

Plamenjača bosiljka (*Peronospora belbahrii* Thines)

Šušnjar, Leon Slaven

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:746706>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-29**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Plamenjača bosiljka (*Peronospora belbahrii* Thines)

DIPLOMSKI RAD

Leon Slaven Šušnjar

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Fitomedicina

Plamenjača bosiljka (*Peronospora belbahrii* Thines)

DIPLOMSKI RAD

Leon Slaven Šušnjar

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Snježana Topolovec - Pintarić

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Leon Slaven Šušnjar**, JMBAG 0178118001, rođen 3.8.1999. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Plamenjača bosiljka (*Peronospora belbahrii* Thines)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Leon Slaven Šušnjar**, JMBAG 0178118001, naslova

Plamenjača bosiljka (*Peronospora belbahrii* Thines)

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|--|--------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Snježana Topolovec-Pintarić | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Tihomir Miličević | član | _____ |
| 3. | prof. dr. sc. Božidar Benko | član | _____ |

Zahvala

Ovime prvotno zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Topolovec-Pintarić na njenom vodstvu, strpljenju i stručnom usmjeravanju prilikom pisanja ovoga rada. Također bih zahvalio svojim roditeljima na njihovoj emocionalnoj i intelektualnoj podršci tijekom studiranja.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Cilj rada.....	2
2. Plamenjača bosiljka.....	3
2.1. Povijesni pregled i rasprostranjenost	3
2.2. Simptomatologija.....	5
3. Uzročnik <i>Peronospora belbahrii</i> Thines	7
3.1. Morfologija	8
3.2. Biologija i epidemiologija	14
3.3. Raspon domaćina	18
4. Metode suzbijanja.....	19
4.1. Primjena fungicida	20
4.2. Noćna iluminacija	22
4.3. Solarizacija.....	23
4.4. Rezistentni kultivari bosiljka.....	24
4.5. Biopripravci	25
4.6. Biljna higijena	26
5. Zaključak	27
6. Popis literature.....	29

Sažetak

Diplomskog rada studenta/ice **Leon Slaven Šušnjar**, naslova

Plamenjača bosiljka

Plamenjaču bosiljka uzrokuje pseudogljiva *Peronospora belbahrii* Thines (Chromysta, Oomycota). Zabilježena je na svim kontinentima, a u Europi je prvi puta utvrđena u Švicarskoj od kuda se brzo proširila ostatkom Europskog kontinenta. U Hrvatskoj je zabilježena 2015. godine. Najčešće se pojavljuje u uzgoju u zaštićenim prostorima te samom zarazom biljke deplasira sa tržišta. Poseban problem predstavlja u organskoj proizvodnji bosiljka. U ovom radu će se objediniti i iznijeti dosadašnje spoznaje o plamenjači bosiljka i njenom uzročniku, te razmotriti prednosti i nedostatke njegovog suzbijanja. Iscrpno je opisana morfologija, biologija i epidemiologija patogena te simptomatologija i horologija bolesti. Također, kroz različite znanstvene izvore, prikupljene su i obrađene do sada dostupne metode suzbijanja bolesti te se razmotrene njihove prednosti i nedostaci.

Ključne riječi: mikoza, *Ocimum* spp., Oomycota, *Peronospora belbahrii*

Summary

Of the master's thesis - student **Leon Slaven Šušnjar**, entitled

Downy mildew of basil

Downy mildew of basil is caused by the pseudofungus *Peronospora belbahrii* Thines (Oomycota). It has been recorded worldwide, and in Europe it was firstly found in Switzerland, and from there it quickly spread throughout the rest of the European continent. In Croatia it was recorded in 2015. It most often appears in cultivation in protected areas, and the infection of the plant itself displaces it from the market. A special problem presents in the organic production of basil. This work, will consolidate and present the current knowledge about basil blight and its causative agent, and consider the advantages and disadvantages of its control. The available scientific literature will be used to consolidate the previous knowledge about the causative pathogen and the disease itself. The morphology, biology and epidemiology of the pathogen as well as the symptomatology and horology of the pathogen are described in detail. Also, through various scientific literature sources, the methods of disease control available so far have been collected and processed, and their advantages and disadvantages have been discussed.

Keywords: mycoses, *Ocimum* spp., Oomycota, *Peronospora belbahrii*

1. Uvod

Plamenjača bosiljka, uzrokovana patogenom *Peronospora belbahrii*, predstavlja sve veći problem u globalnoj proizvodnji bosiljka. Bolest je prvi put zabilježena u Ugandi 1932. godine, a od tada se proširila širom svijeta, uključujući Europu, Sjevernu Ameriku, Aziju i Australiju. U Hrvatskoj je u sklopu redovitih pregleda od strane Zavoda za zaštitu bilja, Hrvatskog centra za poljoprivredu i hranu utvrđena 2016. godine u zaštićenim prostorima četiri županije (Novak i sur., 2016.). Danas je smatrana kozmopolitom, te je nalazimo na svim kontinentima gdje se uzgaja bosiljak, ugrožavajući proizvodnju ovog popularnog začina koji je ključni sastojak u mnogim kulinarskim tradicijama. Pseudogljiva *P. belbahrii* je biotrofični patogen iz razreda Oomycota (Chromysta). Simptomi bolesti uključuju žućenje listova, nekrozu i karakteristične sive do crne sporangije (sin. konidije) na naličju listova (Wyenandt i sur., 2015.). Ova bolest može uzrokovati značajne gubitke u prinosu, a u težim slučajevima i potpuno uništenje usjeva.

Plamenjača bosiljka razvija se u uvjetima visoke vlažnosti i umjerenih temperatura, što znači da je posebno problematična u područjima s vlažnom klimom ili u zaštićenim prostorima gdje se održava kontrolirana mikroklima. Konidije patogena *P. belbahrii* šire se putem zraka, vode, ali i zaraženim sadnim materijalom, što omogućava brz prijenos bolesti između različitih uzgojnih područja (Grabowski i sur., 2012.).

Ubrzano širenje plamenjače bosiljka posljednjih godina dovelo je do intenzivnog istraživanja mogućnosti suzbijanja ove bolesti. Postoji nekoliko metoda suzbijanja koje se mogu primijeniti u praksi, a koje uključuju preventivne, kulturalne i kemijske mjere. Preventivne mjere uključuju korištenje zdravog sadnog materijala i izbjegavanje navodnjavanja odozgo, što smanjuje vlažnost lista i rizik od infekcije. Uzgoj u uvjetima kontrolirane klime, gdje je moguće smanjiti vlažnost i temperaturu, također može značajno smanjiti pojavu bolesti. Kemijska zaštita bosiljka protiv plamenjače uključuje primjenu fungicida, iako je njihova upotreba znatno ograničena u organskoj proizvodnji. Neki od fungicida koji se koriste u suzbijanju plamenjače bosiljka uključuju spojeve na bazi bakra, koji su prihvaćeni u organskoj proizvodnji, te sintetičke fungicide koji se koriste u konvencionalnoj poljoprivredi. Međutim, zbog mogućnosti razvoja rezistentnih sojeva patogena, naglasak se stavlja na alterniranje fungicida i njihove kombinacije s drugim metodama suzbijanja. Uz kemijsku zaštitu, sve veći značaj dobivaju biološke metode suzbijanja, uključujući primjenu antagonističkih mikroorganizama i prirodnih pripravaka. Neki istraživači rade na razvoju bioloških čimbenika koji mogu smanjiti infektivnost *P. belbahrii*, dok drugi proučavaju mogućnost uzgoja otpornijih sorti bosiljka putem klasične selekcije ili genetičkog inženjeringa. Jedan od ključnih izazova u suzbijanju plamenjače bosiljka jest širok raspon domaćina ovog patogena unutar roda *Ocimum*. Osim bosiljka, *P. belbahrii* može zaraziti i druge vrste unutar ovog roda, što otežava suzbijanje bolesti i povećava rizik od

širenja na različite uzgojne kulture. Osim toga, stalna prilagodba patogena novim uvjetima okoline i razvoju otpornosti na fungicide zahtijeva kontinuirano istraživanje i prilagodbu strategija suzbijanja.

Trenutno stanje u svijetu pokazuje da plamenjača bosiljka predstavlja ozbiljnu prijetnju za proizvodnju bosiljka, s tendencijom daljnjeg širenja. Održavanje zdravih usjeva zahtijeva integrirani pristup suzbijanju koji kombinira preventivne mjere, kulturne prakse, kemijsku i biološku zaštitu. Iako je izazov velik, napori znanstvenika i proizvođača usmjereni su ka smanjenju šteta uzrokovanih ovim patogenom i osiguravanju dugoročne održivosti proizvodnje bosiljka. Daljnja istraživanja i razvoj novih metoda suzbijanja, uključujući otpornije sorte bosiljka, bit će ključni u borbi protiv ove bolesti u budućnosti.

1.1. Cilj rada

Cilj rada je objediniti i zabilježiti sve dosadašnje spoznaje o plamenjači bosiljka i njenom uzročniku. Kronološki će biti prezentirani podaci o horologiji i simptomatologiji bolesti, ne samo na bosiljku već i novo utvrđenim domaćinima. Uz detaljan opis morfologije patogena napraviti će se usporedba morfoloških obilježja autohtonog izolata s Thinesovim bazičnim opisom te drugim opisanim izolatima *P. belbahrii*. Budući da su podaci o biologiji *P. belbahrii* još uvijek nepotpuni te stoga nije kompletiran holomorf u radu će se razmotriti hipoteza o mogućoj heterotaličnosti vrste te predložiti odvijanje teleomorfog ciklusa. Povezano, postojeći podaci o epidemiologiji patogena su isto nepotpuni te će se razmotriti hipoteza o mogućnosti prezimljenja patogena u hladnijim krajevima ukoliko je vrsta heterotalična. Opisat će se dosadašnji napori osmišljavanja prognoze bolesti te se razmotriti nedostaci povezani s nepoznavanjem teleomorfa. Opisat će se sve do sada dostupne metode suzbijanja te razmotriti njihove prednosti i nedostaci.

2. Plamenjača bosiljka

Plamenjača bosiljka se smatra jednom od najdestruktivnijih bolesti bosiljka (*Ocimum basilicum*) iz porodice *Lamiaceae*. Kozmopolitski karakter stekla je zahvaljujući popularnosti svojeg domaćina bosiljka te se širila zajedno s njime kroz trgovinu sjemenskim i biljnim materijalom. Zbog brzog širenja nije se za većinu zemalja našla na listi karantenskih bolesti jer karantenske mjere nisu više imale smisla.

2.1. Povijesni pregled i rasprostranjenost

Plamenjača bosiljka prvi put je zabilježena 1932. godine u Ugandi, Afrika, a uzročnik je identificiran kao *Peronospora* spp. te ponovno 1937. godine kao *P. lamii* (Hansford, 1933; Hansford 1938.). Kao nova vrsta uzročnik je identificiran 2009. i imenovan *Peronospora belbahrii* Thines (Thines i sur., 2009.)

Prvi put je primijećena u Europi 2001. godine u Švicarskoj u plasteničkoj proizvodnji (Belbahrii i sur., 2005.). Nakon toga zamijećena je u Italiji 2003. godine na usjevima bosiljka u nekoliko plastenika smještenih u regiji Liguria u sjevernom dijelu Italije. U Francuskoj je uočena 2004. godine na bosiljku u mjestu nedaleko od Saint Tropeza (Garibaldi i sur., 2005.). Iste godine zabilježena je i u Belgiji.

Nakon tih prvih otkrivanja, ubrzano se proširila ostatkom Europe. Tako je 2009. godine zabilježena u Ujedinjenom kraljevstvu na biljkama iz roda *Agastache* (*Agastache mexicana* i *Agastache* spp.) u vrtovima Wisley, dok je u ljeto 2010. godine primijećena u jugoistočnoj Engleskoj (Henricot i sur., 2009.; Webb i sur., 2012.). Povećana učestalost slučajeva zaraze zabilježena je u Mađarskoj na dva prodajna štanda u mjestima Budimpešta - Soroksar i Tordasal, iako je slična bolest uočena 2003. godine u plasteniku u Albertirsi (Nagy i sur., 2011.). Dvije godine kasnije zabilježena je u Češkoj, kao i na Cipru (Kanetis i sur., 2014.). Ponovno je zabilježena u Ujedinjenom kraljevstvu 2014. godine na ukrasnoj koprivi (*Solenostemon scutellarioides* cv. „Chocolate mint“). No, 2016. godine je potvrđen podtip s naznakom specijalizacije u determinaciji patogena *P. belbahrii sensu lato*, koji je uzrokovao plamenjaču na ukrasnoj koprivi (Rivera i sur., 2016.). Iste godine plamenjača bosiljka je uočena na bosiljku uzgajanom na otoku Tenerife u Španjolskoj te je naknadno utvrđeno da bolest uzrokuje ozbiljne simptome i ekonomske gubitke u Almeriji, Andaluzija (Gómez i sur., 2016.).

U Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), plamenjača bosiljka zabilježena u listopadu 2007. godine u južnoj Floridi (Zhang i sur., 2009.). Od prvog zabilježenog slučaja u SAD- u, uočena je još u 42 države (Zhang i sur., 2009; McGrath, 2019.). Nalaz na bosiljku uzgojenom u raznim kljalištima u Sebastopolu, Sonoma county (SAD) smatra se značajnim jer je otkriveno da je sjeme poteklo iz Italije. Plamenjača bosiljka je također zabilježena u Argentini u veljači 2008. godine, te zatim u Kanadi i Havajima 2009. godine (Saude i sur., 2013; Ronco i sur., 2009.). U Meksiku je zabilježena prvi put u 2015. godini (Romero i sur., 2015.).

Prvo izvješće o pojavi u Aziji potiče iz Irana, gdje je 2006. godine došlo do značajne zaraze usjeva bosiljka na otvorenim poljima (Khateri i sur., 2007.). Godinu kasnije u travnju 2007. godine pronađena je u Japanu na biljkama ukrasne koprive u plasteniku u prefekturi Chiba (Ito i sur., 2015.). U proljeće 2009. godine pronađena je na Tajvanu na poljima Nantu i Yunlin (Chen i sur., 2010.). U Izraelu je u prosincu 2011. pronađena nedaleko od Bet She'an, te se tijekom 2012. godine proširila ostatkom države na druga područja gdje se uzgaja bosiljak (Cohen i sur., 2013.).

Do 2017. godine plamenjača bosiljka se smatrala egzotičnom bolesti za Australiju, dok nije zabilježena u jugoistočnom Queensland-u (Grice i sur., 2018.). Unutar šest mjeseci bolest je postala prisutna duž istočne obale od sjevernog Queensland-a do Victoria-e, Južna Australija i Sjevernog teritorija. U znanstvenoj literaturi Australija se smatra domaćinom plamenjače bosiljka još od 2015. godine, no za to nema zapisa koji bi to potvrdili (Grice i sur., 2018.).

U Brazilu je zabilježena 2019. godine kao *P. belbahrii sensu lato* na ukrasnoj koprivi (*Plectranthus* spp.) (Gorayeb i sur., 2020.). Prvo izvješće o pojavi plamenjače bosiljka u Republici Hrvatskoj potiče iz 2015. godine od strane Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu, te se bazira na simptomima, no ne i na molekularnoj identifikaciji (Novak i sur., 2016.). U listopadu 2015. godine Savjetodavna služba je pronašla zaražene biljke bosiljka u plasteniku u Varaždinskoj županiji. Nakon tog uočavanja bolest se ubrzo proširila i u Krapinsko-zagorskoj, Međimurskoj, Splitsko-dalmatinskoj i Zagrebačkoj županiji. U Dubrovačko-neretvanskoj županiji plamenjača bosiljka je pronađena na biljkama u teglama koje su potekle iz Italije. Do sada je u Republici Hrvatskoj, plamenjača bosiljka zabilježena isključivo u proizvodnji u zaštićenom prostoru.

2.2. Simptomatologija

Prvotni simptomi se mogu zamijetiti na nižim listovima, gdje započinje infekcija koja se zatim širi prema gornjim listovima (Slika 2.2.1.). Blaga kloroza lica lista je prvi simptom koji se pojavljuje na mjestu inficiranog tkiva, pretežito oko sredine lista gdje su glavne provodne žile (Mersha i sur., 2013.). Početno žućenje listova se može zamijeniti sa nedostatkom hranjiva i tako se bolest može nezamijećeno dalje razvijati (Wyenandt i sur., 2015.). S vremenom na licu listova se pojavljuju velike klorotične lezije sa difuznim obrubom. Kloroza općenito uključuje čitavu površinu listova. U nekim slučajevima moguća je potpuna kloroza cijelih listova biljke domaćina. Budući da je patogen biotrof, apsorbicijom uzrokuje odumiranje stanica iz kojih uzima hranjive tvari i time dolazi do nekroze odmah nakon kloroze.

Nekrotične pjege su varijabilnih veličina i nepravilnog oblika, budući da su ograničene nervaturom lista. U vlažnim uvjetima, nekrotizirani dijelovi mogu poprimiti tamnosmeđu do crnu boju. Na naličju lista, na mjestima zahvaćenim klorozom i nekrozom, formira se tipična prašnjata plijesan, sive do smeđe boje koja listu daje prljavi izgled (Slika 3.2.). Dijelovi lista koji su zahvaćeni nekrozom zatim odumiru, te to dovodi do blagog uvijanja listova. Infekcija lisne mase rezultira defolijacijom te propadanju mladih presadnica (Palmateer i sur., 2007.). Defolijacija je često prijevremena (Nagy i Horvath, 2011.).

Bolest može biti asimpomatska u hladnim i suhim uvjetima (Grabowski, 2012.). U nekim slučajevima simptomi se mogu manifestirati nakon berbe, tijekom transporta. Prema nekim izvješćima iz Tajvana zabilježeno je da patogen uzrokuje klorozu i smanjenje listova na bosiljku, ali ne uzrokuje nikakve simptome na ukrasnoj koprivi, Pai-tsai kineskom kupusu (*Brassica rapa*), lisnatoj salati (*Lactuca sativa*) i lubenici (*Cucumis melo*).



Slika 3.1. Kloroza listova uzrokovana patogenom *Peronospora belbahrii* na bosiljku.

Izvor: <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/basil-downy-mildew> Pristup: 27.8.2024.



Slika 3.2. Sporulacija vrste *Peronospora belbahrii* na naličju lista bosiljka.

Izvor: <https://extension.umn.edu/disease-management/basil-downy-mildew> Pristup: 27.8.2024.

3. Uzročnik *Peronospora belbahrii* Thines

Uzročnik plamenjače bosiljka je pseudogljiva *Peronospora belbahrii* Thines koja je formalno opisana i imenovana od strane Thines-a i suradnika 2009. godine u sjećanje na Lassaarda Belbahrii-a, koji je prvi predložio da je ovaj patogen, novi uzročnik plamenjače bosiljka, još tada neopisana vrsta. Molekularnom identifikacijom kroz ITS sekvenciranje su Belbahrii i sur. (2005.) potvrdili da se do tada nepoznata vrsta na bosiljku razlikuje od *P. lamii*, jedinog do tada poznatog uzročnika plamenjače bosiljka, te da se razlikuje od ostatka vrsta roda *Peronospora*, koje napadaju vrste iz porodice *Lamiaceae* poput vrste *Salvia officinalis* (Hansford, 1933.; Hansford, 1938.).

Od 2016. godine *P. belbahrii* se opisuje kao kompleks vrsta koje su definirane svojim biljnim domaćinom (Rivera i sur., 2016.). Naime, još je Thines i sur. (2009.) plamenjaču koleja ili šarenca (*Coleus* spp.) determinirao kao *P. belbahrii sensu lato* te je tako razdvojio od *P. lamii* do tada smatranog uzročnika te plamenjače. Također je naznačio da bi se moglo raditi o zasebnoj vrsti, vrlo srodnoj *P. belbahrii*. Slično je pokazalo kasnije istraživanje u Tennesseeu (SAD), jer su morfološke i molekularne karakteristike, uzročnika plamenjače koleja bile konzistentne sa onima od Thines-a za vrstu *P. belbahrii sensu lato* (Rivera i sur. 2016). Novije istraživanje potvrdilo je Thinesovu pretpostavku da je *P. belbahrii* na koleju moguće nova vrsta te je temeljem više-genske filogenije identificirana kao *P. choii sp. nov.* u istraživanju Hoffmeister i sur. (2020). Nova vrsta *P. choii* zajedno s novom vrstom *P. salviae-pratensis sp. nov.* čine kompleks vrste *P. belbahrii*.

Smatra se da je *P. belbahrii* afričkog podrijetla s obzirom da je njen domaćin, bosiljak autohton na tom kontinentu (Thines i sur., 2009.). Vrsta je pseudogljiva, klasificirana u carstvo Chromista, odjel Oomycota, razred Oomycetes, red Peronosporales, porodicu Peronosporaceae (Mycobank, 2024).

Koristeći uspoređivanje morfoloških obilježja i molekularnu filogeničku rekonstrukciju, Thines i suradnici su također potvrdili da se *P. belbahrii* razlikuje od *P. swingleii* na vrsti *Salvia reflexa* (Thines i sur., 2009.). No, uzročnik plamenjače ljekovite kadulje (*Salvia officinalis*) *P. salviae-officinalis* (Choi i sur., 2009.) je vrlo blizak vrsti *P. belbahrii* te pripada istom kladu kao i *P. belbahrii* kompleks.

3.1. Morfologija

Prevlaka koja se u obliku smeđe plijesni pojavljuje na naličju simptomatskih listova su aseksualni organi sporangiofori sa sporangijima. Sporangiofori izlaze kroz puči na listu biljke domaćina, kao zračni ogranci micelija. Micelij je cenocitičan, intercelularan i razvija se u vaskularnom parenhimu gdje je pričvršćen za stijenke ksilema i floema, a u stanice ulazi haustorijima (Slika 3.1.1.) (Falach-Block i sur., 2019.).

Mikroskopskim promatranjem može se zaključiti da nespolni organi posjeduju karakteristike roda *Peronospora*. Sporangiji roda *Peronospora* su po ponašanju nalik na konidije, koje kliju u kličnu cijev, a ne produciraju zoospore poput sporangija ostalih vrsta iz porodice *Peronosporaceae*. Iz toga razloga, sinonim konidija, ili jednostavnije spora se uvriježio za sporangij roda *Peronospora*.

Anamorfa

Prvi opis sporangija i sporangiofora *P. belbahrii sensu stricto* na bosiljku, kao i *Coleus* vrstama koje su tada smatrane domaćinom no, s naznakom *P. belbahrii sensu lato* zbog mogućnosti da je to nova vrsta napravili su Thines i sur. (2009.), što je potvrđeno identifikacijom i imenovanjem vrste *P. choi* sp.nov. (Hoffmeister i sur., 2020.). Stoga će ovdje biti prikazane izmjere Thines i sur. (2009.) jer su i morfološke uz molekularne karakteristike doprinijele pretpostavci o novoj vrsti.

Peronospora belbahrii sensu stricto

Konidije, odnosno aseksualne spore, tamno smeđe su do maslinaste boje te bez pedicelusa (stapka) (Slika 3.1.2.). Zaokružene su i jajolikog oblika, dužine od 24–29–30,8–33–36 μm i širina im iznosi 20–23–24–26–29 μm na bosiljku. Omjer duljine i širine iznosi 1.1–1.2–1.29–1.4–1.5. (Thines i sur., 2009.).

Sporangiofori u bezbojni (hijalini) sa dugačkom, uspravnom stapkom i monopodialni sa dužinom od 270–300–400–520–680 μm . Broj ogranaka iznosi 3–4–4.9–5–7 μm po sporoforu. Krajnje grane su u parovima i zaobljene, pri čemu je niže pozicionirani ogranak duži od višeg. Niži ogranak je duljine 13–18–20.6–26–31 μm , dok je viši duljine 8–7.7–9.80–10–15 μm . Omjer između duže i kraće grane iznosi 1.3–1.8–2.25–2.7–4 μm . Krajnje grane završavaju dihotomno, a vrhovi (sterigme) su jače ili slabije ušiljeni. Vrhovi nose po jedan sporangij.

Najkraći sporangiofori *P. belbahrii* su zabilježeni u Iranu sa dužinom od 130–290 μm (prosjek 194 μm), te su se granali dva do pet puta (Khateri i sur., 2007.). Najdulji sporangiofori su zabilježeni u Mađarskoj duljine 416–784 μm (prosjek 572 μm), ali su se granali monopodialno pet do sedam puta (Nagy i sur., 2017.).

Peronospora choii sp. nov. (ex. *P. belbahrii* sensu lato)

1. Opis (Thines i sur. (2009.).

Dužina konidija iznosi 26–29–31,3–33–37 μm i 20–23–24,5–26–29 μm širine. te omjer duljine i širine iznosi 1.1–1.2–1.28–1.4–1.5.

Sporangiofori su također hijalini, dugački, uspravni i monopodialni (Slika 3.1.3.). Dužina sporangiofora je 330–380–466–570–650 μm , a broj ogranaka 4–5–5.2–6–7 μm (Thines i sur., 2009.; Hoffmeister i sur., 2020.). Ova vrsta također ima krajnje ogranke u parovima i zaobljene te je viši ogranak također kraći od nižeg. U odnosu na ogranke *P. belbahrii* kraći su duljine 5.1–7.7–10.7–13–17 μm . Vršni ogranak je duljine , 5.1–7.7–10.7–13–17 μm . Omjer nižeg i višeg ogranaka iznosi 1.1–1.6–1.71–1.9–2.5. Krajnje grane su dihotomne, s jače ili slabije ušiljenim sterigmama. Vrhovi nose po jedan sporangij .

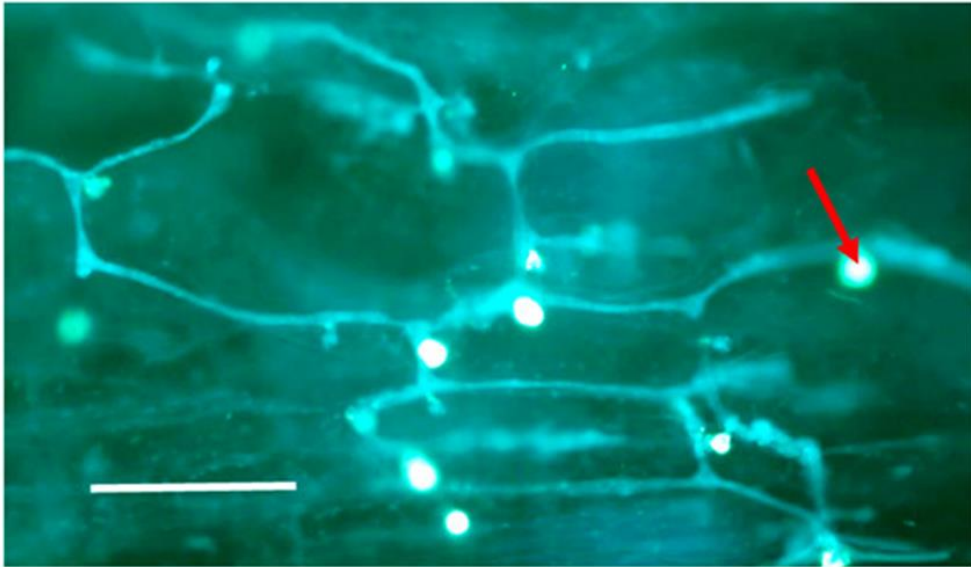
2. Opis Hoffmeister i sur. (2020.).

Konidije su svijetlo sive do svijetlo smeđe boje, ovalne do elipsoidne te su s obje strane zaobljene, ornamentacija membrane nejasna, nemaju pedicelus (stapka) (Slika 3.1.4.). Duljina konidija je (14.6–)17.9–19.9–21.4(–27.3) μm , a širina (12.8–)15.9–17.8–18.9(–24.9) μm s međusobnim omjerom (1.02–)1.08–1.13–1.16(–1.33).

Sporangiofori su hialini i vitki, ukupne dužine 351–831 μm (Slika 3.1.3). Samo deblo je ravno ili neznatno zakrivljeno dugo 222–533 μm i 10–21 μm široko do prvog grananja. Baza debela je obično lagano proširena, 8–14 μm širine, ponekad sužena u sredini. Broj grananja je 4–6–7 puta, a grane su zakrivljene. Sterigme su neznatno zakrivljene do gotovo ravne, tupe i različite dužine (Slika 3.1.4.). Duža sterigma je najčešće duljine (8.2–) 12.7–15.6–17.2(–27.4) μm , a kraća (4.2–)7.9–9.2–10.3(–14.9) μm . Omjer između sterigmi je (1.01–)1.53–1.72–1.83(–3.12).

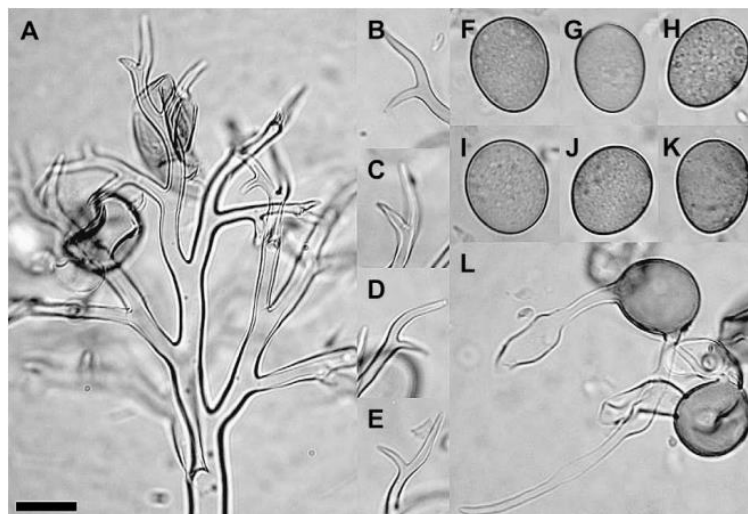
Teleomorf

Do sada postoje dvije zabilježke pronalaska oospora, obje iz Izraela, gdje su pronađene u listovima kultivara bosiljka „Peri“. Opis oospora su izradili Cohen i sur., 2013. godine, opisujući ih kao okrugle, smeđe boje, sa čvrstom stijenkom (Slika 3.1.5.). Promjer im je iznosio $46.2 \pm 2.8 \mu\text{m}$ (Cohen i sur., 2013.). Oospore se nikada nisu pojavljivale na zaraženoj površini lista već unutar mezofila (Cohen i sur., 2017.). Istraživanje provedeno 2016. godine od strane Elada i suradnika je koristilo za pokus primjer komercionalnog plasteničnog uzgoja. Prilikom tog istraživanja zamijećeno je da se oospore nalaze pričvršćene na lisnoj površini kod starije zaraženih dijelova. Nadalje, pokazalo se da se oospore lako ispiru sa lista pomoću vode (Elad i sur., 2016.). Otkriće zoospora sugerira potencijal patogena za seksualnu reprodukciju, no malo je poznato o formaciji oospora kod *P. belbahrii* kao i da li je homotalična ili heterotalična vrsta. Zasada je pronađen jedan spolni tip (Choi i sur., 2016.). Patogenost oospora se i dalje istražuje, ali bez njihovog vršenja pozitivnih infekcija na biljci domaćinu, malo se zna o njihovoj stvarnoj ulozi u epidemiologiji patogena (Wyenandt i sur., 2015; Cohen i sur., 2017.). Oospore vrste *P. choui* do sada nisu pronađene (Hoffmeister i sur., 2020.).



Slika 3.1.1. Mikrografija micelija sa haustorijem (označen strelicom) vrste *Peronospora belbahrii* unutar zaražene peteljke bosiljka.

Izvor: Falach-Block i sur., 2019.



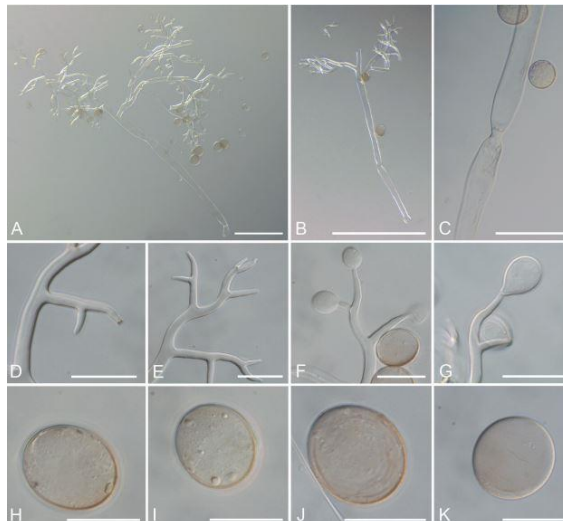
Slika 3.1.2. Mikrografija konidija (sporangija) vrste *Peronospora belbahrii*.

Izvor: Thines i sur. 2009.



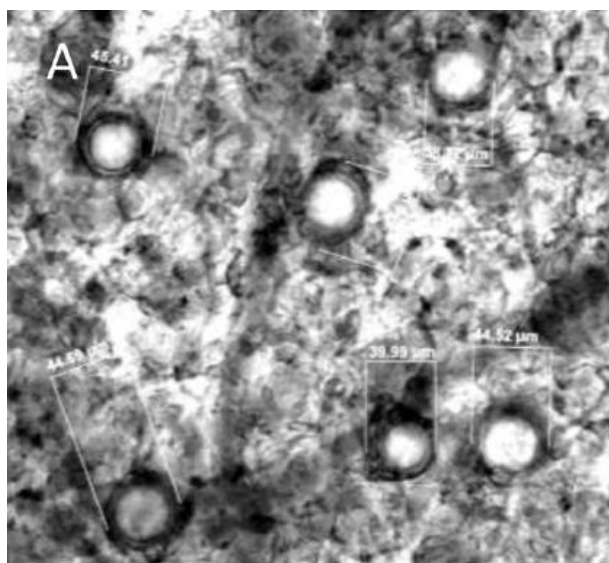
Slika 3.1.3. Mikrografija sporangiofora vrste *Peronospora belbahrii*.

Izvor: <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5458604#> Pristup 16.3.2024.



Slika 3.1.4. Mikrografija *Peronospora choui*: grananje sporangiofora A-E, sterigme F-G, konidije H-K.

Izvor: Hofmeeeister i sur., 2020.



Slika 3.1.5. Mikrografija oospora vrste *Peronospora belbahrii* u mezofilu zaraženog lista bosiljka (*Ocimum basilicum*).

Izvor: Cohen i sur., 2017.

3.2. Biologija i epidemiologija

Pseudogljivi *P. belbahrii* najbolje odgovaraju topli i vlažni uvjeti, kada obilno sporulira. Konidije mogu vršiti infekcije već pri temperaturama od 15 °C (Grabowski i sur., 2012.). Primjer toga bi bila plamenjača bosiljka koja je prisutna u Izraelu na područjima gdje se uzgaja bosiljak. Temperature na tim područjima u hladnijem dijelu godine mogu doseći minimum od 5–10 °C po noći i maksimum od 10–25 °C tijekom dana (Elad i sur., 2016.). Patogen može podnijeti hladno vrijeme (10–15 °C), ali poput njegovog domaćina bosiljka, ne može preživjeti oštre zime, budući da je biotrof te zahtjeva živog domaćina. Iz toga razloga, u uvjetima oštre zime može preživjeti isključivo u zaštićenim prostorima u kojima se proizvodi bosiljak tijekom čitave godine. U uvjetima blagih zima i toplim temperaturnim regijama gdje se biljka domaćin bosiljak ne smrzava, stvara se sekundarni inokulum koji je prezimio. Sadnja u periodu velike relativne vlažnosti zraka, umjerena temperatura, dugi period vlaženja lista i loša cirkulacija zraka su jedni od kritičnih faktora koji doprinose brzom širenju zaraze vrste *P. belbahrii* među presadnicama bosiljka u uzgoju na otvorenom polju ili pak u zaštićenom prostoru (Garibaldi i sur., 2007.). Pod sekundarni inokulum spadaju micelij i konidije u zaraženim biljnim dijelovima poput stabljike, lisnog tkiva i izbojaka. Sukladno tome, najveće štete su zbog toga često zabilježene u toplim i vlažnim uvjetima kasnog ljeta i zaštićenih prostora.

Iako su vrste roda *Peronospora* biotrofi, oni mogu preživjeti u odsustvu domaćina u obliku oospora jer su u dormantnom stanju i vijabilne su nekoliko godina ovisno o vrsti. Većina vrsta roda *Peronospora* može obitavati u tlu kao oospore koje su se formirale u lisnom tkivu, a zatim prezimile u ostacima lišća ili pak bivaju otpuštene u tlo kako lišće propada. Bilo kakav prijenos čestica tla, može omogućiti daljnje širenje ovog patogena sa zaraženih biljaka na nove domaćine. Do sada, nema zabilježenih slučajeva da su oospore *P. belbahrii* prenošene tlom, čak i kada su oospore pronađene unutar mezofila listova (Elad i sur. 2016; Cohen i sur., 2017.). Kako bi se razjasnila patogenost oospora za bosiljak provedeni su pokusi većih razmjera. Tlo u tim pokusima je bilo zaraženo oosporama (10 oospora/5 g tla) i tri do četiri sjemenke bosiljka su posijane na tom mjestu. Biljke su uzgajane do faze četiri prava lista, no ni jedna od 2000 biljaka nije pokazala nikakve vidljive simptome plamenjače ili sporulacije *P. belbahrii* (Cohen i sur., 2017.). Nadalje, pokusi u plastenicima u Izraelu su pokazali da visoka temperatura ima minimalni utjecaj na oospore, te zbog toga one nemaju nekakav značajni efekt na preživljavanje patogena (Elad i sur., 2016.).

Životni ciklus vrste *P. belbahrii* prvotno započinje pomoću velike količine konidija nošenih zrakom koje se šire vlažnim vjetrovima (Pyne, 2017.). Konidije mogu biti nošene kapljicama kiše, vjetrom ili mogu biti prenošene prskanjem kapljica vode tj. kiše sa tla na najniže listove biljke. Patogen ne zahtjeva biotskog vektora za širenje. Preživljavanje konidija, za razliku od oospora, uvelike ovisi o temperaturi i dužini izlaganja. Duži period izlaganja višim temperaturama može oslabiti sposobnost zaraze konidija. Isušene kondije gube svoju

aktivnost nakon 55 h pri temperaturi od 25 °C te nakon 20 h pri 30 °C i 9 h pri 40 °C (Cohen i sur., 2017.). Stoga, konidije su kratkog životnog vijeka i vijabilne svega nekoliko dana. Time mogu zaraziti svoga domaćina samo u okruhu širenja kondija. Let konidija proučavala je McGrath (2015.) u pokusu s bosiljkom uzgojenim na polju na Long Island Horticultural Research and Extension Center (LIHREC) na području Riverhead, New York. Smatrala je da su primarni izvor inokuluma na tom području konidije donešene vjetrom sa zaraženih biljaka s većih udaljenost iako ona nije definirana. Mogućnost korištenja zamrznutih konidija je istraživana od strane Cohen-a i suradnika 2017. godine koji su skupljali konidije sa zaraženih listova smrznutih 3 mjeseca na temperaturi od -20 °C i dvije godine na -80 °C. U svom istraživanju su dokazali visoku sposobnost klijanja kondija čak i nakon izlaganja niskim temperaturama kroz dulji period. Drugi eksperiment sa prethodno smrznutim konidijama proveli su Farahani-Kofoet i suradnici (2014.) te ustanovili da je smrzavanje smanjilo postotak klijavosti konidija na 25 % u usporedbi sa 90 % kod svježih konidija. U svome istraživanju, Farahani-Kofoet i suradnici (2014.) su koristili konidije vrste *P. belbahrii* sa zamrznutih zaraženih listova. Sakupljene konidije su bile izložene temperaturama od -20 °C kroz tri mjeseca ili -80 °C kroz dvije godine. Konidije su u istraživanju pokazale iznimno zadržavanje visoke razine klijavosti u hladnim uvjetima (Farahani-Kofoet i sur., 2014.). Za klijavost je preferirana temperatura iznosila između 5 i 15 °C na vodenom agaru *in vitro*. Inokulacija biljaka bosiljka zamrznutim ili svježim konidijama (3×10^4 / ml) je rezultirala u oba slučaja visokom stopom zaraze 14 dana nakon inokulacije (Farahani-Kofoet i sur., 2014.).

Sporulacija se odvija u vlagom zasićenoj atmosferi pri odgovarajućoj temperaturi te često prilikom noći na mjestima tamnih i klorotičnih lezija starih 5-15 dana (Cohen i sur., 2013.). U kontroliranim uvjetima tijekom uzgoja u zaštićenom prostoru, do sporulacije dolazi 6-7 dana nakon inokulacije (Pyne, 2017.). U kontroliranim uvjetima, plamenjača bosiljka je izrazito opasna kada su biljke bosiljka vlažne šest do 12 sati nakon inokulacije, a vlažnost lista je bila prisutna kroz najmanje 24 sata (Farahani-Kofoet i sur., 2012.). Sporulacija započinje kada biomasa micelija u mezofilu lista dosegne određenu razinu, te završava unutar 8-12 h od zamračenja i vlagom zasićenoj atmosferi pri 18 °C. Za sporulaciju je također potrebno minimalno 7,5 h tame kako bi se sporulacija potaknula (Cohen i sur., 2013.). Konidije za period inkubacije zahtjevaju minimalno dva sata u vodenom okruženju te 15 do 20 °C da proklju (Cohen i Ben Naim, 2016.). Tijekom prvih šest sati, hijalinski sporofori se formiraju i kako izlaze iz puči polako postaju dihotomni.

Tijekom sljedećih pet sati, stvaraju se konidije na vrhovima sporangiofora (sterigmate) (Cohen i sur., 2013.). Svjetlost snažno inhibira formaciju konidija, ali ne i razvoj sporangija i njihovu pojavu kroz stome lista. No, sporangiji razvijeni pri takvim uvjetima su abnormalni i nisu u mogućnosti stvarati konidije. Osvjetljenje tijekom druge polovice noći inhibira formaciju spora (Cohen i sur., 2013.). Pritom, crveno LED osvjetljenje (λ_{max} 625 nm) je posjedovalo najizraženiji inhibični učinak, u usporedbi sa plavim LED osvjetljenjem (λ_{max}

440 nm). Kod drugih vrsta oomiceta je obrnuta situacija gdje plavo LED svjetlo ima više izražen inhibitorni učinak. Stoga se pretpostavlja da patogen *P. belbahrii* posjeduje drugačije fotoreceptore koji su osjetljiviji na crveno svjetlo (Cohen i sur., 2013.). Sporulacija je intenzivnija kada je udio ugljikohidrata u biljci veći (Cohen i sur., 2013.). Zato, što je veća akumulacija ugljikohidrata u zaraženim listovima tijekom dana, time će sporulacija poprimiti veće razmjere u tamnijem, vlažnijem periodu noći. Prema ovim podacima sporulacija se prekida sa pojavom nekroze liste koja ometa asimilaciju hranjiva budući da je patogen apsorbirao sva hranjiva.

Konidije kličaju unutar 3-5 dana u jednu ili dvije klične cijevi i vrše zarazu biljnog tkiva tako što ulaze kroz puč lista (Thines i sur., 2009; Zhang i sur., 2019.). Cijeli proces se odvija u tri sata (Elad i sur., 2016.). Klične cijevi rijetko formiraju strukture poput apresorija prethodno prodoru u biljno tkivo. Hife rastu unutar međustaničnog prostora unutar mezofila lista, bujaju i probijaju biljne stanice pomoću struktura kao što je haustorij, koji služi za daljnje uzimanje hranjiva (Pyne, 2017.). Uslijed daljnjeg širenja prvotnih hifa, ispod puči se stvara nakupina međustaničnog micelija. Iz takve nakupine micelija, uzdižu se sporangiofori koji izlaze kroz puč lista i nose sporangije. Konidije se stvaraju usporedno sa tim procesom, te se vjetrom i kišom odnose na nova područja infekcije na istoj biljci ili pak na druge još nezaražene biljke. Za uspješnu infekciju lista potrebno je najmanje šest sati vlažnosti na listu (Garibaldi i sur., 2007; Cohen i sur. 2016.). Nakon što patogen krene sa razvitkom na biljci domaćinu, može krenuti sa daljnjim širenjem putem vjetrom raznošenih konidija koje stvara u izobilnim količinama (McGrath, 2011.). U optimalnim uvjetima, sporulacija će uznapredovati u policiklički ciklus bolesti, odnosno u pojavu epidemije plamenjače bosiljka.

Patogen *P. belbahrii* se također može širiti i sjemenom biljaka domaćina (Garibaldi i sur. 2004.; Belbahrii i sur. 2005; Thines i sur., 2009.). Podrazumijeva se da je zaraženo sjeme primarni izvor inokuluma u komercijalnoj proizvodnji bosiljka. Nadalje, smatra se ujedno i najvažnijom metodom širenja zbog brze globalne pojave plamenjače bosiljka. Najbolji primjer važnosti ove metode širenja je da je biotip pronađen u SAD-u 2007. godine, genetski potpuno jednak onome pronađenom u Švicarskoj 2001. godine (Roberts i sur., 2009.). Također, pojava plamenjače bosiljka u SAD-u, u Sonoma county 2008. godine je povezana sa korištenim sjemenom iz Italije. Istraživanje provedeno od strane Farahani-Kofoet-a i sur. (2012.), utvrdilo je pojavu patogena na 80-90 % nasumično odabranog sjemena iz komercijalnih zaliha.

Na kontaminiranom sjemenu, vrsta *P. belbahrii* je pronađena u obliku konidija i oospora (Farahani-Kofoet i sur., 2012.; Wyenandt i sur., 2015.). Do izrade ovoga rada nije zabilježena pojava patogena *P. belbahrii* unutar sjemena. Na temelju svojih zapažanja, Farahani-Kofoet i sur. (2012.) su zaključili da patogen *P. belbahrii* može preživjeti do nekoliko godina na sjemenu biljaka. Generalno, oospore vrsta roda *Peronospora* također se mogu formirati na sjemenu i zatim vršiti zarazu proklijalih biljaka. Njihove oospore kličaju na sličan

način kao i konidije, a proces zaraze je također vrlo sličan. Međutim, istraživanja o zarazi oosporama vrste *P. belbahrii* su provedena, no biljke koje su se razvile iz sjemena posijanog u kontaminirano tlo nisu razvile nikakve simptome, niti sporulaciju (Cohen i sur., 2017.). Stoga, uloga oospora u epidemiologiji plamenjače bosiljka nije u potpunosti razjašnjena.

Još nije poznato da li *P. belbahrii* vrši zarazu sjemena dubinski i sistemično ili samo vrši kontaminaciju. U nekim europskim istraživanjima zabilježena je pojava sistemičnih infekcija sjemena i drugih biljnih dijelova poput listova i stabljike, čak i kod asimptomatskih biljaka (Garibaldi i sur., 2004; Farahani-Kofoet i sur., 2012.). Novija istraživanja u Izraelu, pokazuju kako se vrsta *P. belbahrii* može prenijeti sjemenom, koje je samo površinski kontaminirano konidijama, ali one ne moraju biti prisutne na cijeloj površini sjemena (Falach-Block i sur., 2019.). Nadalje, biljke uzgojene iz kontaminiranog sjemena u uzgojnim komorama do pojave prvih 5-6 pravih listova nisu pokazale nikakve simptome plamenjače bosiljka niti su posjedovale latentnu infekciju. Također, sistemične infekcije su rijetko bile zabilježene na terenu. Tek su Farahani-Kofoet i sur., 2012. godine potvrdili sistemično širenje micelija kod biljaka bosiljka ali da ne dostiže do korijena i sjemena. Biljke na kojima je utvrđena sistemična zaraza su usporeno rasle i nisu stvarale sjeme. Zbog toga su Izraelski znanstvenici zaključili da se infekcija sjemena i njegov prijenos mogu dogoditi u Europi te SADu, kao i na ostalim područjima gdje su vlažnija ljeta, pogotovo u uvjetima dužeg vlaženja biljaka prilikom cvjetanja i proizvodnje sjemena (Garibaldi i sur., 2004; Farahani-Kofoet i sur., 2012.; Cohen i sur., 2017.).

Oba istraživanja, europska i izraelska, potvrdila su da se kontaminirano sjeme može skupljati sa latentno zaraženih i asimptomatskih biljaka, te da to sjeme može dati asimptomatske i latentno zaražene biljke (Garibaldi i sur., 2004; Farahani-Kofoet i sur., 2012.; Falach-Block i sur., 2019.).

Osim navedenih načina širenja, patogen *P. belbahrii* zaraze može vršiti kroz zaraženi biljni materijal poput zaraženih reznica, presadnica i svježih listova. Novija izraelska istraživanja su pokazala da se *P. belbahrii* širi sistemično unutar biljaka bosiljka (Falach-Block i sur., 2019.). Zabilježeno je da micelij raste akropetalno do vrha stabljike i bazipetalno do kotiledona i hipokotila, te lateralno do aksilarnih pupova, no nikada ne dosegne korijen biljke i sjeme (Falach-Block i sur., 2019.). Poglavitno kod mladih biljaka bosiljka, patogen sistemično prolazi kroz tkivo i uzrokuje smanjeni rast i nemogućnost proizvodnje sjemena.

3.3. Raspon domaćina

Bosiljak je primarni domaćin *P. belbahrii* i većina uočavanja ovog patogena su zabilježena na njemu. Vrste roda *Coleus* (ukrasna kopriva ili šarenac, kolej) su prvotno smatrane domaćinom vrste *P. belbahrii sensu lato* no, s naznakom kako bi to mogla biti potpuno nova *Peronospora* vrsta (Thines i sur., 2009.). Također, vodili su istraživanje i plamenjače kadulje, ali nije utvrđeno da je *P. belbahrii* uzročnik, te se zbog toga ne smatra domaćinom ovog patogena. Kako je objašnjeno na početku poglavlja 3. *P. belbahrii sensu lato* je potvrđena novom vrstom pod imenom *P. choii* (Hoffmeister i sur., 2020), a ukasna kopriva za domaćina ove vrste u Japanu (Ito i sur., 2015), SAD-u u Louisiana-i, New York-u i Floridi (Daughtrey i sur., 2006; Palmateer i sur., 2008.; Harlan i sur., 2015; Farr i sur., 2015.) te nedavno u Brazilu (Gorayeb i sur., 2019.), Ujedinjenom kraljevstvu i Njemačkoj (Harlan i sur., 2018.). Nadalje, da je nova *Peronospora* vrsta uzročnik plamenjače ukrasne koprive pokazalo je i istraživanje provedeno u Izraelu (Cohen i sur., 2017.). Izraelski izolati patogena *P. belbahrii sensu lato* sa bosiljka nisu inficirali ukrasnu koprivu ali su inficirali druge vrste iz porodice *Lamiaceae*, kao što su ružmarin (*Rosmarinus officinalis*), nepeta (*Nepeta curviflora*), metvica (*Micromeria fruticosa*) i dvije vrste kadulje *Salvia pinnata* i *S. fruticosa* (Cohen i sur., 2017.). Također, vrijedilo je i *vice versa* tj. izolati patogena s ukrasne koprive nisu inficirali bosiljak (Cohen i sur., 2017.).

Danas je raspon domaćina *P. belbahrii* proširen i kao alternativni domaćini smatraju se kulinarski i ornamentalni varijeteti bosiljka. Svi kultivari bosiljka su domaćini *P. belbahrii* dok su najosjetljiviji kultivari Genovese Nufar, Italian large leaf, Queenette, Superbo, Poppy Joe“s i Milita (Roberts i sur.,2009.). Neki od egzotičnih, začinskih i ornamentalnih kultivara bosiljka, kao što su: crveni tipovi (*O. basilicum purpurescens* cv. Red Rubin, Red leaf), limunski bosiljak (*O. citridiorum* cv. Lemon std., Mrs. Burn“s Lemon, Lemona & Lime) i lime bosiljak (*O. americanum* cv. Blue Spice, Spice & Blue Spice F₁) su manje podložni ili gotovo potpuno rezistentni na plamenjaču bosiljka (Thines i sur., 2009; Babadoost, 2016.; Rivera i sur., 2016.).

Nekada je za domaćina *P. belbahrii* upisivana i ljekovita kadulja (*Salvia officinalis*) no, danas se zna kako je riječ o vrsti *P. salviae-officinalis*, koja je u istom kladu s *P. belbahrii* kompleksom (Choi i sur., 2009).

4. Metode suzbijanja

Suzbijanje plamenjače bosiljka moguće je kemijskim, fizikalnim, biološkim te genetskim mjerama. Najpouzdanija je primjena folijarnih fungicida u preventivnim tretmanima te tretiranje sjemena. No, u organskoj (eko) proizvodnji bosiljka drastično je limitirana primjena kemijskih fungicida pa su razvijane fizikalne mjere, koje su se pokazale vrlo učinkovitima. Kako bi sve razvijene mjere imale uspjeha preduvjet su osnovne tj. uobičajene kulturalne mjere uzgoja bosiljka.

Orijentacija zaštićenog prostora utječe na nekoliko faktora poput, količine svjetla dostupnog biljkama, regulaciji temperature te sposobnosti ventiliranja prostora. Orijentacija prostora sjever-jug pokazuje manju zarazu nego kod slučajeva u kojima je orijentacija istok-zapad. Prema istraživanju Omer-a i suradnika iz 2021. godine, takva orijentacija je rezultirala 25-33 % manjom zarazom u prvoj godini, te čak 63 %-tnom redukcijom zaraze u drugoj godini. Također, korištenjem dodatnog provjetravanja noću pomoću ventilatora zabilježena je redukcija bolesti od 72,5 % (Omer i sur.,2021.).

Korištenjem polietilenskog malča smanjuje se intenzitet zaraze u rasponu od 13 do 63%, dok su pritom zabilježene i dodatne prednosti poput povećanog uroda bosiljka u rasponu od 8-13 % (Slika 4.1.). U pokusu Omera i sur. (2021.), boja malča je također imala utjecaj na rezultate, tako da je siva boja polietilenske folije pokazala najveću redukciju intenziteta bolesti.

Sklop biljaka bosiljka ima utjecaj na širenje vrste *P. belbahrii*. Glavni faktor na koji utječe sklop biljaka jest cirkulacija zraka kroz usjev i kontrola relativne vlažnosti zraka. Jedan od najčešćih sklopova biljaka je 24 do 30 biljaka po kvadratnom metru. Reducirani sklop od 14 do 15 biljaka po metru kvadratnom je zabilježenoj smanjene širenja bolesti za 32 do 68 %. No, korištenjem rjeđeg sklopa smanjuje se ukupni urod bosiljka. Nadalje, prilikom manjeg intenziteta bolesti smanjuje se i njezino širenje uslijed takvog rjeđeg sklopa (Cunniffe i sur.,2014.).

Modificiranjem mikroklima unutar zaštićenih prostora može se utjecati na intenzitet i širenje vrste *P. belbahrii*. Temperature zraka veće od 25 °C, relativna vlažnost zraka u rasponu od 65 do 85%, te viša temperatura tla mogu negativno utjecati na razvoj *P. belbahrii* (Elad i sur., 2016.).



Slika 4.1. Primjena polietilenske folije za malčiranje

Izvor: <https://www.epicgardening.com/plastic-mulch-pros-and-cons/> Pristup: 25.6.2024.

4.1. Primjena fungicida

Tretiranje sjemena bi moglo imati velikog potencijala u komercijalnoj proizvodnji bosiljka (Wyenandt i sur., 2015.). Trenutno ne postoje fungicidi koji su registrirani za upotrebu na sjemenu, no na tržištu su dostupni fungicidi koji se mogu koristiti za presadnice iako nisu namijenjeni za upotrebu na sjemenu bosiljka. Na Hrvatskom tržištu su registrirani za upotrebu na bosiljku sistemski fungicidi poput propamokarba, metalaksila-M i kalijevih fosfonata (FIS). Mefenksoam se može primijeniti na presadnicama u tlu (Wyenandt i sur., 2015.). U novijim istraživanjima tretiranje korijena presadnica sa mješavinom oksatiapirolina i bentiavalikarba uzgajanim u kljalištima smatra se učinkovitom metodom suzbijanja plamenjače bosiljka (Cohen, 2020.). Jedini biološki preparat registriran za tretiranje tla protiv plamenjače bosiljka je ekstrakt vrste *Reynoutria sachalinensis* (Wyenandt i sur., 2015.).

Suvremeniji, ne-kemijski načini tretiranja sjemena uključuju korištenje vodene pare (Slika 4.1.1.). Tu metodu su prve implementirale tvrtke za proizvodnju sjemena u SAD-u (McGrath, 2019.). Metoda sa vrućim zrakom je prvi puta testirana 1997. godine u Australiji (Mebalds i sur., 1997.). Tretman sa vrućim zrakom temperature od 54–58°C u vremenu od 30 minuta je pokazalo najbolje rezultate u dvocilindarskom parnom stroju. Znanstvenici su primijetili da takva konfiguracija, za razliku od stroja sa šest cilindara omogućava veću brzinu vodene pare koja sprječava grudanje više sjemenki bosiljka zajedno zbog njihove debele

želatinozne prevlake. Zbog te želatinozne prevlake, sjemenke bosiljka nisu podložne za tretman sa vrućom vodom, jer će se lijepiti jedna za drugu što otežava manipulaciju sjemenom (Mebalds i sur., 1997; McGrath, 2019.).



Slika 4.1.1. Stroj za tretiranje sjemena vrućim zrakom

Izvor:

<https://temaprocess.com/2021/thermal-seed-disinfection-by-steam-pasteurization/> Pristup:
18.8.2024.

4.2. Noćna iluminacija

Noćna iluminacija može negativno utjecati na razvoj bolesti poput plamenjače bosiljka. Izlaganje svjetlu će inhibirati formiranje konidije, no omogućuje sporangioforima da izađu kroz puči (Cohen i sur., 2017.). Inhibiranjem formiranja spora moguće je smanjiti širenje zaraze i njezin intezitet. Standardne žarulje sa žarnom niti i hladno bijela fluorescentna svjetla sa PPF (photosynthetic photon flux density) vrijednosti od 3.5 ili 6 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ postižu inhibiciju formacije spora u iznosu od 100 %. No, prema istraživanju Cohen-a i suradnika (2017.), inhibicija formiranja konidija je uvelike zavisna o temperature. Svjetlo je postizalo maksimalnu inhibiciju na temperaturama u rasponu od 15 do 25 °C, ali ne i na temperaturi od 10 °C. Uskopojasno crveno LED osvjetljenje valne duljine 625 nm je pokazalo najveću stopu inhibicije dok je plavo LED svjetlo valne duljine 440 nm ostvarilo najmanju stopu inhibicije (Cohen i sur., 2013.). Inhibitorni utjecaj crveno LED svjetlo postiže pri valnoj duljini od 625 nm (Patel i sur., 2016.). Nokturnalna iluminacija usjeva bosiljka u vremenu od popodnevnih 19 sati do 7 sati ujutro, pokazalo je značajni utjecaj na daljnji razvoj bolesti plamenjače bosiljka (Cohen i sur. 2013.) (Slika 4.2.1.).



Slika 4.2.1. Primjer metode noćne iluminacije u zaštiti od *Peronospora belbahrii* u zaštićenom prostoru.

Izvor: Gadoury i David M. ,2019.

4.3. Solarizacija

U organskom pristupu uzgoja, implementiranje solarizacije sa noćnom iluminacijom usjeva potencijalno može smanjiti primjenu fungicida u svrhu suzbijanja vrste *P. belbahrii* (Cohen i sur., 2013.).

Solarno zagrijavanje zaštićenog prostora u dnevnom periodu se može koristiti za suzbijanje vrste *P. belbahrii* (Cohen i sur., 2015.). Zagrijavanje se postiže zatvaranjem prozora u staklenicima ili prekrivanjem plastenika sa transparentnom infracrvenom polietilenskom folijom tijekom sunčanih sati u danu. No, budući da se ovim postupkom postižu visoke temperature unutar zaštićenog prostora, nužno je provoditi redovne vizualne preglede biljaka na oštećenja koja se mogu pojaviti uslijed izlaganja visokim temperaturama kroz duži vremenski period te uslijed utvrđivanja prisutnosti iste, po potrebi prekinuti tretman (Cohen i sur., 2015.). Utvrđeno je da se najbolji rezultati postižu sa tri uzastopna dnevna izlaganja kroz tri do četiri sata počevši od osam sati ujutro. U slučaju da temperatura u zaštićenom prostoru premaši 45 °C, može se smanjiti prozračivanjem, ili u slučaju prekrivanja usjeva sa polietilenskom folijom te skidanjem folije kada se temperatura spusti na optimalne vrijednosti. Dodatni tretmani su nužni samo ako se ne postigne optimalna temperatura za suzbijanje, točnije ako je temperatura niža od 35 °C. Veće temperature nepovoljno utječu na sporulaciju i preživljavanje patogena plamenjače bosiljka.

4.4. Rezistentni kultivari bosiljka

Bosiljak uključuje preko 50 vrsta i varijeteta (Simon i sur. 1990; Paton i sur. 1999.).

Najosjetljivijim se smatra *O. basilicum* (Wyenandt i sur., 2010; Farahani-Kofoet i sur., 2014; Homa i sur., 2016.). Vrsta *O. citriodorum* za razliku od *O. basilicum* razvija manje simptoma bolesti (Damicone, 2010; Mersha i sur., 2012; Wyenandt i sur. 2010). Najrezistentnijima se smatraju vrste *O. americanum* te *O. basilicum* var. *americanum* (Damicone 2010; Römer i sur. 2010; Wyenandt i sur., 2010.). Rezistentni geni kao što je gen Pb1, se mogu pronaći kod divljih vrsta bosiljka poput *O. americanum* (Ben-Naim i sur., 2018.). Takve divlje vrste bosiljka pokazuju visoke razine rezistentnosti na plamenjaču bosiljka (Wident i sur., 2016.). Korištenje, interspecijske hibridizacije, križanjem rezistentnih divljih vrsta bosiljka kao što tetraploidna vrsta *O. americanum*, sa osjetljivom vrstom bosiljka *O. basilicum* dobiva se F1 potomstvo. Takvi potomci posjeduju dominantne rezistentne gene od svoga otpornog roditelja (*O. americanum*), no većinom su sterilni zbog prevelike razlike u genomu roditelja. Nastale sterilne biljke se zatim oploduju sa osjetljivim roditeljem (*O. basilicum*) kako bi se dobila nova generacija povratnim križanjem (BCs1). Zatim se pomoću raznih genetskih tehnika prevladava sterilnost potomaka kako bi se dobile održive biljke (BCs1). Nadalje, BCs1 biljke se zatim ponovno povratno križaju sa osjetljivom vrstom (*O. basilicum*) kako bi se dobile nove rezistentne generacije (Wident i sur., 2016.). Proces selekcije rezistentnih vrsta biljaka završava sa poljskim pokusima gdje se odabiru novi kultivari za komercijalnu upotrebu (Eman i sur., 2020.).

Sveučilište u Rutgers-u je pomoću svog programa uzgoja dobilo nove kultivare bosiljka 'Devotion', 'Obsession', 'Passion' i 'Thunderstruck' (SEBS and NJAES Research, 2018.). Na tržište ih stavlja VDF Specialty Seeds (SAD). Osim tih komercijalnih kultivara postoje i oni namijenjeni za organsku proizvodnju kao što je 'Prosperais' od strane Johnny's Selected Seeds (SAD) te kultivari 'Emma' i 'Everleaf' (McGrath, 2019.).

4.5. Biopripravci

Trenutno se na svjetskom tržištu mogu pronaći razni biopripravci koji su registrirani za suzbijanje plamenjače bosiljka. Među njima nalazimo bakterijske pripravke koji koriste bakterije *Straptomyces lydicus*, *Bacillus subtilis* i *Bacillus amyloliquefaciens* (McGrath, 2023.). Također, postoje i ostali biopripravci kao što su bakrov oktanoat (spoj bakra i oktanske kiseline), polioksin D cinkova sol, vodikov dioksid, limunska kiselina (McGrath, 2023.). Pored ovakvih biopesticida nalazimo i one na bazi ekstrakta raznih biljaka kao što su ulje timijana, ekstrakt biljke *Reynoutria sachalinensis* i ulja Neema (*Azadirachta indica*) (McGrath, 2023.). Navedeni pripravci su korišteni u eksperimentu od strane McGrath u razdoblju od 2010. do 2016. godine, te se nisu pokazali kao efektivna sredstva za suzbijanje plamenjače bosiljka. Kao standard za usporedbu korišten je konvencionalni fungicid s aktivnom tvari mandipropamid (McGrath, 2023.). Općenito, biopripravci su prema vremenu djelovanja i efikasnosti inferiorniji nasuprot kemijskih fungicida. Također, kod biopripravaka je u većini slučajeva potrebno mnogo više ponavljanja tretiranja nego kod apliciranja kemijskih fungicida budući da su oni bazirani na živim organizimima i sekundarnim metabolitima biljaka i bakterija. Nadalje, biopripravci zahtijevaju mnogo više stručnog znanja prilikom apliciranja kako bi njihova efikasnost dosegla zadovoljavajuću razinu.

4.6. Biljna higijena

Biljna higijena jedan je od najvažnijih faktora u suzbijanju zaraze u zaštićenim prostorima i otvorenim poljima. Dezinfekcija kontaminiranog sjemena sa 3 %-tnom otopinom hipoklorita, nakon koje slijedi ispiranje sterilnom vodom učinkovito uklanja nevezane konidije na sjemenu (Falach-Block i sur. 2019.).

Ranom identifikacijom te izoliranjem i uništavanjem zaraženih biljaka koristeći brze metode poput bojanja listova biljaka sa otopinom joda u kombinaciji sa jednom kapi 70 %-tne sulfatne kiseline omogućuje smanjenje širenja zaraze. Patogen uslijed izlaganja takvoj otopini poprima izraženu tamnosmeđu boju, te se time unutar 5 minuta dobiva slika velikog kontrasta ispod lupe povećanja 10x. Otopina joda se pretežito koristi u mikroskopiji da bi se utvrdilo prisustvo ugljikohidrata u drugim mikroorganizmima (Jackson i Snowdon, 1990.). Sukladno tome, bojanje tkiva zaraženog s *P. belbahrii* temelji se na tome da kao oomiceta pretežito ima stanične membrane građene od celuloze za razliku od pravih gljiva (carstvo Fungi) (Bartnicki-Garcia, 1968.). Takav postupak omogućava brže vrijeme reakcije u suzbijanju, upravo zbog izostavljanja potrebe za stvaranjem mikroskopskih preparata, kao i posjedovanja naprednije opreme za analizu (Koroch i sur., 2013.). Danas je naglasak na PCR identifikaciji, naročito u zdravstvenim analizama sjemena (Falach-Block i sur., 2019.).

5. Zaključak

Plamenjača bosiljka predstavlja ozbiljnu prijetnju uzgoju bosiljka, jedne od najcjenjenijih aromatičnih biljaka, kako u komercijalnom uzgoju, tako i u domaćim vrtovima. Ova bolest može uzrokovati značajne gubitke u prinosima i kvaliteti biljaka, što direktno utječe na ekonomsku isplativost uzgoja. Intenzitet problema postaje izraženiji u regijama sa toplom i vlažnom klimom, gde su klimatski uvjeti idealni za razvoj ove bolesti. Međutim, uz odgovarajuće preventivne mjere i pravilno održavanje usjeva, moguće je umanjiti rizik od širenja bolesti i zaštititi biljke.

Ključne preventivne strategije uključuju uzgoj otpornijih sorti bosiljka, korištenje sustava za navodnjavanje koji minimiziraju zadržavanje vlage na listovima, i omogućavanje dobre ventilacije između biljaka. Pravilno planiranje prihrane usjeva može značajno smanjiti rizik od infekcije, dok redovni pregledi biljaka omogućavaju rano otkrivanje bolesti i brzu reakciju. Upotreba fungicida može biti efikasna, ali njihova primjena treba biti promišljena i uravnotežena sa naglaskom na očuvanje ekosustava i smanjenja zagađenja životnog prostora.

Plamenjača bosiljka se kao bolest relativno brzo etablira u usjevima bosiljka, ali i usjevima drugih domaćina, pogotovo u zaštićenim prostorima zbog regulirane mikroklimi i povoljnijih uvjeta za razvoj. Zbog svoje sposobnosti brze i nagle zaraze od velike važnosti je njena prognoza kako bi se u slučaju njene pojave reagiralo u što kraćem roku i time se smanjile potencijalne velike ekonomske štete. Dosada ova bolest se najviše širila preko ljudskog faktora kao što je trgovina što je omogućilo njeno ubrzano širenje cijelim svijetom.

Istraživanja u području genetike biljaka i dalje nude potencijalna rješenja kroz razvijanje novih sorti otpornijih na plamenjaču bosiljka. Ovakve inovacije, uz podršku znanosti, mogu dugoročno doprinijeti boljoj otpornosti usjeva. Također, edukacija poljoprivrednika o održivim metodama uzgoja, kombinirana sa širenjem svijesti o biološkom suzbijanju bolesti, ključna je za smanjenje oslanjanja na kemijska sredstva.

Buduća istraživanja ove bolesti bi trebala imati prioritet u istraživanju seksualnog ciklusa njenog uzročnika, oomicete *P. belbahrii*. Pronalaženjem teleomorfa bi se dobila dodatna saznanja o epidemiologiji ovog patogena. Kako je postojanje teleomorfa povezano sa mogućnošću patogena da stvara različite tipove konidija to znatno utječe na intezitet širenja i razmjer zaraze. Također saznanja u tom području bi značajno povećala učinkovitost postojećih mjera suzbijanja poput korištenja plodoreda kojim bi se eventualno prekinuo ili omeo ciklus bolesti ili aplikacije pesticida. U konačnici postojanje teleomorfa je značajan faktor u dinamici bolesti i istraživanja u smjeru potvrđivanja njegove pristunosti bi značajano poboljšala prognozu plamenjače bosiljka.

U budućnosti, uspješan uzgoj bosiljka ovisiti će od integracije znanstvenih saznanja, inovacija u poljoprivrednoj praksi i održivih metoda zaštite usjeva. Samo će na taj način proizvođači moći odgovoriti na izazove koje plamenjača bosiljka donosi i osigurati stabilne i kvalitetne prinose.

6. Popis literature

1. Babadoost, M. (2016.). Downy mildew of basil. *Department of Crop Science, University of Illinois*, RPD No. 1216.
2. Bartnicki-Garcia, S. (1968.). Cell wall chemistry, morphogenesis, and taxonomy of fungi. *Annual Review of Microbiology*, 22, 87-108. DOI: 10.1007/978-0-585-27576-5_3
3. Belbahri, L., Calmin, G., Pawlowski, J., Lefort, F. (2005.). Phylogenetic analysis and real-time PCR detection of a presumably undescribed *Peronospora* species on sweet basil and sage. *EPPO Mycological Research*, 109, pp.1276-1287. DOI: 10.1017/S0953756205003928.
4. Chen, C.H., Huang, J.H., Hsieh, T.F. (2010.). First report of *Peronospora belbahrii* causing downy mildew on basil in Taiwan. *Plant Pathology Bulletin*, 19, pp.177-180. DOI: <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.118352>
5. Choi, Y.J., Choi, I.Y., Lee, K.J. and Shin, H. (2016.). First report of downy mildew caused by *Peronospora belbahrii* on sweet basil (*Ocimum basilicum*) in Korea. *Plant Disease*, 100(11), p.2335. DOI: 10.1094/PDIS-05-16-0771-PDN.
6. Collina, M., Merighi, M., Turan, C., Pirondi, A., Minuto, G. and Brunelli, A. (2016.). First report of resistance of *Peronospora belbahrii*, causal agent of downy mildew of basil, to Mefenoxam in Italy. *Plant Disease*, 100(8), p.1787. DOI: 10.1094/PDIS-02-16-0237-PDN.
7. Cohen, Y. (2020.). Root treatment with oxathiapiprolin, bentiavalicarb or their mixture provides prolonged systemic protection against oomycete foliar pathogens. *PLoS One*, 15(1), p.e0227556. DOI: 10.1371/journal.pone.0227556.
8. Cohen, Y., Rubin, A.E., Galperin, M. (2018.). Oxathiapiprolin-based fungicides provide enhanced control of tomato late blight induced by mefenoxam-insensitive *Phytophthora infestans*. *PLoS One*, 13(9), p.e0204523. DOI: 10.1371/journal.pone.0204523.
9. Cohen, Y., Ben Naim, Y., Falach, L., Avia, E. (2017.). Epidemiology of basil downy mildew. *Phytopathology*, 107(10): 1149-1160. DOI: 10.1094/PHYTO-01-17-0017-FI.

10. Cohen, Y. and Ben-Naim, Y. (2016.). Nocturnal fanning suppresses downy mildew epidemics in sweet basil. *PLoS One*, 11(5), p.e0155330. DOI: 10.1371/journal.pone.0155330.
11. Cohen, Y. Rubin, A.E. (2015.). Daytime solar heating controls downy mildew *Peronospora belbahrii* in sweet basil. *PLoS One*, 10(5), p.e0126103. DOI: 10.1371/journal.pone.0126103.
12. Cohen, Y., Vaknin, M., Ben-Naim, Y. and Rubin, A.E. (2013.). Light suppresses sporulation and epidemics of *Peronospora belbahrii*. *PLoS One*, 8(11), p.e81282. DOI: 10.1371/journal.pone.0081282.
13. Cohen, Y., Vaknin, M., Ben-Naim, Y., Rubin, A. E., Galperin, M., Silverman, D., Bitton, S., & Adler, U. (2013). First Report of the Occurrence and Resistance to Mefenoxam of *Peronospora belbahrii*, Causal Agent of Downy Mildew of Basil (*Ocimum basilicum*) in Israel. *Plant disease*, 97(5), 692. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-12-1126-PDN>
14. Cohen, Y., Galperin, M., Vaknin, M., Ben-Naim, Y., Rubin, A.E., Silverman, D. et al. (2013.). Downy mildew in basil, a new disease in Israel. *Phytoparasitica*, 41(4), pp.458.
15. Cunniffe, N. J., Laranjeira, F. F., Neri, F. M., DeSimone, R. E., & Gilligan, C. A. (2014). Cost-effective control of plant disease when epidemiological knowledge is incomplete: modelling Bahia bark scaling of citrus. *PLoS computational biology*, 10(8), e1003753. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003753>
16. Elad, Yigal & Omer, C. & Nisan, Z. & Harari, D. & Goren, H. & Adler, U. & Silverman, D. & Biton, S. (2016). Passive heat treatment of sweet basil crops suppresses *Peronospora belbahrii* downy mildew. *Annals of Applied Biology*. 168. n/a-n/a. 10.1111/aab.12269.
17. Farahani-Kofoet D., Römero P., Grosch R. (2014.). Selecting basil genotypes with resistance against downy mildew. *Scientia Horticulturae*. 179(24): 248-255. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.09.036
18. Farahani-Kofoet R.D., Römer P., Grosch R. (2012.). Systemic spread of downy mildew in basil plants and detection of the pathogen in seed and plant samples. *Mycological Progress*. 11:961-966. DOI: 10.1007/s11557-012-0816-z

19. Falach-Block L., Ben-Naim Y., Cohen Y. (2019.). Investigation of seed transmission in *Peronospora belbahrii*: The causal agent of basil downy mildew. *Agronomy* ;9(205):1-11. DOI: 10.3390/agronomy9040205
20. Farr D.F., Rossman, A.Y. (2015.). Fungal Databases. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA; Online Publication.
21. Garibaldi A., Bertetti D., Gullino M.L. (2007.). Effect of leaf wetness duration and temperature on infection of downy mildew (*Peronospora* sp.) of basil. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2007;114:6-8. DOI: 10.1007/BF03356196
22. Garibaldi A., Minuto A., Gullino M.L. (2005.). First report of downy mildew caused by *Peronospora* sp. on basil (*Ocimum basilicum*) in France. *Plant Disease*. ;89(6):683. DOI: 10.1094/PD-89-0683C
23. Garibaldi A., Minuto G., Bertetti D., Gullino M.L. (2004.). Seed transmission of *Peronospora* sp. of basil. *Journal of Plant Diseases and Protection*; 111:465-469
24. Gómez Tenorio MA., Lupión Rodríguez B., Boix Ruiz A., Ruiz Olmos C., Moreno Díaz A., Marín Guirao JI., Pérez Molina G., García Raya P., Tello Marquina JC. (2016) El mildiu nueva enfermedad de la albahaca en España. *Phytoma España* no. 282, 48-52.
25. Gorayeb E, Pieroni L.P., Cruciol G.C.D., de Pieri C, Dovigo L.H., Pavan M, et al. (2020.). First Report of downy mildew on coleus (*Plectranthus spp.*) caused by *Peronospora belbahrii sensu lato* in Brazil. *Plant Disease*;104(1):294. DOI: 10.1094/PDIS-07-19-1551-PDN
26. Grabowski M. (2012.). Basil Downy Mildew *Peronospora belbahrii*. Saint Paul: Regents of the University of Minnesota, University of Minnesota Extension
27. Grice K., Sun G., Trevorrow P. (2018.). Basil Downy Mildew Management Options—Is it Seedborne? Agri-Science Queensland Innovation Opportunity. Brisbane: Department of Agriculture and Fisheries
28. Harlan BR., Hausbeck MK. (2018.). Diseases of coleus. In: McGovern R., Elmer W., editors. *Handbook of Florists' Crops Diseases. Handbook of Plant Disease Management*. Cham: Springer; pp. 911-925. DOI: 10.1007/978-3-319-39670-5_32

29. Harlan B., Linderman S., Hyatt L., Hausbeck M. (2015.). Research gives clues for preventing coleus downy mildew. *Greenhouse Grower*
30. Hansford CG. (1938.). Annual report of the mycologist. Review of Applied Mycology;17:345-346
31. Hansford CG. (1933.). Annual report of the mycologist. Review of Applied Mycology; 12:421-422
32. Henricot B., Denton J., Scrace J., Barnes AV., Lane CR. (2009.). *Peronospora belbahrii* causing downy mildew disease on Agastache in the UK: A new host and location for the pathogen. *New Disease Reports*; 20:26. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2010.02264.x
33. Hoffmeister, Mascha & Ashrafi, Samad & Thines, Marco & Maier, Wolfgang. (2020). Two new species of the *Peronospora belbahrii* species complex, *Pe. choii* sp. nov. and *Pe. salviae-pratensis* sp. nov., and a new host for *Pe. salviae-officinalis*. *Fungal Systematics and Evolution*. DOI: 6. 10.3114/fuse.2020.06.03.
34. Hu B., Li Z., Hu M., Sun H., Zheng J., Diao Y. (2018.). Outbreak of downy mildew caused by *Peronospora belbahrii* on *Ocimum basilicum* var. *polosum* in China. *New Disease Reports*; 37:1. DOI: 10.5197/j.2044-0588.2018.037.001
35. Ito Y., Takeuchi T., Matsushita Y., Chikuo Y., Satou M. (2015.). Downy mildew of coleus caused by *Peronospora belbahrii* in Japan. *Journal of General Plant Pathology*; 81(4):328-330. DOI: 10.1007/s10327-015-0601-3
36. Jackson B.P., Snowdon D.W. (1990.). Atlas of microscopy of medicinal plants, culinary herbs and spices. Belhaven Press, London, United Kingdom.
37. Kanetis L., Vasiliou A., Neophytou G., Samouel S., Tsaltas D. (2014.). First report of downy mildew caused by *Peronospora belbahrii* on sweet basil (*Ocimum basilicum*) in Cyprus. *Plant Disease*; 98:283. DOI: 10.1094/PHYTO-02-15-0032-FI
38. Khateri H., Calmin G., Moarrefzadeh N., Belbahri L., Lefort F. (2007.). First report of downy mildew caused by *Peronospora* sp. on basil in Northern Iran. *Journal of Plant Pathology*; 89(3):S70
39. Kong XY., Wang S., Wan SL., Xiao CL., Luo F., Liu Y. (2015.). First report of downy mildew on basil (*Ocimum basilicum*) in China. *Plant Disease*; 99:1642. DOI: 10.1094/PDIS-01-15-0077-PDN

40. McGrath MT. (2023.) Efficacy of Organic Fungicides for Downy Mildew in Field-Grown Sweet Basil. *Plant Dis.* 2023 Aug;107(8):2467-2473. DOI: 10.1094/PDIS-10-22-2424-RE. Epub PMID: 36724027.
41. McGrath MT. (2019.) Expect and Prepare for Downy Mildew in Basil. Ithaca, NY: Department of Plant Pathology, Cornell University
42. McGrath MT., LaMarsh KA. (2015.). Evaluation of organic and conventional fungicide programs for downy mildew in basil. *Plant Disease Management Reports*; 9:V026. DOI: 10.1094/PHYTO-02-15-0032-FI
43. Mebalds M., Henderson B., Hepworth G. (1997.). Development of Steam-Air Treatment to Control Seed-Borne Diseases of Vegetables and Flowers. HRDC Project No. NY536. Gordon, Australia: Horticultural Research and Development Corporation;
44. Nagy G., Horváth A. (2011.) Occurrence of downy mildew caused by *Peronospora belbahrii* on sweet basil in Hungary. *Plant Disease*;95(8):1034. DOI: 10.1094/PDIS-04-11-0329
45. Novak A., Sever Z., Ivić D., Čajkulić AM. (2016.). Plamenjača Bosiljka (*Peronospora belbahrii*)—Destruktivna bolest u proizvodnji bosiljka. *Glasiilo Biljne Zaštite* ;16(6):544-547
46. Palmateer AJ., Harmon PF., Schubert TS. (2008). Downy mildew of coleus (*Solenostemon scutellarioides*) caused by *Peronospora sp.* In Florida. *Plant Pathology* 57: 372.
47. Pyne RM. (2017.) Introgression of genetic resistance to downy mildew (*Peronospora belbahrii*) in a non-model plant species, sweet basil (*Ocimum basilicum*) [Thesis]. New Jersey, USA: Graduate School-New Brunswick Rutgers, The State University of New Jersey; Izvor: <https://rucore.libraries.rutgers.edu/rutgers-lib/53965/>
48. Rivera Y., Salgado-Salazar C., Windham AS., Crouch JA. (2016.). Downy mildew on Coleus (*Plectranthus scutellarioides*) caused by *Peronospora belbahrii sensu lato* in Tennessee. *Plant Disease*; 100:655. DOI: 10.1094/PDIS-10-15-1120-PDN
49. Roberts PD., Raid RN., Harmon PF., Jordan SA., Palmateer AJ. (2009.). First report of Downy Mildew caused by a *Peronospora sp.* on basil in Florida and the United States. *Plant Disease*; 93:199. DOI: 10.1094/PDIS-93-2-0199B

50. Romero M., Amador BM., Picazo LS., Nieto-Gariby A. (2015.). First report of *Peronospora belbahrii* on sweet basil in Baja California Sur Mexico. *Journal of Phytopathology*; 4:1-5. DOI: 10.1111/jph.12391
51. Ronco L., Rollan C., Choi YJ., Shin HD. (2009.). Downy mildew of sweet basil (*Ocimum basilicum*) caused by *Peronospora sp.* in Argentina. *Plant Pathology*; 58:395. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2008.02006.x
52. Saude C., Westerveld S., Filotas M., McDonald MR. (2013.). First report of downy mildew caused by *Peronospora belbahrii* on Basil (*Ocimum spp.*) in Ontario. *Plant Diseases*; 97(9):1248. DOI: 10.1094/PDIS-01-13-0026-PDN
53. Thines M., Telle S., Ploch S., Runge F. (2009.) Identity of the downy mildew pathogens of basil, coleus, and sage with implications for quarantine measures. *Mycological Research*; 113(5):532-540. DOI: 10.1016/j.mycres.2008.12.005
54. Zhang G., Thompson A., Schisler D., Johnson ET. (2019.). Characterization of the infection process by *Peronospora belbahrii* on basil by scanning electron microscopy. *Heliyon*; 5:e01117. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01117
55. Zhang S., Mersha Z., Roberts PD., Raid R. (2009.). Downy Mildew of Basil in South Florida. Gainesville: University of Florida, IFAS Extension; Doc. PP271. Available from: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/PP/PP27100.pdf>
56. Webb K., Sansford C., MacLeod A., Matthews-Berry S. (2012.). Rapid Assessment of the Need for a Detailed Pest Risk Analysis for *Peronospora belbahrii*. UK Risk Register Details for *Peronospora belbahrii*. London: UK Plant Health Risk Register (DEFRA);
57. Wyenandt, C. A., Simon, J. E., Pyne, R. M., Homa, K., McGrath, M. T., Zhang, S., Raid, R. N., Ma, L.-J., Wick, R., Guo, L., & Madeiras, A. (2015). Basil Downy Mildew (*Peronospora belbahrii*): Discoveries and Challenges Relative to Its Control. *Phytopathology*[®], 105(7), 885–894. <https://doi.org/10.1094/phyto-02-15-0032-fi>

Web izvori:

<https://www.mycobank.org/page/Name%20details%20page/field/Mycobank%20%23/512505> Pristupljeno: 26.8.2024.

FRAC Code List ©*. Fungal Control Agents Sorted by Cross Resistance Pattern and Mode of Action (Including FRAC Code Numbering). 2019. Izvor: <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2024.pdf> Pristupljeno: 7.8.2024.

SEBS and NJAES Research, 2018. <https://sebsnjaesresearch.rutgers.edu/author/sebsnjaesresearch-opoc/> Pristupljeno: 2.9.2024.

FIS baza: <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb> Pristupljeno: 3.9.2024.

Životopis

Leon Slaven Šušnjar rođen je 3. kolovoza 1999. u Zagrebu. Osnovno i srednjoškolsko obrazovanje završio je u Zagrebu. Maturirao je 2018. godine u Nadbiskupskoj klasičnoj gimnaziji s pravom javnosti u Zagrebu. Iste godine upisuje prijediplomski studij Zaštite bilja na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Diplomski studij Fitomedicine upisuje 2021. godine na istoimenom Fakultetu. Tokom studija priključuje se izvannastavnim grupama Art u fitomikologiji i Čudesni svijet korova.