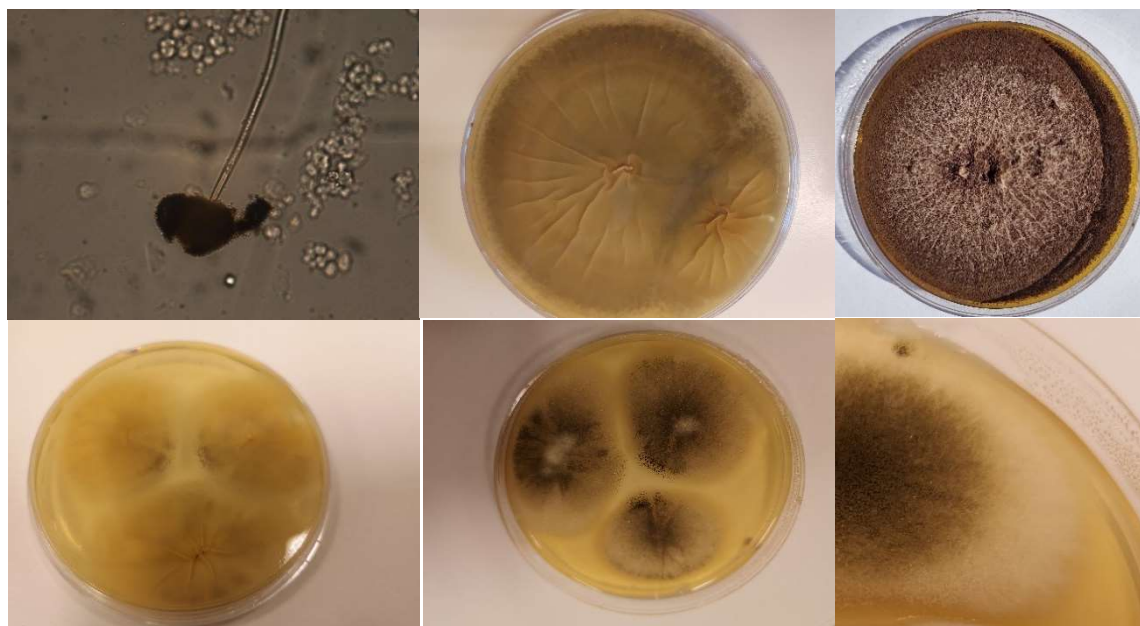
25. ábra *Aspergillus* fajok okozta tünetek a hagymákon (Fotók: Scherman)



26. ábra *Aspergillus* sp. konídium tartó nedves kamrában történő inkubációt követően
(Fotó: Petróczy)

A konídiumtartók hosszúak, átlátszóak a konídiumtartók végén konídiumok nagy csoportban, fejet képezve helyezkedtek el (**26. ábra**). A tartók nagy tömegben fekete bevonatot alkotnak (**27. ábra**). A konídiumok egyesével átlátszóak, egysejtűek, gömbölyűek.

Legtöbb esetben burgonya-keményítő agaron megjelenő tenyészetek kerek, elmosódott szélűek, kezdetben fehéres színűek voltak (**27. ábra**). A tenyészetek középső részétől indulva fekete szaporító képletek képződtek, széleiken pedig fehér légmicéliumot képeztek. A tenyészetekben sekély sugár irányú barázdák jelentek meg. Egy esetben zöldes felszínű, sporuláló tenyészet képződött, mely később sötétbarnává vált, légmicélium alig képződött benne (**27. ábra**).



Minta: 12

Minta: 12

Minta: 16

27. ábra. *Aspergillus* fajok tenyészbélyegei PDA táptalajon (Fotók: Scherman)

4.2.4. *Botrytis* spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése

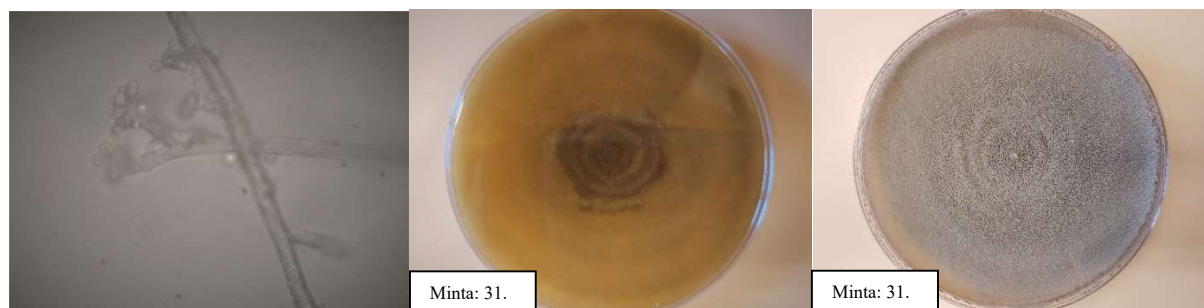
Botrytis nemzetségbe tartozó kórokozót 4 hagymáról izoláltuk. A hagymákon a borítólevelek és a húsos buroklevelek vizenyős rothadását, valamint fakó színű nektrózisát figyeltünk meg (**28. ábra**). A hagymák felszínén világosszürke, vagy szürkésbarna szaporító képletek jelentek meg, amelyek először csoportokban, majd foltszerűen lepték be a fertőzött szövetek felszínét.



Minta: 31.

28. ábra. *Botrytis* sp. okozta tünetek a hagymákon (Fotók: Scherman)

A *Botrytis* nemzetség konídiumtartói színtelenek voltak, a konidiofór többszörösen faszzerűen elágazott. Az egysejtű konídiumok fürtökben (kis csoportokban) keletkeztek, tojásdad, vagy ellipszoid alakúak és színtelenek voltak. Burgonya-keményítő agaron a tenyészetek felszíne világosszürke színű volt a sűrűn képződő szaporító képletektől. A tenyészetben kör alakú koncentrikus mintázottság jelent meg a leoltási pont körül (**29. ábra**).



29. ábra. *Botrytis* sp. konídiumtartója és tenyészbélyegei PDA táptalajon (Fotók: Scherman)

4.2.5. *Alternaria* spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése

Alternaria nemzetségbe tartozó szervezetet két esetben izoláltunk fokhagymáról. A fokhagymán száraz rothadást, sárgásbarna elszíneződést, valamint a száraz borítóleveleken gyér, sötét színű szaporítóképleteket láttunk. A kórokozó konídiumai barnák, oválisak, vagy egyik végük elkeskenyedő, 4-6 harántfallal tagoltak. A konídiumtartók átlátszók (**30. ábra**).

A burgonya-keményítő agaron létrejövő tenyészetnek sötétbarna színe volt, a tenyészet közepe enyhén kivilágosodó (30. ábra). A tenyészetben intenzív konídiumképzést figyeltünk meg.



30. ábra. *Alternaria* sp. okozta tünetek fokhagymán (minta: 32.) konídiumtartója és tenyészbélyegei PDA táptalajon (Fotók: Scherman)

4.2.6. *Cladosporium* spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése

Cladosporium nemzetségbe tartozó fajt két fokhagymáról izoláltunk. A fokhagymákon megjelenő tünet halványbarna elszíneződés volt, amely a száraz külső takaróleveleken jelent meg (31. ábra). A kórokozó konídiumtartói halványbarna színűek voltak. A konídiumok egyesével jelentek meg a konídiumtartón. A konídiumok egy vagy többsejtűek, tojásdad alakúak és halványbarna színűek voltak. A PDA táptalajon keletkezett tenyészet színe halvány zöldesszürke. A tenyészet enyhén barázdált, ezek a barázdák nem mélyek (31. ábra).

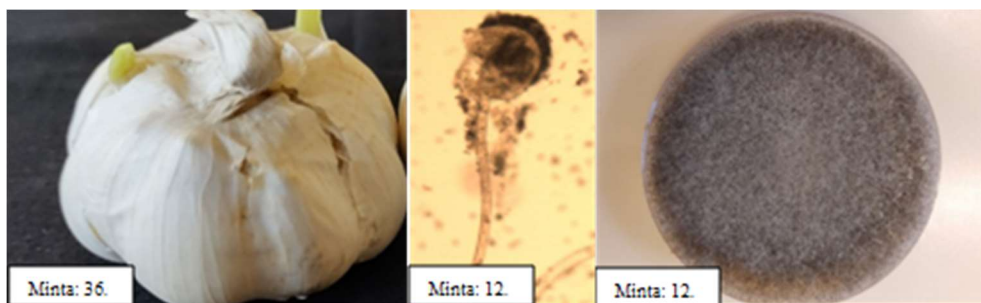


31. ábra. Fokhagymán (39. minta) megjelenő kladospórium faj konídiumai és tenyésze PDA táptalajon

4.2.7. *Rhizopus* spp. okozta tünetek és a nemzetség jellemzése

Rhizopus nemzetségbe tartozó kórokozót két hagymáról izoláltunk. A vöröshagymák külső levelein sötét elszíneződést figyeltünk meg. A hagymák húsos raktározó levelei nem rothadtak. A fokhagymán enyhe elszíneződést figyeltünk meg a külső leveleken. A tünetek a hagyma nyaki részén mutatkoztak.

A burgonya-keményítő agaron képzett tenyészetek tömöttek, szürkék voltak, a gomba gyorsan benőtte a teljes Petri-csészét és a tenyészetben intenzív sporuláció jelent meg.



32. ábra. Fokhagymán megjelenő *Rhizopus* faj sporangiumtartója és tenyésze PDA táptalajon (Fotók: Scherman)

5. Következtetések

Az utóbbi években készült néhány nemzetközi tanulmány, amely a hagymafélék tárolása során előforduló kórokozó gombákkal foglalkozik (GALVEZ és PALMERO, 2021; RODRIGUES és MTSAI, 2021), azonban hazai vizsgálatokat ebben a témában nem végeztek.

Vizsgálataink során a tárolt fokhagymákon leggyakrabban, az esetek több mint 50%-ában, *Penicillium* fajok jelentek meg. Legfrissebb spanyol megfigyelések eredménye szerint a fokhagymák rothadását a *Penicillium* fajok közül kizárólag a *Penicillium allii* okozza: 12,9%-os veszteséget idézve elő (GALVEZ és PALMERO, 2021), azonban a legjelentősebb veszteségeket inkább a *Fusarium* fajok okozzák (51%). Ezzel szemben argentin kutatások (VALDEZ és MTSAI, 2009) szintén a *Penicillium* fajokat jelölték meg legjelentősebb kórokozóként. Amerikai és kínai fokhagymák vizsgálata során DUGAN és MTSAI (2007) a *Penicillium hirsutum* kórokozót mutatták ki. Az USDA adatbázisa szerint több mint 10 *Penicillium* faj fertőzi a fokhagymát (FARR és ROSSMANN, 2022). Saját vizsgálataink során a *Penicillium* nemzetség tagjai egyértelműen azonosíthatók a fertőzött részekben és a tenyészetekben megjelenő ecetszerű konídiumtartók alapján. Az USDA adatbázisa szerint a fokhagymával ellentétben a vörös- és lilahagymát csak néhány *Penicillium* faj fertőzi. Ennek ellenére vizsgálataink során *Allium cepa* faj esetén is a tünetek több, mint 50%-át *Penicillium* fajok okozták. RODRIGUES és MTSAI (2021) eredményei alapján indiai *Allium cepa* hagymákon az *Aspergillus* fajok után a *Penicillium* fajok voltak a legjelentősebbek: 11-24%-os veszteséget okozva. Fokhagymán a penicilliumos kéthroadás tünetei és a tünetsor megegyezett a szakirodalmi adatokkal. A kezdeti tünetek vizenyős sárguló vagy barnuló, határozott szélű foltok formájában jelennek meg, melyet előre haladott stádiumban kékes árnyalatú sűrű penészgyep borít be. A tünetek megegyeznek KOIKE és MTSAI (2007) és SCHWARTZ és MOHAN (2016) kutatásaival. Vöröshagymánál a tünet nem a fokhagymánál ismert száraz rothadás formájában jelentkezik, hanem a hagymatest vizenyősen rothad, mely megegyezik a SCHWARTZ és MOHAN (2016) által közöltekkel. A *Penicillium* fajok konídiumtartói többszörösen elágazó, ecetszerű képletek, amelyek nagyobb tömegben kékes-kékeszöld színűek. A konídiumtartón található konídiumok egysejtűek és gömbölyűek (UBRIZSY és VÖRÖS, 1968). Bár a hagymákról izolált *Penicillium* fajokat vizsgálatunk során könnyen tenyésztettük PDA táptalajon, azonban azonosításukra nem bizonyultak megfelelőnek. A nemzetközi szakirodalomból ezeknek a *Penicillium* fajoknak a tenyészbélyegei Czapek-élesztő agarról

ismertek, mert ez a táptalaj alkalmasabb a fajok elkülönítésére. A megbízható azonosítást nehezíti, hogy GALVEZ és PALMERO (2021) szerint a *Penicillium allii*-nak több morfológiai változata létezik.

Összefoglalva, a konídiumtartók eltérő morfológiai felépítése és a tenyészbélyegek változatossága alapján feltételezzük, hogy a *Penicillium allii* mellett, legalább még 2-3 másik *Penicillium* fajt izoláltunk a tárolt fokhagymákról. Pontos, fajszerű meghatározásukhoz azonban, Czapek-élesztő agaron történő tenyésztés és a nemzetközi vizsgálatok módszereihez hasonlóan, nukleinsav alapú, molekuláris azonosítást tartunk szükségesnek. A *Penicillium* fajok mikotoxin termelő képességgel is rendelkeznek (JAKUCS és VAJNA, 2003), mely fokozza a kórokozók humánegészségügyi kockázatát.

Eredményeink alapján *Allium cepa* fajon az *Aspergillus* nemzetségbe tartozó kórokozók szintén jelentősnek bizonyultak, 20%-os gyakorisággal. RODRIGUES és MTSAI (2021) által végzett vizsgálatok során az *Aspergillus* fajok voltak a legjelentősebbek tárolt hagymán: közel 20-36%-os gyakorisággal. SANG és MTSAI (2014) szerint akár 63,9%-ban is okozhatnak tárolási betegséget az *Aspergillus* fajok. Fokhagymán saját kutatásaink során az *Aspergillus* nemzetségbe tartozó kórokozók 8,1%-os gyakorisággal jelentek meg, míg CHAVDA és BRAHMBHATT (2016) kutatásai során ezek a fajok 12-25%-os veszteséget okoztak a tárolás során. A buroklevelek alatt csoportosan vagy elszórtan fekete konídiumtartók jelentek meg KOIKE és MTSAI (2007) leírásához hasonlóan. Megfigyeléseink szerint a fokhagymák külső, száraz buroklevelein vagy alattuk elszórtan, kisebb csoportokban jelentek meg a fekete konídiumtartók, míg vöröshagymán sokszor inkább egybefüggően helyezkedtek el. Az *Aspergillus* nemzetség jól felismerhető jellegzetes egyágú, bunkószerűen kiszélesedő vezikulumban végződő konídiumtartójáról és egysejtű gömbölyű konídiumairól (GLITS és FOLK, 1993). Az esetek többségében PDA táptalajon a tenyészet világos színű volt, amely később a konídiumok megjelenésével fekete színű lett. Ezek a tenyészbélyegek az irodalmi adatok alapján az *Aspergillus niger* fajra jellemzőek. Egy izolátumnál a tenyészet felszíne zöldes színű volt, ebben az esetben az *Aspergillus flavus* faj jelenlétét valószínűsítjük. Az *Aspergillus parasiticus* tenyészbélyegei is hasonlóak, azonban a szakirodalom szerint ez a faj nem fordul elő hagymaféléken. Az izolált kórokozó megbízható fajszerű azonosításhoz patogenitási tesztet és további vizsgálatokat kellene végezni.

Annak, hogy a hagymaféléken mely *Aspergillus* fajok dominálnak, abból a szempontból is jelentősége van, hogy az *Aspergillus* fajok között számottevő eltérések vannak toxintermelő tulajdonságukat tekintve. Az *Aspergillus flavus* ebből a szempontból kiemelt humánegészségügyi kockázatot jelent (JAKUCS és VAJNA, 2003).

Tárolt fokhagymákon *Fusarium* fajok fordultak elő a második legmagasabb gyakorisági értékkel (18,92%). A legfrissebb spanyol kutatások alapján, fokhagymán a *Fusarium* fajok okozták a legnagyobb tárolási károkat (GALVEZ és PALMERO, 2021), míg mi nagyobb arányban azonosítottunk *Penicillium* fajokat. *Allium cepa* hagymákról az esetek 12,5%-ában mutattunk ki *Fusarium* fajokat. RODRIGUES és MTSAI (2021) kutatásai során a *Fusarium oxysporum* (egyedüli *Fusarium* fajként) csak 1-6 %-os gyakorisággal jelent meg. KALMAN és MTSAI (2020) vöröshagymáról a *Fusarium redolens*, *Fusarium solani*, *Fusarium tricinctum* és *Fusarium proliferatum* fajokat izolálták. Török vizsgálatok alapján a *Fusarium oxysporum* okozta a megbetegedések 65%-át *Allium cepa* gazdanövényen, de további hét másik *Fusarium* fajt azonosítottak vöröshagymákról (BAYRAKTAR és DOLAR, 2011). A *Fusarium* fajok fertőzése során a húsos leveleken világosbarna elszíneződés jelenik meg, ahogy ezt CRAMER (2000) is említi. A vizsgálataink során gyakran megfigyeltük (főleg fokhagyma esetében), hogy a nekrotizálódó szövetek narancssárgára színeződtek. Az általunk izolált *Fusarium* fajok PDA táptalajon világos színűek voltak, sárgás, vagy rózsaszínes árnyalattal. Felszínükön változó mennyiségben és tömörségben képződött légmicélium, valamint a *Fusarium* fajokra jellemző szaporítóképletek (mikro- és ritkán makrokonídiumok). Mindez megegyezik a nemzetközi adatokkal a *Fusarium* fajok kapcsán. HAAPALAINEN és MTSAI (2016) szerint a néhány hagymáról izolált *Fusarium* faj (*Fusarium redolens*, *Fusarium solani*, *Fusarium tricinctum* és *Fusarium proliferatum*) PDA táptalajon a tenyészbélyegek alapján megbízhatóan azonosítható, míg a *Fusarium oxysporum* esetében nagy változatosságot figyeltek meg. A morfológiai vizsgálatok alapján valószínűsítjük, hogy vizsgálataink során többféle *Fusarium* fajt izoláltunk a tüneteket mutató hagymákról: köztük *Fusarium proliferatum*-ot és *Fusarium oxysporum*-ot is. Megbízható azonosításukhoz a továbbiakban patogenitási tesztet és molekuláris azonosítást tartunk indokoltnak.

A *Botrytis* fajok 2,7%-os előfordulással jelent meg az általunk vizsgált fokhagymákon. *Allium cepa* hagymákon gyakoriságuk 7,5 % volt. RODRIGUES és MTSAI (2021) kutatásaiban

a *Botrytis* fajok gyakorisága a hagymán (1-6%) megegyezett az általunk megfigyeltekkel. A *Botrytis* fajok jellegzetes nyaki rothadást okoznak a tárolás során (CHILVERS és DU TOIT, 2006), mi egy esetben a hagyma tönkjénél, illetve egy esetben a hagyma oldalán figyeltük meg a tünetek megjelenését. A hagymákon mindkét esetben sérülést figyeltünk meg, mely kaput nyithatott a fertőzésnek. ROD és MTSAI (2005) is említik, hogy a tünetek nem csak a nyaki résznél jelenhetnek meg, hanem mechanikai sérülés nyomán egy pontból kiindulva a hagymatest más részein is. Szkleróciumok megjelenését nem tapasztaltuk, holott több forrás is említést tesz képződésükről (KOIKE és MTSAI, 2007). A kórokozó konídiumtartói színtelenek, a konídiumtartónyelek többszörösen, faszzerűen elágazók voltak. Az egysejtű tojásdad, vagy ellipszoid alakú konídiumok fürtökben fűződtek le, mindez megegyezik a *Botrytis* nemzetség jellegzetes határozóbélyegeivel (BÁNHEGYI és MTSAI, 1985). Az általunk izolált tenyészetek felszíne PDA táptalajon világosszürke színű volt, sűrűn képződő szaporító képletekkel. A hagymáról izolált *Botrytis* fajok tenyészbélyegek többnyire azonosíthatók (CHILVERS és DU TOIT, 2006), kivéve a közeli rokonságban álló *Botrytis allii* és a *Botrytis aclada* fajok esetében.

Az általunk izolált *Botrytis* faj(ok) azonosítása további vizsgálatokat igényel. A tenyészbélyegek alapján egy esetben *Botrytis cinerea* fajt izoláltunk. Három esetben, annak eldöntésére, hogy az izolátumaink a közeli rokonságban lévő *Botrytis allii* vagy a *Botrytis aclada* fajhoz tartoznak-e, molekuláris azonosítást tartunk szükségesnek.

Rhizopus fajok megjelenését *Allium cepa* hagymákon mindösszesen 2,5%-os gyakorisággal tapasztaltunk. Fokhagymán ugyancsak alacsony (2,7%-os) volt a kórokozó előfordulása. SANG és MTSAI (2014) szerint vöröshagymán a *Rhizopus* fajok kb. 5%-ban okoznak veszteséget a tárolás során. A *Rhizopus* faj könnyen felismerhető jellegzetes sporangiumtartóiról, melyet GLITS és FOLK (1993) is bemutat. PDA táptalajon a tenyészetek gyorsan fejlődtek, néhány nap alatt az egész Petri-csészét benőtték. Az intenzív sporuláció szintén jellemző a *Rhizopus* nemzetségre (KWON és MTSAI, 2001). KORTEKAMP és MTSAI (2003) szerint a *Rhizopus oryzae* tenyészbélyegek is megegyeznek a fent leírtakkal PDA táptalajon, így a kórokozó azonosítása kizárólag morfológiai bélyegekre támaszkodva bizonytalan.

Kísérleteink során megfigyeltük még egyéb penészgombák jelenlétét és előfordulását is: *Alternaria* és *Cladosporium* nemzetségbe tartozó fajt egyaránt 5-5%-os gyakorisággal izoláltunk. Az *Alternaria* izolátum esetében a morfológiai bélyegek alapján elképzelhető, hogy az *Alternaria*

embellisia fajhoz tartozik, azonban ezt patogenitási teszt és további vizsgálatok nélkül korai lenne kijelenteni. A *Cladosporium allii-cepae* inkább a hagymafélék leveleit fertőzi (SCHWARTZ és MOHAN, 2016), így az általunk izolált *Cladosporium* faj azonosítása mindenképpen további vizsgálatokat (elsősorban patogenitási tesztet) igényel.

Összefoglalva eredményeinket megállapíthatjuk, hogy a hagymákon a tárolás során többféle, jelentős nemzetségekbe tartozó kórokozó fordul elő. Korábbi hazai vizsgálatok hiányában, ezek az első számszerűsített adatok a tárolás során fellépő kórokozó gombák gyakoriságáról. További, nagy mintaelemszámú vizsgálattal és molekuláris azonosítással részletes képet kaphatnánk a hazánkban előforduló, továbbá az import hagymákkal bekerülő kórokozókról, valamint azok növényvédelmi és humánegészségügyi kockázatairól.

6. Összefoglalás

A hagymafélék a magyaros konyha nélkülözhetetlen zöldségei. Nyersen, párolva, főzve vagy sütvé számos ételünk szinte elengedhetetlen alapanyaga. A vöröshagyma világszerte a második legfontosabb zöldségnövény. Az egy főre jutó éves átlagfogyasztás Magyarországon 8-10 kg/év közé esik ez mutatja, hogy Magyarországon is igen jelentős árucikk. Magyarországon a termesztés az elmúlt négy évben jelentős csökkenésen esett át. A termelés csökkenésnek okai között lényeges, hogy a tárolás során fellépő patogén kórokozók, modern tárolókapacitás hiányában, a termés jelentős károsodását okozzák. Az utóbbi években néhány nemzetközi tanulmány átfogóan foglalkozott a hagymafélék tárolása során előforduló kórokozó gombákkal, azonban hazai vizsgálatokat ebben a témában nem végeztek. A kutatásunk során hazánkban termesztett, és Magyarországra importált hagymákon vizsgáltuk a kórokozó gombák megjelenését és előfordulásuk gyakoriságát. Vizsgálataink során a kórokozók meghatározását klasszikus mikológiai módszerekkel végeztük (szaporítóképletek és tenyészbélyegek vizsgálatával). A vizsgálat eredményei alapján három kórokozó nemzetség okoz jelentős károkat a tárolás során: a *Penicillium* fajok, második helyen a *Fusarium* fajok, harmadikként pedig az *Aspergillus* nemzetség tagjai. Nemzetközi irodalmi adatok is ezt a három kórokozót említik a hagymafélék legjelentősebb kórokozóiként, a sorrend azonban az egyes országban eltérő lehet. Izoláltunk továbbá *Botrytis*, *Rhizopus*, *Alternaria* és *Cladosporium* nemzetségben tartozó fajokat is. Egyes kórokozók (pl. bizonyos *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* fajok) toxintermelő tulajdonságuk miatt humánegészségügyileg is kiemelt kockázatot jelentenek, ezért is fontos, hogy részletes képet kaphassunk arról, hogy milyen nemzetségek fordulnak elő hazánkban hagymaféléken a tárolás során. A kutatás rámutat a penészgombák jelentőségére a hagyma termesztése és tárolása során. Az izolált kórokozók megbízható, fajsztíű azonosításhoz számos esetben a kizárólag morfológiai tulajdonságokat vizsgáló klasszikus mikológiai módszerek nem elegendőek. A megbízható, fajsztíű meghatározáshoz patogenitási tesztek és egyes esetekben nukleinsav alapú molekuláris vizsgálatokat tartunk szükségesnek.

7. Irodalomjegyzék

- ADONGO, B. A., KWOSEH, C. K., MOSES, E. (2015): *Storage Rot Fungi and Seed-Borne Pathogens of Onion*, in: Journal of Science and Technology, Vol. 35, No. 2, p.: 13-21.
- BÁNHEGYI, J., TÓTH, S., UBRIZSY, G., VÖRÖS, J. (1985): *Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozókönyve*, Vol. 1-3. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- BAYRAKTAR, H., DOLAR, F. S. (2011): *Molecular Identification and Genetic Diversity of Fusarium species Associated with Onion Fields in Turkey*, in: Journal of Phytopathology, Vol. 159, No. 1, p.: 28-34.
- BECZNER, L., BODOR, J., PAIZS, L. (1970): *Zöldségfélék növényvédelme*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p.: 214-219.
- BLANCARD, D. (2012): *Tomato diseases: identification, biology and control: A Colour Handbook*, CRC Press, London. p.: 346-403.
- CANTU, D., GREVE, L. C., LABAVITCH, J. M., POWELL A. L. T. (2009): *Characterization of the cell wall of the ubiquitous plant pathogen Botrytis cinerea*, in: Mycological Research, Vol. 113, p.: 1396–1403.
- CHAVDA, H. C., BRAHMBHATT, A. B. (2016): *Evaluation of fungicides against Aspergillus niger, an incitant of black mould rot of garlic*, in: Journal of Plant Disease Sciences p.: 217-223.
- CHILVERS, M. I., DU TOIT, L. J. (2006): *Detection and Identification of Botrytis Species Associated with Neck Rot, Scape Blight, and Umbel Blight of Onion*, in: Plant Health Progress, Vol. 7, No.1, p.: 38.
- CRAMER, C. S. (2000): *Breeding and genetics of Fusarium basal rot resistance in onion*, in: Euphytica Vol. 115, p.: 159–166.
- CRÜGER, G., BACKHAUS, G. F., HOMMES, M., SMOLKA, S., VETTEN, H.-J. (2002) *Növényvédelem a zöldségtermesztésben*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p.: 81-83.

DUGAN, F. M., HELLIER, B. C., LUPIEN, S. L. (2007): *Pathogenic Fungi in Garlic Seed Cloves from the United States and China, and Efficacy of Fungicides Against Pathogens in Garlic Germplasm in Washington State*, in: Journal of Phytopathology Vol. 155, No. 7–8, p.: 437–445.

FARR, D.F., ROSSMAN, A.Y. *Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA*, Retrieved February 22, 2022, from <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>

GÁLVEZ, L., PALMERO, D. (2021): *Incidence and Etiology of Postharvest Fungal Diseases Associated with Bulb Rot in Garlic (Allium sativum) in Spain*, in: Foods Vol. 10, No. 5, p.: 1063.

GLITS, M., FOLK, GY.(1993): *Kertészeti növénykórtan*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p.: 403-412.

GLITS, M., HORVÁTH, J., KUROLI, G., PETRÓCZI, I. (2003): *Növényvédelem*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p.: 311.

HAAPALAINEN, M., LATVALA, S., KUIVAINEN, E., QIU, Y., SEGERSTEDT, M., HANNUKALA, O. A. (2016): *Fusarium oxysporum, F. proliferatum and F. redolens associated with basal rot of onion in Finland*, in: Plant Pathology, Vol. 65, No. 8, p.: 1310–1320.

HAFEZ, E. E., WASFY, E., EL-DEIN, H., RAMADAN, A. H. M., ABDEL-GAYED, M. A. (2013): *Molecular Identification of Four Botrytis Species Three of Them Associated with Neck Rot and Blasting Diseases of Onion with Special Reference of Two, aclada and byssoidae*, in: Journal of Pure and Applied Microbiology, Vol. 7, p.: 79-91.

HAYDEN, N. J., MAUDE, R. B. (1992): *The role of seed-borne Aspergillus niger in transmission of black mould of onion*, in: Plant pathology, Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. Vol. 41, No.5, p.: 573-581.

HOSHINO, H., TAGAKI, S., KON, H., SHIBUSA, T., TAKABATAKE, H., FUJITA, A., SEKINE, K., ABE, S. (1999): *Allergic Bronchopulmonary Aspergillosis due to Aspergillus niger without Bronchial Asthma*, in: Respiration Vol. 66, p.: 369–372.

JAKUCS, E., VAJNA, L. (2003): *Mikológia*, Agrinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest, p.:143-334.

- KALMAN, B., ABRAHAM, D., GRAPH, S., PERL-TREVES, R., HAREL, Y.M., DEGANI, O. (2020): *Isolation and Identification of Fusarium spp., the Causal Agents of Onion (Allium cepa) Basal Rot in Northeastern Israel*, in: *Biology* Vol. 9, No. 4, p.: 69.
- KOIKE, S. T., GLADDERS, P., PAULUS, A. O. (2007): *Vegetable Diseases A Colour Handbook*, Manson Publishing Ltd. London, p.: 58-76
- KORTEKAMP, A., SCHMIDTKE, M., SERR, A. (2003): *Infection and decay of tobacco caused by Rhizopus oryzae*, in: *Journal of Plant Diseases and Protection*, Vol. 110, No. 6, p.: 535–543.
- KWON, J. H., KANG, S. W., KIM, J. S., PARK, C.-S. (2001): *Rhizopus soft rot on cherry tomato caused by Rhizopus stolonifer in Korea*, in: *Mycobiology*, Vol. 3, No. 29, p.: 176-178.
- LATHA, S., SATHYANARAYANA, N., REDDY, O. (2011): *Interception of Embellisia allii in garlic bulbs imported from China*, in: *Indian Phytopathol.* Vol. 60, p.: 126–127.
- ONAEBI, C. N., UGWUJA, F. N., OKORO, A. C., AMUJIRI, A. N., IVOKE, M. U. (2020): *Mycoflora associated with post-harvest rot of onion (Allium cepa) and garlic (Allium sativum) bulbs*, in: *Research on Crops*. Vol. 21 No. 2, p.: 380-389.
- PUDAKE, S., HINGOLE, D., GHANTE, P., SWAMI, C., KHAIRE, P. (2019): *Studies on cultural and morphological characters of black mould of onion caused by Aspergillus niger (Van Tiegh.)*, in: *International Journal of Chemical Studies*, Vol. 7, No. 2, p.: 439-442.
- ROD, J., HLUCHY, M., ZAVADIL, K., PRÁŠIL, J., SOMSSICH, I., ZACHARDA, M. (2005): *A zöldségfélék betegségei és kártevői: A zöldségfélék védelme az integrált növénytermesztésben és a biológiai növényvédelem eszközei*, Biocont Laboratory, Brno p.:65-70.
- RODRIGUES, B. B., TAK, A., KAKDE, U. B. (2021): *Study of fungi responsible for the post-harvest deterioration of onion (Allium cepa L.)*, in: *International Journal of Botany Studies*, Vol. 6, No. 3, p.: 200-204.
- ROMERO-CORTES, T., LÓPEZ-PÉREZ, P.A., PÉREZ-ESPAÑA, V. C., MEDINA-TOLEDO, A. K., APARICIO-BURGOS, J. E., CUERVO-PARRA, J. A. (2012): *Confrontation of Trichoderma Asperellum Vsl80 Against Aspergillus Niger Via The Effect of Enzymatic Production*, in: *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, ex Agro-Ciencia*, Vol. 35, No. 1, p.:68-80.

SANG, M. K., HAN, S. D., OH, J.Y., CHUN, S.-C., KIM, D. (2014): *Penicillium brasilianum* as a novel pathogen of onion (*Allium cepa* L.) and other fungi predominant on market onion in Korea, in: Crop Protection, Vol. 65, p.: 138-142.

SANKAR, N. R., BABU, G. P. (2012): *First Report of Fusarium proliferatum Causing Rot of Garlic Bulbs (Allium sativum) in India*, Plant Disease, Vol. 96, No. 2, p.: 290.

SALUNKHE, D. K., KADAM, S. S. (1995): *Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing*, CRC Press, Boca Raton p.: 399-403.

SCHUSTER, E., DUNN-COLEMAN, N., FRISVAD, J. C., VAN DIJCK, P. W. (2002): *On the safety of Aspergillus niger--a review*, in: Applied Microbiology and Biotechnology, Vol. 59, No.4, p.:426-435.

SCHWARTZ, H. F., MOHAN, S. K. (2016): *Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests*, (Second Edition), The American Phytopathological Society, Minesota.

SVANSTRÖM, Å. (2013): *Trehalose Metabolism and Stress Resistance in Aspergillus niger*, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences Department of Microbiology Uppsala Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala p.: 1-56.

STANKOVIC, S., LEVIC, J., PETROVIC, T. (2007): *Pathogenicity and mycotoxin production by Fusarium proliferatum isolated from onion and garlic in Serbia*, in: European Journal of Plant Pathology. Vol. 118, p.: 165–172.

TANOVIĆ, B., HRUSTIĆ, J., MIHAJLOVIĆ, M., GRAHOVAC, M., DELIBAŠIĆ, G. (2014): *Botrytis cinerea in raspberry in Serbia I: Morphological and molecular characterization*, in: Pesticidi i fitomedicina, Vol.4. No.29. p.: 237-247.

THAMIZHARASI, V., NARASIMHAM, P. (1992): *Growth of Aspergillus niger on onion bulbs and its control by heat and sulphur dioxide treatments*, in: Tropical Science, Vol. 33, p.: 45–55.

UBRIZSY, G., VÖRÖS, J. (1968): *Mezőgazdasági Mykológia*, Akadémiai Kiadó, Budapest.

VALDEZ, J. G., MAKUCH, M. A., ORDOVINI, A. F., FRISVAD, J. C., OVERY, D. P., MASUELLI, R., PICCOLO, R. J. (2009): *Identification, pathogenicity and distribution of*

Penicillium spp. isolated from garlic in two regions in Argentina, in: Plant Pathology Vol.58, No.2, p.: 352–361.

Internetes hivatkozások:

Internet 1. STATISTA: <https://www.statista.com/statistics/264065/global-production-of-vegetables-by-type/> (2022 Február)

Internet 2. ATLASBIG: <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-onion-production> (2022 Február)

Internet 3. KSH https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0024.html (2022 Február)

Internet 4. Mezőhír <https://mezohir.hu/2022/01/22/agrar-hagyma-kartevo-korokozo-hagymafej-terulet-tonna-mezogazdasag/?fbclid=IwAR0-9qWu28loEONhs9rm2VaUZ0IFwf7ZKqr4E1DuVoL36tUpiqFGzdJRieE> (2022 Február)

Internet 5. Agroinform.hu <https://www.agroinform.hu/hazikert/miert-romlik-meg-tarolas-kozben-a-voroshagyma-50801-001> (2022 Február)

EPPO (2022): EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) Global Database <https://gd.eppo.int/> (2022 Február)

8. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani tanárnőmnek Dr. Horváthné Petróczy Mariettának, aki dolgozatom témáját nem csak ajánlotta, hanem részletesen be is mutatta, felkeltve ezzel érdeklődésemet. A kísérlet végzésének teljes időszakában szakmai tapasztalatával és kísérleti minta gyűjtésével járult hozzá a laboratóriumi munkához. Ötleteivel és irodalmak biztosításával mozdította elő a kutatást. Legfőképpen is köszönöm Neki, hogy az írás során biztatott, és hogy idejét nagy mértékben rám áldozva segített a dolgozat javításával és véleményezésével. Igazi Tanárként példát adott nem csak szakismeretével, tudásával, hanem emberségével is. Köszönöm.