

A globális megatrendek hatása az allergén gombákra

Dr. Magyar Donát és Tischner Zsófia



A globális megatrendekről egyre többet hallani, az utóbbi időben számos ezzel foglalkozó tanulmány jelent meg. Ezek azok a nagy ívű tendenciák, melyek befolyásolják a jövőnket, kihatnak az egész földi életre, függ tőlük a gazdaság, az egészségünk és a környezetünk jövője¹. Kíváncsiak voltunk arra, hogy a globális megatrendek milyen hatással vannak a gombákra, hiszen gyakran találkozunk az állatvilágra, a növényvilágra vagy a vírusokra gyakorolt hatásukkal, de a gombákról eddig még nem esett szó.

Három fontosabb megatrendet választottunk ki, aminek hatása lehet a gombákra. Az egyik a változó betegségterhek és világméretű járványok kockázata, itt ugyanis az újonnan előfor-

duló betegségeknek és az új járványoknak való kitettség kockázata együtt növekszik az emberek és a termékek fokozott mobilitásával. A másik megatrend a felgyorsult technológiai változás, hiszen az új technológiák gyökeresen megváltoztatták a világot. Ezek tudvalevőleg számos előnnyel rendelkeznek, de ugyanakkor kockázatokkal is járnak. Végül a harmadik nagy megatrend a klímaváltozás, amelynek egyre súlyosabb következményeivel számolhatunk a jövőben.

AZ ALLERGÉN GOMBÁK ÉS A VILÁGKERESKEDELEM

A gombákra való hatás elsősorban a világkereskedelem egyre növekvő intenzitása révén jelentkezik. Az áru- és a személyforgalom egyre inkább nő, összeköti az egyes éghajlati övezeteket, és ezáltal felgyorsul az a globális folyamat, amelynek során újabb és újabb gombafajok jelenhetnek meg egy ré-

gióban. A vizsgálsorozattal, amit be szeretnék mutatni, áttekintettük, hogy a hazánkba érkező import árucikkek vagy esetleg a turizmus révén ide érkező gombák milyen módon változtatják meg a hazai állapotokat, elsősorban kórokozó és allergén gombák okozta kockázatok tekintetében, illetve hogy az ide került gombák milyen túléléssel rendelkeznek és egyáltalán milyen kockázatokat jelenthetnek ezek az újonnan felbukkanó élő szervezetek.

A világ kereskedelmének nagyon jelentős szeletét teszik ki a különböző mezőgazdasági termékek. Ezek közül is mi elsősorban a déligyümölcsök révén szerettük volna a gombákat vizsgálni, mivel ezekkel nagyon sok gomba juthat be hazánkba különféle trópusi területekről is. A szállítás során tonnaszámra érkehetnek Európába – így hazánkba is – különféle egzotikus küldemények, akár maguk a gyümölcsök vagy a csomagolóanyagok is, és ezek mind lehetnek gombával szennyezettek. A vizsgálat során gombákat gyűjtöttünk különféle árucikkekről, csomagolóanyagokról, importált déligyümölcsökről, zöldségféléről, emellett átnéztük az utóbbi néhány év hasonló vizsgálatait. A gombákat azonosítottuk, és később kísérleteket is végeztünk velük arra vonatkozóan, hogy hogyan hat rájuk a klímaváltozás.

A déligyümölcsöknél egészen magas koncentrációban találtunk gombákat: 62,5%-uk volt szennyezett valamilyen gombával, a fűszereknek pedig a fele. Komoly kórokozó gombákat (pl. *Aspergillus* és *Trichoderma* fajokat) is ki lehetett tenyészteni. Néhány tárgy, illetve termés, amikről mintát vettünk: egy Indiából származó kábeldob egész felszínét penészgombák borították, sőt, a mikroszkópos képen jól látszott, hogy a penészgombákon újabb penészgombák (ún. mikoparaziták) nő-

nek. De a papír csomagolóanyagokon vagy a narancsok és a mandarinok belsejében ugyancsak észrevétlenül lopakodnak a gombák. A narancs esetén ismert jelenség az ún. szívrot-hadás, aminek oka a fertőzött narancs belsejében található *Alternaria*, a jól ismert allergén gombák egyik faja.

Bőrbetegségeket okozó gombák is előfordultak pl. a sárkánygyümölcsön, vagy *Alternaria* a Thaiföldről származó más egzotikus gyümölcsökön.

Számos gombát azonosítottunk: köztük meglepően sok volt a *Fusarium*-faj. A *Fusarium* nemzetség sokak számára ismerős lehet, mivel ez a humán gombás fertőzésekben előforduló második leggyakoribb gombanemzetség². Meglepő módon banán esetén 50% feletti volt a gombafertőzöttség, és a gombák 40%-a *Fusarium* volt. Tehát meglehetősen magas az importált banán *Fusarium* szennyezettsége. A banán a legnagyobb mennyiségben forgalmazott élelmiszer: 2017-ben 18 millió tonnát forgalmaztak belőle a világon, és trópusi területekről (főként Equadorból) importálják³. A szakirodalmi adatok alátámasztják, hogy valóban sokféle *Fusarium*-faj fordul elő a banánokon, és erről magyar közleményt is találtunk⁴. Két faj az, ami nálunk a leggyakrabban megjelenik a banánszállítmányban: az egyik a *Fusarium verticillioides*, a másik a *Fusarium musae*. Mindkettő humán kórokozó. Gyakran olyan személyeket fertőz meg ez a gomba – elsősorban a *Fusarium musae* –, akik korábban nem is jártak banán-termelő országokban, tehát kizárható az, hogy ott egy banánültetvényen vagy akár a szabadban fertőződtek volna meg banánról származó *Fusarium* spórákkal⁵. Szakirodalmi adatok szerint ezek a kórokozók az importált banánon jutnak be Európába. Akik úgy fogyasztják a banánt, hogy utána nem mossák meg alaposan a kezüket, és a szemükbe nyúlnak, azoknál szemfertőzések fordulhatnak elő, legalábbis ez az elmélet, de máig rejtély, hogy pontosan hogyan kerülnek ide ezek a gombák.

Gondoljunk bele abba, hogy a banánhéjon van a gombák nagy része, és a banánhéjakat



Forrás: Wikimedia Commons

Fusarium verticillioides

gyakran eldobálják. A budapesti tájnak is jellegzetes képe, ahogy eldobált banánhéjak vannak mindenhol. Miért is veszélyes ez? Azért, mert a *Fusarium* képes átterjedni a talajra, a fűre, innentől fogva a gomba képes megtelepedni a hazai környezetben. Azonban ez ellen lehet védekezni. Ha megfelelően komposztáljuk a hulladékot, akkor ez a gomba elpusztul, és nem jelent további veszélyt⁶.

Nemcsak a banánnal hurcolják be a *Fusariumot*, több esetben ananászból is izoláltuk. Jól föl lehet ismerni a gombafertőzött ananászt, amennyiben a felületén puha barna foltokat fedezünk föl. Néha rózsaszínű, gyapotszerű micélium is látható ugyanitt. Az ilyen ananászt ne együk meg, mert mikotoxinokat is tartalmazhat. A hulladékot mindenképpen megfelelően kezeljük, ne dobjuk el olyan helyre, ahol a gomba kiszabadulhat a környezetbe. Azok a gombák, amelyek így kapcsolatba kerülnek a hazai növényzettel vagy bekerülnek a talajba, genetikailag keveredhetnek az itteni gombatörzsekkel, és új, esetleg még agresszívebb törzsek is kialakulhatnak⁷.

AZ ALLERGÉN GOMBÁK ÉS A TURIZMUS

Nagyon sokféle mentünk – legalábbis a világjárványt megelőzően –, keresztül-kasul jártuk a világot repülővel vagy más módon. Ennek is megvannak a veszélyei. Egy új-zélandi vizsgálat szerint a repülőgépen utazók cipőiről nyert egy grammnyi talajmintában nyolc különféle kórokozó növényi gomba van⁸. Ezeknek a behurcolása szintén veszélyes lehet, főleg azért, mert a talajban nagyon komoly humán patogén gombák (*Blastomyces dermatitidis*, *Coccidioides* spp., *Histoplasma capsulatum*, *Paracoccidioides brasiliensis*, *Pythium insidiosum*) fordulhatnak elő. Szerencsére ezek Magyarországon nem vagy csak nagyon ritkán fordulnak elő, de közkedvelt turistacélpontokon találkozhatunk velük.

Itt van mindjárt az egyik legvirulensebb patogén gomba, a *Coccidioides immitis*, amely a félsivatagos-sivatagos amerikai területeken él, a

Forrás: CDC Public domain

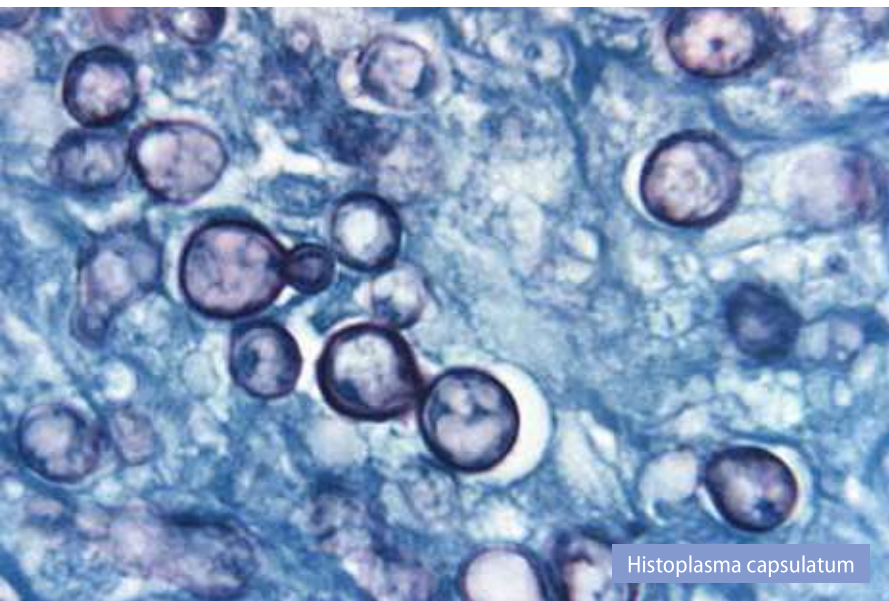


biológiai fegyverek listáján is szerepel, és az ún. Völgy-lázat okozza⁹. Ha belélegezzük a spóráit, akkor köhögés, láz és fejfájás jelentkezhet. A talaj nagy mennyiségben fertőzött ezekkel a spórákkal, főleg Kalifornia területén, de például Washington DC belvárosában is van egy rész, amely fertőzött.

Vannak olyan tevékenységek, melyek kifejezetten kockázatosak a gombával való megfertőződés szempontjából. Ilyen például, ha az ilyen sivatagi területeken quadoznak, drónt eregetnek, vagy ásnak. A talajmozgatással járó műveletek nagy mennyiségű spórát juttatnak a levegőbe, ezért veszélyesek lehetnek. De ilyen például a szélvihar is vagy a földrengések, amelyek után ugrásszerűen megnőnek a fertőzések és az esetszámok, és akár még az állatok is megbetegedhetnek. Az 1994. január 17-én történt northridge-i földrengés után tízszer annyi fertőződés volt, pusztán azért, mert a levegőbe jutott talajszemcsékkel sok gombaspóra is a levegőbe került¹⁰. A Völgy-láz elsősorban az Egyesült Államokban okoz gondot, és az új esetek száma növekvő tendenciát mutat¹¹.

Egy másik nagyon hasonló gomba a *Histoplasma capsulatum*, amely szintén a talajban él. Ez már inkább az Egyesült Államok keleti és középső részére, ott is a vidéki területekre jellemző. Elsősorban az ásás és a szántás az, amivel a levegőbe kerülhet, de például baromfitenyész-





Histoplasma capsulatum

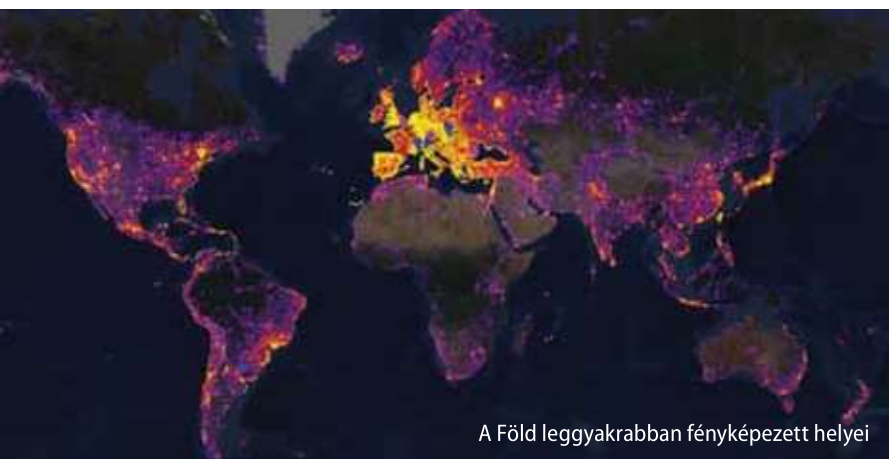
Forrás: Wikimedia Commons

tés során is felszaporodik ez a gomba. Maga a tünet alig észrevehető, enyhe megfázásszerű, azonban a lakosságnak akár a 90%-a is fertőzött lehet, és a gomba a szemben is fertőzéseket okozhat. Olyannyira, hogy az ocularis histoplasmosis Amerikában a vakság egyik fő okozója¹².



A Föld légiforgalma

Forrás: openflights.org



A Föld leggyakrabban fényképezett helyei

Forrás: googlemapsmania

Végül egy bőrbetegséget okozó gombát említenénk, a *Blastomyces dermatitidis*, ami szintén a talajból származik. Általában a gyengébb immunrendszerű, valamilyen alapbetegségben szenvedő embereket betegíti meg. A spóra belélegzése után két héttel már jelentkezhet köhögés, láz, izomfájdalom, ami a bőrre és a csontokra is átterjedhet¹³.

LESZ-E GOMBA EREDETŰ VILÁGJÁRVÁNY?

Milyen esélye van egy gombák által okozott nagyobb járványnak? Az emberiség történetében ilyen még nem fordult elő, de vannak olyan állatfajok, amelyeket éppen most is nagyon komoly gomba eredetű járványok sújtanak. Ilyen például a békákat megtizedelő chytridiomycosis, amit a *Batrachochytrium dendrobatidis* okoz, és eddig már több faj kipusztulását is okozta. Ilyen az *Exophiala cancræ* által kiváltott letargikus rák szindróma¹⁴, vagy a denevérrkolóniák tömeges pusztulását okozó fehérorrúság betegség, amit szintén egy gomba, a *Pseudogymnoascus destructans* okoz¹⁵.

Növények esetén is előfordultak óriási világjárványok, amelyek az emberiség történelmét is átírták. A *Phytophthora infestans* okozta az 1800-as évek közepén az írországi burgonyavészt, ami a „nagy éhínségként” emlegetett esemény kiváltója volt. Akkoriban az éhezõ írek tömegesen vándoroltak ki az Egyesült Államokba, ahol később az ír bevándorlók lezármazottjai komoly hatással voltak Amerika és a világ történelmére.

Mekkora esélye van egy emberi járvány kialakulásának? Ha ránézünk a világ légiforgalmi térképére, akkor látjuk, hogy Európát és az Egyesült Államok északi részét nagyon sűrűn kötik össze a légi járatok, nagyon intenzív áruforgalom zajlik a két terület között, tehát megvan az elvi lehetősége egy gombajárvány kialakulásának. Ha megnézzük azt a térképet is, amelyik a leggyakrabban fotózott turista-célpontokat mutatja, akkor pedig egyértelmű, hogy Európa turisztikai szempontból az egyik legintenzívebben látogatott területnek számít.

Az Európai Unióban bevezetett nagyon szigorú korlátozásoknak köszönhetően tilos talajt, élő növényt vagy fa csomagolóanyagot behozni. Mindennek ellenére, mint minden jogszabálynál, itt is minden azon múlik, hogy betartják és betartatják-e, van-e elég ember arra, hogy a szükséges ellenőrzéseket elvégezzék. Maga a jogszabályi háttér kiválóan ki van építve, megfelelő védelmet biztosítana, de ehhez emberekre és szigorú ellenőrzésekre van szükség¹⁶.

Mi történik, ha a behurcolt gombák „kiszabadulnak”, ha valaki azt a bizonyos banánhéjat nem a szemetesbe dobja, hanem mellé, és onnan a gomba ráterjed a talajra és a növényekre? Ha a behurcolt gomba megtalálja magának a megfelelő feltételeket (hőmérséklet, nedvességtartalom), akkor nagyon gyorsan elterjedhet, és talajlakó gomba esetén gyakorlatilag lehetetlenné válik a kiirtása. Abban az esetben viszont, ha nem megfelelő az éghajlat, akkor a gomba elpusztulhat vagy egy bizonyos rezervoárban, egy menedékhelyen túlélhet. Ezekben a helyeken egy bizonyos kórokozó képes addig meghúzni magát, addig túlélni, amíg megfelelőek nem lesznek a külső környezeti körülmények ahhoz, hogy kiszabaduljon. Tudjuk, hogy az egyik globális megatrend a klímaváltozás, tehát hazánkban is nagyon komolyan számíthatunk arra, hogy felmelegszik az éghajlat. Ezt néha záporok, szélsőséges időjárás kíséri, árvizekre is lehet számítani, tehát megváltozhatnak a külső körülmények, és akkor ezekből a rezervoárokból a gombák kijuthatnak, és akkor ismét szemben állunk a veszéllyel, hogy ezek a gombák elszabadulnak és a környezetünk részévé válnak.

Az üvegházak, a pálmaházak a legjellemzőbb rezervoárok, ahol magas hőmérséklet és magas páratartalom van, trópusi környezetet tartanak fenn magukkal a növényekkel is, és sok gomba bekerül. Néhány évvel ezelőtt vizsgálatot végeztünk egy orchideagyűjteményben, ahol számos különleges gombát, köztük trópusi gombákat is meg lehetett találni¹⁷. Nem meglepő, hogy ebben a környezetben fennma-

radtak a gombák, és akár egy ablaknyitás is elég ahhoz, hogy a spóráik kiszabaduljanak. Nem kell azonban ilyen messzire menni, mert a lakásokban, a mindennapi környezetünkben is vannak olyan extrém élőhelyet biztosító tárgyak, amelyekben a magas páratartalom és a magas hőmérséklet lehetővé teszi, hogy a gombák elszaporodjanak. Az utóbbi években sok ilyen tárgyat – mosogatógép, mosógép, ballonos vízadagoló, páramentesítő készülék¹⁸, jakuzzi, pelletkazán¹⁹ vagy split klíma – megvizsgáltunk. Az alábbi képen egy klímaberendezés beltéri egysége látható, ahol a ventilátorkereket ellepte az *Alternaria*. Ez gyakori jelenség a split klímáknál, ahol lecsapódik a nedvesség és folyamatosan magas a páratartalom.

A másik gomba, amit kábeldobokon és faanyagokon lehet nagy mennyiségben behurcolni, az *Aspergillus niger*. Ezt a gombát két aerobiológiai vizsgálat során is ki tudtuk mutatni jól fűtött szobában. Mindkét eset ugyanúgy zajlott le: a radiátorból kifolyt a víz, és beszivárgott az ágy alá a parkettába. A lakók nem vették észre, és másfél-két évig aludtak egy fekete penészgombatelep felett. Csak a nedvességmérés és az aerobiológiai vizsgálat mutatta ki, hogy a szobában magas a gomba és a mikotoxin koncentráció, a lakóknak pedig már súlyos légúti tünetek voltak.

AZ ALLERGÉN GOMBÁK ÉS A KLÍMAVÁLTOZÁS

Többféle klímaszcenárió van, ami előrejelzi, hogy optimista illetve pesszimista forgatókönyvek szerint milyen éghajlati változásokra számíthatunk²⁰. Azokat a gombákat, amelyeket részben behurcoltak, részben pedig már Magyarországon



Alternaria a klímaberendezés beltéri egységének ventilátorkerekén

Forrás: a szerző saját fotója

gyűjtöttük a levegőből vagy növényekről, egy olyan klímakamrába helyeztük el, amibe beprogramoztuk a következő 100 évben várható hőhullámokat és azokat a körülményeket, amik a gombákra várhatnak. Kíváncsiak voltunk arra, hogyan viselkednek ezek a gombák, mi lesz a sorsuk, hogyan alkalmazkodnak ehhez a környezethez.

Nagyon érdekes, hogy az *Aspergillus niger*, a pesszista klímaszcenárió erős hőhullámai esetén gyorsabban növekedett, egyre több lett belőle. Nem meglepő, hiszen a növekedési optima 35–37 °C. Ellenben a *Cladosporium* fajok, amik a leggyakoribbak a Magyarországon gyűjtött levegőmintákban²¹, mind a két klímaszcenárió esetén nagyon gyengén növekedtek.

A vizsgálatból azt a következtetést lehet levonni, hogy a jelenlegi gombák növekedésének nem kedveznek a jövőben várható hőhullámok, és valószínűleg lényegesen meg fog változni az allergén gombák összetétele a Kárpát-medencében.

ÖSSZEFOGLALÁS

A trópusokról importált árucikkkel és csomagolóanyagokkal számos penészgomba érkezik hozzánk. Kiemelt szerepük van a déligyümölcsöknek – mint nagy tömegben forgalmazott, nehezen ellenőrizhető termékeknek –, melyek kapcsán elsősorban a *Fusarium*-fajok terjedése jelenthet veszélyt. Ha az új gombafajok esetén a hulladékkezelés nem megfelelő, akkor ezek kijutnak és megtelepednek a hazai környezetben. Génjeik összekeveredhetnek a hazai fajokéval, és új patogén törzsek keletkezhetnek, ami megnöveli a humán és állategészségügyi, valamint az élelmiszerbiztonsági kockázatot is, hiszen ezek a gombák mikotoxinokat termelhetnek. A klímaváltozás és a szélsőséges időjárás meg fogja változtatni az allergén gombák összetételét.

Gyakorlati tanácsok: Ha az Egyesült Államokból hazatérve influenzaszerű tünetek jelentkeznek, akkor gondoljunk a hisztoplazmára vagy más talajlakó gombára, amit sokféle szabadidős tevékenység során is észlelhetett a beteg. Kirándulás alatt a banánhéjat, a trópusi gyümölcsök héját ne dobáljuk szét a természetben, és ha ilyen gyümölcsöket fogyasztottunk vagy tisztítottunk, akkor mossunk kezet és ne nyúljunk a szemünkbe, mert ezek szemfertőzéseket okozhatnak. ■

IRODALOM

1. SOER The European Environment: State and Outlook 2015: Assessment of Global Megatrends. Publications Office of the European Commission. European Environment Agency: Copenhagen, Denmark, 2015.
2. Guarro J. Fusariosis, a complex infection caused by a high diversity of fungal species refractory to treatment. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2013; 32: 1491-1500.
3. FAO 2018b Banana Market Review. FAO, Rome, 2017.
4. Molnár O, Bartók T, Szécsi Á. Occurrence of *Fusarium verticillioides* and *Fusarium musae* on banana fruits marketed in Hungary. *Acta Microbiol Immunol Hung* 2015; 62(2): 109-119.
5. Triest D, Hendricks M. Postharvest disease of banana caused by *Fusarium musae*: a public health concern? *PLoS Pathogens* 2016; 12(11): e1005940.
6. Suárez-Estrella F, Vargas-García MC, Elorrieta MA, et al. . Temperature effect on *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* survival during horticultural waste composting. *J Appl Microbiol* 2003; 94(3): 475-482.
7. Stukenbrock EH. The role of hybridization in the evolution and emergence of new fungal plant pathogens. *Phytopathology* 2016; 106(2): 104-112.
8. McNeill M, Phillips C, Young, et al. Transportation of nonindigenous species via soil on international aircraft passengers' footwear. *Biol Invasions* 2011; 13: 2799-2815.
9. Dixon DM. *Coccidioides immitis* as a select agent of bioterrorism. *J Appl Microbiol* 2001; 91(4): 602-605.
10. Schneider E, Hajjeh RA, Spiegel RA, et al. A coccidioidomycosis outbreak following the Northridge, Calif, earthquake. *JAMA* 1997; 277(11): 904-908.
11. Brown J, Benedict K, Park BJ, et al. Coccidioidomycosis: epidemiology. *Clin Epidemiol* 2013; 5: 185.
12. Prasad AG, Van Gelder RN. Presumed ocular histoplasmosis syndrome. *Curr Opin Ophthalmol* 2005; 16(6): 364-368.
13. Oppenheimer M, Embil JM, Black B, et al. Blastomycosis of bones and joints. *South Med J* 2007; 100(6): 570-579.
14. Vicente VA, Orelis-Ribeiro R, Najafzadeh MJ, et al. Black yeast like fungi associated with Lethargic Crab Disease (LCD) in the mangrove-land crab, *Ucides cordatus* (Decapoda). *Vet Microbiol* 2012; 158: 109-122.
15. Drees KP, Lorch JM, Puechmaillie SJ, et al. Phylogenetics of a fungal invasion: origins and widespread dispersal of white-nose syndrome. *MBio* 2017; 8(6), e01941-17.
16. European Commission: New EU plant health rules 2019. https://ec.europa.eu/food/plant/plant_health_biosecurity/legislation/new_eu_rules_en. Elérés: 2020.09.16.
17. Magyar D, Eszéki ER, Oros G, et al. The air spora of an orchid greenhouse. *Aerobiologia* 2011; 27(2): 121-134.
18. Tischner Zs, Kredics L, Vargha M, és mtsai. A háztartási vizes berendezésekben előforduló gombák egészségügyi vonatkozásai. *Amega* 2017; 24(6): 13-18.
19. Magyar D. Pellet stove fuel as a source of fungal contaminants - a case study. *Cent Eur J Occup Environ Med* 2015; 21(1-2): 70-77.
20. Torma Cs. Átlagos és szélsőséges hőmérsékleti és csapadék viszonyok modellezése a Kárpát-medencére a XXI. századra a RegCM regionális klímamodell alkalmazásával. Doktori értekezés. ELTE, Budapest, 2011.
21. Magyar D. Az ÁNTSZ Aerobiológiai Hálózatának tájékoztatója, 2001. „Fodor József” Országos Közegészségügyi Központ, Budapest, 2002.