

Egy történelmi betegség: a burgonyavész (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) és a rezisztens fajták

Gergely László PhD

Postacím: H-1032 Budapest, Vályog u. 12.

E-mail: greylaci@gmail.com

Magyar Növényvédelmi Társaság, Növényvédelmi Klub, 2025. május 5.

Történelmi visszatekintés

A burgonya őshazája az Andok hegység felvidéke a Titicaca tó Peru és Bolívia közötti régiójában.

A kórokozó (*Phytophthora infestans*) származása: a Közép-Mexikóban található Toluca völgy, ahol a gombaszerű mikro-organizmus (oomyceta) legnagyobb változékonysága fordul elő, vagy az Andok hegység perui régiója, ahol az általa okozott betegség endémikus volt évszázadokon át...

A növényi betegséget elsőként **Montagne dr.**, Napóleon hadseregének orvosa írta le (*Botrytis infestans*).

Később **Anton de Bary** német botanikus bizonyította be a burgonyavész gombás eredetét (*Phytophthora infestans*)→ (phyto=növény, phthora=pusztító görög szavakból eredeztetve).

A legvalószínűbb feltételezés szerint a betegség az **1840-es** évek elején jelent meg Európában: **1841**-ben Norvégiában és Belgiumban észlelték a burgonyavész fellépését és **1842**-ben már Európa legalább hat országában (Benelux államok, Németország, Skócia és Írország) megjelent.

Az USA-ban szintén 1842-ben ismerték föl a betegséget Philadelphia és New York kikötőinek környezetében...

Ebből arra következtettek, hogy az egyidejű amerikai és európai megjelenés azonos forrásból származhatott.

A kutatók többsége szerint Közép-Mexikóból, **fertőzött burgonyagumókkal** érkezhetett Európába a kórokozó.

Alig három év múlva: az **Irish Potato Famine**, másnéven a Nagy Éhínség sújtotta Írországot (**1845-50**), mivel a kórokozót behurcolták és a járvány első két évében a betegség fellépésének kedvező, hűvös és hosszan tartóan csapadékos télésidőszak követte egymást!

A járvány második évében (1846) gyakorlatilag a teljes burgonyatermés elrothadt, ami végzetes következményekkel járt az Ír népességre, mivel ez jelentette az alapélelmiszert. Több mint 1 millióan haltak meg az éhezés illetve az alultápláltság miatt fellépő betegségek (pl. tífusz) következtében, és további 1,5-2 millióan hagyták el az országot, főként az USA-ba ill. Kanadába (8,5 M → 5,5-6 M fős lakosság)!

A katasztrófális járvány oka a **genetikai uniformitás** volt, mivel abban az időben egy bőtermő, darabos gumójú burgonya (Lumper) uralta a köztermesztést és mint kiderült, ez a fajta nagyon fogékonnak bizonyult a fitoftórára. → →

A járványelhárításban fontos szerepet tölthetnek be a betegség-ellenálló (rezisztens) fajták!!!

A **kémiai védelem** nem állt rendelkezésre abban az időben, ugyanis a **réz** (Cu^{2+}) hatóanyag fungicidként való felhasználása a szőlőperonoszpóra ellen csak 1885-től vált lehetővé Millardet, francia botanikus-mikológus munkássága nyomán (Bordeaux)...

A kórokozó jellemzése, biológiája

A *Phytophthora infestans*-t fonalas telepszerveződése alapján hagyományosan gombaként rendszerezik, de valójában nagyobb hasonlóságot mutat az algákhoz és a magasabb rendű növényekhez, mint a valódi gombákhoz. Ezért egy önálló törzsbe (*Oomycota*) sorolták be. Vegetatív úton **micéliummal**, **sporangiummal** és **rajzóspórákkal** terjed. Ivaros szaporodása csak akkor lehetséges, amikor az egymással kompatibilis két **párosodási típus** (A1 és A2) térben és időben egyszerre van jelen. Az ivaros kölcsönhatás végterméke a vastagfalú **oo-spóra** (petespóra), amely a talajban áttelelve évekig megőrizheti életképességét. A fertőzés legtöbbször légáramlattal érkező sporangiumokkal történik, melyek vízcseppben csírázóval (24-25 °C-os optimumon) vagy rajzóspórákkal csíráznak (10-13 °C-os optimumon). A sporulációhoz telítetthez közeli relatív páratartalom ($\geq 90\%$) szükséges.

A burgonyavész szimptómái

A lombozaton: a levéllemez széléről vagy csúcsáról kiinduló, szabálytalan alakú, nedves időben vízzel átitatott barnuló és gyorsan terjedő foltok, melyek később beszáradnak. A foltokat esetenként sárga, klorotikus udvar szegélyezi (1. ábra), A levélfonákon, a foltok szélén nedves, párás időben **fehér** színű **sporangiumentartó-gyep** képződik sporangiumokkal.

A száron: szabálytalan alakú barna foltosodás (2. ábra),

A gumón: a héjon kissé bemélyedő, kemény tapintatú, ólomszürke foltok, melyek alatt a gumószövetek vöröses-barna, barna szárazkorhadása látható (3. ábra).

A kórfolyamatnak kedvező, hűvös, csapadékos időben a fogékony fajták lombozata 7-10 nap alatt elpusztulhat és a gumókra lemosódó sporangiumok gumórothadást okozhatnak. Meleg és páralecsapódásos tárolókban a fertőzés gumóról gumóra terjed, ami súlyos rothadási veszteséghez vezet. Másodlagos fertőzések (*Fusarium* spp, *Pectobacterium* spp.)



1. ábra A burgonyavész kezdeti levélfoltjai



2. ábra A *Phytophthora infestans* sporulációja



2.ábra Fitoftóra-fertőzés a burgonya szárán



4. ábra A burgonya fitoftórás gumókorhadása

A kórokozó gazdanövényköre szűk: a burgonyán kívül csak a *Solanum* nemzetség más fajait, így a paradicsomot és a petúniát is képes megbetegíteni.

A kórokozó változékonysága: a *Phytophthora infestans*-nak az 1970-es években bekövetkezett második nagy elterjedése (migrációja) Közép-Amerikából jelentős változásokat hozott. A régi, egyszerű rasszokból álló populációt egy összetett virulenciájú, **komplex rasszok**ból álló populáció váltotta föl, amely gyakran együtt járt az agresszivitás erősödésével.

Elsődleges fertőzési források:

1. Micéliummal fertőzött **vetőgumó** (egyik évről a másikra ill. a nagy földrajzi távolságokra való terjedés során),
2. A talajban áttelelő **kitartó spórák** (oospórák) → korábbi fertőzések fellépése, nyújtott vetésforgó igénye
3. **Árvakelésű burgonyák** és **hulladékburgonya**-halmok → az enyhébb telű földrajzi körzetekben.

Integrált védelem a burgonyavésszel szemben

1. Genetikai védelem (ellenálló fajták)

A rezisztenciára nemesítés a kezdetekben (1910-es évek) a mexikói hexaploid vad fajban (*Solanum demissum*) fellelt 11 **domináns rezisztenciagén** kultúrfajtákba való beépítésén alapult. Ezt a rezisztencia-típust főgénés (R-génés), vertikális vagy **rassz-specifikus ellenállóságnak** nevezik, mivel csak egy vagy néhány rasszal szemben nyújt védelmet. A rezisztens növény a fertőzési pontoknál fellépő **túlérzékenységi reakcióval** (HR) csapdába zárja a kórokozót, néhány sejtsorra kiterjedő szövetelhalás révén. Vagyis a rezisztens növényen nem képes spóratermelésre a kórokozó. Ugyanakkor már az 1930-as években fény derült a vertikális rezisztencia sebezhetőségére...

Az R-génes fajták t.i. olyan **szelekciós nyomást** fejtettek ki a *P. infestans* helyi populációira, aminek következtében **új, virulensebb és/vagy agresszívabb rasszok** alakultak ki, melyek a korábban ellenálló fajtákat is megbetegítették...

A fentiek miatt az utóbbi évtizedekben előtérbe került a **nem-rassz-specifikus (horizontális)** rezisztenciára való nemesítési stratégia. Az ilyen típusú ellenállóság nem a kórokozó lokalizációjára és elpusztítására irányul, hanem az **inkubációs** időszak meghosszabbodásában, a **léziók** számának és/vagy kiterjedésének **csökkenésében**, valamint a **spóráképződés** mérséklődésében nyilvánul meg. Mindezek együttesen a járvány gyengülését eredményezik. S mivel valamennyi rassz korlátozott mértékű sporulációra képes a horizontális rezisztenciájú fajták lombozatán, **nincs szelekciós nyomás** a kórokozóra, következtetésképp a védelem tartósnak ígérkezik!

Ez a rezisztenciatípus poligénes öröklődésű, recesszív rezisztenciagének (r-génes ún. QTL-ek) szabályozzák.

A tartósabb, kevésbé sebezhető ellenállóságra való nemesítés azonban hosszadalmas és gyakran nem kívánt, **kapcsolt tulajdonságok** megjelenésével jár (pl. piacképesség, étkezési minőség romlása). Ennek oka, hogy sok fontos fajtabélyeg is **poligénes szabályozású**, mint a horizontális rezisztencia, és ezek egyetlen fajtában való kombinálása nagyon nehéz... Ezt példázza a **Sárvári dinasztia** hazai, több mint 60 éves tevékenysége (!) a burgonya fajtaelőállító nemesítésben. A hagyományos nemesítési programjukban 10 dél-amerikai vad *Solanum* fajt kereszteztek a kultúrfajjal, többszörös betegség-ellenállóság kialakítására. Egyik, az Egyesült Királyság nemzeti fajtalistáján szereplő fajtájuk, a **Sarpo Mira** jelenleg is a világ **egyik legellenállóbb** burgonyája a fitoftórával szemben. Ugyanakkor kereskedelmi sikerének, népszerűségének gátja, hogy étkezési minősége nem éri el a kívánt szintet... A fogyasztói konzervativizmus ugyanis a **kiváló étkezési minőséget** honorálja.

Ezért egyes népszerű burgonyafajták akár 50-100 éven át (!) is jelentős arányt képviselhetnek a termesztésben, a betegségek iránti fogékonyságuk ellenére (pl. a **Bintje** fajta Hollandiában, vagy a **Russet Burbank** fajta az Egyesült Államokban). Utóbbi a Mc Donald's gyorséttermi hálózat kedvelt feldolgozási fajtája, mert kiváló minőségű hasábburgonyát lehet a hosszúkás gumóiból előállítani, azok **alacsony redukálócukor-tartalma** miatt. Hazánkban a holland **Désirée** fajta több mint 50 éve termesztésben van, mert jó termőképessége, étkezési minősége, és alkalmazkodó képessége miatt kedvelik a termesztők, jóllehet vírusbetegségekre és közönséges varasodásra fogékony...

A hazai nemesítésben a **MATE Burgonyakutató Központjának** (Keszthely) 10 fajtája van a Nemzeti Fajtalistán, melyek közül 9 a többszörös betegség-ellenállóság mellett jó termő- és piacképességet és étkezési minőséget képvisel (mint pl. a **Balatoni rózsa, Hópehely, Démon, Basa, Arany chipke**).



5. ábra A Balatoni rózsa fajta (MATE BKK, Keszthely)



6. ábra A Balatoni rózsza fajta gumótétele



7. ábra A Hópehely fajta (MATE BKK, Keszthely)



8. ábra A Hópehely fajta gumótétele

A leromlásban fő szerepet játszó **vírusbetegségekkel** (*PLRV*, *PVY*) szembeni rezisztenciájuk okán vetőgumócsere nélküli, **több éves termesztésre** alkalmasak, ami jelentős költségmegtakarítást jelent a gazdálkodóknak!

A NÉBiH MGEI Szántóföldi Fajtakísérleti Osztálya kisparcellás gazdaságiérték (VCU)-kísérletekben vizsgálja a fajtajelöltek teljesítményét 2-3 éven át, 5 termőhelyen, sztenderd fajták alkalmazásával.

A lombozat **fitoftóra-ellenállóságát** fóliasátorban beállított, 2 ismétléses provokációs kísérletben értékelik a monorierdei Fajtakitermesztő Állomáson.

A fajtajogvédelmet célzó ún. DUS-vizsgálatot a szlovák társintézet végzi kétoldalú megállapodás alapján (Szepesbéla).

A vizsgálatok befejezése után a kísérleti témafelelős előterjesztést készít a Fajtaminősítő Bizottságnak, aki döntést hoz az állami elismerésről (→ Magyar Nemzeti Fajtalista, n=22).

Államilag elismert burgonyafajták lombrezisztenciája szabadföldi provokációs kísérletben, 2000-2002

Fajta		AUDPC érték	R-kategória (1-5) *
White Lady	HU	258,0	1
Agria	DE	711,7	3
Désirée	NL	733,8	3
Hópehely	HU	861,7	3
Red Scarlett	NL	1161,2	5
Lady Rosetta	NL	1392,5	5
Adora	NL	1426,7	5

*** Rezisztencia-kategória: 1= rezisztens, 5= nagyon fogékony**



9. ábra Kisparcellás burgonya-fajtakísérlet, Röjtökmuzsaj



10. ábra Fitoftóra-provokációs kísérlet, Monorierdő



11.ábra Fitoftóra-rezisztens fajta szabadföldi kísérletben

Fitoftóra-ellenálló fajták és szerepük a köztermesztésben

Magyarországon a rezisztenciára nemesítés II. világháború utáni első eredménye a **Somogyi sárga** fajta volt 1960-ban (nemesítő: Barsy Sarolta, Mariettapuszta), amely a hazai Margit és a német Edelgard fajták keresztezéséből származott. Majd a 60'-as évek közepétől a Sárvári István vezette keszthelyi nemesítőcsoport indított vad *Solanum* fajok felhasználásával programot, azzal az elképzeléssel, hogy **több R-gén** beépítése egyetlen genotípusba nem csak a rassz-specifikus, hanem a horizontális ellenállóságot is fokozza. **1978:** extrém fitoftóra-rezisztenciájú fajhibridek előállítása, melyek az akkor ismert R-géneken kívül a *S. spectabile*-ből származó két komplementer gént is hordozták. **Sarpo Mira** fajta: 2002-ben az Egyesült Királyság fajtalistáján, a fajta **tartós rezisztenciájának** oka a széles genetikai bázis, t.i. legkevesebb 5 **R-gént** piramidáltak a genomjába!!!

A burgonyavésszel szembeni rezisztenciára nemesítésben három módszer kínálkozik az áhított **tartós ellenállóság kialakítására:**

- 1. A főgénes (R-génes) és/vagy a minor génes (r-génes) rezisztencia-nemesítés **hagyományos, ivaros keresztezéssel**.**
- 2. Az ún. **ciszgénikus módszer**, ami rokon fajokból származó 2-3 rezisztenciagén egy genotípusba való beépítésén (génpiramidálás) alapszik, idegen gének és szelekciós markerek kiiktatásával.**
- 3. A **transzgénikus eljárás**, amikor idegen, távoli (pl. baktériumos eredetű) gének genetikai vektorokkal (pl. növényi vírusok) való bejuttatása történik jó gazdasági értékű fajtákba, szelekciós markerek felhasználásával.**

2. Agrotechnikai védelem

Hulladékburgonya-halmok felszámolása

Árvakelések eltávolítása a táblából

Paradicsom-táblák közelségének elkerülése

Vízállásos táblák kizárása a termesztésből

Kiegyenlített tápanyagellátás, N-bőség kerülése

Esőszerű öntözés hajlamosít a fertőzésre

Jó bakhát kialakítás a gumófertőzés mérséklésére

Betakarítás az érés után 2 héten belül, száraz időben

Tárolás előtt a gumótétel leszárítása, sebgyógyítás

Tünetes gumók kiválogatása

Szakszerű tárolás (4-8 °C, 85 % RH, szellőztetés)

3. Kémiai védelem

Napjainkban a gombaölő szerek védekezéseknek meghatározó szerepe van a burgonyavész elleni küzdelemben.

A nem megfelelő fungicidhasználat azonban felgyorsíthatja a kórokozó populációiban kialakuló szerrezisztenciát.

Az oospóras gombák ellen széleskörűen alkalmazott fenilamidok közül főként a **metalaxilra** rezisztens *P. infestans* izolátumok fellépéséről jelentek meg közlemények.

A rezisztens törzsek kisselektálódásában a helytelen fungicidhasználat a meghatározó, de földrajzi elterjedésükben a migráció is fontos szerepet játszhat. A feltételezések szerint az USA-ban 1994-ben súlyos járványt okozó metalaxil-rezisztens US-8 jelű *P. infestans* rassz fellépése nyomán elementáris igény mutatkozott új, hatékony fungicid-hatóanyagok iránt.

A vegyszeres védelemben a réz hatóanyag felhasználására a peronoszpóras betegségek ellen csak az 1800-as évek második felében került sor egy véletlen felfedezés nyomán. A francia szőlősgazdák valójában a fűrtök ellopása ellen permetezték le az út felőli sorokat réz-szulfát és mésztej keverékével (Bordói lé).

Millardet francia botanikus-mikológus használta elsőként a Bordói levet (Bordeaux mixture) a szőlőperonoszpóra elleni védelemre, miután kiderült, hogy a permetezett sorokban a gomba csak minimális mértékben fertőzött, míg a kezeletlen belső sorokban súlyos termésveszteség következett be...

A réz jelenleg is gyakori kontakt összetevőként szerepel a felszívódó hatóanyagot tartalmazó fungicid készítményekben. A talajélet védelmében azonban korlátozták az évente kijuttatható elemi réz mennyiségét (4 kg/ha)!

Következtetés

Az utóbbi évtizedekben nyilvánvalóvá vált, hogy a kórokozó **rendkívüli genetikai változékonysága** csökkentette mind a rezisztenciára nemesítés, mind pedig a kémiai védekezés hatékonyságát.

Következésképpen, egy hosszabb távon is eredményes, vagyis tartós és megbízható védelem csak egy minden részletében kidolgozott **integrált védekezési rendszertől** remélhető (IPM).

Bizonyított tény, hogy a kevésbé fogékony fajták használata esetén a vegyszeres védekezés is nagyobb hatékonyságú.

Köszönöm a figyelmet!

