

**KUMARNA PLESEN (*Pseudoperonospora cubensis*):  
BIOLOGIJA, EPIDEMIOLOŠKE LASTNOSTI IN VARSTVO  
RASTLIN**

Sebastjan RADIŠEK<sup>1</sup>, Alenka FERLEŽ RUS<sup>2</sup>

UDK / UDC 635.63:632.9:582.244(045)

strokovni članek / professional article

prispelo / received: 10. oktober 2012

sprejeto / accepted: 13. november 2012

**Izvleček**

Kumarna plesen (*Pseudoperonospora cubensis*) spada med gospodarsko najpomembnejše bolezni kumar ter ostalih rastlin iz družine bučevk. Varstvo rastlin pred to boleznijo temelji na integriranih pristopih, ki vključujejo gojenje odpornih sort, spremljanje in napovedovanje optimalnega časa škropljenja, ter upoštevanje tehnologij pridelave, ki ne stimulirajo razvoj bolezni. V prispevku podrobno predstavljamo biologijo te nevarne plesnivke, varstvo rastlin in izvajanje prognoze v Sloveniji.

**Ključne besede:** oomicete, bolezni rastlin, prognoza, kumare, kumarna plesen, *Pseudoperonospora cubensis*, varstvo rastlin

**CUCURBIT DOWNY MILDEW (*Pseudoperonospora cubensis*):  
BIOLOGY, EPIDEMIOLOGY AND PLANT PROTECTION**

**Abstract**

Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) is economically the most important disease of cultivated cucurbits. The disease management is based on integrated measurements which include planting resistant varieties, disease forecasting and technologies that reduce infection potential. In this article, we present biology of this pathogenic oomycete, the protection of plants and forecasting activities in Slovenia.

**Key words:** oomycetes, plant diseases, disease forecasting, cucurbits, cucurbit downy mildew, *Pseudoperonospora cubensis*, plant protection

---

<sup>1</sup> Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si

<sup>2</sup> Univ. dipl. inž. agr., prav tam, e-pošta: alenka.ferlez@ihps.si

## 1 UVOD

Kumarna plesen, ki jo povzroča oomiceta *Pseudoperonospora cubensis*, je ena izmed najbolj razširjenih in pomembnih boleznih kumar ter ostalih rastlin iz družine bučevk (Cucurbitaceae). Kumarna plesen lahko brez ustreznega varstva rastlin povzroči znatno ali popolno uničenje pridelka, zato je pomembno, da je njeno spremljanje vključeno v programe opazovalno napovedovalne službe. Bolezen je najbolj agresivna na območjih zmerne in subtropskega pasu, kjer prihaja do obdobja pogostih padavin in visoke vlage. V Sloveniji smo jo prvič zaznali leta 1988 (Celar, 1989) in od takrat se redno pojavlja v nasadih kumar, v obdobju zadnjih petih let pa je vse pomembnejša tudi pri pridelavi buč (Vajs in sod., 2011).

## 2 TAKSONOMIJA IN POIMENOVANJA

*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt.) Rost. je bila prvič opisana leta 1868 na osnovi proučevanj herbariziranega rastlinskega materiala s Kube, ki sta jih izvajala Berkeley in Curtis. Takrat je bil tudi prvič identificiran nov rod *Pseudoperonospora* Berkeley skupaj z opisom nove vrste *P. cubensis*, ki je poimenovana po Kubi. Na živih rastlinah je *P. cubensis* prvič opazoval in opisal ruski raziskovalec Rostovzev leta 1903 v Botaničnih vrtovih Moskve. Po zadnji taksonomski klasifikaciji je *P. cubensis* uvrščena v kraljestvo Chromista, deblo Peronosporomycotina, razred Peronosporomycetes (Oomycetes), red Peronosporales in družino Peronosporaceae. V literaturi lahko njene opise najdemo tudi pod sinonimi kot so *Peronospora cubensis*, *Plasmopara cubensis* in *Peronoplasmopara cubensis* (Lebeda in Cohen, 2011).

## 3 BOLEZENSKA ZNAMENJA

*Pseudoperonospora cubensis* je patogen listne mase, v redkih primerih pa je možno okužbe opaziti tudi na plodovih in steblih melon. Gostiteljske rastline so lahko okužene v vseh fazah razvoja, vendar so simptomi na novih, mladih listih zelo redki, čeprav so klični listi bolj dovzetni za bolezen. Prva bolezenska znamenja najpogosteje opazimo pred oblikovanjem plodov v mesecu juniju in juliju. Na zgornji strani listov najprej opazimo okrogle svetlo zelene pege (mozaičen videz), ki se postopoma povečujejo in zaradi omejenosti z listnimi žilami dobivajo oglato obliko ter rumeno rjavo barvo. Na spodnji strani listov v začetni fazi opazimo vodene oglate pege, ki postopoma razvijejo umazano modro sivo prevleko, sestavljeno iz množice trosonoscev s trosovníki. Z napredovanjem bolezni se povečuje število peg, ki se lahko tudi združujejo in prizadenejo listno maso do faze odmrtja. Zmanjšanje asimilacijske površine vodi v slabši razvoj plodov in njihove

deformacije (Thomas, 1996). Stopnja prizadetosti rastlin je odvisna od vrste in sorte bučevk, saj poznamo različne patotipe in vire odpornosti. Podobna bolezenska znamenja lahko na kumarah povzroči tudi bakterija *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, ki pa za razliko od *P. cubensis* napade tudi plodove (Maceljski in sod., 2004).

#### 4 GOSTITELJSKE RASTLINE IN GEOGRAFSKA RAZŠIRJENOST

*Pseudoperonospora cubensis* je specializirana za parazitiranje rastlin iz obsežne družine bučevk (Cucurbitaceae), ki vključuje 118 rodov in 825 rastlinskih vrst. Do sedaj je kot patogen opisana na več kot 40 vrstah iz 20 rodov bučevk, med katerimi prevladujejo vrste iz rodov *Cucumis*, *Cucurbita* in *Citrullus*, okuži pa lahko tudi nekatere druge rastlinske vrste, kot sta na primer hmelj (*Humulus lupulus*) in *Impatiens irvingii*. V Evropi povzroča škodo predvsem na najpogostejše razširjenjih bučevkah, kot so kumare (*Cucumis sativus*), melone (*C. melo*), buče (*Cucurbita pepo* in *C. maxima*) in lubenice (*Citrullus lanatus*). Dokazana je tudi gostiteljska specializacija in razdelitev na pet različnih patotipov (Thomas in sod., 1987). *P. cubensis* je razširjena po celotnem območju zmernega in subtropskega pasu. Najdemo jo v Avstraliji, Afriki, Severni in Južni Ameriki, Aziji in v Evropi (Lebeda in Cohen, 2011).

#### 5 RAZVOJNI CIKEL IN EPIDEMIOLOGIJA

*Pseudoperonospora cubensis* spada med policiklične biotrofe oziroma obligatne parazite, ki za svoj razvoj in razmnoževanje nujno potrebujejo živo tkivo gostitelja. V toplejših krajih in zaprtih prostorih večinoma prezimi na okuženih bučevkah, tvori pa lahko tudi spolne spore (oospore), katerih pojav je še večinoma redek in neraziskan. Prav tako je še nejasen primarni vir okužbe in prezimovanje v krajih zmernega pasu, kjer nizke temperature ne omogočajo preživetja na gostiteljih. Raziskave kažejo manjšo vlogo oospor pri prezimitvi *P. cubensis* (Lebeda in Urban, 2004), zato se epidemiološko postavlja večji pomen vlogi zračnih mas iz toplejših krajev, ki lahko prenašajo trosovnike iz oddaljenih krajev (Lebeda in Cohen, 2011). *Pseudoperonospora cubensis* na spodnji strani listov tvori trosonosce, ki poženejo iz listnih rež. So značilno dihotojno razvejani, velikosti 180–400 x 5.4–7.2 µm. Na konicah trosonoscev se razvijajo posamezni trosovniki, ki so jajčaste oziroma elipsaste oblike velikosti 15–25 x 20–35 µm. Skozi faze razvoja so od svetlo sive do temno vijolične barve. Najlažje se prenašajo z vetrom ali z vodo. Trosovniki ob prisotnosti vode (dež ali rosa) kalijo in sprostijo 5–15 zoospor, ki merijo od 8–12 µm. Zoospore imajo dva bička, ki jim omogočata premik do listne reže, kjer se encistirajo, odvržejo bičke in skozi odprtino listne

reže poženejo klični mešiček. Iz kličnega mešička požene v rastlinsko tkivo penetracijska hifa, s čimer je ustvarjena okužba. Kolonizacija okuženega lista poteka preko intercelularnega micelija, ki se večinoma razvija v mezofilu in delno v palisadnem tkivu, pri čemer s sesalnimi bradavicami (havstoriji) iz posameznih celic črpa hranila (Lebeda in Cohen, 2011).

Razvoj trosonoscev iz listnih rež je mogoč samo pri visoki relativni vlagi, ki mora biti 90 % ali več ne glede na izpostavljenost svetlobi ali temi. Za razliko od tega poteka sporulacija trosonoscev izključno v temni fazi pri pogojih vsaj 6 urne izpostavljenosti 90–100 % relativne vlage pri temperaturah od 5–30°C, z optimalno temperaturo 15–20°C (Cohen, 1981). Življenjska doba trosovnikov je zelo kratka in ne preseže 48 ur po dozoritvi. Trosonosci in trosovniki zelo hitro reagirajo na spremembe vlage in temperature. Segrevanje in osuševanje zraka v jutranjih urah povzroči učinek krivljenja in zvijanja trosonoscev, kar pripomore k sproščanju trosovnikov. Tako je sproščanje trosovnikov najintenzivnejše ob nizki relativni vlagi in osušenih listih, kar pomeni v pozno dopoldanskih in popoldanskih urah, ko jih zračni tokovi prenašajo do gostiteljev. Prisotnost vode na listih je bistvenega pomena za kalitev trosovnikov, ki sproščajo zoospore pri omočenosti lista nad 1 uro pri temperaturah od 5–28 °C z optimalno temperaturo med 10–20 °C. Zoospore lahko ohranijo viabilnost v vodi tudi do 18 ur, najvišjo stopnjo encistiranja pa dosežejo pri temperaturi 25°C. V optimalnih razmerah lahko tako celoten proces in okužba nastane v 2 urah (Cohen, 1981). Intercelularni micelij tvori havstorije v naslednjih 4 urah. Inkubacijska doba je poleg zunanjih razmer odvisna tudi od koncentracije inokula oziroma števila trosovnikov in je 3–12 dni. Podobno je doba za pojav novih trosonoscev med 4–12 dni. Temperature nad 35°C že zavirajo razvoj bolezni, medtem ko se bolezen hitro razvija v poletnih mesecih s hladnejšimi nočmi, ko so ustvarjeni pogoji za nastanek rose (Thomas, 1996).

## 6 VARSTVO RASTLIN

Varstvo pridelka temelji na integriranih pristopih, ki vključujejo uporabo fitofarmaceutskih sredstev, tehnološke ukrepe, žlahtnjenje odpornih sort in napovedovanje pojava oziroma nastanka okužb. Ker so razmere za nastanek kumarne plesni odvisne od vlage in omočenosti listja, lahko počasnejšemu razvoju bolezni prispevamo s tehnologijami pridelovanja, ki vključujejo bolj zračno vzgojo rastlin (vzgoja na mreži, manjša gostota rastlin ...). Prav tako se izogibamo setvi oziroma sajenju na površine, na katerih so se v preteklem letu pridelovale bučevke. Pridelava naj temelji na odpornih sortah in hibridih, na katerih se bolezen sicer razvije, vendar ne v tako agresivni obliki. Seveda pa je za ustrezno varstvo pridelka nujna uporaba fungicidov, ki jih lahko po načinu prodiranja v rastlinska tkiva razdelimo med kontaktne in sistemične. Kontaktni fungicidi kot so bakrovi

pripravki, karbamati in ftalimidi delujejo predvsem na površini listne mase in preprečujejo kalitev trosovnikov ter encistacijo zoospor, medtem ko sistemski fungicidi prodirajo v rastlino in imajo bolj tarčno delovanje na nekatere pomembne metabolne poti patogeni. Med sistemskimi fungicidi za zatiranje kumarne plesni najpogosteje najdemo fosetil-Al, cimoksanil, metalaksil-M, propomokarb, dimetomorf, zoksamid in mandipropamid. Ključni del vsakega varstva rastlin je pravočasna zaščita pridelka, kjer pomembno vlogo odigrajo opazovalno napovedovalne službe s prognostičnimi modeli (Holmes in sod., 2004; Lebeda in Cohen, 2011).

## **7 SPREMLJANJE IN NAPOVEDOVANJE POJAVA**

Večina prognoznih metod za plesnivke temelji na delu življenjskega kroga, ko se vzpostavlja odnos med parazitom in gostiteljem. To pomeni čas, ko trosovnik prispe na list, prične kaliti in sproščati zoospore, ki se encistirajo in poženejo klični mešiček v notranjost lista. Da ta proces steče, morata biti izpolnjena dva osnovna pogoja:

- omočenost listja, pri čemer je produkt med temperaturo in trajanjem omočenosti listov konstanten in znaša 50–60 stopinjskih ur, ter
- prisotnost trosovnikov.

Prisotnost trosovnikov se spremlja s pomočjo lovilcev spor, s čimer pridobimo zanesljive podatke o dinamiki infekcijskega pritiska ter o začetku in koncu epifitocije. Modeli za prognozo temeljijo na sporulaciji, ki jo predvidijo na podlagi vremenskih dejavnikov (temperature, relativna zračna vlaga, trajanje omočenosti listov) in epifitotoloških lastnosti (Dolinar, 1993). Poleg omenjenega je pomembno pri spremljanju pojava bolezni vključiti tudi spremljanje fenološkega razvoja in vizualno opazovanje nasadov kumar ali ostalih bučevk.

### **7.1 Spremljanje pojava kumarne plesni z lovilci spor**

Pojav trosovnikov se spremlja z lovilci spor, med katerimi se najpogosteje uporablja standardni 7 dnevni vakuumski lovilec podjetja Burkard, ki deluje na principu Hirstovega lovilca, razvitega leta 1952. Lovilec ima pretok 10 L/min z zasukom lovilnega bobna za 360° v sedmih dneh. Na lovilnem bobnu se tedensko namesti PVC trak, ki je premazan z vazelinskim mazilom, na katerega se ujamejo spore. Po sedmih dneh se trak odstrani in s pomočjo prilagojene šablone razreže na dnevne odseke. Razrezani odseki se obarvajo z anilinskim modrilom, ki prodre v membrane trosovnikov in jih obarva v modro, kar olajša mikroskopiranje. Preparati se pregledajo s pomočjo svetlobnega mikroskopa, pri čemer se pod 100-kratno povečavo preštejejo dnevni ulovi trosovnikov.

## 7.2 Vizualna opazovanja in fenologija

V izbranem nasadu, kjer se nahaja lovilce spor, se tedensko opazuje in beleži pojav bolezenskih znamenj na listih. Stopnja okužbe se oceni glede na delež prizadete listne površine po skali 0–7 (0 = ni infekcije; 7 = 100 % okužena površina lista). Na osnovi ocen se določi Townsed-Heubergerjev indeks okužbe. V nasadu se po BBCH skali tedensko določa tudi fenološka faza rastlin.

## 7.3 Prognošični modeli

V Sloveniji je bil nekaj let po prvem pojavu kumarne plesni vpeljan in preizkušen Bedlanov prognošični model (Bedlan, 1987), ki je programiran v okviru prognošične naprave Paar (Dolinar, 1993; 1995). Po Bedlanovi metodi so razmere za okužbo izpolnjene, če so listi mokri od 22. do 10. ure dopoldan. Trosovniki potrebujejo za kaljenje pri 15°C vsaj dve uri, da se encistirajo in poženejo klični mešiček, pa še dve uri. Za sporulacijo je potrebno 6 ur pri 15°C pri 98 do 100 % zračni vlagi (ali mokri listi od rose ali dežja) v temi. Če so omenjene razmere izpolnjene, se na izpisu naprave registrira odstotek izpolnjene inkubacijske dobe, ki traja po modificirani Müllerjevi krivulji (Müller, 1936; Bedlan, 1987) v juliju in avgustu, pri povprečni temperaturi 17°C, 4 dni (preglednica 1).

**Preglednica 1:** Odvisnost dolžine inkubacijske dobe od temperature za kumarno plesen, ki temelji na modificirani Müllerjevi krivulji (Müller, 1936; Bedlan, 1987)

**Table 1:** Dependence of cucumber downy mildew incubation period from average daily temperatures based on modified Müller's curve (Müller, 1936; Bedlan, 1987).

Temp. (°C)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Dolžina inkubacijske dobe (dni)	10	8	7	6	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	3	4	5	6

Dolinarjeva (1995) je Bedlanov model preizkušala v letih 1990–1995 in ugotovila, da model ustreza ekološkim razmeram in da razmeroma zanesljivo predvidi razmere za okužbo. Zanesljivost napovedi je nadgradila s spremljanjem pojava trosovnikov z lovilci spor. Tako prognoza kumarne plesni temelji na določanju začetka in konca epifitocije s pomočjo prognoznega modela in spremljanjem ulova trosovnikov. Začetek epifitocije se začne, ko zaznamo več kot pet trosovnikov na dan, model pa v tem času registrira do dve okužbi. V tem stadiju še ne zaznamo bolezenskih znamenj na listih, ampak napovemo začetek škropljenja, ki si sledijo v 7–10 dnevni presledkih. Ko se prične zmanjševanje števila ulovljenih trosovnikov, se napove konec epifitocije in s tem konec škropljenja.

Med bolj znanimi prognoznimi modeli v svetu je tudi sistem, ki sta ga leta 1998 razvila Holmes in Main za območje ZDA (Holmes in sod., 2004). Ta temelji predvsem na evidentiranju izbruhov in spremljanju vremenskih podatkov, ki vplivajo na prenašanje spor na daljše razdalje. Sistem je del ipmPIPE (Integrated Pest management; Information Platform for Extension and Education) projekta in javno dostopen na spletni strani <http://cdm.ipmpipe.org/>.

## 8 LITERATURA

- Bedlan G. Studien zur Verbesserung der Spritzterminbestimmung gegen *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et. Curt.) Rost. an Gerken in Österreich. *Pflanzenschutzberichte Band*. 1987; (48 Heft 3): 1-11.
- Celar F. Pojav kumarne plesni (povzročitelj *Pseudoperonospora cubensis* Rostow.) v Sloveniji. *Zaščita bilja*. 1989; 40(2): 227-231.
- Cohen Y. Downy mildew of cucurbits. V: Spencer D.M. (ed). *The downy mildews*. London Academic. 1981; 341-354.
- Colucci S.J., Holmes G.J. Downy mildew of cucurbits. *The Plant Health Instructor*. 2010; DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01.
- Dolar M. Prognoza pojava kumarne plesni (*Pseudoperonospora cubensis* /Berk. et. Curt./ Rost.) po Bedlanu leta 1990 do 1992 in preizkus »Paarove naprave«. *Zbornik predavanj in referatov s 1. Slovenskega posveta o varstvu rastlin*. 1993; 133-144.
- Dolar M. Bedlanova metoda za prognozo pojava kumarne plesni (*Pseudoperonospora cubensis* /Berk. et Curt./Rost.), dopolnjena z ulovom zoosporangijev. *Zbornik predavanj in referatov z 2. Slovenskega posveta o varstvu rastlin*. 1995; 283-286.
- Feller C., Bleiholder H., Buhr L., Hack H., Hess M., Klose R., Meier U., Stauss R., Van den Boom T., Weber E. Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: II. Fruchtgemüse und Hülsenfrüchte. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz*. 1995; 47: 217-232.
- Holmes G.J., Main C.E., Keever Z.T. Cucurbit downy mildew: a unique pathosystem for disease forecasting. V: Spencer Phillips P.t.n., Jeger M. (ed) *Advances in downy mildew research*. 2004; 2: 69-80.
- Lebeda A, Cohen Y. Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) - biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*. 2011; 129: 157-192.
- Lebeda A., Urban J. Distribution, harmfulness and pathogenic variability of cucurbit downy mildew in the Czech Republic. *Acta Fytotechnica et Zootehnica*. 2004; 7: 170-173.
- Macelj M., Cvjetković B., Ostojić Z., Igrc Barčić J., Pagliarini N., Oštrec L.j., Barić K., Čizmić I. *Štetočinje povrća*. Zrinski d.d, Čakovec. 2004; 517.
- Müller K. Die biologischen Grundlagen für die Peronosporabekämpfung nach der Inkubationkalender Methode. *Ztschr. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz*. 1936; 46: 104-108.

- Thomas C.E. Downy mildew. V: Thomas A.Z., Hopkins D.L., Thomas C.E. (ur). *Compendium of cucurbit diseases*. St. Paul (Minnesota): The American Phytopathological Society, cop. 1996; 25-27.
- Thomas C.E., Inaba T., Cohen Y. Physiological specialisation in *Pseudoperonospora cubensis*. *Phytopathology*. 1987; 77: 1621-1624.
- Vajs S., Lešnik M., Miklavc J., Matko B., Mešl M. Rezultati preizkušanja fungicidov za zatiranje plesni bučnic (*Pseudoperonospora cubensis*) na oljnih bučah v sezoni 2010. V: Maček, J., Trdan, S. (ur.). *Zbornik predavanj in referatov 10. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Podčetrtek, 1.-2. marec 2011*. Ljubljana: Društvo za varstvo rastlin Slovenije. 2011; 191-196.