



Globális megatrendek hatásai mikroszkopikus gombák előfordulására
a Pannon Biogeográfiai Régióban

DOI: 10.54598/001890

Tischner Zsófia Bernadett

Gödöllő

2022

A doktori iskola

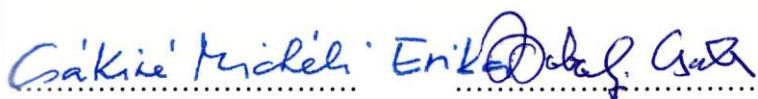
Megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

Tudományága: Környezettudomány

Vezetője: Csákiné Dr. Michéli Erika, MTA lev. tagja
egyetemi tanár, intézetigazgató
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Környezettudományi Intézet

Témavezető: Dr. Dobolyi Csaba, C.Sc.
nyug. egyetemi docens
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Környezetbiztonsági Tanszék

Témavezető: Dr. Magyar Donát, Ph.D.
vezető hivatali főtanácsos
Nemzeti Népegészségügyi Központ
Laboratóriumi Központ
Környezetegészségügyi Laboratóriumi Főosztály


.....

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezető jóváhagyása


.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOM

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	V
1. BEVEZETÉS	1
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	5
2.1. Globális megatrendek általános áttekintése	5
2.2. Globalizáció megatrendje.....	6
2.2.1. A gombák behurcolásának lehetőségei	7
2.2.2. A gombák behurcolásával összefüggő irányítási stratégiák áttekintése	12
2.3. Technológiai fejlődés megatrendje	13
2.3.1. Modern anyagok, mint gombaszubsztrátumok	14
2.3.2. „Nedves cellák”, mint gombaélelőhelyek	14
2.3.3. Modern belső terek, épületek, mint gombaélelőhelyek	17
2.4. Globális klímaváltozás megatrendje	17
2.4.1. Éghajlatváltozás Magyarországon, klímamodellek	18
2.4.2. A globális felmelegedés mikroszkopikus gombákra gyakorolt hatásai	23
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	26
3.1. A mintavételezés menete.....	28
3.1.1. Vízminták.....	28
3.1.2. Levegőminták.....	29
3.1.3. Felületi minták	30
3.1.4. Anyagminták	30
3.2. Mikroszkopikus gombák tenyésztése	31
3.3. Gombatorzsek kvantitatív és kvalitatív vizsgálata, izolálása és morfológiai azonosítása.....	32
3.4. Izolált gombatorzsek törzsgyűjteménybe tétele	32
3.5. Molekuláris azonosítás.....	33
3.5.1. DNS izolálás.....	33
3.5.2. A határozásra alkalmas DNS szakaszok bemutatása és azok amplifikálása PCR segítségével	34

3.5.3. DNS és PCR termék tisztítása.....	36
3.5.4. Agaróz gélelektroforézis	36
3.5.5. Szekvenáló reakció.....	37
3.5.6. A szekvenálás eredményének elemzése, a törzsek meghatározása.....	39
3.6. Tolerancia tesztek kiválasztott törzsekkel.....	40
3.6.1. Mosógépekből származó gombatörzsek növekedése a készülékekre jellemző környezeti paraméterek hatására	40
3.6.2. Gombatörzsek növekedésének vizsgálata klímaszcenáriók által előre jelzett hőmérsékleti értékeken.....	46
3.7. Környezeti paraméterekre vonatkozó mérések	48
3.8. Használati szokásokra vonatkozó felmérés.....	49
3.8.1. Mosógépek használatára vonatkozó felmérés	49
3.8.2. Ballonos vízadagolók használatára vonatkozó felmérés.....	49
3.9. Irodalmi adatgyűjtés.....	50
3.10. Statisztikai elemzések	50
3.10.1. A mosógépekből származó gombák vizsgálati eredményeinek statisztikai elemzése .	50
3.10.2. A ballonos vizsgálat eredményeinek statisztikai elemzése	51
3.10.3. A klímaváltozás hatásaira vonatkozó vizsgálat eredményeinek statisztikai elemzése .	51
4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE	52
4.1. Globális kereskedelemről, turizmusból és árucseréről származó behurcolt gombák ...	53
4.1.1. Globális kereskedelemről, turizmusból és árucseréről származó behurcolt gombák vizsgálatának eredményei	53
4.1.2. A globális áru- és személyforgalom gombapropagulum terjesztő szerepére vonatkozó eredmények megbeszélése.....	57
4.1.3. A behurcolt gombák túlélési esélyei	61
4.2. Technológiai megatrenddel összefüggésbe hozható gombakolonizáció.....	62
4.2.1. Mosógépek gombaszennyezettségére vonatkozó kutatás eredménye és megbeszélése.....	62
4.2.1.1. A mosógépek gombaszennyezettsége	62

4.2.1.2. A mosógépekből izolált gombataxonok és azok gyakorisága	63
4.2.1.3. Kérdőíves eredmények	65
4.2.1.4. A tolerancia tesztek eredményei.....	68
4.2.1.5. A mosógépek mikológiai vizsgálatára vonatkozó eredmények megbeszélése ...	75
4.2.2. Ballonos vízadagolók vizsgálatának eredménye és megbeszélése	78
4.2.2.1. A kérdőíves vizsgálat és a fizikai, kémiai, biológiai paraméterekre vonatkozó vizsgálatok eredményei	78
4.2.2.2. A készülékekből izolált gombák és azok összefüggései a vizsgált paraméterekkel	80
4.2.2.3. A ballonos vízadagoló készülékek mikológiai vizsgálatára vonatkozó eredmények megbeszélése.....	82
4.2.3. Egyéb „nedves cellákra” vonatkozó eredmények és megbeszélésük	85
4.2.3.1. Egyéb „nedves cellákra” vonatkozó eredmények	85
4.2.3.2. Egyéb „nedves cellákra” vonatkozó eredmények megbeszélése	85
4.2.4. A technológiai fejlődési trenddel összefüggésbe hozható egyéb vizsgálatok eredményei és megbeszélésük.....	87
4.2.4.1. Modern légterekből – sósobákból – izolált gombataxonok.....	87
4.2.4.2. Modern légterekből – passzív házakból – izolált gombataxonok	87
4.2.4.3. Modern épületanyagok vizsgálatának eredményei.....	88
4.2.4.4. A technológiai fejlődési trenddel összefüggésbe hozható egyéb vizsgálati eredmények megbeszélése.....	88
4.2.5. A technológiai fejlődési trenddel összefüggésbe hozható vizsgálati eredmények összehasonlító elemzése és megbeszélése	88
4.3. A klímaváltozás megatrendjének hatása behurcolt gombafajok növekedésére	93
4.3.1. A klímaváltozás megatrendjével kapcsolatos eredmények.....	93
4.3.2. A klímaváltozás megatrendjével kapcsolatos eredmények megbeszélése	100
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	105
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	109
7. ÖSSZEFOGLALÁS.....	112

8. SUMMARY	114
9. MELLÉKLETEK	116
Melléklet 1. Irodalomjegyzék	116
Melléklet 2. Kérdőív a mosógépek használatára vonatkozóan	138
Melléklet 3. Kérdőív a ballonos vízadagolók használatára vonatkozóan	143
Melléklet 4. A különböző országokból a PBR-be importált árukön és csomagolóanyagokon kimutatott gombák listája	148
Melléklet 5. Mosógépek gombaszennyezettsége	155
1. táblázat Mosógépekből izolált és azonosított gombataxonok listája.....	155
2. táblázat A gombataxonok száma a magyar háztartások egyes mintavételezett mosógépeiben.....	158
Melléklet 6. A ballonos vízadagoló készülékekből izolált és azonosított gombataxonok listája..	160
Melléklet 7. A technológiai fejlődési megatrenddel összefüggésbe hozható gombataxonok	165
1. táblázat A technológiai fejlődési megatrenddel összefüggésbe hozható izolált, törzsgyűjteménybe helyezett és azonosított gombataxonok listája.....	165
2. táblázat Sósobák levegőjéből kimutatott gombataxonok, azok koncentrációi és beltéri-kültéri előfordulásuk.....	174
3. táblázat Sósobák levegőjéből kimutatott gombataxonok, azok koncentrációi és beltéri-kültéri előfordulásuk.....	176
Melléklet 8. A klíma tolerancia teszt eredményei	178
1. táblázat RCP 4.5 eredményei a kontrollhoz képest	178
2. táblázat RCP 8.5 eredményei a kontrollhoz képest	181
3. táblázat RCP 4.5 és RCP 8.5 összehasonlítása.....	183
1. ábra A klíma tolerancia kísérletben részt vevő gombatörzsek növekedési eredményei	185
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	186

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

BWD	bottled water dispenser (ballonos vízadagoló készülék)
CFU	colony forming unit (telepképző egység)
CMD	calmodulin (kalmodulin)
dNTP	deoxynucleotide triphosphates (deoxinukleotid trifoszfátok)
EDTA	etilén-diamin-tetraecetsav
EPPO	European and Mediterranean Plant Protection Organization (Európai és Mediterrán Növényvédelmi Szervezet)
FOSC	<i>Fusarium oxysporum</i> species complex (<i>Fusarium oxysporum</i> fajkomplexum)
FSSC	<i>Fusarium solani</i> species complex (<i>Fusarium solani</i> species complex)
HPC	heterotrophic plate count (összcsíraszám)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Egyesült Nemzetek Nemzetközi Klímaváltozási Testülete)
IPPC	International Plant Protection Convention (Nemzetközi Növényvédelmi Egyezmény)
ITS	internal transcribed spacer (köztes átírózó régió)
MMVF	man-made vitreous fibers (mesterséges gyapotok, pl.: ásványi gyapotok/kőzetgyapot, üveggyapot)
NÉBIH	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
NNK	Nemzeti Népegészségügyi Központ
OSB	oriented strand board (irányított szálelrendezésű forgácslap, urea-formaldehid ragasztással)
PBR	Pannon Biogeográfiai Régió
PCR	polymerase chain reaction (polimeráz láncreakció)
RCP	Representative Concentration Pathways (Koncentrációváltozás Reprezentatív Pályái)
RNQP	regulated non quarantine pest (vizsgálatköteles nem zárlati károsító)
sp.	species (faj)
spp.	species (fajok)
SZMC	Szeged Microbiological Collection (Szegedi Nemzetközi Mikrobiológiai Törzsgyűjtemény)
TEF	translation elongation factor 1 α (transzlációs elongációs faktor 1 α)

1. BEVEZETÉS

„Globalizáció nemcsak ott van, ahol a sarki bolt helyén McDonald's nyílik (...) naponta milliárd és ezermilliárd mikroorganizmus utazza körbe a világot anélkül, hogy egy centet is kellene fizetnie érte.” /Giulia Enders/

Beltéri és kültéri, illetve mesterséges és természetes környezetünk komplexitása, változása, az ipar és a technológia fejlődése meghatározó jelentőségű a mikroszkopikus gombák elterjedésében és diverzitásában. Az emberi tevékenység nyomán létrejövő globális szintű változások meghatározására a megatrend fogalmat használjuk, melyek kezdetben alig észrevehető lassú folyamatok, később azonban hosszú távú globális hatásokat váltanak ki. Hatásaik következményeként társadalmi, politikai, demográfiai és környezeti változások figyelhetők meg. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 11 globális megatrendet fogalmazott meg 2015-ben (SOER riport). A Földművelésügyi Minisztérium 2017-es kiadványában hazai környezetbe emelte ezeket a megatrendeket, melyek magyar fordításban a következőképp hangzanak:

1. „Eltérő globális népesedési folyamatok”
2. „Egy városiasabb világ felé”
3. „Változó betegségterhek és egyes világjárványok kockázata”
4. „Felgyorsuló technológiai változás”
5. „Folyamatos gazdasági növekedés?”
6. „Az egyre inkább többpólusú világ”
7. „Fokozódó globális verseny az erőforrásokért”
8. „Növekvő nyomás az ökoszisztémákon”
9. „Az éghajlatváltozás egyre súlyosabb következményei”
10. „Növekvő környezetszennyezés”
11. „Új szemlélet a kormányzásban”.

Néhányuk – a gazdasági növekedéssel folyamatosan gyorsuló globális transzport (5.), a járványok kockázata (3.), a technológiai fejlődés és urbanizáció (4. és 2.), valamint az éghajlatváltozás (9.) – jelentős hatással lehet a mikroszkopikus gombák elterjedésére, túlélésére és szaporodására. Hazánkban ez a változás különösen jelentős, mivel Európa egyik sérülékeny, különleges földrajzi adottságokkal bíró, zárt régiójában, a Pannon Biográfiai Régióban (PBR) található. E fajok jelenléte környezetünkben nem elhanyagolható, hiszen toxintermelő képességük és egyéb tulajdonságaik (szálló spóráik, illékony szerves vegyületeik, fertőzőképességük) komoly növény-, állat- és humán-egészségügyi kérdéseket vetnek fel.

A globális áru- és személyforgalom szabad áramlásának hatására nagy mennyiségű gombaspórát és egyéb inokulumot hurcolnak be észrevétlenül, például importált trópusi gyümölcsökkel, talajjal és csomagolóanyagokkal hazánkba. Ezek a fajok elszakadva természetes élőhelyüktől a célország klímájához (esetünkben mérsékelt égövi nedves kontinentális éghajlathoz) próbálnak adaptálódni és új természetes és/vagy mesterséges élőhelyeken megtelepedni. Nemcsak a világkereskedelem, hanem a nagy távolságú, kontinenseken átívelő tömegközlekedés is az idegenhonos fajok ellenőrizetlen (sokszor nem szándékos) behurcolását eredményezi. A technológiai fejlődés következtében ezek a gombák új élőhelyekre tesznek szert az emberek közvetlen környezetében. Az esetek többségében ezeket magas hőmérsékletű trópusira hasonlító mikrokörnyezeteknek tekintik. Sok esetben ezek más szempontból (is) extrém élőhelynek tekinthetők, pl. magas sótartalom, szélsőséges pH vonatkozásában. E tényezőkhöz a gombák egyre inkább alkalmazkodni tudnak. Az épületekben megjelenő penészgombák elsősorban levegőminőség-romlást idéznek elő szálló spóráik és az általuk termelt illékony szerves vegyületek levegőbe jutása révén (IOM 2004, WHO 2009). Számos ilyen, extrém beltéri környezetben megtelepedő gombafaj jelenléte hosszabb kitettség esetén allergiához, asztmához vezethet az arra érzékeny egyéneknél és az érzékeny korcsoportba tartozóknál (MAGYAR et al. 2016). Ennek oka, hogy e gombák allergén anyagokat termelnek, de ezek mellett mikotoxinokat és egyéb másodlagos metabolitokat is a környezetükbe juttatnak (WALINDER et al. 2005). A gombák által termelt illékony komponensek egyéni érzékenységtől függően kiválthatnak irritációt, légúti gyulladásokat, levertséget, fáradékonyságot, és citotoxikus hatásuk is ismert (WALINDER 2005). A gombaspórák többnyire allergiát, súlyosabb esetben asztmát is okozhatnak. A belső téri penészedés az egyik tényezője annak a légúti és neurológiai betegségeket is magába foglaló tünetegyüttesnek, amelyet a szakirodalom „épületekhez kötődő betegségeknek” (*'building related illnesses'*) nevez. Az építőiparból és vegyiparból származó új alapanyagok a penészgombák számára új tápközegként (szubsztrátumként) szolgálnak. Ilyen új épületanyag pl. a gipszkarton, az MMVF, az OSB, a műanyag, a fűrészporos vagy az üvegszálás tapéta. A penészgombák a beltéri környezetben főképp ázó, nedvesedő falakon jelennek meg, ill. ún. „nedves cellákban” (*'wet cells'*, LIAN és DE HOOG 2010, WANG et al. 2018): fürdőszoba és konyha vízzel gyakran borított felületein (lefolyók, mosdók, kádak széle stb.), illetve vízzel üzemelő berendezéseinkben (mosógép, mosogatógép, vízadagoló, páramentesítő stb.). E beltéri berendezések megfelelő nedvességet, a bennük lévő szerves szennyeződések pedig tápanyagot biztosítanak a gombák számára. Kórházi környezetben szintén előfordulnak a „nedves cellákban” (katéterekben, vízadagolóknak, szellőző rendszerekben stb.) megtelepedő gombák; ezek megjelenése fokozott egészségi kockázattal (pl. nosocomialis fertőzések kialakulásával) járhat. A behurcolt, magas hőmérséklet igényű (termotoleráns) gombafajok egy része nagy hatással lehet

a mezőgazdaságra és az élelmiszerbiztonságra is, elsősorban mikotoxin termelésük következtében. A belső téri környezetben megjelenő gombafajok kártétele építőipari és higiéniai szempontú változtatások bevezetésével megelőzhető vagy csökkenthető. A globális megatrendek gombákra gyakorolt hatásai nemcsak a gazdaság és az egészség, hanem a növény- és környezetvédelem szempontjából is új kérdéseket vetnek fel és új vizsgálatok szükségességét vonják maguk után.

Doktori munkám során célunk volt a PBR-t érintő globális megatrendekkel kapcsolatba hozható mikrogomba taxonok áttekintése, a legelterjedtebb gombák behurcolásával kapcsolatos tudásbeli hiányosságok pótlása, valamint azok helyi lakosságra és környezetre gyakorolt komplex hatásainak vizsgálata és megvitatása. Öt megatrendet emeltünk ki, nevezetesen: „*Egy városiasabb világ felé*”, „*Változó betegségterhek és egyes világjárványok kockázata*”, „*Felgyorsuló technológiai változás*”, „*Folyamatos gazdasági növekedés?*” és „*Az éghajlatváltozás egyre súlyosabb következményei*”, (2., 3., 4., 5. és 9.), amelyek befolyásolhatják a mikroszkopikus gombák elterjedési tartományát, szaporodását és toxintermelését a PBR-ben. Mikológiai aspektusból közelítve a fenti megatrendeket összevontuk és átfogalmaztuk annak érdekében, hogy ténylegesen azok a folyamatok legyenek kihangsúlyozva, amelyek a gombavilágot közvetlenül érintik, így kaptuk a **globalizáció, technológiai fejlődés és éghajlatváltozás** megatrendjeit. A globalizáció megatrendje a felgyorsult személy- és áruforgalom világszerte, ideértve az online vásárlást és a járványterhek fokozódását (mely a gombák esetében eddig főleg a növény- és az állatvilágot érintette). A „*Folyamatos gazdasági növekedés?*” és a „*Változó betegségterhek és egyes világjárványok kockázata*” szorosan egybefonódnak. EHRENFELD (2003) és HULME (2009) tanulmányai szerint a globalizáció egyik fő hajtóereje a gazdasági bevételek növekedése. A technológiai fejlődés során új anyagok és modern mikrokörnyezetek jönnek létre, amelyek támogatják a gombák kolonizációját. Az urbanizáció („*Egy városiasabb világ felé*”) megatrendje összevonható a technológiai fejlődéssel a tekintetben, hogy a városiasodás, nagyvárosi létforma révén olyan életterek, körülmények jönnek létre, amelyek új feltételeket teremtenek a gombák számára. Az éghajlatváltozás a globális felmelegedés és a szélsőséges időjárási események révén lehetővé teszi idegenhonos gombafajok új természetes élőhelyeken történő megtelepedését.

A globalizáció megatrendjével összefüggésbe hozható, új mikrobiális mikológiai kockázatok vizsgálatára az alábbi célkitűzést tartottuk irányadónak:

- Trópusi és szubtrópusi import árucikkek és csomagolóanyagok gombaszennyezettségének vizsgálata

A technológiai fejlődési trendekkel összefüggésbe hozható, új mikrobiális kockázatok vizsgálatára az alábbi célokat tűztük ki:

- Az extremotoleráns gombák számára élőhelyet biztosító modern háztartási gépek vizsgálata: mosógépek, ballonos vízadagolók, egyéb készülékek
- Új épületanyagok vizsgálata, pl.: gipszkarton, kőzetgyapot, OSB
- Új típusú belső terek levegőjének vizsgálata: sósobák, passzív házak, egyéb légterek

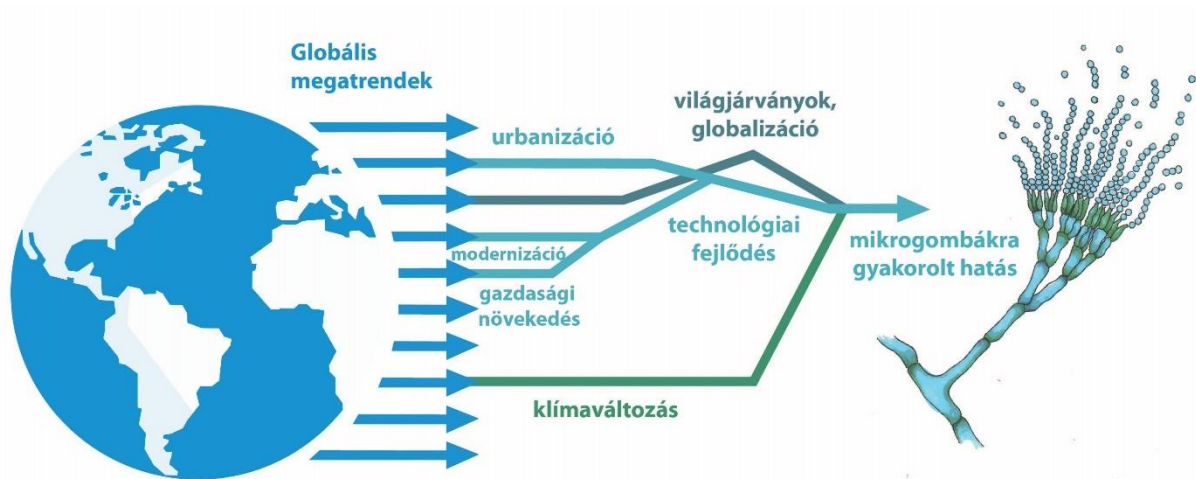
A globális klímaváltozás trendjével összefüggésbe hozható, új mikrobiális kockázatok vizsgálatára az alábbi célkitűzést fogalmazzuk meg:

- Trópusi és szubtrópusi régiókból behurcolt gombafajok termotoleranciájának vizsgálata hazánkra vonatkoztatott klímajóslatok figyelembe vételével.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Globális megatrendek általános áttekintése

A 21. században számos olyan globális változás figyelhető meg, amelyek összefüggenek az emberi tevékenységekkel és a jövőben befolyásolhatják a környezetet. Ezek a változások kapcsolódnak egymáshoz, és gazdasági, demográfiai, környezeti, valamint politikai hatásokkal bírnak. Ezen globális átalakulások alapján megatrendeket fogalmaztak meg, amelyek nagy léptékű és jelentős hatású, gyakran egymástól függő folyamatok. Eleinte ezek lassan alakulnak ki, később azonban hosszú távú, globális szintű változásokat hoznak létre. Társadalmi, gazdasági, politikai, környezeti és technológiai kategóriák szerint osztályozhatók. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 11 globális megatrendet határozott meg a Környezet állapotáról szóló jelentésben (SOER 2015). A globális megatrendek megváltoztathatják a jövőbeni Európa fogyasztási szokásait, és befolyásolhatják Európa környezetét és éghajlatát. Európa biogeográfiai régióit eltérő módon érintik az említett globális változások (EEA 2003, 2017), melyek közül a Pannon Biogeográfiai Régió az egyik legkiszolgáltatottabb (EEA 2017, SANTINI et al. 2013). A PBR-ben a biológiai sokféleséget az invazív fajok és az éghajlatváltozás közvetlenül befolyásolják (CHYTRÝ et al. 2009). Az elmúlt 500 év folyamán az ember tevékenységének hatására fokozatosan leomlottak azok a földrajzi akadályok, amelyek évmilliókon keresztül felosztották a Föld élővilágát (RICHARDSON et al. 2000, SANTINI et al. 2013). A nagy távolságokra történő utazás és szállítás példátlan növekedése az endemikus fajokat eljuttatja a természetes elterjedési területükön kívülre, ezzel globális szinten átszerveve a biótát (CHAPMAN et al. 2017). Számos tanulmány a fajok jelenkori elterjedését a világkereskedelemnek és a szállításnak tulajdonította. A legtöbb tanulmány vírusokra (MASCOMA et al. 2020), valamint invazív növény- és rovarfajokra összpontosított (WALTHER et al. 2009). Azonban kevesebb tanulmány foglalkozott a globális megatrendek mikroszkopikus gombákra gyakorolt hatásaival (DESPREZ-LOUSTAU et al. 2007) (**1. ábra**).



1. ábra A globális megatrendek komplexitása és gombákra gyakorolt hatásai
(Forrás: saját készítésű ábra)

2.2. Globalizáció megatrendje

A gombák a Föld ökoszisztémájának alapvető építőkövei, nemcsak a fajok nagy száma, hanem ökológiai, evolúciós és társadalmi-gazdasági jelentőségük miatt is. A mikroszkopikus gombák komoly hatással lehetnek az egész társadalomra (demográfiai és politikai szempontból is). Még az emberi történelem menetét is képesek megváltoztatni, például a 19. századi írországi burgonyavész (*Phytophthora infestans*) éhezéshez, gazdasági válsághoz és az angol kormány bukásához vezetett. A 20. században a holland szil betegség (*Ophiostoma novo-ulmi* és *O. ulmi*) és a gesztenyevész (*Cryphonectria parasitica*) városok és erdők faállományának pusztulásához vezetett (BRASIER 1991). A gombák és gomba-szerű mikroorganizmusok által okozott járványok kockázata azóta sem csökkent, sőt, e járványok kialakulásának esélye egyre növekszik, mely járványok veszélyeztethetik mind a mezőgazdasági termelést, mind az élővilág természetes állapotának megőrzését (ANDERSON et al. 2004). A gomba eredetű megbetegedések közelmúltbeli járványszerű kitörései elsősorban az állati és növényi gazdaszervezetek behurcolásához, valamint e gazdaszervezetek megváltozásához (kicserélődéséhez) kapcsolódnak. Az elmúlt két évtizedben a gomba eredetű fertőző betegségek száma megközelítőleg 13-szorosára nőtt (FISHER et al. 2012). A közelmúltban számos gombakórokozó volt felelős a vadon élő fajok körében bekövetkezett kihalási eseményekért (FISHER et al. 2012). Az emberi tevékenység fokozza a gomba eredetű megbetegedések terjedését azáltal, hogy módosítja a természetes környezetet, ezzel új lehetőségeket teremtve az evolúció számára. A közelmúltban megjelent törzsek között szerepelnek a valaha tapasztalt leghalálosabb kórokozók, például a kételtű

kitridiomikózis hipervirulens vonala (*Batrachochytrium dendrobatidis*, JAMES et al. 2009, MARTEL et al. 2014), a letargikus rákbetegség (*Exophiala cancerae*, VICENTE et al. 2012), a fehér orr-szindróma denevérekben (*Pseudogymnoascus destructans*, DREES et al. 2017), a platánok gombás betegsége (*Ceratocystis platani*, „canner stain of plane”, ENGELBRECHT et al. 2004), az eukaliptusz fitoftóra betegsége (*Phytophthora cinnamomi* „jarrah dieback”, DELL és MALAJCZUK 1989) és a hirtelen tölgypusztulás az USA-ban (*Phytophthora ramorum*, „sudden oak death syndrome”, RIZZO és GARBELOTTO 2003). Az elmúlt néhány évtizedben előtérbe kerülő növénybetegségek több, mint fele a korábban fel nem ismert kórokozók behurcolásából származott, beleértve virulens törzsek elterjedését, vagy új agresszív törzsek megjelenését (BANDYOPADHYAY és FREDERIKSEN 1999, ANDERSON et al. 2004).

2.2.1. A gombák behurcolásának lehetőségei

A globális kereskedelmi rendszerek optimális feltételeket biztosítanak a gombák gyors elterjedéséhez. E gombák észrevétlenül behurcolhatók tünetmentes gazdanövényeiken, vagy „potyautasként” a talajban, illetve csomagolóanyagokon (PÉREZ-SIERRA és JUNG 2013). Az ilyen betegségek szorosan kapcsolódnak a biológiai inváziókhöz, amelyek az elmúlt évszázad alatt rendkívüli mértékben megnöttek az intenzív nemzetközi utazás és kereskedelem, valamint az ökoszisztémák nagymértékű átalakulásának következtében. Ezek összességében súlyos társadalmi-gazdasági hatásokat eredményezhetnek (AUKEMA et al. 2011).

A mikroszkopikus gombák, mint növényi kórokozók, azok biotípusai és fajon belüli fiziológiai típusok az emberi tevékenység révén könnyen átjuthatnak egyik helyről a másikra a különböző éghajlatú országok között, vagy akár a kontinensek között. A globalizáció következtében a növények nemzetközi forgalmazási láncja megváltozott. Ezeket intenzívebb, hatékonyabb és gyorsabb szállítási rendszerek, valamint csomagolási és szállítási technológiák jellemzik. Továbbá egyre nagyobb a hangsúly az online kereskedelmen. A terményeket egyre nagyobb arányban tengerentúli üzemek állítják elő, mely a kedvezőbb éghajlatnak, az alacsonyabb költségeknek és a fogyasztók új és egzotikus növények iránti növekvő igényének köszönhető. A fogyasztói igények kielégítésére újabb és újabb, távoli élőhelyek növényfajait hozzák forgalomba, így a hozzájutás egyre könnyebbé válik. Részben e folyamat felelős az ültetésre szánt növények nemzetközi kereskedelmének exponenciális növekedéséért, ebből következően a gombák akaratlan behurcolásáért is (BRASIER 2008, DEHNEN-SCHMUTZ et al. 2010, DREW et al. 2010, LIEBHOLD et al. 2012). Minden régióban (tehát a PBR-ben is) általános elmozdulás tapasztalható a kisebb számú, de nagyobb termelő felé, vagyis a kiskereskedelmi útvonalaknak

csökkenő, a szupermarketeknek pedig növekvő szerepe van. Ez a tendencia a gombák globális elterjedésére és a fitopatogén fajok elleni védekezésre egyaránt hatással lehet (DEHNEN-SCHMUTZ et al. 2010). A növényi kórokozók új gazdaszervezetekre történő gyors terjedésének másik fő oka a vetőmagpiacok globalizációja (GILARDI et al. 2018). Az Egyesült Államokban az éves növényimport 1967 és 2010 között 500%-kal nőtt (LIEBHOLD et al. 2012). Hasonló tendenciák és adatok figyelhetők meg Európával kapcsolatban is, ahol Hollandia adja a tengerentúlról érkező növények behozatalának csaknem 99%-át. A legfontosabb szállító Afrika 3,6 milliárd db növénnyel, majd Ázsia következik 456 millió db növénnyel (Észak- és Dél-Amerika és Óceánia: 181, 81, illetve 2,4 millió db növénnyel).

A különböző károsító szervezeteknek (melyek alatt itt nem csak gombák értendők) egy részét karantén vagy zárlati fajoknak nevezik a növény-egészségügyben. A kifejezés a károsító szervezeteknek egy olyan viszonylag kis csoportjára utal, amelyek nem őshonosak az adott területen, vagy ha mégis megtalálhatók, akkor csak korlátozott elterjedéssel. A behurcolásuk fő útja a kereskedelem, amellyel hosszú távon komoly gazdasági, környezeti és/vagy társadalmi károkat okozhatunk. Behurcolásuk esetén nincsenek megvalósítható módszerek a terjedésük megakadályozására, ezért ezek a fajok a hivatalos ellenőrzés hatálya alá tartoznak. A hivatalos ellenőrzés alatt álló károsító szervezeteknek egy másik csoportját – amelyek csak szaporítóanyagok képesek továbbterjedni – „vizsgálatköteles nem zárlati károsítónak” (*'regulated non-quarantine pests'*, RNQP) nevezik. Ezek a fajok – annak ellenére, hogy már jelen vannak a területen – károsíthatják a növényeket, komoly gazdasági károkat okozva.

A karantén gombák közül említést érdemel a *Tilletia indica*, mely világszerte szabályozott, valamint a *T. controversa*, mely csak bizonyos országok listáján szerepel. Magyarország esetében különösen veszélyesek azon *Tilletia*-fajok, amelyek a búza karantén gombái, hiszen hazánk egyik fő gabonaterménye a búza. HALÁSZ és munkatársai (2014) *Tilletia* spp. teliospórákat vizsgáltak gabonaraktárak levegőjében, különös figyelmet fordítva az importált rakományokra. A raktárak és más rakományok ilyen spórákkal történő szennyeződésének megakadályozása érdekében az ellenőrzési stratégia bizonyos módosításait javasolták.

A fapopulációk közelmúltbeli járványai felhívták a figyelmet a fertőzött faiskolai állomány karantén gombáinak (pl.: *Phytophthora* spp.) erdőbe és félig természetes ökoszisztémákba történő (akár kontinenseken átívelő) behurcolásának jelentőségére is (JUNG et al. 2016). A globalizáció és az intenzív kereskedelem révén az egyes gazdanövények gyakran szabályozatlanul utaznak, több kereskedőn és faiskolán keresztül az országok között, mielőtt eladnák őket a fogyasztóknak (DEHNEN-SCHMUTZ et al. 2010, DREW et al. 2010). A faiskolai állományok széleskörű és kötelező növény-egészségügyi ellenőrzése, valamint a szigorú,

sürgősségi karantén intézkedések ellenére is kimutatható a kórokozó gombák világszintű, észrevétlen behurcolása fertőzött faiskolai állományokkal (DAVISON et al. 2006, GRÜNWALD et al. 2012). Mindazonáltal az egyetlen hatékonynak tűnő intézkedés "potyautas" gombák elterjedése ellen az, hogy szigorú szabályokat kell előírni az importfolyamatokra és a szállítandó árucikkekre (talajra, növényre stb.) nézve.

Bizonyos szállítási módok nincsenek a növény-egészségügyi rendszer látókörében, például a FAO ISPM 15 szabvány hatálya alá tartozó fa csomagolóanyagokat ellenőrzik, de a papírcsomagolást (pl.: karton, orsók, borítékok) nem (FAO 2018a). Számos, nemcsak patogén mikroszkopikus gomba érkezik az árucikkek csomagolóanyagán, azt használva szubsztrátumként; ezért fontosnak tartottuk bizonyos (pl.: fa, papír) csomagolóanyagok mikológiai vizsgálatát is.

Az EU-n kívülről történő behozatal során a szabályozott termékek köre nagyrészt kibővült, és kiterjedt többek között az egzotikus gyümölcsökre, beleértve a világon a legnagyobb mennyiségben forgalmazott gyümölcsöt, a banánt is (FAO 2018b). Az illegális kereskedelem és szállítás egyre inkább problémát jelent, főleg az egzotikus vetőmagok esetében. A potyautas mikrogombák az étkezési gomba termesztésével kapcsolatos anyagok (pl.: szaporítóanyag, komposzt, termőtestek) kereskedelmével is terjedhetnek az egész világon. A termesztett csiperkék (*Agaricus bisporus*) úgynevezett zöldpenész betegségének kórokozója a *Trichoderma aggressivum*, amelynek két biotípusa van: *T. aggressivum f. europaeum* az európai országokban okoz fertőzéseket és a *T. aggressivum f. aggressivum*, amely az USA-ban, Kanadában és Mexikóban rohamosan terjed (KREDICS et al. 2010). Egy nemrégiben készült tanulmány azonban az észak-amerikai *T. aggressivum f. aggressivum* biotípus hazai megjelenéséről számolt be (HATVANI et al. 2017). Ebben az esetben feltételezhető, hogy e biotípus az emberi tevékenységnek köszönhetően terjedt el a kontinensek között.

A növény-egészségügy jelenlegi, szigorú szabályozási rendszere elsősorban arra összpontosít, hogy útját állja a karantén, vagy RNQP-ként számontartott gombáknak, amelyek potenciális növény-egészségügyi kockázatot jelentenek a térségre nézve. Azonban az e szabályozás alatt nem álló gombák kockázatot jelenthetnek a humán-egészségügyben, az élelmiszerbiztonságban vagy egyéb területeken. A már jelenlévő gombafajok új biotípusainak behurcolására, illetve a nem vagy kevésbé patogén fajok inváziójára kevés figyelmet fordítanak, annak ellenére, hogy új környezetben is problematikussá válhatnak, sőt akár váratlan fertőzéseket vagy járványokat is okozhatnak (DESPREZ-LOUSTAU et al. 2007, VAJNA 2007). Endemikus fajhoz tartozó behurcolt gombák szexuális és paraszexuális interakciók révén hibrideket hozhatnak létre a helyi populációban. A hibridizáció nagymértékben segíti az új növénykórokozó

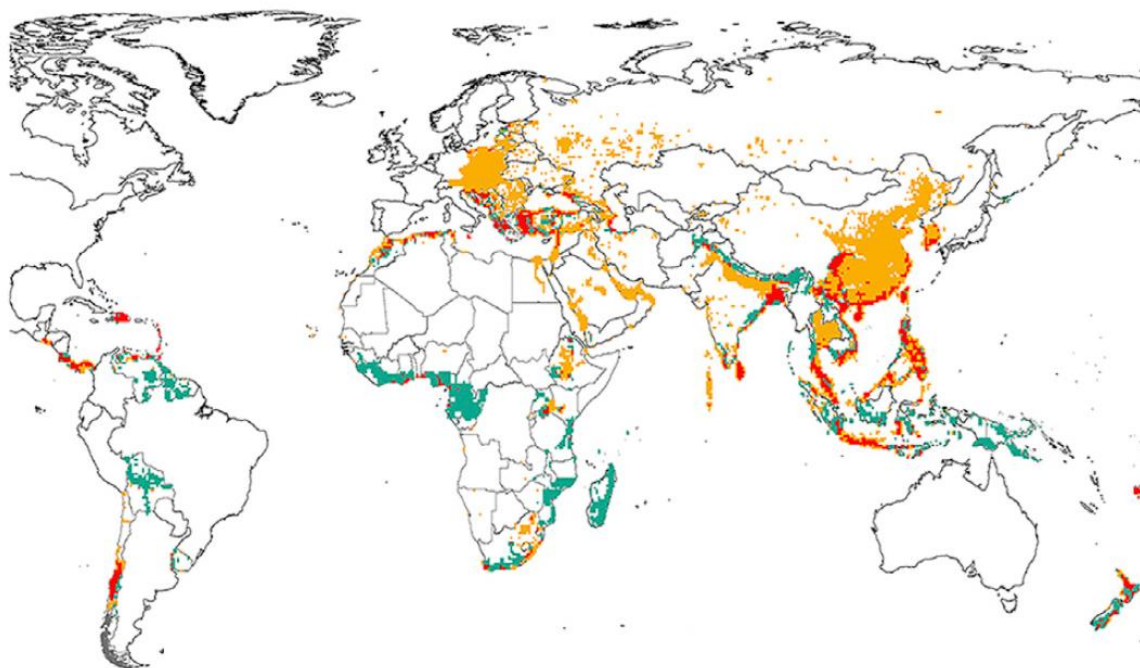
gombatorzsek létrejöttét (STUKENBROCK 2016). Az ilyen hibrideknél megnövekedett patogenitás tapasztalható, kifejezettebb a gazdaszervezet-specifikus jellegük, és valószínűleg fungicid-rezisztens genotípusaik is lehetnek, esetenként új tüneteket is okozhatnak (pl.: *Monilinia*-, *Ophiostoma*-, *Phytophthora*-fajok) (BAKONYI et al. 2001, SZÓDI et al. 2012). Említést érdemel továbbá, hogy a nem patogén gombák invázióit illetően igen kevés ismerettel rendelkezünk, annak ellenére, hogy e lebontó szervezetek óriási jelentőségűek a helyi ökoszisztémákban.

Két kiemelten kockázatos terület van a globális kereskedelemben a gombák behurcolása szempontjából: a talajjal és a csomagolóanyagokkal történő terjedés. A gombák és a gombaszerű szervezetek a talaj élő közösségének fő alkotóelemei (HAWKSWORTH 2001, JEFFERY et al. 2010). MIGLIORINI és munkatársai (2015) kimutatásai szerint a káros organizmusok határokon átívelő mozgásának leggyakoribb útja a növények kertészeti kereskedelme lehet, különösen a cserepes és élő dísznövényeké, ahol a talajban található mikroorganizmusok nagyobb eséllyel képesek túlélni a szállítást, és megtelepedni az új élőhelyen. Számos gomba kórokozó a talajban található elhalt szervesanyagokon szaprofitaként marad fenn, vagy nyugvó spóráik ellenállhatnak a zord környezeti feltételeknek, például a kiszáradásnak vagy a hőstressznek (SHIPPERS és GAM 1979). Általánosságban elmondható, hogy ezeknek a „potyautasoknak” a többsége az eredeti gazdájukon marad, és gazdaszervezet váltás csak ritkább esetekben történik (BURGESS et al. 2016). Nagyobb a megtelepedés veszélye, ha az idegenhonos parazita gombák a gazdanövénnyel együtt érkeznek. Ez esetben nagyobb a túlélésük esélye is, mert az új környezet ellenére elszaporodhatnak a gazdanövénnyen, illetve a hordozó talajban. Később megfertőzhetik ugyanazon növényfaj más egyedeit vagy gazdaszervezet váltással átkerülhetnek más növényfajokra is (LEVINE és D'ANTONIO 2003). Az elmúlt 30 év során a legtöbb idegenhonos vagy invazív erdei kórokozó elterjedése a növények talajjal való kereskedelméhez kapcsolódott, amely a nem szándékos behurcolás egyik jelentős módja (SANTINI et al. 2013, IUCN 2019). A veszélyes, invazív mikroorganizmusok a talajban nehezen észlelhetők; ilyen növénykórokozók például a *Phytophthora*-fajok (BRASIER 2008, PÉREZ-SIERRA és JUNG 2013). Nem csak a fitopatogén gombák terjedhetnek a talajjal, hanem emlősökre veszélyes gombák is utazhatnak ilyen módon a kontinensek között, pl. a *Pseudogymnoascus destructans*, mely denevérek között súlyos járványokat idézett elő, és drámai populáció-csökkenést eredményezett az Egyesült Államokban és Kanadában (LEOPARDI et al. 2015, DREES et al. 2017). Nem zárhatók ki, hogy talajjal emberi kórokozó gombák (pl. *Blastomyces dermatitidis*, *Coccidioides* spp., *Histoplasma capsulatum*, *Paracoccidioides brasiliensis* vagy *Pythium insidiosum*) is új területekre telepíthetők. A talajban már megtelepedett invazív mikroorganizmusok felszámolása már aligha lehetséges, így továbbra

is az egyetlen megbízható intézkedés a behurcolás megelőzés (SANTINI et al. 2013, MIGLIORINI et al. 2015). Repülőgép-utasok lábbelijéről vett talajminták (1 g) átlagosan 8 különböző növényi patogén gomba nemzetséget tartalmaztak, amely jól szemlélteti, milyen könnyen hurcolhatók be ezek a gombák országhatárokon, vagy akár kontinenseken át (MCNEILL et al. 2011). A szemrevételezésen alapuló ellenőrzések során a gomba rejtve maradhat a tünetmentes, de fertőzött növényeken, vagy felületekre (pl.: levelekre, gyökérzetre, csomagolóanyagra, talajszemcsékre) tapadt spórák formájában (PÉREZ-SIERRA és JUNG 2013, MIGLIORINI et al. 2015).

Károsító szervezetek egyes csomagolóanyagokkal (fa csomagolóanyagok, raklapok, kábeldobok, stb.) is rejtett módon behurcolhatók, ezáltal a szennyezett talajhoz hasonlóan problémákat vetnek fel. Magasabb kockázatot jelenthetnek bizonyos exportáló országokból érkező termékek is, abban az esetben, ha ott bizonyos károsítók nagy számban fordulnak elő.

Hazánk régiója magas behatolási kockázatú területként van megjelölve, mivel földrajzi adottságainak köszönhetően különösen kitett a biológiai inváziós hatásoknak (LIU et al. 2019) (2. ábra). Kína fejlődő kereskedelmi útvonalain keresztül érkező invazív fajok száma várhatóan növekedni fog a PBR-ben (LIU et al. 2019).



2. ábra A Föld invázió szempontjából kockázatosnak minősített területei ('hotspot'-ok) (narancssárga: behurcolási 'hotspot', kék: klíma-'hotspot', piros: kombinált) (LIU et al. 2019).

2.2.2. A gombák behurcolásával összefüggő irányítási stratégiák áttekintése

Annak érdekében, hogy a gombák behurcolását a lehető legalacsonyabb szintre szorítsuk vissza, elsősorban a kiemelt kockázatú exportáló területekre kell összpontosítani a hatósági ellenőrzéseket. Egy olyan rendszernek, amely képes a kórokozók behurcolásának kockázatát számottevően csökkenteni, tartalmaznia kell a károsító szervezetek terjedésének nyomon követését és az áruk útvonalának kockázatelemzését (JUNG et al. 2016). E kockázatalapú ellenőrzési rendszerek megfelelő számú, szakképzett személyzetet igényelnek, és olyan korszerű, pl. molekuláris eszközöket, amelyek alkalmasak gombák kimutatására (GLADIEUX et al. 2015, ABREGO et al. 2018). E módszerek alkalmazása során fontos figyelembe venni mindazokat az ismereteket, amelyek a gazdakörre, a párosodási típusra (*'mating type'*), a járványtani folyamatokra és a populációs struktúrákra vonatkoznak, hogy megértsük a gombakórokozók terjedésére és a természetes ökoszisztémákra gyakorolt hatásokat (CROUS et al. 2016).

A PBR-ben a politikai változások is hatással voltak a gombák terjedési lehetőségeire. A pártállami időszakot szigorú növény-egészségügyi ellenőrzési rendszer jellemezte az országhatárokon. A rendelkezések a FAO és annak Európai és Mediterrán Növényvédelmi Szervezete (EPPO) keretében a Nemzetközi Növényvédelmi Egyezmény (IPPC) szabályain és iránymutatásain alapultak. A vasfüggöny 1989-es lebontása nem volt nagy hatással a szabályozásra; a fenti normákat hasonlóan követték. Az Európai Unióhoz való csatlakozás azonban új kihívást jelentett a PBR-országok számára 2004-ben. Az EU-s tagállamok közötti belső kereskedelmet a határellenőrzések megszüntetésével támogatták. A növény-egészségügyi ellenőrzéseket a tagállamok közötti határokról az EU belépési pontjaira helyezték át. Ennek előfeltétele az volt, hogy valamennyi tagállamban közös növény-egészségügyi jogszabályokat alkalmazzanak, beleértve az ellenőrzés alatt álló károsító szervezetek és termékek közös listáit is. A belső határellenőrzések helyett az EU növény-egészségügyi biztonsága a szállítás és a forgalmazás előtti szisztematikus ellenőrzésen alapul. Ezt még kiegészítik egy országos szintű megfigyelési rendszerrel is. (Az ellenőrök által végzett növény-egészségügyi vizsgálatok nem kötelezőek az EU-ban termelő üzemeknél, valamint EU-n belüli szállítás esetén.) Az új növény-egészségügyi szabályhoz való alkalmazkodás (egy átfogó és költséges belső felügyelet működtetése) komoly kihívást jelent a legtöbb PBR-ország számára. Továbbá az EU-ban létezik egy más típusú hivatalos ellenőrzési rendszer is, amely megakadályozza a károsító szervezetek esetleges behurcolását, melynek célja a friss gyümölcsök és zöldségek minőségének biztosítása, a minőségi előírásoknak nem megfelelő termékek behozatalának megtagadásával vagy forgalmazásának megtiltásával (pl.: rothadó gyümölcsök és zöldségek). Általában az adott kórokozó kimutatására és azonosítására nem végeznek laboratóriumi vizsgálatokat.

Lényeges a meglévő rendelkezéseket folyamatosan felülvizsgálni a megfelelő kockázatkezelés érdekében; emellett fontos az intézkedések megfelelő végrehajtása is.

A növényekre káros nem őshonos szervezetek behurcolásának és terjedésének megakadályozására az EU új növény-egészségügyi rendszert fogadott el, amelyet 2019. december 14-től alkalmaznak. Két pillére van: a „Növény-egészségügyi törvény” (2016/2031 rendelet) és a hatósági ellenőrzésekről szóló rendelet (2017/625). A rendszer kockázatalapúvá és pontosabbá vált, nagyobb biztonságot nyújt, és a tagállamok közvetlenül, egységesen alkalmazzák (Európai Bizottság 2019). Ezen előírások szerint a nagy kockázatú termékek behozatala az EU területére tilos, vagy szigorú vizsgálatok alá vont azonosítás előzi meg (2019/2072, 2018/2018, 2018/2019, 2019/2125 stb.). Az EU határain történő szigorú ellenőrzési eljárások indokoltak az egzotikus gyümölcsök és az ültetésre szánt növények fő belépési pontjain (Spanyolországban és Hollandiában). A talajhoz kötött cikkek, ill. a fa csomagolóanyagok behozatalára a FAO ISPM 15 szabvány hatálya alá tartozó területeken szintén szigorú szabályozás van érvényben, amelyek alapos ellenőrzési eljárásokat írnak elő. A követelmények között szerepel a nyugalmi állapotban importált, ültetésre szánt növények behozatal utáni ellenőrzése az első vegetációs ciklus során, melynek célja, hogy kiderüljön a karantén károsítók esetleges jelenléte. A növény-egészségügyi előírások kiemelt figyelmet szentelnek 174 karantén károsítónak, amelyek között gombák is találhatóak (2 nemzetség és 35 faj). Az EU-n kívüli országok esetében nagy különbségek vannak a nemzetközi növénykereskedelem által jelentett kockázat kezelésében, amelyet a Nemzetközi Növényvédelmi Egyezmény szabályoz (ESCHEN et al. 2015). Az RNQP listáján 207 károsító szervezet között körülbelül 70 gombafaj szerepel. Az RNQP-ket az ültetésre szánt növények tanúsítására irányuló programok keretében szabályozzák (PICARD et al. 2018). A növény-egészségügyi ellenőrzéseket mind az exportáló, mind az importáló országban elvégzik.

2.3. Technológiai fejlődés megatrendje

A behurcolt gombák nemcsak a külső téri környezetünkben telepedhetnek meg, hanem épületeinkben, berendezési tárgyainkban is, ezzel sokszor számottevő egészségügyi kockázatokat okozva. A technológiai fejlődés és az urbanizáció megatrendjei magukba foglalják mindazokat a műszaki, tervezési, fejlesztési és kivitelezési folyamatokat, amelyek során új, mesterséges szubsztrátumokat, mikroélőhelyeket hozunk létre. A körülményeknek megfelelően ezeken az élőhelyeken extremofil gombák is képesek megtelepedni és szaporodni. Mivel e belső téri mikroélőhelyek klímája nagymértékben hasonlíthat a trópusi, szubtrópusi régiókéra (konstans

magas hőmérséklet, magas páratartalom), így itt akár trópusi eredetű, behurcolt gombafajok is képesek a számukra kedvezőtlenebb külső környezetet átvészelni.

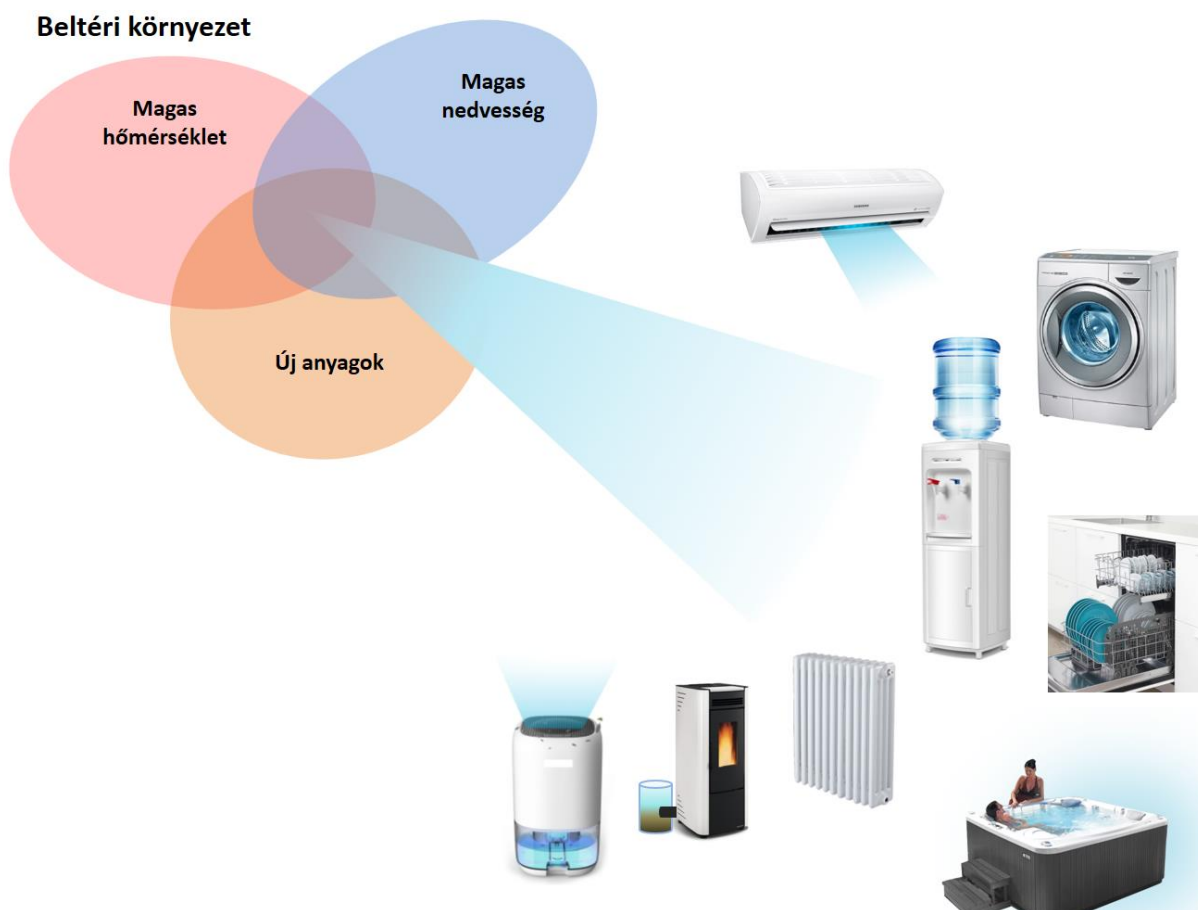
A következő alfejezetekben ezeket a technológiai fejlődés során létrehozott szubsztrátumokat, élőhelyeket tekintjük át komplexitásuk sorrendjében úgy, mint egyszerű anyagok, berendezések, épületek.

2.3.1. Modern anyagok, mint gombaszubsztrátumok

A technológiai fejlődés során számtalan, természetben nem létező anyagot szintetizáltak, amelyek közül jónéhányat a gombák táplálékforrásként képesek hasznosítani. Ezeknek a kémiai összetétele egyben meghatározza, hogy milyen gombafaj telepedhet meg rajtuk, a faj anyagcseréjére jellemző tulajdonságok függvényében. A mikroszkopikus gombák közül számos taxon nagyon jól adaptálódott ezekhez az ember alkotta anyagokhoz. Különösen egyes új építészeti megoldások (belső téri szigetelés, álmennyezet) megjelenése révén terjedtek el olyan anyagok (gipszkarton, MMVF, OSB, stb.) amelyek rejtett penésznövekedést eredményezhetnek. A beépítések során alkalmazott különféle vegyületek, adalékanyagok, ragasztók, műanyagok módosíthatják a gombákra ható szelektív tényezőket. Éppen ezért fontos tanulmányozni a penészgombák és a különböző szubsztrátumok, valamint a klimatikus tényezők közötti kölcsönhatásokat, továbbá azt is, hogy az építési irányelvek és a lakáspolitikai jövőbeni változásai milyen hatással lesznek a penészgombák elterjedésére (GOBAKKEN 2010). Ezek széleskörű ismertetése túlmutatna a jelen dolgozat keretein, ezért célkitűzésünknek megfelelően elsősorban a hazánkban gyakran alkalmazott épületanyagokon fellelt gombák előfordulását ismertetjük, részint a szakirodalom, részint a saját törzsgyűjtemény alapján.

2.3.2. „Nedves cellák”, mint gombaélőhelyek

A technológiai fejlődés és az urbanizáció miatt egyre több a gombák számára alkalmas, ember által előállított mikroélőhely. Hazánkban gyakorlatilag minden lakásban található fürdőszoba, mosógép és számos egyéb olyan háztartási eszköz (például mosogatógép, páramentesítőgép, split klímaberendezés), amelynek belső felületeit tartósan nedves állapot jellemzi. Ezeket a mikroélőhelyeket „nedves cellák”-nak („wet cells”) nevezi a szakirodalom (LIAN és DE HOOG 2010, WANG et al. 2018) (**3. ábra**). E mesterséges környezetben található vizes mikroélőhelyek, gombák (és baktériumok) élőhelyeként, rezervoárjaként szerepelhetnek.



3. ábra Háztartásokban megjelenő „nedves cellák” (kék színnel jelölve)
 Forrás: saját készítésű ábra

A modern háztartási eszközökben, például mosógépekben (TISCHNER et al. 2019a), mosogatógépekben (ZALAR et al. 2011, ZUPANČIČ et al. 2016) található víz gomba szennyezettsége az elmúlt évtizedben felhívta magára a figyelmet, mivel új élőhelyeket biztosíthatnak a mikroszkopikus gombáknak. A gombák megtelepedhetnek nemcsak a látható, hanem a rejtett helyeken is, ahol a mikroklimatikus viszonyok kedvezőek számukra. A vízvezetékrendszerrel összekapcsolt helyiségek és háztartási berendezések megfelelő környezetet biztosítanak a mikroorganizmusok számára. Az ilyen környezetben található szerves lerakódások jó tápanyagforrások mind a penészek, mind az élesztők számára (GATTLEN et al. 2010). Annak ellenére, hogy ezek az eszközök szinte minden háztartásban megtalálhatóak, viszonylag kevés vizsgálat irányult a mikológiai szennyezettségük felmérésére. Ilyen, vízzel összekapcsolt eszközök, például a zuhanyfejek (FEAZEL et al. 2009), a lefolyók (SHORT et al. 2011), a WC-csészék (PITTS et al. 1998), a mosogatógépek (ZALAR et al. 2011) és mosógépek (TERPSTRA et al. 1998, GATTLEN et al. 2010, BABIČ et al. 2015). Mivel ezek új élőhelyeket biztosíthatnak egészségkárosító mikroszkopikus gombák számára (ZALAR et al. 2011), ezért érdemesnek tartottuk hazai felmérésüket is elvégezni.

Szintén modern „nedves celláknak” tekinthetők a vízvezeték-rendszerek (BABIČ et al. 2017) és a ballonos vízadagoló készülékek (BWD-k). Utóbbiak közkedvelt ásvány- és egyéb ivóvizet biztosító eszközök. Néhányuk szénsavas vizet is biztosít. A palackozott vizek jelentős részét használják BWD-kben, ahol a vizet csövek, szűrők és csapok rendszere szolgáltatja. A BWD-k legegyszerűbb változata csak hűti a vizet, de gyakran külön csőrendszerrel is képes fűteni (**4. ábra**). Ezeket a készülékeket mikológiai szempontból még kevesen tanulmányozták (YAMAGUCHI et al. 2007) annak ellenére, hogy világszerte használják középületekben, munkahelyeken és egészségügyi intézményekben. Számos tanulmányban azonban kimutatták már a palackozott vizek gombás szennyeződéseit (CABRAL és PINTO 2002, YAMAGUCHI et al. 2007, OTTERHOLT és CHARNOCK 2011, AMEEN et al. 2017, BABIČ et al. 2017, DA SILVA et al. 2018), de az egyetlen mikológiai vizsgálatot a BWD-kről YAMAGUCHI és munkatársai (2007) Brazíliában végezték lakó- és irodaházakban kihelyezett készülékek esetében.



4. ábra Ballonos vízadagolók felépítése. 1: ballon, 2: légszűrő, 3: hideg és meleg vizet tartalmazó tartályok (a készülék belsejében), 4: csővezeték (a készülék belsejében), 5: hideg és meleg csapok, 6: csepegtető tálca. (3D grafika: Pavel Zosim. A szerző engedélyével).

Korábbi tanulmányok kimutatták az ivóvíz gombás szennyeződését és az ebből következő egészségügyi problémákat (MUITTARI et al. 1980, NIEMI et al. 1982, ANTONIADOU 2009, HAGESKAL et al. 2009, BABIČ et al. 2017). Egy friss tanulmány felhívta a figyelmet a csapvíz kórokozó gombákkal való szennyeződésének problémájára a kórházakban (CAGGIANO et al. 2020). Ez az információ felveti azt a kérdést, hogy a gombák kolonizálhatják-e a BWD-ket, vagy sem, leginkább veszélyeztetve a kórházi ellátásra szoruló embereket; ezért fontosnak tartottuk

megvizsgálni a budapesti egészségügyi intézményekben (kórházak, gyógyszertárak és fogászati klinikák) működő BWD-k mikológiai összetételét.

2.3.3. Modern belső terek, épületek, mint gombaélőhelyek

A technológiai fejlődés során nem csak modern, mesterséges anyagokat vagy berendezéseket hoztunk létre, hanem ezek komplex rendszerének tekinthető belső tereket. Ilyen, említésre méltó mikroélőhelynek tekintendők az üvegházak, sószobák, uszodák, könnyűszerkezetes házak, illetve passzív házak. Ezen mikroélőhelyek egy része szintén lehetőséget biztosít az extremofil és/vagy a melegebb éghajlati viszonyokat preferáló gombák túlélésére és növekedésére. Számos ilyen élőhelyen is folytattunk mintavételezéseket, de a jelen dolgozat keretein túlmutatna e kutatások részletes ismertetése. Azonban e vizsgálatok során fellelt gombák előfordulási adatainak közzlése illeszkedik a dolgozat célkitűzéseibe, mivel megjelenésük a technológiai megatrenddel magyarázható.

2.4. Globális klímaváltozás megatrendje

A globális klímaváltozás a 21. századi környezet-egészségügyi problémák mögött meghúzódó egyik legfontosabb tényező (WATTS et al. 2018). Az Egyesült Nemzetek Nemzetközi Klímaváltozási Testülete (IPCC) „A klímaváltozás hatására létrejövő extrém időjárási események és katasztrófák kockázatkezelése”-ről szóló jelentésében (FIELD et al. 2012) rámutatott a növekvő számú és intenzitású éghajlati szélsőségek és katasztrófák antropogén eredetére (FIELD et al. 2012). A vizsgált éghajlati tényezők változásainak némelyike (a hőmérséklet növekedése, a csapadékváltozás, valamint a jég és a hó csökkenése) rekordokat hozott az elmúlt években. Az átlaghőmérséklet 0,85 [0,65–1,06] °C-kal emelkedett az 1880 és 2012 közötti időszakban. A növekedés üteme meredekebb volt a múlt század végén és a 21. század elején, amely növekedés 0,05 [0,05–0,15] °C volt évtizedenként, az elmúlt 15 évben (1998–2012). Kimutatták, hogy ez a növekedés antropogén eredetű (IPCC 2014).

A globális klímaváltozásnak komplex hatásai vannak a teljes élővilágra, melyek a különböző régiókban és országokban eltérően hathatnak. Számos klímaváltozással kapcsolatos tényező befolyásolhatja a mikroszkopikus gombák terjedését úgy, mint a hőmérséklet emelkedése, aszály vagy viharos esőzések, az árvizek gyakoriságának növekedése (TISCHNER et al. 2019b), a fokozódó UV-sugárzás és troposzférikus O₃ jelenléte, a CO₂ koncentráció emelkedése, valamint a növényzet megváltozása (MANNING és TIEDEMANN 1995).

A PBR-ben az elmúlt évtizedben a klímaváltozás miatt gyakoribbá váltak a meleg időszakok, a súlyos viharok és villámáradások (TISCHNER et al. 2019b). Ezek az események megfelelő körülményeket teremtenek a gombák szaporodásához, mivel a heves esőzés megdönti a szántóföldi növényeket, fákat tör ki és elönti az épületeket. Azonban a hőmérséklet emelkedése az a környezeti változás, ami a PBR-ben leginkább érezteti hatását. Ebből kifolyólag doktori munkám során a klímaváltozási faktorok közül a hőmérséklet hatását választottuk vizsgálandó tényezőnek.

2.4.1. Éghajlatváltozás Magyarországon, klímamodellek

A PBR egyedi földrajzi adottságokkal bíró régió, mely a Kárpát-medencében található. Egyediségét a hegyekkel körülhatárolt, zárt medencejelleg adja. A területet nagy kiterjedésű, sík, folyóközi üledékkel feltöltött medence határozza meg, melyet alacsonyan fekvő dombok és hegyek ölelik csaknem teljesen körbe: észak és kelet felől a Kárpátok, nyugat felől az Alpok és dél felől a Dinári-hegység. A PBR-be tartozik Magyarország teljes területe, valamint Szlovákia, Cseh Köztársaság, Románia, Szerbia, Horvátország és Ukrajna peremterületei (5. ábra) (KERSTIN 2009). A továbbiakban Magyarország éghajlatát jellemezzük, mely éghajlatti viszonyok az egész PBR-t is jellemzik.



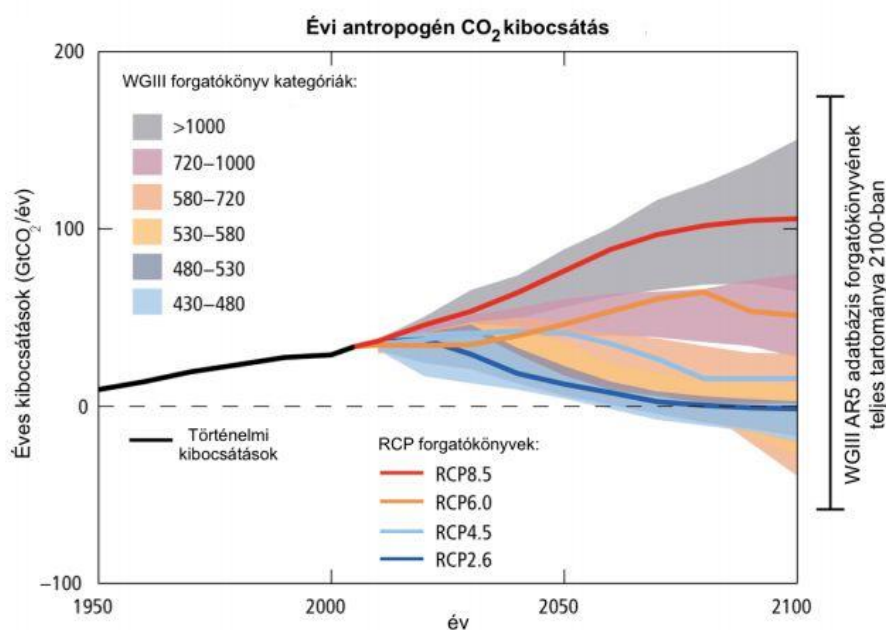
5. ábra A Pannon Biogeográfiai Régió elhelyezkedése (Forrás: saját készítésű ábra)

Magyarország éghajlatát a kontinentális és az óceáni éghajlat is egyaránt befolyásolja, ezért az időjárás nagyon változékony. A hegyek módosító hatással vannak a szelekre és a légtömegek mozgására. A Golf-áramlat is befolyásolja az időjárást. Hatása miatt a hőmérséklet magasabb, mint a szomszédos Ausztriában. Magyarországon az átlaghőmérséklet 8–11 °C, az északi és a déli különbség a viszonylag kis távolság miatt csak 3 °C. Az uralkodó szélirány északnyugati, amelynek eredményeként a helyi topográfia módosítja a csapadék nyugati-keleti irányú eloszlását. A közelmúltban növekedett a délkeleti szélirány gyakorisága, a Tisza felett északi szél érvényesült. Az átlagos éves csapadékmennyiség országsszerte 600-650 milliméter, azonban a csapadék térbeli eloszlása nagy változékonyságot mutat, a délnyugati részek pedig a Földközi-tenger hatása miatt nedvesebbek; míg Magyarország keleti részei félszáraz területek.

Magyarország klímapolitikáját jelentős mértékben meghatározza a 2018 óta érvényben lévő második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról szóló 23/2018. (X. 31.) országgyűlési határozat (NÉS-2). A határozat előzményeinek megismerését nagymértékben segítette Dr. Faragó Tibor Éghajlatváltozás című tanulmánya, mely összefoglalja a nemzetközi és hazai klímapolitika főbb történéseit az 1970-es évektől kiindulva. A NÉS-2 kitér a Magyarországon eddig megfigyelt, majd a 2050-ig várható éghajlatváltozásra, továbbá a szélsőséges éghajlati események (hőhullámok) fokozódására, mely leginkább a Közép-magyarországi régiót érinti. A határozat részletesen ismerteti az EU-tagállamok klímapolitikai együttműködéséből adódó főbb hazai teendőket, valamint intézkedéseket a különböző szektorok részére.

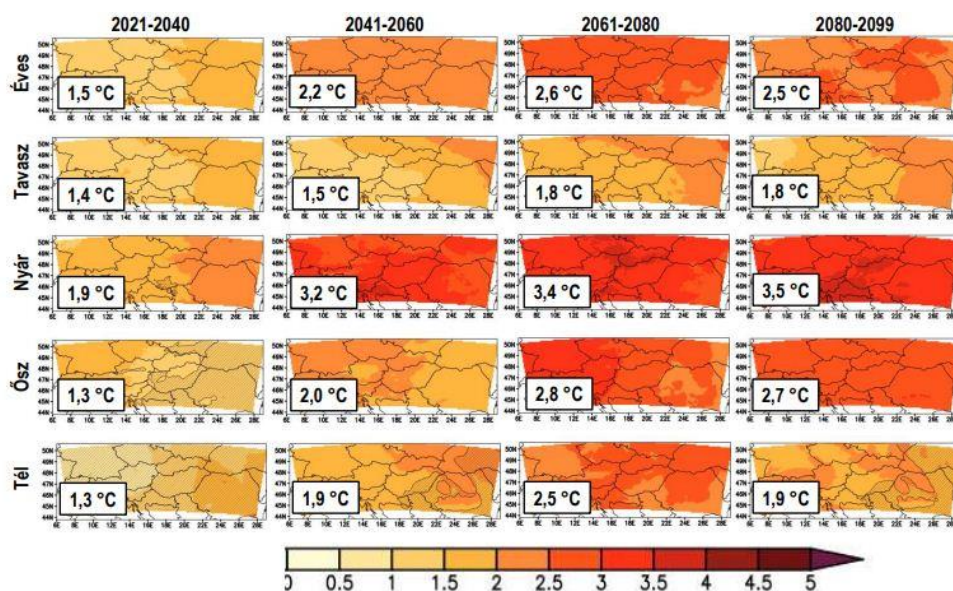
Az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi testület negyedik értékelő jelentésének (SOLOMON et al. 2007) alátámasztására készített klímaszenáriók a regionális éghajlati viszonyok változását jósolják a 21. század folyamán, például szárazabb és forróbb nyarakat Közép-Európa szerte. A különböző emissziós forgatókönyveket alkalmazó klímamodellek azt mutatják, hogy Európa nagyon érzékeny régió a globális felmelegedésre (GIORGI 2006), továbbá a Kárpát-medence a csapadékváltozás mintázatának átmeneti régiójában található (GIORGI és COPPOLA 2007). Az Országos Meteorológiai Szolgálat megfigyelése szerint a hőmérséklet-növekedés minden évszakban jelentős (SZALAI et al. 2006). A felmelegedés nyáron a legintenzívebb és ősszel a legkisebb mértékű. A felmelegedési tendencia a 90-es évek óta felgyorsulni látszik. A nyári felmelegedés az elmúlt 30 évben megközelítette a +2 °C-ot. A hosszú távú csapadékmennyiség csökkenő mintázatot mutat, de egyúttal nyáron, rövidebb időszakokban a csapadékmennyiség növekedése is tapasztalható. A szezonális csapadékösszeg legnagyobb csökkenését tavasszal mérték.

A regionális modell-szimulációk további hőmérséklet-növekedést jósolnak a 21. századra. Magyarországon négyféle regionális éghajlati modellt alkalmaznak: ALADIN, RegCM, REMO, PRECIS (HOYK 2016). Az ALADIN modell a Kárpát-medence térségében emelkedő éves hőmérsékletet jósol. A szezonális átlagokat tekintve a hőmérsékletváltozás télen nem fog jelentkezni, de a nyári szezonban azonban nagy változások várhatók. (ZSEBEHÁZI 2011). A REMO modell alapján 2021-2050-re a nyári időszakban 1,5-2 °C-os, 2017-2100-ra az ország déli részein 4-5 °C-os hőmérsékleti növekedés várható. A nyári szezonban 2050-ig várhatóan a hóhullámok 10-20 napig fognak tartani, majd az évszázad végére akár több mint 1 hónapig is elhúzódhatnak (SZÉPSZÓ 2014). A PRECIS modell szerint az éghajlatváltozás egyik legérzékenyebb jele a szélsőséges hőmérsékleti értékek megjelenése és a meleg napok számának növekedése a nyári időszakban (PIECZKA 2012). A RegCM (Regional Climate Model) regionális léptékű hidrosztatikus éghajlati modellt az Egyesült Államok Országos Légköri Kutatóközpontjában dolgozták ki. A modellt világszerte regionális éghajlati kutatásokhoz és szezonális előrejelzésekhez használják. Magyarországon az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék átdolgozta a modellt a helyi viszonyokra (TORMA 2011). PONGRÁCZ és munkatársai (2016) az RCP 4.5 és RCP 8.5 forgatókönyveket választották a RegCM modellel végzett szimulációk futtatásához a Kárpát-medencében. A Koncentrációváltozás Reprezentatív Pályái (RCP) az IPCC által elfogadott antropogén eredetű üvegházhatású gázok kibocsátási forgatókönyvei: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 és RCP 8.5. A modellek több lehetőséget jósolnak arra vonatkozóan, hogy a XXI. században miként fognak alakulni a légszennyező anyagok és az üvegházhatású gázok kibocsátása, a légköri koncentráció és a földhasználat (6. ábra) (IPCC 2014). PONGRÁCZ és munkatársai (2016) által hazai viszonylatokra is felhasznált RCP 4.5 egy alacsonyabb sugárzási kényszerrel és közepes üvegházhatású gázkibocsátással rendelkező stabilizációs forgatókönyv, amelyet a Csendes-óceáni Északnyugati Nemzeti Laboratórium Közös Globális Változáskutató Intézetének (JGCRI) a MiniCAM modellező csapata dolgozott ki. Az RCP 8.5 pedig egy erősen pesszimista forgatókönyv nagyobb sugárterheléssel és nagyon magas üvegházhatású gázkibocsátással, amelyet a MESSAGE modellező csoport és az ausztriai Nemzetközi Alkalmazott Rendszerelemző Intézet (IIASA) IIASA Integrált Értékelési Keretrendszere fejlesztett ki.

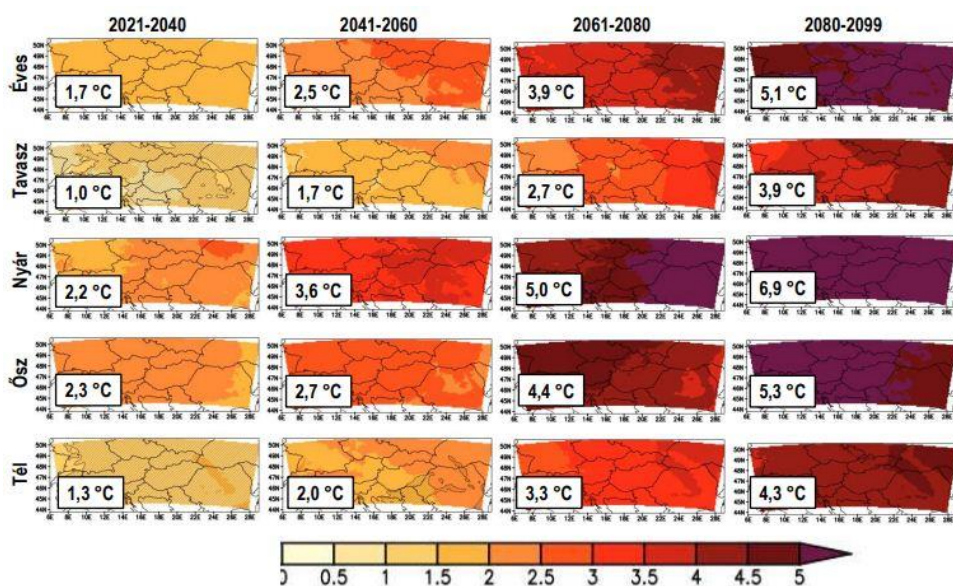


6. ábra Az RCP forgatókönyvek által jósolt évi antropogén eredetű CO₂ kibocsátás alakulása 2000 és 2100 között (IPCC 2014)

Az RCP 4.5 szcenárió esetében a nyárra várható országos átlagos felmelegedés a 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 és 2080–2099 időszakokban 1,9 °C, 3,2 °C, 3,4 °C és 3,5 °C (összehasonlítva az 1981-2000 közötti referencia-periódussal). Az RCP 8.5 forgatókönyv esetében a nyárra várható országos átlagos felmelegedés 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 és 2080–2099 időszakban 2,2 °C, 3,6 °C, 5,0 °C és 6,9 °C (az 1981-2000 közötti referencia-időszakhoz képest) (PONGRÁCZ et al. 2016) (**7-8. ábra**). A nyári átlaghőmérséklet előre jelzett legnagyobb növekedése 2100-ra 6,9 °C, ami kétszer olyan magas, mint azt az RCP 4.5 (optimistább forgatókönyv) jósolta. A forró napok száma ($T_{max} > 30$ °C) növekszik, és a szezonális csapadék eloszlása megváltozik. Télen több csapadék várható, míg nyáron száraz időszakok lesznek. Ezek a változások többek között a mezőgazdaságot, az erdőgazdálkodást és a vízgazdálkodást is érintik; következésképpen hatással lesznek a társadalomra (BARTHOLY és PONGRÁCZ 2018).



7. ábra Az RCP4.5 scenárió figyelembevételével jósolt hőmérsékletváltozások a PBR-ben PONGRÁCZ és munkatársai (2016) által kidolgozott RegCM modellszimulációk alapján



8. ábra Az RCP8.5 scenárió figyelembevételével jósolt hőmérsékletváltozások a PBR-ben PONGRÁCZ és munkatársai (2016) által kidolgozott RegCM modellszimulációk alapján

Különböző éghajlati modellek jóslatai alapján a jövőben a hőmérsékleti szélsőségek gyakoriságának növekedése várható. A klímaváltozás miatt az extrém időjárási események egyre gyakoribbá válnak, és a hőhullámok intenzívebb földrajzi mintázattal rendelkeznek (MEEHL és TEBALDI 2004). Az extrém időjárási események közül fontosnak tartottuk kiemelni a hőhullámokat, melyek a gombákra a leginkább hatással lehetnek. Az utóbbi évtizedekben a hőhullámok hossza Európában – így Magyarországon és az egész PBR-ben is – megnőtt (EEA, 2012).

A kutatók egyre inkább arra a következtetésre jutnak, hogy a 2003-ban detektált európai hőhullámhoz hasonló esemény előfordulásának valószínűségét jelentősen növelte a hőmérséklet globális szintű emelkedése. A „hőhullám” kifejezést először FRICH et al. (2002) definiálta, azóta többféle megközelítést is alkalmaznak (MCGREGOR et al. 2015). A gyakorlatban a hőhullám meghatározása és a „magas hőmérséklet” mutatója nincs egységesítve (BOBVOS et al. 2017). A hőhullám általános meghatározása Európában három vagy több egymást követő nap időszaka, amelynek hőmérséklete meghalad egy küszöbértéket. A hőmérsékleti küszöbértékek meghatározását percentilisekhez kötik. Bizonyos tanulmányok a 95. percentilist alkalmazták (ISHIGAMI et al. 2008, KYSELÝ et al. 2011), viszont PASCAL és munkatársai (2013) a küszöbértékeket 97., 98. és 99. percentilisként is meghatározták, és rámutattak arra a problémára, hogy a különböző percentilisek különböző hőhullám- napokat azonosítottak. A 90. percentilis küszöbértékként történő alkalmazását multicentrikus vizsgálatokhoz használják (DE'DONATO et al. 2015). A szokásos hőhullámok 3-10 napig tartanak Magyarországon (BARTHOLY és PONGRÁCZ 2007).

2.4.2. A globális felmelegedés mikroszkopikus gombákra gyakorolt hatásai

A különböző klímájú régiókban a gombák klímaváltozásra adott válaszai eltérhetnek (SINDT et al. 2016). Az előrejelzések azt sugallják, hogy a PBR-ben a globális éghajlatváltozások eredményeként télen jelentősen emelkedik a hőmérséklet, csökken a csapadék mennyisége és nő a légköri CO₂-koncentráció (PIECZKA et al. 2018). Meglepő módon csak néhány tanulmány vizsgálta az éghajlatváltozás gombákra gyakorolt hatásait (beleértve a humánpatogén gombákat is). Ezekben a tanulmányokban többnyire allergén gombákról esett szó (CORDEN és MILLINGTON 2001, CORDEN et al. 2003, BLANDO et al. 2012, DAMIALIS et al. 2015a, FÜLÖP 2016, KASPRZYK et al. 2016, CETER 2018). Egy metaanalízis vizsgálat alapján a klímaváltozás az ökoszisztémák működőképességét is befolyásolhatja az adott ökoszisztémára nézve kulcsfontosságú gombataxonok szűk környezeti tűréshatárainak következtében (VĚTROVSKÝ et al. 2019). Az éghajlatváltozás közegészségügyre gyakorolt egyik fő hatása (az aeroallergének – köztük a gombaspórák – mennyiségi és összetételi megváltozásának következtében) az allergiás légzőszervi betegségek gyakoriságának növekedése lehet (BLANDO et al. 2012). Egy kísérletes tanulmányban a *Cladosporium cladosporioides* exponenciálisan növelte a spóratermelését a növekvő léghőmérséklet mellett, egy 2100-ra előre jelzett scenárió hőmérsékleti optimumán (DAMIALIS et al. 2015a). Lengyelországban kimutatták, hogy a felmelegedő éghajlat és a csapadék mennyiségének nagymértékű csökkenése miatt a levegőben lévő *Cladosporium* koncentrációja jelentősen megnőtt, és a spóraszezonok eltolódtak (KASPRZYK et al. 2016). A szezon korábbi kezdete és csúcsa, valamint későbbi vége hosszabb

kitettséget eredményezett. CETER (2018) kísérletes és modellezési vizsgálatok alapján kimutatta, hogy a légköri felmelegedés hatására fokozódik a választott fonalas gombák hifa növekedése, hosszabbodik a sporulációs idő és csökken a spóratermelés (CETER 2018). A levegőben lévő *Alternaria* spórakoncentrációjának hosszú távú vizsgálata egyértelműen emelkedő tendenciát mutatott a korábbi szezonkezdettel és a szezonális időtartam növekedésével (CORDEN és MILLINGTON 2001). Nagymértékben nőtt azoknak a napoknak a száma, amelyek esetében az *Alternaria* koncentrációja meghaladta az 50 spóra/m³ értéket. Ez arra utal, hogy a gombaspórák hosszú ideig tartó expozíciója várható. Az Egyesült Királyságban végzett tanulmány kimutatta, hogy az *Alternaria* spórák légköri koncentrációja összefüggésben van a megnövekedett gabonatermesztéssel és a klímaváltozással az 1970-es évek óta (CORDEN és MILLINGTON 2001, CORDEN et al. 2003). Így a klímaváltozás közvetett módon megváltoztathatja az aratás időpontját, és ez hatással lehet az *Alternaria*-fajokra érzékeny allergiás betegek expozíciós idejére (CORDEN és MILLINGTON 2001). A növényi részek pusztulásával a növényi maradványok tömege megnő a talajban vagy a talaj felszínén. A növényi maradványok nagyobb tömege növelheti az áttelelő kórokozók potenciális túlélési esélyeit ebben a régióban. A PBR-ben a mezőgazdasági táj (a gabonafélék és a kukorica termesztése) a domináns, és ezzel összefüggésben az *Alternaria* spórakoncentrációja a legmagasabbak között van Európában (SKJØTH et al. 2016). Budapesten végzett 15 éves hosszú távú tanulmány az *Alternaria* koncentráció növekedésének tendenciáját mutatta, és ezt összefüggésbe hozták az esős és a hideg napok számának csökkenésével ($T_{\min} < -10$ °C) (FÜLÖP 2016). Másrészt a magasabb csapadék eloszlású és alacsonyabb hőmérsékleti értékeket képviselő telek magasabb *Alternaria* és *Cladosporium* koncentrációkat eredményeztek a vegetációs időszakban. A PBR-ben termelődött *Alternaria* spórák más európai régiók lakosaira nézve is negatív egészségügyi hatásokkal bírhatnak, mivel a spórák a szél által nagy távolságokra eljuthatnak (GREWLING et al. 2019).

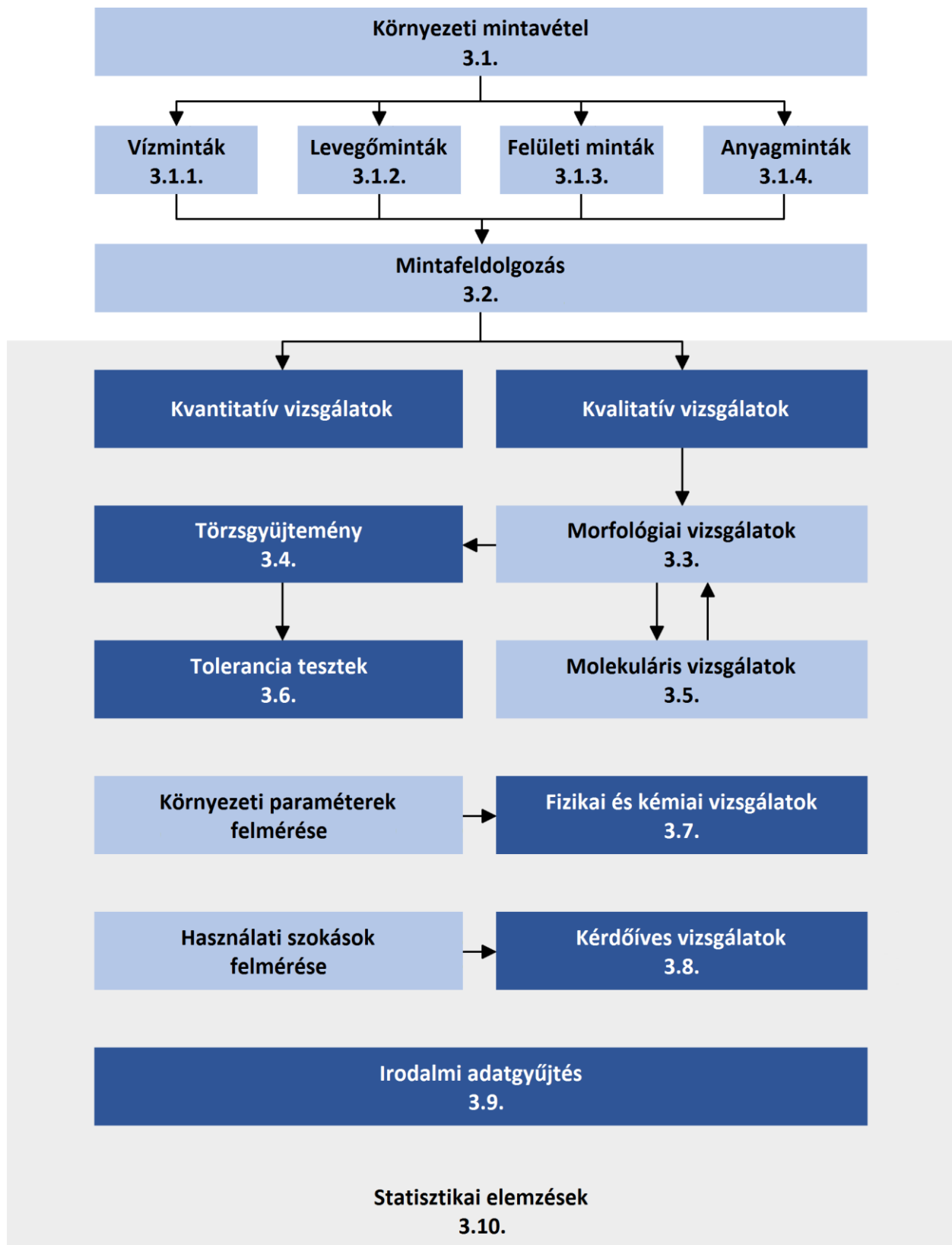
A klímaváltozás a mezőgazdasági régiók elmozdulásához vezethet, a növények és kórokozóik elterjedési területe megváltozhat. Ezzel összefüggésben KACZMAREK és munkatársai (2016) kimutatták, hogy a *Leptosphaeria* spórák szezonális első észlelési időpontja a levegőmintákban 22 nappal, míg a spóraszóródás csúcsidőszaka 50 nappal korábbra csúszott; amely jelentősen fokozta az olajrepcé szárrák ('*stem canker*') előfordulását és súlyosságát Lengyelországban.

A globális felmelegedés eredményezheti a nem őshonos mikroszkopikus gombák új területen való megjelenését. Ezek a gombák megváltoztathatják azokat a természetes növényi közösségeket, amelyek korábban nem voltak kitéve káros (sok esetben agresszívebb) fajoknak vagy fajtáknak. Ez a folyamat várható azon kórokozók esetében, melyek opportunistáknak vagy széles gazdaspektrummal bírnak. Továbbá, az sem kizárt, hogy az obligát paraziták kibővítik gazdanövényeik körét (ESHED és DINOOR 1981, SAVILE és URBAN 1982). Ennek mértéke az új

környezetben a kórokozók és károsító szervezetek terjedési mechanizmusától, a környezet alkalmasságától és a gazda-parazita kapcsolat kiszámíthatatlan változásától függ. Nagy a valószínűsége annak, hogy a kórokozók mennyiségi aránya és jelentősége is megváltozik. A felmelegedés több hőmérséklet-toleráns kórokozóhoz vezethet, amelyek eddig is ismertek voltak a régióban, viszont ezidáig (aránylag kis mennyiségük miatt) nem volt igény az ellenük való védekezési eljárások kidolgozására. Ha az északi féltekén a fagyhatár felfelé tolódik, a magasabb téli hőmérséklet több kórokozó áttelelését teszi lehetővé (GÁBORJÁNYI et al. 2007). A hőmérséklet emelkedése megváltoztathatja egyes gazdanövények élettani állapotát és betegségekkel szembeni ellenálló képességét. Számos tanulmány íródott a hőmérséklet okozta érzékenység témájában, kitérve a hőmérséklet-érzékeny génekre (DYCK és JOHNSON 1983, GERECHTER-AMITAI et al. 1984, SANDEN és MOORE 1978). A hőmérséklet emelkedésével fokozódhat a növényi sejtek lignifikációja, ami növeli a növény – gombákkal szembeni – ellenálló képességét (WILSON et al. 1991). A növények tünetmentes hordozói lehetnek a kórokozóknak (KATAN 1971, DINOOR 1974, SZÉCSI et al. 2013); a betegség csak akkor jelenik meg, ha a növényt stresszhatás éri. Az éghajlati stressz, például az aszály, fokozhatja bizonyos opportunista parazita gombafajok (pl. *Armillaria* spp.) fertőzését. Ezek normál körülmények között nem különösebben patogének, de a legyengült növényeket megtámadják (RISHBETH 1991, LONSDALE 1996). A fákon élősködő *Schizophyllum commune* jól alkalmazkodott a száraz éghajlathoz, amely néhány évtizeddel ezelőtt nem volt jellemző erre a régióra. Ez a gomba a PBR városaiban lévő régi fasorok tagjainak legagresszívebb és legsikeresebb támadója volt (beleértve Magyarországot, Boszniát és Szerbiát; lásd MATAVULJ et al. 2013, VULINOVIĆ et al. 2019). Sajnos az említett gomba veszélyes emberi kórokozó is egyben (RIHS et al. 1996). A fentiekhez viszonyítva azonban nagyobb jelentőséggel bírnak az élelmiszer minőséget is veszélyeztető, toxintermelő gombák. E témával számos tanulmány foglalkozott, melyek az aflatoxin-termelő *Aspergillus*-fajokra fókuszáltak (COTTY és JAIME-GARCIA 2007, MIRAGLIA et al. 2009, PATERSON és LIMA 2010, TIRADO et al. 2010). Magyarországon az aflatoxin kockázat a klímaváltozás következtében vált hangsúlyosabbá. (BORBÉLY et al. 2010, DOBOLYI et al. 2013, SEBŐK et al. 2016a).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A globális megatrendeknek a célkitűzésben megfogalmazott, mikroszkopikus gombákra gyakorolt aspektusait e fejezetben ismertetett módszerekkel vizsgáltuk. A mintavételezéseink a választott megatrendek függvényében történtek, az eljárás a mintázandó anyag vagy közeg függvényében változott. A mintázást minden esetben tenyésztéses, majd morfológiai és molekuláris azonosítási vizsgálatok követték, hogy fényt derítsünk a detektált gombák taxonómiai hovatartozására (**9. ábra**). Ezt követően megfigyeléseinket szakirodalmi adatokkal egészítettük ki annak érdekében, hogy az azonosított fajok lehetséges, szélesebb körű előfordulásáról és humán-egészségügyi kockázatáról teljesebb képet alkothassunk. A kutatás során megvizsgáltuk, hogy a globális megatrendek miként hathatnak a vizsgált gombák megjelenésére és elterjedésére.



9. ábra Folyamatábra a doktori kutatás során elvégzett módszertani lépésekről.
Az egyes lépések alatt az adott lépést részletező fejezet száma található.
(Forrás: saját készítésű ábra)

3.1. A mintavételezés menete

A minták gyűjtését élő és élettelen környezetből négyféleképpen végeztük: vízminta, levegőminta, törletminta és anyagminta. Ennek részletes menete a 3.1.1-3.1.4. alfejezetekben leírtak szerint zajlott.

3.1.1. Vízminták

A technológiai trendekhez köthető modern, vizes berendezésekből vízmintákat gyűjtöttünk. Olyan helyen lévő vizes berendezéseket akatrunk megvizsgálni, ahol az esetleges rossz vízminőség a fogyasztók számára fokozott egészségügyi kockázatot jelenthet, ezért esett választásunk a kórházakban, gyógyszertárakban, fogászaton és egyéb egészségügyi intézményekben kihelyezett ballonos vízadagoló készülékekre (n=36). Mivel elsősorban a berendezések gombaszennyezettségének felmérését céloztuk, a vízmintákat csapnyitási módszerrel gyűjtöttük, így a ballonokból származó víz áthaladt a készülék csőrendszerén. A vízben található gombák kvantitatív és kvalitatív vizsgálatához 100-100 ml vízmintát cellulóz-nitrát anyagú, 0,45 μm pórusátmérőjű membránfilterre koncentráltunk átszívásos módszerrel, kétlépcsős vákuumszivattyú segítségével (**10. ábra**). A filtereket 2%-os, klóramfenikol tartalmú maláta táptalajra (MEA) helyeztük és 5 napon keresztül 25 °C-on inkubáltuk.



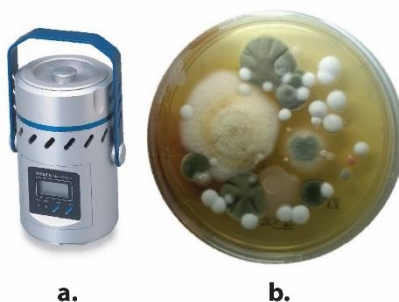
10. ábra Vízminták szűréséhez használt vákuumszivattyú (a) és a filteren megjelenő penész- és élesztőgomba telepek az inkubációs idő elteltével (b)

Forrás: a: <https://www.mrclab.com/vacuum-filtration-setcomplete-system> (2021. 03. 21.),

b: saját készítésű fotó

3.1.2. Levegőminták

Levegőmintát elsősorban modern technológiával készült épületekből (passzív házak, terápiás sósobák), valamint légkezelő egységekből, szellőző rendszerekből gyűjtöttünk. A Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) által végzett felmérésben 29 budapesti sósobát vizsgáltunk. 19 sósobát (óvodákban) gyermekek számára, 10-et felnőttek számára üzemeltettek. A mintavételezés az őszi-téli szezonban zajlott, mivel jellemzően ebben az időszakban üzemeltetik, illetve használják a legtöbben. Szintén az NNK-ban, 2019 és 2021 között végzett felmérésben 15 passzív épületben vizsgáltuk a levegőminőséget a fűtési és a nem fűtési szezonban. Azért ezekre az épület-típusokra esett a választásunk, mert modern eljárással készült, speciális belső légteret biztosítanak. A belső téri levegőmintákhoz mindig szükség volt kültéri referencia minta gyűjtésére, amellyel a külső környezetből származó háttérszennyezettséget mértük fel. Levegő mintavételre Andersen-típusú MAS 100 Eco (Merck Millipore) levegő mintavevő készüléket (ANDERSEN 1958) használtunk (**11. ábra**). A mintavétel során a készülék 100 l levegőmintát ütköztet egy 90 mm-es Petri-csészébe öntött táptalaj felszínére, amelyen kitapadnak a levegőből a gombaspórák. A levegő 400 db, adott átmérőjű résen halad át, ezáltal a vizsgálandó mérettartományba eső részecskék jutnak a táptalajra. Az inkubáció során megjelenő penészgomba telepeket megszámloltuk. A telepképző egységek (CFU) számát a készülékhez rendelt Feller-táblázat alapján korrigáltuk (FELLER 1950), és 1 m³ levegőre átszámítva adtuk meg a légköri koncentráció értékét (CFU/m³).

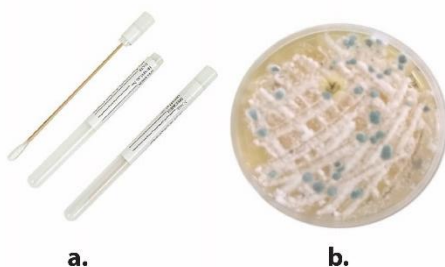


11. ábra A doktori munka során használt levegőmintavevő készülék (a) és a levegőmintavétel eredménye az inkubációs idő elteltével (b)

Forrás: a: <https://axel-search-e.as-1.co.jp/asone/global/g/NCFG074569/> (2021. 03. 21.),
b: saját készítésű fotó

3.1.3. Felületi minták

Felületi mintát steril vattapálcával ('swab applicator', Biolab Zrt., Magyarország) vettünk, melyet hűtve tárolva 24 órán belül táptalajra kellett oltani (**12. ábra**). Törletmintákat új élőhelynek, illetve új szubsztrátumnak tekinthető felületekről vettünk, falról, épületanyagokról és háztartási berendezésekből. Mosógépek (n=61) esetében a törletet a gumi ajtó tömítésekről, a mosószeradagolóból, valamint az idegentest csapdáról vettük, Ballonos vízadagoló berendezések (n=36) esetében a csapról és csepegtető tálcáról. Kisebb mintaszámban egyéb háztartási vizes berendezést is mintáztunk, pl.: split klímaberendezések esetében a belsőtéri egység ventilátor kerekét, míg páramentesítő készülékeknél több alkaltrészt is mintáztunk (csepegtető tálca, kondenzátor lamella, ventilátor lapát).

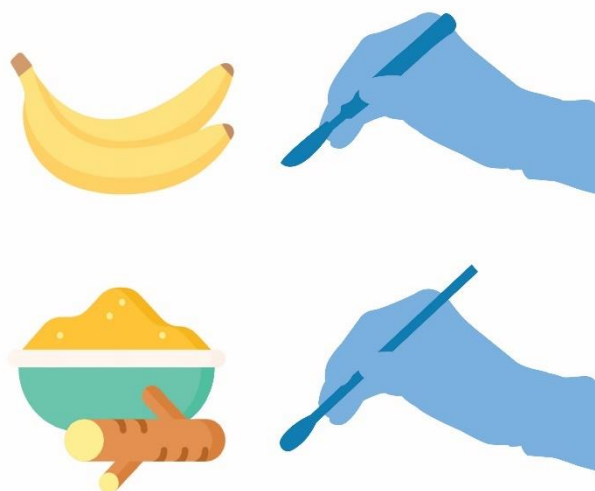


12. ábra Felületi mintavevő eszköz (a) és az arról közvetlenül szélesztett minta, tenyésztés után (b)

Forrás: a: http://www.labservis.com/sites/default/files/2020-03/BIOLAB_CATALOGUE_Microbiology.pdf (2021. 03. 21.), b: saját készítésű fotó

3.1.4. Anyagminták

Anyagmintákat gombával szennyezett import élelmiszerekről, főként déli gyümölcsökről, fűszerekről, valamint csomagolóanyagokról (pl.: raklap, kábeldob) gyűjtöttünk (n=72), melyek többsége trópusi és szubtrópusi országokból származott. Gyümölcsök esetében a mintázandó felszínt 96%-os etanollal áttöröltük, majd az epicarpium alól egy kis részt steril szikével kimetszettünk (**13. ábra**). Fűszerek esetében a mintákat eredeti, bontatlan csomagolásukból steril vattapálca segítségével vettük. Minden esetben fontos volt ellenőrizni, hogy nem történt-e átcsomagolás Magyarországon vagy más európai országban. A mintákat közvetlenül táptalajra helyeztük. Minden mintavételezés során törekedtünk arra, hogy a származási országból az árucikkal érkezett gombát izoláljuk és nem pedig a szállítás és forgalmazás során esetlegesen rákerült spórákból kialakult telepeket.



12. **ábra** Anyagmintavétel steril szikével (fent) és vattapálcával (lent) tenyésztéses mikológia vizsgálatokhoz (Forrás: saját készítésű ábra)

3.2. Mikoszkopikus gombák tenyésztése

A mintákat táptalajon 25 °C-on, öt napig inkubáltuk. A kinőtt telepeket egymástól és az esetlegesen előforduló baktérium telepektől elválasztottuk, majd további tisztításokat követően tiszta gombatenyészeteket hoztunk létre. A tenyésztésekhez használt táptalajok összetételét az **1. táblázat** mutatja. A táptalajokat autoklávban sterilizáltuk (120 °C, 15 perc), majd kézmelegre hűtöttük és sztreptomomicint (200 mg/l) vagy klóramfenikolt (100 mg/l) adtunk hozzájuk, annak érdekében, hogy az antibiotikum gátolja a baktériumok növekedését. Az elkészített táptalajokat Petri-csészékben szilárdítottuk meg.

1. táblázat Környezeti mintákból izolált gombák tenyésztéséhez használt táptalajok összetétele

Burgonyakivonat-agar (PDA, potato-dextrose-agar)		Malátakivonat-agar (MEA)	
burgonyakivonat	6 g	malátakivonat	20 g
glükóz	20 g	élesztőkivonat	4 g
agar-agar	10 g	pepton	6 g
DV	1000 ml	agar-agar	20 g
-	-	DV	1000 ml

3.3. Gombatörzsek kvantitatív és kvalitatív vizsgálata, izolálása és morfológiai azonosítása

A környezeti mintákat először MEA-ra szélesztettük, majd a fent említett módon inkubáltuk. Az inkubációt követően megszámloltuk a kinőtt telepeket és meghatároztuk az össz koncentrációt, valamint a morfortípusonkénti koncentrációt: CFU/adott környezeti minta egységnyi mennyisége. Vízminták esetében: CFU/ml, levegőminták esetében: CFU/m³, felületi és anyagminták esetében azonban nem végeztünk kvantitatív méréseket. Azokból, a morfológiailag jól elkülöníthető telepekből, melyek 4 CFU-nál magasabb koncentrációban fordultak elő a mintákban, tiszta tenyészeteket hoztunk létre PDA táptalajon. Hagyományos módszerekkel izoláltunk: oltótű segítségével egy darabot átemeltünk a friss micéliumból. Élesztők esetében oltókacs használatával kenetet vettünk. Továbbá bizonyos minták esetében szuszpenziót és hígítási sort készítettünk, majd adott mennyiséget (100 µl) táptalajra szélesztettünk. A megfelelő inkubációs idő elteltével a morfológiai azonosítást az adott törzs telep és mikromorfológiai tulajdonságait alapul véve Zeiss Amplitival, valamint Zeiss Jenaval típusú fénymikroszkópok segítségével, 16-szoros és 40-szeres nagyítású objektívekkel végeztük. Mikroszkópos felvételeket Leica DM6 G mikroszkóp segítségével készítettünk.

3.4. Izolált gombatörzsek törzsgyűjteménybe tétele

A tiszta gombatenyészeteket – annak érdekében, hogy később további vizsgálatokat lehessen velük végezni – törzsgyűjteménybe helyeztük. A törzsgyűjtemény -80 °C-on, ultramélyhűtőben (Vestfrost VTS 098, Dánia), 20%-os glicerin-oldatban hibernált törzseket tartalmaz, melyek szükség esetén újra tenyésztésbe vonhatók. A törzsgyűjteménybe tételt megelőzően minden esetben a sporuláció mértékét mikroszkópos vizsgálattal ellenőriztük. Ha az adott gombatelep kellő mértékben sporulált, akkor felszínét steril eszközzel (leégetett fedőlemezzel) lekapartuk és Potter-Elvehjem típusú sejthomogenizátor segítségével 3ml 20%-os glicerin oldatba szuszpendáltuk. Az így létrejött szuszpenzióból 1 ml-t 1,5 ml-es, steril krio-csőbe pipettáztunk. Nem sporuláló gombatelepek esetében a friss micéliumtömegeből steril oltókacs segítségével „tépett” darabokat helyeztünk a glicerin-oldatba. Annak érdekében, hogy az eltárolandó minták ne hirtelen fagyjanak meg, először -20 °C-os fagyasztóba helyeztük őket, majd később átkerültek az ultramélyhűtőbe.

3.5. Molekuláris azonosítás

Annak érdekében, hogy a morfológiai határozás eredményeit alátámasszuk, illetve ahol lehet a faji besorolást is megadjuk, molekuláris határozási módszereket vettünk igénybe. Ennek lépéseit a következő (3.5.1-3.5.6.) alfejezetekben ismertetjük.

3.5.1. DNS izolálás

A DNS kivonásához 48 órás, táplevesben szobahőn (25 °C) inkubált tiszta gombatenyészeteket alkalmaztunk. A tápleves összetevői DV-ben oldva: 1% pepton, 2% glükóz és 0,5% élesztőkivonat, 10 perc sterilizálás autoklávban (121 °C, 1,2 Bar). A kinőtt friss micéliumtömegekből a DNS izolálását az alábbi protokoll szerint végeztük. A totál DNS izolálás első lépéseként kacsnyi mennyiségű micéliumot 1,5 ml-es steril Eppendorf-csővekbe helyeztünk, majd a gombasejtek feltárása kvarchomok (mechanikai feltárás) és 300 µl 10 %-os Na-lauril-szarkozin (kémiai feltárás) hozzáadásával történt. Ezt követően homogenizáló pálcá segítségével homogenizáltuk a mintákat, majd 65 °C-on 20 percig inkubáltuk Dry Block termosztát (Biosan, Bio TBD-100) berendezésben. Az inkubáció alatt félidőben a mintákat vortexeltük (VELP Scientifica, ZX Classic, Olaszország). Az inkubációt követően a mintákat mélyhűtőben szobahőmérsékletűre hűtöttük (5-10 perc). Ez a váltakozó hőkezelés szintén a DNS feltárást segítette (fizikai feltárás). Annak érdekében, hogy a kivonandó nukleinsav hidrofób állapotból oldhatóvá váljon, valamint a nem kívánatos fehérje molekulák dehidratálódjanak (kicsapódjanak) 150 µl Na-acetátot (5M, pH=5,5) pipettáztunk hozzájuk, majd kézzel óvatosan összeráztuk az elegyet. Ezután 11340 g-n (13000 rpm) 15 percig centrifugáltuk (Eppendorf MiniSpin plus, Németország), hogy elválasszuk a folyadék és szilárd fázisokat. A minták felülúszójából 300 µl-t óvatosan steril 1,5 ml-es Eppendorf-csővekbe pipettáztunk, majd 1 ml mélyhűtött (-20 °C-os) 70%-os izopropanolt adtunk hozzájuk annak érdekében, hogy a DNS kicsapódjon. Az elegyet kézzel összeráztuk, majd centrifugáltuk (15 perc, 11340 g). A centrifugálás leteltekor a mintákat azonnal kivettük a centrifugából és egy határozott mozdulattal leöntöttük róluk a felülúszót. Ekkor a DNS molekulák már pellet formájában voltak, így a folyadék kiöntése után is az Eppendorf-csővek felszínén maradtak kitapadva. Következő lépés volt a DNS tisztítása, mely során 1 ml mélyhűtött 70%-os etanolt pipettáztunk a csövekbe, majd újabb centrifugálás (5 perc, 11340 g) után ismét egy határozott mozdulattal leöntöttük a folyadékot. Ezt a lépést a hatékonyabb tisztítás érdekében kétszer végeztük el. A kicsapott DNS mintákat beszárítottuk, majd 30 µl steril MQ vízben feloldottuk, és felhasználásig -20 °C-on tároltuk. A DNS izolálás sikerességét agaróz gélelektroforézissel ellenőriztük a 3.5.4-es fejezetben leírtak szerint.

3.5.2. A határozásra alkalmas DNS szakaszok bemutatása és azok amplifikálása PCR segítségével

Az előzőleg izolált DNS mintákból PCR segítségével felszorzottuk a gombatörzsek 18S rDNS ITS szekvenciáit. A leggyakoribb törzseket faj szinten azonosítottuk az ITS1F Forward (5'-CTT GGT CAT TTA GAG GAA GTA A-3') és az ITS4 Reverse (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3') primerek által közrezárt riboszomális DNS gén klaszter köztes átíródó régiójának (ITS) molekuláris jellemzése alapján (WHITE et al. 1990, LIU 2011). Az ITS a gombavilágban általánosan használt régió. Az utóbbi években azonban már világossá vált, hogy számos taxon esetében nem hordoz elég információt faj szintű azonosításhoz. Azon törzsek esetében, ahol az ITS nem volt kellően megbízható, további markergéneket is bevontunk a határozásba a hollandiai mikológiai kutatóközpont, a CBS (Westerdijk Fungal Biodiversity Institute) javaslata alapján (2. táblázat).

2. táblázat Bizonyos gombanemzetségek azonosítására javasolt markergének, néhány példa (SAMSON et al. 2019)

Nemzetség	Markergén	Primer (forward – reverse)
<i>Aspergillus</i>	kalmodulin	CMD5 – CMD6
<i>Cladosporium</i>	TEF1a	EF1-728F – EF2
<i>Exophiala</i>	LSU	V9G – LS266
<i>Fusarium</i>	TEF1a	EF1 – EF2
<i>Penicillium</i>	b-tubulin	Bt2a – Bt2b
<i>Talaromyces</i>	b-tubulin	Bt2a – Bt2b
<i>Trichoderma</i>	TEF1a	EF1-728F – TEF1-LLÉrev

Az izolátumok egy része esetében a transzlációs elongációs faktor (TEF) 1 α gén fragmensét is amplifikáltuk az EF1-728F (5'-CATCGAGAAGTTCGAGAAGG-3') és a TEF-LLÉrev (5'-AACTTGCAGGCAATGTGG-3') primerekkel, HATVANI és munkatársai (2007) által leírt protokoll szerint. Erre azért volt szükség, hogy pontosabb képet kapjunk a taxonómiai besorolás tekintetében. A *Fusarium*-törzsek esetében TEF régiót amplifikáltunk. *Aspergillus*-törzseknél kalmodulin (CMD) régiót is használtunk a pontosabb azonosítás érdekében.

A CMD régió amplifikálásához a CMD5 forward (5'-CCGAGTACAAGGAGGCCTTC-3') és CMD6 (5'-CCGATAGAGGTCATAACGTGG-3') reverse primereket használtuk (HONG et al. 2006, PILDAIN et al. 2008). A PCR reakciót ProFlex PCR System (Applied Biosystems by Life Technologies) és 2720 Thermal Cycler (Applied Biosystems) készülékek segítségével végeztük, a használt primereknek megfelelően kidolgozott hőprofil alapján.

Az ITS régió amplifikálásához a PCR során alkalmazott hőprofil:

▪ Elődenaturáció:	95 °C	3 perc	
▪ Denaturáció:	95 °C	30 mp	} 35 ciklus
▪ Anelláció:	48 °C	20 mp	
▪ Elongáció:	72 °C	30 mp	
▪ Extenzió:	72 °C	7 perc	
▪ Hűtés:	4°C	∞	

A TEF régió amplifikálásához a PCR során alkalmazott hőprofil:

▪ Elődenaturáció:	95 °C	3 perc	
▪ Denaturáció:	95 °C	30 mp	} 35 ciklus
▪ Anelláció:	48 °C	20 mp	
▪ Elongáció:	72 °C	30 mp	
▪ Extenzió:	72 °C	7 perc	
▪ Hűtés:	4°C	∞	

A CMD régió amplifikálásához a PCR során alkalmazott hőprofil:

▪ Elődenaturáció:	94 °C	2 perc	
▪ Denaturáció:	94 °C	30 mp	} 35 ciklus
▪ Anelláció:	56 °C	40 mp	
▪ Elongáció:	72 °C	45 mp	
▪ Extenzió:	72 °C	2 perc	
▪ Hűtés:	4°C	∞	

A PCR reakciók összetevőit a **3. táblázat** tartalmazza. Az összetevők mennyiségei egy mintára vonatkoznak. A szükséges templát DNS mennyisége 0,5-1,5 µl között változott a DNS minta töménysége szerint. Ennek függvényében a reakcióelegyhez hozzáadott MQ víz mennyisége is változott, minden esetben 25 µl végtérfogatra kiegészítve a reakcióelegyet. A Dream Taq Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific) tartalma: Dream Taq DNS polimeráz, 2× festett puffer (Dream Taq Green Buffer), 4 mM MgCl₂, valamint 0,4-0,4 mM dNTP. A reakcióhoz használt primerek 100 µM-os tömény oldatából 10× hígítást alkalmaztunk.

3. táblázat PCR reakcióhoz szükséges elegy összetétele

Összetevők	Mennyiség (µl)
Dream Taq Green PCR Master Mix	12,5
forward primer	0,25
reverse primer	0,25
templát DNS	1 (0,5-1,5)
MQ víz	11 (10,5-11,5)

A PCR reakció sikerességét agaróz gélelektroforézissel ellenőriztük a 3.5.4. fejezetben ismertetett módon.

3.5.3. DNS és PCR termék tisztítása

A kivont DNS-t amplifikáció előtt, valamint a PCR terméket szekvenálás előtt megtisztítottuk az esetleges szennyeződésektől a NucleoSpin Gel and PCR Clean-up Kit (Macherey-Nagel) segítségével a gyártó utasításai szerint.

3.5.4. Agaróz gélelektroforézis

A DNS izolálás, a PCR reakció és a PCR termék tisztításának sikerességét, valamint a kapott termék mennyiségét és minőségét agaróz gélelektroforézis segítségével ellenőriztük, mely alkalmas a mintáinkban található makromolekulák méret szerinti elválasztására és detektálására. A vizsgálathoz 1%-os agaróz gél készítettünk, melynek összetétele a következő volt: 100 ml

1xTBE puffer (10,8 g Tris; 10,5 g bórsav; 0,93 g Na-EDTA; 1000 cm³-re kiegészítve desztillált vízzel), 1 g agaróz. A porított agarózt a puffer melegítésével lehet feloldani. Miután az oldat kézmelegre hűlt, hozzáadtunk 5 µl 1%-os etidium-bromidot, mely képes kötődni a DNS szálhoz és később UV fény alatt láthatóvá tenni azt. A lehűlt, de még meg nem szilárdult oldatot fésűsorokkal ellátott futtatókádba öntöttük. A gél megszilárdulását követően (kb. 20 perc elteltével) a fésűsorokat eltávolítottuk, és az így kialakult zsebekbe betöltöttünk 4 µl-t a vizsgálni kívánt termékből. DNS és tisztított PCR termék esetén a betöltendő termék nem tartalmaz festéket, ezért 3 µl Loading Dye kék oldatot kevertünk bele a mintába. A Loading Dye összetétele 1000 ml DV-ben hígítva: 18,6 g EDTA, 20 g sarcosyl, 600 ml glicerin, 0,5 g brómfenolkék. A brómfenolkék segítségével tudtuk megállapítani, hogy a futtatás során hol tartanak a minták a gélben, a glicerin pedig sűrűségénél fogva a mintákat a zsebek alján tartotta. Annak érdekében, hogy ne csak arról kapjunk információt, hogy a mintánk tartalmaz-e DNS-t, hanem a mintánkban található DNS méretét is meg tudjuk állapítani 4 µl DNS vagy PCR markert (Gene Ruler Mix DNA Ladder, koncentráció: 0,5 µg/µl) töltöttünk a mintasorunk elé az első zsebbe. Ezután a géltre egyenáramot kapcsoltunk, mely hatására a semleges pH-n negatív töltésű nukleinsav molekulák a pozitív pólus felé vándoroltak. A futtatás ideje alatt a nagyobb/hosszabb molekulák lassabban, a kisebbek gyorsabban haladtak, így a gél alkalmas volt a vizsgált makromolekulák méret szerinti elválasztására. A mintákat 15 percig futtattuk 120 V feszültségen, majd ezt követően az eredményt UV fény alatt értékeltük ki.

3.5.5. Szekvenáló reakció

A szekvenálást Sanger-féle dideoxi láncterminációs módszerrel végeztük az ABI 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA) készülék segítségével a MATE gödöllői Akvakultúra- és Környezetbiztonsági Intézetében, valamint a szegedi BayGen 3500 Genetic Analyzer készülékével. A fajok azonosítását nukleotid BLAST elemzéssel (ALTSCHUL et al. 1990) végeztük a Nemzeti Biotechnológiai Információs Központ (NCBI- National Center for Biotechnology Information, www.ncbi.nlm.nih.gov) honlapján a 3.5.6-os fejezetben leírtak szerint.

A szekvenáló reakciót a BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, USA) segítségével végeztük, a reakcióelegy összetételét egy mintára számítva a **4. táblázat** mutatja. A szükséges templát DNS mennyisége 0,5-1,5 µl között változott a DNS minta töménysége szerint. Ennek függvényében a reakcióelegyhez hozzáadott MQ víz mennyisége is változott, minden esetben 5 µl végtérfogatra kiegészítve a reakcióelegyet.

4. táblázat A szekvenáló PCR reakció összetevői.

* BigDye Terminator 3.1 Ready Reaction Mix, ** BigDye Terminator v3.1 (5X) Sequencing Buffer

Összetevők	Mennyiség (µl)
BigDye*	0,5
BigDye puffer**	0,75
forward primer	0,25
templát	1 (0,5-1,5)
MQ víz	2,5 (2-3)

A szekvenáló reakció során alkalmazott hőprofil:

▪ Denaturáció:	96 °C	10 mp	} 28 ciklus
▪ Anelláció:	50 °C	5 mp	
▪ Elongáció:	60 °C	4 perc	
▪ Hűtés:	4 °C	∞	

A szekvenáló reakció termékét etanolos precipitálással tisztítottuk meg az egyéb reakció maradékoktól az alábbi módon. A termékhez 80 µl etanolos elegyet (**5. táblázat**) adtunk hozzá, majd vortexelést követően 15 percig 25 °C-on inkubáltuk. Az inkubációt követően centrifugáltuk (4 °C, 2360 g (4600 rpm), 20 perc; Rotanta 460 R, Hettich, Németország), a felülúszót eltávolítottuk, majd 180 µl 70%-os etanol hozzáadásával ismételt lecentrifugáltuk (4°C, 2360 g, 20 perc). A felülúszó leöntése után a maradék alkoholt is centrifugálás segítségével eltávolítottuk (110 g (1000 rpm), 1 perc). A beszártított terméket 20 µl Hi-Di formamid-ba oldottuk és 4 °C-on tároltuk a szekvenálásig. A termék szekvenálása során a különböző hosszúságú DNS fragmentek szétválasztása történik poliakrilamid gélen, ABI 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, USA) géppel, mely eredményül a vizsgált DNS szakasz bázissorrendjét adja meg elektroferogram formájában.

5. táblázat A szekvenáló PCR reakció termékeinek tisztításához használt etanolos elegy összetétele

Összetevők	Mennyiség (µl)
3 M Na-acetát	3
MQ víz	14,5
cc. etanol	62,5

3.5.6. A szekvenálás eredményének elemzése, a törzsek meghatározása

A szekvenálás eredményeként kapott elektroferogramokat FinchTV (Geospiza Inc., 2019) és MEGA X szoftver (TAMURA et al. 2007) segítségével értékeltük ki, majd az NCBI nukleotid BLAST (BLASTN) keresőprogramjának használatával eredményeinket összevetettük a GenBank adatbázisában megtalálható referencia és típus törzseket tartalmazó szekvenciákkal, valamint a nem redundáns nukleotid adatbázissal egyaránt (ALTSCHUL et al. 1990). Az eredményül kapott találatok közül a legalább 97%-ban egyezőket (Per. Ident \geq 97%) fogadtuk el azonosnak akkor, ha legalább 80%-os lefedettséget mutattak az általunk vizsgált szekvenciával (Query Cover \geq 80%) és az „E valószínűségi érték” 0 vagy ahhoz közeli érték volt (E value \leq 0). Abban az esetben, ha a találatok között több eltérő név is szerepelt azonos találati értékekkel, első körben ellenőriztük a lehetséges szinonimákat az Index Fungorum (Index Fungorum Partnership: Landcare Research-NZ, RBG Kew: Mycology and Institute of Microbiology) keresőfelületén, illetve a releváns filogenetikai szakirodalom alapján.

Bizonyos, nehezen eldönthető esetekben filogenetikai fákat is készítettünk a MEGA X szoftver használatával annak érdekében, hogy a távolság alapú „neighbor-joining” (SAITOU és NEI 1987), illetve „maximum-likelihood” (FELSENSTEIN 1981) algoritmusok segítségével a fajazonosítást pontosítsuk. A legpontosabb távolságértékeket bootstrap (BS) analízissel állítottuk be, mely során a legjobb fa kiválasztása 1000 másolat közül történt. A filogenetikai fához választott referencia szekvenciákat a legjobb egyezést mutató megbízható forrásból származó találatokból, az NCBI Taxonomy adatbázisból, valamint a szakirodalomból gyűjtöttük. Biztos azonosításnak tekintettük azokat az eredményeket, melyeknél az azonosítani kívánt törzsünk szekvenciája egy adott referencia törzsszel került ugyanabba a csoportba (ágra) oly módon, hogy a BS support érték magasabb volt 90%-nál, valamint más hivatalosan elfogadott faj nem került ugyanarra az ágra. Azokat a vizsgált törzseket, melyeknél nem volt a fent említett módon egyértelmű a fajhatározás, szekciókba, fajkomplexekbe vagy nemzetségekbe soroltuk a BLASTN találatok és a szakirodalom alapján, valamint az előzetesen vizsgált morfológiai tulajdonságaikat is alapul vettük a határozáshoz.

3.6. Tolerancia tesztek kiválasztott törzsekkel

3.6.1. Mosógépekből származó gombatörzsek növekedése a készülékekre jellemző környezeti paraméterek hatására

A mosógépekből izolált és azonosított fajok közül öt gombatörzset választottunk ki növekedésük tesztelésére különböző beállított körülmények között. Választási szempontjaink az emberi patogenitás és a mintákban való jelenlét gyakorisága voltak. A fajok növekedését függetlenül teszteltük hőmérséklet-, pH- és halotolerancia szempontjából.

A vizsgált hőmérsékleti értékek a következők voltak: 25 °C (kontroll), 37 °C (az emberi testhőmérséklet) és 50 °C (termofil gombák preferenciája; COONEY és EMERSON 1964; CRISAN 1964). A mosógépek körülményeinek szimulálására két különböző hőmérsékleti profilt alkalmaztunk: 22 óra 25 °C-on/2 óra 40 °C-on (40 °C-os kezelés) és 22 óra 25 °C-on/2 óra 60 °C-on °C (60 °C-os kezelésnek neveztük). Az élesztőket 25 ml malátás tápoldatba (literenként 2,5 g élesztőkivonat, 50 ml malátakivonat 20%-os oldatból, 10 g glükóz) oltva, a megfelelő hőmérsékletre beállított vízfürdős rázógépekben, a fonalas gombát MEA-t tartalmazó Petri-csészében, adott hőmérsékletű termosztát berendezésekben inkubáltuk.

A pH-teszteket 25 °C-on, 2,09, 4,1, 7, 8,36 és 10,88 pH-értékeken végeztük Britton-Robinson pufferoldatokkal (BRITTON és ROBINSON 1931). A pufferoldat részei egy savas törzsoldat és egy lúgos NaOH-oldat, melyek összetevőit kétszeres töménységre állítottuk be (6. táblázat) 1 liter desztillált vízhez.

6. táblázat Britton-Robinson pufferoldat összetevői

Britton-Robinson pufferoldat	Összetevők	Mennyiség (g/l)
	0,08 M ecetsav	4,95
Savas törzsoldat	0,08 M foszforsav	7,84
	0,08 M bórsav	4,8
Lúgos oldat	0,4 M NaOH	16

A törzsoldatok egyes pH-értékeknek megfelelő arányait a **7. táblázat** mutatja be.

7. táblázat A Britton-Robinson pufferoldatok egyes pH-értékeknek megfelelő arányai

pH	Törzsoldat (ml/l)	NaOH oldat (ml/l)
2,09	925	75
4,1	750	250
7	475	525
8,36	375	625
10,88	175	825

Az elkészített pufferoldatokból 12,5 ml-t kevertünk a már kimért 12,5 ml-es kétszeresen tömény malátás tápoldatokhoz. A kapott különböző pH-értékű, 25 ml-es tápfolyadékokat beoltottuk a friss tenyészetekből készített szuszpenziókkal, majd 25 °C-on, rázógépből megkezdtük az inkubációt. A fonalas gomba esetében a pufferoldatokat megszilárduló MEA táptalajba kevertük és szobahőn inkubáltuk.

A halotolerancia teszt beállításához nátrium-kloridot adtunk a MEA-hoz 0, 30, 60, 90 vagy 120 g/l koncentrációban. Mivel a teszttel a gombák kiszáradástűrő képességét céloztuk megvizsgálni, ezért a beállított sókoncentráció értékekhez hozzávetőleges vízaktivitási értékeket rendeltünk (**8. táblázat**).

8. táblázat A halotolerancia kísérletben beállított különböző mennyiségű NaCl-t tartalmazó MEA hozzávetőleges vízaktivitásai

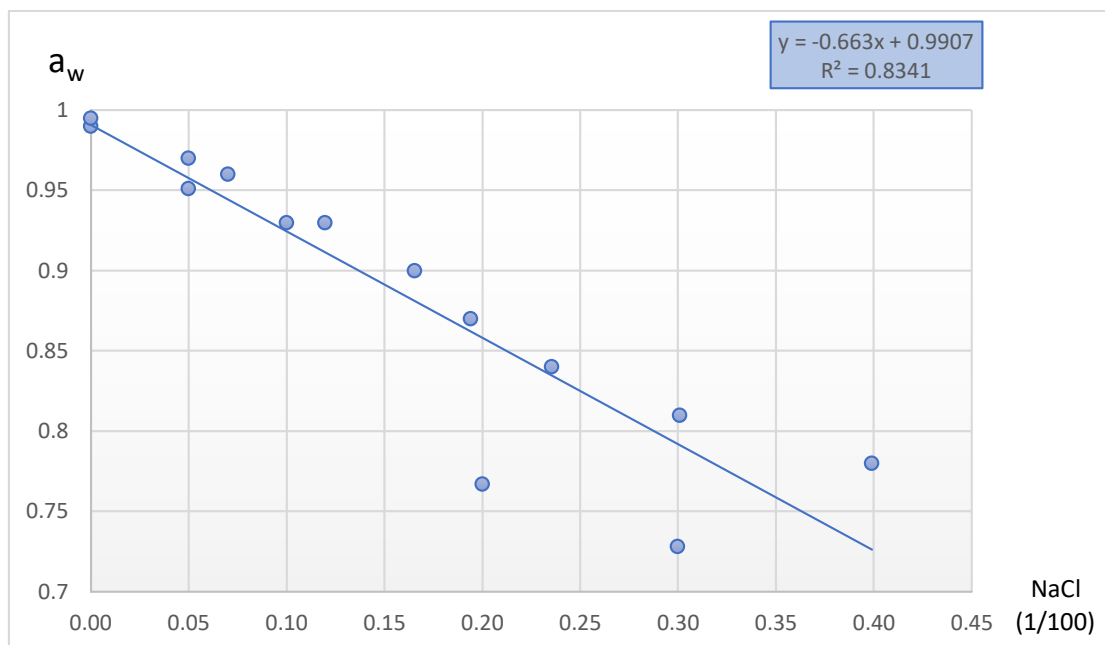
NaCl-koncentráció (g/l)	Vízaktivitás (a_w)
0	0,99
30	0,97
60	0,95
90	0,93
120	0,91

Mivel az egyes tápközegek vízaktivitásának műszeres megállapítására nem került sor, ezért a vízaktivitási értékek kiszámításához összesen öt szakirodalom (NUNEZ et al. 2000, GUNDE-CIMERMANN et al. 2003, SEPCIC et al. 2011, VAN LONG et al. 2017, LEGGIERI et al. 2017) módszertani fejezeteiben közölt sókoncentráció és vízaktivitás értékeket gyűjtöttük össze (**9. táblázat**). CHIRIFE és RESNIK (1984), valamint AUJLA és PAOLITZ (2017) munkájukban említik, hogy a táptalajok sókoncentrációja és a mérhető vízaktivitás között lineáris

összefüggés figyelhető meg, ezért a talált szakirodalmi adatokra lineáris regressziót illesztettünk, mely igen magas regressziós koefficiens értéket eredményezett ($R^2=0,8341$, **14. ábra**). A kapott regressziós egyenlet ($a_w = -0.663 \times \text{NaCl} + 0,9907$) alapján számoltuk ki a fent ismertetett vízáktivítási értékeket.

9. táblázat Adott sókoncentrációkhoz tartozó vízáktivítási értékek

NaCl (1/100)	a_w	Közlemény
0,00	0,99	Nunez et al., 2000
0,05	0,97	Nunez et al., 2000
0,05	0,951	Gunde-Cimermann et al., 2003
0,30	0,728	Gunde-Cimermann et al., 2003
0,1	0,93	Sepcic et al., 2011
0	0,995	Van Long et al., 2017
0,2	0,767	Van Long et al., 2017
0,0701	0,96	Leggieri et al., 2017
0,1198	0,93	Leggieri et al., 2017
0,1656	0,9	Leggieri et al., 2017
0,194	0,87	Leggieri et al., 2017
0,2355	0,84	Leggieri et al., 2017
0,301	0,81	Leggieri et al., 2017
0,399	0,78	Leggieri et al., 2017



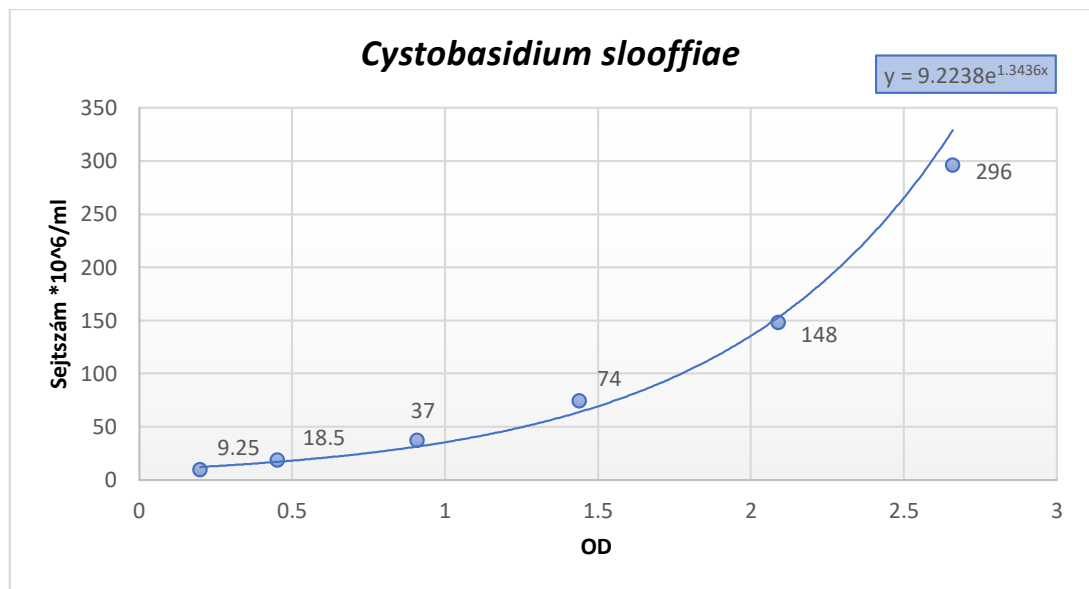
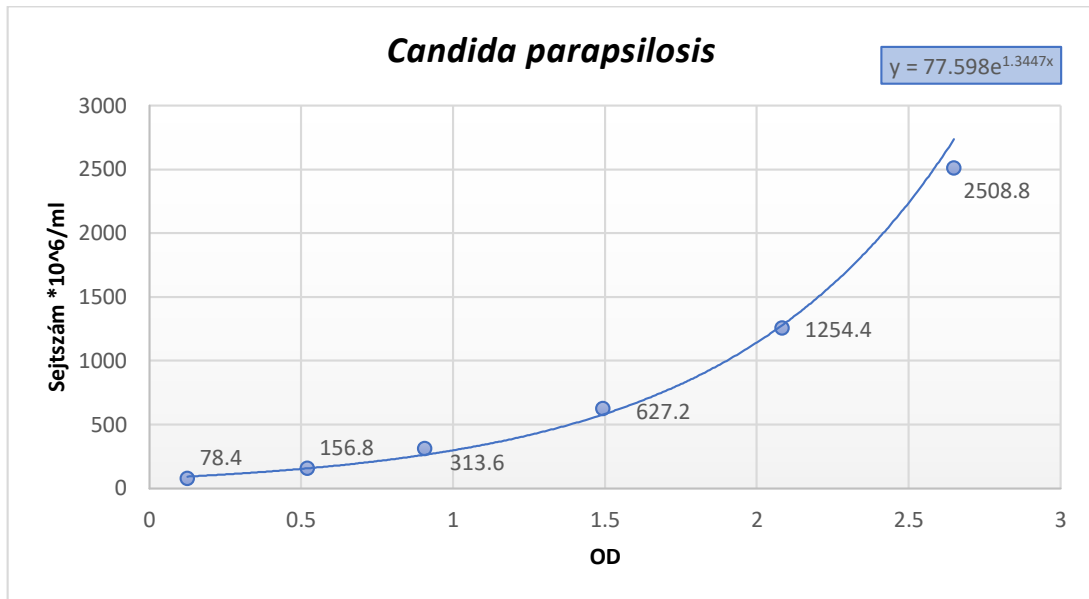
14. ábra Sókoncentráció és vízaktivitási értékek lineáris regressziója

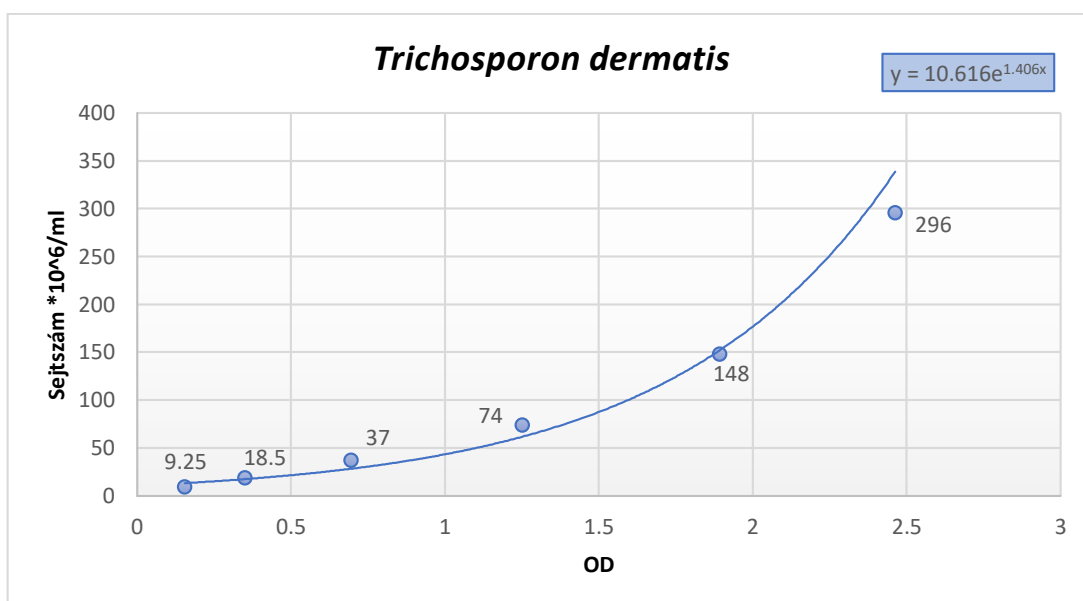
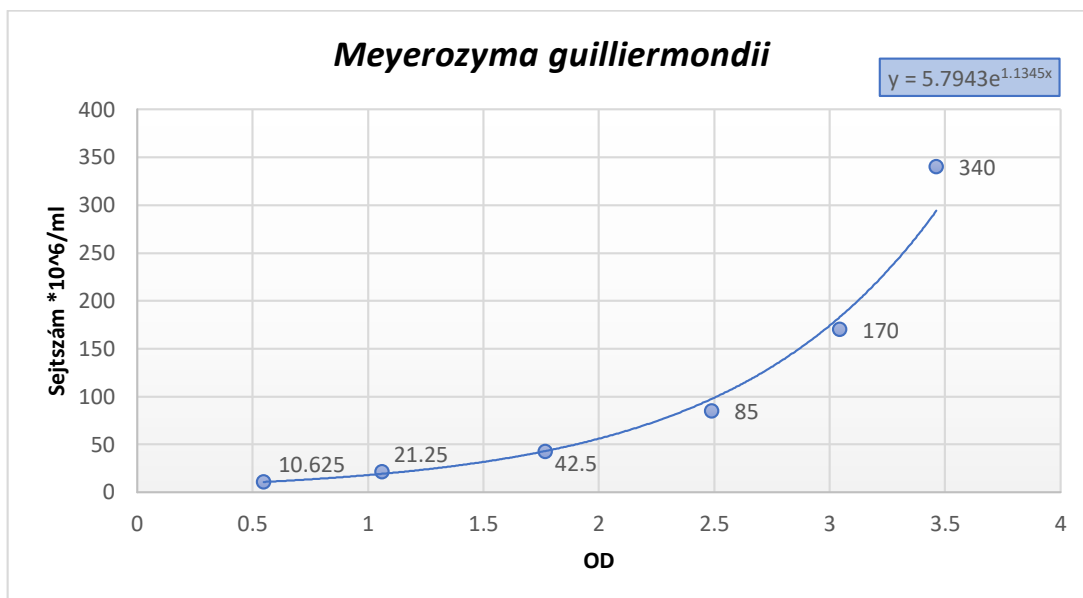
A kísérlet indításakor a kiválasztott élesztő gombák két napos tenyészetéből oltókacsnyi mennyiséget 3 ml steril desztillált vízben szuszpendáltunk, majd Bürker-kamra segítségével sejtszámlálást végeztünk. Ehhez 312,5× nagyításon megszámloltuk a gombaelemeket a Bürker-kamrában. A számolást a nagy négyzet alapú cellákban végeztük, amelyek 0,04 mm² területűek. Kiszámoltuk az egy cellára jutó átlagos gombaelemszámot tíz cella alapján, majd a megfelelő képlet segítségével kiszámoltuk az 1 ml-re jutó átlagsejtszámot (KEVEI et al. 2004):

$$\text{gombaelemszám} = \frac{\text{egy cellára jutó átlagsejtszám}}{4} \times 10^6 / \text{ml}$$

Ezután a vizsgált élesztők szuszpenziójából ötlépcsős felező hígítási sort készítettünk. A hígítási sorok minden elemén optikai denzitás (OD) értékeket mértünk 620 nm-es hullámhosszon, SPECTROstarNano (BMG LABTECH) típusú spektrofotométer segítségével. A kapott értékekből minden egyes törzsre kalibrációs görbét készítettünk, melynek segítségével meg tudtuk határozni a spektrofotométerben mért OD-értékeknek megfelelő sejtszámot az egyes mintákra (**15. ábra**). A tápoldatban inkubálódott élesztők esetében az öt nap során napi rendszerességgel OD értékeket mértünk, melyből a fentebb említett kalibrációs görbék segítségével kiszámoltuk az adott mérési időpontra jellemző sejtszám értékeket. A négy élesztő esetében a kiindulási sejtszámok nem egyeztek meg; a tápoldatba való áttöltés során a törzsolatokból egységnyi

mennyiségeket (100 µl), 25 ml maláta-tápotlatot tartalmazó 100 ml-es lombikokba pipettáztunk. A négy élesztő törzs közül három (*C. slooffiae*, *T. dermatis* és *M. guilliermondii*) esetében a kiindulási sejtszám közel azonos ($0,296 \times 10^6$, $0,296 \times 10^6$, $0,34 \times 10^6$ /ml), míg a *C. parapsilosis* esetében a kiindulási sejtszám ennél egy nagyságrenddel nagyobb volt ($2,508 \times 10^6$ /ml).





15. ábra A négy vizsgált élesztőgomba törzs sejtszámai, valamint az adott sejtszámokhoz tartozó OD értékek közötti összefüggés

A vizsgált fonalagomba, a *Fusarium oxysporum* esetében a kísérlet indításakor 50 mm-es agarkorongot helyeztünk steril MEA táptalajt tartalmazó Petri-csésze közepére. A telepátmérő meghatározásához a gombatelepek legnagyobb és legkisebb átmérőjét mm-ben lemértük, majd a két értéket átlagoltuk.

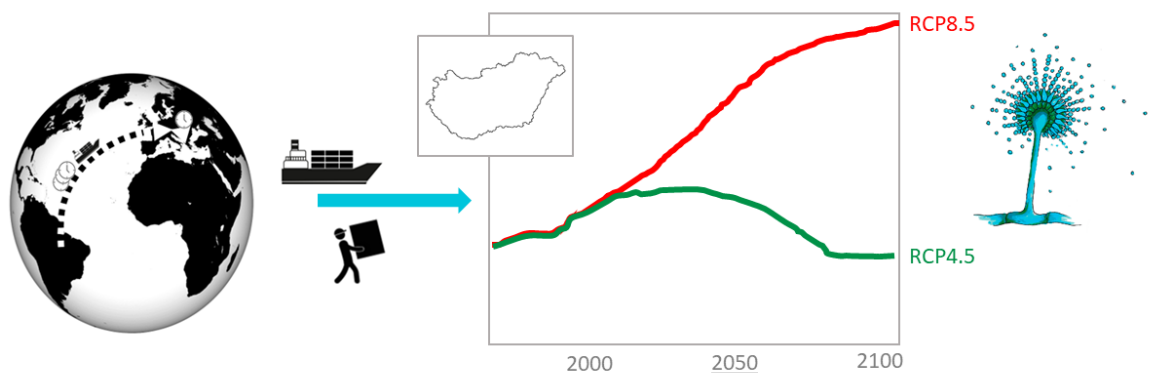
A tolerancia tesztek élesztők esetében öt napig, a fonalag gomba esetében 6 napig tartottak, és a tenyészeteket 24 óránként mértük. Mindegyik tesztet három ismételtsben hajtottuk végre.

3.6.2. Gombatörzsek növekedésének vizsgálata klímaszcenáriók által előre jelzett hőmérsékleti értékeken

A vizsgálatban 12 kiválasztott fonalas gombatörzs vett részt, melyek közül 8 törzset trópusi/szubtrópusi országokból importált gyümölcsökről, 1 törzset trópusi/szubtrópusi fűszernövényről, 1 törzset kábeldobról, valamint 2 törzset hazai parlagfű pollenről izoláltunk a 3.1. fejezetben leírtak szerint. A kísérletünkben a hazai eredetű parlagfű pollenekről izolált törzseket kontrollként használtuk, mivel e törzsek az egész PBR területén elterjedtek (a gazdanövény invazív tulajdonsága révén), hazánk jelenlegi klímájához jól alkalmazkodtak. A törzsek bővebb ismertetését az Eredmények fejezetben mutatjuk be.

A kísérletet Binder KT53, 9020-0311 (Din12880) típusú légkeveréses, időzíthető termosztátokban hajtottuk végre. A termosztátokban hőhullámokat modelleztünk klíma előrejelzések alapján beállított hőmérsékleti értékeken. A hőhullámok átlagosan 3-10 napig terjednek Magyarországon (BARTHOLY és PONGRÁCZ 2007), ezért ezek középértékét, 7 napos periódust állítottunk be. Bár a hőhullámokra számos definíció létezik, nincs egységesen elfogadott meghatározás. Hazai összehasonlító vizsgálataink alapján a hőhullám-napok azonosítására a napi átlaghőmérséklet 90%-os gyakorisággal mért küszöbértékét alkalmazó modellt vettük alapul (BOBVOS et al. 2015).

A modellkísérlethez a PONGRÁCZ és munkatársai (2016) által hazai viszonylathoz illesztett RCP 4.5 és RCP 8.5 emissziós forgatókönyveket választottuk, melyből az RCP 4.5 egy mérsékelt, az RCP 8.5 egy erősen pesszimista szcenáriót képvisel (**16. ábra**).



16. ábra A globális kereskedelem által Magyarországra behurcolt mikroszkopikus gombák növekedésének vizsgálata klímaforgatókönyvek alapján (Forrás: saját készítésű ábra)

A kísérleti körülmények között a hőmérsékletet a következőképpen állítottuk be: naponta négy ciklus váltotta egymást, melyek időintervallumát és hőmérsékletét a **10. táblázat** mutatja be. A ciklusok napi minimum – átlag – maximum – átlag hőmérsékleti értékekből álltak, melyek kiválasztását a következőképpen végeztük. A kontroll átlaghőmérsékletét a Közép-magyarországi 2019-es, júliusi átlaghőmérséklet (20-23 °C) számtani középértéke adta (www.met.hu). A kezelések átlaghőmérsékleteinek kiszámításához kiindulásként vettük a 2005-2014 (10 éves) időszakra vonatkozó napi átlaghőmérsékletek 90%-os gyakorisággal mért értékét, ami 24,5 °C volt (BOBVOS et al. 2017). Ehhez az értékhez adtuk hozzá a két választott RCP scenárió által előre jelzett átlaghőmérséklet emelkedést, ami az RCP 4.5 esetében 2,5 °C, az RCP 8.5 esetében pedig 4,5 °C volt. Az átlaghőmérséklethez tartozó átlagos napi minimum és maximum hőmérsékleteket a kiszámított átlagértékek és a modellek alapján becsültük a 2007 júliusában Budapesten mért hőmérsékleti adatok alapján. Minden ciklus 6 óra időtartamú volt, a beállításnál az intervallumok pontos idejét a maximum hőmérséklet időintervallumához igazítottuk. Mivel a városokban átlagosan délután 15 órakor mérik a napi maximum értéket, ezért a napi maximum hőmérséklet időintervalluma 12-18 óráig tartott. Minden kiválasztott gomba esetében a vizsgálatot 5 ismétléssel végeztük el. A növekedés mértékének megállapítására a gombatelepek legrövidebb és leghosszabb átmérőjét mm pontossággal lemértük; a méréseket a kezelés időperiódusa alatt 24 óránként megismételtük.

10. táblázat Termosztátba programozott hőhullámok hőmérsékleti értékeinek napi dinamikája különböző klímaszenáriók figyelembevételével

Időintervallum (h)	0-6	6-12	12-18	18-24
Hőmérsékleti értékek (°C)	minimum	átlag	maximum	átlag
Kontroll	20	21,5	30	21,5
Kezelések RCP 4.5 scenárió	22	27	35	27
RCP 8.5 scenárió	24	30	40	30

3.7. Környezeti paraméterekre vonatkozó mérések

Környezeti paraméterekre vonatkozó méréseket a ballonos vízadagolók esetében végeztünk, így alábbiakban az erre vonatkozó vizsgálatokat ismertetjük. A felmérésben részt vevő készülékek esetében a mikrobiológiai vizsgálathoz hozzá tartozott a vízminták fizikai és kémiai analízise is, továbbá a készülékek és a tárolt ballonok helyiségére vonatkozó környezeti felmérés. A ballonos vízminták esetében a következő fizikai paramétereket teszteltük: hőmérséklet (°C; a helyszínen; Testo 206-pH1 használatával, Testo INC, Németország), íz és szag (a BWD kezelőjének tapasztalatai alapján), vezetőképesség (WTW inoLab Cond 2-t használtuk WTW TetraCon 325 cellával, Xylem INC, Global, Németország), térfogatáram (a helyszínen; az az idő, amely szükséges 1 liter hideg vízminta levételéhez a BWD-ből, másodperc/l-ben kifejezve). Kémiai analízis során a következő paramétereket mértük: pH (a helyszínen; Testo 206-pH1, Testo INC, Németország), lúgosság (MSZ 448-11: 1986), teljes keménység (MSZ 448-21: 1986), ammónium ion (MSZ ISO 7150- 1: 1992), nitrit koncentráció (MSZ 1484-13: 2009), összes szerves szén (TOC/TNb elementar vario TOC cube, Elementar Analysen systeme GmbH, Németország).

3.8. Használati szokásokra vonatkozó felmérés

Használati szokásokra vonatkozó felmérést két kutatás esetében végeztünk, mely során kérdőív segítségével mértük fel a vizes berendezések működtetésére és karbantartására vonatkozó szokásokat.

3.8.1. Mosógépek használatára vonatkozó felmérés

A mosógépekről, a használati szokásokról, a háztartás körülményeiről, a gép bármely pontján jelenleg és korábban előforduló sötét elszíneződésekről szóló információkat kérdőíves vizsgálat segítségével mértük fel, valamint elemeztük a gombafajok jelenlétével és számával kapcsolatban (**Melléklet 2.**). A gyűjtött információk az alábbiak:

- 1) készülék adatai (márka, típus, életkor, felül- vagy elöltöltős)
- 2) a mosógép működtetésének helye a házban (fürdőszoba, konyha, pince, stb.)
- 3) a helyiség szellőztetése (ablak, ventilátor, funkcionális páramentesítő)
- 4) a helyiség fűtésének megléte (fűtött vagy fűtetlen) és fajtája
- 5) a helyiségben lévő burkoló anyag típusa
- 6) szokások (a mosógép-használók száma, a mosás gyakorisága, a mosási program hőmérséklete, az alkalmazott mosószer típusa, stb.)
- 7) a mosógép bármely pontján észlelt jelenlegi és korábbi elszíneződés, valamint az elszíneződések eltávolítására kipróbált módszerek
- 8) a háztartás körülményei (az épület kora és típusa, a szigetelés és a szellőzés típusa, az épületben együtt élők száma).

3.8.2. Ballonos vízadagolók használatára vonatkozó felmérés

Szintén kérdőíves vizsgálat segítségével mértük fel a budapesti BWD-k használati és fertőtlenítési szokásait, valamint a tároló helyiséggel kapcsolatos körülményeket (**Melléklet 3.**). A BWD-kre vonatkozó kérdőív 17 kérdést tartalmazott, amelyeket az üzemeltető/felelős személyek vagy a létesítmények egyéb dolgozói töltöttek ki az adagoló, valamint az eszköz és a palackok tároló helyiségeinek használati és karbantartási gyakorlatáról. Ezen kívül egy adatlapot is kitöltöttek, amely a mintavevők által megválaszolható kérdéseket tartalmazta, összesen 24-et. Itt kaptak helyet azok a kérdések, melyek válaszai a helyszíni mérési eredményeket tartalmazták (a BWD és a palackok tároló helyiségeinek hőmérséklete, valamint relatív páratartalma Testo 174H hordozható hőmérséklet- és páratartalom-mérővel lett mérve).

3.9. Irodalmi adatgyűjtés

Mintavételezéseinket irodalmi adatgyűjtéssel egészítettük ki annak érdekében, hogy átfogóbb képet kapjunk a globális megatrendeknek a penész- és élesztőgombák terjedésére és előfordulására gyakorolt hatásairól a PBR-ben. Ehhez olyan 2001 óta megjelent szakirodalmakat kerestünk, melyek a megatrendekhez kapcsolható gombatörzsek előfordulási adatait tartalmazzák a PBR-ből gyűjtött környezeti mintákban. A gyűjtött adatokat hozzáillesztettük saját adatainkhoz, kiegészítve a listát, majd statisztikai elemzéseknek vetettük alá.

3.10. Statisztikai elemzések

Az összes statisztikai számítást és grafikai ábrázolásukat a nyílt forráskódú R-szoftver (www.r-project.org) következő bővítményeivel végeztük: agricolae, factoextra, FactoMineR, ggplot2, gridExtra, igraph, lattice, MASS, MICE, multcomp, Rcmdr, RcmdrMisc, vegan.

3.10.1. *A mosógépekből származó gombák vizsgálati eredményeinek statisztikai elemzése*

Az adatok statisztikai kiértékelése során első körben deskriptív elemzéseket végeztünk. A törletmintákból származó fajok és a hozzájuk tartozó kérdőíves adatok analitikai feldolgozására általánosított lineáris modelleket használtunk. Az egyes változók hatását a fajsámra Poisson-regresszióval vizsgáltuk. Logisztikus regresszióval elemeztük, hogy milyen tényezőktől függ az egyes fajok előfordulása. A végleges modellek kiválasztásához a modell-szelekciót az Akaike Információs Kritérium (AIC) alapján végeztük. A kiválasztott modellek feltételeit minden alkalommal ellenőriztük. A növekedési vizsgálatok adatainál a számtani középértékeket és a szórásokat kiszámoltuk. Ezt követően az átlagos sejtszám-, illetve a telepátmérő-értékekre egyutas varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk. A kapott eredményre a páronkénti összehasonlítást Dunnett-féle post-hoc teszttel végeztük, ami minden egyes kezelést a kontroll csoporthoz hasonlított. Ahhoz, hogy szimultán 5%-os szignifikancia szintet érjünk el, Bonferroni módszerét alkalmazva az egyenkénti szignifikancia szinteket 5%-ról 1%-ra változtattuk. Így az öt összehasonlítás összesített eredményére az elsőfajú hiba valószínűsége 5%, szemben az 5%-os szignifikanciaszint megtartásával kapott 23%-kal.

3.10.2. A ballonos vizsgálat eredményeinek statisztikai elemzése

A paraméterek közötti kapcsolatok meghatározásához a numerikus változók esetében Benjamini-Hochberg-módszerrel korrigált Pearson-korrelációt számítottunk, míg a faktorok esetében szintén Benjamini-Hochberg-módon korrigált párosított Wilcoxon-Mann-Whitney-tesztet végeztünk.

3.10.3. A klímaváltozás hatásaira vonatkozó vizsgálat eredményeinek statisztikai elemzése

A kapott eredmények feldolgozásához ANOVA-t alkalmaztunk. Előzetes vizsgálatokkal (normalitásteszt) megállapítottuk, hogy a kezelt csoportok egyező szórásúak, normális eloszlásúak voltak. A kapott értékekre Tukey-féle post-hoc tesztet futtattunk le, mely külön-külön összehasonlította az összes kezelés átlagát minden más kezelés átlagával.

4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

A célkitűzéseknek megfelelően feltártuk a globális megatrendek összefüggésében előforduló, a hazai környezetben jelentősebb szennyezettséget okozó mikroszkopikus gombafajokat. Munkánk során összesen 340 db gombaizolátumot gyűjtöttünk és helyeztünk el hazai és nemzetközi törzsgyűjteménybe.

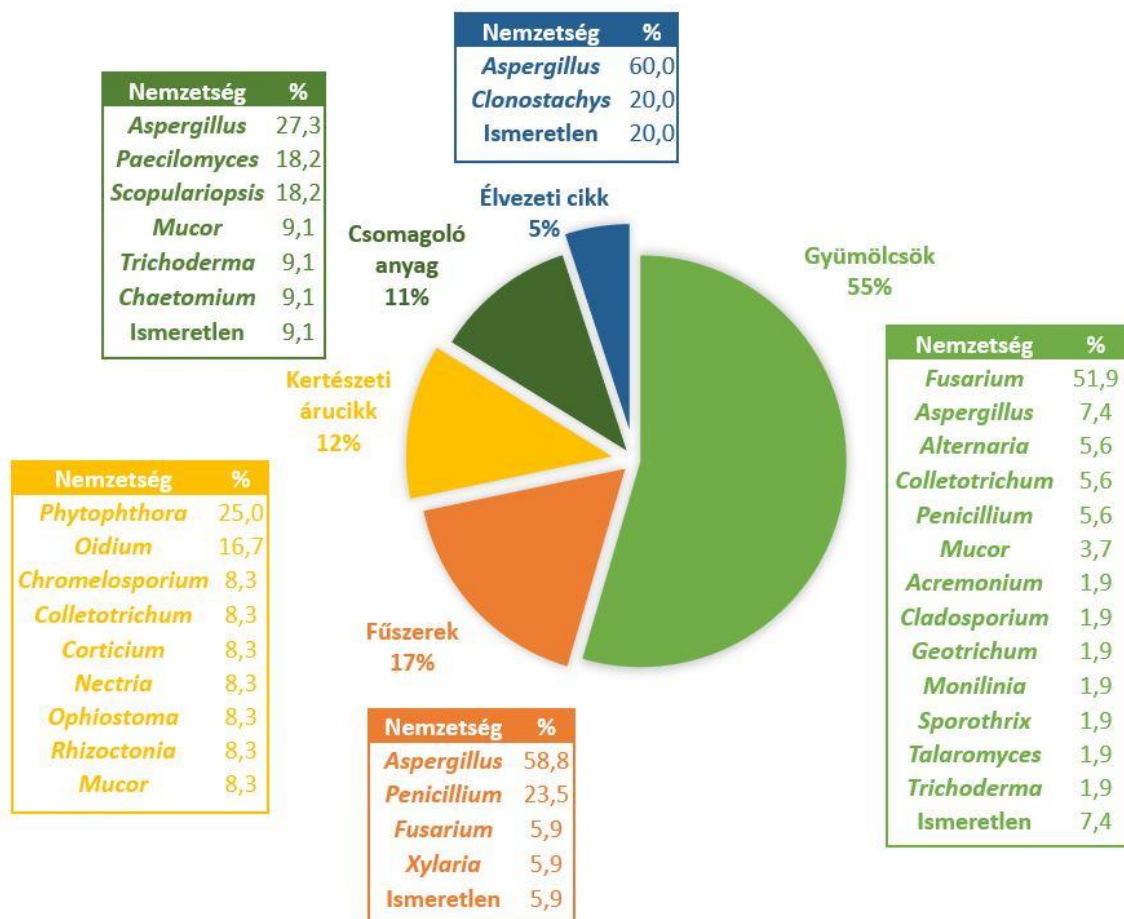
A törzsgyűjteményben található gombák listáit a **Melléklet 4-7.** táblázatai tartalmazzák, a saját törzsgyűjteménybe tartozó izolátumokat T-3jegyű szám jelöli. Ennek egy része az SZMC-ben van elhelyezve (MAGYAR et al. 2017b), további részei (egyresé altémákhoz kapcsolódó mintagyűjtésből származó gombák) pedig Gödöllőn lettek eltelve. A globalizáció megatrendje révén a szubtrópusi/trópusi régiókból érkező import árucikkek gombaszennyezettségének vizsgálatával 54 izolátumot helyeztünk törzsgyűjteménybe. A technológiai fejlődési trendekkel összefüggésbe hozható, egészségügyi szempontból jelentős penészgombák felmérésével és azonosításával 286 izolátummal gazdagítottuk törzsgyűjteményünket. E téma kapcsán modern, vizes háztartási berendezések vizsgálatára öszpontosítottunk. Ezek közül 71 izolátum mosógépekből, 99 izolátum BWD-kból, 18 izolátum páramentesítógépből, 7 izolátum légkondicionálógépekből, míg 12 izolátum egyéb berendezésből (pl. konyai elszívóból, ruhaszárító gépből) származik. Modern anyagokról összesen 61 gombaizolátumot gyűjtöttünk, melyből 10 izolátum származott MMVF-ről, 11 izolátum gipszkartonról, 25 izolátum műanyagokról (linóleum, sziloplaszt, műanyag tapéta, stb.) és 15 izolátum egyéb anyagokról (kerámia csempe, laminált farostlemez, stb.). Összesen további 40 izolátum származik modern technológiával kapcsolatos légterekből (passzív ház, sószoza, nyomda, konténerépület, szellőzőrendszerek).

A klímaváltozás megatrendjével kapcsolatban 12 választott gombatörzs növekedését és túlélését teszteltük a Közép-magyarországi régióra, 2050-re jósolt forgatókönyvek alapján. Végül, a megatrendek vizsgálata alapján ajánlásokat dolgoztunk ki a mikrobiális szennyezettség és az egészségi kockázat csökkentésének érdekében. Az egyes vizsgálatokra vonatkozó részletes eredményeket és ajánlásainkat a következő alfejezetekben közöljük.

4.1. Globális kereskedelemről, turizmusról és árucseréről származó behurcolt gombák

4.1.1. Globális kereskedelemről, turizmusról és árucseréről származó behurcolt gombák vizsgálatának eredményei

A különböző országokból a PBR-be importált árukon és csomagolóanyagokon kimutatott gombák listája a **Melléklet 4.** táblázatában található. A vizsgálat során 106 db mintát gyűjtöttünk a PBR-be importált termékekről, amelyek közül 99 minta tartalmazott egy, vagy több gombafajt. Összesen 54 db gombatorzset izoláltunk, melyet további, 45 gombatorzset előfordulási adataival egészítettünk ki a szakirodalomból. Ezek közül 47 db gombaizolátum származik valamilyen déligyümölcsről és 7 db egyéb importált gyümölcsről, 17 db fűszerekről, 12 db kertészeti árucikkekről, 11 db fa- és papír csomagolóanyagokról, 5 db élvezeti cikkekről (elsősorban kávé és tea) (**17. ábra**).

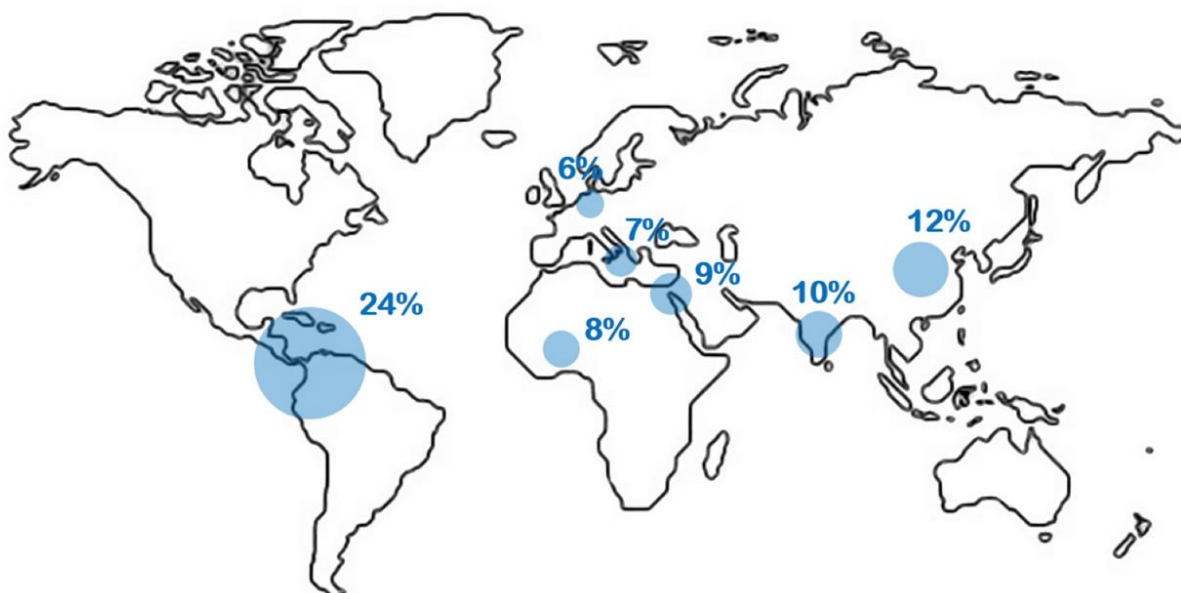


17. ábra Főként trópusi eredetű import árucikkekről izolált gombák nemzetségek és árucikkek szintjén csoportosítva

Az azonosított törzsek többsége az *Aspergillus*-, *Fusarium*- és *Penicillium*-nemzetségekhez tartoznak, emellett *Chaetomium*-, *Mucor*-, *Paecilomyces*-, *Scopulariopsis*- és *Trichoderma*-fajokat is kimutattunk. A vizsgált, hazánkba importált trópusi gyümölcsök 62,5%-a fertőzött volt valamilyen gombafajjal. A trópusi gyümölcsökről származó, azonosított törzsek többsége a minőségromlást okozó, raktári kórokozók közé tartozott (*Fusarium*-, *Aspergillus*-,

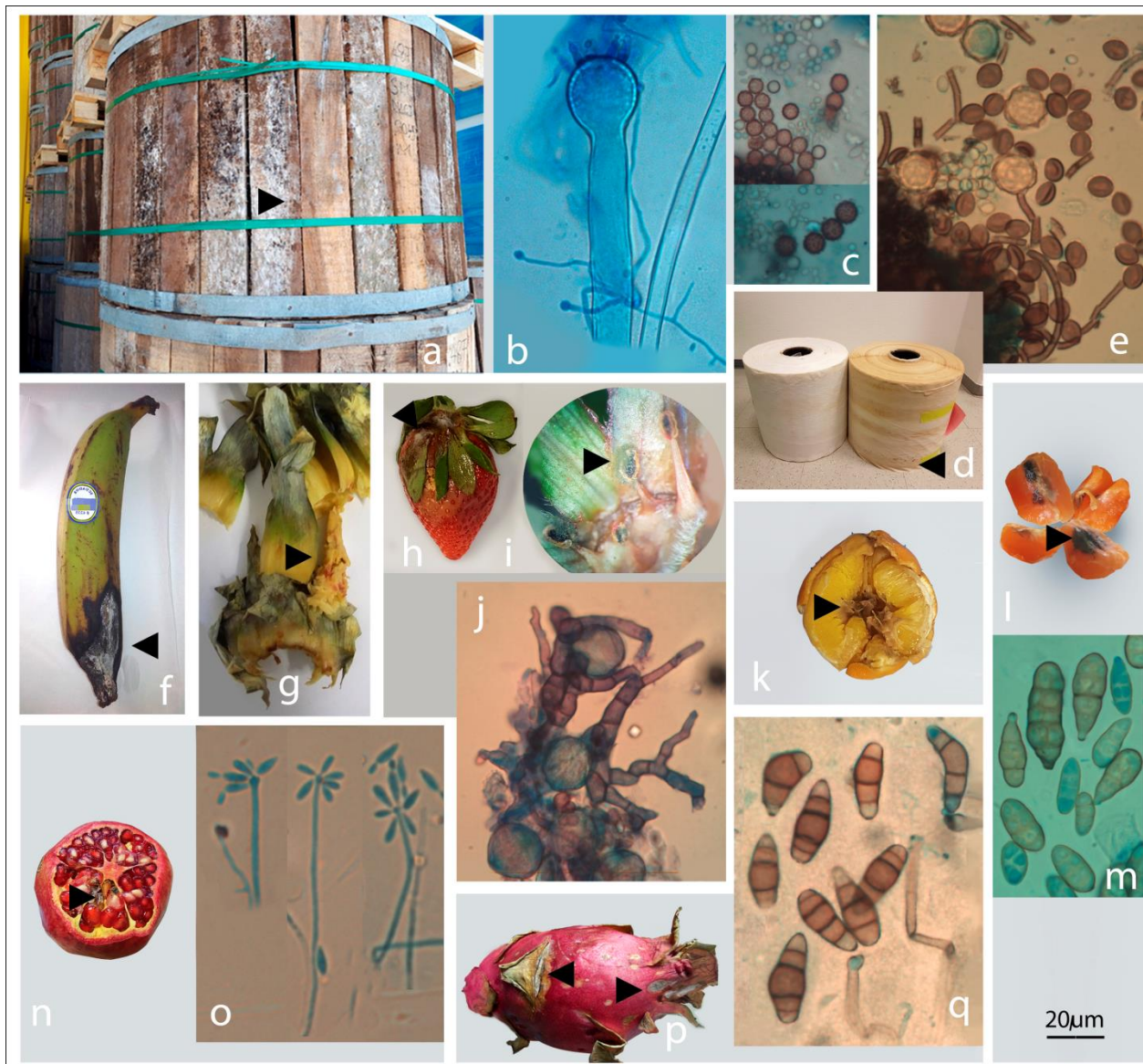
Penicillium- és *Mucor*-fajok), de emellett kisebb arányban (24%) más mikroszkopikus gombatörzs is előfordult (*Alternaria*, *Colletotrichum*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Monilinia*, *Sporothrix*, *Talaromyces* és *Trichoderma* spp.). A fűszerek esetében a mintában szereplő termékek főként *Aspergillus*- és *Penicillium*-fajokkal voltak szennyezettek. Csomagolóanyagokról *Aspergillus*-, *Chaetomium*-, *Paecilomyces*-, *Scopulariopsis*- és

Trichoderma-fajokat izoláltunk. Eredményeink arra utalnak, hogy a PBR-be jelentős mennyiségű mikroszkopikus gomba kerül. A mintázott kereskedelmi termékek legnagyobb mennyiségben a Neotrópusokról (Közép- és D-Amerika), valamint Ázsia trópusi vidékeiről (Kína, Vietnám, stb.) származtak. Az általunk vizsgált és a szakirodalomból gyűjtött gombaizolátumok eredetének megoszlását a **18. ábra** szemlélteti.



18. ábra A doktori munka során vizsgált behurcolt mikroszkopikus gombaizolátumok eredete. 24%: Neotrópus, 12%: Távol Kelet, 10%: India, 9%: Izrael, 8%: Afrika, 7%: Mediterráneum, 6%: Mérsékelt égöv (Európa). A térképen fel nem tüntetett: 24% ismeretlen eredet. Forrás: saját készítésű ábra.

A vásárolt trópusi gyümölcsök többségénél szívrothadás vagy egyéb olyan gombafertőzés volt jellemző, amelyeket kívülről szabad szemmel nem látható tünetek jellemeztek. A patogén gombataxonok szaporító képleteinek rejtett szállítása gyakori a gyümölcsökben (SANTINI et al. 2018), ezt saját vizsgálataink is megerősítik. Ugyanakkor a szakirodalom arról is beszámol, hogy a gyümölcsök mellett fontos szerepet játszanak a gombák terjedésében a magok, a gyümölcsfahajtások, a hagymák, a gumók és a gyökerek is (SANTINI et al. 2018). A hagymák, rhizómák és egyéb talaj-eredetű növényi képletek számos esetben hordozhatnak felszínükön maradt talajszemcséket, mellyel elsősorban a talajlakó gombák terjedhetnek. Ugyanakkor talajt csak egyetlen esetben, mikroszennyeződés formájában találtunk szamócán, mely talajszemcsékből *Mucor* sp-t izoláltunk. Említést érdemel, hogy egyik mintánkat biotermesztésből származó kurkuma tünetmentes rhizómájáról gyűjtöttük, melyben *Fusarium oxysporum* és *Xylaria*-fajok jelenlétét igazoltuk. Néhány jellemző esetet a **19. ábrán** mutatunk be.



19. ábra A gombák globális kereskedelemmel a Pannon Biogeográfiai Régióba való behurcolásának jellemző esetei. Kábeldob Indiából, amelyen (a) egy *Aspergillus*-faj, azon pedig (b) egy mikoparazita *Acremonium*-szerű gombát mutattunk ki; a kábeldob felületét nagy mennyiségű *Aspergillus*-spóra borította (c); bobinák (papírtekercecsek) Srí Lankából (d) amelyen egy *Chaetomium*-faj csíráképes spóráinak tömege volt kimutatható (e); *Fusarium*-mal szennyezett főzőbanán Ecuadorból (f); szintén *Fusarium*-mal szennyezett ananász Costa Ricából (g); szamóca Görögországból (h), amelyen a csészelevelek alatt megmaradt porzókön (i) és pollenen (j) *Cladosporium* telepek találhatók; görög narancs (k) és a török mandarin (l) *Alternaria* sp. által okozott szívrothadása (m); Izraelből származó gránátalma szívrothadása (n) és a szövetmintákból kitenyészített *Sporothrix* sp. (o); sárkánygyümölcs Vietnamból (p) és a pikkelylevelek alatt meghúzódó *Curvularia* sp. telepek (q). A szürke területek kötik össze a makro- és a mikrofotókat. A nyílhegyek gombakolonizációt mutatnak. Fotók: Dr. Magyar Donát

4.1.2. A globális áru- és személyforgalom gombapropagulum terjesztő szerepére vonatkozó eredmények megbeszélése

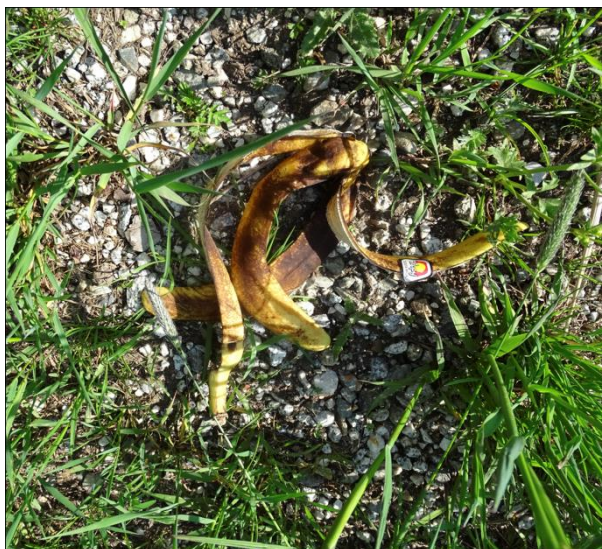
A doktori munka során részben saját vizsgálatok, részben szakirodalmi adatok alapján áttekintettük azokat a mikroszkopikus gombafajokat, amelyek a globalizáció révén, áruforgalommal bejutottak hazánkba. Vizsgálataink alapján kijelenthető, hogy jelentős mennyiségű mikroszkopikus gombát hurcolnak be növényi eredetű termékekkel. Eredményeink megerősítik SANITINI és munkatársai (2018) munkáját, hazánkhoz hasonlóan a többi EU tagállamban is a növényi károsító szervezetek behurcolásának fő módja a növények importja.

Trópusi, szubtrópusi területekről származó növényekben az egyik leggyakrabban előforduló gombanemzetség a *Fusarium* volt. Az általunk megvizsgált importált gazdanövények köre széles spektrumú (banán, főzőbanán, ananász, sárgánygyümölcs, sárgadinnye, stb.). Gyakoriságán túl, a *Fusarium*-nemzetség további, részletesebb tárgyalását indokolja, hogy tagjai között számos kórokozó, növény- és humánpatogén, toxintermelő faj fordul elő (GUARRO 2013).

A *Fusarium*-gazdanövények közül külön figyelmet érdemel a banán, amely a világon a legnagyobb mennyiségben forgalmazott gyümölcs, globális exportja 18,1 millió tonna volt 2017-ben (FAO 2018b). A banán importja egy kiemelkedő példa a gombák nagy távolságú transzportjára és túlélésére, továbbá nagy jelentőségűnek bizonyult a patogén *Fusarium*-fajok világszintű terjedésében. A banánhéj szövete alatt behurcolt gombák nagyon gyakoriak, és az ott található inokulum mennyisége nagyon magas (MOLNÁR et al 2015). Vizsgálataink során 11 banánból 6 esetben mutattunk ki gombafertőzést; az izolált gombák 45%-a *Fusarium* nemzetséghez tartozott. MOLNÁR és munkatársai (2015) hasonlóan magas fertőzöttségről számoltak be. A kutatás során 16 *Fusarium* törzset izoláltak banánokról, melyeket molekuláris vizsgálatok alapján két fajba soroltak: *F. verticillioides* és *F. musae*. Kimutatták, hogy az izolált *F. verticillioides* törzsek az Afrikából (Elefántcsontpart) importált banánokról származnak, a *F. musae* törzsek pedig a Neotrópusokról (Costa Rica, Ekvádor, Fülöp-szigetek, Honduras, Kolumbia). A *F. verticillioides* törzsek esetében nagyfokú toxintermelő képességet (fumonizin B) mutattak ki, ami a klímaváltozás hatására mezőgazdasági kockázatot jelenthet. TRIEST és HENDRICKX (2016) kimutatásai szerint a Neotrópusokról legnagyobb mennyiségben érkező patogén gomba a *F. musae*, mely a banán fő kórokozója, de emellett emberekben szemfertőzéseket (keratitis) okozhat (TRIEST és HENDRICKX 2016). A *F. musae*-val történő fertőzések összes jelenleg ismert esete olyan betegeket érint, akik nem banántermelő országokban kerültek kórházba. A szerzők feltételezték, hogy a forgalmazott banánok szennyezettek a gombával, de még nem látható mértékben, és a szemfertőzések valószínűleg a gyümölccsel való érintkezés

után alakulnak ki (TRIEST és HENDRICKX 2016). Feltételezésünk szerint a banán érintése (hámozás) során kontakt átvitel alakulhat ki a szemfertőzés, ez azonban további kutatást igényel. Fontos, hogy a déligyümölcsök érintése és hámozása után mossunk kezet. Továbbá a szemmel való érintkezést, szembe nyúlását lehetőleg kerüljük el. Így csökkenthető lenne a *Fusarium*-fajok által okozott keratitis gyakorisága.

A banánhéj viszonylag nagy részét teszi ki a gyümölcsnek és a gombakolonizáció fő közegéül szolgálhat annak ellenére, hogy az exportáló országban felületi fertőtlenítést végeznek a gyümölcsszállítmányokon (elsősorban humán kórokozó betegségek terjedésének megakadályozása céljából, DR. ECSEDI ISTVÁN, NÉBIH, szóbeli közlése). Abban az esetben, ha az eldobott banánhéj trópusi eredetű gombákkal fertőzött (pl.: *Fusarium* spp.) és az érintkezik talajjal, vagy a növényzettel, akkor jelentősen megnő az idegenhonos gombatörzsek hazai megtelepedésének a kockázata, mivel a talaj és a növények megfelelő szubsztrátot biztosítanak a gomba további terjedéséhez. Az utcán eldobott banánhéjak a rossz hulladékgazdálkodás ikonikus példái (20. ábra). A legtöbb banánhéj, amelyet városi utcákon találtunk, érintkezett az alatta lévő talajjal vagy pázsittal (80%). Ebből kifolyólag a trópusi gyümölcshulladékok esetében megfelelő hulladékkezelésre lenne szükség (e lehetőséget alább részletesebben tárgyaljuk).



20. ábra Eldobott banánhéj városi zöldövezetben. Fotó: Dr. Magyar Donát

Vizsgálataink során az egzotikus gyümölcsök 62,5%-ában és a fűszerek 50,0%-ában találtunk gombát, ami meglepően magas arány volt. A fertőzött, ám kezdetben tünetmentes termékek átsiklanak az árucikkek minőségellenőrzésén, azonban a később kifejlődő, taszító tüneteket a kereskedők vagy vásárlók észreveszik, s az áruk forgalomképtelenné válnak, így

hosszú útjukat szerves hulladékként fejezik be. Azokat az árukat, amelyeket a határellenőrzési pontokon vagy egy belső ellenőrzés során kizártak, hulladékként kezelik. Ha a tünetek később jelentkeznek, a vásárlók felismerhetik a gombaszennyezettséget közvetlenül a megvétel után, vagy éppen vetés/ültetés után. Ha a termék minőségében változásokat tapasztalnak (dísznövényeken, gyümölcsökön stb.), akkor a szemétkébe dobják – vagy csak úgy elhajítják a környezetben. Ez a már fent említett következményekkel járhat (patogén törzsek megtelepedése és terjedése a hazai környezetben, hibridizáció, megnövekedett fertőző képességű és/vagy toxinogén törzsek kialakulása). Mindezekből kifolyólag a hulladékkezelésnek döntő szerepe van a gombák túlélésében. A trópusi zöldhulladék kijelölt tárolókba helyezése, majd a környezetvédelmi eljárásoknak megfelelően üzemeltetett hulladék égetőműben történő megsemmisítése megfelelő eljárás. A kellően magas hőmérsékleten elvégzett komposztálás szintén ígéretes módszer a behurcolt spórák eliminálására, még a hosszan túlélő spórák esetében is (SUÁREZ-ESTRELLA et al. 2003).

A lakosságot célzó figyelemfelkeltő kampányok kritikus elemei ezeknek a kórokozónak a kezelésére irányuló stratégiákban (KLAPWIJK et al. 2016). A trópusi gyümölcs hulladékok okozta kockázatok csökkentése érdekében javasoljuk a lakosság tájékoztatását (MAGYAR et al. 2021b). Fontos a megfelelő hulladékkezelés gyakorlatba vitele: a déligyümölcs hulladékot ne dobják el az utcán, parkokban vagy éppen az erdőben, hanem mindig a kijelölt kommunális gyűjtőhelyre helyezték. A megfelelő hulladékkezelésre vonatkozó ismereteket a fiatalabb korosztály számára is át kell adni a közoktatásban (ELEY et al. 2021). A közvélemény figyelme erős ösztönzést jelentene az egzotikus gyümölcsök és növények piacára, annak érdekében, hogy a forgalmazók a nem megfelelő minőségű, penészes gyümölcsöket, zöldségeket távolítsák el a pultokról (DREW et al. 2010). Továbbá az élelmiszerhulladék mennyiségének csökkentése szintén részét képezné e kockázat kezelésének (KASZA et al. 2019).

A bio élelmiszerek forgalmazása kevésbé szabályozott és a gyakorlat azt mutatja, hogy ezek a kezeletlen termékek penészgombával erősen szennyezettek. Ezek között számos olyan faj is akad, amely esetében a külső tünet később jelenik meg, vagy az áru mindvégig tünetmentes marad (pl. az ún. endofita gombák esetében). Bio banánról *Fusarium napiforme* és *Penicillium citrinum* fajokat, bio kurkumáról pedig *Fusarium*- és *Verticillium*-fajokat izoláltunk. Még figyelemre méltóbb az az eset, amikor biotermesztésből származó kurkuma tünetmentes rhizómájából *Fusarium oxysporum* került elő. Bár mintavételeink kis hányada irányult a bio élelmiszerekre, érdemesnek tartjuk tovább vizsgálni ezeket a termékeket. Továbbá javasoljuk a trópusi eredetű biotermékek felvételét a növényegészségügyi kockázatfelmérő hatósági ellenőrzésekbe.

Nemcsak a termékek, hanem azok tároló eszközeinek szennyezettsége is hozzájárulhat idegenhonos gombatorzsek terjesztéséhez. Számos, mikroszkopikus gomba érkezik az árucikkek csomagolóanyagán, azt használva szubsztrátumként. Összhangban a szakirodalommal, mi is nagy számban találtunk gombaspórákat csomagolóanyagokon (Aspergillus-, Chaetomium-, Paecilomyces-, Scopulariopsis- és Trichoderma-fajokat izoláltunk), különös tekintettel a fa (kábeldob, raklap) és papír csomagolóanyagokra. A csomagolóanyagokon kimutatott gombafajok azonban nem tartoznak a vizsgálatkötelezettség alá vonható karantén károsítók közé a Nemzetközi Növényvédelmi Egyezmény (IPPC) értelmében. Így nem is tartoznak a csomagolóanyagok nemzetközi forgalmazásával járó, az idegenhonos károsítók jelentette növényegészségügyi kockázatok kezelésére szolgáló FAO-szabvány, az ISPM-15 (2019) hatálya alá. A behurcolásuk kockázatának csökkentésére irányuló védekezési stratégiát tehát másra kell alapozni. A kockázatot a hazai termékek részarányának növelésével kellene csökkenteni, amely élelmiszerlánc-biztonsági szempontból is kedvező megoldást kínál (Kasza et al. 2015). Javasoljuk a szezonális hazai gyümölcsök és zöldségek fogyasztásának előtérbe helyezését. Azokat a csomagolt trópusi termékeket, amelyeket az Európai Unióba történő beléptetés után más, kisebb kiszerelesben forgalmazznak, érdemes lenne közvetlenül a beléptetési ponton átcsomagolni, nem pedig az egyes tagországokban. A vásárlói tudatosság növelése is eredményes módszer lehet e folyamat szabályozására, mivel azt hazánkban már sikeresen alkalmazták a fa csomagolóanyagok által behurcolt karantén és az újonnan megjelenő károsító szervezetek ellen (OEPP /EPPO 2019).

A szakirodalom alapján megállapítható, hogy szintén nagy kockázatot jelentenek a talajjal (ill. élő, földlabdás, cserepes növényekkel) behurcolt gombák, mivel elszaporodhatnak a hazai környezetben (pl. a talajban), ahonnan eltávolításukra gyakorlatilag nincs esély. A talaj importját ezért szigorú jogszabályok tiltják az Európai Unióban, mely a közös növényegészségügyi rendszer révén hazánkra is érvényes. Talajt csak egyetlen esetben, mikroszennyeződés formájában találtunk; a szamóca gyümölcsre tapadó talajszemcsékből izolált gomba (*Mucor* sp.) raktári kártevő. A talaj eredetű behurcolás tehát valószínűleg a szigorú rendelkezéseknek köszönhetően veszített jelentőségéből. Ezek betartása mellett nem jelent komoly kockázatot a spórák szennyezett talajjal történő behurcolása. Az áruforgalom révén megjelenő, talaj eredetű szennyeződések visszaszorítására vonatkozó szabályok szigorú betartása mellett nem veszíthetjük szem elől a humán kórokozó, talajlakó gombák személyforgalommal történő behurcolásának lehetőségét sem (MAGYAR et al. 2021a).

A személy- és áruforgalmat szabályozó előírások és irányelvek önmagukban nem képesek megállítani a káros fajok terjedését. Bár a karanténra vonatkozó előírások hatékony és drasztikus megoldásokat kínálnak, de a növény-egészségügyi jogszabályok szerint csak bizonyos szigorú

előírások mentén meghatározott károsító szervezetek szűk körére alkalmazhatók (DR. DANCSHÁZY ZSUZSANNA, NÉBIH, szóbeli közlése). A kórokozók terjedésének kockázatát még tovább lehetne csökkenteni szakértők képzésével és korai detektálási módszerek kidolgozásával, ideértve az exportáló régióban végzett vizsgálatokat, valamint a gyors, megbízható molekuláris technikákat (CHAVEZ et al. 2016, MARTIN et al. 2016, LUCHI et al. 2020). A kórokozó gombák populációjának monitorozása és tanulmányozása szintén fontos annak érdekében, hogy azonnali fellépés történhessen abban az esetben, ha megjelennek patogén vagy fungicid rezisztens genotípusok. Ezért szükséges, hogy a kormány és az ipar a potenciálisan érkező új betegségek megfigyelését és azonosítását végző rendszert folyamatosan fenntartsa és fejlessze (SZÓDI et al. 2012, WEST et al. 2012). Együttműködés szükséges a különböző érintett szektorokkal, vagyis az élelmezésbiztonsággal, a növénykórtannal, valamint a köz- és környezetegészségüggyel is. Ilyen, hazánkban létrejött kezdeményezés a 2021-ben alakult Mikotoxin Platform.

4.1.3. A behurcolt gombák túlélési esélyei

Eredményeinkből és a szakirodalmi adatokból látható, hogy nagy számban érkeznek gombatorzsek a PBR-be és ennek kapcsán felmerülhet annak a kérdése, hogy ezeknek a gombáknak milyen túlélési lehetőségei vannak, képesek-e egyáltalán megtelepedni és tartós populációkat kialakítani a hazai környezeti feltételek mellett. A gombák túlélésének több aspektusát is érdemes áttekinteni.

Az általunk fellelt gombák jelentős része igen nagy távolságból érkezett hazánkba (pl.: Ekvádorból importált gyümölcsök esetén ez kb. 10 ezer km, Srí Lankáról, illetve Elefántcsontpartról származó csomagolóanyagok és gyümölcsök esetén kb. 2 ezer km), a közeli exportáló országok közül megemlíthető Görögország (kb. 800 km), Izrael és Spanyolország (kb. 1000 km). CHAPMAN és munkatársai (2017) szerint az invazív fajok terjedését erőteljesen fokozza a közeli országokból történő növények és mezőgazdasági termékek kereskedelme. A rövid távú transzport optimális a gombák terjedése szempontjából. A nem őshonos behurcolt fajok könnyebben túlélnek rövidebb utakat közeli országokból, mintha nagy távolságokból érkeznének (SEEBENS et al. 2015). Gyakori példák erre a Görög- és Törökországból szállított gombával szennyezett gyümölcsök, valamint a hollandiai facsemeték érkezése hazánkba. Találtunk azonban ellentétes példákat is. Csírázóképes spórákat importáltak nagy távolságokból (pl.: Sri Lanka), ahol a hosszú hajóúton a túlélési esélyeket az áru fagyasztása valószínűleg megnövelte.

A gombák életképessége szempontjából a távolságnál lényegesebb az áruszállítás közben eltelt idő, amely néhány naptól akár több hétig is terjedhet. A gyors transzport és a termékek csökkentett kézbesítési ideje növeli a patogén propagulumok túlélési esélyeit (HULME 2009). Import növények esetében a hatalmas mennyiség, és a növény-egészségügyi ellenőrzés nehézségei bőséges lehetőséget kínálnak a gombák akaratlan behozatalára. Legtöbb esetben csak a fajok környezeti igénye szab gátat a behurcolt gombák terjedésének (VAJNA 2007). Következésképpen az éghajlati szempontból hasonló forrásországok között a gombák nagyobb valószínűséggel képesek elterjedni, betörni és megtelepedni (SEEBENS et al. 2015, TATEM és HAY 2007). Az éghajlatváltozás miatt a behurcolt nem őshonos fajok nagyobb valószínűséggel kolonizálják a régió új élőhelyeit. CHAPMAN és munkatársai (2017) szerint azok az országok jelenthetik a jövőben a legnagyobb inváziós kockázatot, amelyek jelenleg hasonlóak a fogadó ország jövőbeli éghajlatához. A különböző éghajlatú országokból származó spórák túlélhetik a származási országhoz hasonló éghajlatú mikrokörnyezeteket (például a trópusi élőhelyhez hasonló, meleg, páradús környezet uralkodik egy orchidea üvegházban vagy a mosógépek belső terében). Ezek olyan mesterséges környezetek, melyek a technológiai fejlődés eredményei. Az ehhez kapcsolódó eredményeinket és következtetéseinket részletesen a következő fejezetekben tárgyaljuk.

4.2. Technológiai megatrenddel összefüggésbe hozható gombakolonizáció

A technológiai fejlődési trendekkel összefüggésben modern vízzel kapcsolatos háztartási berendezések („nedves cellák”), modern légterek és modern épületanyagok gombaszennyezettségét vizsgáltuk. Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeit, valamint azok megbeszélését az alábbi alfejezetekben mutatjuk be.

4.2.1. Mosógépek gombaszennyezettségére vonatkozó kutatás eredménye és megbeszélése

4.2.1.1. A mosógépek gombaszennyezettsége

Vizsgálatunk során 61 mosógép esetében végeztünk helyszíni szemlét, törletmintavételt és kérdőíves felmérést. A mintákat pest megyei magánháztartásokból és egy kollégiumból gyűjtöttük. A mosógépek kiválasztásánál igyekeztünk egyforma arányban vizsgálni felültöltős és elöltöltős, valamint az épület különféle helyiségeiben üzemeltett mosógépeket. A használati szokások felmérése érdekében kérdőíves vizsgálatot is végeztünk.

A helyszíni szemlén feljegyeztük a készülék típusát, tárolási helyét, és vizuális értékelést végeztünk, mely során három kategóriába soroltuk a készülékeket a látható lerakódások (élő és élettelen szennyezők) mértéke szerint: 1. tiszta, 2. közepesen szennyezett, 3. erősen szennyezett (21. ábra). A vizuális értékelés alapján a mintavételben résztvevő mosógépek 32%-a erősen szennyezettnek, 64%-a közepesen szennyezettnek bizonyult, és csak 4%-uk esett a tiszta kategóriába. A szennyezőanyag-lerakódások nagyobb mennyiségben három különböző helyen jelentek meg: a mosógép gumitömítésén, a mosószeradagolón és az idegentest-csapdában. A helyszíni szemle során a közepesen és az erősen szennyezett mosógépek esetében mintákat gyűjtöttünk a bennük található lerakódásokból annak érdekében, hogy mikroszkóp segítségével meg tudjuk vizsgálni a szennyeződés összetételét. A 61 mosógép közül kettőben nem volt látható lerakódás. A mikroszkópos vizsgálattal a lerakódásokban vízkő szemcséket, detergensok és szerves szennyeződések maradványait, textil szálakat, baktériumokat és gombaelemeket figyeltünk meg. A gombaelemeket elsősorban egysejtű hialin élesztőgomba-sejtek, *Aspergillus*- és *Penicillium*-konídiumok, valamint hialin és pigmentált hifatöredékek képviselték.



21. ábra A helyszíni vizuális értékelés három kategóriája (1. tiszta, 2. közepesen szennyezett, 3. erősen szennyezett)
Forrás: saját készítésű ábra

4.2.1.2. A mosógépekből izolált gombataxonok és azok gyakorisága

Összesen 71 tiszta gombatenyészetet izoláltunk, 32 élesztő- és 39 fonalas gombát mutattunk ki. Mikroszkópos elemzéssel 8 nemzetséget különítettünk el morfológiai tulajdonságaik alapján (*Acremonium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Scolecobasidium* és *Trichoderma*). A szekvenált DNS-minták alapján 22 különböző fonalas

gomba- és 8 különféle élesztő fajt azonosítottunk (**Melléklet 5./1. táblázat**). A molekuláris módszerekkel azonosított, leggyakrabban izolált taxonok a következők voltak: *Acremonium sclerotigenum*, *Aspergillus insuetus*, *Aspergillus jensenii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp., *Candida orthopsilosis*, *Candida parapsilosis*, *Cladosporium halotolerans*, *Cladosporium* sp., *Clavicipitaceae* sp., *Cutaneotrichosporon dermatis*, *Cutaneotrichosporon jirovecii*, *Cystobasidium slooffiae*, *Exophiala* sp., *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium fujikuroi*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium* sp., *Helotiales* sp., *Meyerozyma guilliermondii*, *Mucor spinosus*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium terrigenum*, *Penicillium viridicatum*, *Phialemoniopsis curvata*, *Pichia membranifaciens*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Scolecobasidium* sp., *Sordariomycetes* sp. és *Trichoderma orientale*.

A gombákon kívül baktériumok is jelen voltak a mosógépekben, különösen a biofilmekben. A szelektív táptalajok használata ellenére, egyes esetekben a gombamintákat baktériumok felülfertőzték (**Melléklet 5./2. táblázat**). Bár egyes mosógépeket közepesen vagy erősen szennyezettnek minősítettünk a felszínükön látható sötét elszíneződések alapján, gombát nem tudtunk izolálni az érintett felületekről.

A *Penicillium*-, a *Cladosporium*- és a *Rhodotorula*-nemzetségek voltak a leggyakoribbak a mintázott mosógépekben. Ezen kívül számos más taxon is nagy gyakorisággal volt jelen (**11. táblázat**).

11. táblázat A gombataxonok gyakorisága a mintázott mosógépekben a mikroszkópos vizsgálat alapján

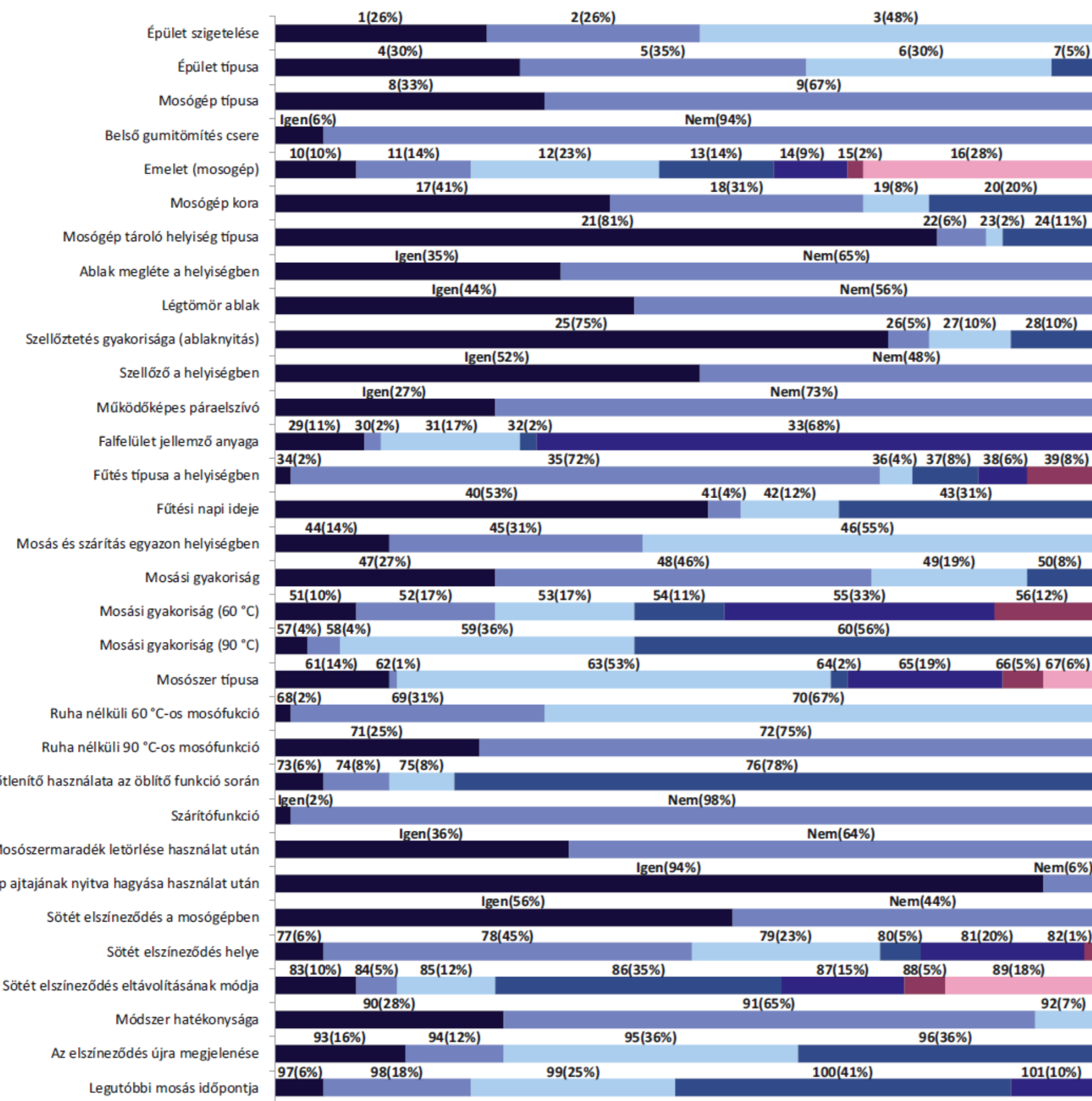
Gombataxon	Pozitív minták (%)
<i>Acremonium</i> spp.	5,1
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	1,7
<i>Aspergillus</i> sp.1.	1,7
<i>Aspergillus</i> sp.2.	1,7
<i>Aspergillus</i> sp.3.	1,7
<i>Cladosporium</i> sp.1.	1,7
<i>Cladosporium</i> spp.	18,6
Egyéb élesztő spp.	44,1
<i>Fusarium</i> spp.	13,6
<i>Geotrichum</i> spp.	1,7
Hyphomycetes sp.1.	1,7
Hyphomycetes sp.2.	6,8
Hyphomycetes spp.	33,9
<i>Mucor</i> spp.	5,1
<i>Penicillium</i> spp.	22,0
<i>Rhizopus</i> spp.	3,4
<i>Rhodotorula</i> spp.	18,6
<i>Scolecobasidium</i> spp.	1,7
<i>Trichoderma</i> spp.	3,4

4.2.1.3. Kérdőíves eredmények

A kérdőíves felmérés eredményeit összevetettük a mintagyűjtés során nyert adatokkal. A statisztikai értékelés alapján a mosógépek márkája és típusa nem volt hatással a kimutatott fajok számára, valamint az egyes gombataxonok jelenlétére sem (**22. ábra**). Nem lehetett szignifikáns összefüggést megállapítani az épület kora és típusa, az emelet, a lakók száma, valamint a gombafajok és bizonyos taxonok előfordulása között. A kérdőívre adott válaszok alapján az épületek csaknem fele teljesen hőszigetelt volt. A *Penicillium*-nemzetség jelenléte szignifikáns negatív összefüggést mutatott az épületek szigetelésével: a teljesen szigetelt házakhoz képest a részben szigetelt házakban a *Penicillium*-nemzetség előfordulása hatszor magasabb volt (OR=6, CI: 0,9832-49,7003, p=0,0613), és nyolcszor magasabb a nem szigetelt házakban (OR=8, CI:1,5301-62,0262, p=0,0216). A gombafajok száma nagyobb volt a konyhákban található mosógépekben (átlag: 3,33), mint a fürdőszobákban (átlag: 1,74) vagy más helyiségekben (átlag: 2,00) (OR=1,9111, CI: 0,9273-3,5203, p=0,0544), azonban a felhasználók csupán 6%-a (n=4) tette a mosógépet a konyhába. A mosógép tároló helyiségében a falfelület anyaga 81%-ban csempe, 13%-ban beton és 6%-ban diszperzit festék volt. A falfelület jellemző anyagával,

valamint a fajok számával és egyes nemzetségek jelenlétével nem lehetett szignifikáns összefüggést megállapítani. A legtöbb esetben a felhasználók hetente kétszer vagy háromszor indítottak mosási programokat. A mosási gyakoriságnak nem volt szignifikáns hatása a mikroszkóposan azonosított nemzetségek fajszáma és előfordulására.

A leggyakrabban használt mosószertípus a folyékony mosószer volt, bár a válaszadók többsége többféle mosószert használt. A válaszadók 81%-a folyékony mosószert használt, de közülük csak 53% használta kizárólag ezt a típust. A felhasználók 17%-a csak természetes tisztítószereket, például mosószódát, mosódiót használt. A mosógép-használók 76%-a észlelt látható szennyeződést gépének különböző részein. A statisztikai elemzés alapján a fajok száma szignifikánsan magasabb volt azokban a készülékekben, ahol sötét elszíneződés figyelhető meg a mosószer-adagolóban (átlag_{van elszíneződés}: 2,00; átlag_{nincs elszíneződés}: 1,46) (OR=1,5798, CI: 1,0512-2,4223, p=0,0311). Sötét elszíneződés jelenléte esetén, az elszíneződést a felhasználók 73%-a különböző vegyszerekkel és mechanikus módszerekkel próbálta eltávolítani. Bár a szennyeződés az esetek többségében teljesen vagy részben eltűnt, a válaszok szerint az később minden esetben újra megjelent. A válaszadók többsége egyáltalán nem indított ruha nélküli magas hőmérsékletű fertőtlenítő mosási programot; akik mégis elvégzik, ezt ritkán teszik meg, és csak kevesen vannak, akik havonta elindítanak egy ilyen programot. A felhasználók többsége nem, vagy csak ritkán indít 90 °C-os mosási programot ruhák mosására vagy fertőtlenítésére.



22. ábra A mosógép-használók által kitöltött kérdőíves vizsgálat eredményei (1: igen; 2: részben; 3: nem; 4: családi ház; 5: társasház; 6: panelház; 7: nincs adat; 8: elöltöltős; 9: felültöltős; 10: földszint; 11: első emelet; 12: második emelet; 13: harmadik emelet; 14: negyedik emelet; 15: ötödik emelet; 16: nincs adat; 17: 0-5 év; 18: 6-10 év; 19: 11-15 év; 20: 16+ év; 21: fürdőszoba; 22: konyha; 23: pince/raktár; 24: egyéb; 25: naponta sokszor; 26: naponta egyszer; 27: hetente sokszor; 28: ritkábban; 29: beton; 30: mészfesték; 31: diszperziós/műanyag festék; 32: penészgátló festék; 33: cserép/kerámia burkolat; 34: fűtetlen helyiség, külső (lehűlő) fallal; 35: radiátoros fűtés; 36: padlófűtés; 37: hőszigetelő; 38: fűtetlen helyiség külső (lehűlő) fal nélkül; 39: gázkonvektor; 40: folyamatosan fűtött; 41: napközben fűtik, de éjszaka nem; 42: napközben 0,5-1 órán át fűtik; 43: nem fűtik; 44: igen; 45: részben; 46: nem; 47: naponta; 48: heti 2-3 alkalommal; 49: hetente egyszer; 50: kéthetente; 51: naponta; 52: heti 2-3 alkalommal; 53: hetente egyszer; 54: kéthetente; 55: ritkábban; 56: soha; 57: hetente egyszer; 58: kéthetente; 59: ritkábban; 60: soha; 61: feltöltővel; 62: egyéb; 63: folyékony mosószer; 64: lanolin; 65: mosópor; 66: mosószóda; 67: mosódió; 68: igen, havonta; 69: igen, havonta ritkábban; 70: nem; 71: igen, havonta ritkábban; 72: nem; 73: igen, hetente; 74: igen, havonta; 75: igen, ritkábban, mint havonta; 76: nem; 77: a fedéllapon; 78: a mosószer/öblítő adagolóban; 79: gumi ajtó tömítéseken; 80: forgódobon és mosószerfelfogó üstben; 81: belső gumitömítéseken; 82: egyéb; 83: klórtartalmú vegyszerek; 84: szerves tisztítószer; 85: egyéb vegyszerek; 86: súrolás; 87: atmoszféra magas hőfokon; 88: egyéb módszerek; 89: nem próbálta; 90: teljesen; 91: részben; 92: hatástalan; 93: néhány napon belül; 94: 1-2 hét múlva; 95: 1 hónap múlva; 96: több mint egy hónap után; 97: kevesebb, mint 2 órája; 98: ma; 99: egy napja; 100: 2-3 napja; 101: egy hete)

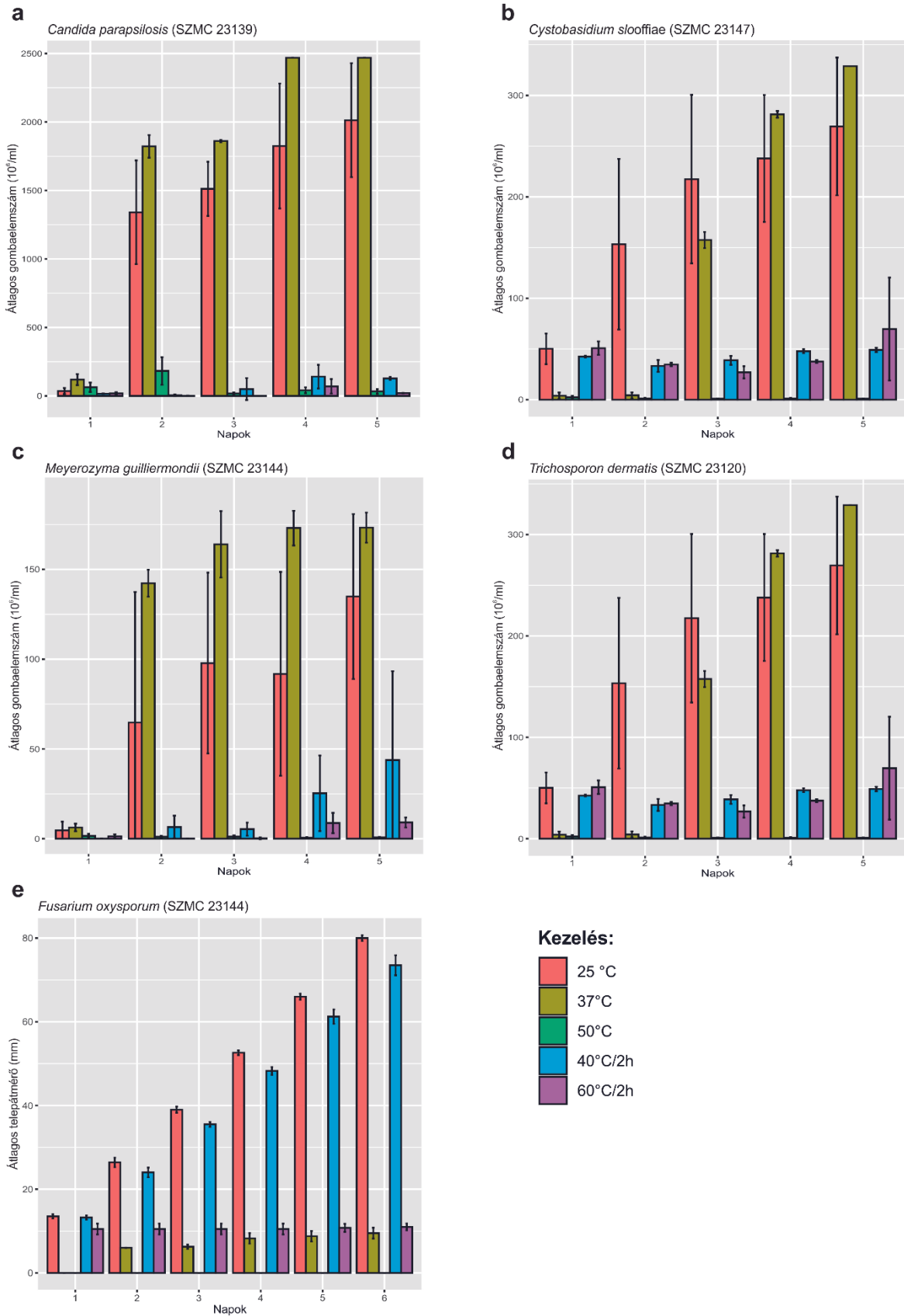
A *Penicillium*-nemzetség szignifikánsan ritkábban fordult elő olyan mosógépekben, amelyekből a látható szennyeződést mechanikai vagy kémiai módszerekkel rendszeresen eltávolították (OR=0,1384, CI: 0,0226-0,7134, p=0,0214). Lényegesen több *Cladosporium*-törzset izoláltunk előöltöltős mosógépekből, mint felültöltős mosógépekből (OR=3,9039, CI: 1,0031-17,2016, p=0,0551). Ennek magyarázata feltehetően az, hogy a gombafajok jelenléte a mosógépekben nagymértékben függ attól, hogy a gomba mennyire képes tolerálni a felületek kiszáradását. Bizonyos típusú mosógépek felülete nehezen szárad ki, és gyakran a belső részekben állandóan pangó víz marad (pl. a csövekben és a mosódob alatt), ezzel előnyhöz juttatva a magas vízakivitást kedvelő gombákat. Az előöltöltős mosógépekre ez különösen jellemző, mivel az ajtó gumitömítésének aljából gyakran nehezen távozik a nedvesség az elvezető cső eltömődése miatt. Ebben a pangó vízben nagy gyakorisággal fordultak elő a *Cladosporium*-nemzetség tagjai, amelyek kedvelik a magas vízakivitású környezetet (TISCHNER et al. 2019a, FREITAS et al. 2021), ugyanakkor egyes fajok azok kiszáradását is képesek tolerálni (AIHARA et al. 2002, SEGERS et al. 2015). E fajok gyakran jelennek meg hasonló belső téri környezetben is, pl. az épületek ablakain, a párkányra lecsorgó kondenzvízben (MAGYAR D. szóbeli közlése). A válaszadók 30%-a fűtetlen helyiségekben tartja mosógépét, ahol a fajok száma szignifikánsan nagyobb volt az eszközök belsejében (átlag: 2,10) (OR=2,3906, CI: 1,3700-3,9296, p=0,0011), mint a fűtött helyen tároltakban (átlag: 1,72). Ennek valószínűsíthető oka az, hogy a készülékek belső felületei alacsonyabb hőmérsékleten lassabban száradnak ki. Kérdőívünk válaszadóinak több, mint egyharmada használat után letörölte a nedvességet és a mosószer maradékot a készülék felületéről. A nedvesség és a páratartalom csökkentése gátolja a gombák növekedését. A nedves felületek kiszáríthatók, ha a felhasználók mosás után nyitva hagyják a gép és a mosószer adagoló ajtaját, ez a felhasználók 94%-ának szokása. A tulajdonosok kétharmada naponta szellőzteti a helyiséget, ahol a mosógép található, míg kevesebb, mint egyharmada páramentesítőt működtet. Nem volt szignifikáns eltérés a gombafajok számában a szellőzés nélküli helyiségekben tárolt mosógépek és a jól szellőztethető (ablakkal, ventilátorral vagy működő páramentesítővel felszerelt) helyiségekben üzemeltetett mosógépek között. Feltételezéseink szerint ez az eredmény annak köszönhető, hogy a felhasználók nem minden esetben végzik hatékonyan a szellőztetést (páratartalom csökkentését).

4.2.1.4. A tolerancia tesztek eredményei

A tolerancia tesztek célja volt tenyészedényes modellkísérletekkel megvizsgálni a mosógépekből izolált gombáknak a készülékekre jellemző környezeti paraméterek alapján adott növekedési válaszait. Három

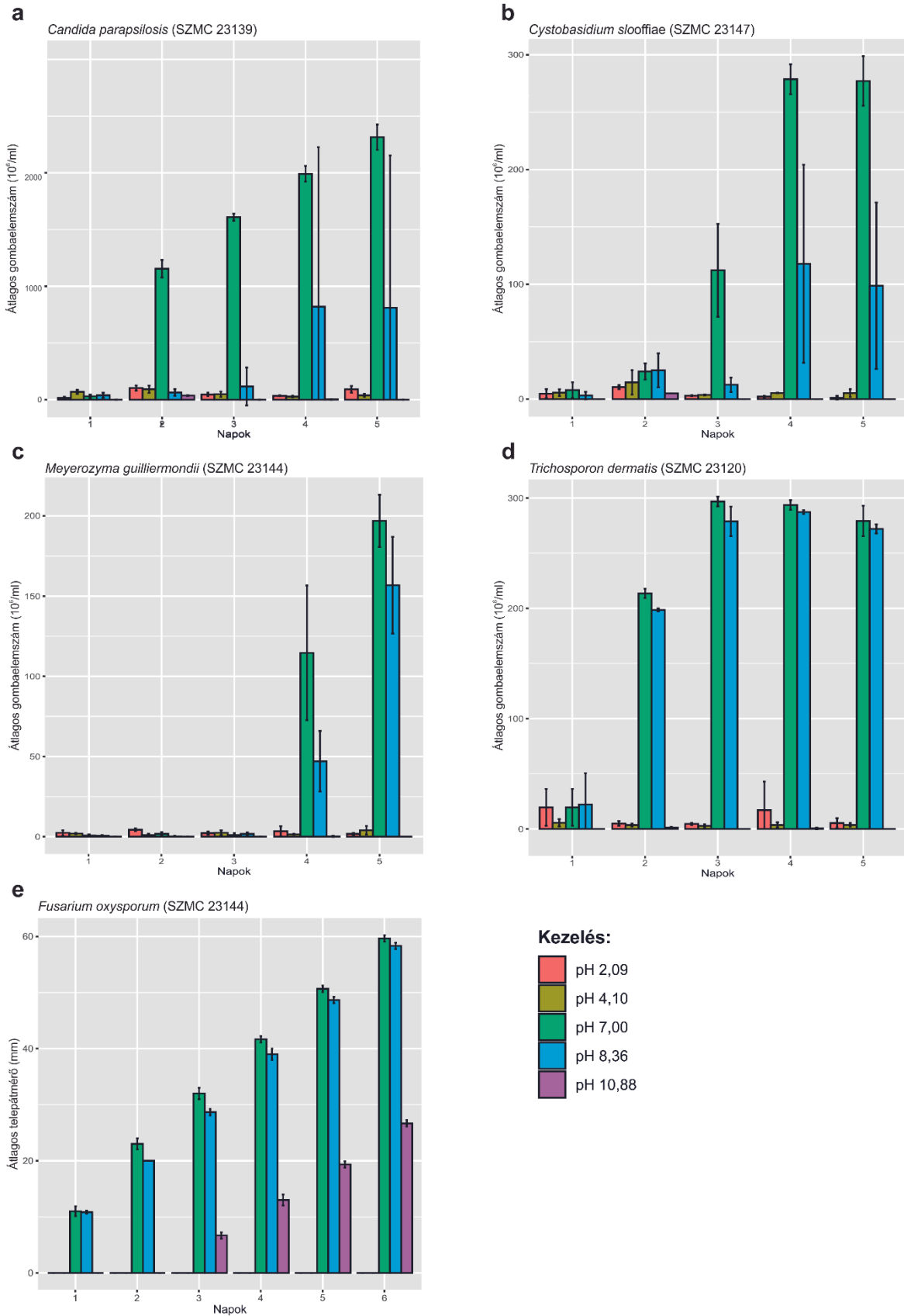
paramétert – a hőmérsékletet, a pH-t és a nedvességtartalmat választottuk a vizsgálatunkhoz, mivel ezek által jellemezhető a leginkább a mosógépben uralkodó körülmények. A mosógépekből izolált és azonosított fajok közül egy – a *Fusarium oxysporum* fajkomplexumhoz (FOSC) tartozó – fonalas gombatorzset és négy élesztő izolátumot (*Candida parapsilosis*, *Meyerozyma guilliermondii*, *Cystobasidium slooffiae* és *Cutaneotrichosporon dermatis*) választottunk ki növekedésük tesztelésére különböző beállított körülmények között. Ezeket a fajokat az emberi patogenitás és a mintákban való jelenlét gyakorisága miatt választottuk. A fajok növekedését függetlenül teszteltük hőmérséklet-, pH- és halotolerancia szempontjából.

A hőmérsékleti tolerancia teszt során beállított értékek egy része konstans volt (25, 37 és 50 °C), másik része azonban a mosógépek valós hőmérsékletének szimulálása érdekében fluktuált: a mosási programok szimulálása érdekében napi kétórás kezeléseket alkalmaztunk 40 és 60 °C-on. Ezek a kétórás kezeléseket gátolták a *C. slooffiae*, *M. guilliermondii* és *T. dermatis* növekedését. *C. slooffiae* és *T. dermatis* esetében a kétórás kezelésekre hatására a sejtszám szignifikánsan nem változott a kiindulási értékhez képest, vagyis nem növekedtek, viszont szignifikánsan kisebb volt a kontrollhoz képest a második naptól kezdve. A vizsgált *M. guilliermondii* törzs a kétórás kezelésekre közül a 40 °C-os kezelésen késleltetett növekedést mutatott, a 60 °C-os kezelésen pedig alig volt kimutatható növekedés. Mindkét kezelés szignifikánsan csökkentette a sejtszám gyarapodást (40 °C/2h 5. nap: $p=0,0095$, 60 °C/2h 5. nap: $p<0,001$). Más volt a helyzet a *C. parapsilosis*-nál és a *F. oxysporum*-nál. Előbbi a 40 °C/2h-s kezelésen nagyon alacsony sejtszámgyarapodást mutatott az első három napban, majd később növekedésnek indult, de a vizsgálat végéig szignifikánsan alacsonyabb maradt, mint a kontroll ($p<0,001$). Utóbbi a 40 °C/2h-s kezelésen képes volt folyamatos növekedésre, de szintén szignifikánsan kisebb mértékben, mint a kontroll csoport ($p<1e-05$). Mindkét törzsre igaz volt, hogy a 60 °C/2h-s kezelésen egyáltalán nem nőttek. A konstans kezelésekre hatása a választott törzsek növekedésére a következőképpen alakult: A 37 °C-on kezelt *F. oxysporum* törzsek a hat nap alatt alig mutattak növekedést. A *T. dermatis* növekedése 37 °C-on három napos inkubálás után kezdődött. Az inkubáció első és második napján a sejtek száma szignifikánsan alacsonyabb volt a kezelt csoportokban, mint a kontrollban. E gomba esetében 37 °C-on késleltetett növekedést figyelhetünk meg. Az első és második napon szignifikánsan alacsonyabb volt a sejtszám a 25 °C-os kontrollhoz képest, de a harmadik naptól a kontrollhoz hasonló növekedést mutatott. *C. slooffiae* esetében 37 °C-on nem volt megfigyelhető szignifikáns sejtszámcsökkenés a kontrollhoz képest, de növekedése kisebb mértékű volt. Ezzel szemben a *M. guilliermondii* 37 °C-on jobban nőtt, mint a kontroll, már a harmadik naptól szignifikánsan emelkedett a sejtszám a kezelésen a kontrollhoz képest ($p=0,0421$). A *C. parapsilosis* 37 °C-on szintén nagymértékű növekedést mutatott, mely szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csoporté már az első naptól kezdve ($p=0,0015$). A hőmérsékleti tolerancia teszt keretében vizsgált fajok nagy része nem volt képes növekedni 50 °C-on. Kivételt képezett a *Cystobasidium slooffiae*, mely tudott növekedni 50 °C-on, de a sejtszám szignifikánsan alacsonyabb volt a kezelt csoportban a kontrollhoz képest ($p=0,001$) (23. ábra).



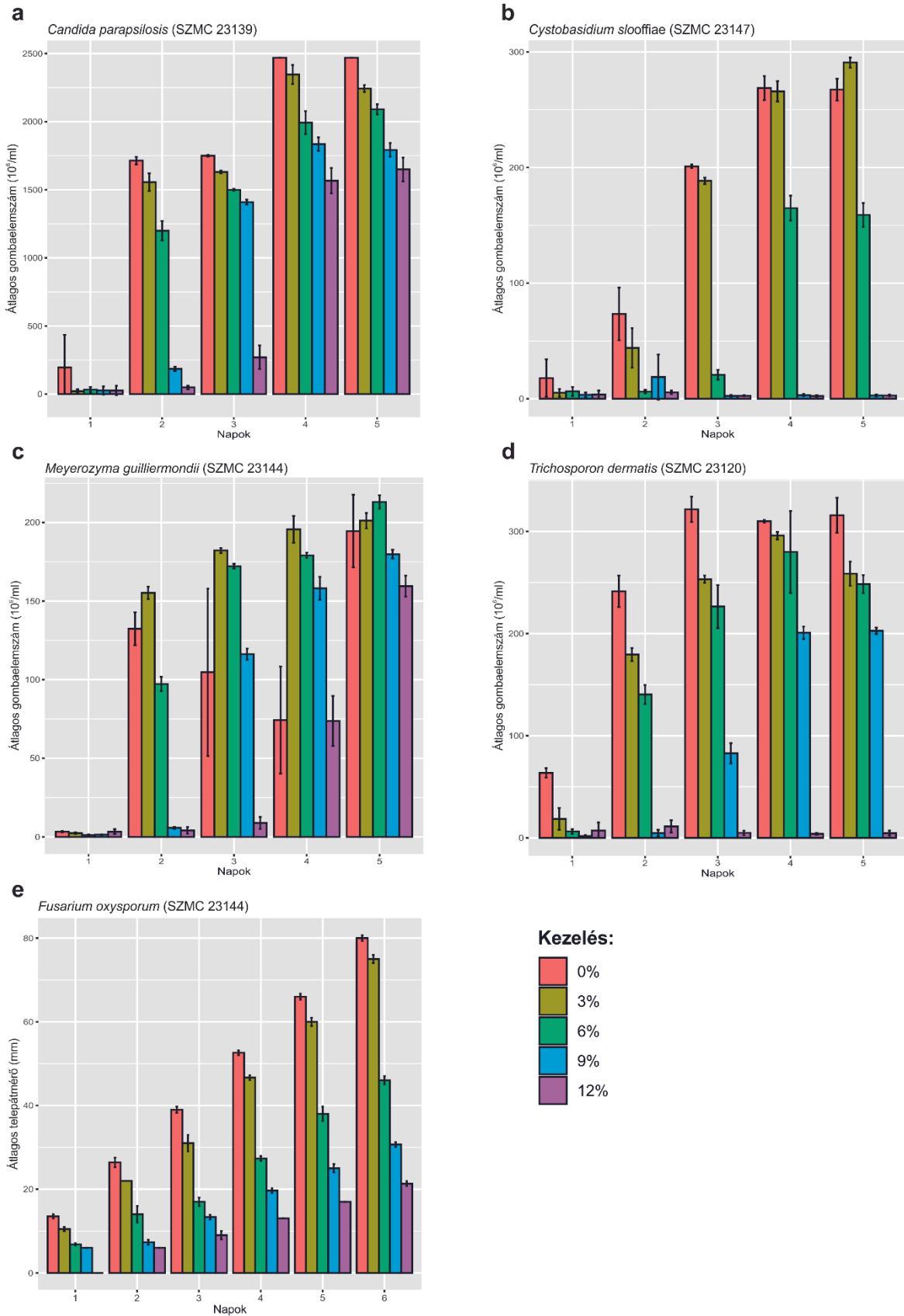
23. ábra A hőmérsékleti tolerancia teszt eredményei négy élesztő és egy fonalgomba esetében

A mosógépek tisztításához gyakran háztartási ecetet (pH=2-3; BRUCKNER 1961) használnak. Sokan hígítják az ecetet vízzel, így savassága csökken, ezért két savas pH-értéket (egy erősebbet és egy gyengébbet) (2,09; 4,10) állítottunk be az elvégzett pH-tolerancia teszt során. A mosószer pH-értékei 7 és 11 között mozognak. A folyékony mosószerke kevésbé lúgosak (~ pH 7-8,5), míg a mosópor pH-értéke magasabb (~ pH 10-11). Kísérleteink során két eltérő lúgos tartományba eső pH-val rendelkező csoportot (8,36; 10,88) vizsgáltunk. A tolerancia tesztekben résztvevő öt taxon képes volt elviselni az enyhén lúgos pH-értéket, de a savas pH-t nem. A vizsgálatban részt vevő törzsek egyike sem nőtt a savas pH-jú beállításokon (2,09, 4,10). A savak tehát hatékony vegyszerek lehetnek a mosógépekben lévő mikroszkopikus gombák elnyomására. A vizsgált gombatörzsek nem voltak képesek növekedni a lúgosabb, 10,88-as pH-jú beállításon sem. Ez alól kivételt képezett a *F. oxysporum*, mely az említett kezeléssel készlettel ugyan, de növekedésnek indult a harmadik napon, majd kis mértékben, de egyenletesen növekedett a kísérlet végéig. Az enyhén lúgos pH értéken (8,36) a törzsek többsége képes volt növekedésre, a *T. dermatis* és a *F. oxysporum* növekedése volt ezen a kezeléssel a legjelentősebb, bár mindkét törzs növekedési értékei alulmaradtak a kontroll értékeihez képest. Szintén növekedést mutatott a *C. slooffiae* az említett pH érték mellett, de szignifikánsan kisebb sejtszám-értékekkel, mint a kontroll csoport. A *M. guilliermondii* szintén mutatott növekedést a 8,36-os pH-n, bár e növekedés késleltetett volt a kísérletben szereplő többi fajhoz viszonyítva, csak a negyedik napon indult be. A többi törzsszel ellentétben a *C. parapsilosis* a kontrolltól eltérő pH-jú tápoldatokban egyáltalán nem tudott növekedni (**24. ábra**).



24. ábra A pH tolerancia teszt eredményei négy élesztő és egy fonalgomba esetében

A mosógépekben folyamatosan változik a nedvességtartalom attól függően, hogy milyen gyakran indítanak be mosási programot, hideg, fűtetlen helyiségben tárolják-e készülékeiket, valamint, hogy eltávolítják-e a pangó vizet használat után, illetve hagyják-e kiszáradni a berendezést (nyitott fedél és mosószer adagoló; a helyiség szellőztetése). A változó nedvességtartalom és kiszáradás szintén extrém körülményeket teremt, melyhez a gombáknak alkalmazkodniuk kell. Annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk az adott törzsek növekedésére és a rendelkezésre álló nedvességre vonatkozóan, halotolerancia tesztek végeztünk. A tesztek során beállított növekvő sókoncentráció a növekvő ozmotikus viszonyok révén csökkentette a tápközegben lévő víz hozzáférhetőségét. A *F. oxysporum*, a *M. guilliermondii* és a *C. parapsilosis* minden alkalmazott sókoncentráción képes volt a növekedésre, csak egyre kisebb mértékben és egyre nagyobb késleltetéssel. Növekedésük mértéke fordítottan arányos volt a sókoncentráció emelkedésével, és a kapott eredmények szignifikánsan eltértek egymástól. Ugyanakkor a *C. parapsilosis* és a *M. guilliermondii* esetében a két legtöményebb sókoncentráció késleltette a növekedést. A 9%-os kezelés hatására 2 napos, a 12%-os hatására 3 napos késleltetést mutattak. A *T. dermatis* az egyre töményedő sókoncentrációk hatására egyre kisebb mértékű növekedést mutatott, mely minden sókoncentráció esetében szignifikánsan eltért a kontrollétól. A 9%-os sókoncentráció hatására a gombatörzsek késleltetve, a harmadik napon indultak növekedésnek. 12%-os sókoncentráció mellett nem voltak képesek növekedni. A halotolerancia vizsgálatot a *C. slooffiae* törte a legkevésbé a választott törzsek közül. E faj már a 9%-os sókoncentrációnál sem tudott nőni, valamint szignifikánsan alacsonyabb növekedést mutatott a 3 és 6%-os sókoncentrációk esetében (3%-os sótartalomnál: $p=0,00484$, 6-12%-os sótartalomnál: $p<0,001$). Továbbá 6%-nál késleltetést is megfigyeltünk, miszerint az említett törzs a harmadik napon indult növekedésnek (**25. ábra**).



25. ábra A só tolerancia teszt eredményei négy élesztő és egy fonalas gomba esetében

4.2.1.5. A mosógépek mikológiai vizsgálatára vonatkozó eredmények megbeszélése

A mosógépek mikroklimatikus körülményei számos tényezőtől függhetnek, beleértve a felhasználók szokásait, az épület, a helyiség típusát, ahol a mosógépet tartják, és a készülék beltérben való elhelyezkedését. A vizsgálatainkban szereplő mosógépek 98%-a gombákkal szennyezett volt.

A vizsgálatba vont berendezések 46%-át az opportunistá humánpatogén fajok kolonizálták. Az összes gomba izolátum 68%-a opportunistá humán kórokozó volt. Vizsgálatunk során 71 gombatörzset izoláltunk, mely törzsek 62%-a potenciálisan patogén az emberre. BABIČ és munkatársai (2015) 72 gombatörzset izoláltak szlovéniai háztartásokban üzemeltetett mosógépekből, mely 60%-a opportunistá humánpatogén volt. A legjelentősebb fajok a *Trichosporon dermatis*, *Exophiala* sp., *Fusarium* spp. (főként FOSC és FSSC), *Aspergillus niger*, *Candida parapsilosis*, *Meyerozyma guilliermondii* és *Rhodotorula mucilaginosa* voltak mind a saját, mind a szlovén kutatás esetében. Ezen kívül BABIČ és munkatársai (2015) *Penicillium crustosum*, *Cladosporium halotolerans* fajokat és más patogén gombákat szintén izoláltak a vizsgált szlovéniai mosógépekből, például *Alternaria*-, *Exophiala*-, *Cryptococcus*- és *Aureobasidium*-fajokat. Mintáinkban a *C. parapsilosis* és az FOSC voltak a leggyakoribb fajok. Az általuk izolált *Fusarium* sp., *Exophiala phaeomuriformis* és *Rhodotorula slooffiae* jelentős növekedést mutattak az 1% szövetlágyítót tartalmazó táptalajban. GATTLEN és munkatársai (2010) *R. mucilaginosa*, *R. slooffiae* és *R. minuta* fajokat izoláltak az USA-ban, Svájcban, Dél-Koreában és németországi háztartásokban használt mosógépekben képződött biofilmekről.

Az általunk vizsgált mosógépekből származó minták 22%-a tartalmazott egy vagy több patogén gombafajt. A *Candida*-nemzetség több kórokozó élesztő fajt is magába foglal, például a *Candida parapsilosis*-t, amely az egyik leggyakrabban előforduló fehér élesztő volt a mintáinkban. E faj opportunistá emberi kórokozó, amely felelős pl. készülékhez kapcsolódó véráram fertőzésekért (GARZILLO et al. 2017), és gyakran előfordulnak a kórházakban. LEVIN és munkatársai (1998) izolálták ezt a fajt katéterekből és egyéb laboratóriumi felszerelésekből. Jellemzően biofilmet képez különböző nedves csövekben. Ugyanez elmondható a rózsaszínes élesztőgombára, a *Rhodotorula mucilaginosa*-ra, mely szintén fertőzhet kórházi betegeket katétereken vagy egyszer használatos orvosi műszereken keresztül (NEOFYTOS et al. 2007). A *Meyerozyma guilliermondii*-t ritkán ismerik el invazív kórokozóként, mert a bőr és a nyálkahártya normál mikrobiótájának része. Az e faj által okozott fertőzések az immunhiányos embereket veszélyeztetik (CLANCY és CALDERONE 2012, TSENG et al. 2017). Alacsony patogenitása ellenére légzőszervi, nemi, lágyrészes és bőrmintákból izolálták már (PFALLER et

al. 2006, PASQUALOTTO et al. 2006). Fekete élesztőgombákat, például *Exophiala*- és *Cadophora*-fajokat más vízzel kapcsolatos helyekből (pl.: vízvezetékrendszer, légkondicionáló rendszer) és csapvízből is izoláltak (GÖTTLICH et al. 2002, HAGESKAL et al. 2007, KÄRKKÄINEN et al. 2009). A *Cadophora*-fajokról egyelőre nem ismert, hogy emberi vagy állati fertőzéseket okoznának, de az *Exophiala*-nemzetséghez tartozó fekete élesztőgombák ismert opportunistá ember kórokozók, amelyek képesek a cisztás fibrózisban szenvedő betegek tüdejét kolonizálni (KENNES és VEIGA 2004). Ez a nemzetség kedveli a magas hőmérsékletet és a páratartalmat, ezért megtelepedhet szaunákban, jakuzzikban, török fürdőkben stb. (MATOS et al. 2002). A fekete élesztők képesek nyugalmi sejtekből merisztematikus növekedéssel újrakolonizálni egy élőhelyet. Az új sejtek többrétegű sejtfalakkal rendelkeznek, amelyek segítenek megbirkózni az abiotikus stresszel szemben (BELL és WHEELER 1986, REHNSTROM és FREE 1996, KOGEJ et al. 2007). A pigmentált sejtfalú gombák jobban ellenállnak a lítikus enzimeknek és a fagocitózisnak (KUO és ALEXANDER 1967). A *Trichosporon* nemzetség élesztői általában a talajban fordulnak elő, de bizonyos fajait a normál emberi bőr mikrobiota tagjaként tartanak számon. Az ismert 38 *Trichosporon* faj közül 13 potenciálisan humánpatogén (CHAGAS-NETO et al. 2008), amely képes megfertőzni a gyomor-bél traktust és a bőrt. A trichosporonosis az elmúlt évtizedekben terjedt el az immunhiányos betegségben szenvedő betegek számának növekedése miatt (RUAN et al. 2009). RODRIGUEZ-TUDELA és munkatársai (2005) 49 különböző trichosporonosisban szenvedő spanyol és argentin beteg bőréből, körméből és véréből nyolc különböző *T. dermatis* törzset izolált. A *Fusarium* egy olyan gyakori fonalas gomba nemzetség, amelyek főleg talajlakó gombákat tartalmaz, de lehetnek közöttük potenciális növény-, állat- és/vagy humánpatogén fajok is. Többen közülük mikotoxinok, például fumonizinek és trichotecének termelésére képesek (SAMSON 2010). Az általuk okozott leggyakoribb betegség a keratitisz (szaruhártya fertőzés) (THOMAS 2003), amelynek kialakulása az éghajlati viszonyoktól függ, a trópusi és szubtrópusi területeken a leggyakoribb. Magyarországon csak egy esetről számoltak be részletesen (DÓCZI et al. 2004). Immunhiányos embereknél a FOOSC, a FSSC, a *F. proliferatum* és az *F. verticillioides* fajok allergiás tüdőmikózist, valamint szisztémás betegségeket okozhatnak (NOLTING ÉS FEGELER 1987, DE HOOG és GUARRO 1995). A *Fusarium*-fajok gyakran termelnek mikotoxinokat, például fumonizineket és trichotecéneket. A *Fusarium*-okhoz hasonlóan az *Apergillus* nemzetség bizonyos tagjai is képesek mikotoxinokat termelni (SAMSON 2010). A magyar háztartásokból számos fekete *Aspergillus*-fajt mutattak ki (VARGA et al. 2013). Viszonylag ritkán kolonizálják az épületanyagokat, de a házi porban gyakran észleltek spórákat (MAGYAR DONÁT, NNK, nem publikált). A fekete *Aspergillus*-okról ismert, hogy otomycosist is okoznak (SZIGETI et al. 2012).

Vizsgálataink alapján a 60 °C-os mosási ciklus nem volt jelentős hatással a gombák előfordulására. Ennek oka az lehet, hogy a felhasználók ritkán használtak ilyen programot; a kérdőíves válaszadók többsége 40 °C-os mosási ciklust használ a ruhák tisztításához. A vizsgálatban részt vevő különböző programokon használt mosógépek mintaszáma nem volt elegendő a hideg és a meleg programokkal üzemeltetett készülékek specifikus szennyezettségének összehasonlításához. STRITZKE (1970) kimutatta, hogy a 60 °C-os (140 °F) mosás hatékony a *Trichophyton mentagrophyta*-k eltávolítására a zokni szövetéből a mosógépekben. BABIČ és munkatársai (2015) felvetették, hogy az alacsony (60 °C alatti) mosási hőmérséklet, az enyhén lúgos mosószeres és az öblítőszeres öszszhatása fokozott mikrobiális sokféleséget eredményezhet a mosógépekben.

A tolerancia teszt keretében vizsgált fajok nagy része nem volt képes növekedni 50 °C-on (COONEY és EMERSON 1964, CRISAN 1964). Ugyanakkor a FOSC egy olyan trópusi törzset tartalmazó fajkomplexum, amelynek tagjai képesek 40 °C-on növekedni (BOOTH 1971). A tolerancia tesztekben szereplő öt mikroszkopikus gomba potenciálisan humánpatogén volt, a *Cystobasidium slooffiae* faj kivételével. Ezek a fajok figyelemre méltóan gyakoriak voltak a mintáinkban.

Kutatásunkkal szeretnénk felhívni a figyelmet, a higiénés és a lehetséges egészségügyi problémákra, melyek a mosógépek gombaszennyezettségéből fakadnak. Az izolált fajok jól alkalmazkodnak a mosási körülményekhez. Azok a gombák, amelyek képesek túlélni a szélsőséges körülményeket – mint ami a mosógépekben is található – extrém toleráns fajoknak tekinthetők. A vizsgálat során nem végeztünk kutatást annak kiderítése érdekében, hogy a mosógépekben található gombák direkt módon veszélyeztethetik-e az emberi egészséget. BABIČ és munkatársai (2015) feltételezték, hogy a mosógépek a gombafertőzések rezervoárjaként működhetnek. Tanulmányuk azonban nem erre a kérdésre összpontosított, sokkal inkább egy feltevés volt a részükről. Nem világos, hogy ezek a gépek működhetnek-e a beltéri szennyeződés forrásaként. Másrészt nagyon valószínű, hogy a mosógépekben a gombaszennyeződések forrásai a szennyezett ruhák, a csapvíz (BABIČ 2017) és a beltéri levegő (MAGYAR et al. 2016). Eredményeink és az irodalom alapján a mosógépek gombaszennyezettsége megfelelő felhasználói szokásokkal megakadályozható. Mivel ezek a fajok az enyhe lúgos környezetet jobban tolerálják, mint a savakat, ezért savas kémhatású vegyszerekkel, például ecetsavval visszاسzoríthatjuk őket. A vizsgálatba vont gombatörzsek nem voltak képesek 50 °C fölött növekedni és a mosási ciklust modellező napi kétórás 60 °C-os kezelés elpusztította őket, ezért a tulajdonosoknak javasoljuk, hogy rendszeresen végezzenek 60 °C feletti mosási ciklusokat ruha nélkül. A javasolt kezelések kombinációjával (magas hőfokú mosás savas tisztítószerrel) akár hatékonyabb eredmény is

elérhető. Eredményeink alátámasztották, hogy a szárazság is kedvezőtlen a gombák számára (növekedésük magas sókoncentráció mellett gátlódott), ezért érdemes használat után nyitva tartani a mosógép ajtaját, letörölni az ott maradt pangó vizet és detergensmaradékokat, valamint felmelegíteni és szellőztetni a helyiséget, ahol a mosógépet használják.

4.2.2. Ballonos vízadagolók vizsgálatának eredménye és megbeszélése

4.2.2.1. A kérdőíves vizsgálat és a fizikai, kémiai, biológiai paraméterekre vonatkozó vizsgálatok eredményei

A mintázott BWD-k (n=36) többsége kórházakban található: 37,8% magán- és 18,9% állami kórházakban, de néhányuk fogászati klinikákon (27%) és gyógyszertárakban (16,2%) működött. A mintákat 2018 áprilisában (35,1%), júniusában (27%) és júliusában (37,8%) gyűjtöttük. A legtöbb BWD-t a váróban (62,2%), a folyosókon (27%) vagy a konyhában (18,9%) helyezték el. Az eszközöket általában mind a személyzet (83,8%), mind a betegek (81,1%) használják. Néhány vizsgált BWD képes szénsavas vizet szolgáltatni (24,3%), bár ezt a funkciót nem használtuk a mintavétel során. A vizsgált BWD-eket nyolc különböző gyártó gyártotta (bár 37,8%-a ugyanaz a márka volt), és 48,6%-a tartalmazott légszűrőt a felhasználói kézikönyv szerint. A fertőtlenítési folyamat általában a gyártó vagy a forgalmazó által végzett karbantartás része volt, de 18,9%-ban az üzemeltető személyzet is végzett fertőtlenítést. A BWD-k nagy részét egyáltalán nem érte napsugárzás (46,8%), 35,5%-ukat diffúz, 16,2%-át pedig közvetlen napfény érte, bár csak ablakon keresztül. A tárolás alatt álló palackokat 64,9%-ban nem érte napfény, 29,7%-ban diffúz napfény érte, az esetek 5,5%-ában pedig közvetlen napfény, szintén az ablaküvegen keresztül. Az egyszerre megrendelt palackok mennyisége 1-5 (37,8%), 6-10 (24,3%), 11-20 (21,6%) vagy még több palack (16,2%) volt. Néhány olyan létesítmény esetében, ahol mintavételt végeztünk, több BWD-t is működtettek azon kívül, amelyről az információkat gyűjtöttük.

Minden vizsgált BWD esetében elvégeztük a víz- és törletmintavételeket (csap, csepegtető tálca), valamint a kérdőíves felmérést. A kérdőíves vizsgálat alapján a BWD-k által biztosított víz íze és szaga kapcsán nem érkezett panasz. A mintavétel során végzett érzékszervi vizsgálatok megerősítették ezt a megállapítást. A mintázott ballonok 58%-a ásványvizet tartalmazott, amelyet nem kezeltek vagy fertőtlenítettek. A **12. táblázat** a mért numerikus változók leíró statisztikáját tartalmazza. A nitrogén koncentrációja a legtöbb esetben a kimutatási határ alatt volt, nitrit-iont a vízminták 8,1%-ában, ammónium-ionokat pedig 13,5%-ban mutattunk ki. Szikesség

(az egyértékű kationokhoz tartozó karbonát keménység) a vízminták 24,3%-ában volt jelen. Az összcsíra (baktérium + gomba) eredmények magasak voltak, több esetben (19/37 22 °C-on és 14/37 37 °C-on) meghaladva a mennyiségi meghatározás felső határát (10000 CFU/ml). Az adagolók 10,8% -ában *Pseudomonas aeruginosa*-t detektáltunk.

12. táblázat A BWD-k felméréséből származó mért numerikus változónak leíró statisztikája.

Minta típusa	Paraméter	Minimum	Átlag	Szórás	Medián	Maximum
Hűtött víz (37 minta)	Hőmérséklet [°C]	7,9	15,8	4,75	15,9	23,9
	Vezetőképesség [µS/cm]	277	588,1	161,85	652	791
	Áramlás [s/l]	23	43	10,39	42	72
	pH	7,1	8,29	0,88	7,87	10,43
	Lúgosság [mmol/l]	0,5	5,7	2,39	6,6	7,8
	Teljes keménység [CaO mg/l]	64	177,9	62,1	198	296
	Állandó keménység [CaO mg/l]	0	20,92	26,4	12	133,6
	Változó keménység [CaO mg/l]	14	157	67,21	184,8	218
	TOC [mg/l]	0,37	0,95	0,55	0,75	3
	Ammónium-ion [mg/l]	0	0,0205	0,0584	0	0,27
	Nitrit-ion [mg/l]	0	0,0025	0,0087	0	0,04
	Összcsíra 22°C-on [CFU/ml]	425	NA	NA	>10000	>10000
	Összcsíra 37°C-on [CFU/ml]	325	NA	NA	5500	>10000
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> [CFU/100 ml]	0	8,11	34,91	0	200
Melegített víz (31 minta)	Hőmérséklet[°C]	19	55,29	18,61	62,2	78
	pH	6,5	7,82	0,8	7,6	9,79
Víz minta	Összgomba [CFU/100 ml]	0	73,6	205,95	3	1213
	Fonális gombák [CFU/100 ml]	0	49,34	168	2	1209
	Élesztők [CFU/100 ml]	0	24,25	111,23	0	853
Törletminta csepegtető tálcáról	Összgomba [CFU/cm ²]	0	54,46	68,45	15	239
	Fonális gombák [CFU/cm ²]	0	32,84	58,49	5	210
	Élesztők [CFU/cm ²]	0	21,65	41,81	1	174
Törletminta csapról	Összgomba [CFU/cm ²]	0	22,56	71,99	1	400
	Fonális gombák [CFU/cm ²]	0	1,33	3,27	0	18
	Élesztők [CFU/cm ²]	0	21,22	71,88	0	400

4.2.2.2. A készülékekből izolált gombák és azok összefüggései a vizsgált paraméterekkel

A BWD-kból vett minták vizének 56,76%-a gombákkal erősen szennyezett volt (>6 CFU/ml, a koncentráció értékek 75. percentilisénél nagyobb). Az eszközökből származó víz 51,35%-ában magas fonalas gomba, 29,73%-ában magas élesztő koncentrációt mutattunk ki. A teljes gombaszámot befolyásoló legfontosabb tényezők a pH, az utolsó karbantartás vagy fertőtlenítés óta eltelt idő és a víz hőmérséklete voltak. Az összgomba koncentráció értékek és a víz paraméterei közti szignifikáns összefüggéseket és korrelációs együtthatókat a **13. táblázat** sorolja fel.

13. táblázat A gombakoncentrációk és a BWD-kból származó víz paraméterei közötti szignifikáns összefüggések Pearson korrelációval és Benjamini-Hochberg korrekcióval számolva.
a: logaritmizált adatok, *: szubkomponens változók, amelyek hozzájárulnak az átlagos változóhoz (összgomba)

"A" paraméter	"B" paraméter [CFU/100 ml]	p	R
pH ₁	Összgomba ^a	0,0005	0,41
	*Élesztők ^a	0,0054	0,33
	*Fonalas gombák ^a	0,02	0,28
Víz hőmérséklet [°C]	Összgomba ^a	0,0079	-0,32
	*Fonalas gombák ^a	0,0086	-0,32
	*Élesztők ^a	0,0335	-0,26
Nitrit-ion [mg/l]	Összgomba	0,0032	0,47
	*Élesztők	1,59E-06	0,7
Az utolsó karbantartás óta eltelt napok száma	Összgomba ^a	0,0064	0,62
	*Fonalas gombák ^a	0,0056	0,62
Állandó keménység [CaO mg/l]	Összgomba	0,012	0,3
	*Élesztők	0,0002	0,43

A Pearson-korreláció Benjamini-Hochberg post-hoc teszttel korrelált eredményei alapján a vízmintákban a fonalas gombák száma szignifikánsan korrelált az élesztők számával (p=0,0002, R=0,5), továbbá a BWD csapjairól gyűjtött törletminták fonalas gomba eredményeivel (p=0,0063, R=0,53). Szintén szignifikánsan korrelált a vízmintákban a fonalas gombák száma a palackok lejárataival, az utolsó karbantartással, a víz pH-jával és további paraméterekkel (**14. táblázat**). A vízmintákban az élesztők logaritmizált száma szignifikáns összefüggést mutatott a nitrition koncentrációval (p<0,0001, R=0,7), a fonalas gombák számával (p=0,0001, R=0,5) és a pH-val (p=0,0252, R=0,33).

14. táblázat A Pearson-korreláció Benjamini-Hochberg post-hoc teszttel korrelált eredményei alapján a vízmintákban a fonalas gombák számával szignifikánsan korreláló paraméterek
a: logaritmizált adatok

"A" paraméter	p	R	Korrigált p
Élesztők száma a vízmintában [CFU/100 ml] ^a	1,45E-05	0,5	2,03E-04
Fonalias gomba szám a csap törletmintáiból [CFU/cm ²] ^a	0,0009	0,53	0,0063
A ballon lejáratáig hátralévő napok száma	0,0037	0,36	0,0173
Az utolsó karbantartás óta eltelt napok száma	0,0056	0,62	0,0196
Víz hőmérséklet [°C]	0,0086	-0,32	0,0241
TOC [mg/l]	0,0107	-0,32	0,025
pH	0,02	0,28	0,04
Összcsíra szám [CFU/ml] ^a	0,0287	-0,38	0,036

A csepegtető tálcákról gyűjtött törletminták szignifikáns összefüggéseit a **15. táblázat** tartalmazza. A detektálható nitrition pozitív, a napsugárzás a tárolás során és a szikesség negatív hatással volt a fonalias gombákra. Az élesztők számát negatívan befolyásolta az eszköz működési helye (ha a folyosón volt elhelyezve), valamint a kötelező karbantartások mellett – a személyzet által – végzett további fertőtlenítés.

15. táblázat A páros Wilcoxon-Mann-Whitney teszt Benjamini-Hochberg post-hoc teszttel korrelált eredményei alapján a csepegtető tálcákról gyűjtött törletmintákkal szignifikánsan korreláló paraméterek

Vizsgált paraméter	Korrigált p
A BWD-ben található légszűrő jelenléte növelte az összgombaszámot	0,0066
A detektálható nitrit-ion koncentráció a vízben csökkentette a fonalias gombák számát	0,0271
A napsugárzásnak való kitettség csökkentette a fonalias gombák számát	0,0337
A detektálható szikesség a vízben csökkentette a fonalias gombák számát	0,0486
Személyzet általi fertőtlenítés a rendszeres karbantartások között csökkentette az élesztőszámot	0,0461

A csapokból származó törletminták élesztő száma esetében szignifikáns negatív korrelációt figyeltünk meg a víz lúgosságával ($p=0,035$, $R=-0,49$), a változó keménységgel ($p=0,021$, $R=-0,48$) és a teljes keménységgel ($p=0,0229$, $R=-0,46$). A lúgosság az élesztőszámra volt a legerősebb hatással. A csapokból származó törletminták fonalas gomba száma szignifikánsan korrelált a vízminták fonalas gomba számával ($p=0,0126$, $R=0,53$).

A víz- és törletmintákból összesen 36, illetve 38 gombataxont azonosítottunk, a leggyakoribb nemzetségek az *Acremonium* spp., *Cladosporium* spp., *Cystobasidium* spp., *Penicillium* spp., *Rhodotorula* spp. és *Simplicillium* spp. voltak. A BWD-ből kimutatott gombataxonokat a **Melléklet 6.** táblázatában soroljuk fel.

A pH általában a gombák növekedését befolyásoló fontos környezeti paraméter (PEÑALVA és ARST 2009). A BWD-ben lévő gombaszám pozitív korrelációt mutatott a pH-val (tartomány: 7,1-10,8). Ez a megállapítás ellentmond korábbi eredményeinknek, ahol a mosógépek gombaszáma negatív korrelációt mutatott a pH-val (tartomány: 7-10,9) (TISCHNER et al. 2019a). A mosógépek alacsony pH-értékét valószínűleg a mosószerként használt vegyszerek okozzák, de ezeket nem alkalmazzák a BWD-kben. Bár a víz mindkét eszközben meghatározó környezeti tényező, a BWD-k és a mosógépek vegyszerterhelés szempontjából egészen más környezetet kínálnak a gombák számára.

4.2.2.3. A ballonos vízadagoló készülékek mikológiai vizsgálatára vonatkozó eredmények megbeszélése

A modern életmód és a vízfogyasztási, illetve vízhasználati szokások megváltozása, beleértve az új vízzel kapcsolatos háztartási eszközök – például a ballonos vízadagolók – használatát, a szabályozás, a víztisztítási és az ellenőrzési gyakorlatok folyamatos javítását igényli. Kutatásunk során feltártuk, hogy a BWD-k kiváló élőhelyet biztosítanak a sokféle mikroorganizmus számára. Két korábbi munka (KOSÁR 2014, BABIČ et al. 2017) és a jelen munkánk szerint arra lehet következtetni, hogy a BWD-k nagy százaléka baktériumokkal, fonalas és élesztőgombákkal szennyezett. A kutatómunka során nem vizsgáltuk a BWD-ben található különböző anyagok mikrobákra gyakorolt hatásait, mivel a biofilmképző tulajdonságokat PINTO és munkatársai (2019) részletesen tárgyalták. Feltételezzük, hogy a BWD alkatrészeinek hozzáférhetősége fontosabb szerepet játszhat a biofilm kialakításában, mint maga a BWD anyaga. A BWD-k főként műanyagból (PVC, PE, PB, PP) készülnek, de fém alkatrészeket és gumitömítéseket is tartalmaznak. Ezeknek az anyagoknak vízzel való együttes jelenléte fokozza a rendszerben a mikrobák növekedését és a biofilm képződését (PINTO et al. 2019).

Számos oportunista humánpatogén gombát azonosítottunk, különösen a vízből és a csapfelületekről gyűjtött mintákból. Az általunk is kimutatott *Sarocladium kiliense*-t korábban klinikai mintákból izolálták, például üvegtéri folyadék, szaruhártya, sinus, bronchoalveoláris öblítés, nyelőcső, köpet, bőr- és láböröm stb. (JÚNIOR et al. 2013). Az *Acremonium sclerotigenum*-ot szintén klinikai mintákból tenyésztették ki: tüdő, cerebrospinalis folyadék, bronchoalveolaris mosás, köpet, valamint lábujjköröm (PERDOMO et al. 2010). Az *Exophiala jeanselmei* var. *lecanii-corni*-t számos szisztematikus fertőzéssel és lokalizált bőrfertőzéssel hozták már összefüggésbe úgy, mint a keratitisz és a tüdőgyulladás (ZENG et al. 2007, DE HOOG et al. 2006). Az *Exophiala equina* fertőzések eddig csak a szubkután phaeohyphomycosis-hoz köthetők (NAJAFZADEH et al. 2013). A *Cystobasidium slooffiae* képes fungémiát, endocarditist és agyhártyagyulladást is okozni (BABIČ et al. 2015). Az *Aspergillus jensenii*-t hörgő alveoláris öblítéséből, köpetből és körömből izolálták (SIQUEIRA et al. 2016). A *Fusarium (Bisifusarium) biseptatum* esetében arról számoltak be, hogy traumához köthető szemfertőzést okoz (SCHROERS et al. 2009). A *Penicillium rubens* képes 37°C-on növekedni, és több esetben is kimutatták emberekből klinikai izolátumokkal (GUEVARA-SUAREZ et al. 2016). A *Cladosporium halotolerans* nem köthető humán fertőzéshez, de számos klinikai mintából izolálták (SANDOVAL-DENIS et al. 2015). A *Cladosporium sphaerospermum* egy xerotoleráns gomba, széles vízkiváltsági tartománnyal ($\geq 0,82$), továbbá stressztoleráns és kozmopolita fajként is ismert (SEGERS et al. 2015). A *Rhodotorula*-fajok – melyek szintén nagy számban fordultak elő mosógépekben – gyakran kolonizálják a nedves csöveket, például katétereket (ld. 5.2.1.1. fejezet). Esetünkben lehetséges, hogy ezek a gombák megtelepedtek a BWD-k műanyag csöveiben.

Az egyetlen hasonló mikológiai vizsgálatot YAMAGUCHI és munkatársai (2007) végezték, megfigyeléseik azonban Brazíliában lakó- és irodaházakba kihelyezett készülékeken történtek, míg saját tanulmányunkat hazánk egészségügyi intézményeiben végeztük. A kórházakban és gyógyszerházakban nagyobb a BWD-k által okozott gombafertőzések kockázata, mivel gyakran az immunhiányos emberek használják ezeket az eszközöket, valamint multirezisztens élesztő fajok is megtelepedhetnek a vízhez kapcsolódó berendezések felületén. YAMAGUCHI és munkatársai (2007) megállapították, hogy a palackozott ásványvíz szennyezettebb, mint a települési csapvíz. Az élesztőgombák mennyisége lényegesen nagyobb volt a palackozott vízben, mint a csapvízben. Megfigyeléseik 20 literes palackozott ásványvíz- és csapvízmintákon (n=60) alapultak, beleértve gomba és bakteriális (HPC, teljes coliform) vizsgálatokat. A vizsgálatuk során mintázott ballonok kezeletlen ásványvizet tartalmaztak, amelyet egy adott vállalat gyártott. E tanulmányból azonban nem derült ki, hogy a BWD-kből gyűjtött vízminta a csap kinyitásával történt-e (a víz átmeleg a készülék

csövén) vagy közvetlenül a ballonokból. Saját vizsgálatunk során 9 vállalat termékét mintáztuk, közülük öten kezeletlen ásványvizet forgalmaztak. A többi kezelt csapvizet vagy forrásvizet biztosított. Esetünkben a mintázott ballonok 58%-a tartalmazott ásványvizet. YAMAGUCHI és munkatársai (2007) kimutatásai alapján a ballonos víz leggyakoribb élesztői a *Candida*-fajok, beleértve a *C. parapsilosis*-t és a *C. glabrata*-t. A szerzők kiemelték, hogy ezek a fajok kórházi fertőzéseket okozhatnak, és növelhetik a candidaemia kockázatát. Az elmúlt évtizedben, kórházakban megjelenő multirezisztens *C. auris* (más néven „szuper élesztő”) világszerte (beleértve Európát is) hatalmas problémákat okozhat (GAITÁN et al. 2017, TIAN et al. 2018). E kórokozót izolálták katéterek biofilmjeiből is (KOJIC és DAROUICHE 2004, HORTON és NETT 2020). Feltételezhetjük, hogy ez a gomba megtelepedhet a BWD-k vízvezetékében is, ezért azokban az országokban, ahol a *C. auris* leküzdése visszatérő problémát jelent, fontos lenne a BWD-k vizsgálata és fertőtlenítése. YAMAGUCHI és munkatársai (2007) eredményeivel ellentétben viszonylag ritkák voltak a mintáinkban a *Candida*-fajok. A brazil és a magyar eredmények közötti különbség oka továbbra sem tisztázott. Az eltérő éghajlat magyarázhatja ezen országok eredményei közötti különbséget. Korábbi vizsgálatainkból kiderült (4.3.1. fejezet), hogy – a BWD-kkel ellentétben – a hazai mosógépekben előfordultak patogén *Candida*-fajok (TISCHNER et al. 2017, TISCHNER et al. 2019a). *Candida*-fajok gyakran előfordulnak vízzel kapcsolatos berendezésekben, többnyire a nehezen hozzáférhető, nehezebben kiszáradó felületeken. További kutatások szükségesek a patogén *Candida*-fajok lehetséges előfordulásainak kimutatására kórházakban használatos, egyéb vízzel kapcsolatos készülékekből.

Mivel a gombákat nem tekintik enterális kórokozóknak, ezért ivóvízben való jelenlétük általában ártalmatlan. Ugyanakkor a detektált mikroorganizmusok képesek szaporodni a ballonos vízben, szétszóródni a BWD-k belsejében és kolonizálni a felületeket, ami különösen az egészségügyi intézményeket látogató, immunhiányos emberek számára jelenthet kockázatot. Továbbá bizonyos fogászati kezelések után, a nyílt szájsebbel rendelkező betegek a készülék használata esetén veszélyeztetettek lehetnek. A BWD-k szennyező forrásokként, rezervoárként működhetnek, és felhalmozhatják az opportunistá patogén fajokat.

A BWD-k esetében a hosszú ideig pangó víz a ballonban és a készülékben nem előnyös. Célszerű optimalizálni a tárolási időt, valamint a palack használatának idejét. A legoptimálisabb, ha a ballont 2-3 nap után lecserélik, függetlenül attól, hogy mennyi vizet fogyasztanak. Továbbá ajánlott a készülékek rendszeres és szakszerű tisztítása. Figyelembe véve az azonosított kórokozók számát és változatosságát, gondot kell fordítani a BWD-k működtetésére a kiemelt kockázatú épületekben, például az egészségügyi intézményekben, különösképpen a fogorvosi műtőkben és

immunszuppresszált betegeket ellátó korházi osztályokon, és előnyben kell részesíteni a személyzet és a betegek biztonságos ivóvízzel való ellátásának egyéb eszközeit.

4.2.3. Egyéb „nedves cellákra” vonatkozó eredmények és megbeszélésük

4.2.3.1. Egyéb „nedves cellákra” vonatkozó eredmények

Ebben a fejezetben tárgyaljuk a páramentesítógépek, split klímaberendezések, légkondicionálógépek, ruhaszárítógépek, konyhai elszívók és egyéb nedves környezetet biztosító modern berendezés vizsgálatának eredményeit. Ezek közül érdemesnek tartottuk kiemelni a páramentesítőket és a split klímákat, mivel ezeknél a szennyeződés viszonylag hasonló mechanizmussal jön létre. A beszívott levegőből kondenzált nedvesség találkozik a szintén beszívott levegőből származó porral és annak spóratartalmával. Ez a nedvességgel érintkező alkatrészek penészedéséhez vezet. A vizsgált split klímaberendezésekből származó izolátumok (n=7) 42,9%-a *Alternaria* spp., a többi *Aspergillus* sect. *Flavi*, *Cladosporium* sp., *Scolecobasidium* sp. és *Trichoderma* sp. A mintákat a split klímaberendezések belsőtéri egységének ventilátorkerekéről gyűjtöttük, illetve egy esetben levegőmintavételezés is történt. Nagyobb diverzitást találtunk a páramentesítők esetében, az izolált gombák (n=18) 27,8%-a *Penicillium* spp., 11,1%-a *Cladosporium* spp. és 11,1%-a *Samsoniella* spp., de izoláltunk még egy-egy esetben *Alternaria*-, *Aspergillus*-, *Byssochlamys*-, *Chaetomium*-, *Nothophoma*-, *Pithomyces*- és *Rhodotorula*-fajokat. Ezek közül az *Aspergillus*, *Byssochlamys*, *Chaetomium* és *Penicillium* spp. belsőtéri falpenész alkotói lehetnek. A páramentesítógépekből származó gombák nagyobb diverzitásának fő oka – a nagyobb mintaszám és változatosabb mintavételezés (ventillátor lapát, kondenzátor lamella, elszívó, csepegtető edény, kifújt levegő) mellett – az, hogy páramentesítógépeket gyakran használnak olyan helyiségekben, ahol a magas páratartalom miatt jelen van falpenész. Ezzel szemben a split klímaberendezésekben főként a külső térből származó gombák telepedtek meg. Az egyéb „nedves cellákban” fellelt gombataxonokat a **Melléklet 7/1. táblázatában** közöljük.

4.2.3.2. Egyéb „nedves cellákra” vonatkozó eredmények megbeszélése

Vizsgálataink és a nemzetközi szakirodalom is alátámasztották, hogy a technológiai fejlődésnek köszönhetően a gombák új élőhelyekre tesznek szert a vizes berendezések belső terében, illetve egyéb belső téri „nedves cellákban”. A vizes berendezéseket az épületektől független, külön kategóriaként kell tárgyalni. Az itt megtelepedő gombák más jellegűek, mint az

előbb tárgyaltak. Azok a fonalas gombák, amelyek a vizes berendezéseket népesítik be, gyakran egy biofilm közösség tagjaiként, sokszor élesztőgombákkal és baktériumokkal együtt fordulnak elő (LIAN és DE HOOG 2010, WANG et al. 2018). További sajátosságuk, hogy főként fertőzéseket okozhatnak – szemben az épületanyagokon élő penészgombák által kiváltott légzőszervi megbetegedésekkel. LIAN és DE HOOG (2010) fürdőszobák „nedves cellái”-ból (pl. fürdőszoba sarkok, mosdókagyló) sötét pigmenttel rendelkező, allergén és opportunistá humánpatogén gombákat izoláltak, gyakoriak voltak köztük az *Alternaria*-, *Aureobasidium*-, *Chaetothiales*-, *Cladophialophora*-, *Cladosporium*-, *Exophiala*- és az *Ochroconis*-fajok. Közülük az *Alternaria*- és a *Cladosporium*-fajok előfordulnak épületanyagokon is, de ritkán okoznak fertőzést (SAMSON et al. 2001, LUGAUSKAS et al. 2004).

Az esetek többségében a vizsgált „nedves cellák” extrém környezetnek minősülnek, amelyekhez a gombák egyre inkább alkalmazkodni tudnak. Ilyen, háztartásainkban előforduló a fentebb említett berendezéseken (mosógép, BWD) kívüli egyéb „nedves cellák” előfordulását hosszasan lehetne sorolni: zuhanyzó, lefolyó, mosogatószivacs, jacuzzi, fürdőjáték, szappan- és fogkefетartó, szauna, párasító, páramentesítő gép, split klíma, fan coil, valamint kórházakban a katéter. Széles körben elterjedt, jellemző gombák a *Cladosporium cladosporioides*, *Exophiala*, *Fusarium*, *Meyerozyma*, *Rhodotorula*, *Scolecobasidium* spp., de a már emlegetett *Candida auris* felbukkanása is ezeken az élőhelyeken várható. E gombák terjedése nem légáramlatok, hanem folyadékáramlatok révén zajlik. Az ún. dimorf penészgombák (pl. egyes *Fusarium*-fajok) képesek a légköri és a vizes terjedéshez is alkalmazkodni; vizes közegbe jutva egysejtű, élesztőszerű, hidrofil spórákat képeznek, amelyek könnyen haladnak a készülékek csöveiben, vízvezetékben csakúgy, mint a vérerekben (MAGYAR et al. 2016). Patogenitásukat tovább növeli az, hogy növekedésüknek a viszonylag magas, 37 °C-os hőmérséklet kedvez, amely megfelel az emberi testhőmérsékletnek.

Általánosságban megfogalmazható, hogy biztosítani kell a „nedves cellák” kiszáradását. Ez készülék típusonként némileg eltérő módszerekkel történhet: amelyiknél lehetséges, szellőztessük át, vagy fűtsük fel a környezetét, töröljük szárazra, vagy tegyük lehetővé a víz elvezetését. A vízkőlerakódást, biofilmet távolítsuk el. Amennyiben lehetséges e berendezéseket, időnként üzemeltessük magas hőfokon, illetve rendszeresen tisztítsuk, fertőtlenítsük. Szükséges egyfajta „higiénés tudatosság” megteremtése az ipari tervezés, a formatervezés világában. A tervezőmérnökök képzésébe be kell vezetni az egészségi szempontok megismertetését. A tervezés során törekedni kell arra, hogy a szennyeződésre hajlamos, vizes felületek hozzáférhetőek, tisztíthatóak, száríthatóak legyenek. A felületek cseppmentesek legyenek, ne képezzenek vizes aeroszolt. A mikrobiológiai szempontból biztonságos berendezések fejlesztését

pályázatok, támogatások, díjak odaítélésénél is előnyben kell részesíteni. Ugyanakkor fontos a felhasználók, a lakosság részére is ajánlásokat adni arra vonatkozóan, hogy miként akadályozható meg a gombák növekedése a háztartások vizes celláiban.

4.2.4. A technológiai fejlődési trenddel összefüggésbe hozható egyéb vizsgálatok eredményei és megbeszélésük

4.2.4.1. Modern légterekből – sósobákból – izolált gombataxonok

Külön említést érdemelnek a sósobák levegővizsgálatának eredményei, ugyanis olyan modern technológiával előállított belső légterek, melyek a levegőbe jutott NaCl sókoncentrációnak köszönhetően speciális élőhelyet biztosíthatnak mikroszkopikus gombáknak. Összesen 29 sósobát vizsgáltunk, ebből 19-et üzemeltettek óvodákban vagy egyéb gyermekintézményekben, 10-et pedig felnőttek számára. A sósobák levegőjében előforduló mikroszkopikus gombákat és azok koncentrációit a **Melléklet 7./2. táblázata** mutatja be. A beltéri mintákból 18 gombanemzetséget mutattunk ki. A sósobákban legmagasabb koncentrációban *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Paraengyodontium album* és *Aspergillus* spp. fordultak elő, míg a kültéri összetétel kissé eltérő volt. A sósobák túlnyomó részében külsőtéri gombák jelentek meg a beltérben, viszont kisebb hányadban belsőtéri eredetű szennyezettségre utaltak eredményeink. Ezekben az esetekben a szennyeződés okozói: *Cladosporium* spp., *Paraengyodontium album*, *Penicillium italicum*, *Penicillium* spp. voltak.

4.2.4.2. Modern légterekből – passzív házakból – izolált gombataxonok

Szintén említést érdemelnek a passzív házak levegővizsgálatának eredményei, ugyanis ezek légtérét olyan modern technológiával állítják elő, amely (többek között) biztosítja az épület „közel nulla energiaigényű” működését és meggátolja a külső és belső téri levegő keveredését (FEIST 1996). Ennek eredményeképpen ezen épületek energiafogyasztása alacsony (<15 kWh/m²/év); légtömörsége magas (óránként max. 0,6× ellenőrizetlen forrásból származó légcserre). Összesen 15 modern technológiával épített passzív ház belső légtérét vizsgáltuk meg. A beltéri levegőmintákban összesen 14 gombanemzetség volt jelen; a legmagasabb koncentrációban a *Cladosporium* spp., az *Aspergillus* sect. *Nigri* és a *Penicillium* spp. fordultak elő. A fentebbi vizsgálathoz hasonlóan, a passzív házak belső légtéréből kimutatott gombák túlnyomó részben kültéri eredetűek, viszont 4 esetben kimutattunk belsőtéri eredetre utaló gombaszennyezettséget (a vizsgált épületek 26,7%-ában). A 4 esetből 3 télen jelentkezett.

Ezekben az esetekben a szennyeződés okozói: *Aspergillus sydowii*, *Cladosporium* és *Penicillium* spp. voltak. A nyáron tapasztalt légszennyezés kapcsán *A. sect. Nigri* jelenlétét állapítottuk meg. A levegőből kimutatott taxonok részletes bemutatása a Melléklet 7./3. táblázatában található.

4.2.4.3. Modern épületanyagok vizsgálatának eredményei

Épületanyagokon 16,4%-ban *Penicillium*-, 9,8%-ban *Aspergillus*-fajok, egyéb gombák 5% alatt fordultak elő (pl.: *Acremonium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Scolecobasidium*, sp.). Fontos azonban megjegyeznünk, hogy ezek anyaga meglehetősen eltér, és ennek következtében az eredmények nem általánosíthatók. A nagyobb mennyiségben vizsgált MMVF mintákban például túlnyomó részt (75%, n=8) *Penicillium*-fajokat lehetett kimutatni. Ezzel szemben gipszkartonról izolált gombák között (n=8) nem találtunk domináns nemzetséget, az azonban megállapítható, hogy az *Aspergillus*-, *Dicyma*- és *Stachybotrys*-fajok, valamint a *Chaetomium*-fajok (MAGYAR D. szóbeli közlése) viszonylag gyakorinak tekinthetők. Eredményeink egybevágóak korábbi kutatások eredményeivel, az általunk izolált gombataxonokat más országokban szintén kimutatták gipszkartonról (GRAVESEN et al. 1999, MENSAH-ATTIPOE 2016, BRAMBILLA és SANGIORGIO 2020). Műanyag tapétákról (n=4), kerámia csempék alól (n=5), linóleumról (n=3) és szilikon tömítésekről (n=3) szintén változatos összetételben mutattunk ki gombafajokat, melyeket részletesen a **Melléklet 7./1. táblázata** tartalmaz.

4.2.4.4. A technológiai fejlődési trenddel összefüggésbe hozható egyéb vizsgálati eredmények megbeszélése

A 4.2.4. fejezetben tárgyalt, a technológiai fejlődési trenddel összefüggésbe hozható egyéb vizsgálati eredmények megbeszélését összevontuk a vizsgált megatrenddel kapcsolatos fentebb ismertetett kutatások eredményeinek megbeszélésével, a 4.2.5 fejeztben.

4.2.5. A technológiai fejlődési trenddel összefüggésbe hozható vizsgálati eredmények összehasonlító elemzése és megbeszélése

A technológiai fejlődési trendekkel összefüggésben vizsgáltuk a különböző építő- és burkolóanyagokat, valamint szellőzőrendszerek és modern technológiával készült épületek belső téri levegőjét. A technológiai megatrend kapcsán izolált és törzsgyűjteménybe helyezett gombataxonokat a **Melléklet 7./1. táblázatában** foglaltuk össze. Számos gombát találtunk modern anyagokon, épületek „nedves celláiban” és modern technológiával előállított épületek belsejében. Ezek a fajok alternatív élőhelyként használják az épületeket, és jól alkalmazkodnak a

beltéri környezethez. Jelenlétük elsősorban humán-egészségügyi szempontból jelent problémát. A háztartási környezetben található különféle gombák többféle megbetegedést okozhatnak, mint például allergiás bronchopulmonalis aspergillosis-t (AGARWAL et al. 2013), allergiás sinusitist (TO et al. 2012), keratitis-t (KREDICS et al. 2015), bőr- és körömfertőzéseket (VOS et al. 2012). Az „épületekhez kötődő betegségeket” gyakran a beltéri penészgombák és élesztők okozzák (KHAN és KARUPPAYIL 2012). A háztartási eszközöket kolonizáló gombák fokozott kockázatot jelentenek az atópiás betegek, az immunhiányos betegek és a cisztás fibrózisban szenvedő betegek számára (DE HOOG és GUARRO 1995).

Számos belső légteret, épületet alakítanak ki a modern technológia, valamint építészeti eljárások révén, amelyek a fentebb ismertetett berendezések és modern anyagok komplex rendszerét alkotják. A fenti eredmények is bizonyítják, hogy a modern anyagok és új technológiák megjelenése az építőiparban szintén kedvezhet a mikroszkopikus gombák megtelepedésének. Ilyen, széles körben elterjedt modern építészeti megoldások a gipszkarton falak, dekormennyezetek, álmennyezetek, tapéták (különösen a fűrészporos tapéta). Ezek alkalmazása nedves helyiségekben, fürdőszobában, konyhában pangó légterek kialakulásához, páralecsapódáshoz vezethetnek, vagy egyéb okokból megjelenő nedvesség révén, rejtett penészedést okozhatnak. A műanyag nyílászárók alkalmazása, a megfelelő légcserét biztosító természetes vagy gépi szellőzés hiányában gyakran okoz penészedést az energetikai felújításon átesett épületeknél, vagy újépítésű házaknál. Beltérből gyűjtött levegőmintáinkban 24,1%-ban *Aspergillus*, 20,7%-ban *Penicillium*, és 55,2%-ban egyéb taxonok, úgy, mint *Beauveria*-, *Paeococcomyces*- és *Trichoderma*-fajok fordultak elő. Fontos megjegyeznünk, hogy azokban az épületekben, ahol nem volt penészedés, a *Cladosporium*-fajok dominálnak, ezek azonban nagy valószínűséggel kültéri eredetűek (MAGYAR et al. 2017a), ezért nem szerepelnek a jelen feldolgozásban.

A termotoleráns fajok számára kellően magas hőmérsékletet biztosít a beázott épületek fűtött, belső tere, szaunák, gőzfürdők, vagy a melegvizes rendszerek meghibásodása (radiátorokból, falfűtés csövekből, bojlerokból, termál kutakból, stb. szivárgó melegvíz). Az épületanyagok kémiai összetétele szintén szelekciós tényező lehet a gombafajokra vonatkozóan. Az egyes, modern technológia által előállított anyagokon olyan gombafajok telepedhetnek meg, amelyek azokat tápanyagként képesek hasznosítani. A gipszkarton elterjedésével vált gyakorivá az épületek cellulóz bontó gombákkal – elsősorban *Stachybotrys*- és *Chaetomium*-fajokkal – történő kolonizációja. Az egyes épületanyagok hidrofób vagy hidrofil tulajdonságai is jelentősen eltérhetnek. A hidrofób anyagok (MMVF, zárt cellás polietilén és polystirol habok, stb.) bár nedvszívó képességük és nedvességtartalmuk alacsony, de beépítettségétől függően magas

páratartalmú pangó légtereket alakíthatnak ki (Dr. VÁRFALVI JÁNOS, BME, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, szóbeli közlése alapján). A hidrophil, nedvszívó anyagok (sósókúti mészkő, többrétegű papírtapéta, porózus díszkőburkolatok, bőr- és textil tárgyak) magas nedvességtartalom esetén színén kedveznek bizonyos gombák megtelepedésének. A textíliák rejtett penészedése a fürdőszoba és a hálószoba manapság divatos egybeépítésénél gyakran okoz problémát; ekkor ugyanis a fürdőszobában keletkező pára a hálószobai kárpitokban, matracban, szőnyegben a gombatelepek kifejlődéséhez vezet (Dr. MAGYAR DONÁT szóbeli közlése alapján). A modern (épület)anyagokon élő gombák spórái főként a levegőben terjednek, ezért a belső légterben előforduló fajoknak elsősorban a légzőszervi megbetegedések, úgy, mint asztma, allergia, hiperszenzitív tüdőgyulladás kapcsán van jelentősége. Jellemző nemzetségeik: *Acremonium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Dicyma*, *Didymella*, *Microascus*, *Penicillium*, *Scolecobasidium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*.

A fent leírt kutatási eredmények és a felmerülő problémák okán, a kockázatok csökkentése érdekében fontos az építészek, tervezőmérnökök továbbképzése, az egészséggel kapcsolatos szempontok ismeretanyagának továbbadása, integrálása az ipari képzésekbe.

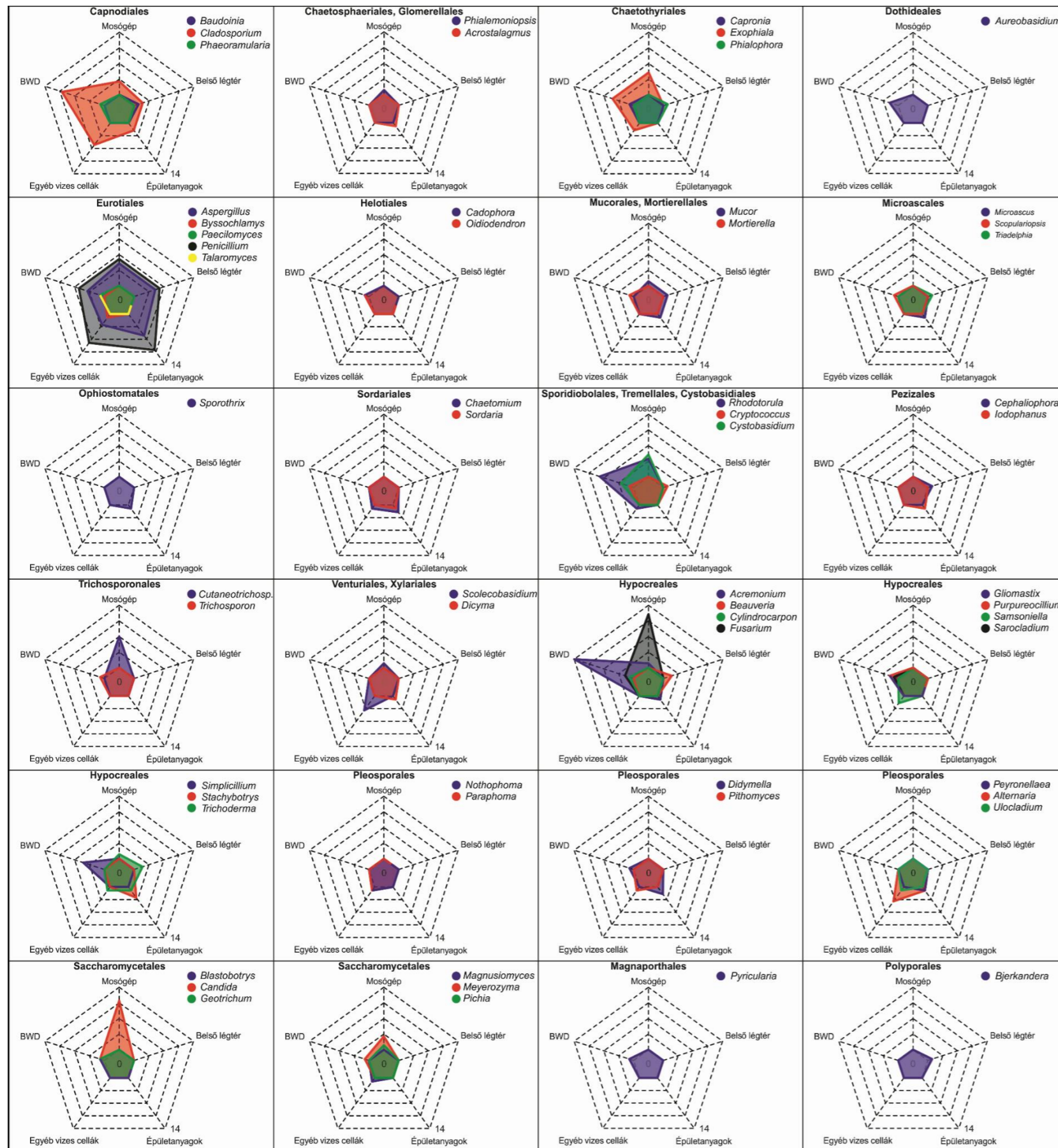
A mesterségesen kialakított belső téri környezet rezervoár szerepe nem elhanyagolható (GOSTINČAR et al. 2009). E belső téri mikroélőhelyek klímája nagymértékben hasonlít a trópusi, szubtrópusi régiókéra (konstans magas hőmérséklet, magas páratartalom), így a trópusi környezetet kedvelő gombák ezen mikroélőhelyeken tudják átvészelni a számukra zord kültéri körülményeket és kivárni, hogy a klímaváltozás következtében az éghajlat kedvező legyen számukra a természetes élőhelyek meghódítására. Ebből kifolyólag fontosnak tartjuk a belső téri rezervoárok felismerését, az ottani gombaközösségek felszámolását és a további megújulásuk megakadályozását, nem csak a fentebb említett készülékekben, hanem egyéb háztartási berendezéseinkben is. Vizsgálataink és a rendelkezésre álló szakirodalom nem terjedt ki arra, hogy a Hyphomycetes rezervoárjai (háztartási berendezések és egyéb belső téri mikroélőhelyek) szennyezik-e a beltéri levegőt, ezért ezt a hipotézist további vizsgálatokkal indokolt lenne megvizsgálni.

Az egyes, technológiai megatrendekkel kapcsolatos élőhelyeken (mosógépek, BWD-k, épületanyagok, belső légterek, egyéb „nedves cellák”: páramentesítógépek, légkondicionáló berendezések stb.) számos gombatorzs előfordulását figyeltük meg, melyeket az előző fejezetekben részletesen bemutatunk. Ugyanakkor, ezeknek az élőhelyeknek az összehasonlítását is érdemes elvégezni annak érdekében, hogy a bennük kialakult gombaszennyezettség különbözőségeiről és hasonlóságairól egy általánosabb áttekintést nyerjünk. Az élőhelyeket és az onnan izolált törzseket egy ún. radar ábrán szemléltettük (**26. ábra**). Az ábrán jól látszik, hogy

néhány taxon (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*) tömegesen fordult elő bizonyos élőhelyeken, viszont a legtöbb taxon csak szórványosan volt fellelhető. Szembetűnő a mosógép és a BWD-k hasonlósága, mindkét készülékből jellemzően *Cystobasidium*-, *Exophiala*-, *Fusarium*- és *Rhodotorula*-fajokat izoláltunk. Azonban eltérések is mutatkoznak: míg a BWD-kben *Acremonium*-, addig a mosógépekben elsősorban *Candida*-, *Cutaneotrichosporon*-fajokat izoláltunk. Eredményeink előzetesek, probléma-feltáró jellegűek, mivel a BWD-kből és mosógépekből nagyszámú mintavételezések történtek, viszont a levegőből, épületanyagokból és egyéb berendezésekből kevesebb minta származott; ebből következően ez utóbbiaknál kevesebb mikológiai adattal rendelkezünk. Másfelől ismert, hogy mind az épületanyagokon, mind a levegőben gyakori nemzetségek az *Aspergillus*, a *Cladosporium* és a *Penicillium*, továbbá a levegőben gyakori még az *Alternaria* és a *Rhodotorula* (MAGYAR et al. 2017a). E gombák azért nem jelennek meg a radar ábra „levegő” és „épületanyag” ágain nagyobb mennyiségben, mert ezeknél nem teljes az adatok feldolgozottsága, amely túlmutatna jelen dolgozat keretein.

A vizsgált felületeken található gombák nagy valószínűséggel a léghőben vagy a csapvízben található spórákból fejlődtek ki. Csapvíz eredetű szennyeződést akkor feltételezhetünk, amikor levegőben ritkán előforduló nemzetségek jelennek meg a felületeken. Az általunk vizsgált mosógép és BWD készülékeknél elsősorban a csapvízben található spórákból alakulhat ki a már fent említett gombakolonizáció (*Cystobasidium*, *Exophiala*, *Fusarium* és *Rhodotorula* spp.).

További, pontosabb következtetések levonásához érdemes lenne az „épületanyagok” és „egyéb vizes berendezések”-ben található gombák alaposabb, feltáró vizsgálata.



26. ábra Az egyes gomba rendekbe tartozó nemzetségek mennyiségbeli eloszlása a különböző technológiai megatrendekkel összefüggésbe hozható élőhelyeken. Az origóból kifutó tengelyek 0-14-ig skálázottak izolátumszám szerint.

4.3. A klímaváltozás megatrendjének hatása behurcolt gombafajok növekedésére

4.3.1. A klímaváltozás megatrendjével kapcsolatos eredmények

Különböző klímamodellek melegedést és hőhullámokat jósolnak a közeljövőben a Pannon Biogeográfiai Régióban. Ezek az éghajlati szélsőségek hatással lehetnek e terület gombafajaira. Tíz trópusi eredetű, behurcolt és két hazai eredetű gombatörzset vizsgáltunk, melyet előzetesen izoláltunk, meghatároztuk és törzsgyűjteménybe helyeztünk (**16. táblázat**). A vizsgálathoz kiválasztott gombafajokat egy héten keresztül tartó hőhullámnak tettük ki, két éghajlati forgatókönyv szerint, amelyek előrejelzéseket tartalmaznak a Közép-magyarországi régióra, 2050 júliusára vonatkozóan. Az egyik egy mérsékelt pesszimista (RCP 4.5), a másik egy erősen pesszimista (RCP 8.5) klímamodell hazai projekciója volt; kontrollként a jelenlegi hazai átlaghőmérsékleteket választottuk

16. táblázat A hőhullámoknak kitett gombataxonok és eredetük

Gombataxon	Termék típusa	Termék eredete	Törzskód/SZMC kód	GenBank azonosító		
				ITS	TEF	CMD
<i>Aspergillus flavus</i>	chili paprika (<i>Capsicum annuum</i>)	India	T699/SZMC26866	MW301435	-	OL365726
<i>Aspergillus niger</i>	kábeldob	India	T635A/SZMC24953	MW301428	-	OL697237
<i>Aspergillus tubingensis</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael	T714E/SZMC26876	MW301406	-	OL365729
<i>Aspergillus tubingensis</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael	T714F/SZMC26877	MW301405	-	OL365730
<i>Aspergillus tubingensis</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael	T714G/SZMC26878	MW301403	-	OL365731
<i>Fusarium musae</i>	bio banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Dominikai Köztársaság	T698B/SZMC26865	MW301434	OL365732	-
<i>Fusarium ananatum</i>	ananász (<i>Ananas comosus</i>)	Costa Rica	T663/SZMC26482	MW301404	OL365733	-
<i>Fusarium bubalinum</i>	sárgánygyümölcs (<i>Hylocereus</i> sp.)	Vietnám	T700B/SZMC26868	OL404957	OL365734	-
<i>Penicillium adametzioides</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael	T594/SZMC24549	OL404958	-	OL365727
<i>Talaromyces albobiverticillius</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael	T714A/SZMC26875	MW301407	-	OL365728
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	parlagfű (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	Magyarország	KMMG 2758/-	-	OL697235	-
<i>Cladosporium xylophilum</i>	parlagfű (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	Magyarország	KMMG 2791/-	-	OL697236	-

A vizsgált gombatörzsek mindegyike képes volt növekedni az RCP 4.5-ös kezelésén. E kezelésben részt vevő összes *Aspergillus sect. Nigri* és *Flavi* törzsek esetében szignifikánsan nagyobb növekedést figyeltünk meg a kontrollhoz képest, már az első naptól kezdve (**Melléklet 8./1. táblázat**). Ezzel ellentétben az említett kezelés hatására a *Fusarium*-, a *Penicillium*-, a *Talaromyces*- és a két kontrollként választott *Cladosporium*-törzsek növekedése szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a kontroll csoporté. Utóbbiak közül a *Penicillium*-, *Talaromyces*- és a kontroll törzsek növekedése volt a legkisebb mértékű. Az optimistább RCP 4.5-ös modellhez hasonlóan szintén szignifikánsan nagyobb növekedést figyeltünk meg a kontrollhoz képest az RCP 8.5-ös kezelésén részt vevő összes *Aspergillus sect. Nigri* törzs esetében már az első naptól kezdve. Közülük izraeli gránátalmáról izolált *A. tubingensis* törzsek esetében ez a növekedés még az RCP 4.5-ös kezelésén megfigyelt növekedést is szignifikánsan meghaladta. Bár az indiai kábeldobról izolált *A. niger* törzs ezen a kezelésén szintén szignifikánsan jobb eredményeket mutatott, mint a kontrollként beállított kezelésén, a növekedése nem haladta meg az RCP 4.5-ös kezelés növekedését. A szintén Indiából érkezett (chili paprikáról izolált) *A. flavus* növekedési üteme megközelítőleg megegyezett a kontroll csoportéval. A *Fusarium*-, *Penicillium*-, *Talaromyces*- és a két kontroll *Cladosporium*-törzsek egyáltalán nem mutattak növekedést a kezelés teljes ideje alatt (**Melléklet 8./2-3. táblázat**). A kísérletben részt vevő gombatörzsek telepnövekedését oszlopdiagramokon is szemléltettük (**Melléklet 8./1. ábra**). A gombatelepekről a kísérlet utolsó napján készült képeket a **27. ábra** mutatja. A képeken a vizsgált taxoncsoportokat jellemző egy-egy törzs növekedési eredménye látható.



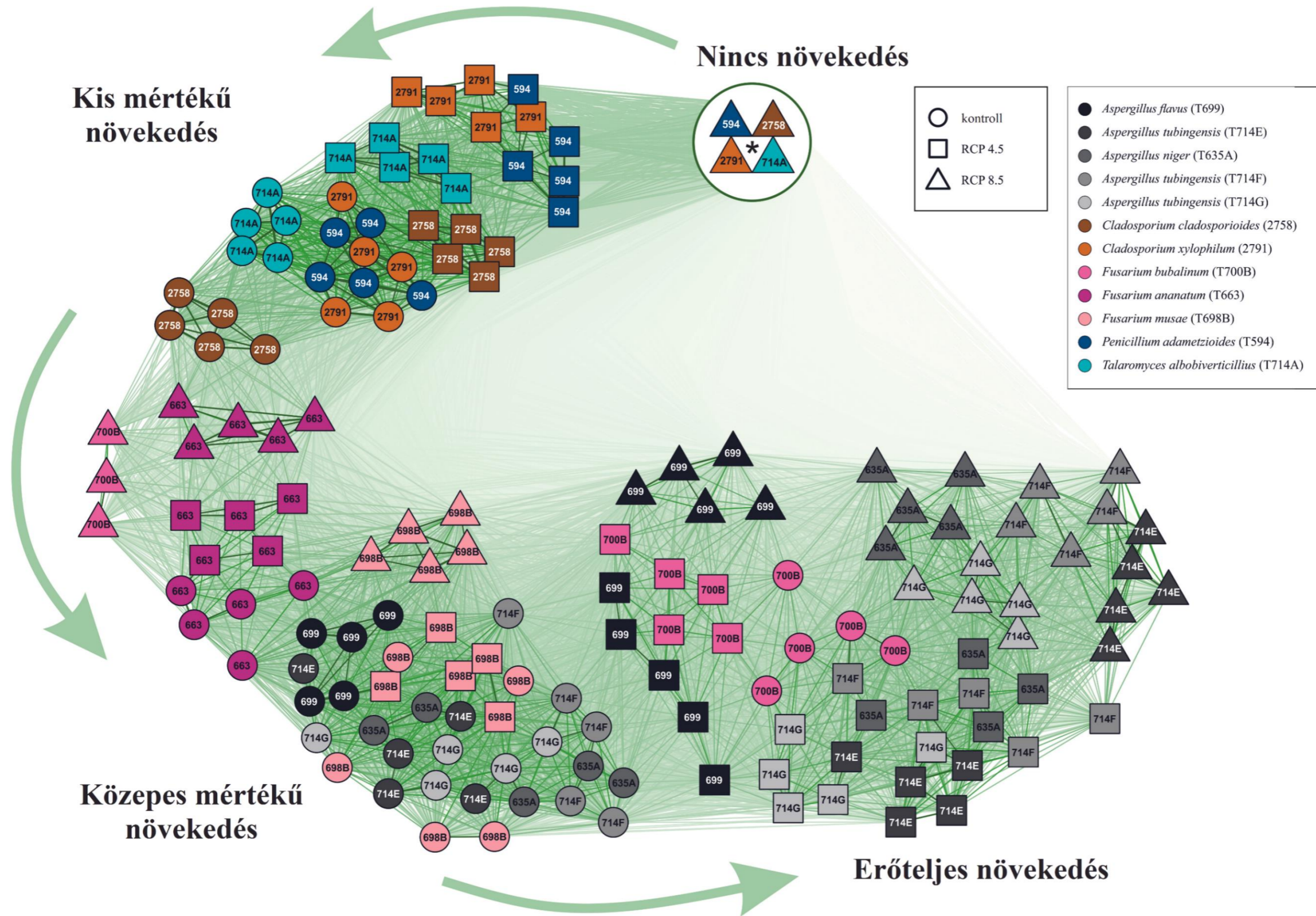
27. ábra Gombatorzsek növekedése különböző klímamodellek hatására, a kísérlet utolsó napján Forrás: saját szerkeztésű ábra.

Eredményeink alapján valószínűsítjük, hogy a behurcolt *Penicillium*-, *Talaromyces*- és a kontrollként használt honos *Cladosporium*-törzsek a modellek által jósolt jövőbeni klímán visszaszorulnak a PBR területén. A déligyümölcsökről származó *Fusarium*-törzsek elszaporodását a PBR-ben valószínűleg nem gátolja a jövőbeni klíma, ugyanakkor a pesszimistább scenárió (RCP 8.5) már csökkentette a növekedésüket. Az *Aspergillus*-törzsek növekedésére egyértelműen kedvezően hatottak a klímamodellek alapján jósolt hőmérsékleti értékek. Ugyanakkor különbség mutatkozott a két sectio (*Nigri* és *Flavi*), valamint a *Nigri* sectio-n belül az eltérő származású és eltérő fajba tartozó *A. niger* és *A. tubingensis* törzsek között. Az izraeli gránátalmával érkezett *A. tubingensis* törzsek előnyben részesítették az RCP 8.5-ös kezelés feltételeit, amelynek hatására szignifikánsan nagyobb növekedést mutattak, mint az RCP 4.5-ön és a kontrollon. A többi esetben a mérsékelt pesszimista RCP 4.5 kedvezőbb volt a kiválasztott *Aspergillus*-törzsek számára. A vizsgált behurcolt törzsek akár stabil populációkat hozhatnak létre a PBR területén, génjeik keveredhetnek a honos törzsek génjeivel, mely új tulajdonságokkal bíró törzsek megjelenését eredményezheti (STENLID 2002, STEENWYK et al. 2020). Ezek a tulajdonságok kiterjedhetnek a hőmérsékleti toleranciára és a mikotoxin termelésre is.

A tolerancia tesztben vizsgált mikroszkopikus gombák növekedését egyoldalú kapcsolatháló elemzéssel szemléltettük, melynek eredménye az **28. hálózat ábrán** látható. Az ábrán minél közelebb esik egymáshoz két törzs, annál hasonlabb volt a növekedésük a klímamodellek alapján beállított hőmérsékleti értékeken. A törzset összekötő élek vastagsága szintén a hasonló növekedést jelöli. Az ábrán jól látható, hogy az azonos nemzetségbe tartozó törzsek hasonlóan reagáltak a kezelésekre, ugyanakkor az eltérő nemzetségek között különbségek mutatkoztak. Az első, csillaggal jelölt, egy pontban csoportosult törzseknél azok találhatóak, amelyek egyáltalán nem növekedtek az erősen pesszimista modell alapján beállított kezelésen. Az óramutató járásával ellentétesen haladva, a második nagy csoportot a *Penicillium*-, *Talaromyces*- és *Cladosporium*-törzsek alkotják. Ebben a behurcolt *Penicillium*- és *Talaromyces*-törzsek nem különültek el a hazai eredetű *Cladosporium*-törzsektől sem a jelenlegi, sem a scenáriók által előre jelzett klímafeltételek mellett. A harmadik nagy csoportban elsősorban *Fusarium*-törzsek egy része található, ezeknél jól megfigyelhető, hogy a növekvő hőmérséklettel csökken a növekedésük. E csoportban az is megfigyelhetjük, hogy az RCP 4.5 és RCP 8.5 scenáriók szerint kezelt *Fusarium*-okhoz hasonló növekedést mutattak a jelenlegi klimatikus feltételek mellett fejlődő *Aspergillus*-törzsek. Az utolsó nagy csoportot azok az *Aspergillus*-törzsek alkotják, melyek jól fejlődtek mindkét klímascenárió alapján. Kiemelnénk, hogy ebben a csoportban előfordul egy intenzív növekedésű *Fusarium*-törzs, amelynek fejlődése visszamaradt a magas

hőmérsékletű kezeléseknél. A hálózat ábra végén olyan *Aspergillus*-törzsek találhatóak, amelyek kifejezetten kedvelik az extrém hőmérsékletű szcenáriónak megfelelő kezelést.

A kapcsolatháló elemzésekből levonható következtetéseknél, összehasonlításoknál azonban fontos figyelembe venni, hogy a gombák növekedésének ütemét nem csak a környezeti feltételek befolyásolják, hanem genetikai adottságuk is. Ez szolgálhat magyarázatként az *Aspergillus*-ok és *Fusarium*-ok kismértékű keveredésének a hálózat ábrán.



28. ábra 12 gombatorzs növekedése két különböző éghajlati scenárióban egy kontroll csoporthoz képest

4.3.2. A klímaváltozás megatrendjével kapcsolatos eredmények megbeszélése

A különböző éghajlatú országokból származó spórák túlélhetnek a származási országhoz hasonló éghajlatú mikrokörnyezetekben. A behurcolt nem őshonos fajok a klímaváltozás következtében már nem csak e rezervoár környezetben képesek fennmaradni, hanem onnan kilépve, kolonizálhatják a régió természetes élőhelyeit is. CHAPMAN és munkatársai (2017) szerint azok az országok jelenthetik a jövőben a legnagyobb inváziós kockázatot, amelyek jelenleg hasonlóak a fogadó ország jövőbeli éghajlatához.

A mikroszkopikus gombák a mezőgazdasági termények betakarítása után is okozhatnak szennyeződést. A gombafajok jelentős hányada mikotoxin termelésére képes, mely emberre, állatra egyaránt veszélyt jelenthet. A klímaváltozás hatásai az élelmiszerbiztonságot és a gazdaságot is fenyegetik azáltal, hogy a megváltozott éghajlati körülmények mikotoxin termelésre serkentik a gombákat, mely az élelmiszerekben és a takarmányokban megjelenik. Számos tanulmány foglalkozott ezzel a problémával, különös hangsúlyt fektetve az aflatoxinra és az aflatoxin-termelő *Aspergillus*-fajokra (COTTY és JAIME-GARCIA 2007, MIRAGLIA et al. 2009, PATERSON és LIMA 2010, TIRADO et al. 2010). A megváltozott klimatikus körülmények hatására az aflatoxin-termelő fajok gyakoribbá válhatnak. Magyarországon az aflatoxin mennyisége növekedni kezdett 2010 környékén, feltételezhetően a klímaváltozás hatására (DOBOLYI et al. 2013, SEBŐK et al. 2016a). BORBÉLY és munkatársai (2010), valamint DOBOLYI és munkatársai (2013) hazai gabonák mikotoxin tartalmát vizsgálták. A minták 4,8%-ában az EU-s határérték feletti aflatoxin B1 koncentrációt mutattak ki. Hazánkban, 2009-ben és 2010-ben vizsgált kukoricaföldek 63,5%-ából izoláltak és azonosítottak *Flavi* szekcióból származó *Aspergillus*-törzseket, 18,8%-uk képes volt aflatoxinokat előállítani. A délmagyarországi kukoricatáblákon nagyszámú *A. flavus* törzseket izoláltak, és ezeknek a gombáknak a 25%-áról kiderült, hogy képesek aflatoxinokat termelni. (KOCSUBÉ et al. 2013). JAKIĆ-DIMIĆ és munkatársai (2009) Szerbiában (szintén PBR) a vizsgált kukoricaminták 18,7%-ából mutatták ki az aflatoxint termelő *A. flavus*-t. SEBŐK és munkatársai (2016) először egy másik aflatoxin-termelő faj, az *A. parasiticus* megjelenését észlelték a Közép-Európai régióban. Feltételezték, hogy az aflatoxinogén *Aspergillus*-fajok versenyképesebbek, mint azok a törzsek, amelyek nem képesek toxinokat termelni. SEBŐK és munkatársai (2016) az aflatoxinogén *A. flavus* jelenlétét Magyarország valamennyi régiójának kukoricatábláján kimutatták. Közép-Európában a klímaváltozás következtében a mikotoxin szennyezettség (különösen az afla- és az ochratoxin) nemcsak a kukoricára és a gabonafélékre, hanem más mezőgazdasági termékekre, például szőlőre, szőlőből készült termékekre és fűszerekre nézve is

jelentkezhet. (KOCSUBÉ et al. 2013, MEDINA et al. 2017). KOCSUBÉ és munkatársai (2013) megvizsgálták az importált termékeket, például a kávébabot, az aszalt gyümölcsöket és a fűszereket, és számos esetben ochratoxin szennyeződést mutattak ki. Az aflatoxinokat főleg a meleg éghajlatú régiókból Közép-Európába importált termékekben mutatták ki (pl. brazil dió, pisztácia, földimogyoró és füge). A híres magyar fűszerből, a paprikából is kimutattak aflatoxin szennyeződést 2004-ben, melynek forrása a hozzákevert importpaprika volt (lásd 'paprikabotrány' FAZEKAS et al. 2005). Noha az *Aspergillus*-fajok általában melegebb éghajlatokat preferálnak, a PBR-ben számos mikotoxin-termelő *Aspergillus*-faj fordul elő, melyeknek jelenléte mikotoxin felhalmozódáshoz vezethet a mezőgazdasági terményekben és termékekben. A klímaváltozás következtében a fent említett gombák és általuk a mikotoxin-szennyezés is várhatóan elterjedtebb lesz régióinkban (KOCSUBÉ et al. 2013). Ezt eredményeink is igazolják, melyek szerint a *Flavi* és *Nigri* szekcióba tartozó behurcolt, trópusi eredetű *Aspergillus*-törzsek jelentősebb mértékű növekedést mutattak régióink jövőbeli klímáján. Az éghajlatváltozás hatásai és a gombák adaptációs képessége magasabb toxintermelést eredményezhet régióinkban (FARKAS ÉS BECZNER, 2009). Ennek következtében a növények betakarítási ideje megváltozik. Ez pozitív hatással lehet a növények növekedésére, de pozitív lehet a növényi patogénekre és a mikotoxint termelő gombákra nézve egyaránt (FARKAS és BECZNER 2009, TIMA et al. 2016). Az éghajlatváltozás következtében célszerű lehet a növényeket hamarabb betakarítani, ami megnövelt raktározási időt eredményezhet a raktári penész növekedésének fokozott kockázatával.

A klímaváltozás gombákra gyakorolt hatását még kevesen vizsgálták, ezért érdemesnek tartottuk néhány, általunk izolált behurcolt, toxinogén törzs növekedésének tesztelését hazánk jövőbeli klímáján. Egyetlen hasonló tanulmányt találtunk, melyben DAMIALIS és mtsai. (2015) a klímaváltozás hatásaira nézve vizsgálták bizonyos gombák növekedését, sporulációját, illetve versenyképességét. Bár DAMIALIS és munkatársai (2015a) hasonló vizsgálatot végeztek ugyanazon fajok némelyikével, néhány fő pont különbözött, és az eredmények ellentétben voltak eredményeinkkel (**17. táblázat**). DAMIALIS és munkatársai (2015a) az Egyesült Királyságra összpontosítottak, amely az óceán közelsége miatt vizsgálat szempontjából különleges régió. Vizsgálatuknak nem volt célja a kontinentális típusú régiók – mint a PBR – megismerése. DAMIALIS és munkatársai (2015a) 6 kiválasztott törzset vizsgáltak, nemcsak növekedési, hanem spóratermelési szempontból. Saját felmérésünk során 12 törzs növekedési reakcióit figyeltük meg. Bár a tolerancia tesztekhez használt gombatörzsek kiválasztására különböző szempontrendszerrel állítottunk fel, az *A. niger* és a *C. cladosporioides* törzseket mindketten vizsgáltuk. DAMIALIS és munkatársai (2015a) az allergén és fitopatogén fajok gombaspóráinak légköri koncentrációjára

összpontosított, míg a doktori munkám során a hangsúly a globalizáció és az éghajlatváltozás hatásainak gombákra gyakorolt hatásaira összpontosult. Kutatásunkat rövidebb, előreláthatóbb időre (2050) vetítettük előre, míg DAMIALIS és munkatársai (2015a) hosszabb időt (2100) választottak.

17. táblázat Hasonlóságok és különbségek DAMIALIS és munkatársai (2015a) kutatásai és a saját vizsgálatunk között

faktorok	Damialis et al. (2015a)	saját vizsgálat
fő fókusz	telepnövekedés + spóraprodukció	túlélés + telepnövekedés
gombák eredete	honos	behurcolt + honos
földrajzi régió	Egyesült Királyság és Görögország	PBR
klíma	mérsékelt óceáni + mediterrán	kontinentális
vizsgált törzsek száma	6	12
gombák kombinációja	igen	nem
táptalaj típusa	PDA, PCA	PDA
kezelés	állandó hőmérséklet	hőhullám
programozott fluktuáció (óra)	12 (nappal-éjszaka)	6 (hőhullámos nap-éjszaka)
T _{min} (°C)	7,2	20
T _{max} (°C)	27,1	40
hőmérsékleti beállítások és klímaszenáriók	5 (1980-as, 1990-es, 2000- es átlaghőmérséklet és IPCC jóslatok 2100-ra)	3 (kontroll (1981-2010 átlaghőmérséklete), RCP 4.5, RCP 8.5)
előrejelzés (év)	2100	2050
ismétlések száma	4	5
fény a napi dimanikában	igen	nem

A két tanulmány ellentétes eredményeket adott a *Cladosporium cladosporioides* növekedését illetően. Az általunk vizsgált honos *C. cladosporioides* faj nem volt képes növekedni a pesszimista RCP 8.5 scenárió által képviselt hőhullám hatására. Alacsony toleranciát mutatott a mérsékelt pesszimista RCP 4.5-ös kezelésen is. Ezzel ellentétben DAMIALIS és munkatársai (2015a) pozitív összefüggést talált a *C. cladosporioides* micélium növekedése és a hőmérsékleti paraméter között. Az eltérő eredmény oka, hogy hőmérséklet beállításai alacsonyabbak voltak (napi maximum 27,1 °C és napi minimum 17,7 °C, mivel az IPCC előrejelzéseit 2100-ig tesztelték), mint az RCP kezeléseink. Továbbá a magasabb hőmérséklet-ingadozások is valószínűleg negatívan befolyásolták az említett faj micélium növekedését. Eredményeink alapján

feltételezzük, hogy a 2050-re jósolt hőhullámok csökkenteni fogják a *C. cladosporioides* előfordulását a PBR-ben.

A *Cladosporium* a legelterjedtebb gomba nemzetség, amelyet a mérsékelt égövi területeken észlelnek a levegőből (SOLOMON 1978, MULLINS és FLANNIGAN 2001), valamint a PBR-ben (MAGYAR 2002), ahol a *Cladosporium* spp. levegőben lévő koncentrációja magas, meghaladja a PBR-ben lévő összes levegőben található gomba koncentrációjának 50%-át (MAGYAR 2002). A *Cladosporium*-fajok az emberi egészségre is károsak, mivel allergiát és súlyosabb esetben asztmát válthatnak ki (BENSCH et al. 2012). Magas koncentrációjuk és negatív egészségügyi hatásuk miatt vizsgálatunkban ezt a két honos *Cladosporium* törzset választottuk kontrollnak. Mivel mindkét RCP forgatókönyv negatívan befolyásolta a *Cladosporium* spp. növekedését, ezért mennyiségük csökkenésére lehet számítani térségünkben. Ebből következően a légkör alacsonyabb spórakoncentrációja várható a térségben. RODRÍGUEZ-RAJO és munkatársai (2005) kutatásai alapján a magas légköri spórakoncentrációk optimális körülményei a 23 és 29 °C közötti léghőmérséklet és a 80%-os relatív páratartalom. DAMIALIS és munkatársai (2015b) egy másik tanulmányukban kimutatták, hogy Görögországban az átlagos éves kültéri *Cladosporium* koncentráció jelentősen csökkent az 1987-2005 közötti időszakban, a levegő hőmérséklete pedig nagymértékben emelkedett. A korábbi és a legújabb tanulmányok többségében (pl. KASPRZYK et al. 2016, SINDT et al. 2016, CETER 2018, GRINN-GOFRÓN et al. 2019) szintén összefüggést figyeltek meg a levegőben lévő *Cladosporium* spórakoncentráció és az emelkedő hőmérséklet kapcsán. SINDT és munkatársai (2016) az átlaghőmérséklet trendjei és a légköri *Cladosporium* spórák koncentrációja között találtak összefüggést. A kapcsolat jellege a földrajzi szélességektől függött. A legdélibb helyeken csökkenő és a többi helyeken emelkedő tendenciát találtak, míg a hőmérséklet a vizsgálati időszak alatt mindenhol folyamatosan emelkedett. Ezért a különböző éghajlati területeken való elhelyezkedés eltérő tendenciákat eredményezett a spórakoncentrációkban, mivel a meteorológiai tényezők hatással voltak a gombák növekedésére és sporulációjára, valamint azok levegőben történő elterjedésére. A hőmérséklet emelkedése kedvez számos *Cladosporium*-faj gyors növekedésének és spóratermelésének; ugyanakkor a tápanyagok elégtelen hozzáférhetősége és szárazsága figyelemre méltó korlátozó tényező (AIRA et al. 2012, SINDT et al. 2016). A hőmérséklet emelkedése általában kiváltja a környezet szárazságát, a felületek kiszáradását, amely elősegíti a konídiumok légkörbe történő felszabadulását (HOLLINS et al. 2004).

A jövőben nem csak az átlaghőmérséklet emelkedésére, hanem a hőhullámok drámai hatásaira is számítanunk kell a PBR-ben, mely földrajzi szempontból a klímaváltozás szélsőséges hatásainak különösen kitett régió (EEA 2003, SANTINI et al. 2013, EEA 2017). Éppen ezért

kutatásunk során a hőhullámok hatásaira fókuszáltunk. Vizsgálataink alapján bepillantást nyerhettünk abba, hogy bizonyos behurcolt gombatörzsek miként képesek a jövőben elviselni a hőhullámokat, továbbá elképzelhető, hogy ez – a növekedés szempontjából – előnyös lesz számukra. Vizsgálatunk volt az első, mely a Közép-magyarországi régióra, 2050-re vonatkoztatott klímamodellek alapján beállított hőmérsékleteken tesztelte gombatörzsek növekedését. Eredményeink alapján a hőhullám hosszabb-rövidebb ideig befolyásolhatja egyes gombák elterjedését. Egyes behurcolt fajok (pl. *Aspergillus flavus*, *A. niger* és *A. tubingensis*) számára kedvezőnek, míg más fajok számára kevésbé előnyösnek (*Fusarium ananatum*, *F. bubalinum*, *F. musae*) vagy hátrányosnak (*Penicillium adametzioides*, *Talaromyces albobiverticillius*) bizonyult. Összességében feltételezhető, hogy a jövőbeli hőhullámok a behurcolt fajok elterjedését és a honos fajok visszaszorulását eredményezik a régióban, ennek következtében a gombaközösségek összetétele jelentősen megváltozhat.

Ugyanakkor kiemelnénk, hogy a hőhullámok a hőmérsékleten kívül számos más környezeti paramétert is befolyásolnak. Például a hőhullámok különböző páratartalommal, hőmérsékleti intenzitással és UV-sugárzással társíthatók. Ezen környezeti tényezők kombinációi eltérő módon hathatnak a mikroszkopikus gombák túlélésére, növekedésére és spóratermelésére. A páratartalom azonban nehezen kiszámítható és meglehetősen változékonny tényező. Javasoljuk, hogy a további, hasonló vizsgálatok elvégzésénél kutatótársaink a fent említett paraméterek együttes hatására összpontosítsanak.

Az éghajlatváltozás következtében a hőhullámok mellett egyéb szélsőséges időjárási körülmények, mint például az aszály vagy özönvíz-szerű áradások is egyre gyakoribbá válnak. Ezek olyan kockázati tényezők, amelyek kiválthatnak mikotoxin termelést a honos és a betelepült gombáknál (MAGYAR et al. 2021a). A klímaváltozás mikotoxin termelésre gyakorolt következményei még sok szempontból ismeretlenek. Például az árvizek a szubsztrátok magas víztartalmához vezetnek, ami szintén befolyásolhatja a mikotoxin termelést (PATERSON és LIMA 2011). További kutatások során érdemesnek tartjuk vizsgálni ezen faktorok kombinációinak hatását az említett gombák mikotoxin termelésére a jelenlegi éghajlaton és a jövőbeli klímamodellek alapján. Emellett fontosnak tartjuk a PBR-ben felbukkanó mikotoxin termeléséről ismert gombák megfigyelését, vizsgálatát is.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

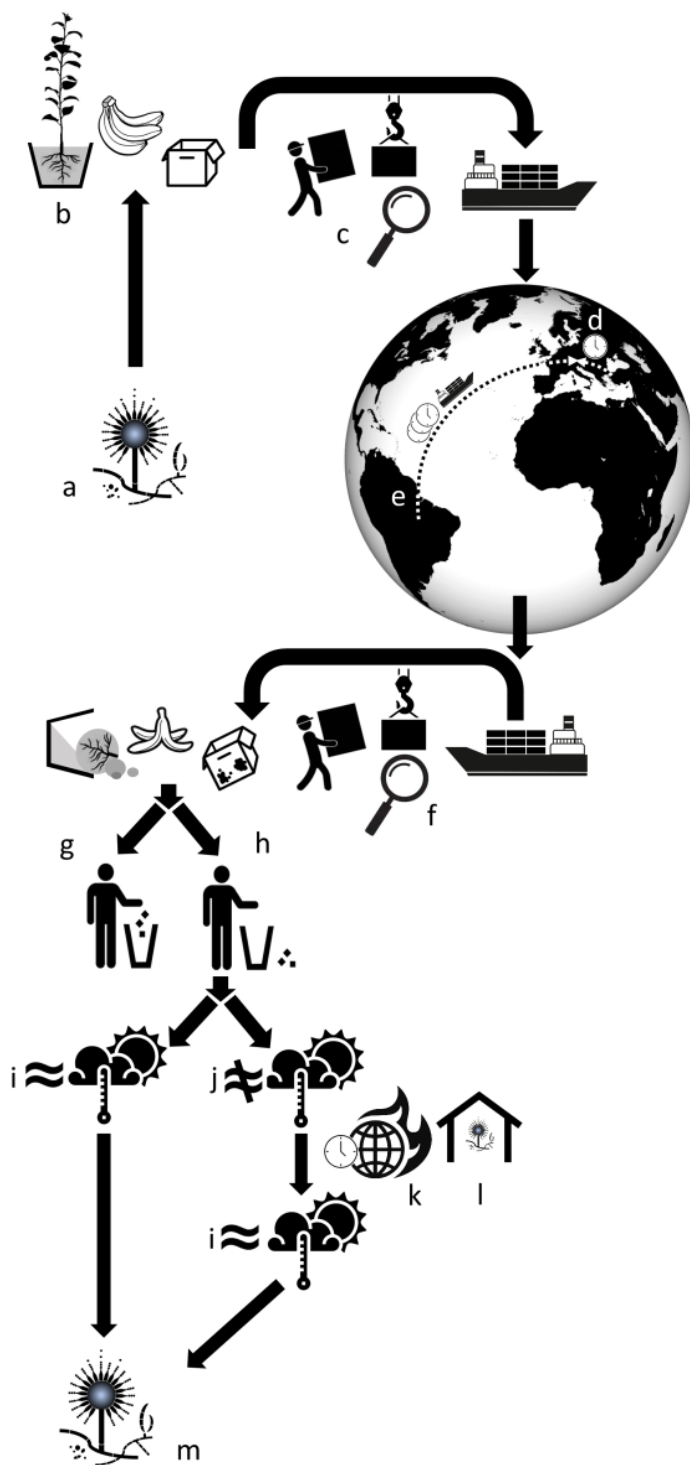
Az állat- és növényfajok, mikroorganizmusok, köztük a mikroszkopikus gombák nem kívánt, olykor invazív terjedése általános, világméretű problémává vált. A fajok elterjedésének biogeográfiai akadályai megszűntek, a gombák rakományok, utazók közreműködésével könnyen szállíthatók egyik helyről a másikra. Természetesen a légáramlatok, vándormadarak stb. is jelentős szerepet játszanak a spórák nagy távolságra történő terjedésében (MAGYAR et al. 2016). Az éghajlatváltozás és a modern technológia új lehetőségekkel segíti e fajok életben maradását, új populációk létrejöttét, invazívvá válásukat vagy akár járványok kialakulását a behurcolt helyeken. E fajok megjelenése a PBR-ben újabb terheket ró a hatóságokra az előkészítés, tervezés, szervezés és megelőzés szempontjából (LÁSZLÓ 2013). A megjelenő gombabetegségek szükségessé teszik egy olyan gyakorlati útmutató kidolgozását, amely elősegíti a globális megatrendek negatív hatásaihoz történő adaptációt, amelyhez ajánlásaink hasznosak lehetnek. Az érintett csoportok a vásárlók, turisták, gazdálkodók, kutatók, az iparág érdekelt felei és a döntéshozók. Fokozott hangsúlyt kell fektetnünk a növényvédelemre és az élelmiszerbiztonságra, hogy a globális megatrendek ne vezessenek közegészségügyi problémákhoz a PBR-ben.

Vizsgálataink során áttekintettük a globalizáció, technológiai fejlődés és a globális klímaváltozás megatrendjeinek mikroszkopikus gombákra gyakorolt hatásait a PBR-ben. Az eredmények alapján az egyes folyamatok összefüggésben állnak egymással.

Eredményeink és a szakirodalmi adatok is igazolják, hogy a globális megatrendek gombákra gyakorolt hatásai igen komplexek, ami megnehezíti a jövőbeni trendek előrejelzését. A komplexitás maga is kockázati tényezőnek tekinthető. A globalizáció és az éghajlatváltozás közötti összefüggések még nincsenek kellőképpen feltárva, így azok kimenetelét nehéz megjósolni (RAMSFIELD et al. 2016). A globalizáció egyik elsődleges mozgatórugója a technológiai fejlődés, amely nagymértékben függ a jövedelem növekedésétől (EHRENFELD 2003, HULME 2009). A gazdasági növekedés eredményeként, a felgyorsuló világkereskedelem révén nagy mennyiségű idegenhonos gombaspóra kerülhet a PBR-be. A gazdasági fejlődés trendjei gyökeres változáson mentek keresztül, a centralizáció, szabványosítás és az állami beruházások felől a decentralizáció, a szabadpiac és a magánberuházások irányába. Az új trendek új lehetőségek, de egyúttal új kockázatok kiindulópontjai is, a maguk komplexitásával, turbulenciájával és eredendő kiszámíthatatlanságával (DI CASTRI 2000) – különösképpen a környezeti hatások, az élelmiszer-biztonság és az egészség tudományterületein. A globális megatrendek befolyásolhatják a különböző toxintermelő, patogén és allergén penészgombák, ill. még ismeretlen hatású fajok terjedését (29. ábra). Néhány változás nem feltétlenül negatív.

WEST és munkatársai (2012) felmérésükben több növénykórokozó gombának az éghajlatváltozással és az agrárszabályozási intézkedésekkel való komplex kölcsönhatását vizsgálták (gombaölő szerek alkalmazása és felhasználása, rezisztencia kialakulása). A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy pusztán az éghajlatváltozás miatt a legtöbb betegség nem változik lényegesen, feltéve, ha betartják a megfelelő növényvédelmi gyakorlatokat. Ellenkező esetben a hozamvesztés akár az 50%-ot is elérheti (Dél-Angliára vonatkozó előrejelzés a *Phoma* fertőzésre átlagosan érzékeny, fungicidekkel nem kezelt gabonára nézve, ld. BUTTERWORTH et al. 2010). Magyarországi modellezések alapján, az átlagos hozamok jelentősen (~30%) csökkenhetnek a klímaváltozás következtében (FODOR et al. 2014). Bár FODOR és mtsai (2014) viszonylag összetett modellt használtak, ami kiterjedt az éghajlatra, a növényzetre, a talaj- és az agrárgazdálkodásra, viszont a növénybetegségek hatásait nem vették figyelembe. OLESEN és munkatársai (2011) szerint a megnövekedett növény-egészségügyi kockázat tovább csökkenti a mezőgazdasági termelékenységet ebben a régióban. A fitopatogén gombák új környezetbe érkezése megzavarhatja a biológiai egyensúlyt, és súlyos járványok kialakulását idézheti elő (GILARDI et al. 2018). A hőmérséklet emelkedése következtében egyes újonnan behurcolt, trópusi/szubtrópusi gombatorzsek a mérsékelt égövi területeken is könnyen elterjedhetnek (GILARDI et al. 2018). A Párizsi Megállapodás (UNFCCC 2015) értelmében törekedni kell hazai szinten is arra, hogy a globális és lokális melegedés ne legyen több 1,5-2°C-nál. Hazánk klímapolitikáját meghatározó NÉS-2-ben szereplő mitigációs irányelvek, adaptációs stratégiák és éghajlati szemléletformálás megismerése és betartása kiemelkedő jelentőségű. A határozatban ismertetett, a kormány által 2013-ban elfogadott Élelmiszerlánc-biztonsági Stratégia (ÉLBS) kitér a globális környezeti és klimatikus változások mezőgazdaságot érintő veszélyeire: „A változó klíma új élelmiszerkárosítók, új gyomnövények és mikotoxinokat termelő penészgombák elterjedéséhez vezethet. A más földrészekről érkező károsítók különösen veszélyeztetik a termesztési és természeti környezetet, az utóbbi időben pedig a globális kereskedelem és az éghajlatváltozás következtében jelentősen megnöttek a kockázatok.” Törekedni kell az ÉLBS 11 programjában leírtakra; a mezőgazdasági szektoroknak fel kell készülni többek között a mikotoxin-termelő gombák várható előtérbe kerülésére, és az általuk képviselt fokozott növényvédelmi és élelmiszerbiztonsági kockázatok megjelenésére, majd kezelésére.

A globális megatrendek hazai mikroszkopikus gombákra gyakorolt hatásait és az azokra vonatkozó kockázatsökkentési javaslatokat a dolgozat eredményei alapján megfogalmazzuk, és azokat a **30. ábrán** és a hozzá tartozó **18. táblázatban** foglaltuk össze. Ajánlásaink alkalmasak lehetnek új technológiai és műszaki fejlesztésekhez, oktatási anyagok kidolgozásához, valamint lakossági tájékoztatók elkészítéséhez.



29. ábra A globális megatrendek (G-globalizáció, T-technológiai fejlődés és C-klimaváltozás) komplex hatásai a mikroszkopikus gombák terjedésére a Pannon Biogeográfiai Régióban (PBR). (MAGYAR et al. 2021)

a: őshonos gombák az exportáló országban (pl. trópusok),

b: exportált áruk (pl.: cserepes növények, banán, csomagolóanyagok),

c: rakomány betöltése és növény-egészségügyi vizsgálat,

d-e: logisztika (**G**) **d:** rövid távú szállítás, **e:** távolsági szállítás,

f: importált rakomány kirakása a PBR-ben és növény-egészségügyi vizsgálat,

g: az importált áruk maradványai (talaj, banánhéj, hulladék), és a megfelelő hulladékgazdálkodás,

h: nem megfelelő hulladékkezelés,

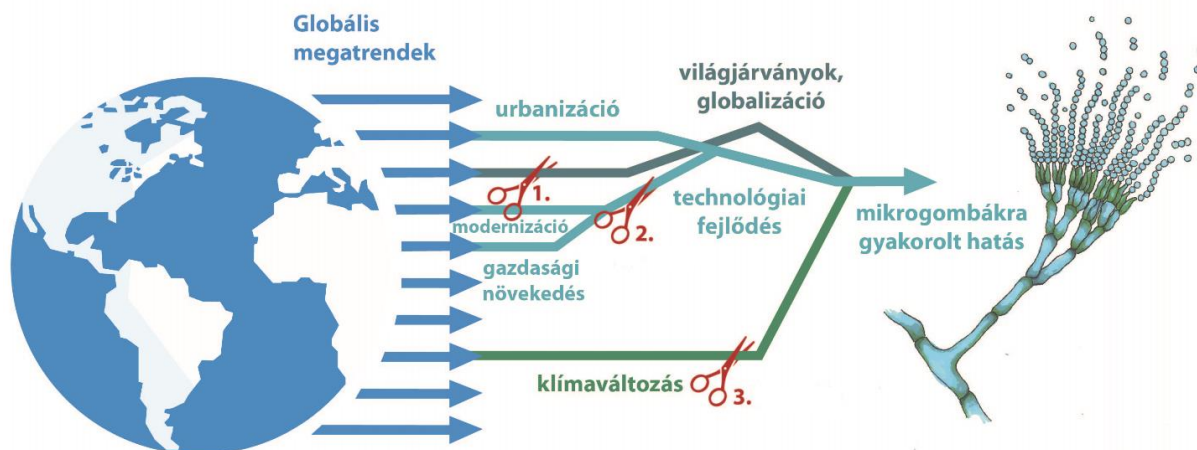
i: az exportáló ország éghajlata hasonló a PBR jelenlegi éghajlatához,

j: az exportáló ország éghajlata nem hasonlít a PBR jelenlegi éghajlatához,

k: az idő múlásával a klímaváltozás az exportáló országhoz hasonló klímát teremt a PBR-ben is (**C**).

l: a betelepített gombák fennmaradnak a rezervoárokbán: mikroélőhelyek, mint pl. üvegházak, háztartási berendezések, amelyek a modern technológia produktumai (**T**).

m: Megfelelő körülmények a szabadtéri populációik megalapításához



30. ábra A mikroszkopikus gombákra ható globális megatrendek. A beavatkozási lehetőségeket az ábrán piros ollókkal jelöltük. Magyarázatukat ld. a **18. táblázatban**.

18. táblázat Javaslatok a mikroszkopikus gombák által okozott kockázatok kezelésére

megatrendek	kockázatok	javaslatok		
		✂	szakemberek, döntéshozók részére	lakosság részére
1. Globalizáció	1.1. gombák behurcolása csomagolóanyagokon	1.1.1	Hazai termékek részarányának növelése.	
		1.1.2	Központosított átcsomagolás. Az Európai Unióba történő beléptetés után kisebb kiszerezésű termékek átcsomagolása a beléptetési ponton.	
	1.2. gombák behurcolása biotermékeken	1.2.1	Monitoring kiterjesztése. Trópusi eredetű biotermékek felvétele a növényegészségügyi kockázatfelmérő monitoringba.	
	1.3. gombák behurcolása növényegészségügyi vizsgálat alá nem tartozó gyümölcsökön	1.3.1		Lakossági tájékoztató a déligyümölcsök higiénés kezeléséről. Fontos, hogy déligyümölcsök érintése, hámozása után mossunk kezet, ill. ne nyúljunk a szemükbe.
		1.3.2		Tájékoztató a déligyümölcs hulladék helyes elhelyezéséről. A déligyümölcs hulladékot ne dobják el a természetben, hanem helyezik a kijelölt hulladéktárolókba. Az ismeretek átadása a közoktatásban.
		1.3.3		Fogyasztói tudatosság növelése. Élelmiszerhulladék mennyiségének csökkentése.
2. Technológiai fejlődés	2.1. Modern építészeti és épületanyagok gomba kolonizációja	2.1.1	Építésszakemberek oktatása. Fontos az építésszakemberek továbbképzése, az egészségi szempontok ismeretanyagának továbbadása, beemelése az építőipari képzésbe.	
	2.2. Modern berendezések, vizes cellák gomba kolonizációja	2.2.1	Tervezőmérnökök oktatása. A tervezőmérnökök képzésébe be kell vezetni az egészségi szempontok megismerését. A tervezés során törekedni kell arra, hogy a szennyeződésre hajlamos, vizes felületek hozzáférhetőek, tisztíthatóak, száríthatóak legyenek. A felületek cseppmentesek legyenek, ne képezzenek vizes aeroszolt.	Lakossági tájékoztató. Biztosítani kell a vizes cellák kiszáradását, pl. szellőztetés, fűtés, szárazra törés, vízelvezetés; emellett szakszerű tisztítás, vízkő, biofilm eltávolítás, fertőtlenítés, forralás. Víz cseréje. Ballonos vízadagolóknál: a kiemelt kockázatú épületekben, pl. a fogorvosi műtőkben, kórházakban, gyógyszerárakban, előnyben kell részesíteni a biztonságos ivóvízzel való ellátás egyéb eszközeit.
3. Klímaváltozás	3.1. Klímaváltozás révén átalakuló gombavilág	3.1.1	Mitigációs célkitűzések megvalósítása. Törekedni kell a Párizsi Megállapodás által előírt 1.5 °C-os határérték betartására.	Mitigáció csökkentése
		3.1.2	"One health" koncepció követése. Fel kell készülni a mikotoxin termelő gombák várható előterbe kerülésére, és az általuk képviselt fokozott növényvédelmi és élelmiszerbiztonsági kockázat kezelésére.	

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

I. TÉZIS (A 4.1. FEJEZETBEN BEMUTATOTT EREDMÉNYEK ALAPJÁN):

Tenyésztéses és molekuláris taxonómiai vizsgálatokkal bizonyítottuk, hogy a trópusi és szubtrópusi régiókból Magyarországra importált árucikkkel – elsősorban gyümölcsökkel – jelentős mennyiségű mikroszkopikus gomba érkezik. Az általunk és a szakirodalomban azonosított törzsek többsége a minőségromlást okozó, raktári kórokozók közé tartozott (*Fusarium* sp. (51,9%), *Aspergillus* sp. (7,4%), *Penicillium* sp. (5,6%) és *Mucor* sp. (3,7%)), de emellett kisebb arányban (24%) más, mikroszkopikus gombatörzs is előfordult (*Alternaria*, *Colletotrichum*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Geotrichum*, *Monilinia*, *Sporothrix*, *Talaromyces* és *Trichoderma* spp.). A mintázott fűszerek *Aspergillus*- és *Penicillium*-fajokkal voltak szennyezettek, míg a csomagolóanyagok felületéről *Aspergillus*-, *Chaetomium*-, *Paecilomyces*-, *Scopulariopsis*- és *Trichoderma*-törzseket lehetett izolálni¹.

1) Az I. tézisre vonatkozó eredményeinket a *Fungal Biology Reviews* folyóiratban publikáltuk: Magyar, D., Tischner, Z., Páldy, A., Kocsubé, S., Dancsházy, Z., Halász, Á., Kredics, L., (2021a): Impact of global megatrends on the spread of microscopic fungi in the Pannonian Biogeographical Region. *Fungal Biology Reviews*. In Press

II. TÉZIS (A 4.2.1. FEJEZETBEN BEMUTATOTT EREDMÉNYEK ALAPJÁN):

A technológiai megatrend hatásait vizsgálva, Magyarországon elsőként mértük fel a mosógépek gombaszennyezettségét és annak lehetséges okait. A vizsgált 61 mosógépből 53 volt bizonyítottan mikroszkopikus gombával szennyezett, a gépek 32%-a erősen szennyezettnek bizonyult. Bizonyítottuk, hogy hazai körülmények között a mosógépekben a leggyakoribb fajoknak tekinthetők a *Candida parapsilosis* (12,5%), *Fusarium oxysporum* (8,3%), *Cystobasidium slooffiae* (7%), *Cutaneotrichosporon dermatis* (7%), *Fusarium solani* (4,2%), *Meyerozyma guilliermondii* (4,2%) és *Rhodotorula mucilaginosa* (4,2%) és a *Candida orthopsilosis* (3%)².

III. TÉZIS (A 4.2.1. FEJEZETBEN BEMUTATOTT EREDMÉNYEK ALAPJÁN):

Mintavételezéssel és kérdőíves felméréssel elsőként bizonyítottuk, hogy a mosógépek mikroszkopikus gombaszennyezettségét szignifikánsan befolyásolják egyes használati szokások. A fajok száma szignifikánsan magasabb volt azokban a készülékekben, melyeket fűtetlen helyiségben tároltak, valamint melyek mosószeradagolóiban lerakódásokat figyelhettünk meg. Kimutattuk, hogy lényegesen több *Cladosporium* sp. fordul elő elöltöltős mosógépekben, mivel a készülékek ajtó-tömítésében gyakran pangó víz marad, mely az említett gombáknak preferált körülményeket biztosít. Tolerancia tesztekkel bizonyítottuk, hogy bizonyos, mosógépekből izolált törzsek magas hőmérsékletű kezeléssel, savas tisztítószerekkel és a nedves felületek (mosószer adagoló, gumitömítések) kiszárításával visszaszoríthatók².

2) A II. és III. tézisre vonatkozó eredményeinket a *Fungal Biology* folyóiratban publikáltuk: Tischner, Z., Kredics, L., Marik, T., Vörös, K., Kriszt, B., Péter, B., Magyar, D., (2019a): Environmental characteristics and taxonomy of microscopic fungi isolated from washing machines. *Fungal Biology*, 123(9), 650-659.

IV. TÉZIS (A 4.2.2. FEJEZETBEN BEMUTATOTT EREDMÉNYEK ALAPJÁN):

Tenyésztéses és molekuláris taxonómiai vizsgálatokkal Európában elsőként bizonyítottuk, hogy a ballonos vízadagoló berendezések – még egészségügyi intézményekben is – mikroszkopikus gombákkal magas arányban szennyezettek. A vizsgált 36 ballonos vízadagoló 86,8%-a volt mikroszkopikus gombával szennyezett. A vízminták 56,8%-a erősen szennyezettnek bizonyult. Az eszközökből származó víz 51,4%-ában magas fonalas gomba, 29,7%-ában magas élesztő koncentrációt mutattunk ki. Leggyakoribb nemzetségek: *Acremonium* spp. (15,7%), *Cladosporium* spp. (11,2%), *Rhodotorula* spp. (9%), *Penicillium* spp. (6,7%), *Exophiala* spp. (5,6%), *Simplicillium* spp. (5,6%), *Aspergillus* spp. (4,5%) és *Cystobasidium* spp. (4,5%)³.

V. TÉZIS (A 4.2.2. FEJEZETBEN BEMUTATOTT EREDMÉNYEK ALAPJÁN):

Mintavételezéssel és kérdőíves felméréssel elsőként igazoltuk, hogy a magyarországi egészségügyi intézményekben üzemelő ballonos vízadagoló berendezések gombaszennyezettségét szignifikánsan befolyásolják egyes környezeti paraméterek, valamint tárolási, használati és karbantartási szokások. A vízmintákban a fonalas gombák száma szignifikánsan korrelált az élesztők számával ($p=0,0002$, $R=0,5$), továbbá a készülék csapjairól gyűjtött törletminták fonalas gomba eredményeivel ($p=0,0063$, $R=0,53$). A fonalas gombák száma pozitívan korrelált a vízmintákban a palackok lejárat, valamint a készülékek utolsó karbantartási idejével, a víz pH-jával, hőmérsékletével, teljes szerves szén tartalmával és negatívan korrelált a heterotróf összcsíraszámával. A vízmintákban az élesztők logaritmizált száma szignifikáns összefüggést mutatott a nitrition koncentrációval ($p<0,0001$, $R=0,7$), a fonalas gombák számával ($p=0,0001$, $R=0,5$) és a pH-val ($p=0,0252$, $R=0,33$)³.

3) A IV. és V. tézisre vonatkozó eredményeinket a *Pathogens* folyóiratban közzétük: Tischner, Z., Sebők, R., Kredics, L., Allaga, H., Vargha, M., Sebestyén, Á., Dobolyi, C., Kriszt, B., Magyar, D., (2021): Mycological investigation of bottled water dispensers in healthcare facilities. *Pathogens* 10(7), 871; <https://doi.org/10.3390/pathogens10070871>

VI. TÉZIS (A 4.3. FEJEZETBEN BEMUTATOTT EREDMÉNYEK ALAPJÁN):

Magyarország területén 2050-re jósolt hőhullámokat modellezve elsőként bizonyítottuk, hogy a vizsgált, trópusi eredetű *Aspergillus tubingensis* törzsek növekedése szignifikánsan magasabb a pesszimista (RCP 8.5) klímaszcenárión alapuló kezelésem, mint az optimistább (RCP 4.5) kezelésem, és hazánk jelenlegi klímáján. A vizsgált *A. niger* törzs az optimistább klímamodell hatására nőtt a legintenzívebben. Az *A. flavus* törzs növekedési ütemét nem befolyásolták, a *Fusarium ananatum*, *F. bubalinum* és *F. musae* törzsek növekedését csökkentették az alkalmazott modellek. A szintén trópusi eredetű *Penicillium adametzioides* és *Talaromyces albobiverticillius*, továbbá a hazai eredetű *Cladosporium cladosporioides* és *C. xylophilum* törzsek a pesszimista modell alapján nem, az optimistább modell alapján alig mutattak növekedést. Bizonyítottuk, hogy hazánk előrevetített jövőbeli klímáján egyes trópusi eredetű gombatorzsek elterjedése és bizonyos hazai eredetű gombatorzsek visszaszorulása várható⁴.

4) A VI. tézisre vonatkozó eredményeinket nemzetközi folyóiratban tervezzük publikálni.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjaink jelentős kihívása a globális megatrendek negatív hatásainak mérséklése. A megatrendek olyan lassú folyamatok, melyek kezdetben alig észrevehetőek, később azonban hosszú távú, sok esetben visszafordíthatatlan hatásokat okozhatnak globális szinten. Néhányuk – a globalizáció, a technológiai fejlődés és az éghajlatváltozás – jelentős hatással vannak a mikroszkopikus gombák elterjedésére. A Pannon Biogeográfiai Régió földrajzi adottságainak köszönhetően különösen kitett a klímaváltozás és a biológiai inváziós hatásoknak; hazánk magas behatolási kockázatú területként van megjelölve.

Doktori munkámban feltártuk a globális megatrendek összefüggésében a mikroszkopikus gombaszennyezettséget hazai környezetben. Vizsgálataink során összesen 340 db gombaizolátumot gyűjtöttünk és helyeztünk el hazai és nemzetközi törzsgyűjteményekbe.

A globalizáció megatrendjével kapcsolatban vizsgáltuk a szubtrópusi és trópusi régiókból érkező import árucikkek – elsősorban délgyümölcsök, fűszerek és csomagolóanyagok – gombaszennyezettségét. Mintavételezéseink és szakirodalmi gyűjtések alapján kimutattuk, hogy hazánkba jelentős mennyiségű gombatorzs érkezik a globális kereskedelem révén. A vizsgált trópusi gyümölcsök 62,5%-a szennyezett volt valamilyen gombafajjal. Az azonosított törzsek többsége *Fusarium*- (51,9%) és *Aspergillus*- (7,4%) nemzetségekhez tartoznak, de emellett *Chaetomium*-, *Mucor*-, *Paecilomyces*-, *Penicillium*-, *Scopulariopsis*- és *Trichoderma*-fajokat is detektáltunk. A fűszerek 50%-a *Aspergillus*- és *Penicillium*-fajokkal volt szennyezett. Csomagolóanyagokról *Aspergillus*-, *Chaetomium*-, *Paecilomyces*-, *Scopulariopsis*- és *Trichoderma*-fajokat izoláltunk. Javaslatokat tettünk a trópusi gyümölcshulladékok megfelelő kezeléséről, és fogyasztás esetén a megfelelő higiénés eljárásokról.

Elvégeztük a technológiai fejlődési trendekkel összefüggésbe hozható, modern anyagok és berendezések mikrobiális szennyezettségének vizsgálatát. Olyan modern háztartási berendezéseket választottunk, melyek a gombák túlélésére és szaporodására alkalmas, magas nedvesség tartalmú mikrokörnyezetet biztosítanak. A vizsgált mosógépek 86,9%-a volt mikroszkopikus gombával szennyezett, a gépek 32%-a erősen szennyezettnek bizonyult. Hazai körülmények között a leggyakoribb fajoknak tekinthetők a *Cystobasidium slooffiae*, *Candida orthopsilosis*, *Candida parapsilosis*, *Cutaneotrichosporon dermatis*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Meyerozyma guilliermondii* és *Rhodotorula mucilaginosa*. A vizsgált ballonos vízadagolók 86,8%-a volt mikroszkopikus gombával szennyezett; a vízminták 56,8%-a erősen szennyezettnek bizonyult. Leggyakoribb nemzetségek: *Acremonium* spp. (15,7%), *Cladosporium* spp. (11,2%), *Rhodotorula* spp. (9%), *Penicillium* spp. (6,7%), *Exophiala* spp. (5,6%),

Simplicillium spp. (5,6%), *Aspergillus* spp. (4,5%) és *Cystobasidium* spp. (4,5%). Kimutattuk, hogy e berendezéseknél a gombaszennyezettséget szignifikánsan befolyásolja a karbantartás ideje, a ballonok tárolási ideje és körülményei, valamint a víz pH-ja, hőmérséklete, nitrition tartalma és összcsíraszám. Használati ajánlásokat dolgoztunk ki a vizsgált berendezések egészségügyi kockázatának csökkentésére.

A klímaváltozás megatrendjével kapcsolatban 12 választott gombatörzs növekedését és túlélését teszteltük a Közép-magyarországi régióra, 2050-re jósolt forgatókönyvek alapján. Mivel hazánk régiójába a klímaváltozás szélsőséges hatásainak jelentős növekedését jósolják, ezért kísérletünkben egy hőhullámot modelleztünk, egy kevésbé (RCP 4.5) és egy erősen pesszimista (RCP 8.5) scenárió alapján. Megállapítottuk, hogy a gyakori hőhullámok kedvezőbb hatással lehetnek bizonyos behurcolt, toxintermelő gombák növekedésére (*Aspergillus* sect. *Flavi* és *Nigri*), ugyanakkor a jelenleg tömegesen előforduló *Cladosporium*-fajok visszaszorulása várható.

A behurcolt gombák stabil populációkat hozhatnak létre régióinkban. A környezetben, illetve a gazdaszervekben való megtelepedésüknek, valamint az általuk termelt allergén és toxikus vegyületeknek humán-, állat- és növény-egészségügyi jelentősége van, melyet fontos figyelembe venni az élelmiszerbiztonsági és a mezőgazdasági adaptációs stratégiák kidolgozása során. A dolgozatban szereplő ajánlásaink alkalmasak lehetnek új technológiai és műszaki fejlesztésekhez, oktatási anyagok kidolgozásához, valamint lakossági tájékoztatók elkészítéséhez.

8. SUMMARY

Mitigating the negative effects of global megatrends is a major challenge today. Megatrends are slow processes that are barely noticeable at first, but later they have long-term – in many cases irreversible – effects on a global scale. Some of them – globalization, technological development and climate change – have a significant impact on the spread of microscopic fungi. The Pannonian Biogeographical Region (PBR) is highly exposed to the effects of climate change and biological invasion due to its geographical features; Hungary is designated as a high-risk area.

During this doctoral research, our aim was to investigate the microscopic fungal contamination in different Hungarian environments in the context of global megatrends. In the course of our studies, we collected and placed a total of 340 fungal isolates in Hungarian and international strain collections.

In connection with the megatrend of globalization, we examined the fungal contamination of imported products from subtropical and tropical regions, primarily fruits, spices and packaging materials. Based on our sampling and literature collections, we have shown that a significant amount of fungal strains enters the PBR through global trade. 62.5% of the sampled tropical fruits were infected with microscopic fungi. Most of the identified strains belong to the genera *Fusarium* (51.9%) and *Aspergillus* (7.4%), but *Chaetomium*-, *Mucor*-, *Paecilomyces*-, *Penicillium*-, *Scopulariopsis*- and *Trichoderma*-species were also detected. 50% of the examined spices were contaminated with *Aspergillus*- and *Penicillium*-species. From packaging materials *Aspergillus*-, *Chaetomium*-, *Paecilomyces*-, *Scopulariopsis*- and *Trichoderma*-species were isolated. We have made recommendations for the proper treatment of waste management of tropical fruits and for appropriate hygienic procedures in case of consumption.

The mycological contamination of modern materials and devices were also investigated as related to the megatrend of technological development. For sampling, those modern household appliances were chosen which provide humid microenvironments ('wet cells') for fungi. 86.9% of the tested washing machines were contaminated with microscopic fungi; 32% of them were highly contaminated. The most common identified species were *Cystobasidium slooffiae*, *Candida orthopsilosis*, *Candida parapsilosis*, *Cutaneotrichosporon dermatis*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Meyerozyma guilliermondii* and *Rhodotorula mucilaginosa*. 86.8% of the examined bottled water dispensers were contaminated with microscopic fungi; 56.8% of the water samples were highly contaminated. The most common genera were *Acremonium* spp. (15.7%), *Cladosporium* spp. (11.2%), *Rhodotorula* spp. (9%), *Penicillium* spp. (6.7%), *Exophiala*

spp. (5.6%), *Simplicillium* spp. (5.6%), *Aspergillus* spp. (4.5%) and *Cystobasidium* spp. (4.5%). Fungal contamination in these devices is significantly affected by maintenance time, storage time and conditions of bottles; and also the pH, temperature, nitrite-ion content, and total germ count of the water. Recommendations for use of these devices have been developed to reduce the health risk.

In connection with the megatrend of climate change, we tested the growth and survival of 12 selected fungal strains based on two scenarios predicted for the Central Hungary region by 2050. As a significant increase in the extreme effects of climate change in the Hungarian region is predicted, we modeled a heat wave in lab conditions, based on a less (RCP 4.5) and a highly pessimistic (RCP 8.5) scenario. Frequent heat waves may increase the growth of certain toxin-producing introduced fungi (*Aspergillus* sect. *Flavi* and *Nigri*), however, a decrease of currently abundant *Cladosporium*-species is expected.

Introduced fungal strains may be able to set up stable populations in our region. Their allergenicity and toxin productions have human, animal and plant health consequences. It is important to consider them during developing food safety and agricultural adaptation strategies. Our results and recommendations may be suitable for new technological developments, educations as well as for user and customer informations.

9. MELLÉKLETEK

Melléklet 1. Irodalomjegyzék

- Abrego, N., Norros, V., Halme, P., Somervuo, P., Ali-Kovero, H., Ovaskainen, O. (2018): Give me a sample of air and I will tell which species are found from your region: Molecular identification of fungi from airborne spore samples. *Molecular Ecology Resources* 18(3), 511-524.
- Agarwal, R., Chakrabarti, A., Shah, A., Gupta, D., Meis, J. F., Guleria, R., Moss, R., Denning, D. W. (2013): Allergic bronchopulmonary aspergillosis: review of literature and proposal of new diagnostic and classification criteria. *Clinical and Experimental Allergy* 43(8), 850-873.
- Aihara, M., Tanaka, T., Ohta, T., Takatori, K. (2002): Effect of temperature and water activity on the growth of *Cladosporium sphaerospermum* and *Cladosporium cladosporioides*. *Biocontrol Science* 7(3), 193-196.
- Aira, J. M., Rodríguez-Rajo, F. J., Fernández-González, M., Seijo, C., Elvira-Rendueles, B., Gutiérrez-Bustillo, M., Abreu, I., Pérez-Sánchez, E., Oliveira, M., Recio, M., Morales, J., Muñoz-Rodríguez, A. F. (2012): *Cladosporium* airborne spore incidence in the environmental quality of the Iberian Peninsula. *Grana* 51(4), 293-304.
- Altschul, S., Gish, W., Miller, W., Myers, E., Lipman, D. (1990): Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology* 215(3), 403-10.
- Ameen, F., Albejad, A., Gashgari, R., Murialdo, S., Al-Sabri, A. (2018): Diversity of fungi in bottled water in Jeddah, Saudi Arabia. *Water Science and Technology: Water Supply* 18(5), 1664-1673.
- Andersen, A. A. (1958): New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airborne particles. *Journal of Bacteriology* 76(5), 471.
- Anderson, P. K., Cunningham, A. A., Patel, N. G., Morales, F. J., Epstein, P. R., Daszak, P. (2004): Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 19(10), 535-544.
- Antoniadou, A., (2009): Outbreaks of zygomycosis in hospitals. *Clinical Microbiology and Infection* 15(5), 55-59.
- Aukema, J. E., Leung, B., Kovacs, K., Chivers, C., Britton, K. O., Englin, J., Frankel, S. J., Haight, R. G., Holmes, T. P., Liebhold, A. M., McCullough, D. G., Holle, B. V. (2011): Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. *PLoS One* 6(9), e24587.
- Aujla, I. S., Paulitz, T. C. (2017): An improved method for establishing accurate water potential levels at different temperatures in growth media. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1497.
- Babič, M. N., Zalar, P., Ženko, B., Schroers, H. J., Džeroski, S., Gunde-Cimerman, N. (2015): *Candida* and *Fusarium* species known as opportunistic human pathogens from customer-accessible parts of residential washing machines. *Fungal Biology* 119(2-3), 95-113.

- Babič, M., Gunde-Cimerman, N., Vargha, M., Tischner, Z., Magyar, D., Veríssimo, C., Sabino, R., Viegas, C., Brandão, J. (2017): Fungal contaminants in drinking water regulation? A tale of ecology, exposure, purification and clinical relevance. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(6), 636.
- Bakonyi, J. (2011): Pheno- and genotypic analysis of *Phytophthora* spp. in Hungary [in Hungarian]. *OTKA Research Report* No. K61107
- Bakonyi, J., Nagy, Z. Á., Vajna, L., Érsek, T. (2001): *Phytophthora nicotianae* causes blight of lily in Hungary. *Plant Pathology* 50(6), 795.
- Bandyopadhyay, R., Frederiksen, R. A. (1999): Contemporary global movement of emerging plant diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences* 894, 28-36.
- Bartholy, J. Pongrácz, R. (2018): A globális felmelegedés hazai hatásai: új éghajlati forgatókönyvek. *Természetbúvár* 73(3), 6-8.
- Bartholy, J., Pongrácz, R. (2007): Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change* 57(1-2), 83-95.
- Bell, A. A., Wheeler, M. H. (1986): Biosynthesis and functions of fungal melanins. *Annual Review of Phytopathology* 24(1), 411-451.
- Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J. Z., Crous, P. W. (2012): The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology* 72, 1-4.
- Blando, J., Bielory, L., Nguyen, V., Diaz, R., Jeng, H. A. (2012): Anthropogenic climate change and allergic diseases. *Atmosphere* 3(1), 200-212.
- Bobvos, J., Fazekas, B., Páldy, A. (2015): Assessment of heat-related mortality in Budapest from 2000 to 2010 by different indicators. *Időjárás* 119(2), 143-158.
- Bobvos, J., Malnasi, T., Rudnai, T., Cserbik, D., Paldy, A. (2017): The effect of climate change on heat-related excess mortality in Hungary at different area levels. *Idojaras* 121(1), 43-62.
- Booth, C. (1971): The genus *Fusarium*, Kew, Surrey, England: Commonwealth
- Borbély, M., Sipos, P., Pelles, F., Győri, Z. (2010): Mycotoxin contamination in cereals. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 16(2), 96-98.
- Brambilla, A., Sangiorgio, A. (2020): Mould growth in energy efficient buildings: Causes, health implications and strategies to mitigate the risk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 132, 110093.
- Brasier, C. M. (1991): *Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of the current Dutch elm disease pandemics. *Mycopathologia* 115(3), 151-161.
- Brasier, C. M. (2008): The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. *Plant Pathology* 57(5), 792-808.
- Britton, H. T. S., Robinson, R. A. (1931): CXCVIII.—Universal buffer solutions and the dissociation constant of veronal. *Journal of the Chemical Society (Resumed)* 1456-1462.

- Bruckner, G. (1961): *Szerves Kémia*, Budapest: Tankönyvkiadó Vállalat
- Burgess, T. I., Crous, C. J., Slippers, B., Hantula, J., Wingfield, M. J. (2016): Tree invasions and biosecurity: eco-evolutionary dynamics of hitchhiking fungi. *AoB Plants* 8, 1-10.
- Butterworth, M. H., Semenov, M. A., Barnes, A., Moran, D., West, J. S., Fitt, B. D. (2010): North–South divide: contrasting impacts of climate change on crop yields in Scotland and England. *Journal of the Royal Society Interface* 7(42), 123-130.
- Cabral, D., Pinto, V. E. F. (2002): Fungal spoilage of bottled mineral water. *International Journal of Food Microbiology* 72(1-2), 73-76.
- Caggiano, G., Diella, G., Triggiano, F., Bartolomeo, N., Apollonio, F., Campanale, C., Lopuzzo, M., Montagna, M. T. (2020): Occurrence of Fungi in the Potable Water of Hospitals: A Public Health Threat. *Pathogens* 9(10), 783.
- Calderon, C., Lacey, J., McCartney, H. A., Rosas, I. (1995): Seasonal and diurnal variation of airborne basidiomycete spore concentrations in Mexico City. *Grana* 34(4), 260-268.
- Ceter, T. (2018): Effects of global-warming and climate-changes on atmospheric fungi spores distribution. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology* 27(2), 263-272.
- Chagas-Neto, T. C., Chaves, G. M., Colombo, A. L. (2008): Update on the genus *Trichosporon*. *Mycopathologia* 166(3), 121-132.
- Chapman, D., Purse, B. V., Roy, H. E., Bullock, J. M. (2017): Global trade networks determine the distribution of invasive non-native species. *Global Ecology and Biogeography* 26(8), 907-917.
- Chavez, V. A., Parnell, S., Van den Bosch, F. (2016): Monitoring invasive pathogens in plant nurseries for early-detection and to minimise the probability of escape. *Journal of Theoretical Biology* 407, 290-302.
- Chirife, J., Resnik, S. L. (1984): Unsaturated solutions of sodium chloride as reference sources of water activity at various temperatures. *Journal of Food Science*, 49(6), 1486-1488.
- Chytrý, M., Pyšek, P., Wild, J., Pino, J., Maskell, L. C., Vilà, M. (2009): European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. *Diversity and Distributions* 15(1), 98-107.
- Clancy, R. A., Calderone, C. J. (2012): *Candida* and candidiasis. 2nd ed. Washington, DC: American Society for Microbiology Press.
- Cooney, D. G., Emerson, R. (1964): Thermophilic fungi: An account of their biology, activities, and classification. San Francisco: W. H. Freeman and Co.
- Corden, J. M., Millington, W. M. (2001): The long-term trends and seasonal variation of the aeroallergen *Alternaria* in Derby, UK. *Aerobiologia* 17(2), 127-136.
- Corden, J. M., Millington, W. M., Mullins, J. (2003): Long-term trends and regional variation in the aeroallergen *Alternaria* in Cardiff and Derby UK—are differences in climate and cereal production having an effect? *Aerobiologia* 19(3-4), 191-199.

- Cotty, P. J., Jaime-Garcia, R. (2007): Influences of climate on aflatoxin producing fungi and aflatoxin contamination. *International Journal of Food Microbiology* 119(1-2), 109-115.
- Crisan, E. V. (1964): Isolation and culture of thermophilic fungi. *Contributions from Boyce Thompson Institute of Plant Research* 22, 291-301.
- Crous, P. W., Groenewald, J. Z., Slippers, B., Wingfield, M. J. (2016): Global food and fibre security threatened by current inefficiencies in fungal identification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 371(1709), 20160024.
- Da Silva, P. R., de Mesquita, A. R. C., de Lima, M. A. B., Pires, E. F., (2018): Fungi in bottled water. *Journal of Environmental Analysis and Progress* 3(4), 410-416.
- Damialis, A., Mohammad, A. B., Halley, J. M., Gange, A. C. (2015a): Fungi in a changing world: growth rates will be elevated, but spore production may decrease in future climates. *International Journal of Biometeorology* 59(9), 1157-1167.
- Damialis, A., Vokou, D., Gioulekas, D., Halley, J. M. (2015): Long-term trends in airborne fungal-spore concentrations: a comparison with pollen. *Fungal Ecology* 13, 150-156.
- Davison, E. M., Drenth, A., Kumar, S., Mack, S., Mackie, A. E., McKirdy, S. (2006): Pathogens associated with nursery plants imported into Western Australia. *Australasian Plant Pathology* 35(4), 473-475.
- De Hoog, G. S., Guarro, J. (1995): Atlas of Clinical Fungi. Baarn, The Netherlands and Univrsitat Rovira I Virgili, Spain: CBS.
- De Hoog, G. S., Zeng, J. S., Harrak, M. J., Sutton, D. A. (2006): *Exophiala xenobiotica* sp. nov., an opportunistic black yeast inhabiting environments rich in hydrocarbons. *Antonie van Leeuwenhoek* 90(3), 257-268.
- De'Donato, F. K., Leone, M., Scortichini, M., De Sario, M., Katsouyanni, K., Lanki, T., Basagaña, X., Ballester, F., Åström, C., Paldy, A., Pascal, M., Gasparrini, A., Menne, B., Michelozzi, P., (2015): Changes in the effect of heat on mortality in the last 20 years in nine European cities. Results from the PHASE Project. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(12),15567-15583.
- Dehnen-Schmutz, K., Holdenrieder, O., Jeger, M. J., Pautasso, M. (2010): Structural change in the international horticultural industry: some implications for plant health. *Scientia Horticulturae* 125(1), 1-15.
- Dell, B., Malajczuk, N. (1989): Jarrah dieback-A disease caused by *Phytophthora cinnamomi*. 67-87. p. In: Dell, B., Havel, J. J., Malajczuk, N. (Szerk.): *The Jarrah forest. (Geobotany 13.)* Dordrecht, The Netherlands: Springer
- Desprez-Loustau, M. L., Robin, C., Buee, M., Courtecuisse, R., Garbaye, J., Suffert, F., Sache, I., Rizzo, D. M. (2007): The fungal dimension of biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 22(9), 472-480.
- Di Castri, F. (2000): Ecology in a context of economic globalization. *Bio Science* 50(4), 321-332.
- Dinoor, A. (1974): Role of wild and cultivated plants in the epidemiology of plant diseases in Israel. *Annual Review of Phytopathology* 12(1), 413-436.

- Dobolyi, C., Sebők, F., Varga, J., Kocsubé, S., Szigeti, G., Baranyi, N., Szécsi, Á., Tóth, B., Varga, M., Kriszt, B., Szoboszlai, S., Krifaton, C., Kukolya, J. (2013): Occurrence of aflatoxin producing *Aspergillus flavus* isolates in maize kernel in Hungary. *Acta Alimentaria* 42(3), 451-459.
- Dóczi, I., Gyetvai, T., Kredics, L., Nagy, E. (2004): Involvement of *Fusarium* spp. in fungal keratitis. *Clinical Microbiology and Infection* 10, 773-776.
- Dormannsné, S. E., Varga, K., Kormány, A., Magyarné, L. N., Pete, A., Lőrinczné, I. G. (2006): A szamóca antraknózis (*Colletotrichum acutatum*) megjelenése Magyarországon. 52. Növényvédelmi Napok Budapest. Febr. 23. S 8.
- Drees, K. P., Lorch, J. M., Puechmaille, S. J., Parise, K. L., Wibbelt, G., Hoyt, J. R., Sun, K., Jargalsaikhan, A., Dalannast, M., Palmer, J. M., Linder, D. L., Kilpatrick, A. M., Pearson, T., Keim, P. S., Blehert, D. S., Foster (2017): Phylogenetics of a fungal invasion: Origins and widespread dispersal of white-nose syndrome. *MBio* 8(6), e01941-17.
- Drew, J., Anderson, N., Andow, D. (2010): Conundrums of a complex vector for invasive species control: a detailed examination of the horticultural industry. *Biological Invasions* 12(8), 2837-2851.
- Dyck, P. L., Johnson, R. (1983): Temperature sensitivity of genes for resistance in wheat to *Puccinia recondita*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 5(4), 229-234.
- EEA (2003): Europe's environment: the third assessment. Environmental assessment report No 10., Luxembourg: ISBN 92-9167-574-1
- EEA (2012): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. Report No 12
- EEA (2017): European map estimating the level of invasion by alien plants. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/european-map-estimating-the-level> (accessed 2019.)
- Ehrenfeld, D. (2003): Globalisation: effects on biodiversity, environment and society. *Conservation and Society* 1(1), 99-111.
- Eley, C., Lundgren, P. T., Kasza, G., Truninger, M., Brown, C., Hugues, V. L., Izso, T., Teixeira, P., Syeda, R., Ferré, N., Kunszabo, A., Nunes, C., Hayes, C., Merakou, K., McNulty, C. A. M. (2021). Teaching young consumers in Europe: a multicentre qualitative needs assessment with educators on food hygiene and food safety. *Perspectives in Public Health* (In Press)
- Engelbrecht, C. J. B., Harrington, T. C., Steimel, J., Capretti, P. (2004): Genetic variation in eastern North American and putatively introduced populations of *Ceratocystis fimbriata* f. platani. *Molecular Ecology* 13(10), 2995-3005.
- Eschen, R., Britton, K., Brockerhoff, E., Burgess, T., Dalley, V., Epanchin-Niell, R. S. Gupta, K., Hardy, G., Huang, Y., Kenis, M., Kimani, E., Li, H.-M., Olsen, S., Ormrod, R., Otieno, W., Sadof, C., Tadeu, E., Theyse, M. (2015): International variation in phytosanitary legislation and regulations governing importation of plants for planting. *Environmental Science and Policy* 51, 228-237.
- Eshed, N., Dinooor, A. (1981): Genetics of pathogenicity in *Puccinia coronata*: the host range among grasses. *Phytopathology* 71(2), 156-163.

- Európai Bizottság [In English: European Commission] (2019): New EU plant health rules. https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/legislation/new_eu_rules_en last access: 16. 09. 2020.
- FAO (2018a): ISPM 15 Regulation of wood packaging material international trade. Produced by the Secretariat of the International Plant Protection Convention Adopted 2018; published 2019. (https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2019/02/ISPM_15_2018_En_WoodPackaging_Post-CPM13_Rev_Annex1and2_Fixed_2019-02-01.pdf)
- FAO (2018b): Banana Market Review 2017. FAO, Rome.
- Faragó, T. (2021): Éghajlatváltozás. A nemzetközi és a magyarországi klímatudományi együttműködés és a klímapolitika. Az 1970-es évektől a 2010-es évekig tartó időszak főbb történései és tanulságai. *Magyar Természetvédők Szövetsége*. ISBN 978-963-9802-17-9
- Farkas, J., Beczner, J. (2009): A klímaváltozás és a globális felmelegedés várható hatása a mikológiai élelmiszer-biztonságra (Effect of climate change and global warming on mycological food safety). *Klíma-21 Füzetek* 56, 3-17.
- Fazekas, B., Tar, A., Kovacs, M. (2005): Aflatoxin and ochratoxin A content of spices in Hungary. *Food Additives and Contaminants* 22(9), 856-863.
- Feazel, L. M., Baumgartner, L. K., Peterson, K. L., Frank, D. N., Harris, J. K., Pace, N. R. (2009): Opportunistic pathogens enriched in showerhead biofilms. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 106(38), 16393-16399.
- Feller, W. (1950): An introduction to probability theory and its applications. New York: Wiley.
- Felsenstein, J. (1981): Evolutionary trees from DNA sequences: maximum likelihood approach. *Journal of Molecular Evolution* 17(6), 368-376.
- Feist, W. (1996): Grundlagen der Gestaltung von Passivhausern. Das Beispiel GmbH, Darmstadt.
- Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Dahe, Q., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G. K., Allen, S. K., Tignor, M., Midgley, P. M. (Szerk.) (2012): Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. ISBN: 978-1-107-60780-4
- Fisher, M. C., Henk, D. A., Briggs, C. J., Brownstein, J. S., Madoff, L. C., McCraw, S. L., Gurr, S. J. (2012): Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* 484(7393), 186-194.
- Fodor, N., Pásztor, L., Németh, T. (2014): Coupling the 4M crop model with national geo-databases for assessing the effects of climate change on agro-ecological characteristics of Hungary. *International Journal of Digital Earth* 7(5), 391-410.
- Földművelésügyi Minisztérium (2017): Globális megatrendek környezeti hatásai Magyarországon. Beszámoló az Európa jövőjének feltérképezése: a globális megatrendek nemzeti szintű hatásainak megértése című projektről. 2017. 05. https://eionet.kormany.hu/download/9/e8/e1000/Globalis_megatrendek.pdf (Elérés online: 2021. 11. 02.)

- Freitas, M. L., Gomes, A. A., Rosado, A. W., Pereira, O. L. (2021): *Cladosporium* species from submerged decayed leaves in Brazil, including a new species and new records. *Phytotaxa* 482(3), 223-239.
- Frich, P. A. L. V., Alexander, L. V., Della-Marta, P. M., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A. K., ÉS Peterson, T. (2002): Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research* 19(3), 193-212.
- Fülöp, T. (2016): Az *Alternaria* spp. és a *Cladosporium* spp. légköri spórakoncentrációjának hosszú távú vizsgálata a meteorológiai tényezők függvényében (Long term study of airborne concentration of *Alternaria* spp. and *Cladosporium* spp. and the effects of meteorological variables). M.Sc. diplomadolgozat, Szent István Egyetem
- Gáborjányi, R., Barna, B., Basky, Z., Benedek, P., Holb, I., Kazinczi, G., Kövics, G. (2007): A globális éghajlatváltozás várható hatásai a növényvédelemben. In: Láng, I. (Szerk.): *A globális klímaváltozás*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház 2-40.
- Gaitán, A. C. R., Moret, A., Hontangas, J. L. L., Molina, J. M., López, A. I. A., Cabezas, A. H., Maseres, J. M., Arcas, R. C., Ruiz, M. D. G., Chiveli, M. Á., Cantón, E., Pemán, J. (2017): Nosocomial fungemia by *Candida auris*: first four reported cases in continental Europe. *Revista Iberoamericana de Micología* 34(1), 23-27.
- Garzillo, C., Bagattini, M., Bogdanović, L., Di Popolo, A., Iula, V. D., Catania, M. R., Raimondi, F., Triassi, M., Zarrilli, R. (2017): Risk factors for *Candida parapsilosis* bloodstream infection in a neonatal intensive care unit: a case-control study. *Italian Journal of Pediatrics* 43(1), 1-9.
- Gattlen, J., Amberg, C., Zinn, M., Mauclaire, L. (2010): Biofilms isolated from washing machines from three continents and their tolerance to a standard detergent. *Biofouling* 26(8), 873-882.
- Gerechter-Amitai, Z. K., Sharp, E. L., Reinhold, M. (1984): Temperature-sensitive genes for resistance to *Puccinia striiformis* in *Triticum dicoccoides*. *Euphytica* 33(3), 665-672.
- Gilardi, G., Garibaldi, A., Gullino, M. (2018): Emerging pathogens as a consequence of globalization and climate change: leafy vegetables as a case study. *Phytopathologia Mediterranea* 57(1), 146-152.
- Giorgi, F. (2006): Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters* 33(8)
- Giorgi, F., Coppola, E. (2007): European climate- change oscillation (ECO). *Geophysical Research Letters* 34(21)
- Gladieux, P., Feurtey, A., Hood, M. E., Snirc, A., Clavel, J., Dutech, C., Roy, M., Giraud, T. (2015): The population biology of fungal invasions. *Molecular Ecology* 24(9), 1969-1986.
- Gobakken, L. R. (2010): Effects of global climate change on mould growth-interactions of concern. In *41st Annual Meeting of the International Research Group on Wood Protection*, Biarritz, France, 9-13 May 2010. IRG Secretariat.
- Gostinčar, C., Grube, M., De Hoog, S., Zalar, P., Gunde-Cimerman, N. (2009): Extremotolerance in fungi: evolution on the edge. *FEMS Microbiology Ecology* 71(1), 2-11.

- Göttlich, E., van der Lubbe, W., Lange, B., Fiedler, S., Melchert, I., Reifenrath, M., Flemming, H. C., de Hoog, S. (2002): Fungal flora in groundwater-derived public drinking water. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 205(4), 269-279.
- Gravesen, S., Nielsen, P. A., Iversen, R., Nielsen, K. F., (1999): Microfungal contamination of damp buildings—examples of risk constructions and risk materials. *Environmental Health Perspectives* 107, 505–8.
- Grewling, L., Bogawski, P., Kryza, M., Magyar, D., Šikoparija, B., Skjøth, C. A., Udvardy, O., Werner, M., Smith, M. (2019): Concomitant occurrence of anthropogenic air pollutants, mineral dust and fungal spores during long-distance transport of ragweed pollen. *Environmental Pollution* 254, 112948.
- Grinn-Gofroń, A., Nowosad, J., Bosiacka, B., Camacho, I., Pashley, C., Belmonte, J., de Linares, C., Ianovici, N., Mansano, J. M. M., Sadyś, M., Skjøth, C., Rodinkova, V., Tormo-Molina, R., Vokou, D., Fernández-Rodríguez, S., Damialis, A. (2019). Airborne *Alternaria* and *Cladosporium* fungal spores in Europe: Forecasting possibilities and relationships with meteorological parameters. *Science of the Total Environment* 653, 938-946.
- Grünwald, N. J., Garbelotto, M., Goss, E. M., Heungens, K., Prospero, S. (2012): Emergence of the sudden oak death pathogen *Phytophthora ramorum*. *Trends in Microbiology* 20(3), 131-138.
- Guarro, J. (2013): Fusariosis, a complex infection caused by a high diversity of fungal species refractory to treatment. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases* 32(12), 1491-1500.
- Guevara-Suarez, M., Sutton, D. A., Cano-Lira, J. F., García, D., Martín-Vicente, A., Wiederhold, N., Guarro, J., Gené, J. (2016): Identification and antifungal susceptibility of *Penicillium*-like fungi from clinical samples in the United States. *Journal of Clinical Microbiology* 54(8), 2155–2161.
- Gunde-Cimerman, N., Sonjak, S., Zalar, P., Frisvad, J. C., Diderichsen, B., Plemenitaš, A. (2003): Extremophilic fungi in arctic ice: a relationship between adaptation to low temperature and water activity. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 28(28-32), 1273-1278.
- Hageskal, G., Gaustad, P., Heier, B. T., Skaar, I. (2007): Occurrence of moulds in drinking water. *Journal of Applied Microbiology* 102(3), 774-780.
- Hageskal, G., Lima, N., Skaar, I. (2009): The study of fungi in drinking water. *Mycological Research* 113(2), 165-172.
- Halász, Á., Magyar, D., Bobvos, J. (2014): Aerobiological aspects of quarantine risks in grain warehouses: a study on bunt (*Tilletia* spp.) dispersal. *Aerobiologia* 30(2), 161-171.
- Hatvani, L., Antal, Z., Manczinger, L., Szekeres, A., Druzhinina, I. S., Kubicek, C. P., Nagy, A., Nagy, E., Vágvölgyi, C., Kredics, L. (2007): Green mold diseases of *Agaricus* and *Pleurotus* spp. are caused by related but phylogenetically different *Trichoderma* species. *Phytopathology* 97(4), 532-537.
- Hatvani, L., Kredics, L., Allaga, H., Manczinger, L., Vágvölgyi, C., Kuti, K., Geösel, A. (2017): First report of *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum* green mold on *Agaricus bisporus* in Europe. *Plant Disease* 101(6), 1052.

- Hawksworth, D. L. (2001): The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research* 105(12), 1422-1432.
- Hirst, J. (1952): An automatic volumetric spore trap. *Annals of Applied Biology* 39(2), 257-265.
- Hollins, P. D., Kettlewell, P. S., Atkinson, M. D., Stephenson, D. B., Corden, J. M., Millington, W. M., Mullins, J. (2004): Relationships between airborne fungal spore concentration of *Cladosporium* and the summer climate at two sites in Britain. *International Journal of Biometeorology* 48(3), 137-141.
- Hong, S. B., Cho, H. S., Shin, H. D., Frisvad, J. C. Samson, R. A. (2006): Novel *Neosartorya* species isolated from soil in Korea. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 56(2), 477-486.
- Horton, M. V., Nett, J. E. (2020): *Candida auris* infection and biofilm formation: going beyond the surface. *Current Clinical Microbiology Reports* 7, 51-56.
- Hoyk, E. (2016): A magyarországi klímamodellek és alkalmazásuk lehetőségei a társadalmi-gazdasági modellezésben. *Geográfus Hírlevél* 41, 16-17.
- Hulme, P. E. (2009): Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46(1), 10-18.
- IOM (2004): Damp indoor spaces and health. *National Academy of Sciences, Institute of Medicine*. Washington DC.
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-31.
- Ishigami, A., Hajat, S., Kovats, R. S., Bisanti, L., Rognoni, M., Russo, A., Paldy, A. (2008): An ecological time-series study of heat-related mortality in three European cities. *Environmental Health* 7(1), 1-7.
- IUCN (2019): Legal provisions on soil import. Technical note prepared by IUCN for the European Commission. <https://circabc.europa.eu/ui/group/4cd6cb36-b0f1-4db4-915e-65cd29067f49/library/96fbf64a-c3e8-49ab-bb5f-efb6cdc16e85/details?download=true> (Elérés online: 2021. 11. 03.)
- Jakić-Dimić, D., Nešić, K., Petrović, M. (2009): Contamination of cereals with aflatoxins, metabolites of fungi *Aspergillus flavus*. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25(5-6-2), 1203-1208.
- James, T. Y., Litvintseva, A. P., Vilgalys, R., Morgan, J. A., Taylor, J. W., Fisher, M. C., Berger, L., Weldon, C., Preez, L., Longcore, J. E. (2009): Rapid global expansion of the fungal disease chytridiomycosis into declining and healthy amphibian populations. *PLoS Pathogens* 5(5).
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke, J. van der Putten, W. H. (Szerk.) (2010): European atlas of soil biodiversity. European Commission, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

- Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., Abad-Campos, P., Aday, A. G., Casal, A. O., Bakonyi, J., Cacciola, S. O., Cech, T., Chavarriaga, D., Corcobado, T., Cravador, A., Decourcelle, T., Denton, G., Diamandis, S., Dođmuş-Lehtijärvi, H. T., Franceschini, A., Ginetti, B., Green, S., Glavendekić, M., Hantula, J., Hartmann, G., Herrero, M., Ivic, D., Jung, H. M., Lilja, A., Keca, N., Kramarets, V., Lyubenova, A., Machado, H., Magnano di San Lio, G., Mansilla Vázquez P. J., Marçais, B., Matsiakh, I., Milenkovic, I., Moricca, S., Nagy, Z. Á., Nechwatal, J., Olsson, C., Oszako, T., Pane, A., Paplomatas, E. J., Pintos Varela, C., Prospero, S., Rial Martínez C., Rigling, D., Robin, C., Rytönen, A., Sánchez, M. E., Sanz Ros, A. V., Scanu, B., Schlenzig, A., Schumacher, J., Slavov, S., Solla, A., Sousa, E., Stenlid, J., Talgø, V., Tomic, Z., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A. M., Wenneker, M., Woodward, S., Pérez-Sierra, A. (2016) Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *Forest Pathology* 46(2), 134-163.
- Júnior, M. C., de Moraes Arantes, A., Silva, H. M., Costa, C. R., Silva, M. R. R. (2013): *Acremonium kiliense*: case report and review of published studies. *Mycopathologia* 176(5), 417–421.
- Kaczmarek, J., Kedziora, A., Brachaczek, A., Latunde-Dada, A. O., Dakowska, S., Karg, G., Jedryczka, M. (2016): Effect of climate change on sporulation of the teleomorphs of *Leptosphaeria* species causing stem canker of brassicas. *Aerobiologia* 32(1), 39-51.
- Kärkkäinen, P., Räsänen, A., Kauhanen, E., Nevalainen, A., Miettinen, I., Rintala, H. (2009): Fungal diversity in Finnish drinking water distribution networks determined by culture, RAPD-fingerprinting and sequencing. In: *3rd Congress of European Microbiologists FEMS*, Gothenburg, Sweden, June 28 – July 2, 2009
- Kasprzyk, I., Kaszewski, B. M., Weryszko-Chmielewska, E., Nowak, M., Sulborska, A., Kaczmarek, J., Szymanska, A., Haratym, W., Jedryczka, M. (2016): Warm and dry weather accelerates and elongates *Cladosporium* spore seasons in Poland. *Aerobiologia* 32(1), 109-126.
- Kasza G., Bódi B., Vajd Á., Somogyi A. (2015): Hazai élelmiszerek részaránya a magyarországi kiskereskedelmi láncok választékában. *Élelmiszervizsgáló közlemények* 61(2), 636-645
- Kasza, G., Szabó-Bódi, B., Lakner, Z., Izsó, T. (2019): Balancing the desire to decrease food waste with requirements of food safety. *Trends in Food Science ÉS Technology* 84, 74-76.
- Katan, J. (1971): Symptomless carriers of the tomato *Fusarium* wilt pathogen. *Phytopathology* 61(10), 1213-1217.
- Kennes, C., Veiga, M. C. (2004): Fungal biocatalysts in the biofiltration of VOC-polluted air. *Journal of Biotechnology* 113(1-3), 305-319.
- Kerstin, S. (2009): Natura 2000 in the Pannonian region. *European Communities*, Luxemburg
- Kevei, F., Kucsera, J., Manczinger, L., Pfeiffer, I., Varga, J., Vágvölgyi, C. (2004): Mikrobiológiai gyakorlatok. JATE Press, Szeged
- Khan, A. A. H., Karuppayil, S. M. (2012): Fungal pollution of indoor environments and its management. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(4), 405-426.

- Klapwijk, M. J., Hopkins, A. J., Eriksson, L., Pettersson, M., Schroeder, M., Lindelöw, Å., Rönnberg, J., Keskitalo, E. C. H. K., Kenis, M. (2016): Reducing the risk of invasive forest pests and pathogens: Combining legislation, targeted management and public awareness. *Ambio* 45(2), 223-234.
- Kocsubé, S., Varga, J., Szigeti, G., Baranyi, N., Suri, K., Tóth, B., Toldi, É., Bartók T., Mesterházi, A. (2013): *Aspergillus* species as mycotoxin producers in agricultural products in central Europe. *Journal for Natural Sciences* 124, 13-25.
- Kogej, T., Stein, M., Volkmann, M., Gorbushina, A. A., Galinski, E. A., Gunde-Cimerman, N. (2007): Osmotic adaptation of the halophilic fungus *Hortaea werneckii*: role of osmolytes and melanization. *Microbiology* 153(12), 4261-4273.
- Kojic, E. M., Darouiche, R. O. (2004): *Candida* infections of medical devices. *Clinical Microbiology Reviews* 17(2), 255-267.
- Kosár, P. (2014): Ballonos vízadagolók által biztosított víz mikrobiológiai és kémiai minőségének vizsgálata. BSc. Szakdolgozat, BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar, Budapest, 2014.
- Kredics, L., García Jimenez, L., Naeimi, S., Czifra, D., Urbán, P., Manczinger, L., Vágvölgyi, C., Hatvani, L. (2010): A challenge to mushroom growers: the green mould disease of cultivated champignons. 295-305. p. In: Méndez-Vilas, A. (Szerk.): *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology* 1-2. Badajoz, Spain: Formatex. ISBN 978-84-614-6194-3
- Kredics, L., Narendran, V., Shobana, C. S., Vágvölgyi, C., Manikandan, P., Indo-Hungarian Fungal Keratitis Working Group (2015): Filamentous fungal infections of the cornea: a global overview of epidemiology and drug sensitivity. *Mycoses* 58(4), 243-260.
- Kuo, M. J., Alexander, M. (1967): Inhibition of the lysis of fungi by melanins. *Journal of Bacteriology* 94(3), 624-629.
- Kysely, J., Plavcová, E., Davidkovová, H., Kynčl, J. (2011): Comparison of hot and cold spell effects on cardiovascular mortality in individual population groups in the Czech Republic. *Climate Research* 49(2), 113-129.
- László, F. (2013): A klímaváltozás által jelentkező új kihívások a kritikus infrastruktúra védelmében. In: Báthy, S. [et al.] (Szerk.): *Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből: Kiemelten a közlekedési alrendszer.* 323 p. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság 2013. pp. 268-280.
- Leggieri, M., Decontardi, S., Bertuzzi, T., Pietri, A., Battilani, P. (2017): Modeling growth and toxin production of toxigenic fungi signaled in cheese under different temperature and water activity regimes. *Toxins*, 9(1), 4.
- Leopardi, S., Blake, D., Puechmaille, S. J. (2015): White-nose syndrome fungus introduced from Europe to North America. *Current Biology* 25(6), 217-219.
- Levin, A. S., Costa, S. F., Mussi, N. S., Basso, M., Sinto, S. I., Machado, C., Geiger, D. C., Villares, M. C., Schreiber, A. Z., Barone, A. A., Branchini, M. L. M. (1998): *Candida parapsilosis* fungemia associated with implantable and semi-implantable central venous catheters and the hands of healthcare workers. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 30(4), 243-249.

- Levine, J. M., D'Antonio, C. M. (2003): Forecasting biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology* 17(1), 322-326.
- Lian, X., De Hoog, G. S. (2010): Indoor wet cells harbour melanized agents of cutaneous infection. *Medical Mycology* 48(4), 622-628.
- Liebhold, A. M., Brockerhoff, E. G., Garrett, L. J., Parke, J. L., Britton, K. O. (2012): Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(3), 135-143.
- Liu, D. (2011): Molecular detection of human fungal pathogens. 1st edn. USA: CRC Press,. pp. 17-18, 247-252.
- Liu, X., Blackburn, T. M., Song, T., Li, X., Huang, C., Li, Y. (2019): Risks of biological invasion on the belt and road. *Current Biology* 29(3), 499-505.
- Lonsdale, D. (1996): Effects of climate change on fungal disease of trees. *Fungi and Environmental Change* 1-19.
- Luchi, N., Ioos, R., Santini, A. (2020): Fast and reliable molecular methods to detect fungal pathogens in woody plants. *Applied Microbiology and Biotechnology* 104(6), 2453-2468.
- Lugauskas, A., Krikstaponis, A., Sveistyte, L. (2004): Airborne fungi in industrial environments – potential of respiratory disease. *Annual Agricultural and Environmental Medicine* 11, 19-25.
- Magyar D., Halász Á., Kredics L., Körmöczi P. (2011a): Occurrence of *Aspergillus flavus* and other fungi harmful to health in the air of the grain store. (in Hungarian). *Egészségtudomány* 55(3) 21.
- Magyar, D. (2002): A Magyar Aerobiológiai Hálózat éves jelentése. Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest.
- Magyar, D. (2011): The fan-coil molds. (in Hungarian). *Víz, gáz, fűtéstechnika* 12(11) 57.
- Magyar, D. (2015): Pellet stove fuel as a source of fungal contaminants- a case study. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine* 21(1-2), 70-77.
- Magyar, D., Eszéki, E.R., Oros, G., Szécsi, Á., Kredics, L., Hatvani, L., Körmöczi, P. (2011b): The air spora of an orchid greenhouse. *Aerobiologia* 27(2), 121-134.
- Magyar, D., Kredics, L., Marik, T., Körmöczi, P., Tischner, Z., Papp, T., Vágvolgyi C. (2017b): Airborne and indoor fungi in the Szeged Microbiology Collection. *Mikológiai Közlemények-Clusiana* 56, 116-117.
- Magyar, D., Stefán, G., Körmöczi, P., Kredics, L., Varró, M. J., Balogh, K., Nékám, K. (2017a): A beltéri levegő gombaszennyezettsége Magyarországon. *Egészségtudomány* 61(1), 13-37.
- Magyar, D., Tischner, Z., Dancsházy, Z., Páldy, A. (2021b): A globális megatrendek – világiárványok és globalizáció, technológiai fejlődés és klímaváltozás – hatása a mikroszkopikus gombák terjedésére Magyarországon. *Egészségtudomány* 65(1), 30-37.
- Magyar, D., Tischner, Z., Páldy, A., Kocsubé, S., Dancsházy, Z., Halász, Á., Kredics, L. (2021a): Impact of global megatrends on the spread of microscopic fungi in the Pannonian Biogeographical Region. *Fungal Biology Reviews* 37, 71-88.

- Magyar, D., Vass, M., Li, D. W. (2016): Dispersal Strategies of Microfungi. In: Li DW (Szerk.): *Biology of Microfungi*. Springer International Publishing, pp. 315-371.
- Manning, W. J., Tiedemann, A. V. (1995): Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. *Environmental Pollution* 88(2), 219-245.
- Martel, A., Blooi, M., Adriaensen, C., Van Rooij, P., Beukema, W., Fisher, M. C., Farrer, R. A., Schmidt, B. R., Tobler, U., Goka, K., Lips, K. R., Muletz, C., Zamudio, K. R., Bosch, J., Lötters, S., Wombwell, E., Garner, T. W. J., Cunningham, A. A., der Spitzen-van Sluijs, A., Salvidio, S., Ducatelle, R., Nishikawa, K., Nguyen, T. T., Kolby, J. E., Van Bocxlaer, I., Bossuyt, F., Pasmans, F. (2014): Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science* 346(6209), 630–631.
- Martin, R. R., Constable, F., Tzanetakis, I. E. (2016): Quarantine regulations and the impact of modern detection methods. *Annual Review of Phytopathology* 54, 189-205.
- Mas-Coma, S., Jones, M. K., Marty, A. M. (2020): COVID-19 and globalization. *One Health* 9.
- Matavulj, M. N., Lolić, S. B., Vujčić, S. B., Milovac, S., Novaković, M. S., Karaman, M. A. (2013) *Schizophyllum commune*: the main cause of dying trees of the Banja Luka arbored walks and parks. *Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke* (124), 367-377.
- Matos, T., de Hoog, G. S., de Boer, A. G., de Crom, I., Haase, G. (2002): High prevalence of the neurotrope *Exophiala dermatitidis* and related oligotrophic black yeasts in sauna facilities. *Mycoses*, 45(9-10), 373-377.
- McGregor G. R., Bessemoulin P., Ebi K., Menne B. (Szerk.): *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development*. Geneva: World Meteorological Organization and World Health Organization, WMO-No.1142, ISBN 978-92-63-11142-5.
- McNeill, M., Phillips, C., Young, S., Shah, F., Aalders, L., Bell, N., Gerard, E. Littlejohn, R. (2011): Transportation of nonindigenous species via soil on international aircraft passengers' footwear. *Biological Invasions* 13(12), 2799-2815.
- Medina, A., Akbar, A., Baazeem, A., Rodriguez, A., Magan, N. (2017): Climate change, food security and mycotoxins: do we know enough? *Fungal Biology Reviews* 31(3), 143-154.
- Meehl, G. A., Tebaldi, C. (2004): More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st Century. *Science* 305 (5686), 994–997.
- Mensah-Attipoe, J. (2016): Microbial contamination of building materials: growth and aerosolization (PhD értekezés, Itä-Suomen yliopisto). https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/16693/urn_isbn_978-952-61-2010-2.pdf?sequence=1
- Mező G., Tarjányi F., Vajna L. (1999): Intenzív almaültetvények fás részeinek gombabetegségei, különös tekintettel a *Nectria galligena*-ra. A faiskola felelőssége. *Növényvédelmi Tud. Napok Anyagai* S 114.
- Migliorini, D., Ghelardini, L., Tondini, E., Luchi, N., Santini, A. (2015): The potential of symptomless potted plants for carrying invasive soilborne plant pathogens. *Diversity and Distributions* 21(10), 1218-1229.

- Miraglia, M., Marvin, H. J. P., Kleter, G. A., Battilani, P., Brera, C., Coni, E., Cubadda, F., Croci, L., Santis, B., Dekkers, S., Filippi, L., Hutjes, R. W. A., Noordam, M. Y., Pisante, M., Piva, G., Prandini, A., Toti, L., Born, G. J., Vespermann, A. (2009): Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Food and Chemical Toxicology* 47(5), 1009-1021.
- Molnár, O., Bartók, T., Szécsi, Á. (2015): Occurrence of *Fusarium verticillioides* and *Fusarium musae* on banana fruits marketed in Hungary. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 62(2), 109-119.
- MSZ 1484-13:2009 Vízminőség. 13. rész: A nitrát- és a nitrittartalom meghatározása spektrofotometriás módszerrel, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2009.
- MSZ 448-11:1986 Ivóvízvizsgálat. Lúgosság meghatározása titrálással, a hidrogén-karbonátion-, a karbonátion- és a hidroxilion-tartalom kiszámítása, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 1986.
- MSZ 448-21:1986 Ivóvízvizsgálat. Az összes, a karbonát- és a nemkarbonát-keményiség meghatározása, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 1986.
- MSZ ISO 7150-1:1992 Az ammónium meghatározása vízben. Manuális spektrofotometriás módszer, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 1992.
- Muittari, A., Kuusisto, P., Virtanen, P., Sovijärvi, A., Grönroos, P., Harmoinen, A., Antila, P., Kellomäki, L. (1980): An epidemic of extrinsic allergic alveolitis caused by tap water. *Clinical Allergy* 10, 77-90.
- Mullins, J., Flannigan, B. (2016): Microorganisms in outdoor air. In: Flannigan, B., Samson, R. A., Miller, J. D. (Szerk.): *Microorganisms in home and indoor work environments diversity, health impacts, investigation and control*, London, New York: CRC Press. 8-57.
- Najafzadeh, M. J., Suh, M. K., Lee, M. H., Ha, G. Y., Kim, J. R., Kim, T. H., Lee, H. J., Choi, J. S., Meis, J. F., De Hoog, G. S. (2013): Subcutaneous phaeohyphomycosis caused by *Exophiala equina*, with susceptibility to eight antifungal drugs. *Journal of Medical Microbiology* 62(5), 797–800.
- Neofytos, D., Horn, D., de Simone Jr., J. A. (2007) *Rhodotorula mucilaginosa* catheter-related fungemia in a patient with sickle cell disease: case presentation and literature review. *Southern Medical Journal*, 100(2), 198-201.
- NÉES-2 (2018): 23/2018. (X. 31.) OGY határozat - a 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról
- Niemi, R. M., Knuth, S., Lundstrom, K. (1982): Actinomycetes and fungi in surface waters and in potable waters. *Applied and Environmental Microbiology* 43(2), 378-388.
- Nolting, S., Fegeler, K. (1987): *Medical Mycology*. Germany: Springer, 109.
- Nunez, F., Díaz, M. C., Rodriguez, M., Aranda, E., Martin, A., Asensio, M. A. (2000): Effects of substrate, water activity, and temperature on growth and verrucosidin production by *Penicillium polonicum* isolated from dry-cured ham. *Journal of Food Protection*, 63(2), 231-236.

- OEPP/EPPO (2019): PM 3/86(1): Raising public awareness of Quarantine and Emerging Pests. OEPP/EPPO Bulletin 49, 488-504.
- Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. (2011): Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34(2), 96-112.
- Otterholt, E., Charnock, C. (2011): Microbial quality and nutritional aspects of Norwegian brand waters. *International journal of Food Microbiology* 144(3), 455-463.
- Pascal, M., Wagner, V., Le Tertre, A., Laaidi, K., Honoré, C., Bénichou, F., Beaudeau, P. (2011): Definition of temperature thresholds: the example of the French heat wave warning system. *International Journal of Biometeorology* 57(1), 21-9.
- Pasqualotto, A. C., Antunes, A. G. V., Severo, L. C. (2006): *Candida guilliermondii* as the aetiology of candidosis. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 48(3), 123–127.
- Paterson, R. R. M., Lima, N. (2010): How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International* 43(7), 1902-1914.
- Peñalva, M. A., Arst, H. N. (2002): Regulation of gene expression by ambient pH in filamentous fungi and yeasts. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 66(3), 426-446.
- Perdomo, H., Sutton, D. A., Garcia, D., Fothergill, A. W., Cano, J., Gene, J., Summerbell, R. C., Rinaldi, M. G., Guarro, J. (2010): Spectrum of Clinically Relevant *Acremonium* species in the United States. *Journal of Clinical Microbiology* 49(1), 243–256.
- Pérez-Sierra, A., Jung, T. (2013): *Phytophthora* in woody ornamental nurseries. In: Lamour, K. (Szerk.): *Phytophthora: A global perspective*. Wallingford: CABI, 166-177.
- Petróczy, M., Palkovics, L. (2006): First report of brown rot caused by *Monilinia fructicola* on imported peach in Hungary. *Plant Disease* 90(3), 375-375.
- Pfaller, M. A., Diekema, D. J., Mendez, M., Kibbler, C., Erzsebet, P., Chang, S. C., Gibbs, D. L., Newell, V. A., Global Antifungal Surveillance Group (2006): *Candida guilliermondii*, an opportunistic fungal pathogen with decreased susceptibility to fluconazole: Geographic and temporal trends from the ARTEMIS DISK Antifungal Surveillance Program. *Journal of Clinical Microbiology* 44(10), 3551–3556.
- Picard, C., Afonso, T., Benko-Beloglavec, A., Karadjova, O., Matthews-Berry, S., Paunovic, S.A., Pietsch, M., Reed, P., Gaag, D. J., Ward, M. (2018): Recommended regulated non-quarantine pests (RNQPs), associated thresholds and risk management measures in the European and Mediterranean region. *EPPO Bulletin* 48(3), 552-568.
- Pieczka I. (2012): A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati scenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamodell felhasználásával. Doktori értekezés. ELTE, Budapest
- Pieczka I., Pongrácz R., Bartholy J., Szaboné André K. (2018): Future temperature projections for Hungary based on RegCM4.3 simulations using new Representative Concentration Pathways scenarios. *International Journal of Global Warming* 15(3), 277-292.

- Pildain, M. B., Frisvad, J. C., Vaamonde, G., Cabral, D., Varga, J. Samson, R. A. (2008): Two novel aflatoxin-producing *Aspergillus* species from Argentinean peanuts. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58(3), 725–735.
- Pinto, M., Langer, T. M., Hüffer, T., Hofmann, T., Herndl, G. J. (2019): The composition of bacterial communities associated with plastic biofilms differs between different polymers and stages of biofilm succession. *PLoS ONE* 14(6), e0217165.
- Pitts, B., Stewart, P. S., McFeters, G. A., Hamilton, M. A., Willse, A., Zilver, N. (1998): Bacterial characterization of toilet bowl biofilm. *Biofouling* 13(1), 19-30.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Pieczka, I., Szabóné André, K. (2016): RegCM szimulációkon alapuló éghajlati becslések eredményei In: Pongrácz, R., Mészáros, R., Kis, A. (Szerk.): *Kutatási és operatív feladatok meteorológusként. Az ELTE Meteorológus TDK 2016. évi Nyári Iskola előadásának összefoglalói*. Egyetemi Meteorológiai Füzetek 27, 125–133.
- Ramsfield, T. D., Bentz, B. J., Faccoli, M., Jactel, H., Brockerhoff, E. G. (2016): Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry* 89(3), 245-252.
- Rehnmstrom, A. L., Free, S. J. (1996): The isolation and characterization of melanin-deficient mutants of *Monilinia fructicola*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 49, 321-330.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C. J. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6(2), 93-107.
- Rihs, J. D., Padhye, A. A., Good, C. B. (1996): Brain abscess caused by *Schizophyllum commune*: an emerging basidiomycete pathogen. *Journal of Clinical Microbiology* 34(7), 1628-1632.
- Rishbeth, J. (1991): *Armillaria* in an ancient broadleaved woodland. *European Journal of Forest Pathology* 21(4), 239-249.
- Rizzo, D. M., Garbelotto, M. (2003): Sudden oak death: endangering California and Oregon forest ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1(4), 197-204.
- Rodríguez-Rajo, F. J., Iglesias, I., Victoria, J. A. T. O. (2005): Variation assessment of airborne *Alternaria* and *Cladosporium* spores at different bioclimatical conditions. *Mycological Research* 109(4), 497-507.
- Rodriguez-Tudela, J. L., Diaz-Guerra, T. M., Mellado, E., Cano, V., Tapia, C., Perkins, A., Gomez-Lopez, A., Rodero, L., Cuenca-Estrella, M. (2005): Susceptibility patterns and molecular identification of *Trichosporon* species. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 49(10), 4026-4034.
- Ruan, S. Y., Chien, J. Y., Hsueh, P. R. (2009): Invasive trichosporonosis caused by *Trichosporon asahii* and other unusual *Trichosporon* species at a medical center in Taiwan. *Clinical Infectious Diseases* 49(1), 11-17.
- Saitou, N., Nei, M. (1987): The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4(4), 406-425.
- Samson, R. A. (2010): Food and Indoor Fungi. CBS laboratory manual series. *CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre*, Utrecht

- Samson, R. A., Houbraeken, J., Summerbell, R. C., Flannigan, B., Miller, J. D. (2001): Common and important species of fungi and actinomycetes in indoor environments. 287-473. pp. In: Flannigan, B., Robert, A., Samson, J., Miller, D. (Szerk.): *Microorganisms in Home and Indoor Work Environments: diversity, health impacts, investigation and control*. London: Taylor and Francis
- Samson, R. A., Houbraeken, J., Thrane, U., Frisvad, J. C., Andersen, B. (2019): Food and Indoor Fungi. Second Edition. Westerdijk Laboratory Manual Series. *Westerdijk Fungal Biodiversity Institute*, Utrecht, Hollandia. 420-421 pp.
- Sanden, G. E., Moore, L. D. (1978): Effect of heat-induced susceptibility of tobacco to black shank on protein content and on activity of peroxidases. *Phytopathology* 68(1), 1164-1167.
- Sandoval-Denis, M., Sutton, D. A., Martin-Vicente, A., Cano-Lira, J. F., Wiederhold, N., Guarro, J., Gené, J. (2015): *Cladosporium* species recovered from clinical samples in the United States. *Journal of Clinical Microbiology* 53(9), 2990-3000.
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M. L., Capretti, P., Chandelier, A., Cech, T., Chira, D., Diamandis, S., Gaitniekis, S., Hantula, J., Holdenrieder, O., Jankovsky, L., Jung, T., Jurc, D., Kirisits, T., Kunca, A., Lygis, V., Malecka, M., Marcais, B., Schmitz, S., Schumacher, J., Solheim, H., Solla, A., Szabó, I., Tsopelas, P., Vannini, A., Vettraino, A. M., Webber, J., Woodward, S., Stenlid, J. (2013): Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist* 197(1), 238-250.
- Santini, A., Liebhold, A., Migliorini, D., Woodward, S. (2018): Tracing the role of human civilization in the globalization of plant pathogens. *The ISME Journal* 12(3), 647-652.
- Šarić, L. Ć., Škrinjar, M. M. (2008): Share of aflatoxigenic moulds from genera *Aspergillus* and *Penicillium* in mycopopulations isolated from spices for meat processing industry. *Zbornik matice srpske za prirodne nauke* (114), 115-122.
- Savile, D. B. O., Urban, Z. (1982): Evolution and ecology of *Puccinia graminis*. *Preslia* 54(2), 97-104.
- Schroers, H. J., O'Donnell, K., Lamprecht, S. C., Kammeyer, P. L., Johnson, S., Sutton, D. A., Rinaldi, M. G., Geiser, D. M., Summerbell, R. C. (2009): Taxonomy and phylogeny of the *Fusarium dimerum* species group. *Mycologia* 101(1), 44-70.
- Sebők, F., Dobolyi, C., Bobvos, J., Szoboszlay, S., Kriszt, B., Magyar, D. (2016b): Thermophilic fungi in air samples in surroundings of compost piles of municipal, agricultural and horticultural origin. *Aerobiologia* 32(2), 255-263.
- Sebők, F., Dobolyi, C., Zágonyi, D., Risa, A., Krifaton, C., Hartman, M., Cserháti, M., Szoboszlay, S., Kriszt, B. (2016a): Aflatoxigenic *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* strains in Hungarian maize fields. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 63(4), 491-502.
- Seebens, H., Essl, F., Dawson, W., Fuentes, N., Moser, D., Pergl, J., Pysek, P., Kleunen, M., Weber, E., Winter, M., Blasius, B. (2015): Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. *Global Change Biology* 21(11), 4128-4140.

- Segers, F. J., Meijer, M., Houbraken, J., Samson, R. A., Wösten, H. A., Dijksterhuis, J. (2015): Xerotolerant *Cladosporium sphaerospermum* are predominant on indoor surfaces compared to other *Cladosporium* species. *PLoS One* 10(12), e0145415.
- Sepcic, K., Zalar, P., Gunde-Cimerman, N. (2011): Low water activity induces the production of bioactive metabolites in halophilic and halotolerant fungi. *Marine Drugs*, 9(1), 43-58.
- Shippers, B., Gam, W. (197): Soilborne plant pathogens. Proceedings of the Fourth International Symposium on factors determining the behaviour of plant pathogens in soil, Munchen, Germany 13–23 August 1978, in conjunction with the Third International Congress of Plant Pathology. New York, San Francisco: Academic Press London.
- Short, D. P., O'Donell, K., Zhang, N., Juba, J. H., Geiser, D. M. (2011): Widespread occurrence of diverse human pathogenic types of the fungus *Fusarium* detected in plumbing drains. *Journal of Clinical Microbiology* 49(12), 4264-4272.
- Sindt, C., Besancenot, J. P., Thibaudon, M. (2016): Airborne *Cladosporium* fungal spores and climate change in France. *Aerobiologia* 32(1), 53-68.
- Siqueira, J. P. Z., Sutton, D. A., García, D., Gené, J., Thomson, P., Wiederhold, N., Guarro, J. (2016): Species diversity of *Aspergillus* section *Versicolores* in clinical samples and antifungal susceptibility. *Fungal Biology* 120(11), 1458–1467.
- Skjøth, C. A., Damialis, A., Belmonte, J., De Linares, C., Fernandez-Rodriguez, S., Grinn-Gofron, A., Jedryczka, M., Kasprzyk, I. Magyar, D. Myszkowska, D., Oliver, G., Páldy, A., Pashley, C. H., Rasmussen, K., Satchwell, J., Thibaudon, M., Tormo-Molina, R., Vokou, D., Ziemianin, M., Werner, M. (2016): *Alternaria* spores in the air across Europe: Abundance, seasonality and relationships with climate, meteorology and local environment. *Aerobiologia* 32, 3-22.
- SOER (2015): The European Environment: State and Outlook 2015: Assessment of Global Megatrends. Publications Office of the European Commission. *European Environment Agency*, Copenhagen, Denmark
- Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., Qin, D. (2007): Climate change 2007-The physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC. *The Lancet* 383(9924), 1185–1189.
- Solomon, W. R. (1978): Aerobiology and inhalent allergens. 1. Pollens and fungi. 312-372. pp. In: Middleton E., Reed, C. E., Ellis, E. F. (Szerk.): *Allergy: Principles and practice* St. Louis: Mosby.
- Steenwyk, J. L., Lind, A. L., Ries, L. N., Dos Reis, T. F., Silva, L. P., Almeida, F., Bastos, R. W., da Silva, T. F. C. F., Bonato, V. L. D., Pessoni, A. M., Rodriguez, F., Raja, H. A., Knowles, S. L., Oberlies, N. H., Lagrou, K., Goldman, G. H., Rokas, A. (2020): Pathogenic allodiploid hybrids of *Aspergillus* fungi. *Current Biology* 30(13), 2495-2507.
- Stenlid, J. (2002): Pathogenic fungal species hybrids infecting plants. *Microbes and Infection* 4(13), 1353-1359.
- Stritzke, J. A. (1970): The effects of various laundry temperatures, observation points, and detergent concentrations on the survival of *Trichophyton mentagrophytes* on military sock fabric. A master's thesis, Kansas State University, Manhattan, Kansas.

- Stukenbrock, E. H. (2016): The role of hybridization in the evolution and emergence of new fungal plant pathogens. *Phytopathology* 106(2), 104-112.
- Suárez-Estrella, F., Vargas-García, M. C., Elorrieta, M. A., López, M. J., Moreno, J. (2003) Temperature effect on *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* survival during horticultural waste composting. *Journal of Applied Microbiology* 94(3), 475-482.
- Szalai, S., Bihari, Z., Lakatos, M. Szentimrey, T. (2006): Some characteristics of the climate of Hungary since 1901. *Hungarian Meteorological Service*
- Szécsi, Á., Magyar, D., Tóth, S., Szőke, C. (2013): Poaceae: A rich source of endophytic fusaria. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 48(1), 19-32.
- Szépszó, G. (2014): A REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatok a Kárpát-medence éghajlatának jellemzésére. Doktori értekezés. ELTE, Budapest
- Szigeti, G., Kocsubé, S., Dóczy, I., Bereczki, L., Vágvölgyi, C., Varga, J. (2012): Molecular identification and antifungal susceptibilities of black *Aspergillus* isolates from otomycosis cases in Hungary. *Mycopathologia* 174(2), 143-147.
- Szódi, S., Komjáti, H., Turóczy, G. (2012): Characterization of *M. laxa* and *M. fructigena* isolates from Hungary with MP-PCR. *Horticultural Science* 39(3), 116-122.
- Tamura, K. (1992): Estimation of the number of nucleotide substitutions when there are strong transition-transversion and G + C-content biases. *Molecular Biology and Evolution* 9(4), 678-687.
- Tatem, A. J., Hay, S. I. (2007): Climatic similarity and biological exchange in the worldwide airline transportation network. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274(1617), 1489-1496.
- Terpstra, P. M. (1998): Domestic and institutional hygiene in relation to sustainability. Historical, social and environmental implications. *International Biodeterioration ÉS Biodegradation* 41(3-4), 169-175.
- Thomas, P. A. (2003): Current perspectives on ophthalmic mycoses. *Clinical Microbiology Reviews* 16(4), 730-797.
- Tian, S., Rong, C., Nian, H., Li, F., Chu, Y., Cheng, S., Shang, H. (2018): First cases and risk factors of super yeast *Candida auris* infection or colonization from Shenyang, China. *Emerging Microbes ÉS Infections* 7(1), 1-9.
- Tima, H., Brückner, A., Mohácsi-Farkas, C., Kiskó, G. (2016): *Fusarium* mycotoxins in cereals harvested from Hungarian fields. *Food Additives ÉS Contaminants* 9(2), 127-131.
- Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., Frank, J. M. (2010): Climate change and food safety: A review. *Food Research International* 43(7), 1745-1765.
- Tischner, Z., Izsák, B., Páldy, A. (2019b): Extreme weather events and their public health relevance. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine* 25(1-2), 75-92.

- Tischner, Z., Kredics, L., Marik, T., Vörös, K., Kriszt, B., Péter, B., Magyar, D. (2019a): Environmental characteristics and taxonomy of microscopic fungi isolated from washing machines. *Fungal Biology* 123(9), 650-659.
- Tischner, Z., Kredics, L., Vargha, M., Sebestyén, Á., Marik, T., Vörös, K., Magyar, D. (2017): A háztartási vizes berendezésekben előforduló gombák egészségügyi vonatkozásai. *AMEGA* 24(6) 13-18.
- To, T., Stanojevic, S., Moores, G., Gershon, A. S., Bateman, E. D., Cruz, A. A., Boulet, L. P. (2012): Global asthma prevalence in adults: findings from the cross-sectional world health survey. *BMC Public Health* 12(1), 1-8.
- Torma, C. (2011): Átlagos és szélsőséges hőmérsékleti és csapadék viszonyok modellezése a Kárpát-medencére a XXI. századra a RegCM regionális klímamodell alkalmazásával. Doktori értekezés. ELTE, Budapest
- Triest, D., Hendrickx, M. (2016): Postharvest disease of banana caused by *Fusarium musae*: A Public Health Concern? *PLoS Pathogens* 12(11), e1005940.
- Tseng, T. Y., Chen, T. C., Ho, C. M., Lin, P. C., Chou, C. H., Tsai, C. T., Wang, J. H., Chi, C. Y., Ho, M. W. (2017): Clinical features, antifungal susceptibility, and outcome of *Candida guilliermondii* fungemia: An experience in a tertiary hospital in mid-Taiwan. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection* 51(4), 552-558.
- UNFCCC (2015): Adoption of the Paris Agreement. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Conference of the Parties, Twenty-first session, Paris, 2015. 11. 30 – 2015. 12. 11. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109.pdf>, (Elérés online: 2021. 11. 01.)
- Vajna, L. (2007): Növénykórokozók forgalmazása globalizálódó világunkban: várjuk a váratlant? *Növényvédelem* 43(7), 307-313.
- Vajna, L., Oros, G. (2005): First report of *Rhizoctonia zeae* on *Lolium perenne* and *Festuca* sp. in Hungary. *Plant Pathology* 54(2), 250.
- Varga, J., Kocsubé, S., Suri, K., Szigeti, G., Szekeres, A., Varga, M., Tóth, B., Bartók, T. (2010): Fumonisin contamination and fumonisin producing black *Aspergilli* in dried vine fruits of different origin. *International Journal of Food Microbiology* 143(3), 143-149.
- Varga, J., Kocsubé, S., Szigeti, G., Baranyi, N., Vágvölgyi, C., Jakšić Despot, D., Magyar, D., Meijer, M., Samson, R. A., Segvić Klarić, M. (2014): Occurrence of black *Aspergilli* in indoor environments of six countries. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 65, 219-223.
- Větrovský, T., Kohout, P., Kopecký, M., Machac, A., Man, M., Bahnmann, B. D., Brabcová, V., Choi, J., Meszárosová, L., Human, Z. R., Lepinay, C., Lladó, S., López-Mondéjar, R., Martinović, T., Mašinová, T., Morais, D., Navrátilová, D., Odriozola, I., Štursová, M., Švec, K., Tláskal, V., Urbanová, M., Wan, J., Žifčáková, L., Howe, A., Ladau, J., Peay, K. G., Storch, D., Wild, J., Baldrian, P. (2019): A meta-analysis of global fungal distribution reveals climate-driven patterns. *Nature Communications* 10(1), 1-9.

- Vicente, V. A., Orelis-Ribeiro, R., Najafzadeh, M. J., Sun, J., Guerra, R. S., Miesch, S., Ostrensky, A., Meis, J. F., Klaassen, C. H., de Hoog, G. S. Boeger, W. A. (2012): Black yeast like fungi associated with Lethargic Crab Disease (LCD) in the mangrove-land crab, *Ucides cordatus* (Ocypodidae). *Veterinary Microbiology* 158(1-2), 109-122.
- Vos, T., Flaxman, A. D., Naghavi, M., Lozano, R., Michaud, C., Ezzati, M., Shibuya, K., Salomon, J. A., Abdalla, S., Aboyans, V., Abraham, J., Ackerman, I., Aggarval, R., Ahn, S. Y., Ali, M. K., AlMazroa, M. A., Alvarado, M., Anderson, H. R., Murray, C. J. L. (2012): Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet* 380(9859), 2163-2196.
- Vulinović, J. N., Lolić, S. B., Vujčić, S. B., Matavulj, M. N. (2019): *Schizophyllum commune*—the dominant cause of trees decay in alleys and parks in the City of Novi Sad (Serbia). *Biologia Serbica* 40(2) 26-33.
- Walinder, R., Ernstgard, L., Johanson, G., Norback, D., Venge, P., Wieslander, G. (2005): Acute effects of a fungal volatile compound. *Environmental Health Perspectives* 113(12), 1775-1778.
- Walther, G. R., Roques, A., Hulme, P. E., Sykes, M. T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M. (2009): Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 24(12), 686-693.
- Wang, X., Cai, W., van den Ende, A. G., Zhang, J., Xie, T., Xi, L., Li, X., Sun, J., de Hoog, S. (2018): Indoor wet cells as a habitat for melanized fungi, opportunistic pathogens on humans and other vertebrates. *Scientific Reports* 8(1), 1-10.
- Van Long, N. N., Rigalma, K., Coroller, L., Dadure, R., Debaets, S., Mounier, J., Vasseur, V. (2017): Modelling the effect of water activity reduction by sodium chloride or glycerol on conidial germination and radial growth of filamentous fungi encountered in dairy foods. *Food Microbiology*, 68, 7-15.
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M. et al. (2018): The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* 391(10120), 581-630.
- West, J. S., Townsend, J. A., Stevens, M., Fitt, B. D. (2012): Comparative biology of different plant pathogens to estimate effects of climate change on crop diseases in Europe. *European Journal of Plant Pathology* 133(1), 315-331.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* 18(1), 315–322.
- WHO (2009): Guidelines for indoor air quality: dampness and mould. *World Health Organization Regional Office for Europe*. Copenhagen
- Wilson, J. R., Deinum, B., Engels, F. M. (1991): Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39(1), 31-48.

- Yamaguchi, M. U., Rampazzo, R. D. C. P., Yamada-Ogatta, S. F., Nakamura, C. V., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P. (2007): Yeasts and filamentous fungi in bottled mineral water and tap water from municipal supplies. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50(1), 1-9.
- Zalar, P., Novak, M., De Hoog, G. S., Gunde-Cimerman, N. (2011): Dishwashers—a man-made ecological niche accommodating human opportunistic fungal pathogens. *Fungal Biology* 115(10), 997-1007.
- Zeng, J. S., Sutton, D. A., Fothergill, A. W., Rinaldi, M. G., Harrak, M. J., de Hoog, G. S. (2007): Spectrum of clinically relevant *Exophiala* species in the United States. *Journal of Clinical Microbiology* 45(11), 3713–3720.
- Zupančič, J., Novak Babič, M., Zalar, P., Gunde-Cimerman, N. (2016): The Black Yeast *Exophiala dermatitidis* and other selected opportunistic human fungal pathogens spread from dishwashers to kitchens. *PLOS ONE* 11(2), e0148166.
- Zsebeházi, G. (2011): Magyarország éghajlatának jellemzése az ENSEMBLES projektbeli és a hazai regionális modell eredmények együttes vizsgálatával. Szakdolgozat. ELTE, Budapest

A felhasznált ábrák forrásai

http1:<http://www.lifetechnologies.com/hu/en/home/life-science/sequencing/fragment-analysis/restriction-fragment-length-polymorphism-rflp-analysis.html>

http2: <http://voer.edu.vn/c/cloning-and-genetic-engineering/a64457a4/31f96093>

Melléklet 2. Kérdőív a mosógépek használatára vonatkozóan

Országos Tisztifőorvosi Hivatal,
Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi
Szolgálat, Megyei és Városi Intézetei

Országos Közegészségügyi Központ,
Országos Környezet-egészségügyi Intézete

KÓDSZÁM:

Kérdőív mosógépek használati szokásainak valamint ezzel kapcsolatos lakáskörülmények felmérésére

Tisztelt Kitöltő!

Az Országos Környezet-egészségügyi Intézet a mosógépekben megtelepedő gombák koncentrációjának felmérése céljából készíti jelen vizsgálatát. E munkában való részvételre kérjük fel Önöket a kérdőív valamennyi kérdésének megválaszolásával. A felmérések eredményeiről, a mérséklés lehetőségeiről tájékoztatást adunk.

A helyes választ legyen szíves bekarikázni, adott esetben többet is lehet, illetve a kérdésekre a választ megadni

A lakóhelye irányítószáma:

A) Lakáskörülmények

I. Hány éves a lakás / ház amiben lakik? éves

II. Hány éve lakik ebben a lakásban/ házban? éve

III. Le van-e szigetelve a ház? 1. igen 2. részben 3. nem

IV. A lakás/ház típusa:

1. családi ház 2. társasház szintje 3. panelházszintje

4. egyéb:.....

V. A lakószobák száma (félszobákat is beleértve):db

VI. A lakása alapterülete: m²

VII. Hány fő él összesen a lakásban? fő

B) Mosógéppel és mosógép helyiséggel kapcsolatos kérdések

I. Milyen típusú mosógépe van? típus

II. Felültöltős vagy előltöltős a mosógépe? **1.** felültöltős **2.** előltöltős

III. Hány éves a mosógépe?

1. 0-5 éves **2.** 6-10 éves **3.** 11-15 éves **4.** 16 évnél idősebb

IV. Cseréltek- e benne belső gumitömítést? ha igen, mikor?

1. igen, cseréltek hónapja vagy éve **2.** nem cseréltek

V. Melyik helyiségben van a mosógépe?

1. fürdőszoba **2.** konyha **3.** pince, tároló **4.** egyéb :

VI. Abban a helyiségben, ahol a mosógépe van,

a) van-e ablak? **1.** igen **2.** nem

b) ha van ablak, az ablakkeret műanyag vagy más légtömör kialakítású-e?

1. igen **2.** nem

c) ha van ablak milyen gyakran szellőzteti a helyiséget?

1. naponta többször **2.** napi egyszer **3.** heti többször **4.** ritkábban

d) van-e szellőző a helyiségben? **1.** igen **2.** nem

e) van-e működőképes páraelszívó? **1.** igen **2.** nem

f) fűtési szezonban hogyan fűti ezt a helyiséget?

1. folyamatosan **2.** napközben fűtöm, estére nem

3. napközben csak 0,5-1 órára **4.** nem fűtöm

g) milyen típusú fűtés van?

1. radiátoros fűtés
2. hőszigetelő
3. gázkonvektor
4. padlófűtés
5. falfűtés
6. cserépkályha, vaskályha
7. fűtetlen, külső lehűlő fal nélkül
8. fűtetlen, külső lehűlő fallal

h) mi a fal felület jellemző anyaga?

1. beton
2. diszperziós/műanyag festék
3. mészsík, páraáteresztő (lélegző) vakolat
4. penészgátló festék
5. fűrészporos tapéta
6. üvegszálalás tapéta
7. mosható tapéta
8. fa lamella, parafa
9. kerámia, csempe
10. egyéb:

VII. Abban a helyiségben teregeti ki, szárítja a mosott ruhákat, ahol a mosógépe van?

1. igen
2. részben ott, de máshol is
3. nem

C) Mosógép használatával kapcsolatos kérdések

I. Milyen gyakran használja a mosógépét?

1. naponta
2. heti 2-3 alkalommal
3. heti egyszer
4. kéthetente

II. Milyen gyakran mos 60°C-on?

1. naponta
2. hetente 2-3 alkalommal
3. hetente egyszer
4. kéthetente
5. ritkábban

III. Milyen gyakran mos 90°C-on?

1. naponta
2. hetente 2-3 alkalommal
3. hetente egyszer
4. kéthetente
5. ritkábban

IV. Milyen típusú tisztítószer használ általában a mosáshoz?

1. folttisztító
2. mosópor
3. folyékony mosószer
4. mosószóda
5. mosódió
6. lanolin (gyapjú mosószer)

V. Szokott-e indítani ruha nélküli mosófunkciót 60^o-on a mosógép tisztítása, fertőtlenítése céljából?

1. igen, heti rendszerességgel 2. igen, havonta 3. igen, ritkábban, mint havonta
4. nem

VI. Szokott-e indítani ruha nélküli mosófunkciót 90 °C-on a mosógép tisztítása, fertőtlenítése céljából?

1. igen, heti rendszerességgel 2. igen, havonta 3. igen, ritkábban, mint havonta
4. nem

VII. Használ-e fertőtlenítő oldatot (pl. Sanitol) az öblítő funkcióhoz?

1. igen, heti rendszerességgel 2. igen, havonta 3. igen, ritkábban, mint havonta
4. nem

VIII. Van-e szárítófunkció a mosógépén? 1. igen 2. nem

IX. Amennyiben van szárítófunkció is a gépén milyen gyakran használja?

1. minden mosás után 2. naponta 3. heti 2-3 alkalommal 4. heti egyszer
5. kéthetente 6. havonta 7. nem használom

X. Letörli-e a mosószer maradékot a mosógép ajtajának pereméről használat után?

1. igen 2. nem

XI. Nyitva hagyja-e a mosógépet használat után? 1. igen 2. nem

XII. Tapasztalt-e már sötét színű elszíneződést a mosógépében a következő helyeken?

1. munkalap (fedéllap) 2. mosószer vagy öblítő adagoló rész
3. ajtónyílás-tömítés (üstszejgumi) 4. forgódob és mosószerfelfogó üst
5. belső gumigyűrű tömítéseken 6. egyéb:

XIII. Amennyiben talált ilyen sötét színű elszíneződést, milyen módon próbálta eltávolítani?

1. klórtartalmú vegyszerek (hypo) 2. szerves tisztítószer
3. egyéb vegyszer: 4. lesikálás 5. átmosás magas hőfokon
6. egyéb módon: 7. nem próbáltam eltávolítani

XIV. Mennyire volt hatékony a módszere?

1. teljes mértékben eltűnt 2. csak részben tűnt el 3. egyáltalán nem tűnt el

XV. Ha sikerült eltüntetni, mennyi idő múlva jelent meg újra?

1. pár napon belül 2. 1-2 hét múlva 3. 1 hónap múlva
4. több mint 1 hónap után

XVI. Mikor volt a legutóbbi mosás?

1. kevesebb mint 2 órája 2. a mai napon 3. egy napja 4. két-három napja
5. egy hete

Köszönjük, hogy kitöltötte kérdőívünket!

A vizsgálatot végző munkatárs tölti ki:

Minta azonosító:

A mosógépről fénykép van nincs

A mosószer adagolóból vett minta:

a mintatartály üresen..... g, mintával együtt..... g

A tömítések mellől vett minta:

a mintatartály üresen.....g, mintával együtt.....g

A mintavétel időpontja:

A táptalajra oltás időpontja:

A mosógép jellemzése 1-10 skálán:

Melléklet 3. Kérdőív a ballonos vízadagolók használatára vonatkozóan

Kérdőív a ballonos vízadagolók üzemeltetésére vonatkozóan

A helyes választ kérem aláhúzni (adott esetben többet is lehet), illetve a kérdésekre a választ megadni

I. Milyen gyakran fogyaszt a vízből?

1. naponta 2. hetente 2-3 alkalommal 3. hetente egyszer
4. 2-3 hetente 5. ritkábban 6. soha

II. Ön, vagy kollégája felfigyelt-e szokatlan ízre a víz fogyasztásakor?

1. igen 2. nem

III. Ön, vagy kollégája felfigyelt-e szokatlan szagra a víz fogyasztásakor?

1. igen 2. nem

IV. Ön, vagy kollégája tapasztalt-e bármilyen egyéb problémát a vízzel?

1. igen 2. Nem a., ha igen, mit?

V. Ballonos vízadagoló helyiségében megforduló személyek köre:

1. ott dolgozók 2. vásárlók 3. páciensek 4. egyéb:

VI. Ballonos vízadagoló helyiségében a szellőztetés gyakorisága:

1. naponta többször 2. napi egyszer 3. heti többször
4. ritkábban 5. soha

VII. Ballonos vízadagolót használó személyek köre:

1. ott dolgozók 2. vásárlók 3. páciensek 4. egyéb:

VIII. Fertőtlenítést végzők köre:

1. szerviz 2. személyzet 3. senki

IX. Fertőtlenítés gyakorisága:

1. gyakrabban, mint havonta 2. 1-2 havonta 3. 3-4 havonta
4. 5-6 havonta 5. évente 6. ritkábban 7. soha

X. Utolsó fertőtlenítés időpontja:

XI. Egyéb karbantartás utolsó időpontja:

XII. A ballonos víz mindig ugyanattól a forgalmazótól származik?

1. igen 2. nem

a., Ha nem, egyéb márkák:

.....
.....

XIII. Utolsó balloncsere időpontja:

XIV. Jellemzően milyen gyakorisággal rendelnek ballonokat?

1. hetente 2. havonta 3. 2-3 havonta
4. félévente 5. évente 6. ritkábban

XV. Jellemzően mennyi ballont rendelnek?

1. 1-5 db 2. 6-10 db 3. 11-20 db 4. többet

XVI. Jellemzően mennyi ideig tárolják a bontatlan ballonokat?

1. legfeljebb 2 hétig 2. legfeljebb 2-4 hétig
3. legfeljebb 2-3 hónapig 4. legfeljebb fél évig
5. volt rá példa, hogy tovább tárolták, mint 6 hónap

XVII. Jellemzően milyen gyakran szellőztetik a ballonok tárolására szolgáló helyiséget?

1. naponta többször 2. napi egyszer 3. heti többször
4. ritkábban 5. soha

Köszönjük, hogy kitöltötte a kérdőívet!

A vizsgálatot végző tölti ki:

I. Minta azonosító:

II. Mintavevők:

III. Mintavétel időpontja:

IV. Intézmény neve, címe:

.....
.....

V. Intézmény jellege:

1. kórház 2. gyógyszertár 3. laboratórium 4. egyéb:

VI. Kapcsolattartó neve:

VII. Kapcsolattartó elérhetősége:

VIII. Ballonos vízadagoló helyiségének jellege:

1. konyha, étkező 2. ügyféltér, váróterem
3. folyósó 4. egyéb:

IX. Ballonos vízadagoló helyiségében van-e penészgomba?

1. igen 2. nem

X. Ballonos vízadagoló helyiségében van-e szellőzés (működő szellőzőrendszer, légbevezető rés, hagyományos (nem műanyag keretes) ablak, ill. műanyag keretes ablak légbevezetővel)?

1. igen 2. nem

XI. Ballonos vízadagoló helyiségében van-e páraelszívó?

1. igen 2. nem

XII. Ballonos vízadagoló helyiségében a mért

a., hőmérséklet:

b., páratartalom:

XIII. A ballonos vízadagolót napsugárzás érheti-e?

1. igen 2. nem

XIV. Ballonos vízadagoló típusa, gyártója:

.....
.....
XV. OTH engedély:

XVI. Hozzáférhető-e a használati útmutató?

1. igen 2. nem

a., Ha igen, milyen fertőtlenítésre vonatkozó előírásokat tartalmaz? (fénykép)

.....
.....
XVII. A ballonos vízadagoló rendelkezik-e puffer-tartállyal?

1. igen 2. nem

XVIII. A ballonos vízadagolóval szénsavas víz készíthető-e?

1. igen 2. nem

XIX. Ballonos víz forgalmazója:

.....
XX. Mintavétel kezdetekor a ballonban lévő víz mennyisége:

.....
XXI. Ballon lejárat ideje:

XXII. Ballon anyaga:

.....
XXIII. Ballonok tárolására szolgáló helyiségnek jellege:

1. konyha, étkező 2. ügyféltér, váróterem
3. folyosó 4. raktár 5. egyéb:.....

XXIV. Ballonok tárolására szolgáló helyiségnek van-e ablaka?

1. igen 2. nem

XXV. Ballonok tárolására szolgáló helyiségben van-e szellőző?

1. igen 2. nem

XXVI. Ballonok tárolására szolgáló helyiségben van-e páraelszívó?

1. igen 2. nem

XXVII. Ballonok tárolására szolgáló helyiségben a mért

a., hőmérséklet:

b., páratartalom:

XXVIII. A ballonokat napsugárzás érheti-e?

1. igen 2. nem

XXIX. Egyéb megjegyzések:

.....
.....
.....

Melléklet 4. A különböző országokból a PBR-be importált árukon és csomagolóanyagokon kimutatott gombák listája

Gombataxon	Termék típusa ("gazda")	Származási ország ismeretlen:importált, de eredete nem ismert	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonsítás típusa	GenBank azonosító
<i>Acremonium</i> sp.	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael	saját adat	T714D/-	morfológiai	-
<i>Alternaria</i> sp.	sárgadinnye (<i>Cucumis melo</i>)	D-Amerika	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Alternaria</i> sp.	mandarin (<i>Citrus reticulata</i>)	Törökország	saját adat	T738/-	morfológiai	-
<i>Alternaria</i> sp.	datolyaszilva (<i>Diospyros kaki</i>)	ismeretlen	saját adat	T744B/-	morfológiai	-
<i>Aspergillus awamori</i>	fa raklap	Kína	saját adat	T206A/-	molekuláris	-
<i>Aspergillus carbonarius</i>	mazsola (<i>Vitis vinifera</i>)	Kína	Varga et al. 2010	-	molekuláris (ITS)	-
<i>Aspergillus flavus</i>	babérlevél (<i>Laurus nobilis</i>)	ismeretlen	Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus flavus</i>	örölt feketebors (<i>Piper nigrum</i>)	ismeretlen	Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus nidulans</i>	örölt feketebors (<i>Piper nigrum</i>)	ismeretlen	Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus niger</i>	babérlevél (<i>Laurus nobilis</i>)	ismeretlen	Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus niger</i>	örölt feketebors (<i>Piper nigrum</i>)	ismeretlen	Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	eper (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>)	Görögország	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	szecsuáni bors (<i>Zanthoxylum</i> spp.)	Kína	saját adat	T704/SZMC26843	morfológiai	-

Gombataxon	Termék típusa ("gazda")	Származási ország		Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonsítás típusa	GenBank azonosító
		ismeretlen:importált, de eredete nem ismert					
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)		Izrael	saját adat	T714E/SZMC26876	molekuláris (ITS)	MW301406
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)		Izrael	saját adat	T714F/SZMC26877	molekuláris (ITS)	MW301405
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)		Izrael	saját adat	T714G/SZMC26878	molekuláris (ITS)	MW301403
<i>Aspergillus</i> sp.	kábeldob		India	saját adat	T635A/SZMC24953	molekuláris (ITS)	MW301428
<i>Aspergillus</i> sp.	kábeldob		India	saját adat	T635B/-	morfológiai	-
<i>Aspergillus</i> sp.	csilipaprika (<i>Capsicum annuum</i>)		India	saját adat	T699/SZMC26866	molekuláris (ITS)	MW301435
<i>Aspergillus terreus</i>	őrölt feketebors (<i>Piper nigrum</i>)	ismeretlen		Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus tubingensis</i>	eukaliptusz tea (<i>Eucalyptus</i> sp.)		NA	saját adat	T206B/SZMC21822	molekuláris	-
<i>Aspergillus tubingensis</i>	eukaliptusz tea (<i>Eucalyptus</i> sp.)		NA	saját adat	T206C/SZMC21823	molekuláris	-
<i>Aspergillus ustus</i>	babérlevél (<i>Laurus nobilis</i>)	ismeretlen		Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Aspergillus versicolor</i>	őrölt feketebors (<i>Piper nigrum</i>)	ismeretlen		Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Chaetomium</i> sp.	papírtekercs (bobina)		Srí Lanka	saját adat	T562B/SZMC24314,24359	morfológiai	-
<i>Clonostachys</i> sp.	földimogyoró héj falában (<i>Arachis hypogea</i>)	ismeretlen		saját adat	-	morfológiai	-
<i>Chromelosporium</i> sp.	virágföld		Cseh Köztársaság	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Cladosporium</i> sp.	eper portok (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>)		Görögország	saját adat	T737B/SZMC27060	morfológiai	-

Gombataxon	Termék típusa ("gazda")	Származási ország ismeretlen:importált, de eredete nem ismert	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Colletotrichum orbiculare</i>	sárgadinnye (<i>Cucumis melo</i>)	D-Amerika	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Colletotrichum acutatum</i>	eper (<i>Fragaria × ananassa</i>)	ismeretlen	Dormannsné et al. 2006	-	morfológiai	-
<i>Colletotrichum acutatum</i>	áfonya (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	Lengyelország	Oros, unpublished	-	morfológiai	-
<i>Colletotrichum</i> sp.	orchidea (Orchidaceae)	ismeretlen	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Corticium</i> sp.	fenyőkéreg mulcs (Pinaceae)	Németország	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Fusarium guilinense</i>	sárkánygyümölcs (<i>Hylocereus</i> sp.)	Vietnám	saját adat	T700C/SZMC26869	molekuláris (ITS)	MW301437
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	Molnár et al. 2015	FVB 1	molekuláris (ef1a)	KC599237
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	Molnár et al. 2015	FVB 2	molekuláris (ef1a)	KC599238
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	Molnár et al. 2015	FVB 3	molekuláris (ef1a)	KC599239
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	Molnár et al. 2015	FVB 4	molekuláris (ef1a)	KC599240
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	Molnár et al. 2015	FVB 5	molekuláris (ef1a)	KC599241
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	Molnár et al. 2015	FVB 6	molekuláris (ef1a)	KC599242
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	Molnár et al. 2015	FVB 7	molekuláris (ef1a)	KC599243
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Kolumbia	Molnár et al. 2015	FVB 14	molekuláris (ef1a)	KC599250
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Costa Rica	Molnár et al. 2015	FVB 18	molekuláris (ef1a)	KC599251

Gombataxon	Termék típusa ("gazda")	Származási ország ismeretlen:importált, de eredete nem ismert	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonsítás típusa	GenBank azonosító
<i>Fusarium musae</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Costa Rica	Molnár et al. 2015	FVB 19	molekuláris (ef1a)	KC599252
<i>Fusarium napiforme</i>	ananász (<i>Ananas comosus</i>)	Costa Rica	saját adat	T690/SZMC26701	molekuláris (ITS)	MW301429
<i>Fusarium napiforme</i>	bio banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Dominikai Köztársaság	saját adat	T698B/SZMC26865	molekuláris (ITS)	MW301434
<i>Fusarium</i> sp.	sárgadinnye (<i>Cucumis melo</i>)	D-Amerika	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Fusarium</i> sp.	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Kolumbia	saját adat	T631/SZMC24946	morfológiai	-
<i>Fusarium</i> sp.	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ghána	saját adat	T638/-	morfológiai	-
<i>Fusarium</i> sp.	ananász (<i>Ananas comosus</i>)	Costa Rica	saját adat	T663/SZMC25886,26482	molekuláris (ITS)	MW301404
<i>Fusarium</i> sp.	ananász (<i>Ananas comosus</i>)	Costa Rica	saját adat	T666/SZMC26943	morfológiai	-
<i>Fusarium</i> sp.	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Kolumbia	saját adat	T672/-	morfológiai	-
<i>Fusarium</i> sp.	főzőbanán (<i>Musa</i> sp.)	Ekvádor	saját adat	T697/SZMC26863	molekuláris (ITS)	MW301432
<i>Fusarium</i> sp.	sárgágyümölcs (<i>Hylocereus</i> sp.)	Vietnám	saját adat	T700B/SZMC26868	morfológiai	-
<i>Fusarium</i> sp.	sárgágyümölcs (<i>Hylocereus</i> sp.)	Vietnám	saját adat	T700D/SZMC26870	molekuláris (ITS)	MW301438
<i>Fusarium</i> sp.	bio kurkuma (<i>Curcuma longa</i>)	ismeretlen	saját adat	T745B/-	morfológiai	-
<i>Fusarium verticillioides</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Elefántcsontpart	Molnár et al. 2015	FVB 8	molekuláris (ef1a)	KC599244
<i>Fusarium verticillioides</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Elefántcsontpart	Molnár et al. 2015	FVB 9	molekuláris (ef1a)	KC599245
<i>Fusarium verticillioides</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Elefántcsontpart	Molnár et al. 2015	FVB 10	molekuláris (ef1a)	KC599246
<i>Fusarium verticillioides</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Elefántcsontpart	Molnár et al. 2015	FVB 11	molekuláris (ef1a)	KC599247

Gombataxon	Termék típusa ("gazda")	Származási ország ismeretlen:importált, de eredete nem ismert	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Fusarium verticillioides</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Elefántcsontpart	Molnár et al. 2015	FVB 12	molekuláris (ef1a)	KC599248
<i>Fusarium verticillioides</i>	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Elefántcsontpart	Molnár et al. 2015	FVB 13	molekuláris (ef1a)	KC599249
<i>Geotrichum</i> sp.	főzőbanán (<i>Musa</i> sp.)	Guatemala	saját adat	T696A/SZMC26861	morfológiai	-
<i>Monilinia fructicola</i>	őszibarack (<i>Prunus persica</i> 'Michellini')	Olaszország és Spanyolország	Petróczy and Palkovics 2006	-	molekuláris	-
<i>Mucor</i> sp.	főzőbanán (<i>Musa</i> sp.)	Guatemala	saját adat	T696B/SZMC26862	molekuláris (ITS)	MW301431
<i>Mucor</i> sp.	sárkánygyümölcs (<i>Hylocereus</i> sp.)	Vietnám	saját adat	T700A/SZMC26867	molekuláris (ITS)	MW301436
<i>Mucor</i> sp.	eper, talaj (<i>Fragaria × ananassa</i>)	Görögország	saját adat	T737A/SZMC27059	morfológiai	-
Mucorales	papírtekerics (bobina)	Srí Lanka	saját adat	T562C/SZMC24315,24360	morfológiai	-
<i>Nectria galligena</i>	almafa hajtások (<i>Malus domestica</i>)	ismeretlen	Mező et al. 2001	-	morfológiai	-
<i>Oidium calanchoeae</i>	korallvirág (<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>)	ismeretlen	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Oidium</i> sp.	pompás kutyatej (<i>Euphorbia millii</i>)	ismeretlen	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Ophiostoma</i> sp.	fenyőkéreg mulcs (Pinaceae)	Németország	Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Paecilomyces</i> sp.	papírtekerics (bobina)	Srí Lanka	saját adat	T562D/SZMC24316,24361	morfológiai	-
<i>Paecilomyces</i> sp.	kábeldob	India	saját adat	T635D/SZMC24955	molekuláris (ITS)	
<i>Penicillium citrinum</i>	bio banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Dominikai Köztársaság	saját adat	T698A/SZMC26864	molekuláris (ITS)	MW301433
<i>Penicillium claviforme</i>	örölt feketebors (<i>Piper nigrum</i>)	ismeretlen	Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-

Gombataxon	Termék típusa ("gazda")	Származási ország		Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonsítás típusa	GenBank azonosító
		ismeretlen:importált, de eredete nem ismert					
<i>Penicillium corylophilum</i>	őrölt feketebors (<i>Piper nigrum</i>)	ismeretlen		Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Penicillium glabrum</i>	babérlevél (<i>Laurus nobilis</i>)	ismeretlen		Šarić and Škrinjar 2008	-	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael		saját adat	T594/SZMC24549	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	sárkánygyümölcs (<i>Hylocereus</i> sp.)	Vietnám		saját adat	T700E/SZMC26871	molekuláris (ITS)	MW301439
<i>Penicillium</i> sp.	csillagánizs (<i>Illicium verum</i>)	Vietnám		saját adat	T705/SZMC26844	morfológiai	-
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	rododendron (<i>Rhododendron</i> sp.)	Hollandia		Bakonyi 2011	-	molekuláris	-
<i>Phytophthora nicotianae</i>	virághagyma (<i>Lilium</i> cvs 'Stargazer'; 'London')	ismeretlen		Bakonyi et al. 2001	-	molekuláris	-
<i>Phytophthora</i> sp.	fokföldi ibolya (<i>Saintpaulia ionantha</i>)	ismeretlen		Vajna 2007	-	morfológiai	-
<i>Rhizoctonia solani</i>	fűmag (<i>Lolium perenne</i> and <i>Festuca</i> sp.)	Hollandia		Vajna and Oros 2005	-	morfológiai	-
<i>Scopulariopsis</i> sp.	papírtekercs (bobina)	Srí Lanka		saját adat	T562F/SZMC24318,24363	morfológiai	-
<i>Scopulariopsis</i> sp.	papírtekercs (bobina)	Srí Lanka		saját adat	T562G/SZMC24319,24364	morfológiai	-
<i>Sporothrix</i> sp.	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael		saját adat	T714B/-	morfológiai	-
<i>Talaromyces rubrifaciens</i>	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael		saját adat	T714A/SZMC26875	molekuláris (ITS)	MW301407
<i>Trichoderma</i> sp.	fadoboz	Kína		saját adat	T518/SZMC23867	morfológiai	-
<i>Trichoderma</i> sp.	narancs (<i>Citrus × sinensis</i>)	Görögország		saját adat	T729/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	kávé (<i>Coffea arabica</i>)	NA		saját adat	T628/SZMC24942	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	kábeldob	India		saját adat	T635C/SZMC24954	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael		saját adat	T714C/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	gránátalma (<i>Punica granatum</i>)	Izrael		saját adat	T714H/SZMC26879	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	eper (<i>Fragaria × ananassa</i>)	Görögország		saját adat	T737C/SZMC27061	morfológiai	-

Gombataxon	Termék típusa ("gazda")	Származási ország ismeretlen:importált, de eredete nem ismert	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonsítás típusa	GenBank azonosító
Ismeretlen sp.	eper (<i>Fragaria × ananassa</i>)	Görögország	saját adat	T737D/SZMC27062	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	fokhagyma (<i>Allium sativum</i>)	Kína	saját adat	T750/-	morfológiai	-
<i>Verticillium</i> sp.	bio kurkuma (<i>Curcuma longa</i>)	ismeretlen	saját adat	T745C/-	morfológiai	-
tiszta	mazsola (<i>Vitis vinifera</i>)	Kína	Varga et al. 2010	-	molekuláris (ITS)	-
tiszta	mazsola (<i>Vitis vinifera</i>)	Irán	Varga et al. 2010	-	molekuláris (ITS)	-
tiszta	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Kamerun	saját adat	-	-	-
tiszta	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Kolumbia	saját adat	-	-	-
tiszta	banán (<i>Musa × paradisiaca</i>)	Ekvádor	saját adat	-	-	-
tiszta	szójapaszta (<i>Glycine max</i>)	Kórea	saját adat	T703A/-	-	-
tiszta	kurkuma (<i>Curcuma longa</i>)	India	saját adat	T703B/-	-	-

Melléklet 5. Mosógépek gombaszennyezettsége

1. táblázat Mosógépekből izolált és azonosított gombataxonok listája

Gombataxon	Törzskód	GenBank azonosító			Mosógép típusa	A mintavétel helye	Mosógép kora (év)	Szerző
		ITS	<i>tef1a</i>	<i>cal</i>				
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	SZMC 23194	MH171928	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Aspergillus insuetus</i>	SZMC 23192	-	-	MH177010	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Aspergillus jensenii</i>	SZMC 23179	-	-	MH177007	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Aspergillus jensenii</i>	SZMC 23206	-	-	MH177011	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Aspergillus niger</i>	SZMC 23164	-	-	MH177005	felültöltős	gumitömítések	0-5	saját adat
<i>Aspergillus</i> sp.	SZMC 23195	MH171929	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	SZMC 23122	MH166849	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	SZMC 23147	MH166852	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	SZMC 23154	MH166859	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	SZMC 23141	MH166860	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	SZMC 23130	MH166865	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Candida orthopsilosis</i>	SZMC 23129	MH166846	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Candida orthopsilosis</i>	SZMC 23171	MH171915	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Candida orthopsilosis</i>	SZMC 23118	MH166853	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23127	MH166841	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23125	MH166854	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23136	MH166857	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23143	MH166861	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23138	MH166863	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23131	MH166864	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23139	MH166866	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23145	MH166867	-	-	előltöltős	gumitömítések	0-5	saját adat
<i>Candida parapsilosis</i>	SZMC 23133	MH166868	-	-	előltöltős	gumitömítések	0-5	saját adat
<i>Cladosporium halotolerans</i>	SZMC 23174	MH171918	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat

Gombataxon	Törzskód	GenBank azonosító			Mosógép típusa	A mintavétel helye	Mosógép kora (év)	Szerző
		ITS	<i>tef1a</i>	<i>cal</i>				
<i>Cladosporium halotolerans</i>	SZMC 23207	MH171937	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Cladosporium</i> sp.	SZMC 23188	MH171925	MH213259	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Clavicipitaceae</i> sp.	SZMC 23205	MH171936	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Clavicipitaceae</i> sp.	SZMC 23205	-	MH213263	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Cutaneotrichosporon dermatis</i>	SZMC 23140	MH166842	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Cutaneotrichosporon dermatis</i>	SZMC 23119	MH166843	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Cutaneotrichosporon dermatis</i>	SZMC 23135	MH166844	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Cutaneotrichosporon dermatis</i>	SZMC 23116	MH166847	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Cutaneotrichosporon dermatis</i>	SZMC 23120	MH166848	-	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Cutaneotrichosporon dermatis</i>	SZMC 23124	MH166856	-	-	felültöltős	gumitömítések	0-5	saját adat
<i>Cutaneotrichosporon jirovecii</i>	SZMC 23132	MH166851	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Exophiala</i> sp.	T664	-	-	-	-	-	-	saját adat
<i>Exophiala</i> sp.	SZMC 23204	MH171935	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Fusarium</i> cf. <i>oxysporum</i>	SZMC 23168	MH171913	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Fusarium</i> cf. <i>oxysporum</i>	SZMC 23169	MH171914	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Fusarium</i> cf. <i>oxysporum</i>	SZMC 23190	MH171926	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Fusarium</i> cf. <i>oxysporum</i>	SZMC 23208	MH171938	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Fusarium</i> cf. <i>solani</i>	SZMC 23172	MH171916	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Fusarium</i> cf. <i>solani</i>	SZMC 23182	MH171922	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Fusarium</i> cf. <i>solani</i>	SZMC 23203	MH171934	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Fusarium fujikuroi</i> species complex	SZMC 23185	MH171923	MH213256	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Fusarium oxporum</i> species complex	SZMC 23197	MH171931	MH213262	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Fusarium oxporum</i> species complex	SZMC 23210	MH171940	MH213265	-	felültöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat

Gombataxon	Törzskód	GenBank azonosító			Mosógép típusa	A mintavétel helye	Mosógép kora (év)	Szerző
		ITS	<i>tef1a</i>	<i>cal</i>				
<i>Fusarium proliferatum</i>	SZMC 23180	MH171921	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Fusarium</i> sp.	SZMC 23209	MH171939	MH213264	-	felültöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Helotiales</i> sp.	SZMC 23165	MH171912	-	-	felültöltős	gumitömítések	0-5	saját adat
<i>Helotiales</i> sp.	SZMC 23134	MH171930	MH213261	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Helotiales</i> sp.	SZMC 23201	MH171932	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	0-5	saját adat
<i>Meyerozyma guilliermondii</i>	SZMC 23128	MH166840	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Meyerozyma guilliermondii</i>	SZMC 23126	MH166855	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Meyerozyma guilliermondii</i>	SZMC 23144	MH166858	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Mucor spinosus</i>	SZMC 23173	MH171917	MH213253	-	felültöltős	gumitömítések	6-10	saját adat
<i>Penicillium chrysogenum</i>	SZMC 23178	MH171920	MH213254	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Penicillium chrysogenum</i>	SZMC 23191	MH171927	MH213260	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Penicillium citrinum</i>	SZMC 23170	-	MH213252	-	előltöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Penicillium terrigenum</i>	SZMC 23184	-	-	MH177008	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Penicillium viridicatum</i>	SZMC 23186	-	-	MH177009	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Phialemoniopsis curvata</i>	SZMC 23202	MH171933	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Pichia membranifaciens</i>	SZMC 23123	MH166850	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	11-15	saját adat
<i>Pleosporales</i> sp.	SZMC 23167	-	MH213251	-	felültöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Pleosporales</i> sp.	SZMC 23199	-	-	MH177012	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Pleosporales</i> sp.	SZMC 23200	-	-	MH177013	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	SZMC 23113	MH166839	-	-	felültöltős	gumitömítések	11-15	saját adat
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	SZMC 23115	MH166845	-	-	felültöltős	mosószer adagoló	> 16	saját adat
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	SZMC 23114	MH166862	-	-	előltöltős	mosószer adagoló	6-10	saját adat
<i>Scolecobasidium</i> sp.	SZMC 23187	MH171924	MH213258	-	előltöltős	gumitömítések	0-5	saját adat
<i>Sordariomycetes</i> sp.	SZMC 23175	MH171919	-	-	felültöltős	gumitömítések	> 16	saját adat
<i>Trichoderma orientale</i>	SZMC 23166	-	-	MH177006	felültöltős	gumitömítések	0-5	saját adat

2. táblázat A gombataxonok száma a magyar háztartások egyes mintavételezett mosógépeiben.

A „*” a baktériumokkal benőtt mintákat jelöli. NA: nincs adat, E: előtöltős, F: felültöltős, 1: tiszta, 2: közepesen szennyezett, 3: erősen szennyezett.

Mosógép sorszáma	Kora	Típusa	Vizuális értékelés (helyszíni szemle)	Taxonok száma
1	NA	F	2	0
2	NA	F	3	1
3	0-5	E	2	2
4	11-15	F	2	3
5	NA	F	3	6
6	NA	F	3	1
7	NA	F	3	0
8	NA	F	3	1
9	6-10	F	2	3
10	0-5	E	2	1
11	11-15	E	3	3
12	0-5	F	2	0
13	16+	F	2	2
14	6-10	E	2	3
15	16+	F	3	3
16	16+	F	2	1
17	6-10	F	2	2
18	6-10	F	3	5
19	0-5	F	2	1
20	16+	F	3	3
21	6-10	E	2	4
22	11-15	F	3	1
23	16+	F	2	1
24	11-15	E	3	3
25	16+	F	2	1
26	6-10	F	3	0
27	6-10	E	2	3
28	16+	F	2	2
29	0-5	F	2	1
30	0-5	F	2	0
31	0-5	E	2	3
32	0-5	E	2	0
33	0-5	E	2	4
34	0-5	F	2	1

Mosógép sorszama	Kora	Típusa	Vizuális értékelés (helyszíni szemle)	Taxonok száma
35	NA	F	3	2
36	6-10	F	2	0
37	16+	F	3	4
38	6-10	F	1	6
39	6-10	F	3	5
40	6-10	F	2	0
41	0-5	E	2	0
42	6-10	F	2	0
43	6-10	F	3	4
44	0-5	E	2	2
45	6-10	E	3	2
46	6-10	E	2	3
47	0-5	E	2	1
48	16+	F	2	2
49	0-5	E	2	2
50	6-10	F	3	2
51	16+	F	2	3
52	0-5	E	2	3
53	0-5	E	2	2
54	6-10	E	2	0
55	0-5	F	3	2
56	0-5	F	2	0
57	0-5	F	3	1
58	0-5	F	2	2
59	0-5	E	2	2
60	0-5	F	2	2
61	0-5	F	1	0

Melléklet 6. A ballonos vízadagoló készülékekből izolált és azonosított gombataxonok listája

Gombataxon	Törzskód	Minta	Azonosítás típusa	GenBank azonosító		Relatív gyakoriság a mintában	Referencia
				ITS	tef1 α		
<i>Acremonium egyptiacum</i>	B2131C	hidegvíz	Molekuláris	MT320780	-	0,27	Perdomo et al., 2011 (FN706550)
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	B2078	hidegvíz	Molekuláris	-	MZ190340	-	-
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	B2080	hidegvíz	Molekuláris	MT320766	-	0,97	Perdomo et al., 2011 (NR_149332)
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	B2131B	hidegvíz	Molekuláris	MT320775	MZ190338	0,2	Perdomo et al., 2011 (NR_149332)
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	B2081	melegvíz	Molekuláris	MT320773	-	0,98	Perdomo et al., 2011 (NR_149332)
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	B03TB	csepptálca	Molekuláris	-	MZ190332	-	-
<i>Acremonium</i> sp.	B20A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,33	-
<i>Acremonium</i> sp.	B2242B	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,27	-
<i>Acremonium</i> sp.	B4003B	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,02	-
<i>Acremonium</i> sp.	B4005A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	1	-
<i>Acremonium</i> sp.	B4402A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,94	-
<i>Acremonium</i> sp.	B11CB	csap	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Acremonium</i> sp.	B22TD	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Acremonium</i> sp.	B33TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Aspergillus jensenii</i>	B19CSA	csap	Molekuláris	MT320779	-	-	Jurjevic et al., 2012 (NR_135444)
<i>Aspergillus</i> sp.	B2132C	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,53	-
<i>Aspergillus</i> sp.	B2245D	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,04	-

Gombataxon	Törzskód	Minta	Azonosítás típusa	GenBank azonosító		Relatív gyakoriság a mintában	Referencia
				ITS	tef1 α		
<i>Aspergillus steynii</i>	B2132B	hidegvíz	Molekuláris	-	MZ190334	0,02	-
<i>Aureobasidium</i> sp.	B2245G	hidegvíz	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Aureobasidium</i> sp.	B14TD	csepptálca	Molekuláris	-	MZ190333	-	-
<i>Blastobotrys</i> sp.	B4008C	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,08	-
<i>Cadophora malorum</i>	B2130D	hidegvíz	Molekuláris	MT320771	-	0,07	Harrington et al., 2001 (NR_145268)
<i>Candida oleophila</i>	B37TC	csepptálca	Molekuláris	MT320774	-	-	Vu et al., 2016 (NR_155224)
Chaetothyriales sp.	B2244E	hidegvíz	Molekuláris	-	MZ190326	0,13	-
<i>Cladosporium cladosporoides</i>	B16HA	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,29	-
<i>Cladosporium cladosporoides</i>	B19TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Cladosporium halotolerans</i>	B2130A	hidegvíz	Molekuláris	MT320762	-	0,79	Zalar et al., 2007 (NR_119605/DQ780364)
<i>Cladosporium</i> sp.	B2132F	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,07	-
<i>Cladosporium</i> sp.	B05TB	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.	B09TB	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.	B09TC	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.	B19TB	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.	B23TC	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.	B30T	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Cryptococcus</i> sp.	B4009A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,93	-
<i>Cylindrocarpon</i> sp.	B4390B	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,47	-
<i>Cystobasidium minutum</i>	B15TB	csepptálca	Molekuláris	-	MZ190335	-	-
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	B2242A	hidegvíz	Molekuláris	MT320776	-	0,04	Scorzetti et al., 2002 (NR_103568/AF444627)
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	B14TC	csepptálca	Molekuláris	MT320767	-	-	Scorzetti et al., 2002 (NR_103568/AF444627)

Gombataxon	Törzskód	Minta	Azonosítás típusa	GenBank azonosító		Relatív gyakoriság a mintában	Referencia
				ITS	tef1 α		
<i>Cystobasidium slooffiae</i>	B2130B	hidegvíz	Molekuláris	MW166334	-	0,13	Scorzetti et al., 2002 (NR_103568/AF444627)
<i>Didymella protuberans</i>	B2245A	hidegvíz	Molekuláris	MT320764	-	0,02	Aveskamp et al., 2010 (NR_135993/GU237853)
<i>Exophiala alcalophila</i>	B0708C	csap	Molekuláris	MT320777	-	-	De Hoog et al., 2011 (NR_111624)
<i>Exophiala equina</i>	B4003A	hidegvíz	Molekuláris	MT320769	-	0,7	De Hoog et al., 2011 (NR_111627)
<i>Exophiala lecanii-corni</i>	B2242C	hidegvíz	Molekuláris	MT320770	MZ190330	0,63	Prenafeta-Boldu et al., 2006 (NR_145351/AY857528)
<i>Exophiala lecanii-corni</i>	B4003D	hidegvíz	Molekuláris	MT320768	-	0,14	Prenafeta-Boldu et al., 2006 (NR_145351/AY857528)
<i>Exophiala</i> sp.	B11CA	csap	Molekuláris	-	MZ190337	-	-
<i>Fusarium dimerum</i>	B02TC	csepptálca	Molekuláris	MT320778	-	-	Schroers et al., 2009 (NR_137706)
<i>Fusarium</i> sp.	B2132G	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,16	-
<i>Geotrichum</i> sp.	B2244B	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,07	-
<i>Gliomastix polychroma</i>	B2245B	hidegvíz	Molekuláris	MT320759	-	0,02	Kiyuna et al., 2011 (NR_119408)
<i>Gliomastix</i> sp.	B33TB	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Meyerozyma guilliermondii</i>	B02TA	csepptálca	Molekuláris	MT320761	-	-	Vu et al., 2016 (KY104252)
<i>Oidiodendron</i> sp.	B31TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Paecilomyces</i> sp.	B19CSA	csap	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Penicillium chrysogenum</i>	B2132A	hidegvíz	Molekuláris	MT320763	MZ190336	0,05	Houbraken et al., 2012 (NR_111815)
<i>Penicillium</i> sp.	B4008A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,82	-

Gombataxon	Törzskód	Minta	Azonosítás típusa	GenBank azonosító		Relatív gyakoriság a mintában	Referencia
				ITS	tef1 α		
<i>Penicillium</i> sp.	B15CSA	csap	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp.	B20TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp.	B23TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp.	B23TB	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Phaeoramularia</i> sp.	B4397MA	melegvíz	Morfológiai	-	-	0,5	-
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	B32TA	csepptálca	Molekuláris	-	MZ190328	-	-
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	B2130C	hidegvíz	Molekuláris	-	MZ190339	-	-
<i>Pyricularia</i> sp.	B34CSA	csap	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B2245E	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,14	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B2245F	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,07	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B02TB	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B0708T	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B09TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B14TB	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B15TC	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	B28TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Sarocladium kiliense</i>	B2244D	hidegvíz	Molekuláris	-	MZ190325	0,36	-
<i>Scopulariopsis</i> sp.	B22TE	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
<i>Simplicillium cylindrosporum</i>	B2132E	hidegvíz	Molekuláris	MT320760	-	0,33	Nonaka et al., 2013 (NR_111023)
<i>Simplicillium lanosoniveum</i>	B4009B	hidegvíz	Molekuláris	MT320765	MZ190331	0,05	Nonaka et al., 2013 (NR_111025)
<i>Simplicillium minatense</i>	B2132D	hidegvíz	Molekuláris	-	MZ190329	0,27	-
<i>Simplicillium minatense</i>	B22TA	csepptálca	Molekuláris	-	MZ190327	-	-
<i>Simplicillium</i> sp.	B4008B	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,003	-
<i>Talaromyces</i> sp.	B23TD	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-

Gombataxon	Törzskód	Minta	Azonosítás típusa	GenBank azonosító		Relatív gyakoriság a mintában	Referencia
				ITS	tef1 α		
<i>Trichosporon</i> sp.	B37TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
Ismeretlen Hyphomycetes sp.	B09TD	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
Ismeretlen Hyphomycetes sp.	B2131A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,1	-
Ismeretlen Hyphomycetes sp.	B2244A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,07	-
Ismeretlen Hyphomycetes sp.	B4007A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,08	-
Ismeretlen Hyphomycetes sp.	B4390A	hidegvíz	Morfológiai	-	-	0,5	-
Ismeretlen Hyphomycetes sp.	B14MA	melegvíz	Morfológiai	-	-	0,8	-
Ismeretlen élesztő sp.	B03TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-
Ismeretlen élesztő sp.	B05TA	csepptálca	Morfológiai	-	-	-	-

Melléklet 7. A technológiai fejlődési megatrenddel összefüggésbe hozható gombataxonok

1. táblázat A technológiai fejlődési megatrenddel összefüggésbe hozható izolált, törzsgyűjteménybe helyezett és azonosított gombataxonok listája

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Absidia</i> sp./ <i>Mucor</i> sp.	vonat szellőzőrendszerében	saját adat	T244A/-	morfológiai	-
<i>Acremonium restrictum</i>	fürdőszoba mennyezetén	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Acremonium</i> sp.	műanyag padló alatt	saját adat	T464D/SZMC23384	morfológiai	-
<i>Acrostalagmus</i> sp.	gipszkartonon	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Alternaria botrytis</i>	konyhai kerámia csempe alatt	saját adat	T457A/SZMC23263	molekuláris (ITS)	MW301409
<i>Alternaria</i> sp.	split típusú légkondicionáló beltéri egységében található ventilátorkeréken	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Alternaria</i> sp.	páramentesítő gépek kondenzátorának lamelláin	saját adat	T591D/SZMC24541	molekuláris (ITS)	MW301419
<i>Alternaria</i> sp.	split típusú légkondicionáló beltéri egységében található ventilátorkeréken	saját adat	T743/-	morfológiai	-
<i>Alternaria</i> sp.	split típusú légkondicionáló beltéri egységében található ventilátorkeréken	saját adat	T752A/-	morfológiai	-
<i>Aspergillus awamori</i>	vonat szellőzőrendszerében	saját adat	T207/SZMC21824	molekuláris	-

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Aspergillus flavus</i>	hulladéklerakótelep levegője	saját adat	T231A/-	molekuláris	-
<i>Aspergillus flavus</i>	gabonátárház levegője	Magyar et al. 2011a	T180A	molekuláris	
<i>Penicillium freii</i>	gabonátárház levegője	Magyar et al. 2011a	T180B	molekuláris	
<i>Penicillium islandicum</i>	gabonátárház levegője	Magyar et al. 2011a	T180G	molekuláris	
<i>Aspergillus flavus</i>	légkezelő egységben	saját adat	T320/SZMC21800	molekuláris	-
<i>Aspergillus niger</i>	konyhai elszívó zsírszűrőjén	saját adat	T233A/SZMC21825	molekuláris	-
<i>Aspergillus niger</i>	szaunában	saját adat	T260/SZMC21177	molekuláris	-
<i>Aspergillus sclerotiorum</i>	irodában, műanyag tapéta alatt	saját adat	T531A/SZMC23935	molekuláris (ITS)	MW301424
<i>Aspergillus sect. Circumdati</i>	gipszkartonon	saját adat	T513/SZMC23862	morfológiai	-
<i>Aspergillus sect. Flavi</i>	uszoda levegőjében	saját adat	T349E/SZMC22391	morfológiai	-
<i>Aspergillus sect. Flavi</i>	split típusú légkondicionáló levegőjéből	saját adat	T462/SZMC23379	molekuláris	-
<i>Aspergillus sect. Nigri</i>	sószoza levegőjéből	saját adat	T530D/SZMC23933	morfológiai	-
<i>Aspergillus sp.</i>	kőzetgyapot szigetelésről	saját adat	TM01/-	morfológiai	-
<i>Aspergillus sp.</i>	páramentesítő gép levegő elszívójáról	saját adat	Tp561A/24262	molekuláris (ITS)	MW301412
<i>Aspergillus sydowii</i>	gipszkartonon	saját adat	T672C/SZMC26954	morfológiai	-
<i>Aspergillus sydowii</i>	linóleum alatt	saját adat	T759B	morfológiai	
<i>Aspergillus westerdijkiae</i>	székkárpitról	saját adat	T187/-	molekuláris	-
basidiomycetes sp.	rézcsövek	saját adat	T451/-	morfológiai	-

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Baudoinia compniacensis</i>	acetonban és etanolban gazdag levegőjú nyomdában, az épület fém paneljein	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Beauveria</i> sp.	sószoza levegőjéből	saját adat	T530A/SZMC23930	morfológiai	-
<i>Bjerkandera adusta</i>	irodaház szellőző rendszeréből	saját adat	T323/SZMC21803	molekuláris	-
fekete élesztő sp.	ajtó fémkerete	saját adat	T491B/SZMC23645	morfológiai	-
fekete élesztő sp.	fürdőszoba, szilikon tömítőanyag	saját adat	T659B/SZMC25882	morfológiai	-
<i>Byssochlamys</i> sp.	páramentesítő gép levegő elszívójáról	saját adat	Tp589B/24535	morfológiai	-
<i>Cephalophora tropica</i>	pellet kazán fűtőanyag raktár	Magyar 2015	-	morfológiai	-
<i>Chaetomium interruptum</i>	irodában, műanyag tapéta alatt	saját adat	T531B/SZMC23937	molekuláris (ITS)	MW301425
<i>Chaetomium</i> sp.	páramentesítőgép kondenzátor lamelláin	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Chaetomium</i> sp.	konyhai kerámia csempe alatt	saját adat	T457D/SZMC23266	morfológiai	-
<i>Cladosporium halotolerans</i>	fürdőszoba	Gostinčar et al. 2009	-	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.	páraáteresztő membránok (tető)	saját adat	T487A/SZMC23627	morfológiai	-
<i>Cladosporium</i> sp.	fürdőszoba ablak	saját adat	T491A/-	morfológiai	-
<i>Cladosporium</i> sp.	páramentesítőgép kondenzátor lamelláin	saját adat	Tp561C/SZMC24347	molekuláris (ITS)	MW301413
<i>Cladosporium</i> sp.	split típusú légkondicionáló beltéri egységében található ventilátorkeréken	saját adat	T752B/-	morfológiai	-

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Cladosporium</i> sp.	armaflex (zártcellás nitrilgumi hablemez)	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Cladosporium verrucocladosporioides</i>	páramentesítőgép kondenzátor lamelláin	saját adat	T591E/SZMC24544	molekuláris (ITS)	MW301421
<i>Clonostachys</i> sp.	Na-akrilát dekorgolyók	saját adat	T395B/SZMC22543	morfológiai	-
<i>Cryptococcus</i> sp.	szellőzőrendszer (szalámigyár)	saját adat	T246I/-	morfológiai	-
<i>Dicyma ampullifera</i>	gipszkartonon	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Dicyma olivacea</i>	gipszkartonon	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Didymella</i> sp.	úszómedence fólia	saját adat	T500A/SZMC23689	molekuláris (ITS)	MW301410
<i>Didymella</i> sp.	úszómedence fólia	saját adat	T500B/SZMC23690	molekuláris (ITS)	MW301411
<i>Emericella nidulans</i>	hulladéklerakótelep levegője	saját adat	T231B/-	molekuláris	-
<i>Iodophanus carneus</i>	garázs gipszkarton fala	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Microascus paisii</i>	épületfal belsejében (szálloda)	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Microascus trigonosporus</i>	műanyag tapéta alatt	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Minimelanolocus verruculosus</i>	erjesztő borospince etanol kibocsátó kéménye	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Mucor</i> sp.	"szupervályog fal" belsejében	saját adat	T532/SZMC23941	morfológiai	-
<i>Nothophoma spiraeae</i>	páramentesítőgép kondenzátor lamelláin	saját adat	Tp561F/SZMC24350	molekuláris (ITS)	MW301415
<i>Ostracoderma</i> sp.	cserepes pumicit	saját adat	T528/SZMC23927	morfológiai	-
<i>Paecilomyces</i> sp.	beltéri komposztáló gép	saját adat	-	morfológiai	-

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Paeococcomyces catenatus</i>	szellőzőrendszer (bevásárlóközpont)	saját adat	T195/SZMC12644	molekuláris	-
<i>Paeococcomyces</i> sp.	szellőzőrendszer (irodaház)	saját adat	T739/SZMC27275	morfológiai	-
<i>Paraphoma radicina</i>	ruhaszárítógép	saját adat	T591B/SZMC24539	molekuláris (ITS)	MW301418
<i>Penicillium adametzoides</i>	páramentesítógép levegő	saját adat	TP596/SZMC24543	molekuláris (ITS)	MW301420
<i>Penicillium chrysogenum</i>	számítógép CPU/hűtőventilátor	saját adat	T191A/SZMC12641	molekuláris	-
<i>Penicillium olsonii</i>	páramentesítógép levegő	saját adat	Tp576A/SZMC24493	molekuláris (ITS)	MW301417
<i>Penicillium polonicum</i>	porkamra (szellőzőrendszer)	saját adat	T311A/SZMC21932	molekuláris	-
<i>Penicillium</i> sp.	kőzetgyapot (MMVF) szigetelés, iskola	saját adat	T423A/SZMC22770	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	tapéta	saját adat	T457C/-	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	gipszkarton	saját adat	T467A/-	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	fűrészporos tapéta alatt	saját adat	T480/SZMC23586	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	sószoba levegőjéből	saját adat	T510/SZMC23758	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	sószoba levegőjéből	saját adat	T515/SZMC23865	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	sószoba levegőjéből	saját adat	T530E/SZMC23934	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	sószoba levegőjéből	saját adat	T530F/SZMC24029	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	sószoba levegőjéből	saját adat	T530G/SZMC24030	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	gipszkarton	saját adat	T571A/SZMC24311	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	hűtőszekrény	saját adat	T621/SZMC24928	morfológiai	-

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Penicillium</i> sp.	könnyűszerkezetes épület ásványigapot szigetelése	saját adat	T680A/SZMC26688	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	könnyűszerkezetes épület ásványigapot szigetelése	saját adat	T680B/SZMC26689	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	kőzetgyapot	saját adat	TM02/-	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	kőzetgyapot	saját adat	TM05/-	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	kőzetgyapot	saját adat	TM06/-	morfológiai	-
<i>Penicillium</i> sp.	páramentesítő ventilátorán	saját adat	Tp561D/SZMC24348	molekuláris (ITS)	MW301414
<i>Penicillium</i> sp.	páramentesítőgép kondenzátor lamelláin	saját adat	Tp561G/SZMC24351	molekuláris (ITS)	MW301416
<i>Penicillium</i> sp.	páramentesítőgép levegő	saját adat	Tp595/24542	morfológiai	-
<i>Peyronellaea</i> sp.	fürdőszobai kerámia csempe	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Scolecobasidiella humicola</i>	fürdőszobai kerámia csempe	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Scolecobasidiella humicola</i>	műanyag fogkefe nyél	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Phialophora</i> sp.	sószoza levegőjéből	saját adat	T530C/SZMC23932	morfológiai	-
<i>Pithomyces</i> sp.	páramentesítőgép levegő elszívójában	saját adat	Tp575A/24512	morfológiai	-
<i>Rasamsonia emersonii</i>	komposztálótelep, halom belseje	Sebők et al. 2016b	-	molekuláris (ITS)	-
<i>Rhodotorula</i> sp.	páramentesítőgép csepegtető edényében	saját adat	Tp561H/SZMC24262	morfológiai	-
<i>Rhodotrula</i> sp.	fürdőszoba, szilikon tömítőanyag	saját adat	T659A/SZMC25881	morfológiai	-
<i>Samsoniella</i> sp.	páramentesítőgép kondenzátor lamelláin	saját adat	Tp561E/SZMC24349	molekuláris (ITS)	MW301426

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
<i>Samsoniella</i> sp.	páramentesítőgép levegő	saját adat	Tp577/SZMC24494	molekuláris (ITS)	MW301427
<i>Scolecobasidiella humicola</i>	fürdőszoba, szilikon tömítőanyag	saját adat	T292/-	morfológiai	-
<i>Scolecobasidium</i> sp.	split típusú légkondicionáló beltéri egységében található ventilátorkeréken	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Sordaria</i> sp.	parketta alatti linóleumon	saját adat	T642/SZMC25540	morfológiai	-
<i>Sporothrix</i> sp.	műanyag padló alatt	saját adat	T464C/SZMC23383	morfológiai	-
<i>Stachybotrys</i> sp.	gipszkartonon	saját adat	T571B/SZMC24514	morfológiai	-
<i>Stachybotrys</i> sp.	konyhai kerámia csempe alatt	saját adat	T457B/SZMC23264	morfológiai	-
<i>Stachybotrys</i> sp.	gipszkartonon	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Thermomyces lanuginosus</i>	komposztálótelep, halom belseje	Sebők et al. 2016b	-	molekuláris (ITS)	-
<i>Triadelphia uniseptata</i>	konténerépület szendvicspanel belseje	saját adat	-	morfológiai	-
<i>Trichoderma citrinoviridae</i>	színház szellőző rendszere	saját adat	T325/SZMC21804	molekuláris	-
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	légkezelő egységben	saját adat	T311B/SZMC21933	molekuláris	-
<i>Trichoderma neotropica/rifaii/camerunense</i>	politejsav	Rózsa Sebők, saját adat	3101	molekuláris (ITS)	-
<i>Trichoderma</i> sp.	split típusú légkondicionáló beltéri egységében található ventilátorkeréken	saját adat	T752C/-	morfológiai	-
<i>Ulocladium</i> sp.	fan coil lamellákon	Magyar 2011	-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	linóleum alatt	saját adat	T573/SZMC24515	morfológiai	-

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
Ismeretlen sp.	műanyag zacskón, a fal üregébe zárva 25 éve	saját adat	T640/SZMC25538	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	szaunában	saját adat	T673/SZMC26693	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	iskolai ragasztó	saját adat	T721B/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	iskolai ragasztó	saját adat	T721C/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	falfesték	saját adat	T740/SZMC27276	morfológiai	-
Ismeretlen hyphomycetes	konyhai elszívó zsírszűrőjén	saját adat	T233B/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	vonat szellőzőrendszerében	saját adat	T244C/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	ásványigapot szigetelés (pince)	saját adat	T359B/SZMC22208	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	konyhai kerámia csempe alatt	saját adat	T457E/SZMC23267	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	páraáteresztő membránok (tető)	saját adat	T505D/SZMC23715	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	sószoza levegőjéből	saját adat	T530B/SZMC23931	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	műanyag tapéta alatt (irodaház)	saját adat	T531C/SZMC23936	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	kőzetgyapot	saját adat	TM07/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	páramentesítő, levegő	saját adat	Tp561I/-	morfológiai	-
Ismeretlen sp.	laminált farostlemez	saját adat	T755C	morfológiai	-
Ismeretlen élesztő sp.	irodában, műanyag tapéta mögött	saját adat	T516D/SZMC23812	morfológiai	-
Ismeretlen élesztő sp.	oltott mésszel festett falon	saját adat	T519/SZMC23868	morfológiai	-
Ismeretlen élesztő sp.	szellőzőrendszer	saját adat	T523/SZMC23872	morfológiai	-

Gombataxon	Modern anyag/eszköz típusa, ahonnan a gombatörzs származik	Szerző	Törzskód/SZMC kód	Azonosítás típusa	GenBank azonosító
Ismeretlen élesztő sp.	iskolai ragasztó	saját adat	T721A/-	morfológiai	-
Ismeretlen élesztő sp.	páramentesítő gép csepegtető edényében	saját adat	Tp561B/24263	morfológiai	-
<i>Zygosporium masonii</i>	orchidea üvegház	Magyar et al. 2011b	-	morfológiai	-
<i>Zygosporium minus</i>	borospince/étterem falán	saját adat	-	morfológiai	-

2. táblázat Sószóbak levegőjéből kimutatott gombataxonok, azok koncentrációi és beltéri-kültéri előfordulásuk

gombataxonok	avg	median	sd	max	avg	median	sd	max
	beltér				kültér			
<i>Aspergillus costaricensis</i>	0.34	0.00	1.86	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Aspergillus clavatus</i>	0.34	0.00	1.86	10.00	1.03	0.00	3.10	10.00
<i>Aspergillus sydowii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	1.86	10.00
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Circumdati</i>	0.69	0.00	2.58	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Fumigati</i>	2.76	0.00	7.97	30.00	28.97	0.00	138.88	750.00
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nidulans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	1.86	10.00
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	3.10	0.00	8.06	40.00	2.76	0.00	7.02	30.00
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Versicolores</i>	1.03	0.00	4.09	20.00	6.55	0.00	33.41	180.00
<i>Aspergillus</i> spp.	4.14	0.00	8.67	40.00	2.76	0.00	6.49	30.00
<i>Aureobasidium</i> sp.	0.34	0.00	1.86	10.00	0.34	0.00	1.86	10.00
<i>Bipolaris spicifera</i>	0.34	0.00	1.86	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Beauveria</i> sp.	0.34	0.00	1.86	10.00	0.34	0.00	1.86	10.00
<i>Cephalotrichum</i> spp.	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	16.71	90.00
<i>Cladosporium</i> spp.	88.97	50.00	97.52	380.00	294.83	250.00	296.58	950.00
<i>Curvularia</i> sp.	0.34	0.00	1.86	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Epicoccum nigrum</i>	0.34	0.00	1.86	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eurotium</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	3.71	20.00
<i>Fusarium</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	2.58	10.00
<i>Geomyces</i> sp.	0.34	0.00	1.86	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Geotrichum</i> sp.	0.69	0.00	3.71	20.00	1.03	0.00	5.57	30.00
<i>Hormographiella</i> sp.	1.03	0.00	5.57	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Monilia</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	2.58	10.00
<i>Mucor plumbeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	1.86	10.00
<i>Paraengyodontium album</i>	6.55	0.00	35.28	190.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Paecilomyces</i> sp.	0.34	0.00	1.86	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Phialophora</i> sp.	0.69	0.00	3.71	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Phoma</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	1.86	10.00

gombataxonok	avg	median	sd	max	avg	median	sd	max
	beltér				kültér			
<i>Penicillium crustosum</i>	0.69	0.00	3.71	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Penicillium italicum</i>	3.45	0.00	18.57	100.00	0.34	0.00	1.86	10.00
<i>Penicillium polonicum</i>	1.72	0.00	9.28	50.00	2.07	0.00	11.14	60.00
<i>Penicillium</i> sp.1.	3.79	0.00	20.43	110.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Penicillium</i> spp.	29.66	20.00	37.27	130.00	56.55	30.00	135.23	730.00
<i>Rhizopus</i> sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	2.58	10.00
<i>Rhodotorula</i> sp.	1.72	0.00	4.68	20.00	0.69	0.00	2.58	10.00
<i>Talaromyces</i> sp.	1.03	0.00	3.10	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Trichoderma</i> sp.	0.69	0.00	2.58	10.00	0.34	0.00	1.86	10.00
<i>Ulocladium</i> sp.	1.03	0.00	3.10	10.00	0.34	0.00	1.86	10.00
egyéb Dematiaceae spp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	1.86	10.00
egyéb élesztő spp.	71.72	50.00	85.40	340.00	87.59	0.00	303.03	1180.00
nem sporuláló sp.1.	0.00	0.00	0.00	0.00	5.86	0.00	17.63	60.00
nem sporuláló spp.	34.83	30.00	29.35	100.00	134.48	70.00	154.38	610.00
össz gomba	262.76	260.00	141.54	540.00	633.10	400.00	724.28	2810.00

3. táblázat Passzív házak levegőjéből kimutatott gombataxonok, azok koncentrációi és beltéri-kültéri előfordulásuk

Gombataxon	beltér								kültér							
	nyár				tél				nyár				tél			
	avg	med	st dev	max	avg	med	st dev	max	avg	med	st dev	max	avg	med	st dev	max
<i>Acremonium</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Alternaria</i> spp.	1,1	0,0	2,9	10	0,0	0,0	0,0	0	0,7	0,0	1,8	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Aspergillus clavatus</i>	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	2,5	0,0	7,0	25	0,4	0,0	1,3	5
<i>Aspergillus sydowii</i>	0,0	0,0	0,0	0	6,4	0,0	12,2	40	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Circumdati</i>	1,8	0,0	4,2	15	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Flavi</i>	0,4	0,0	1,3	5	1,1	0,0	4,0	15	1,1	0,0	2,9	10	0,4	0,0	1,3	5
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Fumigati</i>	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	10,4	5,0	19,6	70
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nidulantes</i>	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	1,4	0,0	2,3	5
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Nigri</i>	34,6	0,0	123,9	465	0,0	0,0	0,0	0	9,6	5,0	23,4	90	0,7	0,0	1,8	5
<i>Aspergillus</i> sect. <i>Versicolores</i>	5,4	0,0	16,2	60	2,1	0,0	8,0	30	1,4	0,0	4,1	15	1,4	0,0	3,1	10
<i>Aspergillus</i> spp.	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5	1,1	0,0	2,9	10	2,1	0,0	4,7	15
<i>Beauveria</i> sp.	0,7	0,0	2,7	10	3,9	0,0	7,4	25	0,7	0,0	2,7	10	1,1	0,0	2,9	10
<i>Botrytis</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	3,6	0,0	10,8	40
<i>Chaetomium</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Cladosporium</i> spp.	383,6	80,0	614,7	2270	38,9	22,5	44,4	155	954,6	565,0	1049,5	3290	116,1	35,0	144,9	455
<i>Epicoccum</i> spp.	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Eurotium</i> spp.	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
<i>Fusarium</i> spp.	2,9	0,0	10,7	40	0,4	0,0	1,3	5	12,1	0,0	34,4	130	0,4	0,0	1,3	5
<i>Geotrichum</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	1,1	0,0	2,9	10
<i>Gonatobotryum</i> sp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Hormographiella</i> spp.	0,7	0,0	1,8	5	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
<i>Mucor</i> sp.	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,7	0,0	2,7	10	0,0	0,0	0,0	0
<i>Myrothecium-szerű</i> sp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Paecilomyces</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,7	0,0	1,8	5
<i>Penicillium digitatum</i>	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
<i>Penicillium</i> sect. <i>Monoverticillata</i>	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0

Gombataxon	beltér								kültér							
	nyár				tél				nyár				tél			
	avg	med	st dev	max	avg	med	st dev	max	avg	med	st dev	max	avg	med	st dev	max
<i>Penicillium</i> spp.	24,6	20,0	25,4	90	32,9	15,0	36,0	120	25,4	15,0	31,3	95	40,0	25,0	57,0	220
<i>Phoma</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5
<i>Pithomyces</i> sp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5
<i>Rhizopus</i> spp.	1,8	0,0	5,4	20	0,4	0,0	1,3	5	3,6	0,0	5,3	15	1,1	0,0	4,0	15
<i>Rhodotorula</i> sp.	2,5	0,0	9,4	35	2,9	0,0	5,1	15	3,6	0,0	13,4	50	15,4	0,0	34,1	125
<i>Sporothrix</i> sp.	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
<i>Talaromyces</i> spp.	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5	1,4	0,0	4,1	15	1,4	0,0	5,3	20
<i>Trichoderma</i> spp.	1,1	0,0	2,1	5	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5
<i>Ulocladium</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0
fekete élesztő spp.	1,4	0,0	5,3	20	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
egyéb élesztő spp.	12,9	10,0	12,7	45	5,7	2,5	6,8	20	7,5	0,0	14,8	50	13,2	10,0	12,0	40
egyéb coelomycetes spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
egyéb hyphomycetes spp.	0,0	0,0	0,0	0	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5	0,4	0,0	1,3	5
nem sporuláló sp.1.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
nem sporuláló sp.2.	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0
nem sporuláló spp.	53,9	52,5	26,3	95	60,4	30,0	124,3	485	145,4	105,0	103,7	380	92,5	57,5	86,0	325
Össz gomba	532,5	245,0	626,4	2415	157,5	132,5	143,4	550	1175,4	707,5	1106,4	3660	305,0	245,0	259,7	960

Melléklet 8. A klíma tolerancia teszt eredményei

1. táblázat RCP 4.5 eredményei a kontrollhoz képest

Törzs	Nap	Átlag _K (mm)	Átlag _{4.5} (mm)	P-érték	Becslés	Standard hiba
<i>Fusarium bubalinum</i> (T700B)	1	14,3	13,4	0,0319 *	-0,9	0,3162
	2	27	24,3	0,00103 **	-2,7	0,5404
	3	36,1	32,4	0,00128 **	-3,7	0,7633
	4	44,8	39,1	0,000452 ***	-5,7	1,023
	5	53,2	45,6	0,000101 ***	-7,6	1,131
	6	60,8	50,8	0,00132 **	-10	2,071
	7	68,3	56	0,00143 **	-12,3	2,577
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (2758)	1	4,4	3,1	1,59e-05 ***	-1,3	0,1414
	2	7,5	5,9	0,000182 ***	-1,6	0,2449
	3	13,7	8,2	1,05e-09 ***	-5,5	0,1732
	4	16	9,8	8,72e-09 ***	-6,2	0,255
	5	19,4	11,9	2,59e-09 ***	-7,5	0,2646
	6	22	13,2	1,98e-09 ***	-8,8	0,3
	7	25,1	15,3	8,11e-11 ***	-9,8	0,2236
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714E)	1	7,3	12,4	5,67e-09 ***	5,1	0,3317
	2	19,8	28,2	<1e-10 ***	8,4	0,2449
	3	29,1	40,6	3,01e-10 ***	11,5	0,5802
	4	36,2	50,9	4,63e-07 ***	14,7	1,417
	5	41,5	60,4	1,71e-08 ***	18,9	1,354
	6	48,2	68,9	9,03e-08 ***	20,7	1,719
	7	54,8	75,8	6,22e-08 ***	21	1,687
<i>Penicillium adametzioides</i> (T594)	1	3,3	2,3	0,00275 **	-1	0,2345
	2	5,7	3,1	1,89e-07 ***	-2,6	0,1581
	3	9,2	4	5,14e-09 ***	-5,2	0,2
	4	11,6	5,3	4,2e-08 ***	-6,3	0,3162
	5	14,3	7,2	9,17e-08 ***	-7,1	0,3937
	6	15,9	8,9	6,08e-07 ***	-7	0,495
	7	18,4	10,5	4,5e-08 ***	-7,9	0,4
<i>Aspergillus niger</i> (T635A)	1	8,1	13,9	4,5e-09 ***	5,8	0,3697
	2	21,2	29,1	6,56e-06 ***	7,9	0,9781
	3	30,6	41,5	9,90e-07 ***	10,9	1,051

Törzs	Nap	Átlag _K (mm)	Átlag _{4,5} (mm)	P-érték	Becslés	Standard hiba
	4	39,1	51,25	7,97e-06 ***	12,15	1,448
	5	44	58,75	6,22e-06 ***	14,75	1,713
	6	49,3	66,75	3,89e-07 ***	17,45	1,534
	7	55,7	74,75	4,96e-06 ***	19,05	2,162
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714F)	1	8,9	13,8	<1e-10 ***	4,9	0,1633
	2	21,1	28,7	2,59e-10 ***	7,6	0,3786
	3	31,3	41	1,52e-05 ***	9,7	1,305
	4	39,3	51,3	0,000241 ***	12	2,163
	5	45,7	61,4	0,000175 ***	15,7	2,731
	6	49,8	69,7	1,44e-06 ***	19,9	2,132
	7	56,6	76,6	2,39e-06 ***	20	2,246
<i>Talaromyces albobiverticillius</i> (T714A)	1	2,9	2,1	0,00546 **	-0,8	0,2121
	2	5,3	4,3	0,000418 ***	-1	0,1732
	3	8,8	6,3	5,26e-06 ***	-2,5	0,2345
	4	12,2	8,7	4,01e-07 ***	-3,5	0,2345
	5	15,9	11,1	8,75e-08 ***	-4,8	0,2646
	6	18,9	13,2	4,47e-07 ***	-5,7	0,3873
	7	22,5	16	2,93e-07 ***	-6,5	0,4183
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714G)	1	7,5	12,4	1,06e-08 ***	4,9	0,3367
	2	20,1	27	7,89e-09 ***	6,9	0,4619
	3	30,2	37,9	1,16e-05 ***	7,7	1,008
	4	37,4	46,8	3,36e-06 ***	9,4	1,091
	5	43,1	56,9	3,19e-06 ***	13,8	1,594
	6	49,9	64,9	6,75e-07 ***	15	1,497
	7	55,6	71,5	1,16e-06 ***	15,9	1,668
<i>Fusarium musae</i> (T698B)	1	7,2	8	0,0248 *	0,8	0,2769
	2	16,5	18,3	0,006792 **	1,8	0,5
	3	26,6	27,2	0,591611	0,6	0,6758
	4	36,8	35,4	0,0226 *	-1,4	0,4761
	5	45,8	42,9	0,0443 *	-2,9	1,128
	6	54,3	49,2	0,00145 **	-5,1	1,142
	7	62	56	0,00215 **	-6	1,414
<i>Fusarium ananatum</i> (T663)	1	6,8	6,5	0,29	-0,3	0,2082
	2	13,6	12,7	0,22	-0,9	0,5538
	3	21,1	20	0,064	-1,1	0,4655
	4	29,6	25,4	0,00018 ***	-4,2	0,7326
	5	36,4	31,7	0,000303 ***	-4,7	0,8699
	6	42,6	38,1	0,000529 ***	-4,5	0,8888
	7	48,2	43,4	0,000695 ***	-4,8	0,9798
	1	3,4	3,5	0,792	0,1	0,3674

Törzs	Nap	Átlag _K (mm)	Átlag _{4,5} (mm)	P-érték	Becslés	Standard hiba
<i>Cladosporium xylophilum</i> (2791)	2	5,6	3,6	0,000301 ***	-1,975	0,2987
	3	9,3	4,7	2,06e-07 ***	-4,6	0,2828
	4	11,8	5,8	5,84e-09 ***	-6	0,2345
	5	14,1	6,3	3,47e-07 ***	-7,7667	0,5896
	6	15,9	7,8	5,79e-09 ***	-8,1	0,3162
	7	18,5	9,5	6,16e-08 ***	-9	0,4743
	<i>Aspergillus flavus</i> (T699)	1	7,6	12,1	<1e-10 ***	4,5
2		17,5	24,9	4,04e-10 ***	7,4	0,383
3		26	34,9	4,04e-08 ***	8,9	0,688
4		34	42,2	7,82e-06 ***	8,2	1,033
5		40,3	46,8	0,00119 **	6,5	1,418
6		45,1	50,4	0,00789 **	5,3	1,507
7		49,4	54	0,0172 *	4,6	1,488

2. táblázat RCP 8.5 eredményei a kontrollhoz képest

Törzs	Nap	Átlag _K (mm)	Átlag _{8,5} (mm)	P-érték	Becslés	Standard hiba
<i>Fusarium bubalinum</i> (T700B)	1	14,3	2	<1e-10 ***	-12,3	0,3651
	2	27	8	<1e-10 ***	-19	0,624
	3	36,1	17,8	2,93e-09 ***	-18,267	0,8814
	4	44,8	24,3	1,68e-08 ***	-20,467	1,181
	5	53,2	31	2,03e-08 ***	-22,2	1,306
	6	60,8	36,17	2,34e-06 ***	-24,633	2,392
	7	68,3	42,3	1,05e-05 ***	-25,967	2,975
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714E)	1	7,3	16,8	<1e-10 ***	9,5	0,3317
	2	19,8	31,1	<1e-10 ***	11,3	0,2449
	3	29,1	43,1	<1e-10 ***	14	0,5802
	4	36,2	53,9	5,96e-08 ***	17,7	1,417
	5	41,5	67,2	4,98e-10 ***	25,7	1,354
	6	48,2	77,1	2,04e-09 ***	28,9	1,719
	7	54,8	85,8	7,26e-10 ***	31	1,687
<i>Aspergillus niger</i> (T635A)	1	8,1	17,6	<1e-10 ***	9,5	0,3697
	2	21,2	29,9	2,41e-06 ***	8,7	0,9781
	3	30,6	39,2	5,75e-06 ***	8,6	0,9909
	4	39,1	46,7	0,000321 ***	7,6	1,365
	5	44	55	5,59e-05 ***	11	1,615
	6	49,3	63,5	1,72e-06 ***	14,2	1,447
	7	55,7	72,1	1,19e-05 ***	16,4	2,038
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714F)	1	8,9	17,7	<1e-10 ***	8,8	0,1633
	2	21,1	30,7	<1e-10 ***	9,6	0,3786
	3	31,3	42,2	4,65e-06 ***	10,9	1,305
	4	39,3	52,3	0,000117 ***	13	2,163
	5	45,7	63,7	4,93e-05 ***	18	2,731
	6	49,8	75,1	1,06e-07 ***	25,3	2,132
	7	56,6	84	7,80e-08 ***	27,4	2,246
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714G)	1	7,5	16,4	<1e-10 ***	8,9	0,3367
	2	20,1	29,4	2,50e-10 ***	9,3	0,4619
	3	30,2	39,5	1,64e-06 ***	9,3	1,008
	4	37,4	48,4	6,32e-07 ***	11	1,091
	5	43,1	59,3	5,80e-07 ***	16,2	1,594
	6	49,9	68,3	7,14e-08 ***	18,4	1,497
	7	55,6	77,8	2,94e-08 ***	22,2	1,668

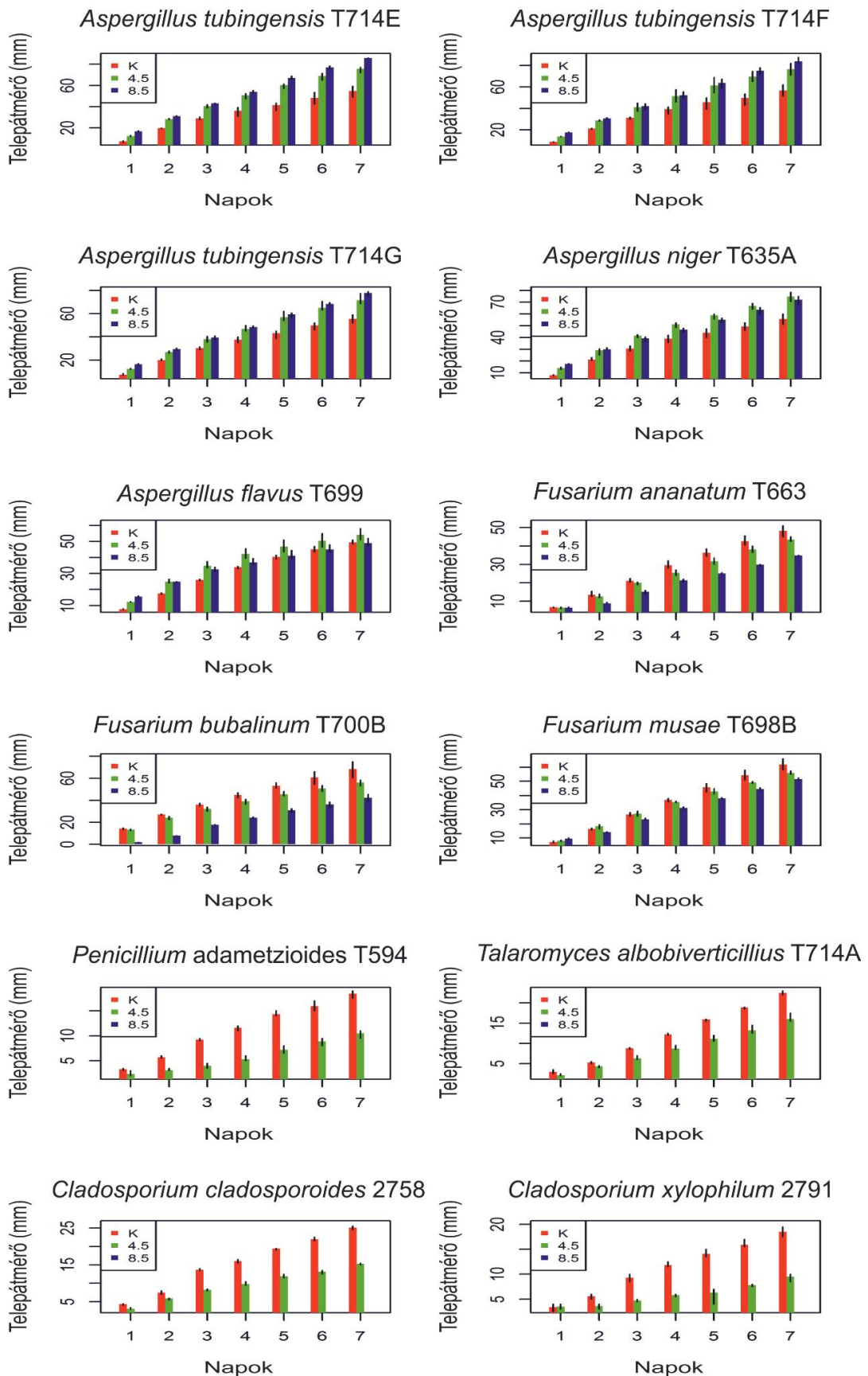
Törzs	Nap	Átlag _K (mm)	Átlag _{s.5} (mm)	P-érték	Becslés	Standard hiba
<i>Fusarium musae</i> (T698B)	1	7,2	9,5	4,92e-06 ***	2,3	0,2769
	2	16,5	14,1	0,000822 ***	-2,4	0,5
	3	26,6	23,1	0,000437 ***	-3,5	0,6758
	4	36,8	31,2	1,17e-07 ***	-5,6	0,4761
	5	45,8	38,1	3,53e-05 ***	-7,7	1,128
	6	54,3	44,5	3,5e-06 ***	-9,8	1,142
	7	62	51,5	1,54e-05 ***	-10,5	1,414
<i>Fusarium ananatum</i> (T663)	1	6,8	6,5	0,29	-0,3	0,2082
	2	13,6	8,9	3,94e-06 ***	-4,7	0,5538
	3	21,1	15,2	5,07e-08 ***	-5,9	0,4655
	4	29,6	21,4	2,02e-07 ***	-8,2	0,7326
	5	36,4	25,1	3,85e-08 ***	-11,3	0,8699
	6	42,6	29,8	1,2e-08 ***	-12,8	0,8888
	7	48,2	34,8	2,15e-08 ***	-13,4	0,9798
<i>Aspergillus flavus</i> (T699)	1	7,6	15,6	<1e-10 ***	8	0,1915
	2	17,5	24,9	4,04e-10 ***	7,4	0,383
	3	26	32,5	1,27e-06 ***	6,5	0,688
	4	34	36,9	0,0288 *	2,9	1,033
	5	40,3	41,1	0,79938	0,8	1,418
	6	45,1	44,9	0,98716	-0,2	1,507
	7	49,4	48,9	0,9216	-0,5	1,488

3. táblázat RCP 4.5 és RCP 8.5 összehasonlítása

Törzs	Nap	Átlag _{4.5} (mm)	Átlag _{8.5} (mm)	P-érték	Becslés	Standard hiba
<i>Fusarium bubalinum</i> (T700B)	1	13,4	2	<0,001 ***	-11,4	0,3651
	2	24,3	8	<0,001 ***	-16,3	0,624
	3	32,4	17,8	<0,001 ***	-14,5667	0,8814
	4	39,1	24,3	<0,001 ***	-14,767	1,181
	5	45,6	31	<1e-04 ***	-14,6	1,306
	6	50,8	36,17	<0,001 ***	-14,633	2,392
	7	56	42,3	0,00250 **	-13,667	2,975
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714E)	1	12,4	16,8	<1e-10 ***	4,4	0,3317
	2	28,2	31,1	<1e-06 ***	2,9	0,2449
	3	40,6	43,1	0,00285 **	2,5	0,5802
	4	50,9	53,9	0,128	3	1,417
	5	60,4	67,2	<0,001 ***	6,8	1,354
	6	68,9	77,1	0,00124 **	8,2	1,719
	7	75,8	85,8	0,000161 ***	10	1,687
<i>Aspergillus niger</i> (T635A)	1	13,9	17,6	<1e-05 ***	3,7	0,3697
	2	29,1	29,9	0,7	0,8	0,9781
	3	41,5	39,2	0,117	-2,3	1,051
	4	51,25	46,7	0,0232 *	-4,55	1,448
	5	58,75	55	0,117	-3,75	1,713
	6	66,75	63,5	0,131	-3,25	1,534
	7	74,75	72,1	0,463	-2,65	2,162
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714F)	1	13,8	17,7	<2e-16 ***	3,9	0,1633
	2	28,7	30,7	<0,001 ***	2	0,3786
	3	41	42,2	0,639	1,2	1,305
	4	51,3	52,3	0,889976	1	2,163
	5	61,4	63,7	0,685	2,3	2,731
	6	69,7	75,1	0,0631	5,4	2,132
	7	76,6	84	0,0163 *	7,4	2,246
<i>Aspergillus tubingensis</i> (T714G)	1	12,4	16,4	<1e-08 ***	4	0,3367
	2	27	29,4	<0,001 ***	2,4	0,4619
	3	37,9	39,5	0,288	1,6	1,008
	4	46,8	48,4	0,34	1,6	1,091
	5	56,9	59,3	0,323	2,4	1,594
	6	64,9	68,3	0,0988	3,4	1,497
	7	71,5	77,8	0,00691 **	6,3	1,668
<i>Fusarium musae</i> (T698B)	1	8	9,5	<0,001 ***	1,5	0,2769
	2	18,3	14,1	<0,001 ***	-4,2	0,5
	3	27,2	23,1	0,000153 ***	-4,1	0,6758
	4	35,4	31,2	<0,001 ***	-4,2	0,4761
	5	42,9	38,1	0,00277 **	-4,8	1,128

Törzs	Nap	Átlag _{4.5} (mm)	Átlag _{8.5} (mm)	P-érték	Becslés	Standard hiba
	6	49,2	44,5	0,00360 **	-4,7	1,142
	7	56	51,5	0,01982 *	-4,5	1,414
<i>Fusarium ananatum</i> (T663)	1	6,5	6,5	1	0	0,2082
	2	12,7	8,9	<0,001 ***	-3,8	0,5538
	3	20	15,2	<0,001 ***	-4,8	0,4655
	4	25,4	21,4	0,000293 ***	-4	0,7326
	5	31,7	25,1	<1e-04 ***	-6,6	0,8699
	6	38,1	29,8	<0,001 ***	-8,3	0,8888
	7	43,4	34,8	<1e-04 ***	-8,6	0,9798
<i>Aspergillus flavus</i> (T699)	1	12,1	15,6	<1e-10 ***	3,5	0,1915
	2	24,9	24,9	1	-8,88E-16	3,83E-01
	3	34,9	32,5	0,0114 *	-2,4	0,688
	4	42,2	36,9	<0,001 ***	-5,3	1,033
	5	46,8	41,1	0,00455 **	-5,7	1,418
	6	50,4	44,9	0,00877 **	-5,5	1,507
	7	54	48,9	0,0131 *	-5,1	1,488

1. ábra A klíma tolerancia kísérletben részt vevő gombatörzsek növekedési eredményei



9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőimnek, Dr. Dobolyi Csabának és Dr. Magyar Donátnak a doktori munkám során nyújtott rengeteg segítséget, kitűnő szakmai tanácsokat és útmutatásokat. Köszönöm nekik, hogy az évek alatt folyamatosan egyengették az utam, és a szakmai tanácsok mellett emberileg is támogattak, bíztattak.

Köszönöm Dr. Kriszt Balázs általános intézetigazgató helyettesnek és Dr. Szoboszlai Sándor tanszékvezetőnek, hogy biztosították a lehetőséget a munka megvalósulásához.

Hálával tartozom a Mikológiai labor volt és jelenlegi munkatársainak, elsősorban Sebők Rózsának és Major Tamásné Ritának, hogy kéréseimmel bármikor fordulhattam hozzájuk, mindig szívesen segítettek.

Köszönöm Dr. Harkai Péternek és Dr. Cserhádi Mátyásnak, hogy jó tanácsaival és bátorító szavaival segített túllendülni a nehézségeken.

Köszönöm Dr. Dura Gyulának és Dr. Benedek Tibornak a dolgozattal kapcsolatos észrevételeiket és javításait.

Köszönöm az Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet valamennyi munkatársának, hogy segítségükkel, támogatásukkal és barátságukkal hozzájárultak munkám elkészüléséhez.

Köszönet illeti Dr. Páldy Annát, Dr. Szigeti Tamást, Dr. Kakucs Rékát, valamint a Nemzeti Népegészségügyi Központ valamennyi levegőhigiénés és vízhiigiénés munkatársát támogatásukért. Köszönöm, hogy bármilyen kérdéssel, kéréssel bátran fordulhattam hozzájuk.

Hálás köszönet a Szegedi Tudományegyetem, Mikrobiológiai Tanszék munkatársainak (kiváltképp Dr. Kredics Lászlónak, Dr. Kocsubé Sándornak és Dr. Marik Tamásnak) a sokéves kutatási együttműködésért és barátságért, mellyel nagy segítségemre voltak jelen dolgozat elkészítésében. Köszönöm az általuk nyújtott szakmai segítséget, megértést és türelmet, melyet az elmúlt hét évben irányomba mutattak.

Végezetül hálával tartozom férjemnek, családomnak és barátaimnak segítségükért, végtelen türelmükért és biztató szavaikért.

Projektek:

Ezt a kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatta a Tématerületi Kiválósági Program 2020, Nemzeti Kihívások Alprogram (TKP2020-NKA-16) keretében.

A 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00239 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Piacvezérelt Kutatás-fejlesztési és Innovációs Projektek támogatása pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti, Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.