

HUMANITÁRIUS KATASZTRÓFA ÉS ÖKOLÓGIAI VESZÉLYEK – TÉNYEK A HÍRHEDT NÖVÉNYKÓROKOZÓ *PHYTOPHTHORA*-NEMZETSÉGRŐL

HUMANITARIAN CATASTROPHE AND ECOLOGICAL THREATS – FACTS ABOUT THE INFAMOUS PLANT PATHOGENIC GENUS *PHYTOPHTHORA*

Érsek Tibor

DSc, professor emeritus, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár
ersek.tibor@sze.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

E dolgozat a természettudományok egy szűk, de annál fontosabb területére, a növénykórtanra kívánja felhívni a figyelmet oly módon, hogy a növénykórokozó mikroszervezetek egy különleges csoportjára, a *Phytophthora*-nemzetségre összpontosít. E nemzetség elsőként azonosított képviselője a hírhedt *Phytophthora infestans*, amely a burgonyavész kórokozójaként szörnyű éhínséget váltott ki Írországból a 19. század közepén. Azóta 184 fajjal bővült a nemzetség! Ez a váratlan fajszámrobbanás egyéb tényezők mellett elsősorban a molekuláris azonosítási módszerek elterjedésének tulajdonítható. A nemzetség olyan fajokat, sőt fajhibrideket foglal magában, amelyek többsége igen veszélyes kórokozójaként a *Ph. infestans*-szal vetekszik az ökológiai és a gazdasági jelentősége révén. Következésképpen a mai tényállás és a feltételezés, hogy még több száz faj rejtőzködik a természetben, sajátos kihívás elé állítja a növénykórtani és növényvédelmi szakembereket.

ABSTRACT

The purpose of this report is to introduce readers to a small but important segment of natural sciences, i. e. plant pathology, focusing on the infamous genus *Phytophthora* of plant pathogenic microorganisms. Ever since the finding and description of *Phytophthora infestans* responsible for the mid-19th century Irish famine, a great number of additional species (184 to date) has been discovered. This unexpectedly rapid upswing of species is certainly associated with the advent of molecular techniques and several other factors. The genus *Phytophthora* includes species, moreover, interspecific hybrids that are harmful plant pathogens whose ecological and economic importance is in congruence with that of the 'plant killer' *Ph. infestans*. Therefore, the recent situation and the assumption that there might be several hundreds of as yet unknown species in nature, pose unique challenges to plant pathologists and plant protection experts.

Kulcsszavak: *Phytophthora infestans*, *Phytophthora*-nemzetség, fajszámrobbanás, fajhibridek, evolúciós változások, ökológiai összefüggések, növényvédelmi kihívások

Keywords: *Phytophthora infestans*, the genus *Phytophthora*, species upswing, interspecific hybrids, evolutionary changes, ecological aspects, challenges in plant protection

BEVEZETÉS

Kevés olyan növénykórokozó mikroorganizmus van, vagy tán nincs is, amelyet akkora érdeklődés kísérne, mint a *Phytophthora*-nemzetség fajait (a fitoftórákat). A *Phytophthora*-történet a valószínűleg Amerikából behurcolt *Phytophthora infestans*-szal és az általa előidézett, tragikus kimenetelű burgonyavésszel kezdődött. Írorszámban, 1845-ben és az azt követő három-négy évben a vész hatalmas méretű járvánnyá fajult, amely teljesen kipusztította az írek elsődleges táplálék növényéül szolgáló burgonyát. Nem véletlen tehát, hogy a kórokozó végleges nemzetségneve a görög *phyto* (= növény) és *phthora* (= pusztító) szavakból állt össze: *Phytophthora*, azaz növénypusztító. De akár emberpusztítónak is elnevezhették volna, hiszen ez az átokfutó mikroszervezet valójában humanitárius katasztrófát idézett elő. Ugyanis több mint egymillióan haltak éhen, és legalább ennyien kényszerültek elhagyni Írországot a burgonyavészjárvány nyomán fellépő éhínség miatt. Azóta 184 fajjal bővült a nemzetség! Jó néhányuk olyan ökológiai veszélyeket rejt magában, amelyek alapján akár versenyre is kelhetnek a burgonyavész kórokozójával.

MIK IS EZEK A FITOFTÓRÁK?

A *Ph. infestans* volt az első mikroszervezet, melyet gombaként azonosítottak. Ezt követően újabb és újabb fajokat fedeztek fel a nemzetségben. Később derült ki róluk, hogy voltaképpen identitászavarban szenvednek. A növénykórokozóknak egy olyan sajátos csoportját alkotják ugyanis, amelynek tagjai bár habitusban (a fonalas szerkezet révén) a gombákat idézik, a filogenetikai vizsgálatok alapján nem tekinthetők gombáknak. A régebben moszatgombákként jegyzett fitoftórákat és rokonaikat (például a peronoszpórákat) tehát ma már nem gombákként, hanem gombaszerű szervezetekként tartják számon, és a moszatokkal rokonítva rendszerezik őket. Az igazi gombáktól különböznek – egyben a moszatokhoz hasonlítanak – többek között a riboszomális RNS-ek bizonyos génjeiben, valamint abban, hogy a sejtfaluk glükánokból (glükózmolekulák elágazó polimerjeiből) és nem kitinből (acetil-glükozamin polimerekből) épül fel, illetve életciklusukban a diploid és nem a haploid szakasz dominál. Vannak közöttük bizonyítottan veszedelmes és látszólag kevésbé káros kórokozók egyaránt.

Ivartalan szaporítóképleteik a sporangiumok és e tokszerű képletekben kialakuló zoospórák. Csapadékos időben egy-egy sporangiumból több tucat zoospóra rajozhat ki kétostoros mozgással. Maguk e spórák egysejtűek és sejtfal nélküliek, amelyek különböző vegyi és/vagy mechanikai (például a növényfelülettel való érintkezés) hatásra pillanatokon belül képesek ostoraikat levetve sejtfalas, statikus képletekké alakulni, majd behatolni a növényi szövetbe. Egyes fajok sporangiumai – különösen vízhiányos időben – nem zoospórákkal, hanem közvetlenül

csíráznak, vagyis egy sporangium egyetlen ponton fertőz. Nyilvánvaló, hogy a betegség terjedése és így a járványveszély is akkor nagyobb, amikor a fertőzés a zoospórák tömegéből indul ki.

A nagy populációs diverzitást biztosító ivaros szaporodásuk folyamányaként ún. oospóra (zigóta) fejlődik, amely vastag falának tulajdoníthatóan éveken át képes kiirthatatlanul fennmaradni a talajban és újabb nemzedékeket létrehozni. A fitoftórák egylakiak: hím és női ivarszerveik egyazon telepen képződnek. Van-
nak fajok, amelyeknél az egyesülés ugyanott be is következik (homotallizmus). Más fajoknál (ilyen a *Ph. infestans* is) viszont kétféle párosodási (A1 és A2) típusú egyedek ivarsejtjeinek kölcsönhatása szükséges az ivaros folyamat megvalósulásához (heterotallizmus). Ha a heterotallias fajok adott populációjában nincsenek jelen a mindkét párosodási típust képviselő egyedek (vagyis az ivaros folyamatainak tér- és/vagy időbeli akadályai vannak), akkor az adott faj egyedfejlődése kizárólag az ivartalan ciklusra épül, mint ahogy ama (sterilisnek tartott) fajoké is, amelyek képtelenek ivaros szaporodásra. Ilyenkor a faj klónos szaporodású, vagyis populációja lényegében homogén.

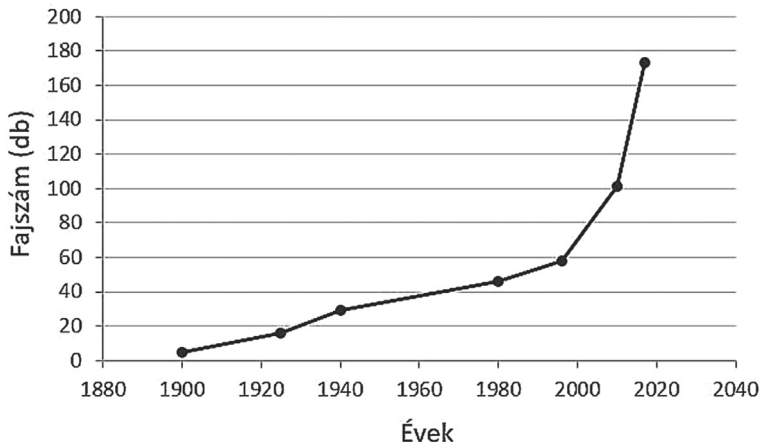
Különlegességük, mondhatni furcsaságuk, no meg a sokféle növényen való súlyos károkozásuk, nem utolsósorban pedig a minden más mikroszervezeténél nagyobb és folyamatosan növekvő fajsza-
muk állítja e szervezeteket a kórtani és növényvédelmi kutatások egyik középpontjába, napjainkban különösen.

A fitoftórákról megjelent összefoglaló munkák sokaságában kiemelkedő jelentőségű a Donald C. Erwin és Olaf K. Ribeiro (1996) által írt kézikönyv, amely szinte mindent magában foglal, amit a fitoftórákról addig tudni lehetett, többek között 58 *Phytophthora*-faj részletes, fenotípusos (morfológiai, élettani, patogenitási) tulajdonságokon nyugvó ismertetését is.

Érdekeség, hogy az első négy fajt (kezdvé a hírhedt *Ph. infestans*szal) még a 19. század utolsó évtizedeiben azonosították, aztán a következő száz évben mintegy 40-et, 1980 és 1996 között pedig tizennégyet írtak le. Ezt követően jött a nagy fordulat, egy valószínű fajsza-
mrobbanás (1. ábra). A mai napig 126-tal gyarapodott a szakszerűen azonosított fajok száma, vagyis jelenleg 184 fajról van tudomásunk (Érsek, 2017)¹.

Egy nemrégiben végzett nemzetközi felmérés szerint (Kamoun et al., 2015) gazdasági és/vagy tudományos szempontból legfontosabb fitoftórafajok, sorrendben: a burgonyát és a burgonya rokon növényeit támadó *Ph. infestans*, a hirtelen tölgyhalálért és egyéb növények pusztulásáért felelős *Ph. ramorum*, a szóját támadó *Ph. sojae*, a paprikát és elsősorban rokon növényeit támadó *Ph. capsici*, valamint az igen sok növényfajt megbetegítő (polifág) *Ph. cinnamomi* és a *Ph. nicotianae* (2. ábra).

¹ A jelzett irodalomban még 173 faj szerepel, 11-et azóta írtak le.



1. ábra. Az azonosított *Phytophthora*-fajok száma a jelzett időpontokban (saját szerkesztés)

Ökológiai szempontból legveszélyesebbnek a *Ph. cinnamomi* és a *Ph. ramorum* tartják. A *Ph. cinnamomi* „biológiai bulldózerként” pusztít Ausztrália és Dél-Afrika természetes és mesterséges ökoszisztémáiban, a nemrégiben felfedezett *Ph. ramorum* pedig Észak-Amerikában és Európában főleg az erdei ökoszisztémák növényfajait tizedeli. A fenti sorrendből kitűnik továbbá, hogy a csaknem másfél évszázados múltra visszatekintő *Ph. infestans* manapság sem minősül lerágott csontnak, hiszen a burgonyán kívül annak rokon növényeit (paradicsomot, padlizsánt stb.) szintén betegíti.

A régebbi, vagyis az 1996-ig ismert fitoftórák faji leírásai kizárólag fenotípusos bélyegeken alapulnak. Tudvalévő azonban, hogy e szervezetek ilyen alapon való azonosítása meglehetősen komplikált feladat. Részben a fajon belül mutatkozó eltérések, esetenként pedig a fajok közötti – gyakran környezetfüggő – átfedések jelentenek buktatót. Fokozza az azonosítási nehézségeket az is, hogy számos faj *in vitro* csak bizonyos stimulusok hatására (vagy még úgy sem) fejleszti ki azokat az ivartalan és/vagy ivaros képleteket, amelyek nélkülözhetetlenek a morfológiai alapú azonosításhoz. Márpedig a kórokozó pontos ismeretének hiánya nehezíti az ellene való védekezés kidolgozását, ami egyébként még ismert faj esetében is nehézségekbe ütközhet, kiváltképp amikor populációjában felülkerekednek az aktuális növényvédő szerrel szemben rezisztens egyedek.

Ugrásszerű fejlődést hozott a fitoftórák kutatásában az, hogy a fenotípusos tulajdonságokon nyugvó és esetenként kételyeket támasztó azonosítási módszer mellé felzárkózott a molekuláris diagnosztika. A molekuláris szintű azonosítások elsősorban a sejtmag riboszomális (r) DNS-e ITS szakaszainak, illetve más nukleáris, valamint mitokondriális gének vagy génszakaszok szekvenálására épülnek. Ezzel nem csupán az azonosítás lett megbízhatóbb, hanem lehetővé vált

a fajok filogenetikai összefüggéseinek feltárása, valamint a populációk genetikai szerkezetének, így a mutációkból és/vagy intra- és interspecifikus kölcsönhatásokból eredő változatosságának megismerése.



2. ábra. A sokgazdás *Phytophthora nicotianae* tetemes károkat okozott liliomon egy hazai kertészetben. A betegség tünetei, illetve a kórokozó ivaros spórái és sporangiuma (a szerző fotója)

Az említett fajszámrobbanás és a vele összefüggő evolúciós folyamatok egyelőre beláthatatlan környezeti veszélyeket rejtnek magukban, és a fitoftórákat továbbra is a tudományos érdeklődés fókuszában tartják. Talán ez a kitüntetett figyelem készítetett egy külföldi szakmabelit, hogy blogjának a következő címet adja *If I were a plant pathogen, I would want to be a Phytophthora species* (Ha növénypatogén volnék, akkor egy fitoftórafaj akarnék lenni, Joey Hulbert: sayasblog.com, 2016. 03. 17.).

ÖKOLÓGIAI ALARM

Parazitizmus

A fitoftórák a legkülönbözőbb (természetes és mesterséges [mezőgazdasági]) ökoszisztémákban fordulnak elő. Egyes fajok jelenleg csak egy-egy régióban ismertek (például a *Ph. nagaii* Japánban), mások viszont (például *Ph. nicotianae*, *Ph. niederhauserii*) valamennyi lakott kontinensen jelen vannak. Érdekes, hogy a legtöbb fajt eddig Európából és az amerikai földrészről jelezték. Amióta – mintegy másfél évtizede – Ausztrália is bekapcsolódott az intenzív kutatásba (külön fitoftórakutató intézet létesült), számos faj kizárólag ott vált ismertté. Ázsiában korábban Japánból, Nepálból és Tajvanról, Afrikát illetően pedig csupán Dél-Afrikából és Elefántcsontpartról jeleztek új fajokat, jóllehet ez a két kontinens potenciális „aranybánya” lehet.

Mai ismereteinken továbblépve elképzelhető az előzőekben vázoltnál bonyolultabb és veszélyesebb fejlemény is, amit néhány példa már eddig is igazol. Egy adott régióban és/vagy ökoszisztémában talált faj ugyanis átterjedhet egyéb élőhelyekre, esetleg spontán kialakulhat más régiókban, illetve ökoszisztémákban. Egy széles körű, huszonegy európai ország több száz kertészetében, faiskolájában, tájkertészeti és egyéb telepített növényállományaiban végzett felmérés szerint a hatvannyolc izolált fitoftórából negyvenhét behurcoltnak tekinthető.

Parazitizmusukat illetően a fajok között vannak széles gazdakörűek (polifágok), mint például a *Ph. niederhauserii*, szűk gazdakörűek, mint a salátát megbetegítő *Ph. lactucae*, illetve olyanok (például a *Ph. stricta*), amelyek szaprotrófnak tűnnek. További veszélyforrás lehet, amikor valamely gazdanövényéről egyéb, főleg rokon növényekre kerülve a szűk gazdaspektrumú fajok kiszélesítik eredeti gazdakörüket, azaz patogenitásukat. Hasonlóképpen a szaprotróf(nak tűnő) fajok (például *Ph. aquimorbida*) megfelelő környezetbe (például víztározóból növényre) kerülve parazitává válhatnak, amire már példa is akad. Ráadásul kiemelt, de talán mégsem oly váratlan veszélyt jelentenek a sokgazdás és nagy ökológiai plaszticitású fajok, így például azok, amelyek tág hőmérsékleti határok között képesek növekedni (például *Ph. borealis*, *Ph. lacustris* stb.). Ez utóbbi tulajdonságuk révén jól alkalmazkodnak a globális éghajlati változásokhoz, elvileg a hőmérsékleti tényezők kevésbé korlátozzák terjedésüket akár észak–déli, akár dél–északi irányban.

Fajhibridek

A fitoftórák evolúciójában fontos szerepet játszik egy adott faj populációjának egyedei között létrejövő (intraspecifikus) géncsere. Am ma már azt is tudjuk, hogy közeli rokon fajok genetikai kölcsönhatása (interspecifikus hibridizáció)

szintén bekövetkezhet, melynek eredményeként fajhibridek keletkeznek. A jelenséget – ami a növény- és állatvilágban régóta ismeretes – a gombák, illetve gombaszerű szervezetek körében sokáig csak feltételezték. Abból kiindulva, hogy valamely növényt egyszerre két vagy több rokon szervezet is megtámadhat, elképzelhető a fertőző fajok közötti genetikai kölcsönhatás. A szerző és munkatársai bizonyították először molekuláris szinten is, hogy – legalábbis laboratóriumi körülmények között – valóban lehetséges két rokon *Phytophthora*-faj hibridizációja, mégpedig az ivartalan szaporítóképletként funkcionáló zoospórák indukált egyesítése révén (Érsek et al., 1995).

Nagyjából ezzel egy időben Nagy-Britannia déli részének természetes erdei ökoszisztémáiban 15-20%-os égerpusztulásra figyeltek föl a szakemberek. Ennek kapcsán a *New Scientist* 1999. májusi számában meghökkentő című szerkesztőségi cikk jelent meg, amely az európai égereket veszélyeztető „ördögi gomba ámokfutására” hívta fel a figyelmet. Ez az égervészt kiváltó kórokozó volt a természetben elsőként felfedezett fitoftórahíbrid, amelyet látszólag stabilizálódott genomja okán fajként (*Ph. alni*) határoztak meg (Brasier et al., 2004).

A hibridek kialakulásában az ivaros rekombináció tűnik meghatározónak. Ezt támasztja alá az a tény is, miszerint egyes heterotalliás (nem feltétlenül közeli rokon) fajok, amelyeknek eddig csak az egyik (A1-es) párosodási típusa ismert, könnyen párosíthatók közös tenyészetben más heterotalliás fajok A2-es párosodási típusával. Ezzel szemben az égervész kórokozójának esetében a paraszexuális út látszik megvalósulni, amikor is szomatikus sejtek (hifák vagy zoospórák) egyesülésével aneuploid (a nemzetségre jellemző kromoszóma-alapszerelvénytől több kromoszómával eltérő) utód jön létre.

Mint súlyos gazdasági problémákat magában rejtő s ezzel új kihívásokat jelentő interspecifikus hibridekről hajlamosak vagyunk azt hinni, hogy a jelen kor szülőttei, hiszen lényegében csupán az utóbbi tízegynéhány évben hallunk róluk. Herbáriumi anyagok molekuláris biológiai vizsgálatából azonban kitűnik, hogy például a nyárfa rozsdagombájának fajhibridjei már legalább egy évszázaddal ezelőtt előfordultak az USA-ban (csak éppen morfológiai alapon nem lehetett a hibridjellegét kimutatni) olyan területeken is, amelyek kívül estek a szülőfajok tipikus élőhelyein.

Mivel manapság a korábbiakhoz mérten szokatlan feltételek gyakrabban füllepnek – főleg a természet rendjébe beavatkozó emberi tevékenység révén –, nagyobb valószínűséggel kerülhetnek növények és kórokozók olyan körülmények közé, amelyek lényegesen fölgyorsíthatják az ilyen jellegű evolúciós jelenségeket.

Minél nagyobb a rokonsági fok, annál nagyobb az esély két faj hibridizációjára. Az eddig feltárt tucatnyi természetes *Phytophthora*-fajhibrid mindegyike közeli rokon szülőktől származik. Jelenleg úgy tűnik: a hibridizációs folyamatok esélyét növeli, amikor egymástól korábban elszigetelten élő fajok kerülnek hirtelen közös

és számukra természetellenes területre/növényre anélkül, hogy kifejleszthették volna a genetikai kölcsönhatásokat kizáró mechanikai-biokémiai gátakat. Vagyis legvalószínűbb a hibridizáció egy adott régióban honos faj és egy behurcolt faj vagy két behurcolt faj között. Az előbbire példa az a hibrid (*Ph. ×pelgrandis*), amelyet hollandiai hidroponikus kultúrában nevelt dísznövényekről izoláltak, később pedig Peruban és Tajvanon, természetes ökoszisztémában találtak meg. Szülőfajai közül Európában a *Ph. cactorum* a honos, a *Ph. nicotianae* pedig a behurcolt, a két távoli országban viszont pont fordított a helyzet. Mindez arra utal, hogy a hibridizációs események nagyjából egyidejűleg több helyen is végbemehetnek, és a hibrid kórokozó további evolúciója egyes régiókban/ökoszisztémákban eltérően zajlik.

Az előző példával szemben az Európa-szerte elterjedt égerfitftóra feltételezett szülőfajai (*Ph. cambivora* és egy *Ph. fragariae*-szerű faj) egyaránt behurcolással kerülhettek a kontinensre. A hibridizáció valószínűleg a szülők közös gazdanövényén, a málnán következett be, s az így keletkezett hibrid egy olyan növényre (az égerre) terjesztette ki patogenitását, amelyik egyik szülőnek sem a gazdája.

A legújabb ausztráliai kutatások arra utalnak, hogy a honos fajok között szintén végbemegy hibridizáció. Folyóvízi és vizes erdei ökoszisztémában honos közeli rokon fajok különböző kombinációban hibridizáltak. Szakszerű leírásuk azonban elmaradt, mivel e hibridek állandó átalakulásban vannak, tenyészetben pedig alig vagy egyáltalán nem tarthatók fenn.

Egyelőre talányos, mennyire életképesek a fajhibridek, hogy egyáltalán stabilizálódott-e már annyira a genomjuk, hogy fennmaradjanak a természetben, vagy kialakulatlanságuk miatt eltűnnek egy idő után. Kérdés az is, mi lesz a sorsuk a szaprotróf fajokból kialakult és egyelőre szaprotrófnak mutatkozó hibrideknek. Vajon idővel eltűnnek, vagy folytatják eredeti életmódjukat, netán parazitává avasználják? Túlélésre általánosan úgy van leginkább esélyük, ha életerősebbek és agresszívabbak a szülőfajoknál és/vagy azokéhoz képest gazdanövénykörük is bővül, ahogy ez a legtöbb ismert hibridre érvényes.

Az eddig megismert fitoftórafajokon kívül jó néhány, egyes tulajdonságaiban már ismert faj-, illetve hibridjelölt vár szakszerű leírásra. És hogy mi várható még? Nos, több százra becsülhető a természetben még megbúvó fitoftórák száma, ami arra utal, hogy a közeljövőben is folytatódik az elmúlt két évtizedben tapasztalt fajsámgyarapodás.

Az új fajok között lehetnek olyanok, amelyek már régóta jelen vannak a természetben, de olyanok is, amelyek új evolúciós folyamatok eredményeként alakultak ki, részben természeti hatásokra, részben pedig emberi tevékenység következtében. Ez utóbbi kapcsán említendő például az öntözéses termesztés, a különböző kémiai anyagok mutagén hatásai, nem utolsósorban pedig a világkereskedelem kiszélesedése, amely által nagyobb valószínűséggel kerülnek növények és/vagy kórokozók új, szokatlan feltételek közé. E tényezők külön-külön vagy együttesen

a meglévő fajok gazdanövénykörének módosulását, netán bővülését is kiválthatják, illetve terjedésüket gyorsíthatják. Mindenesetre az ilyen folyamatok komoly zavarokat okozhatnak a növényegészségügyi intézkedésekben.

HOGYAN TOVÁBB?

Az olyan fajok és fajhibridek esetében, amelyek egyelőre csak lokalizáltan bukkantak fel, általános szakmai érdekek a földrajzi izoláció fenntartása a behurcolás lehetőség szerinti megakadályozásával. E tekintetben nagy jelentőségű a karanténintézkedések szigorú betartása; hazánkban – bár előfordulását még nem jelezték – az amerikai tölgyesek hirtelen pusztulásáért és más növények megbetegedéséért is felelős *Ph. ramorum* például zárlati listán van.

Amennyiben mégis megjelenik egy előzőleg ismeretlen vagy nem honos kórokozó az országban, elsősorban arról kell gondoskodni, hogy a szaporításra, illetve továbbtelepítésre szánt növények mentesek legyenek az ilyen kórokozótól. Ehhez főleg a kertészetek és faiskolák növényállományának szűrővizsgálata szükséges. Egy ilyen program végrehajtásához – nem utolsósorban pedig a leginkább veszélyeztetett gazdasági növények rezisztenciára nemesítéséhez – azonban nélkülözhetetlen a gyors és megbízható diagnosztikai eljárások alkalmazása.

A molekuláris módszerek fejlődésének köszönhetően ma már fajspecifikus molekuláris markerekkel akár a fertőzött növényi szövetből is diagnosztizálható az adott *Phytophthora*-faj, ahogy az például az égerfitoftóra esetében ismert (Bakonyi et al., 2006). A gyors diagnózis lehetővé teszi az időben történő védekezési eljárás kidolgozását.

Ami a vegyszeres védekezést illeti, több buktató is adódik. Egyrészt természetes ökoszisztémában nem alkalmazható, másrészt a fitoftórák az általános fungicidekre nem érzékenyek, sajátos vegyszereket igényelnek. A kontaktszerek közül elsősorban a rézvegyületek jöhetnek szóba, a hatékonyabb felszívódó hatóanyagokkal (például metalaxil, cimoxanil, dimetomorf) viszont az a probléma, hogy a kórokozó populációiban előbb-utóbb kialakulnak és felszaporodnak az alkalmazott szerrel szemben rezisztens egyedek. Ilyen esetben a szerkoncentráció növelése hiábavaló, hiszen még a nagyságrendekkel nagyobb töménység is hatástalan. Megoldást jelenthet egy másik, eltérő hatásmechanizmusú szer bevetése, akár rotációban, akár kombinációban. Két hatóanyaggal szemben ugyanis lényegesen kisebb a szerrezisztencia kialakulásának valószínűsége. Nehezíti a védekezést az is, hogy az ivaros szaporodásra képes fajok ivaros spórái, az oospórák éveken át fennmaradnak a talajban maradt növényi részeken.

Vannak tehát veszélyek, ebből adódóan pedig megoldásra váró feladatok! Ez Magyarországra is vonatkozik, hiszen huszonhárom *Phytophthora*-fajt már nálunk is azonosítottak különböző ökoszisztémákban. Hazánkban a fitoftórák ku-

tatása az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetében és a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karán folyt, illetve folyik. A témával kapcsolatos legteljesebb és legújabb ismeretek, valamint azok részletes irodalma pedig Érsek Tibor és Willem A. Man in ,t Veld (2013), illetve Érsek (2017) munkáiban összegződnek.

IRODALOM

- Bakonyi, J. – Nagy, Z. Á. – Érsek T. (2006): PCR-based Markers for Identifying Hybrids within *Phytophthora alni*. *Journal of Phytopathology*, 154, 168–177. DOI 10.1111/j.1439-0434.2006.01079.x, https://www.researchgate.net/publication/229508181_PCR-based_DNA_Markers_for_Identifying_Hybrids_within_Phytophthora_alni
- Brasier, C. M. – Kirk, S. A. – Delcan, J. et al. (2004): *Phytophthora alni* sp. nov. and Its Variants: Designation of Emerging Heteroploid Hybrid Pathogens Spreading on *Alnus* Trees. *Mycological Research*, 108, 1172–1184. DOI: 10.1017/S0953756204001005, <https://bit.ly/2kpaM7a>
- Érsek T. (2017): *A növénypusztító – A Phytophthora-nemzetség múltja és jelene*. Győr: Universitas-Győr Nonprofit Kft.
- Érsek T. – English, J. T. – Schoelz, J. E. (1995): Creation of Species Hybrids of *Phytophthora* with Modified Host Ranges Using Zoospore Fusion. *Phytopathology*, 85, 1343–1347. DOI:10.1094/phyto-85-1343
- Érsek T. – Man in ,t Veld, W. A. (2013): *Phytophthora* Species Hybrids: A Novel Threat to Crops and Natural Ecosystems. In: Lamour, K. (ed.): *Phytophthora: A Global Perspective*. Wallingford, UK: CAB International, 37–47.
- Erwin, D. C. – Ribeiro, O. K. (1996): *Phytophthora Diseases Worldwide*. St. Paul, MN, USA: APS Press
- Kamoun, S. – Furzer, O. – Jones, J. D. G. et al. (2015): The Top 10 Oomycete Pathogens in Molecular Plant Pathology. *Molecular Plant Pathology*, 16, 413–434. DOI: 10.1111/mpp.12190, <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/mpp.12190>