

## **HYPOMYCES PERNICIOSUS: A TERMESZTETT CSIPERKE „NEDVES MÓLÉ” BETEGSÉGÉT OKOZÓ PENÉSZGOMBA**

Büchner Rita – Faltum Mirella – Hatvani Lóránt – Allaga Henrietta –  
Vágvölgyi Csaba – Kredics László

**Absztrakt:** A kétspórás csiperke (*Agaricus bisporus*), melynek fehér és barna kalapos változata is ismert, világviszonylatban a legnépszerűbb termesztett gombák egyike, Magyarországon a termesztett gombamennyiség 90%-át teszi ki. Számos betegsége megjelenhet termesztés közben, melyek közül a penészek jelentik az egyik legkomolyabb problémát. A legismertebb a *Trichoderma* fajok által okozott zöldpenészes megbetegedés, mely rendkívül agresszíven terjed, a teljes termés kiesését is okozhatja. Szintén komoly gondokat okoz a *Hypomyces pernicius* Magnus (syn: *Mycogone perniciosa*) által okozott nedves mólé. Emellett a gombatermesztésben előfordulhatnak még a *Cladobotryum* fajok által okozott pókhálós penész, és a *Lecanicillium* fajok által okozott száraz mólé betegségek. Az utóbbi időben a zöldpenész mellett egyre gyakoribbak a nedves mólével fertőzött termesztőházak. A betegségre jellemző a termőtestek eltorzulása és nedves folyadékcseppek megjelenése, melyekben a baktériumok elszaporodhatnak. A gombatestek elköcsönysődnek, és rothadó húsrá emlékeztető, kellemetlen szaguk lesz. A fertőzött termőtestek kereskedelmi forgalomba nem hozhatóak, így a termesztőket komoly anyagi kár sújthatja. A kórokozók alapos megismerése fontos az ellenük folyó küzdelemben, ezért számos kutatás keresi a gombatermés megvédelmének lehetőségeit. A leghatékonyabb védekezés a többi megbetegedéshez hasonlóan a megelőzés. Amennyiben ez nem sikeres, a teljes termesztőház, a termesztésben használt eszközök, valamint ruhák alapos fertőtlenítése, és a szigorú higiéniai követelmények betartása szükséges. Nagy előrelépést jelent, hogy elérhető a *H. pernicius* teljes genom szekvenciája, mely számos kutatáshoz nyújthat segítséget. A genom vizsgálata információkat szolgáltat a patogénitásban szerepet játszó génekről, melyek hozzájárulhatnak a gazda-patogén interakciók vizsgálatához és támogatást nyújthatnak különböző védekezési stratégiák kidolgozásához.

**Abstract:** The white and brown capped button mushroom (*Agaricus bisporus*) is among the most popular cultivated mushroom in the world. In Hungary, button mushroom accounts for 90% of the total mushroom crops. During the cultivation period, various diseases may occur and cause serious problems. The most investigated disease is the green mould caused by *Trichoderma* species, which is spreading aggressively, and may results in severe crop losses, in serious cases even complete crop failure. Wet bubble disease caused by *Hypomyces pernicius* Magnus (syn: *Mycogone perniciosa*) also generates serious problems. Dry bubble (*Lecanicillium fungicola*) and cobweb (*Cladobotryum* spp.) diseases might also appear in mushroom production. Recently, wet bubble infections are becoming more frequent in mushroom-growing houses. Characteristic signs of wet bubble infection include deformed fruiting bodies and wet drops colonized by bacteria. The fruiting bodies turn gelatinous and have a characteristic unpleasant smell resembling rotting meat. The disease causes economic losses to the producers, as the infected crops are not marketable. The investigation of the pathogens is crucial in disease control. Many experiments have been carried out to examine the possibilities of mushroom crop protection. Similar to other diseases, the most efficient means of control is prevention. In cases when precautions are not satisfactory, the disinfection of the production houses, tools, equipment and clothing, as well as following strict hygienic rules are necessary. An important advancement is that the complete genome sequence of *H. pernicius* has become available. The investigation of genomes provides information about the genes involved in pathogenicity, aiding the deeper understanding of host-pathogen interaction mechanisms and supporting the development of defence strategies.

**Kulcsszavak:** csiperke, *Agaricus*, *Hypomyces*, nedves mólé

**Keywords:** button mushroom, *Agaricus*, *Hypomyces*, wet bubble

## 1. Bevezetés

### 1.1. A kétspórás csiperke (*Agaricus bisporus*) jellemzése és termesztése

Magyarországon a csiperkegomba a legkedveltebb és a legnagyobb mennyiségben fogyasztott gombafaj. Zsír- és szénhidrát-tartalma alacsony, viszont fehérjékben gazdag, így könnyen beilleszthető a vegetáriánus vagy diabetikus étrendbe is (Jeong et al., 2010). A gombák fehérjéit alkotó aminosavak között számos nélkülözhetetlen (esszenciális), melyet táplálékbevitel során kell biztosítani a szervezetnek. Emellett magas a csiperke vitamintartalma, melyek közül a C vitamint, a B vitamincsoportot, valamint a D2 és D3 vitamint érdemes kiemelni (Golák-Siwulska et al., 2018). A legnagyobb mennyiségben a fehér kalapos csiperkét termesztik, viszont a barna kalapú fajták népszerűsége is egyre növekszik.

### 1.2. A csiperketermesztésben megjelenő kártevők és kórokozók

A folyamatosan növekvő gombafogyasztás erőteljesen fokozódó keresletet idéz elő, amely serkenti a gombatermesztő ipart. Ugyanakkor a termesztők számos kihívással kénytelenek szembenézni az előállítás során, amelyek közül a fertőző és nem fertőző betegségek különösen fontosak. Utóbbiak közé soroljuk a tömeges tüfejképződést, illetve -elhalást, a kifutást, a különböző deformációkat, valamint a sztrómát. A fertőzőesés megbetegedéseket okozhatják vírusok, baktériumok és penészgombák. Habár a csiperkegomba termesztésében a vírusos megbetegedések ritkák, néhány esetben mégis előfordulnak. A „La France” betegség, valamint a csiperkegomba kalapbarnulás-vírusa a leggyakoribb. A baktériumok közül a *Pseudomonas* fajok (*Pseudomonas tolaasii*, *P. gingeri*) baktériumos foltosságot okoznak (Geösel, 2016). Penészgombák által okozott betegségek a *Trichoderma* fajok által okozott zöldpenészes fertőzés, a száraz mólé (*Lecanicillium fungicola*), a nedves mólé (*Hypomyces perniciosus*), és a pókhálós penész (*Cladobotryum* fajok) (Györfi, 2010). A legnagyobb terméskiesésért kétségkívül a zöldpenész felelős, mely már több évtizede jelen van a gombatermesztésben. Az eddigi kutatások bebizonyították, hogy ezeket a súlyos terméskieséseket okozó fertőzéseket *Trichoderma* fajok, főként a *T. aggressivum* f. *aggressivum* és a *T. aggressivum* f. *europaeum* okozzák (Kredics et al., 2011). Ezek a termesztésben előforduló kórokozók közvetlen vagy közvetett módon befolyásolják a termés mennyiségét, illetve minőségét. A parazita gombafajok mellett számos nem-mikrobiális kártevő is megjelenhet. Ilyen kártevők a Sciaridae, Phoridae és Cecidomyiidae légycsaládok képviselői (Diptera), illetve atkák (Acari) és fonálférgesek (Nematoda), melyek a termesztési alapanyagban vagy a gomba termőtestében tesznek kárt (Geösel, 2016).

## 2. A csiperkegomba nedves mólé betegsége

### 2.1. A *Hypomyces perniciosus* taxonómiai helyzete és története

A *Hypomyces perniciosus* az Ascomycota (tömlősgombák) törzs Sordariomycetes osztályába, azon belül a Hypocreales rend Hypocreaceae családjába tartozó *Hypomyces* nemzetség gombapatogén gombafaja, korábban *Mycogone perniciosus* néven volt ismert (Zhang et al., 2017).



A csiperke nedves mólé betegségének megjelenéséről már a 19. század végéről is találhatunk feljegyzéseket. Hazánkban túl Franciaországban, Németországban és Angliában is megjelent. Schilberszky (1899) a beteg gombatesteket megnagyobbodott, alaktalan tömegként írta le, melyen nem lehet megkülönböztetni sem kalapot, sem gombatönköt. A mólé elnevezés a „la môle” kifejezésből ered, amit Franciaországban használtak először, és többek között torzszülöttet jelent, mely jól leírja a fertőzött gomba alakját ép társaihoz képest, másrészt a „molle” kifejezést használták Franciaországban a beteg gomba puha állományára. Schilberszky (1899) leírásai szerint a Párizs-vidéki gombtermesztők 10-25% termés kiesést tulajdonítottak ennek a betegségnek, de súlyos esetekben a teljes termés megsemmisülhet, és a fertőzött gombaágyakban többé nem lehet termesztést folytatni. Megfigyelte, hogy eleinte csak szórványosan, foltokban jelentkeznek a tünetek, később ezek a foltok egyre nagyobb teret foglalnak el. Maga a folyamat rothadásszerű, és egy másik „élődsdi” gomba okozza, melyet *Mycogone*-ként, pöfeteszerű alakját pedig *Verticillium*-ként nevezi meg. Említést tesz arról is, hogy Magnus Pál berlini botanikus 1887-ben ismertetett egy csiperkepatogén gombát, a *Hypomyces perniciosus*-t, mely hasonló rothadásos tüneteket okoz (Schilberszky, 1899).

A csiperke nedves mólé betegsége az 1980-as években Kelet-Ázsiában, Koreában is megjelent (Han et al., 1974). Harminc évvel később Délnyugat-Ázsiában, elsőként Szíriában írtak le jellegzetes, mólés tüneteket mutató csiperkegomba termőtesteket (Al-Ghazzawi–Al-Beig, 2011). A közel-keleti Iránból (Jamali et al., 2014), illetve az India északnyugati területén található Kashmir-völgyből is jelentettek az előbbiekkal szinte teljesen megegyező tünetegyüttest (Kouser–Shah, 2013).

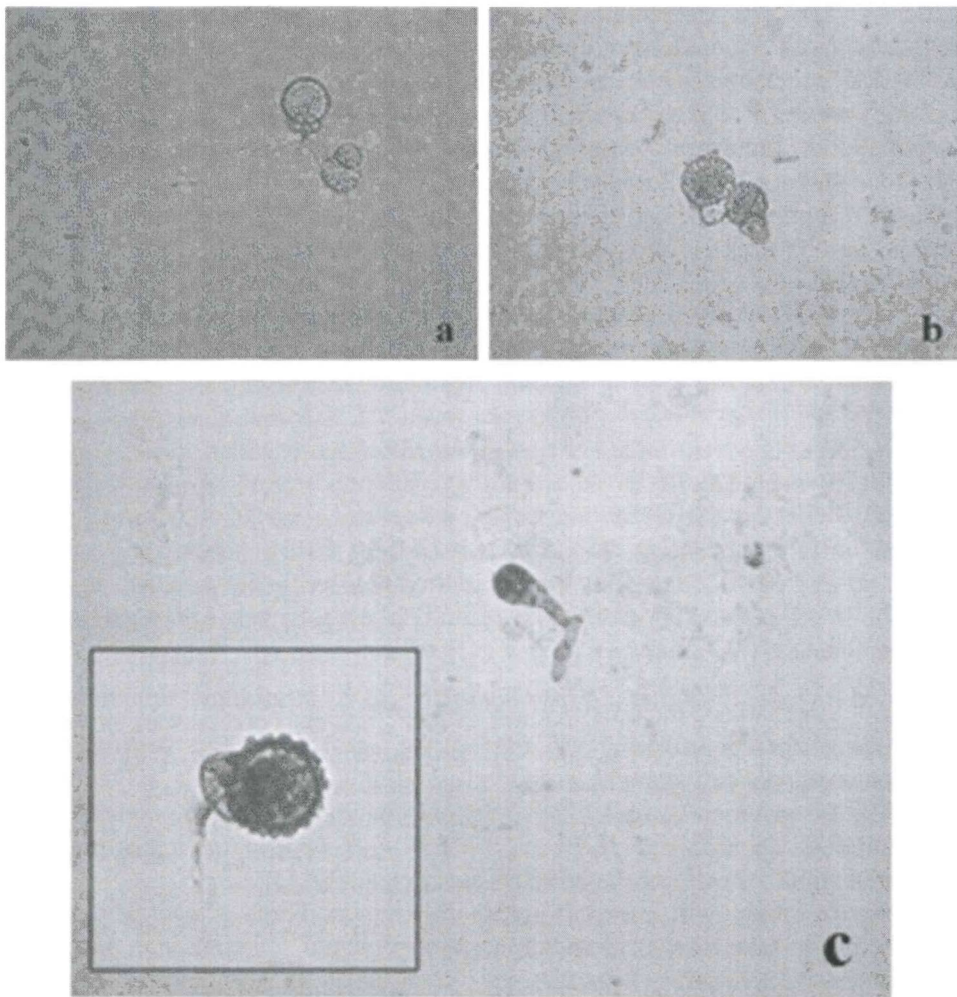
## 2.2. A nedves mólé tünetei és a *Hypomyces perniciosus* morfológiai tulajdonságai

A fertőzés jellemzően szórványosan jelenik meg a gombaágyakon. A gombatestek szerkezete rothadó, meggyengül, zselészerűvé válnak, és jellegzetes, rothadó húsrá emlékeztető, savanyú szaguk lesz. Az elrothadt termőtestek kereskedelmi forgalomba nem hozhatók (Schilberszky, 1899). A *H. perniciosus* micéliuma sűrű, fehér színű, hifái szeptáltak, elágazóak (Kouser et al., 2015).

A fertőzés után a *Hypomyces* spórái fehér vagy barna réteget képeznek a gombatestek felszínén. A szaporítóképletek morfológiai tulajdonságait tekintve a konídiofórok egyenesek, hosszúak és elágazóak, a konídiumok oválisak, vékonyfalúak, két sejtből állnak (Kouser et al., 2015). A kórokozó spórái levegővel, rovarokkal, de akár a termesztésben részt vevő személyek ruháján, eszközein is megtapadhatnak, könnyen elterjedhetnek. Kitartóspórák képződhetnek a kedvezőtlen időszakok átvészelésére, melyek hosszú ideig, akár hónapokig, évekig életképesek maradnak. Ilyen kitartóképletek a konídiofórokon képződő kicsi, vékony falú fialokonídiumok, valamint a rövid laterális hifákon képződő aleuriospórák (1. ábra), melyek az előbbieknél nagyobb, kétsejtű terminális klamidospórák. A laterális hifák vékony falú bazális sejtből, valamint sötétebb, gömbölyű, vastag falú apikális sejtből állnak. Szintén megfigyelték, hogy a *H.*

*perniciosus* micéliuma az idő múlásával változik: a nagy mennyiségű, pelyhes micélium először fehér, majd világosbarna, végül sötétbarna színre vált (Glamoclija et al., 2007).

1. ábra: A *Hypomyces perniciosus* szaporítóképletei:



aleuriospórák festetlen (a), és malachitzölddel festett (b), illetve aleuriospóra és klamidospóra safraninnal festett (c) fénymikroszkópos képe (Büchner Rita felvételei, Zeiss Axiolab FL8 HBO50 típusú mikroszkóp, AxioCam ERc5s kamera, 400× nagyítás)

### 2.3. A *Hypomyces perniciosus* fertőzési mechanizmusa

A *H. perniciosus* fő gazdaszervezete a csiperkegomba. A fertőzés forrása legtöbbször a kórokozót tartalmazó takaró föld, melyben akár három éven át képes fennmaradni aleuriospóra formájában (Kouser et al., 2015).



A kórokozó aleuriospórákkal, fialokonídiumokkal, valamint vegetatív micéliumával egyaránt képes fertőzni (Glamoclija et al., 2007). A betegség kialakulásának oka leggyakrabban a higiéniai előírások nem megfelelő betartása, melynek során a kórokozó állati vektorok vagy ember segítségével, öntözővízzel, kontrollálatlan légmozgással, rossz minőségű termesztési alapanyagok felhasználásával vagy a fertőtlenítés hiánya miatt is bekerülhet a termesztésbe.

A kórokozó a termesztés bármely szakaszában megtámadhatja a csiperke-termőtesteket, és a fertőzés időpontjától függően más-más tünetek jelennek meg. A kórokozó aleuriospórákkal, fialokonídiumokkal, valamint vegetatív micéliumával egyaránt képes fertőzni (Glamoclija et al., 2007). Az aleuriospóra felszínén található struktúrák hidrofób körülményeket biztosítanak, mely segíti a kórokozónak az *A. bisporus* természetesen hidrofób felületén való megtapadását (Umar et al., 2000). A kórokozó a termőtest felszínén növekszik, miközben sejtszintű változásokat okoz: a csiperke hifájának túlzott növekedését idézi elő, valamint dedifferenciációs folyamatokat indít el. A fertőzés során folyadék képződik, mely cseppek formájában megjelenik a termőtestek felületén. A megbetegedett, 6 mm-nél kisebb primordiumok – bár nem mutatnak sejt-differenciálódást – nagy, szabálytalan tumorszerű masszává alakulnak. A kóros elváltozások 1 nap lappangási idő után kezdenek kialakulni. Az idősebb termőtesteken felszíni szövetekben lokalizált léziók jönnek létre, melyek később terjednek és egybefüggőek lesznek (Umar et al., 2000). A *H. perniciosus* hifái legtöbbször körbenövik a csiperke hifáit. A hifák között megfigyelhetők rendellenes, megnagyobbodott és megnövekedett számú tartaléksejtek (Umar et al., 2000). Mikroszkópos vizsgálatokkal megállapították, hogy fertőzés során a parazita inter- és intracellulárisan is jelen van a megfertőzött termőtestekben (Kouser et al., 2015).

Zhang és munkatársai (2017) a fertőzés lefolyását üvegcsőben vizsgálták oly módon, hogy a táptalajt tartalmazó üvegcső egyik oldalára csiperkét, az ellenkező oldalára pedig a mólé kórokozóját oltották. A kísérlet folyamán fény-, elektron- és lézerpásztázó mikroszkópos vizsgálatokat végeztek, valamint kísérletet tettek baktériumok és *H. perniciosus* izolálására a fertőzés különböző időpontjaiban (1. táblázat, Zhang et al., 2017).

1. táblázat: Megfigyelések a nedves mólé betegség lefolyásáról

| Eltelt idő (nap) | Tünetek                                                                                            | Megfigyelések<br>fénymikroszkóppal                                                                                                                                                                       | Megfigyelések<br>pásztázó elektron-<br>mikroszkóppal                                                                                                     | Megfigyelések<br>lézerpásztázó<br>mikroszkóppal            | Iszolálás |                                                                                                             |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                          |                                                            | H*        | Baktériumok                                                                                                 |
| 1                | -                                                                                                  | Konídiumok és klamidospórák kicsíráztak. A csiperke micéliumának szerkezete nem változott.                                                                                                               | Ugyanazt tapasztalták, mint a fénymikroszkóp esetében.                                                                                                   | A csiperke micéliuma élő.                                  | +         | -                                                                                                           |
| 3                | Nekrotikus barna léziók jelentek meg.                                                              | A fertőzés kiindulópontjánál a gombakalap barna és plazmolizált.                                                                                                                                         | A klamidospórák megtapadtak a csiperke felszínén, csírázásnak indultak. A csiperke micélium változatlan.                                                 | A csiperke micéliuma élő.                                  | +         | -                                                                                                           |
| 6                | A csiperke termőteste növekedésnek indult, a felszínén 1 cm-es H* kolónia fejlődött ki.            | A patogén megfertőzte a csiperkét. Deformált micéliumok is megfigyelhetők az egészségesek között.                                                                                                        | A micélium fertőzött részei sejtkárosodást, hidropikus degenerációt mutatnak.                                                                            | A fertőzés kiindulópontja közelében a micéliumok elhaltak. | +         | -                                                                                                           |
| 10               | A csiperke tovább növekedett, elbarnult, benőtte a termőtest felszínén néhány vízcsepp jelent meg. | A felszínén <i>Hypomyces</i> konídiumokat és klamidospórákat termelt.                                                                                                                                    | A micélium fertőzött részein hidropikus degeneráció, valamint citoplazmolízis tapasztalható.                                                             | A csiperke micéliuma elhalt.                               | +         | Baktériumokat megfigyelték a cseppekben, de nem tudták izolálni a csiperkegomba belsejéből vagy felszínéről |
| 15               | A gomba termőteste elpuhult, növekedése leállt. A korábban megjelent cseppek megszáradtak.         | A csiperke micéliumának mennyisége lecsökkent, alig megfigyelhető. Jelentős mennyiségű <i>Hypomyces</i> található a termőtestekben. Baktériumokat figyeltek meg a termőtestek felszínén és a belsejében. | A csiperke legtöbb micéliumában hidropikus degeneráció, valamint citoplazmolízis figyelhető meg, a micélium tartalma üres volt (sejtszervek hiányoztak). | A csiperke néhány micéliuma elhalt.                        | +         | Baktériumokat sikeresen izoláltak a csiperkegomba felszínéről vagy belsejéből.                              |
| 20               | A csiperke termőtestek szerkezete meggyengült, amit az összeroppanás és rothadás követett.         | Nagyon kevés csiperkemiciélium figyelhető meg, baktériumok és a mólé jelenléte a termőtest felszínén és belsejében is jelentős.                                                                          | A csiperke micéliuma degradált és apró darabokra tört.                                                                                                   | A csiperke-micélium jelentős része elhalt.                 | +         | Baktériumokat sikeresen izoláltak a csiperkegomba felszínéről vagy belsejéből.                              |

\* *Hypomyces pernicius*; Zhang és munkatársai (2017) nyomán.

#### 2.4. *Hypomyces perniciosus* környezeti és tápanyagszükségletei

A *H. perniciosus* hőmérsékleti optimuma 21-28 °C között mozog, a legnagyobb mértékű növekedés 25 °C-on tapasztalható. Megfigyelték, hogy 10 °C-on vagy az alatt, illetve 30 °C-nál magasabb hőmérsékleten a kórokozó nem növekszik (Han et al., 1974). A gomba pH-optimuma a semleges tartományba tehető (Han et al., 1974), de ettől különböző, enyhén savas, pH 5,5-ös értékről is beszámoltak (Siwulski et al., 2011). Amennyiben a csiperke és a nedves mólé által kedvelt pH-érték különbözne, a védekezésben segíthetne a csiperkének kedvező pH-érték beállítása. Mivel a két gomba optimuma közel megegyezik, ez sajnos nem kivitelezhető (Han et al., 1974).

Az izolált gomba nagy mennyiségű, pelyhes micéliumot képez és a telepek színe fehérről sápadt világosbarnára, majd sötétbarnára változik. Maximális radiális növekedése komposzt-agaron volt mérhető, ezután a burgonyadextróz-agaron növesztett telepek következtek a növekedés szempontjából, míg a malátás táptalajon növekedett telepek mérete az előzőknél kisebb volt (Kouser et al., 2015). Tápanyagigényeinek vizsgálata során megállapították, hogy a *H. perniciosus* magnézium-, kálium- és foszforhiányos táptalajok esetében gyengébb növekedést mutat (Han et al., 1974). A szén- és nitrogénforrás jelenléte a táptalajban nagyon fontos, mivel ennek hiányában növekedést csak néhány esetben tapasztaltak. A táptalaj összetétele morfológiai változásokat idézett elő káliumhiányos táptalajon. A korábban sűrű micéliumok megritkultak, ezzel szemben a telepátmérő gyorsabban nőtt a káliumtartalmú táptalajon növekvő kórokozóhoz képest. Szintén érdekes megfigyelés, hogy a foszfor hiánya a táptalajban a fent említettel ellentétes változást okozott. A *H. perniciosus*-t magnézium-, vagy nehézfémhiányos táptalajon tenyésztve nem voltak eltérések a teljes táptalajhoz viszonyítva (Han et al., 1974).

#### 3. A nedves mólé diagnosztikai lehetőségei

A kórokozókról szerzett genetikai ismeretek nagy mértékben hozzájárulhatnak védekezési stratégiák kidolgozásához, a fertőzések megelőzéséhez és kezeléséhez. A védekezést jelentősen hátráltatja, hogy a különböző törzsek könnyen mutálódnak, degradálódnak vagy változik a morfológiájuk, így pontos beazonosításuk kihívást jelent. Wang és munkatársai (2016) PCR-alapú molekuláris biológiai módszerek (RAPD: *random amplified polymorphic DNA*, ISSR: *inter simple sequence repeat*, SRAP: *sequence-related amplified polymorphism*) segítségével genetikailag feltérképeztek 49 *Hypomyces* törzset. A DNS-szekvencia polimorfizmusának vizsgálata alapján két fő csoportra lehetett osztani a vizsgált törzseket. Meghatározták a RAPD, ISSR és SRAP módszerekkel azonosított specifikus DNS-fragmentumok szekvenciáit, melyeket SCAR (*sequence characterized amplified region*) markerek tervezéséhez használtak fel. A tervezés eredményeképp kapott SCAR-markerek felhasználhatóak a törzsek beazonosítására (Wang et al., 2016). Illékony szerves anyagcseretermékeinek azonosításával a kórokozó kimutatható a termesztőhelyiség levegőjéből szilárd-fázisú mikroextrakciós mintavételi technikával kombinált gázkromatográfiás tömegspektrometriai (HS-SPME-GC-MS) eljárással is (Radványi et al., 2015).



#### 4. A *Hypomyces perniciosus* által okozott fertőzés elleni védekezési lehetőségek

##### 4.1. Agrotechnikai védekezés

A gombatermesztő helyiségek és a termesztésben használt eszközök, termesztési alapanyagok hőkezeléssel fertőtleníthetők oly módon, hogy minimum 4 órán át, megközelítőleg 49 °C-os hőmérsékletnek teszik ki őket (Lambert, 1931). Később megállapították, hogy 50 °C-os vagy annál magasabb hőmérsékleten legalább 20 percig kezelve a kórokozó elpusztul (Han et al., 1974).

##### 4.2. A kémiai védekezés lehetőségei

A kórokozók ellen kémiai ágensekkel is védekezhetünk. A 20. század első felében teszteltek először kéntartalmú szereket a *H. perniciosus*-szal szemben, melynek során megállapították, hogy szinte teljesen megakadályozták a fertőzés kialakulását (Lambert, 1931). A 20. század végén más kémiai ágenseket is teszteltek, és a kísérletek eredményei azt mutatták, hogy mind a prokloráz, mind a benomil gátló hatást fejt ki a micéliális növekedésre (Jhune et al., 1991). A karbendazim és prokloráz-mangán *in vitro* vizsgálatok alapján már alacsony koncentrációban hatékonyak bizonyultak a *H. perniciosus*-szal szemben. Ezzel ellentétben az iprodion hatóanyag nagyobb koncentrációban sem volt kellően hatásos (Gea et al., 2010).

##### 4.3. A biológiai védekezés lehetőségei

Az utóbbi időkben a kémiai fungicidek alternatívájaként környezetbarát védekezési módszereket helyeznek előtérbe. A gombapatogének ellen más gombák által kibocsájtott illatanyagok, növényi eredetű illóolajok, valamint mikrobiológiai készítmények alkalmazásával kísérleteznek. A csiperke és más gombák által kibocsájtott 1-oktén-3-ol illatanyag gátolja a kórokozó spóráképzését, valamint a *Pseudomonas* fajok növekedését a gombaágyban, ezzel segítve a csiperke fejlődését (Berendsen al., 2013). Tanović és munkatársai (2009) számos illóolajat teszteltek több gombapatogénnel, többek között a *H. perniciosus*-szal szemben. A kísérletek során a gerániumolaj is jelentős gátlást mutatott, de a leghatékonyabbnak az oregánóolaj bizonyult (Tanović et al., 2009). Magyarországon Geösel és munkatársai (2014) szintén növények illóolajainak hatásait tanulmányozták. A hatékonyság összehasonlítása céljából a prokloráz-mangán és egy *Bacillus subtilis* törzs antagonista tulajdonságát is vizsgálták. Megállapították, hogy a fahéj-, a menta- és a gerániumolaj jelentős gátlást fejtettek ki a *H. perniciosus* növekedésére, viszont a csiperkegomba növekedését is hátrányosan befolyásolták. Ebből arra következtethetünk, hogy a tesztelt illóolajok nem szelektívek, továbbá áruk és alkalmazásuk nehézségéből fakadóan sem vehetik fel a versenyt a hagyományos védekezési módszerekkel (Geösel et al., 2014).

A gombakórokozók ellen mikrobiális készítményekkel is védekezhetünk. Mivel a *Bacillus subtilis* tesztelése során a nedves móléval szemben hatásosnak bizonyult, így akár a termesztésben használható készítmény fejleszthető belőle (Geösel et al., 2014).



#### 4.4. Rezisztens csiperkefajták alkalmazása a termesztésben

A terméskiesés megelőzésének egyik módszere lehet a betegségekre természetesen rezisztens fajták termesztése. Az *Agaricus blazei* alternatívaként szolgálhat a csiperkegomba termesztésben, mivel ellenálló a *L. fungicola* (korábban *Verticillium fungicola*) által okozott száraz mólé betegséggel, valamint a nedves móléval szemben (Geösel, 2011).

Fu és munkatársai (2016) tanulmányukban 28 *A. bisporus* törzset vizsgáltak, melynek során móléval szemben ellenálló törzseket kerestek. Megállapították, hogy 10 vad törzs erősen rezisztensnek, 5 törzs érzékenynek, 13 termesztett törzs pedig erősen érzékenynek bizonyult. A vizsgálatok azt is felfedték, hogy a Kínában megtalálható vad csiperke törzsek genetikai diverzitása magasabb, mint a termesztett törzseké, viszont génáramlásuk alacsony szintet mutat. A vizsgált kínai vad törzsek a termesztett törzsekétől eltérő, konszenzus ősi genotípussal rendelkeznek (Fu et al., 2016).

#### 5. Kitekintés

A nedves mólé betegséget okozó *Hypomyces perniciosus* (korábban *Mycogone perniciosa*) súlyos problémákat képes okozni a csiperke termesztésében. Mivel a nedves mólé ellen bevethető kémiai védekezési lehetőségek köre korlátozott, a közeljövőben az alternatív, biológiai védekezési eljárások térnyerése várható. Li és munkatársai (2019) sikeresen meghatározták a *H. perniciosus* HP10-es törzsének teljes, 44 Mb méretű, 10 077 gént tartalmazó genomszekvenciáját. Filogenetikai elemzések rámutattak, hogy a *H. perniciosus* közeli rokonságban áll a *Cladobotryum protrusum*-mal, mely a pókhálós penész egyik kórokozója (Li et al., 2019). A genomszekvencia részletes elemzése fontos információkat szolgáltat a patogenitásában szerepet játszó génekről, és jelentősen hozzájárul a gazda-patogén interakciók vizsgálatához, ezáltal új védekezési stratégiák kidolgozásához nyújthat támogatást.

#### Köszönetnyilvánítás

A kézirat a GINOP-2.2.1-15-2016-00006 (A gombaipari termékpálya ökológiai gazdálkodásra történő átállásának előmozdítása, termékbiztonság fokozása és új, funkcionális gombaalapú élelmiszerek előállítás) projekt támogatásával készült.

#### Irodalomjegyzék

- Al Ghazzawi, A., Al-Beig, N. (2011): First report of *Mycogone perniciosa* on cultivated mushroom *Agaricus bisporus* in Syria. *Journal of Plant Pathology*, 93 (S4): 63–89. <http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v93i4.2364>
- Berendsen, R.L., Kalkhove, S.I.C., Lugones, L.G., Baars, J.J.P., Wösten, H.A.B., Bakker, P.A.H.M. (2013): Effects of the mushroom-volatile 1-octen-3-ol on dry bubble disease. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 5535–5543. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-4793-1>
- Fu, Y., Wang, X., Li, D., Liu, Y., Song, B., Zhang, C., Wang, Q., Chen, M., Zhang, Z., Li, Y. (2016): Identification of resistance to wet bubble disease and genetic diversity in wild and cultivated

- strains of *Agaricus bisporus*. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (10): 1568. <https://doi.org/10.3390/ijms17101568>
- Gea, F.-J., Tello, J.C., Navarro, M.-J. (2010): Efficacy and effects on yield of different fungicides for control of wet bubble disease of mushroom caused by the mycoparasite *Mycogone perniciosa*. *Crop Protection*, 29 (9): 1021–1025. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.06.006>
- Gösel A. (2016): A termesztett csiperkegomba védelme. *Növényvédelem*, 77: 461–471.
- Gösel A. (2011): Az *Agaricus blazei* (Murrill) termesztési lehetőségei és komplex összehasonlító vizsgálata. Doktori értekezés, Corvinus Egyetem Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék, Budapest.
- Gösel A., Szabó A., Akan, O., Szarvas J. (2014): Effect of essential oils on mycopathogens of *Agaricus bisporus*. In: Singh, M. (szerk.): *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*, ICAR-Directorate of Mushroom Research, Újdelhi, India, pp. 530–553.
- Glamoclija, J.-M., Sokovic, M.-D., Ljaljevic-Grbic, M.-V., Vukojevic, J.-B., Milenkovic IM, van Griensven LJLD (2007): Morpho-physiological characteristics and interactions of isolates of *Mycogone perniciosa* (Magnus) Delacr., *Proceedings for National Sciences - Matica Srpska*, 113: 235–241.
- Golak-Siwulska, I., Kaluzewicz, A., Wdowienko, S., Dawidowicz, L., Sobieralski, K. (2018): Nutritional value and health-promoting properties of *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. *Herba Polonica*, 64 (4): 71–81. <https://doi.org/10.2478/hepo-2018-0027>
- Györfi J. (2010): Élettani eredetű fejlődési rendellenességek a csiperkegomba-termesztésben, *Agrofórum*, pp. 31–33.
- Han, Y.-S. Kim, D.-S., Jun, B.-S., Shin, K.-C. (1974): Some factors affecting growth of *Mycogone perniciosa* Magn. causing wet bubble in cultivated mushroom, *Agaricus bisporus* (Lange) Sing., *Korean Journal of Mycology*, 2: 1–6.
- Jamali, M., Goltapeh, M., Moghaddam, F.A., Nasaj, S.M., Mohammadi, E. (2014): Pathogenesis of *Mycogone perniciosa* causal agent of wet bubble of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 50: 165–167.
- Jeong, C.-S., Jeong Y.-T., Yang B.-K., Islam, R., Koyyalamudi, S. R., Pang, G., Cho, K.-Y., Song, C.-H. (2010): White button mushroom (*Agaricus bisporus*) lowers blood glucose and cholesterol levels in diabetic and hypercholesterolemic rats. *Nutrition Research*, 30: 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.12.003>
- Jhune, C.-S., Kim, G.-P., Cha, D.-Y. (1991): Studies on the chemical control of *Mycogone perniciosa* Magn in cultivation of mushroom *Agaricus bisporus* (Lang) Sing. *Korean Journal of Mycology*, 19 (1): 85–90.
- Kouser, S., Shah, S. (2013) Isolation and identification of *Mycogone perniciosa*, causing wet bubble disease in *Agaricus bisporus* cultivation in Kashmir. *African Journal of Agricultural Research*, 8: 4804–4809. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.6808>
- Kouser, S., Shah, S., Ahmed, M., Shah, M.-D., Sheikh, P.A. (2015): Morphological characteristics of wet bubble disease (*Mycogone perniciosa*) isolated from button mushroom (*Agaricus bisporus*) and assessment of factors affecting disease development and spread. *African Journal of Microbiology Research*, 9: 185–193. <https://doi.org/10.5897/AJMR2013.6533>
- Kredics L., Hatvani L., Körmöczy P., Manczinger L., Vágvölgyi Cs. (2011): A termesztett csiperke zöldpenészes fertőzése. *Mikológiai Közlemények Clusiana*, 50 (2): 199–218.
- Lambert, E.-B. (1931): Mushroom disease known as „bubbles” controlled by exclusion and eradication. In: Eisenhower, M.S., Chew, A.P.: *Yearbook of Agriculture*, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA, pp. 394–396.
- Li, D., Sossah, F.L., Sun, L., Yongping, F., Li, Y. (2019) Genome analysis of *Hypomyces pernicius*, the causal agent of wet bubble disease of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Genes*, 10 (6): 417–452. <https://doi.org/10.3390/genes10060417>
- Radványi, D., Gere, A., Jókai, Z., Fodor, P. (2015): Rapid evaluation technique to differentiate mushroom disease-related moulds by detection of microbial volatile organic compounds using

- HS-SPME-GC-MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407: 537–545. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8302-x>
- Schilberszky K. (1899): A csiperkegomba mólé-betegsége. *Pótfüzet, Természettudományi Közlöny*, 31 (2): 65–75.
- Siwulski, M., Sobieralski, K., Górski, R., Lisiecka, J., Sas-Golak, I. (2011): Temperature and pH impact on the mycelium growth of *Mycogone pernicios*a and *Verticillium fungicola* isolates derived from Polish and foreign mushroom growing houses. *Journal of Plant Protection Research*, 51: 268–272. <https://doi.org/10.2478/v10045-0011-0044-6>
- Tanović, B., Potočnik, I., Delibasic, G., Ristic, M., Kostic, M., Markovic, M. (2009): *In vitro* effect of essential oils from aromatic and medicinal plants on mushroom pathogens: *Verticillium fungicola* var. *fungicola*, *Mycogone pernicios*a, and *Cladobotryum* sp. *Archives of Biological Sciences*, 61: 231–237. <https://doi.org/10.2298/ABS0902231T>
- Umar, M.H., Geels F.P., van Griensven L.J.L.D. (2000): Pathology and pathogenesis of *Mycogone pernicios*a infection of *Agaricus bisporus*. In: van Griensven, L.J.L.D. (szerk.): *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi*, vol. 2, Balkema, Rotterdam, Hollandia, pp. 561–567.
- Wang, W., Li, X., Chen, B., Wang, S., Li, C., Wen, Z. (2016): Analysis of genetic diversity and development of SCAR markers in a *Mycogone pernicios*a population. *Current Microbiology*, 73: 9–14. <https://doi.org/10.1007/s00284-016-1020-1>
- Zhang, C., Kakishima, M., Xu, J., Wang, Q., Li, Y. (2017): The effect of *Hypomyces pernicios*us on the mycelia and basidiomes of *Agaricus bisporus*. *Microbiology*, 163 (9): 1273–1282. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000521>