

**Bogdan CVJETKOVIĆ<sup>1</sup>, Milorad ŠUBIĆ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Veleučilište "Marko Marulić" u Kninu

<sup>2</sup>Poljoprivredna savjetodavna služba-Podružnica Međimurske županije, Čakovec<sup>1</sup>

## KRUMPIROVA PLIJESAN [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary]- NOVOSTI U ŽIVOTNOM CIKLUSU

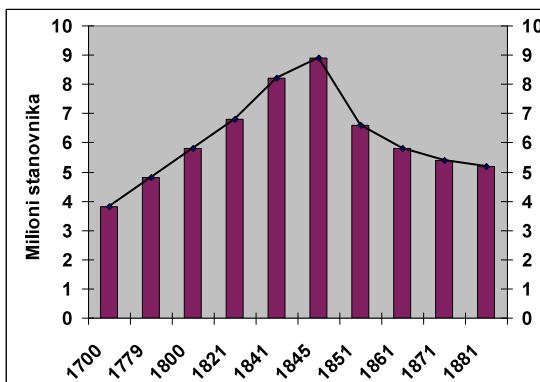
### SAŽETAK

Krumpirova plijesan koju uzrokuje *P. infestans* pojavila se u Europi početkom četrdesetih godina devetnaestog stoljeća. U Hrvatskoj je kasno znanstveno opisana (1924). Ako se izuzmu virusne bolesti, to je najvažnija bolest krumpira. Opisani su simptomi krumpirove plijesni, životni ciklus. Raspravljene su posljedice koje mogu nastati u koliko se u Hrvatsku unese kompatibilni paritelj A2. Dane su preporuke za zaštitu od te bolesti. Navedene su sve djelatne tvari registrirane u Hrvatskoj za suzbijanje krumpirove plijesni.

**Ključne riječi:** krumpirova plijesan, *Phytophthora infestans*, životni ciklus, paritelj A1 i A2 kemijsko suzbijanje.

### UVOD

*Phytophthora infestans* unesena je u Europu vjerojatno koju godinu ranije, ali je 1845. godina ostala upisana crnim slovima u povijest irskog naroda. Nekoliko epifitocijskih godina u Irskoj, zbog nedostatka krumpira, kojim se pretežno hranila najbrojnija populacija stanovništva, došlo je do gladi, pomora i migracije stanovništva, pa je u razdoblju od 1845.-1848. pomrlo od gladi oko milijun stanovnika, a oko milijun i pol se iselilo iz te zemlje (histogram 1.).



**Histogram 1.** Smanjenje stanovnika u Irskoj nakon pojave krumpirove plijesni

U Hrvatskoj je parazit opisan relativno kasno tek, 1924. godine (Lindtner 1957), što nije umanjilo njegovu važnost. Ako se izuzmu viroze, krumpirova plijesan bila je i ostala najštetnija bolest krumpira. U nas su prosječne godišnje štete 10-20 %, katkad urodi budu umanjeni i za 50 % od očekivanog uroda (Buturac & Bolf 2000).

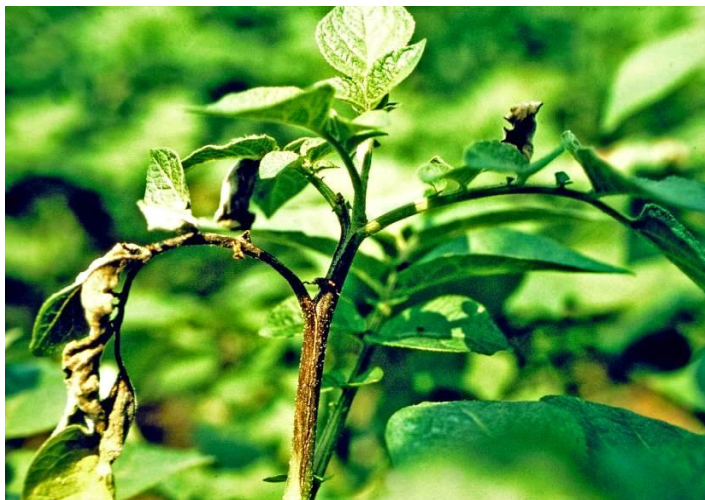
## SIMPTOMI

Na osjetljivim sortama simptomi se mogu pojaviti u bilo kojem stadiju vegetacije, ali ipak se prvi znaci bolesti najčešće jave u cvatnji ili neposredno nakon cvatnje. Osim listova mogu biti napadnute peteljke lista, stabljika i gomolji. Naočitiji simptomi javljaju se na listovima. Slika simptoma ovisi o klimatskim prilikama. Za vrijeme vlažna vremena na plojci nastaju vodenaste pjege promjera 1-2 cm. Na naličju plojke na rubovima pjega nastaju sporonosni organi (konidiofori i zoosporangiji) u obliku prljavo bijelih nakupina. Lisno tkivo unutar pjega vrlo se brzo razmekša, postaje crno, vodenasto. Pjega se širi i zahvaća čitavu plojku, a zaraženo lišće ostaje visjeti na cimi. U posljednjoj fazi jakog napada ostaju gole stabljike, s listovima koji vise poput zastavica, a usjev izgleda kao ofuren (slika 1.). Po krumpirištu se osjeti miris po plijesni. Pri manje povoljnim prilikama za razvoj parazita, pri temperaturama višim od 23-25 °C i za suha vremena ili na manje osjetljivim kultivarima na plojci nastaju žućkaste pjege, koje postupno nekrotiziraju, poprimajući crvenkastosmeđu boju, a sporulacija je oskudna ili je uopće nema. Slične simptome mogu izazvati i drugi uzročnici bolesti. U slučaju dileme o uzročniku bolesti, lišće sa



**Slika 1.** stabljike na kojima listovi vise poput zastavica (snimio B. Cvjetković)

simptomima može se staviti u plastičnu vrećicu i navlaži te ostavi na sobnoj temperaturi. U koliko se radi o krumpirovoj plijesni, na zaraženim listovima razviti će se sporonosni organi prljavo bijele boje. Stabljika može biti inficirana izravno ili preko bočnog izboja i peteljke zaraženih listova. Znaci bolesti pojavljuju se u pazušcima na vršnom dijelu stabljike, najčešće u uzlaznoj fazi epfitocije. Taj simptom osobito je karakterističan za novu populaciju A2 *Phytophthora infestans*. Na stabljici nastaju sivkastosmeđe do tamnosmeđe uzdužne lezije, (slika 2.) koje često prstenuju stabljiku.



Slika 2. zaraza vršnog dijela stabljike

Za vlažna vremena na lezijama može nastati sporulacija. U vrijeme kada biljke nisu zatvorile sklop, a temperature su malo niže od najpovoljnijih taj simptom može biti dominantan. Listovi iznad lezije nemaju karakterističnu zelenu boju, najčešće su žučkasti. Stabljika se može prelomiti na mjestu lezije.

Gomolji također mogu biti zaraženi. Najčešće su napadnuti gomolji koji su blizu površine tla, zatim nezreli gomolji s tankom pokožicom. Na zaraženim gomoljima vidljiva su blaga udubljena, plavosmeđe boje. Ta se promjena može uočiti neposredno nakon vađenja gomolja, ali bolje je uočljiva 2-3 tjedna nakon vađenja. I nakon toga razdoblja pjege i dalje postoje, ali teže se uočavaju nakon što kožica na gomoljima dozori i poprimi smeđu boju. Na presjeku gomolja, 5-15 mm ispod pjega tkivo gomolja ima smeđe-hrdastu boju koja postupno prelazi u žučkastobijeli zdravi dio gomolja (slika 3). Takvi gomolji, ako je vrijeme vlažno, često protrnu u tlu zbog naseljavanja saprofita iz tla. Zaraženi gomolji teže se čuvaju u skladištu.

## BIOLOGIJA

*Phytophthora infestans* heterotalična je pseudogljiva. Heterotalične gljive i pseudogljive ostvaruju spolnu reprodukciju povezivanjem dvaju fiziološki različitih hifa od kojih jednu označavamo oznakom (+) a drugu oznakom (-). *P. infestans* stvara oospore ako se spare dvije kompatibilne jedinice od kojih jedna pripada tipu A1, a drugi (mating type) paritelju A2.

Dugo se smatralo da *P. infestans* vuče podrijetlo iz Perua. Danas je prihvaćeno mišljenje da je središnji Meksiko gencentar za *P. infestans* (Niederhauser 1991), (Andrivon 1996). U Meksiku postoji brojna populacija te pseudogljive jednoga i drugoga paritelja (A1 i A2). Preko sto trideset godina u Europi bio je prisutan samo tip A1, pa se oospore nisu formirale u Europi. U odustnosti paritelja A2 *P. infestans* razmažala se vegetativno.

U Europu je 1980. godine unesen paritelj A2. Trgovina sjemenskim krumpirom



sur 1994). Posljedice unošenja paritelja A2 u SAD proživjeli su proizvođači rajčice 2009. godine, kada se bolest strelovito proširila u istočnom dijelu SAD-a, ostavljajući proizvođače bez uroda. Samo u 25 dana zaraza se proširila iz jedne lokacije i zahvatila je gotovo sve proizvodne površine pod rajčicom u državi New York (Fry i sur. 2013). Stvaranje oospora u ciklusu omogućuje dva načina prezimljenja, u obliku micelija u zaraženim gomoljima i kao oospora u gomoljima, ali i u tlu. Oospore u tlu mogu zadržati klijavost tri do četiri godine i biti izvor zaraze (Agrios 2004). U nedostatku oospora parazit je u Europi više od 130 godina prezimljavao u gomolju u obliku micelija. Na gomolju, na površini tla koji nije proklijao, gljiva može fruktificirati i zaraziti biljke u usjevu. Klijanjem zaraženog gomolja micelij se širi u gomolju i prelazi u nadzemni dio biljke. Na nadzemnom dijelu biljke za vrijeme povoljnih uvjeta za razvoj parazita nastaju sporangiji sa zoosporama. Oospore nastale u gomolju i zaraženim biljnim ostacima klijaju u micelij koji ulazi u novoformirani izboj. Kada se micelij proširi u nadzemni dio biljke, kroz puči na stabljici ili listovima izbijaju sporangiofori sa sporangijima. U ravničarskim krajevima i povoljnim klimatskim prilikama jedan zaraženi gomolj na jednom km<sup>2</sup> može biti primarni izvor zaraze i izazvati pustošenje na velikim površinama (Boyd, 1980). Ako u sporangijima nastaju zoospore, onda ih nazivamo zoosporangijima. Pri višim temperaturama (24-25 °C) ne nastaju zoospore, nego sporangij klija izravno u kličnu cijev, koja na isti način može zaraziti list. Pri nižim temperaturama nastaju zoosporangiji sa zoosporama. (Novoteljnova 1997). U zoosporangiju nastaje 3-8 zoospora s dva biča (flagele). Sporangije raznosi vjetar ili kiša i ako dospiju na vlažne dijelove krumpira, oslobađaju se zoospore ili sporangij klija u micelij. Zoospore se kreću pomoću bičeva te dopijevaju u blizinu puči na listovima ili stabljici. Zoospore odbace bičeve, zaodjenu se membranom i proklijaju, a klična cijev uzlazi kroz puči ili izravno probija kutikulu. U oba slučaja infekcije nastaje kroz puči ili direktnom penetracijom. Time je ostvarena infekcija. U zaraženim listovima i stabljici micelij se širi međustaničnim prostorima, a s pomoću haustorija crpi hranu iz susjednih stanica. Micelij u listovima i stabljici nakon kraćeg ili duljeg vremena kroz puči izbija na površinu i tvori sporangiofore. Sporangiofori se granaju i nose na sebi brojne sporangije. Unutar jedne prosječne pjege može nastati 100.000 sporangija. Sporangiofori sa sporangijima čine prljavo bijele nakupine, koje nastaju na naličju zaraženog lista ili na stabljici. Stvaranje sporangija uvjetovano je vlažnošću i temperaturom. Kada relativna vlaga padne ispod 50-60 % klijanje sporangija potpuno je onemogućeno.

Iako je parazit prisutan u mezofilu lista, simptomi se ne manifestiraju odmah. Inkubacija može trajati duže ili kraće, što ovisi o temperaturi okoliša (vidi prognozu). Nakon isteka inkubacije, ako je list vlažan ili ako je relativna vlaga zraka iznad 90 %, formirat će se zoosporangiji. Sporangiofori i sporangiji nastaju samo u svitanje i još nekoliko sati nakon svitanja. Tijekom dana ne stvaraju se sporonosni organi. Sekundarne infekcije ponavljaju se nekoliko puta tijekom vegetacije. Koliko će se puta obnoviti životni ciklus ovisi o temperaturi, o prisutnosti vode ili vrlo visokoj relativnoj vlazi i o osjetljivosti kultivara.

Sporangiji ili zoospore koje sa zaraženih nadzemnih dijelova dospiju u tlo inficiraju gomolje. Zoospore u vodi pomoću bičeva kreću se do gomolja te ulaze kroz lenticule, kroz pokožicu uz okca ili kroz ozljede. U zaraženim gomoljima micelij se širi međustaničnim prostorima, a s pomoću haustorija (sisaljki) crpi hranu iz susjednih stanica. Micelij preživljava temperature do 0 °C.

*P. infestans* parazitira na brojnim domaćinima (Erwin & Ribero 1996). Unatoč postojećih brojnih domaćina na kojima parazitira *P. infestans* oni nisu bili izvor inokuluma primarnih zaraza. Eventualno zaraženi korovski domaćini ili kultivirane biljke (rajčica, paprika, patlidžan, petunia) nakon završetka vegetacije prestali su biti pogodan supstrat za život obligatnog parazita *P. infestans* jer odumiranjem domaćina, obligatni parazit gubi uvjete za život. Nakon što je i u Europi *P. infestans* počela stvarati oospore, situacija se promijenila jer oospore mogu prezimiti u zaraženim biljnim ostacima domaćina (npr. plodu i na sjemenu rajčice) ili u tlu i biti primarni izvor zaraze.

Ipak i u tome će postojati određene barijere, ukoliko ne dođe do stvaranja novih klonskih linija (clonal lineage). Poznato je da kod *P. infestans* postoji fiziološka specijalizacija pa je malo vjerojatno da svaki izolat ili populacija izolata može parazitirati na svim poznatim domaćinima (Nelson, 2008). Unutar vrste *P. infestans* postoje brojne specifične klonske linije (US-1, US 8, NI-1, PE-7 I dr.) infektivne za pojedine vrste i rodove. Sigurno da ta činjenica ograničava prijenos patogena s jedne vrste na drugu. Tome u prilog ide činjenica da su neki izolati *P. infestans* s krumpira relativno neagresivni na rajčici (Erwin & Ribeiro 1996).

## ZAŠTITA

Agrotehničkim i kulturalnim mjerama može se smanjiti primjena fungicida. Jedna od prvih mjera jest sadnja certificiranih gomolja, što uz garanciju o sortnosti garantira i odgovarajuće zdravstveno stanje gomolja. Saditi treba relativno rezistentne kultivare ako odgovaraju drugim zahtjevima tržišta. Krumpir treba saditi u plodoredu jer u protivnome gomolji zaostali u polju iz prošle vegetacije mogu dati zaražene biljke, koje su izvor zaraze. U područjima gdje su prisutna oba tipa (A1 i A2) odnosno oospore plodored valja produžiti na dvije i više godina.

Gomolji iz skladišta ili trapova, ljuske krumpira nakon guljenja (napr. iz tvornica prerađevina od krumpira) ne smiju se odlagati u blizini parcela niti na parcele na kojima se sadi krumpir. Treba izbjegavati teža, vlažna tla, napose u sjemenskoj proizvodnji.

Krumpir treba dobro zagrnuti, tako da ispod busa nema jarčica, nego da je zemlja podignuta oko busa. Humak mora biti zaobljen tako da se kiša slijeva u međuredove. U protivnom kiša prenosi zoospore do gomolja.

U sjemenskom krumpiru, prvenstveno zbog virusa, treba napraviti desikaciju nadzemnoga dijela. Na taj način sprečava se da zoospore s lista dospiju do gomolja.

Korove treba suzbijati zbog kompeticije s krumpirom, ali i zbog toga što stvaraju vlagu u usjevu i povoljne uvjete za razvoj bolesti.

Unatoč svim preduzetim mjerama krumpir se mora štititi primjenom fungicida. Veliki broj djelatnih tvari u nas je registriran za suzbijanje te bolesti: sredstva na osnovi bakra; benalaksil+Cu; benalaksil+mankozeb; ciazofamid; cimoksanil+Cu; cimoksanil+metiram; cimoksanil+propineb; dimetomorf+mankozeb; famoksadon+cimoksanil; iprovalikarb+propineb; klortalonil; mandipropamid; mandipropamid+mankozeb; mankozeb; metalaksil+mankozeb; metiram; propineb; propineb+Cu; propamokarb+flupikolid; propamokarb+mankozeb; zoksamid+mankozeb. Zaštita se mora obaviti pravovremeno tj. ni prerano niti prekasno već rokove za prskanja treba obaviti na osnovi prognoze.

## SUMMARY

### POTATO BLIGHT [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] – NEWS IN THE DISEASE CYCLE

Potato blight caused by *P. infestans* has been known in Europe since 1845. In Croatia, it was relatively late scientifically described (1924), which does not diminish its significance. With the exception of virus diseases, it is the most important disease of potatoes. The symptoms of potato blight were described, including the disease cycle. Discussed were the consequences that may arise if A2 mating type enters Croatia. Recommendations for protection from the disease such as sanitary measures, resistant varieties as well-timed chemical sprays. All the active ingredients have been listed which are registered in Croatia to control potato blight.

**Key words:** *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, disease cycle, A2 mating type

## LITERATURA

**Agrios N. G.** (2004). Plant Pathology Elsevier Academic Press. 421-427

**Andrison, D.** (1996). The origin of *Phytophthora infestans* populations present in Europe in the 1840: a critical review of historical and scientific evidence Plant Pathology 45, 1027-1035.

**Boyd, A. E. W.** (1980). Development of potato blight (*Phytophthora infestans*) after planting infected seed tubers. *Annals of Applied Biology* 95: 301-309.

**Buturac, I., & Bolf, M.** (2000). Proizvodnja krumpira, Biblioteka „Zadružni poduzetnički savjetnik“

**Cárdenas, M., Danies, G., Tabima, J., Bernal A, Restrepo, S.** (2102). *Phytophthora infestans* Population structure: A worldwide scale, Acta biol. Colomb., 17, 2

**Drenth, A., Turkensteen, L. J., Grovers, F.** (1993). The occurrence of the A2 mating type *Phytophthora infestans* in Netherlands; significance and consequences. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 90; 3, 57-67.

**Erwin, D. C., Ribeiro, O. K.** (1996). *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS Press, St. Paul, MN, 562.

**Fry, W. E., Goodwin, S. B.** (1997). Re-emergence of potato and tomato late blight in the United States. *Plant Disease* 81: 1349-1357.

**Fry, W. E., McGrath, M. T., Seaman, A., Zitter, T. A., McLeod, A., Danies, G., Small, I., Myers, K., Everts, K., Gevens, A., Gugino, B. K., Johnson, S., Judelson, H., Ristaino, J., Roberts, P., Secor, G., Seebold, K., Snover-Clift, K., Wyenandt, A., Grunwald, N. J., Smart, C. D.** (2013). The 2009 Late Blight Pandemic in Eastern USA Plant diseases, 97, 3, 296-306

**Hermansen, A., Hannukkala, A., Hafskjold Nærstad, R., Brurberg M. B.** (2000). Variation in populations of *Phytophthora infestans* in Finland and Norway: mating type, metalaxyl resistance and virulence phenotype, *Plant Pathology*, 49, 1, 11-22

**Ivanović, M., Mijatović, M., Zečević, B., Niepold, F. & Ivanović, M.** (2007). Occurrence of new populations and mating types of *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary in Serbia. *Acta Hort.* (ISHS) 729:499-502

**Kable, P.F., MacKenzie, D.P.** (1980). Survival of *Phytophthora infestans* in potato stem lesions at high temperatures and implications for disease forecasting. *Plant Disease* 64: 165-167.

**Lindtner, V.** (1957). Plamenjače (građa za kriptogamnu floru Jugoslavije) Glasnik prirodnjačkog muzeja Srpske zemlje, 23-24.

**Nelson, S.C.** (2008). Late Blight of Tomato Plant Disease Published by the College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR) PD-45.

**Niederhauser, J. S.** (1991). *Phytophthora infestans*: The Mexican connection *Phytophthora*. J. A. Lucas, R. C. Shattock, D. S. Shaw and L. R. Cooke. Cambridge, Cambridge University Press 25-45.

**Novotreljnova, N. S.** (1997). Fitoforje griby, Akademija nauka, Lenjingrad, 206.

**Sujkowski L. S., Goodwin, S. B., Dyer, A. T., Fry, W. E.** (1994). Increased genotypic diversity via migration and possible occurrence of sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Poland. *Phytopathology* 84: 201-207.