

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПООПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ НОВИ САД

Мирослав Марковић 050/2010 VM

**ПРОБЛЕМ РЕЗИСТЕНЦИЈЕ НА ХЕМИЈСКЕ
ПРЕПАРАТЕ У БОРБИ ПРОТИВ ВАРОВЕ**

ДИПЛОМСКИ РАД

Нови Сад, 2024. године.

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ЕТИОЛОГИЈА И БИОЛОГИЈА ВАРОВЕ	2
2.1 Порекло и ширење вароозе	2
2.2 Биолошке карактеристике <i>Varroe destructor</i>	4
2.3 Циклус развоја и понашање <i>Varroe</i> у пчелињим заједницама.....	5
3. ХЕМИЈСКИ ПРЕПАРАТИ У БОРБИ ПРОТИВ ВАРОВЕ	7
3.1 Историјски преглед хемијских средстава.....	7
3.2 Врсте хемијских препарата	9
3.3 Ефикасност различитих хемијских препарата	11
4. РЕЗИСТЕНЦИЈА НА ХЕМИЈСКЕ ПРЕПАРАТЕ	13
4.1 Дефиниција резистенције.....	13
4.2 Механизми развоја резистенције код <i>Varroe</i>	14
4.3 Фактори који доприносе резистенцији	15
4.4 Значај правилне примене хемијских препарата	16
5. ИСПИТИВАЊА РЕЗИСТЕНЦИЈЕ У РАЗЛИЧИТИМ РЕГИОНИМА.....	19
5.1 Примери студија и истраживања о резистенцији.....	19
5.2 Упоредна анализа резултата	21
6. УТИЦАЈ РЕЗИСТЕНЦИЈЕ НА ПЧЕЛИЊЕ ЗАЈЕДНИЦЕ	24
6.1 Смањена ефикасност лечења	24
6.2 Последице на здравље пчела и продуктивност кошница	26
7. АЛТЕРНАТИВНИ НАЧИНИ БОРБЕ ПРОТИВ ВАРОВЕ.....	29
7.1 Биотехничке методе	29
7.2 Органска средства	32
7.3 Биолошка контрола	35
8. ПРЕВЕНЦИЈА РЕЗИСТЕНЦИЈЕ	38
8.1 Правилна ротација хемијских препарата.....	38
8.2 Мониторинг резистенције у пчелињацима.....	40
8.3 Образовање пчелара о правилној употреби препарата	42
9. ЗАКЉУЧАК	45
ЛИТЕРАТУРА	47

1. УВОД

У пчеларству, као једној од најстаријих и најважнијих привредних грана, здравље пчелињих заједница одувек је било од пресудног значаја. Болести које погађају пчеле могу проузроковати озбиљне губитке, како по број јединки, тако и по њихову продуктивност. Један од највећих изазова са којим се савремени пчелари сусрећу је варооза – паразитска болест коју изазива гриња *Varroa destructor*. Овај паразит се храни хемолимфом пчела, слабећи их и отварајући врата за бројне секундарне инфекције, што пчеларима задаје озбиљне проблеме.

Борба против варое постала је неминовност у савременом пчеларству, а развој хемијских препарата омогућио је пчеларима да на неки начин контролишу популацију ове опасне гриње. Међутим, како време пролази, све већи број пчелара примећује да уобичајени препарати постају све мање делотворни. Проблем резистенције гриња на хемикалије постао је један од најизазовнијих аспеката контроле варое. Ова појава подразумева постепено смањивање осетљивости популације паразита на супстанце које су до тада биле ефикасне, што доводи до отежане контроле и већих губитака.

Резистенција на хемикалије није нови проблем у пољопривреди и ветерини, али у контексту пчеларства она поприма посебан значај. Пчелиње заједнице, као сложени организми, веома су осетљиве на хемијска средства, те прекомерна употреба или неправилна примена могу да доведу до низа негативних последица, не само по пчеле, већ и по саму животну средину. Како би се резистенција смањила и спречила даље ширење овог проблема, неопходно је не само проналажење нових решења, већ и правилно управљање постојећим третманима.

Данас је све већи број научних радова који се баве овом темом, указујући на потребу за ширим разумевањем механизма који воде до развоја резистенције, као и потребу за променом праксе у примени хемикалија. Са све већом глобалном свешћу о важности очувања пчела, као и пчеларске индустрије, борба против варое и развој нових метода контроле остају приоритет у пчеларству. Овај рад ће истражити проблем резистенције на хемикалије, уз посебан фокус на изазове са којима се сусрећу пчелари у борби против вароозе, као и могуће алтернативне методе које би могле да допринесу дугорочном решењу овог проблема.

2. ЕТИОЛОГИЈА И БИОЛОГИЈА ВАРОВЕ

Пчеларство представља важан део пољопривредне производње, а опрашивање које пчеле обављају је од непроцењивог значаја за биодиверзитет и пољопривредне културе. Међутим, здравље пчела је угрожено бројним факторима, од којих је један од највећих паразит *Varroa destructor*, који изазива болест познату као варооза. Овај паразит представља један од највећих изазова за савремене пчеларе, јер може да уништи читаве заједнице пчела уколико се не контролише на време и на адекватан начин [2].

2.1 Порекло и ширење вароозе

Варооза, болест коју узрокује паразитска гриња *Varroa destructor*, представља један од најозбиљнијих проблема у пчеларству последњих неколико деценија. Овај паразит је првобитно био ограничен на Азију, где је заједно са азијском пчелом *Apis cerana* еволуирао током дужег временског периода. Заједничка еволуција омогућила је овим пчелама да развију одређене механизме одбране који су им помогли да се одупру негативним ефектима *Varroae*. Ипак, током друге половине 20. века, ова гриња је прешла на европску медоносну пчелу (*Apis mellifera*), која није имала природну заштиту од овог паразита. Овај прелазак довео је до изненадног и брзог ширења болести, која је постала глобални проблем [18].



Слика 1: *Varroa destructor*

Varroa destructor први пут је откривена у југоисточној Азији, на подручју које обухвата Индију, Тајланд и Вијетнам. У свом природном станишту, гриња није проузроковала значајну штету јер су азијске пчеле развиле механизме за њено контролисање. Оне су, на пример, развиле способност да уклоне заражене пчеле из кошнице, што је спречавало ширење болести. Животни циклус азијске пчеле је краћи, што је омогућавало да *Varroa* не стигне да се у потпуности размножи. Међутим, када је *Varroa destructor* дошла у контакт са европском медоносном пчелом, ситуација се драстично променила [12].

Прелазак гриње на европску пчелу догодио се почетком 20. века, а прва ширења ван азијског континента забележена су током 1950-их година. *Varroa destructor* је убрзо почела да се шири пчеларским светом, најпре кроз међународну трговину пчелама и производима повезаним са пчеларством.

Пчелари, често несвесни присуства овог паразита, преносили су га из једног региона у други, што је довело до брзе инфестације кошница широм света. *Varroa destructor* је 1970-их година забележена у Европи, а убрзо затим и у Северној Америци и на другим континентима. Данас је Аустралија једина земља која је успела да одржи своје пчелиње заједнице слободним од *Varroae*, али и тамо постоји стална претња од уласка паразита.

Разлог за тако брзо ширење *Varroae* лежи у њеном специфичном начину размножавања и преноса. Гриње женке полажу јаја у легло пчела, где њихови потомци пролазе кроз неколико фаза развоја, хранећи се пчелињом хемолимфом. Овај процес не само да директно оштећује пчеле, већ их чини подложнијим разним другим инфекцијама и болестима, попут вируса деформисаних крила и других патогена. Гриње су способне да се брзо размножавају у условима који одговарају развоју пчелињег легла, што је довело до експлозивног пораста њихове популације у пчелињим заједницама [9].

Ширењем вароозе, европске и америчке пчеларске заједнице суочиле су се са великим економским губицима. Велики број кошница је уништен, а многи пчелари су изгубили значајне делове свог пчелињака. Пчеле су, осим што су под директним нападом паразита, постале ослабљене и подложне другим болестима, што је додатно отежало опоравак пчелињих заједница. Како је *Varroa destructor* ослабила пчеле, дошло је до пада њихове продуктивности, а неки пчелари су морали да се суоче и са потпуним губитком својих пчелињака. То је, у коначници, довело до значајног смањења популације пчела у неким регионима света [7].

Током последњих неколико деценија, различите мере су предузете како би се *Varroa destructor* ставила под контролу. Развијене су бројне методе за сузбијање вароозе, од хемијских препарата до биолошких метода. Паразит је изузетно отпоран и склон развоју резистенције на хемијске препарате, што отежава борбу против њега. И поред тога, неки региони су успели да значајно смање број заражених пчелињих заједница путем интензивног праћења и третмана. Борба против *Varroa* је, ипак, и даље у току, и научници и пчелари настављају да траже ефикаснија решења за овај глобални проблем.

2.2 Биолошке карактеристике *Varroa destructor*

Ова паразитска гриња развила је механизме преживљавања и размножавања који јој омогућавају да лако инфестира пчелиње заједнице и одржи свој циклус живота унутар кошница, чинећи је изузетно тешком за сузбијање. Познавање биологије *Varroa* од суштинске је важности за разумевање зашто је она тако велика претња савременом пчеларству.

Гриња *Varroa destructor* је ектопаразит, што значи да живи на спољашњем делу тела пчела, хранећи се њиховом хемолимфом. Овај процес не само да слаби пчеле, већ и оставља отворене ране кроз које у пчелињу крв доспевају разни вируси и патогени, што додатно угрожава здравље целе заједнице. Одрасли облици *Varroa* су прилично мале величине – женке достижу дужину од око 1.1 mm и ширину од 1.6 mm, док су мужјаци још ситнији. Ова мала величина омогућава им да се лако крију између телесних сегмената пчела, чинећи их тешко уочљивим, чак и при пажљивом прегледу пчелињих заједница [19].

Женке гриња су најактивније у размножавању, док мужјаци имају краћи животни век и учествују искључиво у оплодњи женки унутар пчелињег легла. Животни циклус *Varroa* почиње када оплођена женка уђе у ћелије са пчелињим леглом непосредно пре него што их радилице запечате воском. Она тамо полаже јаја, а млади облици гриња, који се излегу из јаја, хране се развијајућим ларвама пчела. Овај паразитизам током кључних фаза развоја пчела слаби нове јединке, чинећи их подложнијим болестима и смањујући њихову животну способност [3].

Varroa destructor је такође специфична по свом начину храњења. За разлику од неких других паразита, она се не храни искључиво хемолимфом одраслих пчела, већ напада и њихове младе, чиме штети не само једној генерацији већ читавој пчелињој заједници.

Њена способност да се размножава у пчелињем леглу омогућава јој да остане присутна у кошници током читаве године, посебно у периодима када има више легла, као што су пролеће и лето.

Још једна значајна биолошка карактеристика *Varroa* је њена отпорност на спољашње услове и хемијске третмане. Ова гриња може преживети у условима који су често смртоносни за друге инсекте. Захваљујући томе, *Varroa destructor* успева да опстане и током зимских месеци, када је легло у кошници сведено на минимум. Она има способност брзе адаптације на хемијске препарате које пчелари користе у покушају да сузбију њено ширење, што додатно компликује борбу против ње [15].

Овај паразит има огроман потенцијал за ширење, јер се креће са зараженим пчелама радилицама из једне заједнице у другу, што значи да чак и пчелари који пажљиво одржавају своје кошнице могу бити угрожени ако се у близини налазе пчелиње заједнице које су инфициране. *Varroa destructor* је способна да инфицира не само индивидуалне кошнице, већ и читаве пчелињаке, што може довести до масовног угинућа пчела у кратком временском периоду.

2.3 Циклус развоја и понашање *Varroa* у пчелињим заједницама

Varroa destructor има веома специфичан животни циклус који је усклађен са животним циклусом пчелињег легла, што омогућава њено ефикасно размножавање и ширење унутар пчелињих заједница. Овај паразит не може да преживи без пчела домаћина, па је развио механизме који му омогућавају да опстане и преноси се кроз генерације пчела, док истовремено ослабљује читаву заједницу [17].

Женке *Varroa* се након оплодње прикључују на одрасле пчеле и чекају погодан тренутак да се увуку у ћелије са пчелињим леглом, непосредно пре него што радилице запечате те ћелије воском. Овај момент је кључан за почетак њиховог размножавања, јер се *Varroa* развија унутар затворених ћелија, далеко од очију пчелара и без могућности да пчеле у том тренутку реагују. Једном када је у ћелији, женка полаже своја јаја – прво једно мушко, а затим неколико женских јаја.

Мужјаци се излежу први и оплођују своје сестре унутар ћелије, након чега угибају. Женке, са друге стране, напуштају ћелију са новоизлеженим пчелама, чиме се циклус развоја наставља.

Оно што *Varroa* даје предност у овом циклусу је временски оквир у којем се овај процес дешава. Циклус легла пчела, посебно радилица и трутова, омогућава *Varroa* довољно времена да се развије и размножи пре него што млада пчела напусти ћелију. Гриње које напуштају ћелије са младим пчелама одмах траже нове домаћине, а процес почиње изнова. Што је већи број легла у кошници, то је и већа шанса за размножавање *Varroa*, што је посебно изражено током пролећа и лета када је развој пчелињег легла најинтензивнији.

Varroa destructor се такође одликује специфичним понашањем унутар кошнице. Гриње могу да се прикључе на одрасле пчеле и хране се њиховом хемолимфом, смањујући њихову виталност и животни век. Овај облик паразитизма слаби пчеле, чинећи их подложним другим болестима, попут вируса деформисаних крила, што додатно доприноси угинућу читаве заједнице. *Varroa* су веома добро прилагођене животу у пчелињим заједницама и имају способност да дуго остају скривене, што отежава њихово рано откривање [5].

Током зимских месеци, када је легло пчела значајно смањено, *Varroa destructor* се ослања на одрасле пчеле како би преживела. Иако тада нема могућности за размножавање, гриње остају на телима пчела, хранећи се и чекајући пролећно повећање легла како би наставиле свој репродуктивни циклус. Ово значи да и током зиме, када је легло минимално, *Varroa* остаје присутна у заједници и чека погодне услове за поновно размножавање.

Varroa destructor има изузетну способност адаптације, што додатно компликује борбу против овог паразита. Како се циклично прилагођава временским условима и развоју пчела, *Varroa* наставља да се шири и продубљује своју инфестацију унутар кошнице. Борба против *Varroa* захтева константан надзор и примену ефикасних метода контроле, како би се пчелиње заједнице заштитиле и спречило њихово пропадање [8].

3. ХЕМИЈСКИ ПРЕПАРАТИ У БОРБИ ПРОТИВ ВАРОЗЕ

У савременом пчеларству, варооза представља један од највећих изазова у очувању здравља пчелињих заједница. Ова паразитска болест, узрокована грињом *Varroa destructor*, наноси велике губитке пчеларима широм света. Како би се смањиле штетне последице које *Varroa* узрокује, развијени су различити хемијски препарати, који се користе у циљу контроле и сузбијања овог паразита. Примена хемијских средстава у борби против вароозе постала је широко распрострањена пракса, али истовремено носи одређене ризике и изазове [1].



Слика 2: Мониторинг пада *Varroae* на плочи

3.1 Историјски преглед хемијских средстава

Од тренутка када је *Varroa destructor* идентификована као озбиљна претња пчеларству, пчелари су почели да траже ефикасне методе за сузбијање овог паразита, и у том процесу хемијска средства су се наметнула као једно од најшире коришћених решења.

Прва хемијска средства која су коришћена у борби против вароозе појавила су се током 1970-их година, када је *Varroa destructor* почела да се шири из Азије у Европу и друге делове света. У почетку су се користила органска једињења, попут фенотиазина и карбарила, који су били осмишљени за контролу различитих пољопривредних штеточина. Међутим, ови препарати нису били довољно ефикасни у контроли *Varroe*, па су пчелари тражили нова решења. Развој акарицида намењених специјално за пчеларство добио је на замаху током 1980-их година, са појавом препарата као што су амитраз, флувалинат и кумафос.

Амитраз је једно од првих хемијских средстава које је почело да се масовно користи у пчеларству. Примена амитраза као акарицида била је револуционарна због његове високе ефикасности у уништавању *Varroe*. Препарати на бази амитраза деловали су на нервни систем паразита, узрокујући парализу и смрт гриња. Ови препарати су били у облику трака које су се постављале у кошнице, а резултати су у почетку били веома добри. Међутим, временом је дошло до појаве резистенције *Varroe* на амитраз, што је смањило његову ефикасност и навело пчеларе да траже алтернативна средства.

Флувалинат је убрзо постао још једно популарно средство у борби против вароозе. Овај синтетички пиретроид деловао је тако што је блокирао натријумове канале у нервним ћелијама гриња, чиме је паралисао и убијао *Varroe*. Флувалинат је био веома ефикасан у сузбијању *Varroe*, али као и у случају амитраза, прекомерна и неправилна употреба довела је до појаве резистенције. Постојао је и проблем са остацима флувалината у воску и меду, што је представљало ризик по безбедност пчелињих производа [3].

Кумафос је био следећи у низу хемијских препарата који су пчелари користили у борби против вароозе. Деловао је као инхибитор ензима који су неопходни за нормално функционисање нервног система гриња, што је доводило до њиховог угинућа. Кумафос је такође био веома популаран у пчеларству током 1990-их година, али је као и претходни препарати, постао мање ефикасан због појаве резистенције.

Паралелно са развојем ових препарата, појавили су се и први органски акарициди, као што су препарати на бази тимола и киселина (оксалне, мравље). Ови органски препарати су се сматрали алтернативом за синтетичке акарициде због своје мање токсичности и нижег ризика по пчелиње производе. Увођење органских средстава у пчеларску праксу донело је нове могућности за контролу *Varroe*, али њихова примена захтева прецизну дозирање и добро познавање процеса у кошници [5].

3.2 Врсте хемијских препарата

Током последњих деценија, развијено је више врста хемијских препарата који су осмишљени са циљем да контролишу популацију *Varroe* и смање губитке у пчеларству.

Ови препарати делују на различите начине, али сви имају заједнички циљ – уништеће паразита уз минимално оштећење пчелињих заједница и производа као што су мед и восак.

Амитраз је један од првих синтетичких акарицида који је ушао у широку употребу у пчеларству. Препознат по својој ефикасности, амитраз делује тако што омета функције нервног система *Varroe*, што доводи до њене парализе и угинућа. Примењује се у виду трака које се постављају унутар кошнице, а активна супстанца се постепено ослобађа и делује на паразите. Амитраз је дуго био сматран за једно од најефикаснијих средстава за контролу вароозе, али дуготрајна примена довела је до појаве резистенције код *Varroe* у неким регионима, што је значајно умањило његову ефикасност.

Флувалинат је синтетички пиретроид који се у великој мери користи у пчеларству за контролу гриња. Делује тако што омета нормалан рад натријумових канала у нервним ћелијама *Varroe*, што резултира неуротоксичним ефектом и смрћу паразита. Овај препарат се обично примењује у облику трака или праха који се наноси унутар кошнице. Иако је флувалинат био веома ефикасан у раним фазама примене, прекомерна и учестала употреба довела је до појаве резистентних сојева *Varroe*. Поред тога, флувалинат може остављати остатке у воску, што представља ризик за квалитет пчелињих производа, што је посебно важно за производњу органског меда [2].

Кумафос је још један широко коришћени акарицид који се користи у борби против вароозе. Овај препарат делује тако што инхибира ензим који је неопходан за нормално функционисање нервног система *Varroe*, чиме се спречава пренос нервних импулса, што резултира смрћу паразита. Кумафос се обично примењује као трака која се поставља у кошнице, али и као течност која се распршује по рамовима. Иако је ефикасан у сузбијању *Varroe*, као и други хемијски препарати, и кумафос је повремено подложен развоју резистенције код *Varroe*, што ограничава његову дугорочну употребу. Још један недостатак кумафоса је могућност контаминације меда и воска, што је посебно изражено уколико се не примењује на прави начин и у складу са препорукама произвођача.

Поред синтетичких акарицида, у борби против вароозе користе се и органске киселине, као што су оксална и мравља киселина. Ови препарати сматрају се природнијим решењем у односу на синтетичке хемикалије, јер имају мањи утицај на пчелиње производе. Оксална киселина делује на *Varroa* тако што оштећује њихов спољни слој, што доводи до дехидратације и угинућа паразита.

Оксална киселина се најчешће користи у облику раствора или испаравања, али њена примена захтева пажљиво дозирање како би се избегло оштећење пчелињих заједница. Мравља киселина делује на сличан начин, уништавајући *Varroa* кроз директан контакт, а њена предност је у томе што може продрети у запечаћено легло, где *Varroa* пролази кроз свој репродуктивни циклус.

Тимол је још један органски препарат који се користи за сузбијање вароозе. Овај природни акарицид екстрахује се из биљке тимијан и има релативно благо дејство на пчеле, док је за *Varroa* веома отрован. Тимол делује тако што нарушава нормалну функцију *Varroa* и доводи до њеног угинућа. Примењује се у облику испарења или као део препарата који се постављају у кошнице. Предност тимола је што има мање токсичних ефеката на пчелиње производе, али његова ефикасност може варирати у зависности од температуре и влаге унутар кошнице [4].



Слика 3: Тимол

3.3 Ефикасност различитих хемијских препарата

Иако су хемијска средства дуго била основни алат у контроли ове болести, њихова стварна ефикасност често зависи од многих фактора који могу утицати на исход третмана.

Развој отпорности паразита на неке од ових препарата додатно је компликовао њихову употребу, што је пчеларе натерало да траже алтернативе или унапређене методе примене [7].

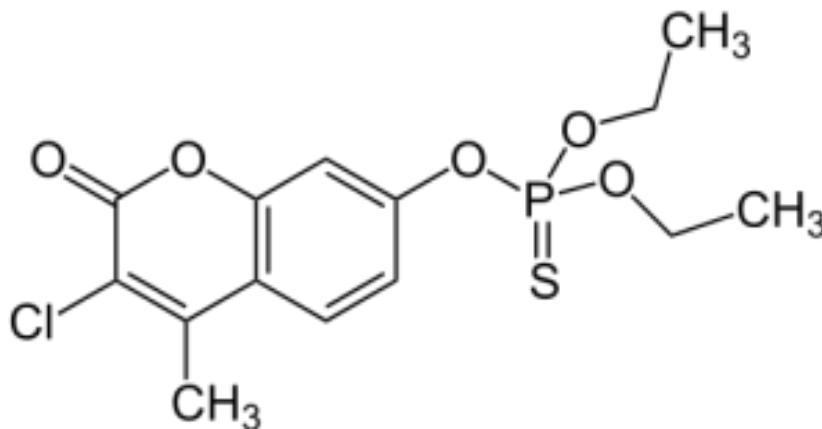
Амитраз, као један од најчешће коришћених препарата у борби против вароозе, дуго је сматран веома ефикасним, посебно у својим почетним фазама примене. Његов механизам деловања, који се заснива на утицају на нервни систем паразита, брзо уништава *Varroa*, што га чини веома ефикасним у кратком року. Међутим, у многим регионима, дуготрајна примена овог препарата довела је до појаве отпорности код *Varroa*, чиме је значајно смањена његова ефикасност. Истраживања показују да је амитраз на почетку употребе имао ефикасност од преко 90%, али се тај проценат временом смањио у појединим пчелињацима на мање од 50%.



Слика 4: Резултати мониторинга *Varroa* на плавој плочи

Флувалинат, синтетички пиретроид, такође је један од препарата који је показао изузетну ефикасност у почетним фазама примене. У својим првим годинама употребе, ефикасност флувалината у уништавању *Varroe* била је преко 95%. Међутим, слично као и код амитраза, дуготрајна и учестала употреба довела је до развоја отпорности код *Varroe* у одређеним регионима. Данас је ефикасност флувалината значајно смањена у пчелињацима који га дуго користе без ротације других препарата. У неким пчелињацима, ефикасност овог препарата пала је испод 40%, што указује на потребу за ротацијом хемијских средстава како би се избегло даље смањење делотворности.

Кумафос, који се примењује као трака у кошницама или у течном облику, има сличан механизам деловања као и остали хемијски препарати – утиче на нервни систем *Varroe*, чиме је ефикасно уништава. У својим раним фазама примене, кумафос је показао веома високу ефикасност у сузбијању *Varroe*, сличну оној коју су имали амитраз и флувалинат. Међутим, с временом је такође примећена појава резистенције на овај препарат у појединим пчелињацима, што је смањило његову ефикасност у дугорочној примени. Данас, у зависности од региона и нивоа развијене резистенције, ефикасност кумафоса варира од 60% до 80%.



Слика 5: Кумафос

Органске киселине, као што су оксална и мравља киселина, показале су се као ефикасне алтернативе синтетичким хемијским препаратима. Оксална киселина, када се правилно примени у форми испарења или раствора, показује ефикасност од око 90%, посебно у кошницама са минималним леглом. Мравља киселина такође показује високу ефикасност, нарочито у кошницама где је легло присутно, јер има способност да продре кроз запечаћено легло и уништи гриње које се развијају унутар њега [10].

4. РЕЗИСТЕНЦИЈА НА ХЕМИЈСКЕ ПРЕПАРАТЕ

Резистенција *Varroa destructor* на хемијске препарате постаје све већи изазов за савремене пчеларе широм света. Овај проблем се јавља када популација гриња постепено постане отпорна на активне супстанце у препаратима који се користе за њено сузбијање. Резистенција значајно умањује ефикасност хемијских средстава и доводи до тога да стандардне методе контроле постану мање делотворне, што на крају може резултирати великом штетом по пчелиње заједнице и пољопривредну производњу у целини [11].

4.1 Дефиниција резистенције

Резистенција, у контексту болести пчела и борбе против паразита као што је *Varroa destructor*, представља појаву при којој одређена популација паразита развије отпорност на хемијске препарате који се користе за њено сузбијање. Овај феномен настаје постепено и резултат је генетских промена код паразита, које им омогућавају да преживе третмане који су некада били ефикасни. Како би се овај процес разумео, важно је схватити да се резистенција развија кроз више генерација паразита који су изложени истим или сличним хемијским агенсима током времена.

Механизам развоја резистенције код *Varroa* је заснован на природној селекцији. Током третмана пчелињих заједница хемијским средствима, већина паразита бива уништена, али мали број јединки који су генетски отпорни на тај препарат успевају да преживе. Ове преживеле јединке настављају да се размножавају, преносећи гене за отпорност на своје потомство. Свака нова генерација паразита носи све већи број јединки које су отпорне на коришћене хемикалије, чиме се смањује ефикасност препарата у сузбијању популације *Varroa* [12].

Резистенција није ограничена само на један хемијски препарат. У зависности од интензитета и учесталости третмана, паразити могу развити отпорност на више различитих препарата истовремено. Ово се посебно јавља када се хемијски агенси користе у дужем временском периоду без ротације различитих активних супстанци. Због тога, пчелари који годинама користе један исти препарат могу приметити значајно смањење његове ефикасности, јер популација паразита у њиховим пчелињацима постаје све отпорнија.

Један од највећих изазова који прати појаву резистенције јесте тешкоћа у проналажењу нових и ефикасних хемијских решења. Развој нових препарата захтева време и велика улагања, док су традиционалне методе које су некада биле делотворне сада у великој мери ослабљене. Ово отвара питање да ли је хемијска контрола *Varroe* одржива на дуги рок или је неопходно развити алтернативне методе заштите пчелињих заједница.

Дефиниција резистенције у пчеларству се може проширити и на друге аспекте управљања пчелињацима, јер она указује на потребу за сталним надзором и прилагођавањем техника борбе против *Varroe*. Разумевање овог процеса од пресудног је значаја за успешну контролу вароозе и очување здравља пчелињих заједница.

4.2 Механизми развоја резистенције код *Varroe*

Резистенција се јавља као резултат генетских промена код популација гриња, које им омогућавају да преживе третмане којима су раније биле подложне.

Основни механизам развоја резистенције заснива се на природној селекцији. Током третмана хемијским средствима, већина *Varroe* бива уништена, али мали проценат јединки, које имају мутацију која их чини отпорним на активну супстанцу, успевају да преживе. Ове отпорне јединке потом преносе ту особину на своје потомство. Свака нова генерација *Varroe* садржи све више јединки са генетском предиспозицијом за отпорност, чиме се популација паразита постепено прилагођава хемијским препаратима који су претходно били ефикасни [15].

Један од главних механизма резистенције код *Varroe* је модификација метаболичких путева који су укључени у детоксикацију хемијских агенаса. *Varroa* може развити ензиме који брже и ефикасније разграђују активне супстанце препарата, чиме смањују њихову токсичност и омогућавају преживљавање паразита. Овај биохемијски процес омогућава да се супстанце које би иначе биле смртоносне за гриње неутралишу пре него што изазову штету.

Резистенција може настати и због промена у циљним местима деловања хемијских агенаса. На пример, неки хемијски препарати делују на одређене рецепторе у нервном систему *Varroe*. Мутације у тим рецепторима могу учинити да они постану мање осетљиви на акарициде, што резултира тиме да гриње преживе третмане. Овај тип резистенције често се јавља код препарата као што су амитраз и флувалинат, који делују на нервни систем паразита [7].

У неким случајевима, *Varroa destructor* може развити и промене у пропустљивости своје спољашње љуске, чиме се смањује апсорпција хемијских агенаса. Овај механизам омогућава да мања количина активне супстанце доспе до циљних места у телу паразита, чиме се смањује ефикасност препарата.

Још један важан аспект развоја резистенције је брзина размножавања *Varroa* и њен начин живота у пчелињим заједницама. Како се *Varroa* размножава брзо и пролази кроз више генерација у кратком временском периоду, мутације које доносе отпорност могу се релативно брзо проширити унутар популације паразита. Ово је посебно изражено у случајевима када се исти хемијски препарат користи континуирано и без ротације, што омогућава бржи развој отпорности.

4.3 Фактори који доприносе резистенцији

Један од најзначајнијих фактора који доприноси развоју резистенције је прекомерна и неконтролисана употреба истих хемијских препарата. Када се један препарат користи током дужег временског периода без паузе или ротације са другим средствима, *Varroa destructor* има прилику да постепено развије отпорност. Прекомерна употреба не даје довољно времена за обнову популације пчела која није изложена хемикалијама, што омогућава отпорним паразитима да се брже размножавају и шире своје генетске особине на следеће генерације [12].

Неадекватна примена хемијских препарата такође значајно доприноси развоју резистенције. Уколико се препарати не примењују у одговарајућим дозама или у погрешно време, не уништавају се све гриње у популацији *Varroa*. Ово оставља могућност да преживе гриње које су отпорне на лек, а оне ће потом наставити да се размножавају и шире резистентну популацију. Овај проблем је посебно изражен када се препарати примењују у нижим дозама од препоручених, јер се тиме само стимулише развој отпорности без постизања довољног нивоа контроле паразита.

Varroa destructor има значајан генетски потенцијал за развој отпорности на хемијске агенсе. Ова генетичка разноликост омогућава да унутар популације гриња постоје јединке које су природно мање осетљиве на хемијске препарате. Када такве јединке преживе третмане, оне преносе своје особине на потомство, што временом доводи до све веће отпорности у популацији. Овај процес је резултат природне селекције и не може се лако зауставити без примене адекватних метода контроле.

Један од најчешћих пропуста у пракси пчелара је недостатак ротације различитих хемијских препарата. Када се користи један исти препарат током више сезона, *Varroa* има довољно времена да развије отпорност на тај конкретан агенс. Ротација препарата са различитим активним супстанцама може успорити или спречити развој резистенције, јер паразити не могу тако лако да се прилагоде више различитих механизма деловања. Стога је препоручено да пчелари редовно мењају хемијска средства која користе, како би смањили могућност развоја резистентних популација *Varroa*.

Еколошки услови такође могу допринети развоју резистенције код *Varroa*. Климатске промене, температура, влажност и услови унутар кошница могу утицати на ефикасност хемијских препарата и на способност гриња да преживе третмане. На пример, у условима повољним за брзо размножавање *Varroa*, као што су топлија клима и дуги периоди присуства легла, развој резистенције може бити убрзан. Ови фактори указују на потребу за прилагођавањем стратегија контроле паразита у зависности од конкретних услова у пчелињацима [8].

Varroa destructor пролази кроз више фаза развоја у оквиру циклуса живота пчелињих заједница. Погрешно време примене хемијских третмана, нарочито у периоду када је велики број гриња у запечаћеном леглу, може резултирати неефикасним третманом. Хемијски препарати често не могу да продру у запечаћене ћелије, што омогућава да велики број паразита преживи и да се након третмана поново размножи. Правилно време примене препарата, у складу са биологијом *Varroa* и циклусом пчелињег легла, од великог је значаја за постизање успешне контроле.

4.4 Значај правилне примене хемијских препарата

Један од најважнијих аспеката у примени хемијских препарата јесте правилно дозирање. Препарати морају бити примењени у одговарајућим количинама како би се обезбедила ефикасност у уништавању паразита, али и како би се избегло оштећење пчела и контаминација пчелињих производа. Превелике дозе могу довести до тога да пчеле буду изложене токсичним ефектима препарата, што може изазвати стрес у заједници, смањити продуктивност или чак довести до угинућа великог броја пчела. С друге стране, недовољне дозе омогућавају паразитима да преживе третман и наставе да се размножавају, што повећава ризик од развоја отпорности на хемијске агенсе.

Пример овога је примена препарата на бази амитраза, флувалината или кумафоса. Ови препарати су иницијално веома ефикасни у уништавању *Varroa*, али ако се користе у недовољним количинама, они само ослабљују популацију паразита, а не уништавају је у потпуности. Такве сублеталне дозе омогућавају преживелим грињама да се опораве и наставе да се размножавају, што доводи до тога да следеће генерације постану све отпорније на препарат. Стога је одговарајуће дозирање од пресудног значаја за успешност хемијског третмана.

Још један важан фактор у примени хемијских средстава је избор правог времена за третман. *Varroa destructor* пролази кроз различите фазе развоја, од којих је неке теже контролисати него друге. У периоду када се велики број гриња налази унутар запечаћених ћелија са пчелињим леглом, хемијски препарати често не могу да продру до паразита и униште их. Због тога је битно да се третмани планирају у периоду када је *Varroa* најизложенија, односно када се налази на одраслим пчелама или у незапечаћеном леглу [17].

Најчешће се препоручује да се хемијски препарати примењују у касну јесен или рано пролеће, када је број запечаћеног легла минималан, што омогућава да хемикалије дођу до већине паразита. У супротном, велики део популације *Varroa* може преживети третман и наставити да се размножава, што умањује ефикасност препарата. Због тога је веома важно да пчелари пажљиво прате циклус развоја пчела и планирају третмане у складу са тим.

Један од кључних елемената у борби против развоја резистенције код *Varroa* је ротација различитих хемијских препарата. Када се један исти препарат користи током дужег временског периода, популација *Varroa* има времена да се прилагоди и развије отпорност на активну супстанцу. Ово је нарочито изражено у случају препарата као што су амитраз и флувалинат, код којих је примећен развој резистенције у популацијама *Varroa* које су дуже време изложене истим средствима.

Ротација хемијских средстава подразумева да се сваки препарат користи само одређени период, након чега се замењује другим препаратом са другачијим механизмом деловања. Овај приступ смањује могућност да *Varroa* развије отпорност на једну активну супстанцу, јер различите супстанце делују на различите аспекте физиологије паразита. Овакав начин примене помаже да се продужи ефикасност постојећих хемијских препарата и смањи ризик од губитка контроле над *Varroa* [19].

Квалитет препарата који се користе у третману пчелињих заједница такође игра значајну улогу у успеху третмана. Коришћење нелиценцираних или непроверених препарата може довести до неефикасног третмана и контаминације пчелињих производа. Пчелари морају водити рачуна да користе искључиво препарате који су одобрени од стране надлежних институција и који су прошли све потребне контроле за безбедну употребу у пчеларству.

Употреба лиценцираних и проверених хемијских средстава омогућава пчеларима да буду сигурни у ефикасност третмана и минимизују ризик од контаминације меда и воска. Ово је нарочито важно за пчеларе који се баве органском производњом меда, где је чистоћа производа од великог значаја за потрошаче.

Један од кључних фактора у обезбеђивању ефикасне примене хемијских препарата јесте континуирана едукација пчелара. Познавање механизма деловања различитих препарата, као и правила за њихову примену, од суштинског је значаја за успех третмана. Пчелари треба да буду упознати са потребом за ротацијом препарата, правилним дозирањем и временом примене, као и са могућим последицама неправилне употребе хемикалија на здравље пчела и квалитет производа [18].

Едукација пчелара може укључивати разне активности, као што су стручна предавања, радионице, саветовање од стране ветеринара и коришћење стручне литературе. Добро информисани пчелари су у стању да боље заштите своје пчелиње заједнице, смање ризик од развоја резистенције и осигурају дугорочну ефикасност хемијских средстава у борби против *Varroa destructor*.



Слика 6: Пример правилне примене хемијских препарата у пчеларству

5. ИСПИТИВАЊА РЕЗИСТЕНЦИЈЕ У РАЗЛИЧИТИМ РЕГИОНИМА

Испитивања резистенције *Varroe destructor* на хемијске препарате спроводе се широм света, како би се боље разумело на који начин овај паразит развија отпорност и које мере се могу предузети за његову контролу. Различити региони имају специфичне климатске услове и методе пчеларења, што утиче на брзину и обим развоја резистенције. Због тога се резултати испитивања у различитим деловима света могу значајно разликовати, али заједнички именитељ свих ових истраживања је тежња да се пронађу најефикасније методе за сузбијање *Varroe* и спречи њена отпорност на хемијске агенсе [17].

5.1 Примери студија и истраживања о резистенцији

У разним деловима света спроведена су бројна истраживања која настоје да анализирају и објасне како и зашто *Varroa* развија отпорност на различите хемијске агенсе који се користе у борби против овог паразита. Резултати ових студија пружају важне информације о томе како боље управљати пчелињацима и одабрати праве методе заштите, како би се минимизирао ризик од резистенције и осигурао дугорочан успех у сузбијању вароозе.

Једно од најзначајнијих истраживања о резистенцији *Varroe* на хемијске препарате спроведено је у Италији, где је пчеларство веома развијено, а интензивно коришћење акарицида, као што су амитраз и флувалинат, довело до озбиљних проблема са отпорношћу. Италијанска студија је обухватила велики број пчелињака широм земље, од северних до јужних региона, и открила је да су популације *Varroe* у овим областима развиле значајан ниво отпорности на амитраз. Истраживачи су анализирали више фактора који су допринели развоју резистенције, укључујући интензитет и учесталост третмана, као и начин примене препарата [1].

Према резултатима ове студије, примећено је да је резистенција најизраженија у пчелињацима који су користили један исти препарат током више година, без адекватне ротације хемијских средстава. Популације *Varroe* које су биле изложене амитразу неколико сезона у низу показале су значајно смањење осетљивости на овај препарат.

Студија је препоручила пчеларима да, поред ротације хемијских агенаса, у своју праксу укључе и биолошке методе контроле, као што су употреба природних препарата и биотехничке мере, како би се смањио притисак на популације *Varroa* и спречио даљи развој резистенције.

Француска је још једна земља у којој је резистенција *Varroa* постала велики изазов за пчеларство. Једна од најобимнијих студија у овој земљи фокусира се на анализу отпорности *Varroa* на флувалинат, препарат који је дуго био један од најчешће коришћених акарицида у Европи. Ова студија обухватила је пчелињаке у различитим климатским регионима, од медитеранских до континенталних подручја. Резултати су показали да је отпорност на флувалинат највећа у јужним, топлијим регионима Француске, где су пчелари чешће и интензивније примењивали овај препарат због већег броја циклуса размножавања *Varroa* [5].

Истраживачи су приметили да су у топлијим регионима, где *Varroa* има више прилика за размножавање током године, паразити брже развили отпорност на флувалинат. Због ових резултата, студија је предложила да пчелари у овим регионима смање учесталост коришћења хемијских препарата и прилагоде своје третмане локалним климатским условима. Уместо да се ослањају искључиво на хемијске агенсе, препоручено је да уведу и природне методе као што су оксална и мравља киселина, које показују нижу стопу развоја резистенције.

У Северној Америци, посебно у Сједињеним Америчким Државама, отпорност *Varroa* на кумафос постала је значајан проблем. Истраживања спроведена широм Калифорније и других држава са великом популацијом пчелара открила су да је дуготрајна употреба овог препарата довела до смањене ефикасности у многим пчелињацима. Научници су у студији утврдили да популације *Varroa* које су биле изложене кумафосу неколико година развијају мутације које им омогућавају да преживе третмане [3].

Једно од значајних открића ове студије је да су популације гриња из различитих региона показале различите нивое отпорности, што је истраживачима указало на важност локалних услова у развоју резистенције. Због ових резултата, препоручено је да се третмани кумафосом ограниче на одређене периоде године и да се комбинују са другим методама, укључујући и механичке методе као што су уклањање запечаћеног легла.

Јужноамеричка истраживања такође су дала драгоцене увиде у резистенцију *Varroa* на хемијске препарате. У Аргентини, где је пчеларство високо развијена грана пољопривреде, отпорност на амитраз је постала озбиљан изазов. Према истраживањима спроведеним у неколико региона Аргентине, *Varroa destructor* је развила висок ниво отпорности на амитраз, што је навело пчеларе да траже алтернативне методе заштите. Студија је показала да дуготрајна употреба истих хемијских препарата доводи до брзог развоја отпорности, посебно у регионима где *Varroa* има више циклуса размножавања током године [10].

Аргентинска студија предложила је увођење природних метода контроле, попут употребе тимола и оксалне киселине, које су показале већу ефикасност у сузбијању *Varroa*, уз мањи ризик од развоја резистенције. Истраживачи су такође нагласили важност едукације пчелара о значају ротације препарата и увођењу биолошких метода у редовну пчеларску праксу.

5.2 Упоредна анализа резултата

Резултати различитих студија омогућавају да се направе поређења између различитих региона и климатских услова, што помаже у разумевању како локални фактори утичу на развој отпорности *Varroa* на хемијске агенсе. Ова анализа истиче важност прилагођавања метода контроле специфичним условима пчеларства у сваком региону и показује како различити фактори, попут интензитета употребе хемијских препарата, ротације агенаса и примене алтернативних метода, утичу на ефикасност сузбијања вароозе.

Упоредна анализа студија из Италије и Аргентине, које су обрађивале развој резистенције на амитраз, открива неке заједничке обрасце, али и регионалне специфичности. У Италији, амитраз је коришћен као основни акарицид за контролу *Varroa* у последњих неколико деценија. Интензивна и дуготрајна примена овог препарата довела је до значајног смањења његове ефикасности, јер су популације *Varroa* у многим италијанским пчелињацима развиле високу отпорност на овај агенс. Студије су показале да је резистенција посебно изражена у северним регионима Италије, где су зиме блаже, а *Varroa* има више циклуса размножавања годишње, што доприноси бржем развоју отпорности [12].

Сличан проблем примећен је и у Аргентини, где је амитраз такође био широко коришћен препарат. У Аргентини, где климатски услови омогућавају дуже периоде активности *Varroa*, популације гриња су развиле резистенцију на амитраз у многим регионима. Студије спроведене у Аргентини показале су да је употреба амитраза као јединог третмана током више сезона довела до значајног смањења његове ефикасности. Међутим, истраживања су такође показала да је у регионима где су пчелари користили комбинацију хемијских препарата са природним агенсима, као што су оксална и мравља киселина, резистенција била знатно мања. Ово указује на важност интеграције различитих метода у борби против вароозе како би се спречио развој отпорности.

Још једна занимљива упоредна анализа долази из студија спроведених у Француској и Сједињеним Америчким Државама, где је испитивана резистенција на флувалинат. У Француској, флувалинат је био један од најчешће коришћених акарицида током последњих неколико деценија, посебно у јужним, медитеранским регионима где су *Varroa* популације активне током већег дела године. Истраживања су показала да је употреба флувалината без ротације са другим препаратима резултирала брзим развојем резистенције у овим регионима. Посебно је забележено да у областима са високим температурама и већим бројем циклуса размножавања *Varroa*, отпорност на флувалинат расте брже у односу на хладније регионе Француске [18].

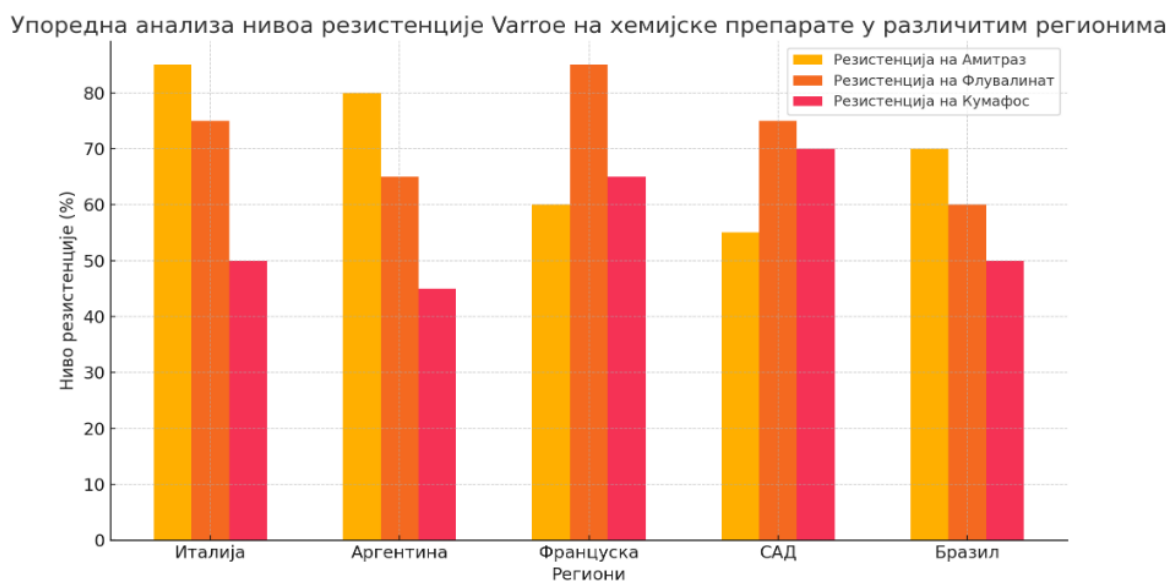
У Сједињеним Америчким Државама, слична ситуација је примећена у Калифорнији и другим топлим државама, где је *Varroa* такође показала висок степен отпорности на флувалинат. Као и у Француској, научници у САД су указали на недостатак ротације препарата као главни фактор који је довео до развоја резистенције. Резултати студија у САД такође су указали на важност контроле климатских фактора у планирању третмана, јер су региони са топлијим климатским условима, као што је Калифорнија, имали већи проблем са резистенцијом у поређењу са хладнијим регионима, као што су северне државе [2].

Упоредна анализа студија о резистенцији на кумафос у САД и Италији показује интересантне резултате. У Сједињеним Америчким Државама, нарочито у регионима где је кумафос коришћен више од десет година без значајне ротације, популације *Varroa* показале су отпорност на овај препарат. Истраживања су открила да је степен резистенције веома различит у различитим регионима. У неким пчелињацима, кумафос је и даље показивао релативно високу ефикасност, али у другим, нарочито у областима са великом концентрацијом пчелињака и интензивном употребом хемијских агенса, резистенција је постала озбиљан проблем [15].

У Италији кумафос још увек показује високу ефикасност, нарочито у регионима где је примењен у комбинацији са другим препаратима и биолошким методама контроле. Студије су показале да је тамо где су пчелари користили кумафос као део шеме ротације, заједно са препаратима као што су оксална киселина и тимол, отпорност *Varroa* на кумафос значајно мања у односу на регионе где се користи искључиво кумафос. Ово поређење јасно показује да је дугорочна ефикасност хемијских препарата у великој мери зависна од начина њихове примене и ротације са другим средствима.

Упоредна анализа истраживања из Јужне Америке, посебно из Бразила и Аргентине, открива још један важан аспект развоја резистенције. У овим земљама, где је клима топлија и *Varroa* активна током целе године, отпорност на амитраз и флувалинат је постала озбиљан проблем. Истраживања су показала да је у регионима са интензивним пчеларењем, где се акарициди користе у великим количинама током више сезона, развој резистенције знатно убрзан [13].

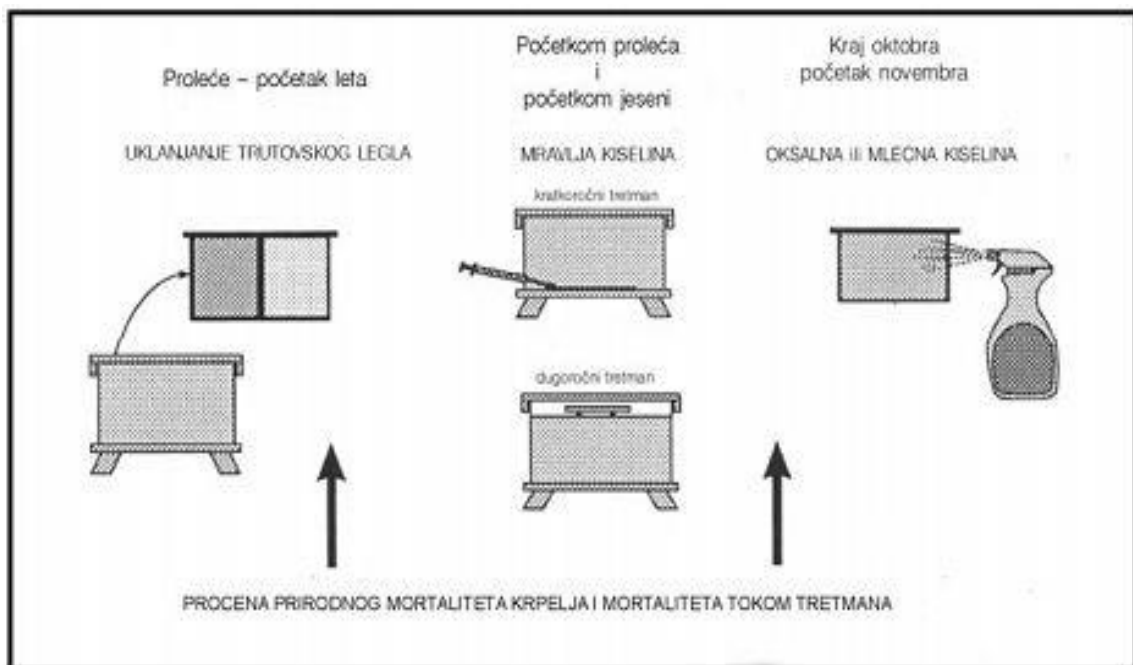
Међутим, студије из Јужне Америке такође су показале да је у областима где су пчелари почели да примењују интегрисане методе контроле, попут употребе природних препарата као што су оксална киселина и мравља киселина, стопа резистенције значајно опала. Ово је посебно изражено у пчелињацима где су природне методе коришћене у комбинацији са механичким методама контроле, као што је уклањање легла зараженог *Varroa*. Овај приступ показао је да примена алтернативних метода може бити ефикасан начин за смањење резистенције и заштиту пчелињих заједница [1].



Графикон 1: Упоредна анализа нивоа резистенције *Varroa* на хемијске препарате у различитим регионима

6. УТИЦАЈ РЕЗИСТЕНЦИЈЕ НА ПЧЕЛИЊЕ ЗАЈЕДНИЦЕ

Резистенција *Varroa destructor* на хемијске препарате представља један од највећих изазова за пчеларство у савременом добу, с обзиром на то да директно утиче на здравље и виталност пчелињих заједница. Овај паразит, који се храни хемолимфом пчела, узрокује ослабљивање њиховог имунитета и уноси различите патогене, што на крају води до угинућа великог броја пчела унутар заједнице. Када *Varroa* развије отпорност на хемијске препарате, пчелари се суочавају са немогућношћу да контролишу ширење овог паразита, што има далекосежне последице по пчелињаке.



Слика 7: Третирање *Varroa*

6.1 Смањена ефикасност лечења

Развој резистенције овог паразита на хемијске препарате који су се дуго користили за његову контролу, као што су амитраз, флувалинат и кумафос, доводи до смањене ефикасности третмана и ствара нове изазове за пчеларе. Неопходно је детаљније испитати факторе који утичу на ову смањену ефикасност, последице које она носи по пчеларску индустрију и могуће правце деловања како би се проблем решио [18].

Развој резистенције на хемијске препарате је један од најважнијих узрока смањене ефикасности лечења пчелињих заједница. *Varroa destructor* је веома адаптабилан паразит који током времена може развити отпорност на супстанце које су се раније сматрале ефикасним у борби против њега. Када пчелари користе исте препарате у континуитету, годинама, без ротације са другим активним супстанцама, популације *Varroae* почињу да развијају отпорност на те препарате. Као резултат, третмани који су некада давали одличне резултате постају све мање ефикасни. Овај процес природне селекције омогућава да преживеле гриње пренесу своје отпорне особине на будуће генерације, чиме се популација отпорних гриња постепено повећава [19].

Један од највећих изазова са којима се пчелари суочавају у овом процесу јесте недостатак ротације хемијских препарата. У многим пчелињацима широм света, пчелари се ослањају на исте хемијске препарате током више сезона, не узимајући у обзир да је ротација различитих активних супстанци неопходна како би се спречио развој резистенције. Недостатак разноликости у третманима омогућава *Varroa* да се прилагоди одређеном препарату, што доводи до смањења његове ефикасности. Пчелари који не ротирају препарате и не користе алтернативне методе третмана суочавају се са бржим развојем резистенције у својим пчелињацима, што резултира све већим проблемима у контроли овог паразита.

Поред ротације, још један важан фактор који утиче на смањење ефикасности лечења је неправилна примена хемијских препарата. Многи пчелари често примењују недовољне дозе препарата или третман спроводе у погрешном временском периоду, што смањује њихову ефикасност. Препарати попут амитраза или флувалината морају се применити у тачно одређеном дозирању и у правом моменту, како би били ефикасни. На пример, третман треба обавити у периоду када у пчелињој заједници има најмање запечаћеног легла, јер су гриње *Varroae* у тој фази највише изложене. Ако се третман примени када је велики део гриња заштићен унутар запечаћених ћелија легла, значајан број паразита ће преживети, што ће умањити ефикасност лечења [4].

Смањена ефикасност лечења директно утиче на здравље пчела и продуктивност пчелињих заједница. *Varroa destructor* не напада само одрасле пчеле, већ и легло, што значи да инфестација овим паразитом ослабљује пчелињу заједницу од најранијих фаза развоја.

Ларве пчела које *Varroa* напада током њиховог развоја унутар ћелија су ослабљене, а младе пчеле се излежу са смањеном виталношћу или деформитетима, што директно утиче на њихову продуктивност и способност да обављају своје функције у заједници. Поред тога, *Varroa* преноси вирусе, попут вируса деформисаних крила, што додатно компликује стање пчелиње заједнице.

Једна од највећих последица смањене ефикасности лечења је пад продуктивности кошница. Како број пчела радилица опада због инфестације *Varroae*, кошница постаје мање способна да сакупља нектар и полен, што директно утиче на принос меда. У пчелињацима где је присуство *Varroae* велико, принос меда може бити преполовљен, што представља велики финансијски удар за пчеларе. Поред тога, опада и производња других пчелињих производа као што су восак и прополис, јер слаба заједница није у стању да одржава оптималну структуру кошнице [6].

Смањена ефикасност лечења такође може довести до ширења заразе међу пчелињацима. Уколико се не спроведе адекватан третман и популација *Varroae* неконтролисано расте, постоји ризик да се паразити пренесу на друге кошнице у околини, што може довести до већих епидемија на регионалном нивоу. Ово је посебно опасно у густо насељеним пчелињим подручјима, где се пчеле из различитих кошница могу сусретати током сакупљања нектара.

Да би се смањила ефикасност лечења и смањио ризик од резистенције *Varroae*, пчелари су приморани да примене алтернативне методе лечења. Биолошки препарати као што су оксална киселина, мравља киселина и тимол показали су се као ефикасни у контролисању популације *Varroae*, али њихова примена захтева више труда и пажње. Механичке методе попут уклањања запечаћеног легла могу бити корисне, али захтевају додатно ангажовање пчелара. Иако су ове методе често скупље и захтевају више времена, оне могу помоћи у смањењу резистенције и дугорочном одржавању здравља пчелињих заједница [7].

6.2 Последице на здравље пчела и продуктивност кошница

Овај паразит, који се сматра једним од најопаснијих у савременом пчеларству, напада све фазе живота пчелиње заједнице, што доводи до слабљења пчела, поремећаја у њиховом раду и на крају до смањења приноса меда и других пчелињих производа.

Када *Varroa* постане отпорна на хемијске препарате који су се годинама користили за контролу њене популације, пчелари се суочавају са великим изазовима у очувању здравих и продуктивних пчелињих заједница.

Прва и најочигледнија последица присуства *Varroae* у кошници јесте слабљење пчела радилица, које чине основу продуктивности кошнице. Гриње *Varroae* се хране хемолимфом одраслих пчела, што доводи до исцрпљености и губитка виталности пчела. Ове пчеле постају мање способне да сакупљају нектар и полен, што директно утиче на количину произведеног меда. Ослабљене пчеле не могу ефикасно да одржавају хигијену унутар кошнице, што доводи до ширења различитих болести и инфекција. Овај поремећај у нормалном функционисању кошнице резултира слабом организацијом унутар пчелиње заједнице, смањеним приносом меда и губитком радне снаге [9].

Varroa destructor је такође велики преносилац вируса који додатно угрожавају здравље пчела. Један од најчешћих вируса које *Varroa* преноси је вирус деформисаних крила, који изазива тешке деформације код младих пчела. Пчеле заражене овим вирусом излежу се са неправилно развијеним крилима и другим телесним деформацијама, што им онемогућава да лете и обављају своје функције у кошници. Ове пчеле не само да не доприносе продуктивности кошнице, већ брзо угибају, што смањује број радне снаге унутар пчелиње заједнице. Овакав губитак младих пчела, које би иначе требало да преузму улоге сакупљача нектара и одржавача кошнице, директно погађа одрживост кошнице и доводи до њеног слабљења.

Легло пчела такође трпи велике последице услед напада *Varroae*. Ларве пчела, док су још увек у запечаћеним ћелијама, често постају мета напада гриња које се хране њиховом хемолимфом. Ово доводи до тога да се пчеле излежу слабе, са деформитетима или заражене вирусима, што угрожава будућност кошнице. У случајевима када *Varroa* постане резистентна на хемијске препарате, овај процес постаје још тежи за контролу, јер уобичајени третмани више не успевају да униште паразите у затвореним ћелијама. Ово резултира тиме да све већи број младих пчела буде ослабљен или угине, што додатно смањује радну снагу унутар пчелиње заједнице [1].

Са смањењем броја здравих пчела, кошница постаје мање продуктивна, што се директно одражава на принос меда. Пчеле које су под сталним нападом *Varroae* не могу да сакупе довољно нектара, јер су ослабљене и подложне другим болестима. У неким случајевима, принос меда може опати за више од половине, што пчеларе ставља у озбиљну економску ситуацију.

Поред смањеног приноса меда, опада и производња воска, прополиса и матичног млеча, што додатно утиче на укупну продуктивност пчеларства.

Резистенција *Varroa* на хемијске препарате додатно компликује ову ситуацију, јер пчелари остају без ефикасних средстава за борбу против овог паразита. Када *Varroa* постане отпорна на најчешће коришћене препарате, пчелари су приморани да траже алтернативне методе контроле, што често захтева више времена, новца и труда. Употреба биолошких и механичких метода, као што су природни акарициди (оксална киселина, тимол) и уклањање запечаћеног легла, постаје неопходна како би се спречило даље ширење *Varroa*. Међутим, ове методе често захтевају већа улагања и ангажовање, што може утицати на профитабилност пчеларства [10].

Ширење резистентних популација *Varroa* може довести до даљих проблема у регионалним пчеларствима, јер се отпорне популације могу лако преносити из једног пчелињака у други. Уколико пчелари не предузму адекватне мере за контролу *Varroa*, ризик од епидемија унутар пчелињих заједница постаје реалан. Ово може довести до масовног угинућа пчела у читавим регионима, што би имало катастрофалне последице по локалну производњу меда, као и по пољопривредне активности које зависе од опрашивања пчела [19].



Слика 8: Пчелињак на отвореном простору: Распоред кошница у природном окружењу

7. АЛТЕРНАТИВНИ НАЧИНИ БОРБЕ ПРОТИВ ВАРОЗЕ

Традиционални методи борбе против варозе, који укључују хемијске препарате, дуго су били основни начин контроле популације овог паразита. Међутим, због дуготрајне и прекомерне употребе истих хемијских средстава, *Varroa destructor* је развила резистенцију на многе од тих препарата, што је створило потребу за алтернативним начинима борбе.

У последњим деценијама, пчелари и истраживачи су почели да се окрећу алтернативним методама које укључују природне супстанце, биолошке агенсе и механичке поступке. Примена ових метода има за циљ да смањи зависност од хемијских препарата и понуди одрживија решења која би била ефикасна у дугорочној заштити пчелињих заједница. Оксална киселина, мравља киселина, тимол и друге природне супстанце показале су одређену ефикасност у сузбијању *Varroae*, а многи пчелари проналазе успех у њиховој употреби. Поред тога, механички приступи попут уклањања запечаћеног легла и коришћење хигијенских раса пчела показали су да могу бити корисни у смањењу популације *Varroae* без употребе хемијских препарата [15].

7.1 Биотехничке методе

Замена матице је једна од најстаријих и најчешће коришћених биотехничких метода у пчеларству. Пчелари врше замену матице из више разлога, али када је реч о борби против *Varroae*, ова метода има неколико важних аспеката. Прва и најзначајнија предност замене матице лежи у генетичкој обнови пчелиње заједнице. Нове матице често потичу из линија које су селекционисане на основу своје отпорности на болести и паразите, укључујући *Varroa destructor*. Младе матице могу повећати виталност пчелињих заједница и продуктивност, што доприноси бољем функционисању кошнице.

Када пчелар замени матицу, пчелиња заједница пролази кроз фазу прилагођавања новој матици, што често подразумева природан прекид легла. Овај прекид, чак и ако је краткотрајан, доводи до привременог заустављања репродукције *Varroae*, јер паразит зависи од запечаћеног легла за размножавање. Тиме се популација *Varroae* у заједници значајно смањује. Матице из раса које су селекционисане за хигијенско понашање пчела, као што су расе које природно уклањају заражене ларве или одрасле пчеле, доприносе ефикаснијој природној контроли популације *Varroae* [13].

Редовна замена матице, поред контроле *Varroa*, има и низ других предности. Матице старије од две године често постају мање продуктивне, што се одражава на целокупну динамику кошнице. Младе матице производе више потомака, што доводи до јаче и здравије пчелиње заједнице, која је боље опремљена да се носи са изазовима као што су болести и паразити.



Слика 9: Замена матице у пчелињој заједници

Прекид легла је још једна биотехничка метода која се показала као веома ефикасна у борби против *Varroa*. Ова метода подразумева контролисано заустављање репродукције у пчелињој заједници током одређеног временског периода, како би се смањила могућност размножавања *Varroa*, која зависи од запечаћеног легла. Пошто *Varroa* полаже јаја у ћелије са леглом које ће бити запечаћено, периоди без легла ограничавају њену способност да се размножава [19].

Прекид легла може се постићи на неколико начина. Једна од метода је уклањање матице на кратак временски период, што доводи до природног заустављања полагања јаја. Током овог периода, *Varroa* се налази само на одраслим пчелама, што омогућава да третмани против *Varroa* буду ефикаснији, јер нема заштићеног легла у коме би се паразити размножавали. Пчелари често комбинују прекид легла са третманима као што су оксална или мравља киселина, које се примењују када је *Varroa* најрањивија.

Ова метода је нарочито ефикасна у органском пчеларству, где се хемијски препарати не користе или су знатно ограничени. Прекид легла може бити планиран током годишњих циклуса када је природно смањена активност пчела, као што су рано пролеће или касна јесен, што минимализује поремећаје у нормалном функционисању кошнице. Иако прекид легла привремено смањује продуктивност кошнице, дугорочне користи од контроле *Varroa* и одржавања здраве заједнице превазилазе овај краткотрајни губитак.

Топлинска терапија је новији приступ у борби против *Varroa*, који се све више користи због своје ефикасности и одсуства хемијских супстанци. Ова метода подразумева загревање кошнице на контролисаним температурама како би се уништиле *Varroa*, док пчеле остају неоштећене. *Varroa destructor* је осетљивија на високе температуре у односу на пчеле, што омогућава да се топлотом елиминишу гриње без утицаја на здравље пчела [1].

Топлинска терапија се најчешће спроводи у специјализованим уређајима или директно у кошницама које имају уграђене системе за грејање. Процес обично траје неколико сати, током којих се температура у кошници подиже на ниво који је смртоносан за *Varroa*, али безбедан за пчеле. Ова метода је посебно корисна у пчеларству које се бави производњом органског меда, јер не оставља хемијске остатке у пчелињим производима.

Поред тога што је ефикасна, топлинска терапија је и дугорочно исплатива. Иако иницијална инвестиција у опрему за топлинску терапију може бити значајна, дугорочни трошкови су знатно нижи јер не постоји потреба за константном куповином хемијских препарата. Ова метода такође омогућава пчеларима да контролишу *Varroa* током целе године, што доприноси одржавању здравља пчелињих заједница и спречавању колапса кошница услед прекомерне инфестације [9].

Иако свака од наведених биотехничких метода може бити ефикасна сама по себи, најбољи резултати се постижу када се различите методе комбинују у оквиру интегрисаног приступа. Комбинација замене матице, прекида легла и топлинске терапије, уз повремене третмане природним препаратима, пружа пчеларима свеобухватно решење за контролу *Varroa*. Овакав приступ омогућава флексибилност и прилагођавање методама у складу са потребама пчелиње заједнице и специфичностима сезоне [15].

Интегрисани приступ захтева добру едукацију пчелара и редовно праћење стања пчелињих заједница. Пчелари који примењују овај приступ морају бити свесни сезонских циклуса пчела и *Varroe*, као и могућности да прилагоде своје методе у складу са стањем у кошници. Интеграција више метода смањује ризик од појаве резистенције и омогућава дугорочну контролу *Varroe* без потребе за претераним ослањањем на хемијске препарате [6].

7.2 Органска средства

Органска средства не само да чувају здравље пчелињих заједница, већ истовремено омогућавају пчеларима да одрже квалитет и безбедност пчелињих производа, нарочито у оквиру органске производње меда.



Слика 10: Пчелиње саће са радилицама у пчеларској заједници

Тимол је једна од најчешће коришћених супстанци у органској борби против *Varroe*. Овај природни састојак налази се у биљкама као што су мајчина душица и оригано, и познат је по својим снажним антисептичким, антибактеријским и антипаразитским својствима. У пчеларству се тимол користи као средство за контролу *Varroe* захваљујући својој способности да делује на паразита, док истовремено остаје безопасан за пчеле и људе. Тимол делује тако што испарава у кошници, а његове паре уништавају *Varroe* које се налазе на пчелама, без негативног утицаја на саме пчеле [14].

Примена тимола у органском пчеларству посебно је значајна јер не оставља штетне резидуе у меду или воску, што омогућава производњу висококвалитетних пчелињих производа који задовољавају све строжије стандарде органске производње. Третмани тимолом се најчешће спроводе у јесен, након главних приноса меда, када је потребно смањити популацију *Varroa* пре зимовања пчела. Правилно дозирање и контролисана примена тимола омогућавају дуготрајну заштиту пчелињих заједница и ефикасну борбу против овог опасног паразита.

Мравља киселина је још један ефикасан и широко примењиван третман у органском пчеларству. Позната по томе што се природно налази у отрову мрава, мравља киселина се користи у контролисању *Varroa* јер има способност да продре у запечаћене ћелије са леглом, где *Varroa* полаже јаја и размножава се. Ова јединствена способност мравље киселине чини је изузетно корисном у периодима када постоји велика количина затвореног легла у кошници, што је ситуација у којој многи други третмани нису ефикасни [17].



Слика 11: Мравља киселина

Третмани мрављом киселином се обично спроводе у рано пролеће или касну јесен, када су температуре погодне за њену примену. Високе концентрације мравље киселине могу бити штетне за пчеле, па је веома важно да пчелари строго поштују препоручене дозе и услове примене како би избегли нежељене ефекте.

Предност мравље киселине је што, попут тимола, не оставља штетне остатке у пчелињим производима, чиме се обезбеђује безбедност меда и других производа за људску употребу.

Мравља киселина се лако разлаже и не контаминира животну средину, што је чини погодном за употребу у органском пчеларству. Ова супстанца такође помаже пчелама у одржавању здравог микробиома унутар кошнице, јер не уништава корисне бактерије и микроорганизме који су од суштинског значаја за здравље пчелиње заједнице.

Оксална киселина је једна од најпопуларнијих метода у борби против *Varroa* у периодима када пчелиња заједница нема легло. Пошто *Varroa* у овом периоду паразитира искључиво на одраслим пчелама, примена оксалне киселине постаје веома ефикасна. Ова киселина се најчешће користи у облику раствора који се наноси директно на пчеле или у виду испарења, где се користи уређај за испаравање киселине у кошници. Испарења оксалне киселине директно делују на *Varroa* које се налазе на пчелама, чиме се значајно смањује популација паразита [19].

Третмани оксалном киселином се углавном спроводе током зимских месеци, када у кошници нема легла и када су гриње најизложеније. Веома је важно да се примена оксалне киселине спроводи уз одговарајуће мере предострожности, јер иако је безбедна за пчеле у препорученим дозама, њена прекомерна употреба може оштетити пчеле и њихову заједницу. Оксална киселина, као и остала органска средства, не оставља хемијске остатке у меду, што је чини одличним избором за органске пчеларе.

Примена органских средстава као што су тимол, мравља киселина и оксална киселина, доноси низ предности у савременом пчеларству. Пре свега, ова средства омогућавају ефикасну контролу *Varroa* без употребе синтетичких хемикалија, што значи да пчелињи производи остају чисти и безбедни за људску употребу. Ово је посебно важно у контексту све већих захтева за органским производима и растуће свести потрошача о важности природних метода производње хране [7].

Друга важна предност органских средстава је што она не доприносе развоју резистенције код *Varroa*. За разлику од хемијских препарата, који након дуготрајне употребе постају мање ефикасни због развоја отпорности, *Varroa* не развија отпорност на органска средства на исти начин. Ово значи да пчелари могу дугорочно користити тимол, мрављу и оксалну киселину као делотворне мере без ризика да ће ове методе постати неефикасне.

Ове методе су еколошки прихватљиве, јер се природно разграђују у околини и не нарушавају равнотежу екосистема. Пчелари који користе органска средства доприносе очувању животне средине, што је значајно у светлу глобалних изазова у погледу заштите природе и одрживе пољопривреде.

Органска средства као што су тимол, мравља киселина и оксална киселина не само да пружају ефикасну заштиту од *Varroa*, већ и омогућавају пчеларима да одрже високе стандарде квалитета у производњи меда и других пчелињих производа. Све већа потражња за органским производима на тржишту меда и повећана свест о важности одрживог пчеларства довели су до тога да се пчелари све више окрећу овим природним средствима [19].

Органска средства омогућавају пчеларима да смање употребу синтетичких хемикалија, што је од кључног значаја за одржавање здравља пчела и еколошке равнотеже. Пчелиње заједнице које се третирају органским средствима мање су изложене стресу и токсичним остацима који могу негативно утицати на њихову виталност и продуктивност. Органска средства омогућавају производњу меда без присуства хемијских резидуа, што је посебно важно за органске пчеларе који се придржавају строгих стандарда у својој производњи.

Комбинација различитих органских средстава често даје најбоље резултате у борби против *Varroa*. На пример, пчелари могу комбиновати примену тимола у летњем периоду, када је *Varroa* активна на одраслим пчелама, са третманима мрављом киселином у периоду када је потребно деловати на гриње у затвореном леглу. Оксална киселина се може користити у зимском периоду [17].

7.3 Биолошка контрола

Ова гриња напада пчеле, ослабљује их и преноси различите вирусе, што доводи до масовног угинућа пчелињих заједница ако се не предузму одговарајуће мере за контролу. До сада су хемијски препарати били примарно средство за борбу против овог паразита, али све већа резистенција *Varroa* на те хемикалије, као и растућа забринутост због негативних утицаја хемикалија на животну средину и пчелиње производе, довела је до фокуса на природне, биолошке методе [18].

Биолошка контрола подразумева употребу природних предатора, паразита и патогена *Varroa* у циљу сузбијања њене популације без употребе хемијских средстава.

Овај метод контроле заснива се на природним механизмима који постоје у екосистему, што га чини не само ефикасним, већ и одрживим и безбедним за животну средину. Предатори *Varroe* могу бити различити организми, укључујући гљиве, гриње и инсекте, који имају способност да смање популацију *Varroe* у кошницама и тиме допринесу заштити пчелињих заједница.

Једна од најперспективнијих метода биолошке контроле *Varroe* јесте употреба патогених гљива, посебно оних из родова *Metarhizium* и *Beauveria*. Ове гљиве су природни паразити инсеката и других артропода, укључујући и *Varrou*. Гљиве делују тако што инфицирају паразите путем спора, које продиру кроз спољашњи слој тела *Varroe*, а затим се шире и расту унутар њеног тела, што на крају доводи до смрти паразита. Овај процес се одвија природно и не штети пчелама, што чини гљиве једним од најефикаснијих средстава биолошке контроле [10].



Слика 12: *Metarhizium*

Увођење ових гљива у пчелиње заједнице омогућава природну регулацију популације *Varroe*, смањујући потребу за хемијским третманима.

Гљиве не остављају штетне остатке у пчелињим производима као што су мед и восак, што их чини идеалним решењем за пчеларе који желе да одрже висок ниво квалитета својих производа, нарочито у контексту органског пчеларства.

Иако је овај метод још увек у фази истраживања и развоја, рани резултати показују велики потенцијал за његову примену на ширем нивоу. Гљиве као што су *Metarhizium anisopliae* и *Beauveria bassiana* већ се тестирају у пчеларским експериментима широм света, са охрабрујућим резултатима у смањењу популације *Varroa* у кошницама [12].

Поред патогених гљива, један од ефикасних начина за биолошку контролу *Varroa* јесте употреба предаторских гриња и инсеката који нападају и уништавају *Varroa*. Гриње рода *Stratiolaelaps scimitus* и *Hypoaspis* познате су по својој способности да се хране *Varroa* и тако директно смањују њену популацију. Ове предаторске гриње, које се природно налазе у земљишту и органским материјама, могу се увести у пчелињаке где нападају *Varroa* у леглу или на одраслим пчелама.

Постоје инсекти који се могу користити у овој биолошкој контроли. Неке врсте паразитских оса и мува полажу јаја унутар тела *Varroa*, а излегле ларве уништавају паразита изнутра. Овај облик биолошке контроле је још увек у фази развоја, али показује велики потенцијал за будућност пчеларства [7].

Ови предатори и паразитоиди могу бити корисни као део интегрисаног система борбе против *Varroa*, посебно у комбинацији са другим методама контроле. Пчелари који користе биолошку контролу често комбинују више различитих метода како би остварили дугорочну заштиту својих пчелињих заједница, истовремено минимизирајући употребу хемијских средстава.

Једна од највећих предности биолошке контроле *Varroa* јесте та што овај приступ не оставља токсичне остатке у пчелињим производима, чиме омогућава пчеларима да производе чист мед и восак високог квалитета. Такође, биолошка контрола смањује ризик од развоја резистенције код *Varroa*, јер се природни непријатељи развијају заједно са паразитом, прилагођавајући се његовој популацији. Ово је значајна предност у односу на хемијске препарате, код којих је развој резистенције *Varroa* један од највећих проблема [8].

Постоје и одређени изазови у примени биолошке контроле. Прво, методе биолошке контроле често захтевају детаљније познавање екосистема и биологије *Varroa*, што може бити сложено за неке пчеларе.

8. ПРЕВЕНЦИЈА РЕЗИСТЕНЦИЈЕ

Резистенција паразита *Varroa destructor* на хемијске препарате постаје све већи изазов у пчеларству, са озбиљним последицама по здравље пчелињих заједница и продуктивност кошница. Ова гриња, која је присутна у скоро свим пчелињацима широм света, доводи до значајног слабљења пчела, преноси опасне вирусе и на крају може довести до колапса целих заједница ако се не контролише правилно. Током последњих деценија, хемијски третмани су били најчешћи начин сузбијања *Varroae*, али због прекомерне употребе истих активних супстанци, паразит је развио отпорност на многе од ових препарата. Овај процес је довео до смањења ефикасности лечења и потребе за новим стратегијама у борби против овог штеточине [16].

8.1 Правилна ротација хемијских препарата

Развој резистенције на хемијске препарате представља озбиљан изазов за пчеларе, јер смањује ефикасност лечења и доводи до већих губитака у пчелињим заједницама. Из тог разлога, правилна ротација хемијских препарата постаје један од кључних аспеката у одржавању ефикасности третмана и спречавању резистенције.

Резистенција на хемијске препарате развија се када се исти препарат користи из сезоне у сезону, без промене активне супстанце. На тај начин, популација *Varroae* која није уништена у потпуности током третмана, преживљава и развија генетске механизме који јој омогућавају да постане отпорна на одређени препарат. Ово се дешава постепено, али када једном дође до развоја резистенције, ефикасност препарата драстично опада, што пчеларима оставља мало простора за деловање. Примера ради, препарати на бази амитраза, који су годинама били стандард у борби против *Varroae*, у многим регионима више не пружају задовољавајуће резултате због развоја отпорности паразита [5].

Да би се овај процес спречио, пчелари се морају ослонити на ротацију хемијских препарата. Ротација подразумева коришћење различитих препарата са различитим механизмима деловања у одређеним временским интервалима. Овај приступ омогућава да *Varroa* не буде изложена истом активном састојку дуже време, чиме се смањује могућност развоја резистенције. Уместо да се користи само један тип хемијског средства, пчелари морају планирати примену различитих супстанци током пчеларске сезоне [15].

На пример, препарати који садрже амитраз могу се ротирати са онима који садрже флувалинат или кумафос, како би се обезбедила ефикасна борба против *Varroa* без стварања резистенције.

Поред самог избора препарата, временска динамика њихове примене игра важну улогу у ротацији. *Varroa destructor* има специфичан животни циклус који укључује размножавање у затвореном леглу пчела. Због тога је веома важно применити хемијске препарате у оним тренуцима када је *Varroa* највише изложена, односно када у кошници нема много затвореног легла, јер је у тим тренуцима паразит најрањивији. Ако се третман примени у погрешно време, велики број *Varroe* може преживети у запечаћеним ћелијама легла, што смањује ефикасност третмана [12].

Дозирање и начин примене препарата такође су од критичне важности. Прекомерно коришћење хемијских средстава може довести до бржег развоја резистенције, док недовољна доза неће уништити све паразите, што оставља простор за преживљавање и размножавање отпорних појединаца. Због тога је правилно дозирање и примена препарата, у складу са препорукама произвођача и научним истраживањима, од суштинског значаја за дугорочно очување ефикасности третмана.

Ротација хемијских препарата захтева од пчелара да буду добро информисани о различитим активним супстанцама и њиховим механизмима деловања. То подразумева да пчелари треба да прате најновија истраживања и препоруке стручњака у области пчеларства, како би могли да донесу најбоље одлуке у погледу заштите својих пчелињих заједница. Важно је и пратити стање пчелињака, јер је само редовно праћење здравља пчела и нивоа инфестације *Varroe* могуће омогућити правовремену и ефикасну примену различитих препарата [5].

Још један аспект правилне ротације хемијских препарата је комбинација хемијских и нехемијских метода у борби против *Varroe*. Пчелари који комбинују хемијске третмане са биотехничким методама, као што су прекид легла или замена матице, успевају да остваре боље резултате у борби против *Varroe*, смањујући при томе учесталост коришћења хемијских препарата. Овај приступ не само да смањује ризик од развоја резистенције, већ доприноси и одрживом пчеларству, које се све више окреће еколошки прихватљивим решењима.

Увођење стратегије ротације хемијских препарата у пчеларску праксу омогућава пчеларима да дугорочно одрже здравље својих пчелињих заједница. Иако захтева више планирања и едукације, правилна ротација хемијских препарата представља један од најефикаснијих начина за спречавање резистенције *Varroe* на третмане [5].

Пчелари који примене овај приступ могу очекивати стабилнију и ефикаснију контролу популације *Varroa*, што ће допринети очувању здравља пчела и континуираној производњи меда и других пчелињих производа.

8.2 Мониторинг резистенције у пчелињацима

Обзиром на то да је развој отпорности *Varroa* на акарициде природан процес услед сталног излагања једном истом третману, неопходно је увести систематски мониторинг резистенције како би се правовремено откриле промене у ефикасности третмана.

Резистенција *Varroa* на хемијске препарате се јавља када гриње постепено развијају отпорност на активне супстанце које се користе за њихово сузбијање. Овај процес се дешава постепено, али се може убрзати ако се хемијски препарати користе без ротације, у неправилним дозама или прекомерно. Са развојем резистенције, ефикасност третмана значајно опада, што омогућава *Varroa* да се и даље размножава и угрожава здравље пчела. У ситуацијама када је резистенција већ развијена, пчелари се суочавају са великим губицима и драстичним падом продуктивности, због чега је мониторинг резистенције кључан за превенцију оваквих сценарија [4].

Мониторинг резистенције подразумева редовно праћење ефикасности третмана у пчелињацима и прикупљање података о томе како *Varroa* реагује на коришћене препарате. То укључује узорковање гриња и њихово тестирање на осетљивост према одређеним хемијским агенсима. Овакав мониторинг омогућава пчеларима да у раним фазама открију појаву отпорности и на тај начин спрече ширење резистентних популација.

Редовно праћење стања пчелињака и третмана који се примењују игра важну улогу у стратешком планирању заштите пчелињих заједница. Пчелари који континуирано прате ефикасност лечења могу благовремено уочити промене у понашању паразита и прилагодити своје методе борбе. Ово не само да омогућава успешније сузбијање *Varroa*, већ и смањује потребу за агресивнијим третманима, што је посебно важно за пчеларе који теже органској производњи [15].

Мониторинг резистенције је такође важан у контексту заштите пчелињих производа. Пчелари који правовремено открију проблеме са резистенцијом могу избегавати прекомерну употребу хемијских средстава, чиме осигуравају да мед и други пчелињи производи остану чисти од штетних остатака [7].

Ово је од кључне важности за пчеларе који производе органски мед или који својим потрошачима нуде производе врхунског квалитета.

Постоји више метода за мониторинг резистенције у пчелињацима, а већина њих подразумева тестирање ефикасности одређеног препарата у одређеним временским интервалима. Један од најчешћих начина јесте узимање узорака гриња након третмана и анализа њихове отпорности на коришћени препарат. Ова анализа може се обавити у лабораторијама које су специјализоване за оваква испитивања, или директно у пчелињаку коришћењем специјалних комплета за тестирање.

Тестови за резистенцију обично укључују излагање гриња различитим концентрацијама препарата и праћење њиховог преживљавања. Ови тестови омогућавају пчеларима да утврде да ли је популација *Varroa* развила отпорност на третман који се користи, као и да процене степен те резистенције. Ако се открије да је *Varroa* постала отпорна на одређени препарат, пчелари морају одмах прилагодити своје методе борбе, било кроз ротацију хемијских препарата, било кроз примену алтернативних метода као што су биотехничке или биолошке методе контроле [8].

Још један важан аспект мониторинга резистенције је праћење временских интервала и динамике развоја *Varroa*. Различите фазе живота *Varroa* имају различиту осетљивост на хемијске препарате, што значи да се третмани морају применити у одређеним периодима када је паразит највише изложен и најосетљивији. Мониторинг омогућава пчеларима да прецизније утврде праве моменте за примену третмана и да прилагоде своје методе у складу са развојем популације *Varroa* у кошници.

Мониторинг резистенције не доноси само корист појединачним пчеларима, већ има и шири стратешки значај за читаву пчеларску заједницу. Када се појави отпорност на хемијске препарате у једном пчелињаку, постоји ризик да се резистентне популације *Varroa* прошире на друге кошнице у околини. Пчелари који правовремено открију појаву отпорности могу спречити ширење отпорних гриња и тако допринети очувању здравља пчелињака у широј заједници [6].

Широм света, научници и пчелари сарађују у развоју база података које прате трендове резистенције у различитим регионима. Ове базе података помажу у разумевању како *Varroa* развија отпорност на различите хемијске препарате и пружају драгоцене информације за развој нових стратегија у борби против овог паразита. Подаци прикупљени кроз мониторинг у појединачним пчелињацима доприносе развоју глобалних решења за сузбијање *Varroa* и стварању препорука за будућу употребу хемијских средстава [12].

мониторинг резистенције игра важну улогу у развоју нових хемијских препарата. Како се старе супстанце губе на ефикасности због појаве отпорности, потребно је развијати нове препарате и нове активне састојке који ће бити ефикаснији у борби против *Varroa*. Подаци из мониторинга резистенције омогућавају научницима да идентификују који препарати и механизми деловања имају највећи потенцијал за будућу примену.

8.3 Образовање пчелара о правилној употреби препарата

Правилна примена препарата захтева детаљно разумевање не само самих препарата и њихових механизма деловања, већ и специфичности животног циклуса пчела, временских услова и других фактора који утичу на ефикасност третмана.

Када је реч о борби против *Varroa destructor*, једног од најопаснијих паразита који угрожава пчеле, неопходно је да пчелари буду потпуно упознати са разликама између различитих препарата и њиховог деловања. *Varroa* се временом прилагођава и развија резистенцију на многе хемијске препарате, због чега је све важније ротирати различите активне супстанце како би се одржала ефикасност лечења. Пчелари који не поседују довољно знања о овој проблематици могу лако погрешити у примени препарата, што води не само смањењу ефикасности лечења већ и погоршању здравственог стања у пчелињаку. Образовање пчелара у овом домену има директан утицај на успех сузбијања *Varroa* и других болести [13].

Један од битних аспеката правилне примене препарата јесте правилно дозирање. Недовољно знања о препорученим дозама или несавесна примена препарата може довести до супротних ефеката од очекиваних. Прекомерна примена хемијских средстава може проузроковати штету пчелама, контаминирати мед и друге пчелиње производе и чак довести до губитка целих пчелињих заједница. Са друге стране, недовољна примена препарата или погрешно време примене може резултирати преживљавањем великог броја паразита, што доводи до брзог опоравка популације *Varroa* и даљег угрожавања пчелињих заједница.

Образовање пчелара такође укључује разумевање временских услова који утичу на ефикасност препарата. На пример, многи препарати не делују једнако ефикасно у различитим температурама и влажностима, због чега је потребно прецизно одредити време примене. Пчелари који нису довољно упознати са овим факторима могу несвесно применити третман у неповољним условима, чиме смањују његову ефикасност [19].

Правилно едуковани пчелари знају да је неопходно пратити временске прогнозе и климатске услове у свом региону, како би третман био успешан и безбедан за пчеле.

У савременом пчеларству постоји све већа потражња за органским и еколошким препаратима који не остављају хемијске остатке у меду и другим пчелињим производима. Ови препарати често захтевају специфичну примену и познавање начина њиховог деловања. Пчелари који су едуковани о органским методама лечења могу успешно комбиновати хемијске и биолошке препарате како би смањили употребу синтетичких акарицида и обезбедили здраве производе за тржиште. Ово је нарочито важно у светлу све веће потражње за органским медом, чија производња захтева строгу контролу употребе препарата [18].

Едукација пчелара игра значајну улогу у спречавању развоја резистенције *Varroe* на хемијске препарате. Резистенција на акарициде јавља се када се један исти препарат користи током више сезона, што омогућава *Varroi* да постепено развије отпорност на активни састојак препарата. Пчелари који су добро упознати са ротацијом препарата знају да је неопходно мењати хемијске агенсе са различитим механизмима деловања како би се избегло настајање отпорних популација *Varroe*. Овакав приступ захтева добро познавање различитих препарата на тржишту и њихових карактеристика, као и континуирано праћење препорука стручњака [16].

Правилно информисање о безбедносним аспектима примене хемијских и биолошких препарата је од суштинске важности. Многи препарати могу бити токсични не само за пчеле ако се неправилно користе, већ и за пчеларе и потрошаче ако се не поштују мере предострожности. Образовани пчелари знају како правилно руковати препаратима, како их складиштити и како избегавати контаминацију пчелињих производа, што је од кључног значаја за безбедност пчеларства.

Образовање пчелара о правилној употреби препарата доприноси унапређењу одрживости пчеларства као привредне гране. Пчелари који знају како правилно користити ресурсе, како пратити и примењивати иновације у пчеларству, боље су опремљени да се суоче са изазовима попут климатских промена, појаве нових болести и паразита, али и са економским изазовима тржишта. На овај начин, едукација постаје основа за дугорочан развој пчеларства, обезбеђујући квалитетније производе и одржавајући високе стандарде у пчеларској пракси [14].

У данашњем свету, где информације и технологије напредују великом брзином, пчелари морају бити спремни да се прилагоде променама и стално унапређују своја знања.

Правилна примена препарата, било да се ради о хемијским или биолошким средствима, може направити велику разлику између успешног и неуспешног пчеларења. Стога, образовање пчелара остаје кључни елемент у суочавању са бројним изазовима који погађају пчелиње заједнице, а такође и у обезбеђивању дугорочне будућности пчеларске индустрије [7].

9. ЗАКЉУЧАК

Проблем резистенције на хемијске препарате у борби против вароозе постао је озбиљна претња за пчеларство широм света. *Varroa destructor*, као један од најопаснијих паразита који угрожавају пчелиње заједнице, развила је отпорност на многе хемијске агенсе који су некада били ефикасни у сузбијању овог паразита. Овај процес резистенције није само питање губитка ефикасности појединих препарата, већ представља много шири проблем који се одражава на здравље пчелињих заједница и њихову способност да одрже продуктивност. С обзиром на виталну улогу коју пчеле имају у екосистему, нарочито у опрашивању биљака, овај проблем захтева озбиљан приступ и свеобухватне мере како би се избегле дугорочне последице по пчеларство и пољопривреду у целини.

Развој резистенције код *Varroa* директно је повезан са неправилном и неадекватном применом хемијских препарата. Дуготрајна употреба једног истог препарата или прекомерна примена, без стратешке ротације активних супстанци, омогућила је *Varroa* да се прилагоди и развије отпорност на хемикалије које су се користиле годинама. Овај проблем је нарочито присутан у пчелињацима где се препарати користе без консултација са стручњацима и без праћења најновијих препорука у лечењу пчела. Резултат оваквих пракси је појава све већег броја отпорних популација *Varroa*, које су све теже за сузбијање стандардним хемијским третманима.

Обзиром на све ове проблеме, постоји потреба за променом парадигме у борби против вароозе. Први корак у решавању овог проблема је едукација пчелара о исправној примени хемијских препарата, као и о значају ротације различитих активних супстанци. Пчелари морају бити свесни да је употреба истог препарата током више година контрапродуктивна и да води ка брзом развоју отпорности. Стога, ротирање препарата са различитим механизмима деловања може значајно успорити развој резистенције и омогућити дугорочну ефикасност лечења. Потребно је редовно пратити ефекте лечења и прилагођавати стратегије у складу са променама у понашању *Varroa*.

Једна од важних мера у борби против овог проблема јесте увођење алтернативних и биолошких метода лечења. Биолошки агенси, као што су природни предатори и патогени *Varroa*, већ се истражују као потенцијална решења која могу да се користе у комбинацији са хемијским третманима или као замена за њих у одређеним ситуацијама.

Такође, биотехничке методе као што су прекид легла, замена матица и механичко уклањање гриња, могу допринети смањењу зависности од хемијских препарата и очувању њихове ефикасности.

Мониторинг резистенције је још један кључни аспект у решавању овог проблема. Пчелари треба редовно да прате ефикасност својих третмана и да, у случају појаве отпорности, одмах реагују заменом препарата или применом алтернативних метода. Научна истраживања и развој нових препарата и метода лечења такође играју важну улогу у борби против резистенције. У том смислу, сарадња између пчелара, стручњака и научника кључна је за проналажење одрживих решења која ће дугорочно обезбедити здравље пчелињих заједница.

Резистенција на хемијске препарате је проблем који не може бити решен једноставним променама у кратком временском периоду. Овај изазов захтева свеобухватан и стратешки приступ који обухвата правилно планирање примене препарата, образовање пчелара, мониторинг стања у пчелињацима и развој нових метода лечења. Без ових корака, пчеларство ће се суочавати са све већим проблемима у сузбијању вароозе, што ће довести до значајних губитака у пчелињим заједницама и негативног утицаја на производњу меда и других пчелињих производа.

Проблем резистенције на хемијске препарате у борби против вароозе је озбиљан изазов који захтева промену досадашњег приступа лечењу. Едукација пчелара, ротација препарата, примена алтернативних метода и континуирани мониторинг представљају кључне кораке у решавању овог проблема. Само уз свеобухватан приступ, могуће је обезбедити дугорочну заштиту пчелињих заједница и очување одрживог и продуктивног пчеларства.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Bailey, L Ball, B, y, (1991): „Honey bee pathology“, Academic Press, London, 2d ed;
- [2] Ball, B., Allen, M, F, (1988): „The prevalence of pathogens in honey bee (*Apis mellifera*) colonies infested with parasitic mite *Varroa jacobsoni*?“, *Annals of Applied Biology* 113:237-244;
- [3] Bekesi, L Ball, B, V., Dobos-Kovacs, M., Bakonyi, T, Rusvai, M, (1999); „Occurrence of Acute Paralysis Virus of the honey bee (*Apis mellifera*) in a Hungarian apiary infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni*“ *Acta Veterinaria Hungarica* 47 (3), pp, 319-324.
- [4] Beetsma, J Zonneveld, K, (1992): „Observation of the initiation and stimulation of oviposition of the *Varroa* mite“, *Experimental and Applied Acarology* 16:303-312;
- [5] Buchler, R. (1993): „Rate of damaged mites in natural mite fall with regard to seasonal effects“;
- [6] De Jong, D., De Jong, P, H., Goncalves, S, (1982): „Weight loss and other damage to developing worker honey bees (*Apis mellifera*) due to infestation with *Varroa jacobsoni*“, *Journal of Apicultural Research* 20:254-257;
- [7] De Jong, D, Morse, R. A., Eickworth, G, C, (1982): „Mite pests of honey bees“, *Annual Review of Entomology* 27:229-252;
- [8] Engels, W., Schatton, K. (1986): „Changes in hemolymph proteins and weight loss in worker bees due to *Varroa* parasitism“, *Arbeitsgemeinschaft der Institute für Bienenforschung E.V, Abstracts of the Varroa Workshop in Feldafing, Nemačka*;
- [9] Korpela, S., Aarhus, A., Fries, I., Hansen, J, (1992); „*Varroa jacobsoni* Oud, in cold climates: population growth, winter mortality and influence on the survival of honey bee colonies“, *Journal of Apicultural Research* 31:157-164;
- [10] Rosenkranz, P., Aumeier P., Ziegelmann, B, (Biology and Control of *Varroa* destructor). *Journal of Invertebrate Pathology* 103, 96-119.
- [11] Ritter, W., De Jong, D, (1984): „Reproduction of *Varroa jacobsoni* O. in Europe, the Middle East and tropical South America“, *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 98:55-57;
- [12] Ruitjer, A.de (1987): „Reproduction of *Varroa jacobsoni* during successive brood cycles of the honey-bee“. *Apidologie* 18:321-326;

- [13] Ruttner, F. (1983): „Varroaosis in honeybees: extent of infestation and effects“. *Varroa jacobsoni* Oud, Affecting honey bees: present status and needs, Proceedings of a Meeting of the EC Experts Group/Wageningen, Rotterdam;
- [14] Spivak, M., Reuter, G. A., Metton, R., Breyfogle, J. (1994): „Honey bee hygienic behaviour and tolerance to *Varroa jacobsoni*“. *American Bee Journal* 134:836-837;
- [15] Wallner, K., Fries, I. (2003): "Control of the mite *Varroa destructor* in honey bee colonies". *Pesticide Outlook*, 14(2), pp.80-84;
- [16] Wallner, K. (1999): „Varroacides and their residues in bee products“, *Apidologie*, 30, pp.235-248;
- [17] Ђурић, Б., Бошњак М., Раичевић З, Плавша Н, (2005); „Ектопаразити пчела“. Зборник пленарних и научних радова, XIII научно саветовање са међународним учешћем, Квалитет и промет меда и пчела.
- [18] General disease information sheets, Disease of bees, OIE, 2011.god;
- [19] Varroosis of honey bees- Infestation of honey bees with *Varroa* spp. NB: Version adopted by the World Assembly of Delegates of OIE in may 2008, Chapter 2,2.7., OIE 2008;
- [20] <https://entomologytoday.org/>, преузето 27. септембра 2024.
- [21] <https://augustin.si/>, преузето 29. септембра 2024.
- [22] <https://bee-ru.com/>, преузето 30. септембра 2024.
- [23] <https://pcela.iz.rs/>, преузето 01. октобра 2024.
- [24] <https://www.prirodnimedpetrovic.rs/>, преузето 03.10.2024.
- [25] <https://www.halooglasi.com/>, преузето 03.10.2024.
- [26] <https://www.out-grow.com/>, преузето 06.10.2024.