

Nacionalni veterinarski inštitut

PISNO GRADIVO

Zdravstveno varstvo čebel 4.del:

Imunski sistem čebelje družine in poapnela zalega Nosemavost

za programsko leto 2026

Pisno gradivo je pripravila delovna skupina veterinarjev za zdravstveno varstvo čebel UL VF NVI na podlagi Uredbe o izvajanju intervencij v sektorju čebelarских proizvodov iz strateškega načrta skupne kmetijske politike 2023-2027 (Uradni list RS, št.17/23) in Programa podintervencije 'Izobraževanje s področja zdravstvenega varstva čebel', pogodba z MKGP št. 2330-23-111022.

Julij, 2026

Imunski sistem čebelje družine in poapnela zalega

Uvod

Medonosna čebela (*Apis mellifera*) živi v izjemno organizirani skupnosti, ki jo pogosto opisujemo kot superorganizem. Zdravje kolonije zato ni le vsota zdravja posameznih čebel, temveč posledica usklajenega vedenja, učinkovite delitve dela, nenehne izmenjave hrane in informacij ter sposobnosti hitrega prilagajanja na spremembe v okolju. Za razliko od ljudi čebele nimajo pridobljene (adaptivne) imunosti s protitelesi, ki bi se specifično »učila« na vsakem novem povzročitelju. Zanašajo se na hitro delujoče prirojene obrambne mehanizme in na socialno (skupinsko) imunost – niz vedenjskih in organizacijskih strategij, s katerimi družina skupaj zmanjša vnos, razmnoževanje in širjenje povzročiteljev bolezni.

Med pomembnimi zdravstvenimi izzivi je poapnela zalega, glivična bolezen ličink, ki lahko občutno oslabi družino in zmanjša njeno nabiralno sposobnost. Ker je poapnela zalega izrazito »pogojna« – njen izbruh je odvisen od prehrane, mikroklima v gnezdu, različnih stresov in prenosnih poti – je razumevanje tako biološkega ozadja kot tudi preventivnih in sanacijskih ukrepov ključno. V nadaljevanju pojasnimo delovanje obrambe čebel od posameznice do superorganizma, biologijo in potek poapnele zalege, tipične sprožilce in najbolj preizkušene ukrepe v praksi.

1. Kako se čebele branijo: od posameznice do superorganizma

1.1 Fizične pregrade: prva linija obrambe Zunanost čebele prekriva hitinski oklep z gostimi dlačicami, ki deluje kot mehanska ovira proti mikrobom in toksinom. Dlačice na vstopih v dihala filtrirajo delce in zmanjšajo vnos spor ter prahu. V prebavilih, posebej v srednjem črevesju, ima ključno vlogo peritrofična membrana – polprepustna zaščitna plast, ki otežuje neposreden stik patogenov z občutljivim črevesnim epitelom. V prebavilih delujejo tudi fiziološki zaviralci (inhibitorji), ki slabijo rast mikrobov. Te pregrade delujejo hitro in široko (nespecifično), kar je značilnost prirojene imunosti žuželk, in pogosto že same preprečijo vdor patogenov v notranjost telesa (hemocel).

1.2 Celični odziv: fagocitoza, enkapsulacija in melanizacija Če povzročiteljem kljub pregradam uspe vstopiti v hemocel, se sproži celični odziv. Obrambne celice (hemociti) fagocitirajo (»požirajo«) manjše vsiljivce, večje pa obdajajo v celično »kapsulo« (enkapsulacija), ki patogena izolira od tkiv. Melanizacijo uravnava profenoloksidazni (proPO) sistem; ob aktivaciji nastajajo reaktivne kisikove zvrsti in melanin, ki patogene mehansko in kemično prizadenejo. Prednost te linije je hitrost; omejitev je odsotnost imunološkega »spomina«.

1.3 Humoralni odziv: protimikrobni peptidi in druge molekule Sočasno deluje humoralni odziv: maščobno telo, slinavke, epitel in hemociti tvorijo protimikrobne peptide (AMP), kot so defenzini, apidaecini, abaecini in himenoptecini. Ti kratki proteini v hemolimfi neposredno zavirajo rast bakterij in gliv ali poškodujejo njihove celične membrane. Del humoralnih poti se aktivira tudi ob virusnih okužbah (npr. z RNA interferenco), čeprav čebele – v nasprotju z

vretenčarji – nimajo protiteles. Celični in humoralni odziv skupaj tvorita hrbtnico prirojene imunosti pri čebelah.

1.4 Socialna (skupinska) imunost: kolektivna obramba superorganizma Ker tisoče čebel deli isto gnezdo in zalogo hrane, je kolonija razvila vedenja, ki skupaj delujejo kot »kolektivni imunski sistem«.

- Negovanje (grooming): čebele z nogami in čeljustmi odstranjujejo tujke, spore in zunanje zajedavce s sebe ali s sester. Družine z močnejšim negovanjem so praviloma odpornejše proti zunanjim zajedavcem (npr. varoji) in mehanskemu prenosu spor v gnezdu.
- Higijensko vedenje: delavke s pomočjo vohalnih dražljajev zgodaj zaznajo in odstranijo obolele ali mrtve ličinke iz celic, še preden bolezen doseže visoko kužnost. Gre za dvofazni proces (odkrivanje in odstranitev) z močno genetsko komponento, zato je mogoče to lastnost uspešno selekcionirati. V praksi sta uveljavljena zamrzovalni preizkus dela pokrite zalege in »pin test« (prebadanje ličink), s katerima ocenjujemo hitrost čiščenja.
- Propolizacija: propolis (smolnata snov rastlinskega izvora) čebele uporabljajo za tesnjenje razpok in kot oblogo notranjih površin panja. Propolis deluje protimikrobno, stabilizira mikroklimo (manj prepiha in nihanj vlažnosti) in zavira rast plesni ter bakterij. V naravnih duplinah so stene pogosto močno propolizirane; sodobni gladki panji pa to potrebo zmanjšajo – možna posledica je izguba dela naravne zaščite.
- Termoregulacija: čebele pri zalegi vzdržujejo stabilnih 32–34 °C in primerno vlažnost. Po potrebi se v gručah »stisnejo« in lokalno dvignejo temperaturo (t. i. toplotne kepe), s čimer onesposobijo nekatere škodljivce. Blagi dvigi temperature so lahko neugodni tudi za razvoj občutljivih mikrobov, med njimi nekaterih plesni.
- Organizacijska imunost: delitev dela po starosti (polietizem) in smer izmenjave hrane zmanjšujeta stike med najbolj dovzetnimi skupinami (npr. med možnimi prenašalkami in najmlajšimi ličinkami). Srednje stare čebele pogosto ne hranijo neposredno najmlajših ličink, kar zniža tveganje prenosa povzročiteljev. V izjemnih razmerah se lahko pojavi tudi nerazmnoževalno rojenje (»pobeg«), ki pretrga kroženje povzročiteljev v okuženem panju.
- Samoizključitev: obolele odrasle čebele pogosto zapustijo panj in poginejo zunaj, s čimer zmanjšajo možnost širjenja bolezni znotraj kolonije. Ta »altruistična« strategija je še en primer, kako socialno vedenje dviguje odpornost skupnosti kot celote.

1.5: Mikrobiota in čebelji pridelki: naravni zavezniki V črevesju odraslih čebel prevladuje nekaj stalnih, koristnih bakterijskih rodov (npr. Gilliamella, Snodgrassella, Bifidobacterium, Lactobacillus), ki podpirajo prebavo, razvoj in odpornost. Stabilen mikrobiom je povezan z boljšim zdravjem kolonije in učinkovitejšimi odzivi na stres. K temu prispevajo tudi čebelji pridelki: propolis (flavonoidi, fenoli) deluje protimikrobno, med vsebuje encime, antioksidante in peptide, matični mleček pa bioaktivne snovi (npr. defenzine), ki zavirajo rast nekaterih mikrobov. Vse to skupaj tvori ekološki »ščit«, ki dopolnjuje prirojeno in socialno imunost.

2. Poapnela zalega: kaj je, kako nastane in zakaj izbruhne

2.1 Zgodovinski oris in razširjenost Poapnela zalega je bolezen, ki prizadene čebeljo zalego in se pojavlja praktično po vsem svetu, pogosteje na severni polobli. Prvi opisi znakov segajo v 19. stoletje; leta 1913 so povzročitelja prvič povezali s plesnijo in ga poimenovali *Pericystis apis*, leta 1955 pa preimenovali v *Ascosphaera apis* (A. apis). V prvi polovici 20. stoletja so

bolezen potrjevali po Evropi, po letu 1960 se je širila po Severni Ameriki, od leta 1993 pa tudi po Avstraliji – k čemur so verjetno prispevali intenzivno čebelarstvo, večja gostota čebelnjakov in pogosti prevozi družin.

2.2 Povzročitelj in infektivni stadij Poapnelo zalego povzroča askomicetna gliva *A. apis*, ki je heterotalična (ima dva paritvena tipa). Spolno razmnoževanje vodi v nastanek askospor; to so edini zanesljivo infektivni stadij. Okužbe z micelijem brez prisotnih spor praviloma ne uspejo. Askospore so zelo trdožive in lahko v panju, vosku ter pridelkih (med, pelod, satne osnove) preživijo več let. Ta obstojnost pojasni, zakaj so izbruhi lahko trdovratni in se – ob neugodnih pogojih – ponavljajo.

2.3 Prenos in viri kontaminacije Spore v panj vnašajo pašne čebele; pomemben je tudi prenos preko negovalk na ličinke s kontaminirano hrano. Med družinami se spore širijo z izmenjavo kontaminiranih satov in opreme, z ropanjem in zaletanjem. Gostota čebelnjakov in pogosti prevozi povečajo verjetnost prenosa ter možnost, da se v območju razvijejo bolj virulentni sevi.



Slika 1: Rast plesni *Ascosphaera apis* na gojišču (400 x). Foto: Polona Juntos, VF UL

2.4 Dovzetnost ličink in sprožilci kalitve Najbolj dovzetne so ličinke stare 3–4 dni. V tem času je zadnji del črevesja še zaprt in se odpre kmalu po zaprtju celice. Če ličinka z zaužito hrano dobi spore in so razmere ugodne (podhladitev, visoka vlažnost, prehranski stres, ostanki pesticidov, prisotnost drugih bolezni), spore v lumnu srednjega črevesja kalijo (aktivacija je povezana tudi s CO₂). Hife preidejo peritrofično membrano in epitel, vdrejo v hemocel ter organe. Mlade ličinke (1–2 dni) pogosto hitro prenehajo jesti in poginejo še pred vidnim micelijem; starejše (3–4 dni) jedo počasneje, vidni micelij pa se pojavi v približno treh dneh po zaužitju spor. Smrt sledi zaradi mehanskih in encimskih poškodb tkiv, prekinitev cirkulacije hemolimfe in toksikoze.

2.5 Klinična slika in prepoznavanje v praksi Prizadete ličinke so iztegnjene, nabrekle in sprva prekrite z belo, puhasto plesnijo. Kasneje se posušijo v značilne suhe »mumije«, podobne koščkom krede ali apna. Bele mumije navadno vsebujejo malo spor, črne pa – kot posledica spolnega razmnoževanja – zelo veliko. V gnezdu je slika zalege presledkasta; pokrovci so lahko odprti ali preluknjani, ker čistilke odstranjujejo prizadete ličinke. Mumije se pogosto nabirajo na dnu panja, v odprtih celicah ali pred panjem. Ker se znaki lahko prekrivajo z drugimi boleznimi (npr. okamenela zalega zaradi *Aspergillus flavus* ali bakterijske bolezni), je ob netipičnih primerih ali ponavljajočih se izbruhih smiselna laboratorijska potrditev (mikroskopija, kultura, molekularne metode).



Slika 2: Spremenjene ličinke pri poapneli zalegi na podnici panja. Foto: Jerca Vreček Šulgaj, VF UL

2.6 Zakaj pride do izbruha: »pogojna« bolezen in vloga stresa Sama prisotnost spor še ne pomeni kliničnega izbruha. Do bolezni najpogosteje pride, ko se hkrati združi več neugodnih dejavnikov:

- Mikroklima: podhladitve spomladi, nenadzorovane temperaturne oscilacije, previsoka vlažnost, šibke družine, ki težje ogrevajo in pokrivajo zalego.
- Prehrana: enolična ali skromna paša (premalo raznolikega peloda), kar vodi v pomanjkanje ključnih aminokislin in slabšo kakovost matičnega mlečka negovalk.
- Kemični stres: ostanki pesticidov v vosku in hrani slabijo fiziologijo in imunske odzive; nekatere fungicidne rabe lahko zmanjšajo koristne glive in omogočijo prednost patogenim.

- Biotski stres: prisotnost drugih bolezni in parazitov (npr. varoja, nose mavost, virusi), ki obremenijo čebele, skrajšajo življenjsko dobo negovalk in poslabšajo oskrbo zalege.
- Prenosi: visoka gostota čebelnjakov, pogosti prevozi, izmenjava materiala, ropanja in zaletavanja povečajo tveganje širjenja spor.

3. Ukrepi v praksi: kaj deluje in zakaj

3.1 Higiiena in zamejevanje

- Močno prizadete sate z mumijami odstrani in neškodljivo uniči (ne shranjuj za kasnejšo rabo).
- Pri čiščenju podnic navlaži odpadke (da se spore ne prašijo) in jih varno odstrani v zaprti posodi, ki jo je mogoče uničiti.
- Razkuži orodje in ne prenašaj kontaminiranih satov med družinami.
- Zmanjšaj neželene stike med panji (ropanje, zaletanje) z ustrezno regulacijo žrel in pravočasnim krmljenjem.

3.2 Mikroklima in oskrba zalege

- Vzdržuj stabilno temperaturo in primerno vlažnost v gnezd; poskrbi, da je zalega dobro pokrita s čebelami.
- Spomladi varuj pred podhladitvami (ne odpiraj panjev v neugodnih razmerah; prilagodi velikost gnezda številu čebel).
- V vročini omogoči učinkovito prezračevanje, da ne pride do kondenzacije in previsoke vlage.

3.3 Prehrana in paša

- Zagotovi pestro beljakovinsko pašo (raznolik pelod) in zadostne ogljikove hidrate.
- Ob pomanjkanju pravočasno zagotovi kakovostno beljakovinsko dopolnilo (nadomestki peloda s preverjeno aminokislinsko sestavo).
- Raznolika prehrana podpira stabilen mikrobiom in kakovosten matični mleček.

3.4 Vosek, propolis in oprema

- Redno obnavljaj vosek/sate, saj se v njih kopičijo spore in ostanki pesticidov.
- Pri nabavi satnic uporabljaj zanesljive vire; sumljive serije izloči.
- Uporabljalj panje in notranje površine, ki spodbujajo naravno propolizacijo – propolis deluje kot dodatna protimikrobna zaščita.
- Oprema in orodja naj bodo čista; kontaminirane elemente izoliraj, razkuži ali odstrani.

3.5 Zmanjševanje prenosov med panji

- Premišljeno načrtuj prevoze; nižja gostota čebelnjakov in manj »mešanja« panjev zmanjšata širjenje.
- Pri združevanju ali delitvi družin uporabljaj čisto opremo; sumljive sate raje odstrani.
- Omeji ropanja z ustrezno regulacijo žrel in vzdrževanjem zalog v obdobjih skromne paše.

3.6 Genetika in reja

- Selekcioniraj na higiensko vedenje (hitro odkrivanje in odstranjevanje obolelih ličink). Uporablaj standardizirane preizkuse, a upoštevaj, da en sam test ne zajame celotne zaznavne in vedenjske kompleksnosti – kombinacija metod daje zanesljivejšo sliko.
- Spodbujaj genetsko raznolikost znotraj družine (parjenje matic z več troti), saj kolonije z več patrilinijami pogosto kažejo robustnejše obrambne odzive.
- Pri selekciji se opiraj na večletne opazovalne podatke in kombinacijo kazalnikov (higienska ocena, stabilnost zalege, odziv po stresnih dogodkih).

3.7 Zdravljenje: realna pričakovanja Za poapnelo zalego ni specifičnih, zanesljivih zdravil za rutinsko uporabo. Preizkušene učinkovine so dajale mešane in kratkotrajne rezultate. Najboljšo dolgoročno zaščito zagotavlja kombinacija: selekcija vedenjskih obrambnih lastnosti, urejena mikroklima in prehrana, dosledna higiena, previdno ravnanje z opremo ter zmanjševanje stresa in soprisotnih bolezni. Cilj je preprečiti izbruhe oziroma jih z zgodnjimi ukrepi hitro omejiti.



Slika 3: Slika 25: Puhaste ličinke (zaradi rasti plesni) v celicah satja, značilne za poapnelo zalego. Foto: Luka Milčinski in Lučka Žvokelj, VF UL

4. Razširjeni praktični primeri in tipične dileme

4.1 Zgodnja pomlad, hladne noči Na podnici opaziš nekaj mumij; zalega je mestoma presledkasta. Ukrepij hitro: skrči gnezdo, da bo družina lahko obvladovala prostor; preveri zaloge, zlasti beljakovinske; odstrani najslabše sate; prvih nekaj dni panja ne odpiraj po nepotrebnem. Ob ustreznih ukrepih se stanje pogosto izboljša v tednu ali dveh.

4.2 Stabilna mikroklima, a ponavljajoči se izbruhi Če se znaki ponavljajo kljub urejeni mikroklimi in prehrani, razmisli o izvoru spor (stare satnice, zunanji viri satnic, izmenjava opreme). Izvedi higienske preizkuse, razmisli o menjavi matice iz linije z izrazitim higienskim vedenjem. Preveri tudi druge bolezni in parazite (varoja, nose mavost), saj kombinirani stres pogosto sproži izbruh.

4.3 Sum na mehanski vnos spor Po selitvi na novo pašo ali po združitvi družin se pojavijo znaki poapnele zalege. Preveri izvor satja in opreme; sumljive sate odstrani; uvedi začasno strožji higienski režim (ločena orodja, razkuževanje). Če je mogoče, družino okrepi z okvirjem zalege iz dokazano higienske družine.

4.4 Trdovratni primeri kljub ukrepom Ko se poapnela zalega kljub korekcijam mikroklimе in prehrane ponavlja, je smiselno načrtovati večstopenjsko sanacijo: obnova satja (zamenjava najstarejših, najbolj kontaminiranih okvirjev), povečanje propolizacije (npr. z rahlo hrapavimi notranjimi površinami), zmanjšanje gostote panjev na stojišču, izločitev kronično prizadetih družin iz vzreje in uvedba matic iz linij z visoko preizkušenim higienskim vedenjem.

Zaključek

Ko pogledamo čebeljo družino skozi prizmo »superorganizma«, postane jasno, da je njena odpornost rezultat prepletanja treh ravni: (1) hitre, nespecifične prirojene imunosti posamezne čebele (fizične pregrade, celični in humoralni odziv), (2) socialne imunosti, ki z vedenjem, organizacijo dela, termoregulacijo, propolizacijo in »samoizključitvijo« obolelih tvori kolektivni obrambni mehanizem, ter (3) ekološko-prehranske ravni, ki jo predstavlja stabilen mikrobiom in raznolika, kakovostna prehrana. Poapnela zalega je šolski primer pogojne bolezni: askospore *A. apis* so trdožive in vseprisotne, vendar do kliničnega izbruha pride zlasti takrat, ko se poruši ravnovesje – ko se nakopičijo hladni stres in vlaga, ko je paša beljakovinsko osiromašena, ko v vosku vztrajajo ostanki pesticidov, ko varoja in virusi obremenijo negovalke in podaljšajo zadrževanje spor v črevesju ličink. Zato so tudi najbolj zanesljivi ukrepi celostni: sanitarni (odstranitev prizadetih satov, higiena opreme), biotehnični (skrčitev gnezda za toplotno stabilnost, uravnavanje vlage, redna obnova satja), prehranski (pelodna pestrost, pravočasna beljakovinska podpora), organizacijski (manjša gostota panjev, preudarni prevozi, preprečevanje ropanja) in rejski (selekcija na higiensko vedenje, spodbujanje genetske raznolikosti prek poliandrije matic). V praksi to pomeni, da poapnele zalege ne »zdravimo« le z enim ukrepom, temveč zmanjšujemo verjetnost izbruha in krajšamo njegovo trajanje s hitrim odstranjevanjem vira spor in s povrnitvijo pogojev, v katerih ima družina naravno prednost pred patogenom. Najbolj odporne so družine, ki v vsakdanji dinamiki znajo hitro zaznati in odstraniti obolelo zalego, ohranjajo toplo, suho in dobro prezračeno gnezdo ter imajo na voljo raznolike beljakovinske vire za kakovosten matični mleček. Ko takšno ogrodje dopolnimo z zanesljivo higieno orodja, preudarnim ravnanjem s satjem in razumno logistiko stojišč, tudi trdovratna poapnela zalega iz nadloge preide v obvladljivo tveganje. Za čebelarja je ključna spretnost pravočasnega opazovanja in ukrepanja, za dolgoročno vzdržnost pa izbira rejske smeri, ki nagrajuje obrambne lastnosti kolonije – tako ostane družina sposobna ne le preživetja, temveč tudi uspeha v spreminjajočem se okolju.

Nosemavost (Nosemosis) čebel: biologija, prepoznavanje in obvladovanje

Uvod

Nosemavost je najpogostejša zajedavska bolezen odraslih čebel po svetu. Prizadene predvsem delavke, a tudi trote in matice, vodi v zmanjšano vitalnost kolonije, poslabša preživetje in lahko skrajša življenjsko dobo posamezne čebele tudi za 40 %. Posledice so nižji donosi, šibkejša spomladanska rast in slabše opraševanje. Bolezen pogosto poteka prikrito: brez tipičnih "dramatičnih" znakov, a z opaznim pešanjem družine. V kombinaciji z drugimi stresorji (slaba paša, mraz, varoja, pesticidi) se lahko izid zaostri do propada družine.

Zgodovina in etiologija

Povzročitelji. Nosemavost povzročata mikrosporidiji *Nosema apis* in *Nosema ceranae*. Gre za enocelične, obvezno znotrajcelične eukariotske parazite, ki jih danes uvrščamo med glive (Microsporidia).

Odkritje in razširjenost. Klasični povzročitelj evropske čebele (*Apis mellifera*) je *N. apis* (Zander, 1909). Leta 2005 so z molekularnimi metodami v Evropi pri *A. mellifera* potrdili tudi *N. ceranae*, sprva opisano pri azijski čebeli (*Apis cerana*) v devetdesetih. Retro-analize arhivskih vzorcev mrtvic so pokazale, da je bila *N. ceranae* prisotna že prej, a je od sredine 2000-ih postala epidemiološko pomembnejša. Danes je razširjena po Evropi, Ameriki, Aziji, Avstraliji in Japonski; zaznana je bila tudi pri čmrlih in drugih opraševalcih.

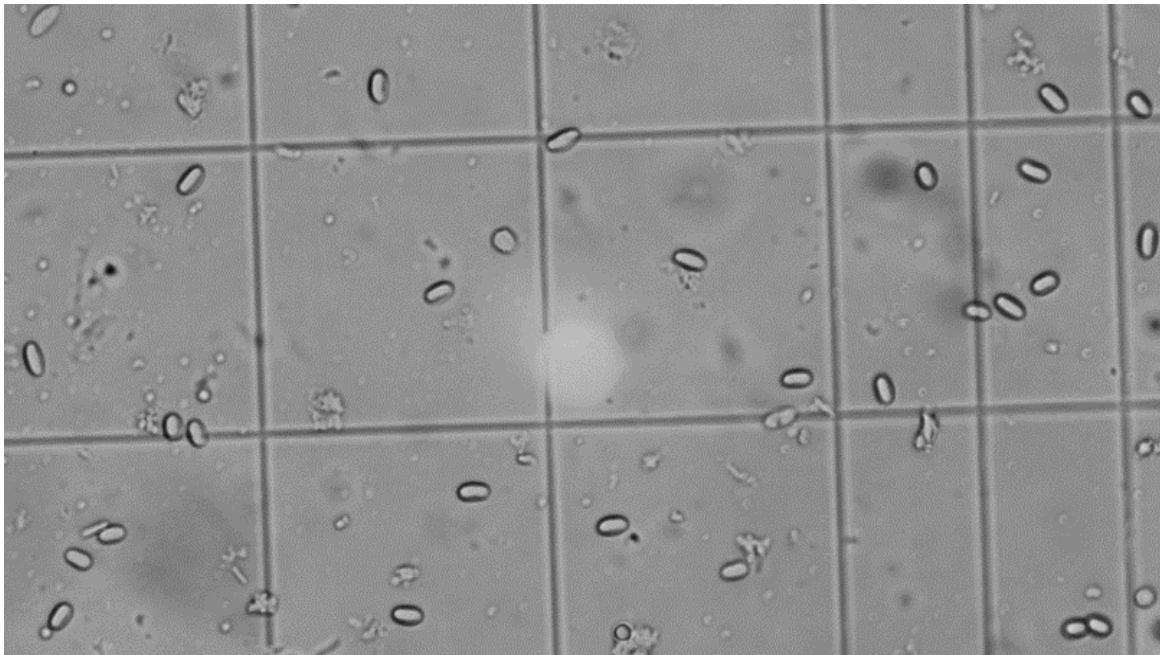
Biologija in življenjski krog mikrosporidij

Spora in invazija. Infektivna enota je spora z značilnim polarno cevčico (polar tubule). Po zaužitju s hrano spora v črevesju izstreli cevčico in injicira sporoplazmo v epitelno celico srednjega črevesja.

Razmnoževanje. Znotraj celice se parazit razmnožuje (merogonija, sporogonija), celični metabolizem "preusmeri" zase, tvori nove spore, ki ob celični lizi preidejo v lumen črevesa in z iztrebki v okolje, del pa invadira sosednje celice.

Tkivna tropija. Primarno mesto okužbe je srednje črevo odraslih čebel; pri visoki obremenitvi in pri *N. ceranae* so opisane tudi spremembe v drugih tkivih in funkcijah (npr. v maščobnem telesu, endokrini signalizaciji, vedenju).

Preživetje. Spore so v panju in pridelkih (npr. pelod) relativno stabilne. Vzdržljivost je odvisna od temperature, vlažnosti, UV obsevanja in matriksa (med, vosk, voda).



Slika 4: Spore *Nosema* spp. pod mikroskopom (400 x) Foto: Metka Pislak Ocepek, VF UL

Poti prenosa in epidemiologija

Znotraj kolonije. Trofalaksa (deljenje hrane), čiščenje celic, stik ustnih aparatov in kontaminirana voda so glavne poti. Negovalke okužbo učinkovito širijo na mlajše hišne čebele. Matica se lahko okuži prek hrane (možni učinki na plodnost).

Med kolonijami. Ropanje, zaletavanje čebel med panji, selitve na paše, delitve in združitve družin, izmenjava satja/opreme. Kontaminiran pelod ("čebelji kruh") je pogost rezervoar spor.

Sezonska dinamika. *N. apis* je bila zgodovinsko izrazitejša v hladnem obdobju (prezimovanje), *N. ceranae* pogosto kaže manj izrazit sezonski vrh in lahko ohranja visoke ravni tudi poleti, posebej ob drugih stresih.

Patogeneza in vpliv na fiziologijo čebel

Energetska izčrpanost. Parazit zmanjšuje absorpcijo hranil in poškoduje črevesni epitel; posledica je energijska revščina, kar se kaže v zgodnejšem prehodu v foragerke in skrajšani življenjski dobi.

Imunska modulacija. Opisane so spremembe v izražanju protimikrobnih peptidov in drugih obrambnih poti; sočasne okužbe (npr. z virusi) so pogostejše.

Vedenjske spremembe. Okužene čebele lahko kažejo spremenjeno orientacijo, večjo verjetnost "izgube" na paši, spremenjen odziv na feromone; v koloniji nastane skrita "delovna kriza".

Učinek na matico. Okužbe lahko vplivajo na ovarije in kakovost zaleganja; opazimo lahko neenakomerno ali presledkasto zalego brez drugih vzrokov.

Dejavniki tveganja in sprožilci izbruhov

Okoljski in prehranski stres. Enolična ali beljakovinsko siromašna paša, pomanjkanje peloda, pomanjkanje vode ali kontaminirani vodni viri.

Mikroklima panja. Dolgotrajna vlaga, slabo prezračevanje, ekstremne temperature (hladne epizode spomladi ali vročinski valovi brez sence/vode).

Kemični stres. Ostanke pesticidov (tudi fungicidi) v vosku, medu in pelodu; subletalni učinki lahko porušijo mikrobiom in imunsko stanje.

Biotski stres. Varoja (*Varroa destructor*) in njeni virusi, poapnela zalega, druge bolezni; komorbidnosti multiplicirajo tveganje propada.

Upravljalški dejavniki. Visoka gostota panjev, pogosti prevozi, slaba higiena opreme, nekritična izmenjava satja in materiala.

Klinična slika in kaj vidi čebelar

Klinični znaki:

Splošno: pešanje družine, zmanjšan donos, počasna spomladanska rast, zgodnji "iztrošek" foragerk.

Vedenje: nemir, dezorientacija, povečana izguba na paši.

Zalega/Matica: presledkasta zalega brez jasnega bakterijskega/glivičnega vzroka; občasno zamenjava matice.

Iztrebljanje: zgodovinsko povezano z drisko pri *N. apis* (rjave madeže na panju/okvirjih), pri *N. ceranae* pogosto ni očitne driske; torej odsotnost madežev ne izključuje nose mavosti.

Asimptomatska okužba je pogosta. Zato je laboratorijska potrditev ključna za resno oceno stanja.



Slika 5: V preteklosti pogostokrat videni satniki, popacani z iztrebki nose mavih čebel, pri okužbi z *N. apis*. Pri *N. ceranae* takih prizorov običajno ne vidimo. Foto: Vida Lešnik, VF UL

Diagnostika

Terenski znaki so nezanesljivi. Potrditev je laboratorijska:

Mikroskopija spor: homogenat zadkov (ali srednjega črevesa) več čebel; preštevane spor v hemocitometru (npr. Neubauer). Vrednosti nad ~1–2 milijona spor/čebelo so pogosto povezane z zaznavnimi produkcijskimi učinki; interpretacija mora upoštevati sezono in vzorčenje.

Molekularna diagnostika (PCR/qPCR): razlikovanje med *N. apis* in *N. ceranae*, kvantifikacija obremenitve, primerna za monitoringe in raziskave.

Histologija: manj rutinska, a razkrije obseg poškodb epitela.

Vzorčenje:

Število in tip čebel: 30–60 odraslih čebel; za zimsko/zgodnjepomladansko oceno raje čebele iz notranjosti (hišne), za poletno tudi foragerke. Mešani vzorci zmanjšajo variabilnost.

Čas: primerjaj rezultate vzorcev večih zaporednih vzorčenj; pomembna je serija meritev, ne enkratno "posnetek".

Nadzor in obvladovanje: integriran pristop

Prehrana in mikrobiom

Pelodna pestrost. Spodbujaj raznoliko pašo; v obdobjih pomanjkanja uporabi kakovostna beljakovinska dopolnila (primerna aminokislinska sestava, higiena).

Voda. Zagotovi čist, dostopen vir (manj tveganja kontaminacije z iztrebki).

Podpora mikrobiomu. Stabilne razmere in raznolik pelod posredno krepijo "notranjo obrambo".

Mikroklima panja

Suhost in zračnost. Urejeno prezračevanje, izogibaj se kondenzu; prilagodi prostornino gnezda številu čebel (dobro "obsežen" prostor).

Toplotna stabilnost. Ne odpiraj panjev v hladnih, vetrovnih dneh; poleti poskrbi za senco/ventilacijo.

Higiena in biovarnost

Orodja in rokavice redno čisti/razkužuj. Loči predmete med družinami, kolikor je izvedljivo.

Satje. Redno obnavljaj stare, temne satnice; stare okvirje z visoko verjetnostjo obremenitve izloči. Pazljivo z "darovanjem"/izmenjavo satja.

Prevozi. Zmanjšuj nepotrebne selitve; načrtuj stojišča z nižjo gostoto in manjšim tveganjem ropanja/zaletenja.

Zmanjševanje stresa in komorbidnosti

Varoja. Učinkovit, pravočasen nadzor je ključen; manj virusne obremenitve = večja robustnost proti nosemavosti.

Sinergije. Spremljaj in obvladaj druge bolezni (poapnela zalega ipd.); drobne izboljšave na več frontah se seštevajo.

Reja in genetika

Odpornost in vedenje. Izbiraj linije z dobro spomladansko "recovery" dinamiko, dolgoživostjo zimskih čebel in stabilno nego zalege; spremljaj tudi indirektne kazalnike (kakovost zalege, nizke izgube).

Genetska raznolikost. Poliandrija matic (naravno parjenje ali premišljena osemenitev z več troji) pogosto prispeva k robustnejši koloniji.

Zdravila in dodatki: previdno in informirano

Fumagilin. Zgodovinsko uporabljen proti *N. apis*; učinkovitost proti *N. ceranae* je nedosledna, pravni status/regulatorne omejitve pa se razlikujejo po državah. Tveganja (ostanki, rezistence) in nejasne koristi zahtevajo previdnost; kjer je nedovoljen, ga ne uporabljamo.

"Naravni" pripravki. Različni rastlinski izvlečki, organske kisline, probiotiki: rezultati so mešani in pogosto kontekstno odvisni; naj bodo dopolnilo, ne nadomestilo za osnovne ukrepe. Upoštevaj smernice, zakonodajo in dobre prakse.

Temelj strategije. Noben pripravek ne nadomesti prehrane, mikroklima, higiene in nadzora varoje. Ti "štirje stebri" prinesejo največji, ponovljiv učinek.

Operativni protokol za čebelarja (kratka praksa)

Kdaj posumiti: družina peša brez očitnega razloga; slaba pomladna rast; zgodnji izpad foragerk; presledkasta zalega brez znakov bakterijskih/glivičnih bolezni; v preteklosti visoke obremenitve varoje ali slaba paša.

Kaj storiti takoj:

Vzemi reprezentativen vzorec odraslih čebel (30–60) in naroči mikroskopsko/pcr-potrditev.

Uredi prehrano (pelodna pestrost, beljakovinski dodatek, voda).

Prilagodi prostornino gnezda, izboljšaj prezračevanje in suhost; zmanjšaj stres z minimalnimi, a ciljanimi pregledi.

Preveri in po potrebi zniža varojo (v okviru zakonitih/sprejetih postopkov).

Uvedi higienski režim orodja; omeji izmenjavo satja; oceni, ali so za zamenjavo najstarejši okvirji.

Srednjeročno:

Uvedi redno (sezonsko) monitoriranje spor; vodi evidenco po družinah in letih.

Na podlagi večletnih podatkov selekcioniraj družine z vzdržnejšim profilom (nizke obremenitve, stabilni donosi, dobra prezimitev).

Na stojiščih zmanjšaj gostoto, načrtuj zasaditve za pelodno pestrost, zagotovi trajne vodne vire.

Pogosta vprašanja (FAQ)

Ali lahko nose mavost izgine sama od sebe? Ob ugodnih razmerah (dobra paša, topla/suha mikroklima, nizka varoja) se obremenitev spor lahko občutno zmanjša in kolonija "okreva". Toda brez odprave vzrokov se težava pogosto ponovi.

Ali je driska nujen znak? Ne. Pri *N. ceranae* pogosto ni vidnih iztrebkov po panju; zato odsotnost madežev ne izključuje nose mavosti.

Kdaj zamenjati matico? Če poleg potrjene okužbe opažaš kronično presledkasto zalego, slaboten razvoj in ponavljajoče se težave kljub sanaciji razmer. Menjava je najbolj smiselna skupaj z obnovo satja in prehranskimi/mikroklimatskimi ukrepi.

Je dovolj "čudežni dodatek"? Ne. Dodatki imajo lahko dopolnilno vlogo, a brez temeljnih ukrepov (prehrana, mikroklima, higiena, varoja) praviloma ne rešijo težave.

Zaključek

Nosemavost je primer bolezni, pri kateri o izidu ne odloča ena sama spremenljivka, temveč ravnovesje celotnega panjskega ekosistema. Mikrosporidiji *N. apis* in *N. ceranae* so v čebelarskem okolju skoraj stalnica; dejanska razlika med "tihi prisotnosti" in kliničnim problemom nastane, ko se nakopičijo stresorji: enolična paša, energijsko pomanjkanje, dolgotrajna vlaga, temperaturna nihanja, ostanki pesticidov v vosku ter, zlasti, visoka obremenitev z varojo in virusi. V takšnih okoliščinah parazit izkoristi oslABLJENO črevesje in razpoložljiv metabolizem čebel – posledica je krajša življenjska doba delavk, prezgodnji prehod v foragerke, "tiha" delovna kriza in pešanje kolonije. Rešitev zato ni iskanje enega sredstva, temveč vzpostavitev pogojev, v katerih ima družina naravno prednost pred povzročiteljem. Na operativni ravni to pomeni: dosledna higiena in obnavljanje starega satja; zanesljiva oskrba z raznolikim pelodom in čisto vodo; panji, prilagojeni številu čebel, s suhim in stabilno toplim gnezdrom; preiščena logistika stojišč, ki zmanjšuje ropanja in prenose; ter strog, pravočasen nadzor varoje, ki znižuje virološki "tlačni val". Nad vsem pa stoji rejska strategija: izbirati družine, ki se skozi sezone izkazujejo z dobro spomladansko dinamiko, dolgoživostjo zimskih čebel, urejeno nego zalege in nižjimi obremenitvami spor – lastnostmi, ki so pogosto povezane tudi z učinkovitejšim higienskim vedenjem. Takšen, večplastno utemeljen pristop nosemavost spremeni iz nepredvidljive nadloge v obvladljivo tveganje in daje čebelarju realna orodja za stabilnost, donos in opraševalno funkcijo v okolju, ki je vse bolj podvrženo podnebnim in antropogenim spremembam.

Viri:

- Bailey, L., & Ball, B. V. (1991). Honey bee pathology (2nd ed.). Academic Press. [doi.org](#)
- Rothenbuhler, W. C. (1964). Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. *Animal Behaviour*, 12(4), 578–583. [doi.org](#)
- Aronstein, K., & Murray, K. D. (2010). Chalkbrood disease in honey bees: A review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, S20–S29. [doi.org](#)
- Christensen, M., & Gilliam, M. (1983). Notes on *Ascosphaera apis* and chalkbrood in honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 22(3), 192–195. [doi.org](#)
- Heath, L. A. F. (1985). Chalk brood pathogenesis in the honeybee: A review. *Apidologie*, 16(1), 1–9. [doi.org](#)
- Heath, L. A. F., & Gaze, B. M. (1987). Carbon dioxide activation of spore germination in *Ascosphaera apis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 50(3), 246–251. [doi.org](#)
- De Jong, D. (1976). Experimental evidence that *Ascosphaera apis* spores do not germinate on the larval cuticle. *Journal of Apicultural Research*, 15(3–4), 143–145. [doi.org](#)
- Flores, J. M., Spivak, M., & Gutiérrez, I. (2005). Spores of *Ascosphaera apis* contained in wax cappings of honey bee brood. *Journal of Apicultural Research*, 44(1), 45–48. [doi.org](#)

- Swanson, J. A. I., Torto, B., Kells, S. A., Mesce, K. A., Tumlinson, J. H., & Spivak, M. (2009). Odorants that induce hygienic behavior in honeybees: Identification of volatiles from chalkbrood-infected larvae. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 1108–1116. [doi.org](#)
- Evans, J. D., & Spivak, M. (2010). Socialized medicine: Individual and communal disease barriers in honey bees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, S62–S72. [doi.org](#)
- Lapidge, K. L., Oldroyd, B. P., & Spivak, M. (2002). Seven suggestive quantitative trait loci influence hygienic behavior of honey bees. *Naturwissenschaften*, 89, 565–568. [doi.org](#)
- Oxley, P. R., Spivak, M., & Oldroyd, B. P. (2010). Six quantitative trait loci influence task thresholds for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera*). *Molecular Ecology*, 19(7), 1452–1461. [doi.org](#)
- Newton, D. C., & Ostasiewski, N. J. (1986). A simplified bioassay for hygienic behavior in honey bees (*Apis mellifera* L.). *American Bee Journal*, 126, 278–281.
- Neumann, P., & Blacqui re, T. (2017). The Darwinian beekeeper. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(5), 310–313. [doi.org](#)
- Seeley, T. D., & Smith, M. L. (2015). Crowding honeybee colonies in apiaries can increase their vulnerability to disease and parasites. *Apidologie*, 46, 716–727. [doi.org](#)
- Hornitzky, M. A. Z. (2001). The spread of chalkbrood (*Ascosphaera apis*) spores in honey bee colonies and apiaries. *Bee World*, 82(3), 108–118. [doi.org](#)
- Jay, S. C. (1963). The development of honeybee (*Apis mellifera* L.) larvae in relation to cell capping. *Canadian Journal of Zoology*, 41(2), 119–128. [doi.org](#)
- Joseph, R. M., & Carlson, J. R. (2015). Drosophila chemoreceptors: A molecular interface between the chemical world and the brain. *Trends in Genetics*, 31(12), 683–695. [doi.org](#)
- Theantana, T., & Chantawannakul, P. (2008). α -Amylase from *Ascosphaera apis* involved in pathogenesis of chalkbrood disease. *Journal of Apicultural Research*, 47(4), 227–233. [doi.org](#)
- Wilson-Rich, N., Spivak, M., Fefferman, N. H., & Starks, P. T. (2009). Genetic, individual, and group facilitation of disease resistance in insect societies. *Annual Review of Entomology*, 54, 405–423. [doi.org](#)
- P ggeler, S. (2001). Mating-type genes for classical strain improvements of ascomycetes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 56, 589–601. [doi.org](#)
- Christensen, M., & Gilliam, M. (1989). *Ascosphaera apis*: Biology and control of chalkbrood disease. *Bee World*, 70(3), 99–110.