

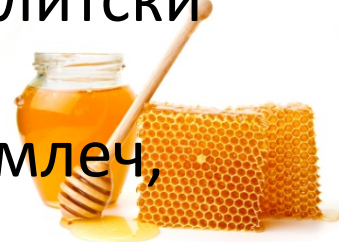
НАЈЧЕШЋИ УЗРОЦИ ТРОВАЊА МЕДОНОСНИХ ПЧЕЛА

Радомир Ратајац, Јелена Петровић,
Бранкица Карталовић, Игор Стојанов,
Владимир Полачек



Значај

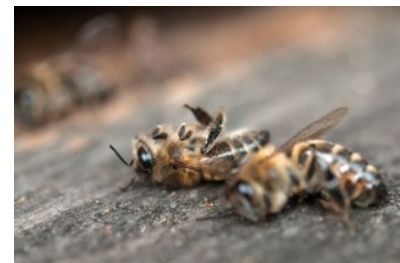
- ✓ Медоносна пчела (*Apis mellifera*) је космополитски распрострањена врста
- ✓ Производи: мед, восак, прополис, матични млеч, поленов прах, пчелињи отров
- ✓ Најуспешнији и комерцијално експлоатисани опрашивачи у агро-екосистемима
- ✓ Органски и конвенционалан начин пчеларења, а последњих година урбано пчеларење у градским срединама
- ✓ Пчеле радилице, мед и перга - биоиндикатори загађења животне средине различитим органским и неорганским једињењима





Забринутост

- Употреба широког спектра хемијских средстава у пољопривреди, самих и/или у комбинацији са другим факторима (повишена температура, производња хибридних сорти са мањом количином полена и нектара у цветовима) изазвале су разарајући ефекат на медоносне пчеле на глобалном нивоу.
- Повећана смртност пчелињих друштава забележена је 2006. године у САД.
- Масовно изумирање пчела названо је ЦЦД синдром – Colony Collapse Disorder.
- Из тог разлога, свет се данас суочава са великом кризом, која нема само еколошку димензију, већ и економску.



Путеви изложености (експозиције) пчела пестицидима





Путеви уноса токсиканата

- Орални пут
- Респираторни пут
- Дермални - кутани пут
 - Телесни зид – хитинска кутикула торакса
 - Крила инсеката





Класификација отровних материја

- Процена токсичности хемикалија на пчелама и њиховим развојним облицима
 - На основу акутне оралне и кутане контактне токсичности на одрасле пчеле – радилице супстанце се деле на:
 - врло високом токсичношћу ($LD_{50} < 2 \mu\text{g}/\text{пчела}$)
 - умереном токсичношћу ($LD_{50} 2\text{-}10,99 \mu\text{g}/\text{пчела}$)
 - ниским степеном отровности ($LD_{50} 11\text{-}100 \mu\text{g}/\text{пчела}$)
 - нису отровне за пчеле ($LD_{50} > 100 \mu\text{g}/\text{пчела}$)



Класификација отровних материја

- Процена токсичности хемикалија на пчелама и њиховим развојним облицима
 - Испитивање токсичности на пчелињем леглу у полутеренским условима (2007)
 - Ларвена токсичност, једнократна експозиција(2013)- LD_{50} .
 - Ларвена токсичност, поновљена експозиција(2016)- LD_{50} ; LC_{50} ; NOEC; NOED.
 - Хронична орална токсичност (10-дана храњење) (2017) - LC_{50} ; LDD_{50} ; NOEC; NOEDD.
 - Тест повратног лета пчеле, после једнократне оралне изложености сублеталним дозама испитиване хемикалије(2021) - NOED



Класификација отровних материја

- Подела на основу порекла – извора
 - Загађиваче животне средине (природне и вештачке-антропогене)
 - Неоргански
 - Угљен –диоксид (CO_2): на индивидуалном и нивоу колоније животни век - краћи; количини сакупљеног полена – смањена; наркотични ефекат у смислу смањења активности.
 - Тешки метали (Cd, Pb, Hg) интеракцијом са биомолекулима: промене у конформацији биомолекула, блокирање есенцијалних функционалних група биомолекула, замена есенцијалних металних јона у биомолекулима, оксидативна оштећења биомолекула.



Класификација отровних материја

- Токсичност лековитих - активних супстанци које се користе у пчеларству
 - У Србији употреба антибиотика у пчеларству је строго забрањена
 - За контролу *Varroa destructor* у Србији регистровани препарати на бази: кумафоса (органофосфорно једињење), флувалинат (тау-флувалинат - пиретроид), мравља киселина, као и активне супстанце етарских уља и сама уља тимол, камфор, ментол, уље еукалиптуса (ALIMS, 2021)
 - Користи се и друге органске киселине као што је млечна и оксална киселина



Класификација отровних материја

- Токсичност лековитих - активних супстанци које се користе у пчеларству
 - Токсичност мравље киселине:
 - Начин деловања: инхибира митохондријалну цитохром ц оксидазу, транспорт електрона у митохондријама → инхибиција енергетског метаболизма; екситација неурона пенетрацијом кроз егзоскелет → угинуће. Селективност деловања је базирна на разлици у дебљини хитинског омотача пчеле и крпеља који на њој паразитира. Пчеле подnose 250 пута већу дозу мравље киселине у односу на вароу
 - Симптоми токсичности: смањени животни век радилица и смањену стопу преживљавања легла, а постоји могућност да се изгуби и одређен број матица



Класификација отровних материја

- Токсичност лековитих - активних супстанци које се користе у пчеларству
 - Токсичност оксалне киселине:
 - Третман: conc. 2 – 3 %, новембар – децембар, t^0 0 - 4°C, једна генерација сме се третирати само једном
 - Начин деловања: оштећује ткива система за варење, апоптозе ћелија средњих црева пчела
 - Симптоми токсичности: повећан морталитет матица, смањен броја затворених легла, повећано самочишћење, умањена активност, нарочито пчела неговатељица

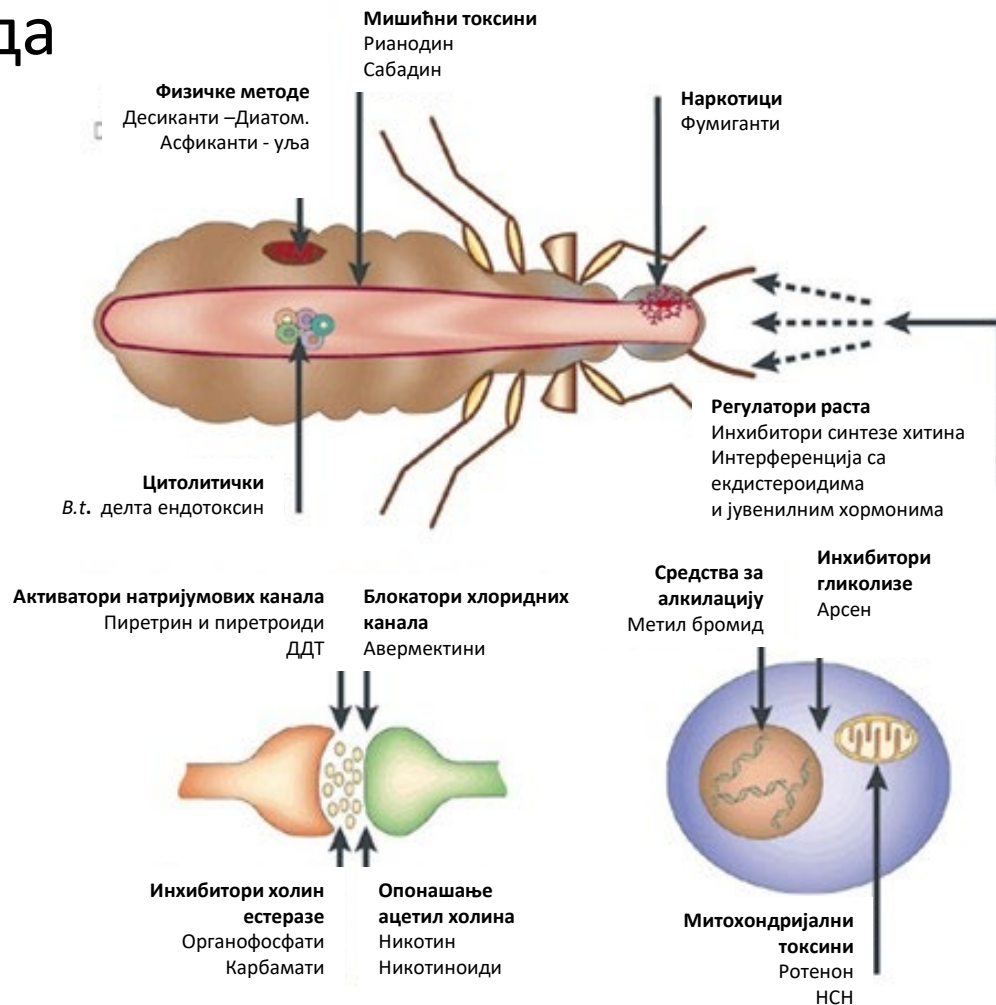


Класификација отровних материја

- Агрохемикалије – Пестициди

- Токсичност инсектицида

- Начин деловања →





Класификација отровних материја

- **Агрохемикалије – Пестициди**
 - **Органохлорни инсектициди** (ДДТ, алдрин, линдан, ендосулфан...)
 - Липофилна, акумулирају се у ткивима богатим липидима
 - Биоакумулације
 - Биомагнификације
 - Начин деловања: стимулација нервог система, мењајући проток јона инхибицијом Na, K и Ca АТП-азе (пумпа кроз мембрану нервних ћелија) → резултује поремећајима у трансмисији нервних импулса



Класификација отровних материја

- **Агрохемикалије – Пестициди**
 - **Органофосфатни** (диазинон, кумафос, малатион..) И **карбаматни** (карбофуран, алдикарб, метомил...) **инсектициди**
 - Начин деловања: инхибитори ацетил холинестеразе (AChE) – повећање конс. ацетилхолина у постсинаптичким нервним завршецима → за последицу изражену хиперексцитацију и појаву конвулзија, а затим парализу и смрт
 - Вредности топикалне токсичности LD_{50} за активне супстанце ове две класе инсектицида се крећу у распону од 0,018 до 31,2 μg /пчеле



Класификација отровних материја

- **Агрохемикалије – Пестициди**
 - **Пиретроиди** (ламбда –цихалотрин, перметрин, тау-флувалинат...)
 - Начин деловања: везују се за α -субјединицу Na канала → стварање акционог потенцијала - деполяризације мембране (хиперексцитабилност) → парализа јединке („knock down effect“) и смрт. Могу деловати на постсинаптичкој мембрани и на никотинске, ГАБА и глутаминске рецепторе, као и на волтажне калцијумске канале, које супримирају.
 - Могу бити веома токсични за пчеле ($LD_{50} = 0,05-0,21$ $\mu\text{g}/\text{пчела}$)



Класификација отровних материја

- **Агрохемикалије – Пестициди**
 - **Неоникотиноиди**
 - Начин деловања: делују слично природним производима- никотину, ацетилхолину, епибатидину, као агонисти постсинаптичких никотинских ацетилхолин-рецептора (nAChR) инсекта. Неоникотиноиди су сто и више пута селективнији за nAChR инсектата него кичмењака.
 - Неоникотиноиди групе нитрогуанидинске (имидаклоприд, клотианидин и тиаметоксам) високо токсични за пчеле ($LD_{50} = 0,004 - 0,075 \mu\text{g}/\text{пчели}$) умањујући способност пчела излетница да се врате у кошницу.
 - Неоникотиноиди групе цијаногуанидина (ацетамиприда, тиаклоприд), мање токсични за пчеле (контактна $LD_{50} = 8 - 18 \mu\text{g}/\text{пчели}$). Вероватно последица брзе детоксикације под утицајем ензима цитохрома П450.
 - Европска комисија (Уредба ЕУ бр. 485/2013) и Србија су 2013. године привремено увеле ограничење на употребу три инсектицида на основи неоникотиноида (клотианидин, тиаметоксам, имидаклоприд)



Класификација отровних материја

- **Агрохемикалије – Пестициди**
 - **Фенилпиразоли (фипронил...)**
 - Начин деловања: инхибира ГАБА (гама-аминобутерну киселину- инхибиторни неуротрансмитер) комплекс везујући се за хлорне канале → блокира пре и постсинаптички трансфер хлоридних јона кроз ћелијску мембрану → смрт инсекта хиперексцитацијом
 - Европска комисија (Уредба ЕУ бр. 781/2013) и Србија су 2013. године увеле ограничење на употребу фипронила због високог ризика за пчеле. $LD_{50} = 0,0218 \mu\text{g}/\text{ларве}$, $0,004 \mu\text{g}/\text{пчеле}$



Класификација отровних материја

- Агрохемикалије – Пестициди
 - Токсичност фунгицида
 - Опште је прихваћено мишљење да фунгициди нису токсични за пчеле
 - Нивои токсичности за различите фунгициде се креће у распону LD_{50} 10 до $>200 \mu\text{g}/\text{пчели}$
 - Токсичност хербицида
 - Познато је да је ниво токсичности хербицида веома низак за већину инсеката (LD_{50} 18 – $>100 \mu\text{g}/\text{пчели}$)
 - Паракват
 - *In vitro* $15 \mu\text{g}$ / пчели → скраћење животног века пчеле радилице
 - *In vivo* 4,5 kg активне супстанце/ha угинуће пчела (3 дана)
 - Смањују бројност биљних врста и на тај начин смањују пашу – цветне ресурсе.



Симптоми тровања пчела

- Присуство великог броја угинулих или умирућих пчела на улазу у кошницу.
- Присуство влажне и лепљиве масе мртвих пчела на улазу у кошницу (регургитација).
- Мртве пчеле на третираним пољима. Читава колоније - кошнице могу бити уништене ако се прскање врши на оближњим пољима до пчелињака.
- Пчеле излетнице - резидуе пестицида у сакупљеном полену → понашање пчела у кошници се нагло мења (агресивније и/или узнемиреније)
- Остали симптоми укључују: омамљеност, парализу, агресивност и ненормално понашање, трзајуће покрете, успоравање активности и пузање пчела око улаза у кошницу, губитак способности летења и на крају угињавају 2 или 3 дана након тровања, лоши обрасци полагања јаја или ненормално понашање матица.
- У кошници, прекид циклуса легла (стадијум младих пчела) или шаренило легла такође могу указивати на проблем са тровањем пестицидима.





Процена ризика употребе пестицида

- Комплексна, и не може се засновати само на подацима о оралној и контактної акутној токсичности исказаној кроз средњу леталну дозу (LD_{50})
- У процени ризика неопходно је сагледати и израчунати (European Beekeeping Coordination): средње леталне дозе (LD_{50}); средње леталне концентрације (LC_{50}) за одраслу пчелу; примењена количина пестицида (application rate); LD_{50} и LC_{50} за ларве; LD_{15} (15%); LC_{15} (15%); **HQ1**- коефицијент опасности или Hazard Quotient ($HQ1 = \text{application rate} / LD_{50}$); **PEC**- процена (прорачун) очекиваних концентрација, тј. изложеност или Predicted Environmental Concentration; **TER**- однос акутне токсичности и изложености или Toxicity Exposure Ratio ($TER = LD50 / PEC$); **PNEC**- предвиђена концентрација без ефекта или Predicted No Effect Concentration; **NOEC**- концентрација без деловања или No Observed Effect Concentration за адулте; **HQ2** за адулте ($PEC / NOEC$); **HQ3** за ларве ($PEC / NOEC$); **NOEL** - доза без ефекта за ларве или No Observable Effect Level и **LOEC**- минимална концентрација са ефектом или Lowest Observed Effect Concentration за ларве.
- Процене ризика у условина на терену-пољу проблематична (процене употребљене количине пестицида по јединици површине, начина и времена употребе, атмосферских прилика, кондиције пчела и колонија, и др.)
- Могућа решења: - софтверски програми (базе података о токсичности пестицида, њиховој интеракцији и биологији пчела) → токсикодинамички и токсикокинетички модел за пчеле.



Мере које се могу предузети ради смањења тровања пчела пестицидима

- Искључиво користити пестициде који су регистровани на нашем тржишту (потреба примене евидентна, по упутству произвођача, по тихом времену и спречити „drift“ пестицида, $t^0 \leq 25^{\circ}\text{C}$).
- Не примењивати пестициде када је усев - биљка у фази цветања (забрањена је примена средстава за заштиту биља у време цветања биља која су токсична за пчеле, према Закону о средствима за заштиту биља (Службени гласник РС, 41/2009, 17 од 14. марта 2019.; Члан 45.).
- Спречити загађивање површинских вода.
- Пољопривредници дужни да обавесте околне пчеларе или друштва пчелара, најмање два дана пре третирања биљака.
- Најбоље је прскање вршити у раним вечерњим сатима (инсекти активни од 8 до 17 h)
- Прави избор пестицида (мање тоскичности за пчеле, оптимално дозирање и оптималан избор формулације, избегавати коришћење микрокапсулираних формулација инсектицида, прашкасте форме, формулације ултра мале запремине).



Уместо закључка

- Пчеле имају велики еколошки, али и економски значај и због тога је њихова конзервација кључна и од велике важности.
- У последњих неколико деценија пчеле су изложене повећаном нивоу загађења, који заједно са лошом исхраном и патогенима доприноси слабљену пчелињих популација у Европи и свету.
- Европска агенција за безбедност хране (EFSA, 2014) истиче значај процене утицаја загађене животне средине на здравље пчела на индивидуалном и нивоу колоније, што укључује мониторинг колонија, лабораторијске и теренске тестове.
- Геном медоносне пчеле (2006.) указује на мањи броја гена за стечени имунитет и за синтезу ензима укључених у детоксикацију, а присуства већег броја гена за рецепторе за мирис, као и за сакупљање и прераду полена и нектара, што је у складу са њиховом екологијом и социјалном организацијом.



Уместо закључка

- Пестициди који се користе у пољопривреди, загађивачи животне средине, као и лекови и друге супстанце које се користе у здравственој заштити и хигијени пчелињих заједница представљају сталан ризик у пчеларству.
- Поштовањем норматива Добре агрономске и ветеринарске праксе смањује се могућност да пестицид дође у контакт са пчелом, односно да медикамент доведе до појаве нежељених ефеката.
- Неопходно радити на сталном развоју процене ризика пестицида по пчеле и пратити савремену легислативу у области токсикологије пестицида.
- Континуирана едукација пољопривредника и пчелара ради подизања свести о еколошком и економском значају егзистенције пчела, о штетности различитих хемијских супстанци који се употребљавају у пољопривреди и пчеларству, све у циљу очувања и развоја пчелињих заједница, односно саме биоценозе.