



Коришћење пестицида у производњи гајених биљака

Васкрсија Јањић, Сениша Митрић

***Сажетак.** У овом раду разматрају се основни проблеми везани за коришћење пестицида у биљној производњи. У кратким цртама дат је историјат њихове производње и примјене, не само код нас него и у свијету. Посебно је указано на штете које причињавају различити штетни организми биљној производњи и улога пестицида у заштити биљака и биљних производа. Пестициди су значајна средства за заштиту биљака, а њихове користи огледају се у сљедећим показатељима: спречавање губитка приноса гајених биљака од напада проузроковача болести, инсеката и коровских биљака, сузбијање вектора узрочника заразних болести и проузроковача болести, побољшање квалитета производа, те примјена пестицида у сектору комуналне хигијене. Приликом производње и примјене пестицида долази до излагања нециљаних организама пестицидима и доспијевања пестицида на нециљане површине. Како се пестициди највише користе на пољопривредним површинама, које се највећим дијелом налазе у руралним подручјима, онда ризици од примјене пестицида посебно добијају на значају у тим регионима. Ризици се могу огледати у директном утицају*

Цитирање: Јањић В, Митрић С (2020) Коришћење пестицида у производњи гајених биљака. У: Јањић В, Пржуљ Н (уредници) Ограничења и изазови у биљној производњи. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LXII:367–423

Cite as: Janjić V, Mitrić S (2020) Use of pesticides in cultivated plants production. In: Janjić V, Pržulj N (eds) Limitations and challenges in crop production. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LXII:367–423

пестицида на људе, контаминацију хране, површинских и подземних вода и утицају на животну средину и нециљане организме. Ризици од пестицида у Републици Срској највећим дијелом настају као посљедица њихове нестручне примјене. Основну пажњу у циљу смањења негативних посљедица примјене пестицида на сеоским подручјима Републике Српске треба свести на усмјеравање заштите биљака по принципима интегралне заштите биљака, те да примјена пестицида буде у складу са принципима одрживе употребе пестицида.

Кључне ријечи: Пестициди, историја примјене, производња, промет, штетни агенси

7.1. Увод

Пестициди обухватају широк спектар органских и неорганских хемијских једињења која се употребљавају у пољопривреди, шумарству, ветеринарству и комуналној хигијени. Ако се узме у обзир надлежност при регистрацији и површине на којима се користе, пестициди могу да се подијеле на средства за заштиту биљака и биоциде. У даљем тексту користиће се термин пестициди, иако ће се већина наведених података и цитиране литературе односити на средства за заштиту биљака.

Средства за заштиту биљака су производи који се користе у пољопривреди и шумарству за заштиту биљака од штетних организама или спречавање дјеловања штетних организама, те за уништавање нежељених биљака. Средства за заштиту биљака су и регулатори раста и развоја биљака, када дјелују на животне процесе биљака, али и средства која се користе за заштиту биљних производа током складиштења, када се примјењују прије или после жетве (бербе) (Службени гласник Републике Српске, број 52/2010).

Историја масовнијег коришћења синтетизованих пестицида креће од средине двадесетог вијека. Тако су органохлорни инсектициди у значајној мјери дали допринос сузбијању преносилаца узрочника маларије и тифуса, да би се њихова примјена због перзистентности, биоакумулативности и токсичности почела да ограничава или забрањује још 1960-их година, па се више данас и не користе. Увођење других синтетичких инсектицида – органофосфата током 1960-их, карбата 1970-их, те пиретроида 1980-их, као и увођење хербицида и фунгицида у седамдесетим и осамдесетим годинама прошлог вијека – у великој мјери је олакшало контролу штетних организама у пољопривреди и у значајној мјери спријечило губитак приноса

у пољопривредној производњи. Научници нису успјели да пронађу апсолутно селективне пестициде, који би били смртоносни за циљане штетне организме, а да при том не остављају никакве штетне посљедице за нециљане организме, укључујући и човјека.

Чињеница да примјена пестицида носи извјестан ризик по човјека и организме у природи, довела је до низа контроверзи, отворених питања у вези са примјеном пестицида, при чему тај ризик у знатној мјери расте када се пестициди примјењују неправилно или чак непотребно, што спада у злоупотребу пестицида, када се они користе. Наиме, схватање „ако је мало добро, онда ће много више бити боље“, не важи за пестициде.

7.2. Кратак историјат развоја и примјене пестицида

Од најстаријих времена штетни организми који нападају биљке представљали су проблем за човјека. У стању су да се за релативно кратко вријеме намноже у тој мјери да потпуно униште гајене биљке чије производе човјек користи за своју исхрану, и то често на веома великом пространству. Многе гладне године на тлу данашње наше земље, а нарочито у другим крајевима свијета, биле су директно везане за масовну појаву штетних организама који користе биљке и њихове производе за своју исхрану. Поред овога, знатан број врста инсеката напада човјека и домаће животиње, изазивајући различита обољења.

Први органски инсектицид употријебљен је у Њемачкој 1892. године (4,6-динитро-2-метил фенол, познат као антимионин) у борби против оморииковог прелца (*Lymantria monacha*), али се није дуго одржао због високе токсичности за хомеотерме и због своје фитотоксичности (Robert 2001).

До појаве првог универзалног инсектицида са контактним дјеловањем дошло је захваљујући швајцарцу Müller који је открио DDT који је нашао примјену у цијелом свијету, како за заштиту биљака тако и за општу хигијену (Tomlin 2003). Захваљујући DDT-у, сузбијени су и инсекти преносиоци у то вријеме неизлечивих болести у неким дијеловима свијета (тифус, жута грозница), спасавајући на тај начин милионе људских живота који су умирали од њихових убода.

Скоро истовремено, у раздобљу 1941–1945. године, откривено је инсектицидно дјеловање и других органохлорованих инсектицида (γ-НСН, токсафена и др.). Велики значај представља откриће првих инсектицида из групе органофосфорних једињења (ОМПА или шрадана и Е 605 или паратиона) (Petroianu 2010). Даља истраживања ове групе инсектицида

дала су и многе друге производе с јаким дјеловањем који су по универзалности дејства и економичности производње дали посебан печат овој групи једињења. Међу органофосфорним инсектицидима позната су још од 1950. године једињења са системичним дјеловањем, која биљкама пружају унутрашњу терапијску заштиту првенствено од инсеката који сишу биљне сокове (Fukuto 1990).

Ради елиминисања проблема које стварају класични инсектициди вршена су испитивања могућности примјене нових начина сузбијања инсеката, који би били безопасни за човјека и више животињске врсте (примјена хемотерилизаната, атрактаната, репелената и др.), али они нису нашли ширу примјену, те су класични инсектициди остали и даље актуелни.

Педесетих година прошлог вијека пронађени су карбаматни инсектициди (прво је пронађен карбарил) који су показали ниску токсичност, али су при томе задржавали јако инсектицидно дјеловање (Fukuto 1990). Ова једињења попунила су празнину насталу смањењем употребе DDT-а због појаве резистентности великог броја врста инсеката према њему и због његове опште присутности скоро свугдје и на сваком мјесту.

И на крају, изучавањем структуре активних супстанци у природним производима створени су услови да се синтетизују једињења сличне структуре. Пошло се од претпоставке да таква једињења требају да буду јефтинија, а да одрже исти ефекат који имају природне супстанце. Као резултат ових истраживања на тржишту 1949. године појавио се синтетисани пиретроид алетрин (Robert 2001). Тако данас синтетисани пиретроиди заузимају једно од централних мјеста међу инсектицидима, како по обиму производње и примјене тако и по интензитету индустријске производње инсектицида. Иако су истраживања у стварању нових инсектицида изузетно скупа и захтијевају енормна улагања, она се и даље несмањеним интензитетом настављају. Основни циљ ових истраживања је да се створе инсектициди повећане ефикасности и економичности примјене с једне стране, а с друге стране, да се смањи токсичност према топлокрвним животињама и човјеку. У посљедње вријеме посвећује се изузетна пажња и проблему заштите животне средине, имајући у виду да се инсектициди све масовније примјењују.

Са синтетским препаратима, у посљедње вријеме, се појављују инсектициди који се добијају биотехнолошким методама култивисањем одређених врста микроорганизама. За овај примјер могу да послуже авермерктини (Burg et al. 1979). Ова једињења могу да се добију не само микробиолошким поступком, већ и хемијском синтезом. Створен је и низ препарата на бази

бактерије *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* којима се успјешно могу сузбијати одређене врсте инсеката (Adang et al. 1985).

У току своје дуге историје човјек је примјењивао веома различита средства и методе у борби против инсеката. Историјски гледано, још су стари Грци користили средства за контролу инсеката. Примјена сумпора и арсена датира из тог времена. Развој инсектицида отпочиње у XIX вијеку. Међутим, природна једињења почињу да се користе у XVII вијеку. Половином XIX вијека већ су били познати природни инсектициди, нпр. никотин (добијен из екстракта дувана), пиретрин (из цвета бухача), ротеноиди, а примјењиван је петролеум и његове фракције, сапуни и друге материје. Овим производима прикључују се, такође, и арсенови препарати, данас напуштени у многим дијеловима свијета, усљед спорог разлагања, као и цијановодонична киселина, у затвореном простору.

Потреба за ефикаснијим инсектицидима који би замијенили природне (пиретрине), с којима је снабдијевање било све нередовније, довело је до интензивних истраживања ради стварања нових једињења, првенствено ради заштите текстила од мољаца. У том погледу интересантно је навести запажање да је текстил обојен јарко црвеном бојом, био токсичан за инсекте и да је узрок токсичности паратолуенсулфонска киселина (Walter and Parts 1955).

Даља испитивања су показала да су само моно и дихлор деривати бензола са фенолском функцијом или сулфовани активни, али искључиво при уношењу у организам ингестијом. Тиме су халогени деривати бензола добили велики значај, иако им је недостајала способност продирања у централни нервни систем (CNS). Овај проблем ријешен је халогеним дериватима алифатичних угљоводоника. Ефикасност CCl_3 групе довела је до избора трихлоретилена чиме је Müller дао пракси један од најпознатијих контактних инсектицида дихлордифенилтрихлоретан, познат под именом DDT.

DDT је, као хемијско једињење, познат скоро 150 година (од 1875. године), али је тек 1940. године први пут утврђено да он има инсектицидно дејство. Најприје је био употребљаван против мољаца, а ускоро послије тога 1943. године нађено је да је DDT токсичан и за многе друге инсекте. Послије Другог свјетског рата број инсектицида из ове групе једињења бивао је све већи, а међу њима су врло значајни хексахлорциклохексан (HCH), токсафен и др. Дуго година ова група једињења имала је велики значај као инсектициди и поред конкуренције многих других једињења. Многа од ових једињења примјењују се и данас, иако постоји тежња за смањењем њихове примјене усљед негативних особина (хемијска стабилност, дуг вијек полуразлагања, кумулативно дјеловање).

DDT је у огромним размјерама превазишао првобитну намјену (против мољаца) и одиграо је револуционарну улогу у борби против инсеката (москвито комараца, це-це мува, кромпирове златице и др.) учинивши човјеку непроцјењиве услуге, али је временом губио у ефикасности (због резистентности), што је захтијевало нова истраживања.

Огроман значај ових инсектицида дошао је до изражаја током Другог свјетског рата, као и у више послеријатних година. Захваљујући DDT-у спашени су многи људски животи. Током рата, почев од прољећа 1943. године, сваки савезнички војник имао је DDT, као саставни дио ратне опреме. Први примјер сузбијања епидемије тифуса (пјегавца) у историји, и то током зиме у јеку рата, забиљежен је у Напуљу 1943. године, када је DDT-ем запрашено 2.250.000 особа (Wheeler 1946)

Од свих хемикалија које је човјек икада произвео и употребио, DDT има јединствену улогу. Употребом DDT-а против инсеката који преносе маларију, тифус, жуту грозницу и остале заразе, спашено је више десетина хиљада људских живота и сузбијено више болести него иједним препаратом до сада (Таб. 7.1). Само током 1970. године, свјетска производња овог препарата износила је 200.000 тона. Од када га је у својству инсектицида открио швајцарски хемичар Paul Müller (1891–1965) који за то своје дјело добио Нобелову награду за медицину и физиологију, написано је око 30.000 научних радова о DDT-у.

Међутим, масовна примјена ових инсектицида довела је до нежељених посљедица који су оспорили сав првобитни њихов значај. Основни разлог је био што су ова једињења веома стабилна у животној средини, чиме се ствара опасност за жива бића (животиње и човјека), а осим тога органохлорована једињења нису селективна па дјелују како на штетне тако и на корисне инсекте. И како је касније утврђено да она стварају резистентне популације неких инсеката, што је, поред других основа, био разлог да се временом неки представници органохлорованих инсектицида замијене са органофосфорним инсектицидима и карбаматима.

Фосфор и његова једињења данас имају велики значај у многим областима науке и технике. Неорганска једињења имају велику примјену у индустрији, а у пољопривреди се користе као фосфорна ђубрива. Органска једињења фосфора се примјењују у производњи пластичних маса, као реактиви у органској синтези, као додаци мазивима и уљима и што је с нашег аспекта најважније, користе се у великом обиму у заштити биљака за производњу инсектицида, хербицида и фунгицида.

Таб. 7.1. Број обољелих од маларије прије и после примјене DDT-а у појединим земљама (Maurizio 2004)

Table 7.1. The number of ill patients with malaria before and after DDT in some application countries (Maurizio 2004)

Земља	Година	Број обољелих
Куба	1962	3.519
	1969	3
Јамајка	1954	4.417
	1969	0
Венецуела	1943	8.171.115
	1958	800
Индија	1935	>100.000.000
	1969	285.962
Италија	1945	411.602
	1968	37
Југославија	1937	169.545
	1969	15
Тајван	1945	>1.000.000
	1969	>2.000.000
Цејлон	1950	>2.000.000
	1963	17
	1968	>1.000.000*

*1963. године изведено је систематско уништавање инсеката, 1968. поново је завладала епидемија

Истраживања органофосфорних једињења почела су прије више од 150 година, а нарочито су интензивирани посљедњих 70 година када се увидјело да многа од ових једињења могу имати велики практични значај (Sokalski 2007). Још 1850. године Moschin је извео синтезу тетраетилпирофосфата. Педесет година касније, Michaelis је синтетизовао амидо естре цијанофосфата, а Lange и Krüeger (1930) естре флуорофосфата (бојне отрове сарин и соман). За вријеме Другог свјетског рата, њемачки научник Gerhard Schreder синтетизовао је већи број једињења, од чега су неки због своје високе токсичности и испарљивости предвиђени за употребу као нервни гасови у рату (Ramesh 2005). Срећом, ова једињења нису примијењена у Другом свјетском рату, вјероватно усљед страха од могућих савезничких репресалија, који су имали једињења сличне структуре (DFP). Ради примјене у ратне сврхе и уништавања људи у концентрационим логорима, националистички режим желио је да има ова једињења на

лагеру. Још 1935. године биолог Kükenthalu утврдио је јако физиолошко дјеловање органофосфорних једињења. За неколико органофосфорних једињења структурално сличних нервним бојним отровима табану и сарину, утврђено је да испољавају токсично дјеловање на инсекте.

Систематски развој органске хемије фосфора почиње радовима Michaelis-а и Arbuzov-а, који су на основу читавог низа нових реакција поставили темеље теоријске органске хемије фосфора (Ganesan et al. 2011). Практичан значај ова једињења добила су са радовима Schreder-а. Са њим почиње нов период индустријске производње инсектицида из групе органских једињења фосфора.

Schreder и његови сарадници већ 1937. године дају основну структуру за једињења са контактним инсектицидним дјеловањем, која је 1950. године развијена у структуру са општим обликом. Значајно откриће у том периоду представља и синтеза једињења E-605, које је касније добило назив паратион. Синтезу овог једињења извршио је Schreder 1944. године, а производња овог инсектицида почиње 1948. године под називом ниран или тиофос.

Тако је почела ера развоја органофосфорних једињења која имају примјену у пољопривреди, јавном здравству и медицини. Тај интерес за синтезу нових органофосфорних једињења и испитивање њихових инсектицидних и других својстава није јењавао све до данашњих дана. У овом периоду синтетизовано је око 1.000.000 једињења, испитано је око 100.000 органофосфорних једињења, а након веома сложених истраживања и тестирања преко 150 једињења добило је дозволу за практичну примјену, на бази којих је формулисан многоструко већи број препарата који имају сличну примјену за сузбијање различитих врста инсеката и гриња. У том дугогодишњем периоду истраживања утврђено је да се ради о веома интересантној класи хемијских једињења. Различита органофосфорна једињења веома се разликују у погледу физичко-хемијских особина, а нарочито у погледу напона пара и растворљивост у води. Они се посебно разликују у погледу хемијске стабилности и токсичности за сисаре. Посебну пажњу истраживача привукло је разматрање проблема њиховог механизма дјеловања. Због специфичног механизма дјеловања (антихолин-естеразно дјеловање) данас се о органофосфорним једињењима не може говорити одвојено од холинестераза. Посљедњих година, истраживања су усмјерена на синтезу нових органофосфорних једињења која ће бити мање токсична за човјека, а да при том буду што ефикаснија за инсекте и друге штетне биолошке агенсе. Тако је развој ових једињења обиљежен једним парадоксом у токсикологији: тенденција није била усмјерена на стварање

што токсичнијих једињења него су истраживања усмјерена ка стварању једињења мањег степена токсичности.

Проналазак и примјена првог хербицида представљао је праву револуцију у биљној производњи (Јањић 2005). То се сматрало најкрупнијим проналаском који је имао примјену у пољопривреди. Од тог периода, стално су створани нови и нови хербициди, разрађивани су нови технолошки поступци, а нови производни процеси постали су све једноставнији и ефикаснији. Тако су створене огромне класе једињења, од фенокси једињења, преко триазина, диазина, карбамата, карбамида, дипиридила, до најновије класе једињења сулфонилуреа, имидазолинона и многих других једињења. И када су пронађена најновија једињења која имају специфичан механизам дјеловања (дјелују на инхибицију синтезе ензима ацетолатат синтетазе, ензима који каталише синтезу три есенцијалне аминокиселине – леуцина, изолеуцина и валина) и који се употребљавају у сто до хиљаду пута мањој количини по јединици површине од класичних хербицида, мислило се да су ријешени сви проблеми у сузбијању корова. Ова почетна истраживања сулфонилуреа била су најубудљивија истраживања у области хербицида, а програм стварања сулфонилуреа постаје један од највећих истраживачких програма у историји развоја агрохемикалија. Од тада па до 1987. године, 14 свјетских агрохемијских компанија патентирало је 230 сулфонилуреа као хербицида, од чега је 169 (или 4%) било из Du Ponta.

7.3. Производња, промет и примјена пестицида

Ако се има на уму однос између могућих ефеката и улагања, онда се на основу провјерених рјешења слободно може тврдити да се максимални ефекти уз минимална улагања могу постићи сузбијањем штетних биолошких организама. За сузбијање тако великог броја штетних организама који нападају биљке свуда у свијету, а нарочито у развијеним земљама, троше се огромне количине пестицида. Од 1945. године, када се рачуна да је свјетска производња пестицида износила око 100.000 тона, данас се рачуна да је производња пестицида достигла ниво преко 4.000.000 тона (Таб. 7.2) (FAOSTAT 2017). Данашња свјетска производња пестицида заснива се на употреби преко 1.000 различитих једињења, а производи близу 100.000 препарата (Michael 2009).

Када је у питању потрошња пестицида онда се из Таб. 7.2. види да је потрошња пестицида у свијету за посљедњих седамнаест година (период 2000–2017) порасла за 34,5%, односно за 27 година (1990–2017) порасла је за 78,71% (Таб. 7.3). У овом периоду највеће повећање потрошње пестицида

остварено је у земљама Океаније (за 218,18%) и Америке (108,81%), а знатно мање у Азији (96,90%) и Африци (40,35%). Интересантно је истаћи да је потрошња пестицида у Европи за посљедњих четврт вијека остала скоро непромијењена, односно смањена је за 3%. Исто тако, интересантно је поредити пољопривредне површине и потрошњу пестицида у појединим континентима, датим у Таб. 7.4. Из података се види да су велики потрошачи пестицида у односу на пољопривредне површине Африка и Океанија, а да је учешће у потрошњи пестицида у Америци и Азији мање од њиховог учешћа у пољопривредним површинама (Таб. 7.4). И по овом критеријуму Европа се налази у оптималном односу. У многим европским земљама потрошња пестицида по хектару обрадиве површине није велика и износи 1,83–2,37 кг а.м. по хектару, за разлику од многих ваневропских земаља гдје је потрошња пестицида по хектару обрадиве површине неколико пута већа и креће се чак и до 20 кг ха⁻¹ (Таб. 7.5, 7.6).

Таб. 7.2. Потрошња пестицида у свијету у периоду 2000–2017.

(<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Table 7.2. Pesticide consumption in the world in period 2000-2017

(<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Година	Потрошња у тонама а.м.	Индекс (2000. г. =100)
2000	3.059.522	100,0
2002	3.043.312	99,5
2004	3.311.319	108,2
2006	3.418.241	111,7
2008	3.727.261	121,8
2010	3.880.328	126,8
2012	4.081.081	133,4
2014	4.143.202	135,4
2016	4.116.832	134,6
2017	4.113.591	134,5

Поред великог значаја за биљну производњу, пестициди могу бити узрочници озбиљних штетних посљедица у животној средини. Са овим проблемима човјечанство се срело у оштром облику у посљедњим деценијама прошлог вијека, а нарочито у развијеним земљама. Они могу да изазову најразличитије

Таб. 7.3. Потрошња пестицида у свијету на појединим континентима у периоду 1990–2016. (000 тона) (<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Table 7.3. Pesticide consumption in the world in some continents in period 1990–2016 (000 tons) (<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Година	Свијет	Индекс	Америка	Азија	Европа	Африка	Океанија
1990	2.302	100,00	636	1.097	490	57	22
1995	2.712	117,81	732	1.438	462	50	30
2000	3.059	132,88	895	1.620	445	61	38
2005	3.381	146,87	1.027	1.750	446	74	39
2010	3.880	168,55	1.189	2.130	433	80	49
2015	4.121	179,02	1.394	2.102	476	91	58
2016	4.116	178,80	1.373	2.110	486	91	58
2017	4.114	178,71	1.328	2.160	476	80	70

промјене у биолошкој равнотежи, да изазову деградацију животне средине, да токсично директно или индиректно угрозе здравље човјека и животиња и да се сами или преко својих деградационих производа укључе у ланац исхране. Те штете могу да се одразе и на друга жива бића, између којих у природи постоји стална еколошка условљеност и повезаност. Потенцијално загађивање хране не настаје само пестицидима, у свим технолошким процесима производње, прераде и складиштења сировина и финалних производа за исхрану, већ и великим бројем других једињења која се директно примјењују ради повећања пољопривредне производње (минерална ђубрива, антибиотици) и побољшања квалитета појединих производа (адитиви).

Загађивање хране настаје и многим другим једињењима која спонтано доспијевају на пољопривредне површине путем загађивања ваздуха, земљишта, атмосферских, површинских и подземних вода (полихлоровани диоксини, полициклични ароматични угљоводоници, полихлоровани бифенили и хексахлорбензен и друга ненамјерно емитована једињења). Зато се сматра да данас у свијету од свих загађивача које човјек уноси у организам око 90% доспијева храном (Robert et al. 2015).

Таб. 7.4. Преглед пољопривредних површина и потрошње пестицида на појединим континентима у периоду 2000–2016. (<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Table 7.4. Review of agricultural areas and pesticide consumption in some continents in period 2000-2016 (<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Континент	% пољопр. површина	% потрошња пестицида
Азија	51,2	39
Америка	33,3	29
Европа	11,8	12
Африка	2,2	11
Океанија	1,8	9

Таб. 7.5. Просјечна потрошња пестицида у неким европским земљама (кг а.м. ха⁻¹ обрадивих површина)

(<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Table 7.5. Average pesticide consumption in some European countries (kg a.m. ha⁻¹ of cultivated areas) (<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Земља	Фунгициди	Хербициди	Инсектициди	Укупно
Немачка	0,70	1,08	0,05	1,83
Француска	1,11	1,08	0,10	2,29
Шпанија	1,46	0,60	0,31	2,37

Таб. 7.6. Преглед земаља које троше највеће количине пестицида на засијаним површинама (кг ха⁻¹) (<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Table 7.6. Review of countries that use the largest amounts of pesticides on cultivated areas (kg ha⁻¹) (<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>)

Земља	1990	2000	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2017
Кина	5,74	9,91	11,22	12,66	13,72	14,41	14,82	14,82	13,06	13,07
Бразил	0,87	1,98	2,55	2,80	3,67	4,02	3,94	4,36	5,98	5,95
Колумбија	3,64	16,69	28,46	29,18	14,02	14,50	14,11	20,79	-	-
Чиле	2,42	-	5,08	14,85	18,41	17,1	14,22	15,60	5,69	5,68
Јапан	-	16,53	13,72	13,97	12,69	12,10	12,03	11,85	11,41	11,76
Италија	8,40	7,04	7,96	7,49	7,93	7,34	6,36	6,45	6,59	6,14

У производњи, промету и примјени данас се у свијету налази огроман број пестицида. Компјутеризован списак садржи преко 5.000.000 јединица која

испољавају у мањем или већем степену својства пестицида. Ипак, од тако великог броја једињења само мали број једињења нашао је широку практичну примјену. Данас савремени асортиман чини око 1.000 једињења који се широко употребљавају у многим земљама у свијету, од чега 250 припада категорији хербицида, 250 категорији инсектицида, 100 категорији фунгицида, 20 категорији нематоцида и 30 категорији регулатора растења биљака, дефолијаната и десиканата (Таб. 7.7, 7.8, 7.9). Тако велики број једињења и поготово њихових препарата (око 100.000) компликује читав рад са пестицидима. Због постојања огромног броја пестицида и сталне производње препарата са новим или дјелимично измијењеним особинама, развој и називе производа ове гране хемијске индустрије веома је тешко пратити. Ово утолико прије што појава нових препарата не значи да је дошло и до открића нове активне супстанце пестицида. Зато се јавља потреба да се примијене различите класификације или подјеле пестицида.

Таб. 7.7. Асортиман савремених хербицида према групама хемијских једињења (Јанјић 2005)

Table 7.7. Assortment of the contemporary herbicides according to the groups of chemical bonds (Janjić 2005)

Група једињења	Број једињења
Алифатичне карбонске киселине и њихове соли	6
Арилоксиалкилкарбонске киселине и њихови деривати	25
Ароматичне карбонске киселине и њихове соли	18
Амиди и анилиди карбонских киселина	22
Алдеhide, кетони и хинони	7
Феноли и њихови прости и сложени естри	14
Деривати 2,6 динитроанилина	13
Деривати карбаминске тио и дитиокарбаминске киселине	29
Деривати карбамида и тиокарбамида	32
Деривати дипиридила	5
Хетероциклична једињења са 5 атома у циклусу	12
Шестоциклична једињења (без триазина)	25
Симетрични и асиметрични триазини	32
Једињења арсена	5
Органска једињења фосфора	9
Укупно	254

Таб. 7.8. Асортиман савремених фунгицида према групама хемијских једињења (Јањић 2005)

Table 7.8. Assortment of the contemporary fungicides according to the groups of chemical bonds (Janjić 2005)

Група једињења	Број једињења
Органска једињења бакра	11
Органска једињења олова	4
Органска једињења фосфора	9
Деривати карбамида	4
Деривати гуанидина	4
Естри нитрофенола	4
Деривати фталимида	4
Хлор и хлорнитро деривати	7
Тио и дитиокарбамати	10
Естри карбаминске киселине	2
Мјешовити амиди сумпорне киселине	2
Хинони	2
Засићени феноли и њихови прости естри	7
Тиоцијанати	1
Хетероциклична једињења	21
Неорганска једињења сумпора	3
Неорганска једињења бакра и соли	6
Органска једињења арсена	2
Укупно	103

Још седамдесетих година прошлог вијека, тачније 1967, трошкови синтезе и испитивања за производњу једног новог једињења износили су 4–5 милиона долара. Данас је потребно девет година истраживања да се добије један пестицид, испитује се 140.000 једињења, а трошкови износе 180 милиона долара (Таб. 7.10) (Matolscy and Nadasy 1989; Fred et al. 2006).

За вријеме док се изводе двогодишња и трогодишња испитивања новосинтетисаних једињења на отвореном пољу, у различитим климатским и земљишним условима одвија се низ других проучавања која треба да допринесу рјешењу избора најповољније формулације, стварању метода за једноставно одређивање активне супстанце и његових метаболита, синтеза активне супстанце са маркираним, радиоактивним атомима, припрема за полуиндустријску и индустријску производњу, као и припреме за тржиште. Структура тих трошкова приказана је у Таб. 7.11.

Таб. 7.9. Асортиман савремених инсектицида-акарицида према групама хемијских једињења (Јанјић 2005)

Table 7.9. Assortment of the contemporary insecticides-acaricides according to the groups of chemical bonds (Janjić 2005)

Група једињења	Број једињења
Органска једињења хлора и брома	29
Органофосфорна једињења	125
Деривати карбаминске киселине	37
Нитрофеноли и њихови естри	5
Синтетички пиретроиди	11
Сулфиди, сулфони и деривати сулфо киселина	7
Естри сумпорасте киселине	4
Амиди киселина и амидини	6
Естри карбонских киселина	5
Хетероциклична једињења	15
Органска једињења олова	3
Тиоцијанати и изотиоцијанати	3
Прости естри и ацетали	2
Деривати хидразина	2
Деривати карбамида	2
Укупно	256

Таб. 7.10. Преглед испитивања броја једињења за добијање једног пестицида и трошкови тих испитивања (Matolscy and Nadasy 1989)

Table 7.10. Review of examinations of bond numbers used for creating a pesticide and costs of the examinations (Matolscy and Nadasy 1989)

Година	1956	1964	1967	1969	1970	1972	1984	2016
Број испитиваних једињења	1.800	3.600	5.500	5.040	8.000	10.000	22.000	35.000
Индекс (1956=100)	100	200	306	280	444	556	1.200	1.944
Трошкови (милиона долара)	1,2	2,9	3,4	4,1	5,5	10,0	45,0	140-160
Индекс (1956=100)	100	242	283	342	458	833	3.750	11.667

Европска унија је планирала да изврши ревизију активних материја пестицида регистрованих прије 16. јула 1993. године (Европска комисија (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>)). Прва листа обухватила је 90

активних материја које су повучене из промета октобра 2000. године. Друга приоритетна листа, која је објављена у фебруару 2000. године, садржи 148 активних материја пестицида. У трећој фази програма налази се 426 активних материја које захтијевају преглед и ревизију. Рачуна се да око 834 активне материје подлијежу поступцима ревизије. Европска комисија за регистрацију пестицида процјењује да више од 500 активних материја пестицида (око 60% од укупног броја) неће задовољити услове за регистрацију. Према процјенама Европске уније, око 230 активних материја пестицида биће добровољно повучено од самих произвођача пестицида. Садашња ситуација је таква да десет агрохемијских компанија контролише 84% укупне свјетске продаје пестицида. На Граф. 7.1, 7.2. и 7.3. дати су подаци о броју активних материја хербицида, инсектицида и фунгицида и година када им истиче одобрење за примјену. Такве и огромне промјене у структури пестицида изазваће веома озбиљне проблеме у сузбијању различитих и изузетно штетних биолошких агенаса који нападају биљке и умањују биљну производњу, не само код нас него и у свијету.

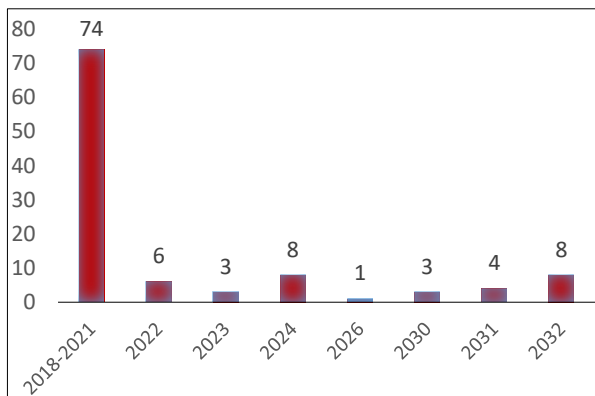
Таб. 7.11. Трошкови изналажења нових пестицида (Fred et al. 2006)

Table 7.11. Costs of finding the new pesticides (Fred et al. 2006)

Фазе испитивања	% од укупних трошкова
Хемија	22,3
Биологија	23,9
Токсикологија, метаболизам и утицај на животну средину	23,4
Разрада технологије за производњу и израду формулације	10,8
Регистрација и патентирање	6,0

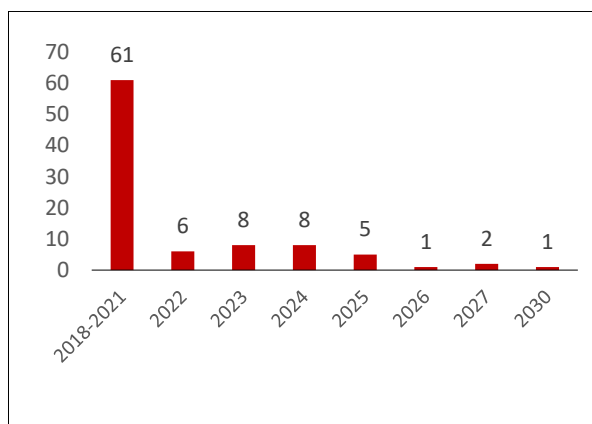
Према бази података за пестициде које објављује Европска комисија (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>), у области пестицида стање је сљедеће:

– одобрено активних материја	492
– нису одобрене	833
– на чекању	38
– забрањене	20
Укупно:	1.383



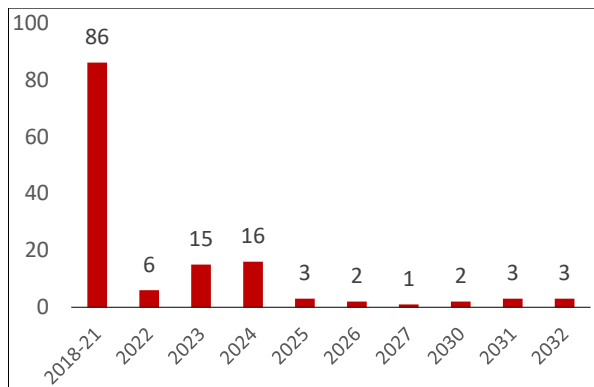
Граф. 7.1. Преглед броја активних материја хербицида и година када им истиче одобрење Европске комисије за примјену (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>)

Graph. 7.1. Review of number of herbicides active ingredients and year when the license for application by European commission expires (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>)



Граф. 7.2. Преглед броја активних материја инсектицида и година када им истиче одобрење Европске комисије за примјену (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>)

Graph. 7.2. Review of number of insecticides active ingredients and year when the license for application by European commission expires (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>)



Граф. 7.3. Преглед броја активних материја фунгицида и година када им истиче одобрење Европске комисије за примјену (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>)

Graph. 7.3. Review of number of fungicides active ingredients and year when the license for application by European commission expires (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>)

7.4. Производња хране као услов људског живљења

Развој појединих друштава и држава заснован је на науци, а и живот у њима је тиме одређен. Све мање мјеста оставља се стихији. У ствари, зналачко и разумно коришћење науке треба да све више потискује стихију. То је основни задатак и смисао који окупља све људе свијета. Али, ипак ми живимо у свијету многих и веома заоштрених супротности: на једној страни глад, а на другој страни преобиље огромних могућности за сузбијање тих сметњи. У таквој констелацији налази се свијет данас.

Становништво које се удвостручавало сваких 50.000 година током првих милион година свог људског постојања, сада се удвостручује сваких 40–50 година. Данас у свијету има 1–1,5 милијарди гладних и недовољно исхрањених становника и преко 150 милиона дјеце (WHO 2018). То значи да данас на планети има више гладних него што је укупно било људи на свијету крајем претпрошлог вијека. Зато ће обезбјеђење хране наредних 50 година вјероватно бити не мањи посао него што је изградња цјелокупне цивилизације до данашњег дана. Страшна подјела свијета на трећину која има обиље хране и друге двије трећине које немају довољно хране или су на рубу глади, проблем је с којим се човјечанство непрекидно суочава и тражи рјешење. Поставља се питање како и на који начин изаћи из сиромаштва из којег проистиче недовољна исхрањеност и глад. Прва и

пресудна претпоставка за то је политика развоја пољопривредне производње у свим земљама које се суочавају са проблемом глади. Оне су дужне да учине све напоре да обезбиједи довољне количине хране за своје становништво. Међународна заједница била би дужна да помогне напоре неразвијених земаља за постизање таквог хуманог циља. У овим земљама проширење земљишних површина један је од значајнијих фактора на који се може ослонити експанзија пољопривредне производње. У привредно неразвијеним подручјима свијета могле би се обрадиве површине повећати за неких 20%. То нарочито вриједи за велика подручја Африке и Јужне Америке, гдје се привођење култури постојећих површина може постићи с релативно ниским улагањем. Од укупне површине планете, у свијету је свега 10,6% приведено култури (FAO 2018). На појединим континентима и подручјима свијета, нарочито у привредно неразвијеним подручјима, од укупне површине само незнатан дио користи се за пољопривредну производњу. Тако нпр. у Аустралији и Новом Зеланду – 3,9%, Африци – 5,2%, Јужној Америци – 4,4% од укупне површине користи се за пољопривредну производњу. Од укупних површина, највећи дио земљишта приведен је култури у Европи (32,1%) и Азији (18,9%). Сматра се за свијет у цјелини да се свега 44% користи и обрађује у односу на површине које се процјењују да би се могле привести култури.

Један од сљедећих проблема који се везује за обезбјеђење довољних количина хране јесте и проблем недовољног коришћења различитих врста биљака у исхрани. Процењује се да је, од укупно 250.000–300.000 врста које данас постоје на планети, око 10.000 до 50.000 јестивих врста биљака, мада се непосредно за људску исхрану користи тек око 5.000 врста, а при томе три јестиве врсте биљака – кукуруз, пшеница и пиринач – задовољавају чак 60% људских потреба за калоријама и протеинима (Stevanović i Vasić 1995). Остаје, дакле, у глобалним размјерама огроман потенцијал неискоришћеног биљног диверзитета за исхрану будућих покољења наше планете.

Закони понуде и потражње имају пресудну улогу у исхрани. Нема земље у свијету која би била у могућности да у вишегодишњем периоду обезбиједи потребе цјелокупног становништва за свим намирницама. Број становника непрестано расте, тако да долази до раскорака између потреба становништва и расположивих намирница. Производња хране у свијету одвија се у различитим подручјима, али често тако да не постоји корелација између броја становника и пољопривредне производње. Многе земље не производе оне количине хране које се налазе у пропорцији са бројем становника који на том подручју живе. Зато су такве земље упућене на увоз хране из других подручја, односно држава, а то није увијек могуће из економских, политичких и других разлога.

Производња хране и средстава за њено увећање је у рукама приватног капитала који је мотивисан једино профитом. Због тога што су потребна већа улагања, земљишта неповољних особина у мањем степену се користе за пољопривредну производњу. Генерално, може се рећи да се земљишта бољих физичких и хемијских особина (као што су чернозем, црвено-жута тропска земљишта, terra rosa и алувијална) у већем степену користе за пољопривредну производњу, мада се и ова земљишта користе нешто више од 50%.

Површине подесне за пољопривредну производњу веома су мале у свијету. Да би се разумјела ограниченост коришћења земљишта, треба имати у виду чињеницу да се, од 13 милијарди хектара, само 11% може без ограничења користити за пољопривредну производњу (Faostat 2019). Око 28% од укупних површина изложено је прекомјерној суши, око 23% површина изложено је утицају штетних хемијских једињења, 22% су сувише плитка земљишта, 10% су веома влажна и подводна земљишта, док је 6% површина у зони вјечитог леда и хладноће. То значи да свијету стоји на располагању само 1,5 милијарди хектара земљишта на којем треба да се организује производња која треба да подмири све већу тражњу становништва.

Тако се долази до једног новог свјетског проблема – појаве да произвођачи хране желе да постигну што веће приносе на земљиштима повољних особина, која заузимају ограничене површине. У настојању да се обезбиједи довољне количине хране за стално растући број становника, човјек је интензивно почео да ствара нове сорте и хибриде биљака, да употребљава веће количине минералних ђубрива и да употребљава веће количине пестицида за заштиту биљака од фитопатогених организама, штетних инсеката и коровских биљака. Нове сорте и хибриди у највећем броју случајева осјетљивији су на многе неповољне услове, а поготово на проузроковаче болести, штетне инсекте и коровске биљке.

7.5. Проблеми исхране у свијету

Питање исхране, поред питања мира, несумњиво је најважнија преокупација савременог човјечанства. Од појаве човјека на земљи па до 1830. Године, број становника наше планете достигао је цифру од једне милијарде. За само 20 година, од 1860. до 1880, човјечанство се повећало за исто толики број, а до краја 2000. године број људи износио је 6,5 милијарди, а данас је достигао цифру од 7,6 милијарди (FAO 2019). Главни

узрок проблема исхране у свијету је пораст броја становника, о чему свједоче подаци у Таб. 7.12.

Таб. 7.12. Пораст броја становника у свијету (FAO 2019)

Table 7.12. *The world population growth (FAO 2019)*

Година	Број становника у милионима	Просјечни годишњи прираштај у милионима	Пораст 500 милиона становника у временском периоду година
1630	400	3	170
1800	900	7	70
1900	1.600	10	50
1940	2.000	40	13
1950	2.400	50	10
1960	2.900	60	8
1970	3.500	100	5
2000	6.500	100	5
2010	6.957	46	-
2015	7.380	87	-
2018	7.631	84	-

Као што се из Таб. 7.12. види, у периоду 1630–1800. било је потребно 170 година да би на Земљи порастао број становника за 500 милиона, у периоду 1800–1900. године само 70 година, а посљедњих 30 година нашег вијека само 5 година. То значи да је у периоду 1980–2000. године просјечан годишњи прираштај износио око 100 милиона људи. Ако се зна да се број становника наше планете двоструко увећава за сваких 40–50 година, то значи да постоји потреба да се и производња хране повећа за око 35% годишње. Отуда закључци и поруке Организације за исхрану и пољопривреду (FAO 2004) указују: „Сада у свијету има више гладних људи него у било којем досадашњем периоду свјетске историје, а њихов број стално се повећава”.

Тридесет година након завршетка Другог свјетског рата, човјечанство се поново сукобило с феноменом глади 1972. године. Просјечни становник привредно неразвијеног дијела свијета трошио је почетком шездесетих година свега 71%, а седамдесетих година 69% калорија у односу на становника развијених земаља. У привредно развијеном дијелу свијета повећала се енергетска и протеинска потрошња, тако да је просјечни становник трошио почетком седамдесетих година чак 23% више калорија него што износе његове енергетске потребе (FAO 2004). Анализирајући

прилике у појединим подручјима долази се до закључка да почетком овог миленијума све развијене земље достижу сатурациони ниво исхране (са око 13.605 џула по становнику дневно), чиме се осјетно премашују енергетске потребе становништва. Насупрот тим подручјима, скромни су резултати постигнути у Африци, на Далеком истоку и у Латинској Америци. Сматра се да је свега 3% становништва у привредно развијеним земљама угрожено од глади, а на Далеком истоку чак 30%. У Африци је сваки четврти становник потхрањен, на Далеком истоку сваки шести, а у Латинској Америци сваки осми. Свјетска криза исхране становништва, која је почела 1972. године, нужно је повећала наведене бројеве и апсолутно и релативно. Порасле цијене хране, првенствено жита, погоршале су исхрану најсиромашнијих. У читавим подручјима хране једноставно више није било довољно. То је довело до појаве глади у низу земаља: Анголи, Сомалији, Танзанији (Африка), Бангладешу, Индији, Индонезији, Филипинима (Азија), Авганистану и оба Јемена (Блиски исток), Боливији, Ел Салвадору и Хаитију (Латинска Америка).

Да би уједначила критеријуме за утврђивање недостатка хране у некој земљи, FAO је узела тзв. трошкове одржавања организма (на нивоу 1,5 пута веће потребе од базалног метаболизма), што је ниже него потребе организма за умјерену активност. Тај критеријум даје за Азију нпр. доњу границу потхрањености за младе мушкарце од 7.955 џула дневно, а за земље у којима је тежина тијела већа – 8.374 џула (FAO 1988). Према таквим критеријумима, шестина свјетског становништва (око 460 милиона) нема довољно хране да подмири своје потребе. У ствари, број је много већи, будући да се као потхрањени рачунају само они који задовољавају заиста минималне потребе. Од тог броја, само у Индији је око 150 милиона активно угрожено глађу, у Латинској Америци 110 милиона, а у Африци око 60 милиона становника. Недавна истраживања Свјетске панамеричке здравствене организације у Латинској Америци показала су да, од укупно умрле дјеце старости до 5 година, више од половине умире због недостатка хране. По процјенама FAO (1995), заснованим на клиничким, антропометријским и другим истраживањима, у привредно неразвијеним земљама је око 50% дјеце старости до 5 година неадекватно исхрањено (од чега око 10 милиона дјеце пати од тешке неисхрањености, 80 милиона због неисхрањености, а даљих 120 милиона због блаже изражених, а тиме и теже дефинисаних облика слабије, неадекватне исхране).

Ваља истаћи да је у овим земљама проширење земљишних површина један од значајних фактора на који се може ослонити експанзија пољопривредне производње. Стручњаци FAO (2003) процијенили су да би се у привредно неразвијеним подручјима свијета могле обрадиве површине повећати за

неких 20% (од 740 милиона хектара у 1970. на 890 милиона хектара у 2000. години). То нарочито вриједи за велика подручја Африке и Јужне Америке, гдје се привођење култури постојећих површина може постићи с релативно ниским улагањем. У Таб. 7.13. дати су подаци о укупној површини појединих подручја свијета и обрађиваној површини земљишта.

Таб. 7.13. Укупна површина и степен коришћења земљишта у различитим дијеловима свијета (милиона ха)
(www.fao.org/faostat/en/#dataRL)

Table 7.13. Total area and level of land use in different parts of the world
(millions of hectare) (www.fao.org/faostat/en/#dataRL)

Географска област	1	2	3	4	5
Африка	310	158	5,2	734	22
Азија	2.740	519	18,9	627	83
Аустралија и Н. Зеланд	820	32	3,9	153	21
Европа	480	154	32,1	174	88
Сјеверна Америка	2.110	239	11,3	465	51
Јужна Америка	1.750	77	4,4	681	11
Земље без СССР	2.240	227	10,6	356	64
Укупно	13.150	1406	10,6	3.190	44

1 – Укупна површина земљишта, 2 – Обрађивано земљиште, 3 – % од укупне површине, 4 – Потенцијално за коришћење, 5 – Однос обрађиваног и потенцијалног за обраду (%)

Из података се види да је од укупне површине земље у свијету свега 10,6% приведено култури. На појединим континентима и подручјима свијета, нарочито у привредно неразвијеним подручјима, од укупне површине само незнатан дио користи се за производњу. Тако нпр. у Аустралији и Новом Зеланду 3,9%, Африци 5,2% и Јужној Америци 4,4% од укупне површине користи се за пољопривредну производњу. Од укупних површина највећи дио земљишта приведен је култури у Европи (32,1%) и Азији (18,9%). Такође се из података уочава да се у свијету и појединим његовим дијеловима још увијек незнатан дио земљишта, свега 44% за свијет у цјелини, користи и обрађује у односу на површине које се процјењују да би се лако могле привести култури. Од земљишта које се може користити за производњу у неким континентима и дијеловима свијета само незнатан дио се стварно и користи. На примјер, у Јужној Америци 11%, Аустралији и Новом Зеланду 21%, Африци 22%, Сјеверној Америци 51%, док у Азији тај проценат износи 83%, а у Европи 88%.

Закон понуде и потражње има пресудну улогу у исхрани. Нема земље која би била у могућности да у вишегодишњем периоду обезбиједи потребе цијелокупног становништва за свим намирницама. Све земље настоје да повећају производњу хране. Међутим, број становника, а нарочито у срединама гдје се не планира број чланова породице, непрестано расте (демографска експлозија), тако да долази до раскорака између потреба становништва и расположивих количина намирница. Производња хране у свијету одвија се у различитим подручјима, али често тако да не постоји корелација између броја становника и пољопривредне производње (Јанјић 2005). Ова ситуација у свијету представљена је у Таб. 7.14.

Таб. 7.14. Популација и пољопривредна производња у различитим подручјима свијета 2002. године
(www.fao.org/faostat/en/#dataRL)

Table 7.14. Population and agricultural production in different parts of the world in 2002 (www.fao.org/faostat/en/#dataRL)

Географска област	% становништва од укупног становн. у свијету	% пољ. произв. од укупне пољ. произв. у свијету
Западна Европа	8,3	16,2
Источна Европа	8,4	16,9
Земље б. СССР и Азија (без Јапана)	56,9	33,6
Африка	8,6	4,8
Аустралија и Нови Зеланд	0,1	1,6
Сјеверна Америка	5,6	15,1
Латинска Америка	8,3	8,0

Из података датих у Таб. 7.14. уочава се да многе земље не производе оне количине хране које се налазе у пропорцији са бројем становника који на том подручју живе. Зато су такве земље упућене на увоз хране из других подручја, односно држава, а то није увијек могуће из економских, политичких и других разлога.

Из свега што је речено произилази да је и данас глад пратилац људског друштва и да се можда јаче надија над човјечанством него икад досад. Због тога је есенцијално питање даљег развоја земаља у развоју налажења стратегије и тактике за бржи развој пољопривредне производње. Читава свјетска заједница мора створити стратегију за рјешавање свјетског проблема исхране и на тај начин спријечити и отклонити глад и страх од глади и тако створити нову и срећнију будућност човјечанства у цјелини.

7.6. Штете које наносе штетни организми биљној производњи и улога пестицида

Живи свијет је веома богат и разноврстан. Од укупног броја врста на планети који се, према различитим процјенама, креће између 80 и 100 милиона, само мали дио (2–5%) биолошког диверзитета упознат је и детаљније описан. У читавом свијету сматра се да око 67.000 врста штетних организама напада гајене биљке. Од тог броја, око 900 врста припада инсектима и грињама, 50.000 врста патогеним микроорганизмима и око 8.000 врста коровским биљкама (Сапап 2013). У земљама са веома интензивном пољопривредном производњом, сматра се да фитопатогени микроорганизми, штетни инсекти и корови умањују приносе за око 30%, док ово смањење у земљама са екстензивном пољопривредном производњом износи у многим случајевима и преко 50%.



Сл. 7.1. *Tilletia tritici* – проузроковач главнице пшенице (Фото Тркуља В)
Fig. 7.1. *Tilletia tritici* – causal agent of wheat bun (Photo Trkulja V)



Сл. 7.2. *Erwinia amylovora* – проузроковач пламењаче јабучастих воћака (Фото Тркуља В)
Fig. 7.2. *Erwinia amylovora* – causer of fireblight at the apple fruit trees (Photo Trkulja V)

На Сл. 7.1–7.13. приказане су штете које могу да изазову различите врсте штетних организама који нападају биљке и користе их за своју исхрану. Зато многи сматрају да фитопатогени микроорганизми, штетни инсекти и корови сваке године умањују производњу у свијету која је довољна за исхрану пола милијарде људи. Отуда и овом приликом треба истаћи да се човек за своју исхрану користи само оним што му штетни биолошки агенси оставе или још прецизније изражено да сваки трећи произвођач у области пољопривреде ради за штеточине.



Сл. 7.3. *Streptomyces scabies* – проузроковач обичне краставости кромпира (Фото Тркуља В)
Fig. 7.3. *Streptomyces scabies* – causer of the common potato scab (Photo Trkulja V)



Сл. 7.4. *Plum pox virus* – вирус шарке шљиве (Фото Тркуља В)
Fig. 7.4. *Plum pox virus* – virus of stone plum (Photo Trkulja V)



Сл. 7.5. *Coconut cadang, cadang viroid* – вириод изумирања кокосове палме (Фото Тркуља В)
Fig. 7.5. *Coconut cadang, cadang viroid* – viroid of extinction of coconut leaves (Photo Trkulja V)



Сл. 7.6. *Candidatus Phytoplasma vitis* – проузроковач жутила винове лозе (Фото Тркуља В)
Fig. 7.6. *Candidatus Phytoplasma vitis* – causer of grapevine yellows (Photo Trkulja V)



Сл. 7.7. *Spiroplasma kunkelii* – проузроковач кржљавости кукуруза (Фото Тркуља В)



Сл. 7.8. *Tuta absoluta* – јужноам. мољац парадајза (Фото Тркуља В)

Fig. 7.7. *Spiroplasma kunkelii* – causer of corn stunt (Photo Trkulja V)

Fig. 7.8. *Tuta absoluta* – South American tomato leafminer (Photo Trkulja V)



Сл. 7.9. *Tetranychus urticae* – црвена копривина гриња (Фото В. Тркуља)
Fig. 7.9. *Tetranychus urticae* – red spider mite (Photo Trkulja V)



Сл. 7.10. *Bursaphelenchus xylophilus* – борова нематода (Фото В. Тркуља)
Fig. 7.10. *Bursaphelenchus xylophilus* – pine wilt nematode (Photo Trkulja V)



Сл. 7.11. *Cuscuta* sp. – вилина косица (Фото Тркуља В)
Fig. 7.11. *Cuscuta* sp. – Dodder (Photo Trkulja V)



Сл. 7.12. Усколисни корови у усеву кромпира (Фото Тркуља В)
Fig. 7.12. Narrow-leaved weed in potato crops (Photo Trkulja V)



Сл. 7.13. Широколисни корови – поље кромпира потпуно прекривено амброзијом (Фото Тркуља В)

Fig. 7.13. Broad-leaved weeds – potato field completely covered with ragweed (Photo Trkulja V)

Потенцијална опасност по здравље становништва, нарочито у развијеним земљама, расте са развојем технологије и примјене различитих једињења у процесима производње и прераде производа. Схватајући да се налазе у таквој ситуацији, многе земље у свијету, својим директивама, забраниле су или ограничиле производњу скоро 2/3 до данас познатих пестицида. Исто тако, у многим земљама започели су процеси тзв. органске производње хране у току којих се пестициди не употребљавају или се употребљавају ограничене количине само неких пестицида. Површине на којима се производи храна без употребе пестицида веома су симболичне. Приноси на оваквим површинама много су нижи, а цијене производа вишеструко веће. Зато ова производња у овој фази развоја ни приближно не може да помогне рјешавању проблема глади и недостатка хране у неразвијеним земљама. Због ограничене количине и повећаних цијена, ове ће производе користити становници богатих земаља и високог стандарда. У неким земљама у свијету уводе се у гајење трансгене биљке. Њихово гајење треба да обезбиједи стварање већег профита и користи само за произвођаче хране, али не и за широке слојеве сиромашног становништва.

Повезан са храном је и проблем енергије. Резерве нафте и угља у свијету су такве и толике да обезбјеђују несметан развој у овом вијеку. Покушаји да се енергија добија из атома коришћењем нуклеарног горива стварају низ

еколошких и далекосежних посљедица по живот на планети, тако да се о тим изворима све мање размишља и она се све мање планира у енергетским билансима у појединим земљама. Данас се и тај енергетски проблем покушава ријешити преко биљака, јер су оне једини организми који имају способност да сунчеву енергију, које има у неограниченим количинама и која се недовољно користи (свега око 2%), трансформишу у органска једињења и тако обезбиједје енергију која је неопходна за развој цивилизације. Већ данас САД планирају да, од укупне производње кукуруза, 36% утроше за производњу етанола (Анон 2019). Евидентно је и све веће гајење и производња уљане репице у свјетским размјерама за добијање био-дизела. Због тога се производња хране још више компликује, јер се ионако ограничене пољопривредне површине користе за гајење биљака које се не користе у исхрани људи и домаћих животиња него за производњу енергије у великим количинама и на великим површинама. Зато се сматра да биљна производња никада у историји људске цивилизације није била у тако сложеним односима као што је данас. Чињеница је да се односи у производњи хране између развијених и неразвијених земаља још више заостравају и компликују. На једној страни је становништво које пати од претјеране исхране и гојазности које у исхрани користи храну која у себи има састојке савремене технологије и на другој страни становништво које је потхрањено и пати од глади. Чини се да су ове појаве још израженије него раније, а да најновије технологије и подухвати те односе још више заостравају. Већ данас човјечанство располаже са техничким потенцијалима који по неким процјенама могу да производе три пута већу количину хране. Зато човјечанство без обзира на идеолошке, економске, културне и друге разлике мора створити глобалну политику и нове вриједности свог даљег развоја у производњи хране, како по количини тако и по квалитету, и тако спријечити глад и смрт од глади која је трајно присутна у развоју људског рода, нажалост данас више него икад досад.

Примјена пестицида представља једну од значајних могућности које човјеку стоје данас на располагању за повећање биљне производње, не само квантитативно већ и квалитативно, чиме у великој мјери могу да се олакшају напори за обезбјеђење довољних количина хране за становништво наше планете које се страховитом брзином повећава.

У повећању приноса гајених биљака значајну улогу одиграли су:

- генетика и селекција,
- минерална исхрана и исхрана преко листа,
- заштита биљака од проузроковача биљних болести, штеточина и короа.

Таб. 7.15. Штете од штеточина, биљних болести и корова у различитим географским областима (%) (Pimentel 1993)

Table 7.15. Damages caused by the pests, plant diseases and weeds in different geographical areas (%) (Pimentel 1993)

Географска област	Од штеточина	Од биљних болести	Од корова	Укупно
Сјеверна и Ц. Америка	9,4	11,3	8,0	28,7
Ј. Америка	10,0	15,2	7,8	33,0
Европа	5,1	13,1	6,8	25,0
Африка	13,0	12,9	15,7	41,6
Азија	20,7	11,3	11,3	43,3
Океанија	7,0	12,6	8,3	27,9

Таб. 7.16. Свјетски губици приноса различитих култура од штеточина, болести и корова (%) од вриједности потенцијалног приноса (Pimentel 1993)

Table 7.16. Global yield losses of different cultures made by pests, diseases and weeds (%) of potential yield values (Pimentel 1993)

Биљна врста	Од штеточина	Од биљних болести	Од корова	Укупно
Пшеница	5,0	9,1	9,8	23,9
Кукуруз	12,4	9,4	13,0	34,8
Пиринач	26,7	8,9	10,8	46,4
Просо	9,6	10,6	17,8	38,0
Кромпир	6,5	21,8	4,0	32,3
Шећ. репа	8,3	10,4	5,8	24,5
Шећ. трска	20,1	19,2	15,7	55,0
Поврће	8,7	10,1	8,9	27,7
Воће	7,8	12,6	3,0	23,4
Цитруси	8,3	9,5	3,8	21,6
Винова лоза	3,2	23,4	10,1	36,7

Отуда, у оквиру мјера за повећање пољопривредне производње, сузбијању штетних организама припада једно од важних мјеста. У земљама са веома интензивном пољопривредном производњом сматра се да фитопатогени микроорганизми, штеточине и корови умањују приносе за око 30%, док ово смањење у земљама са екстензивном пољопривредном производњом износи у многим случајевима и преко 50% (Pimentel 1993). У Таб. 7.15, 7.16. и 7.17. дати су подаци о штетама од штеточина, биљних болести и корова у

различитим географским областима, као и у различитим културама. Због тешкоће око израчунавања и процјене штета дати су подаци Pimentela (1993) и Agriosa (2005) (Таб. 7.15, 7.16, 7.17, 7.18, 7.19).

Таб. 7.17. Свјетски губици приноса различитих култура од штеточина, болести и корова (Pimentel 1993)

Table 7.17. Global yield losses of different species made by pests, diseases and weeds (Pimentel 1993)

Биљна врста	Приноси (милиона тона годишње)	Губици (милиона тона годишње)
Жита	960	500–510
Шећерна репа	211	69
Кромпир	270,8	129,1
Винова лоза	50,7	26,6
Соја	31,9	13,1
Засади воћа	66,6	21,4
Поврће	201,7	78,2

Таб. 7.18. Процјена производње најзначајнијих гајених биљака и губитака (милиона тона) проузрокованим болестима, инсектима и коровима у свијету (Agrios 2005)

Table 7.18. Evaluation of production of the most cultivated plants and losses (million of tons) caused by diseases, insects and weeds in the world (Agrios 2005)

Гајена биљка	Производња дња	Процјена губитака милиона тона	% губитака проузрокован			Укупан губитак приноса (%)
			Болестима	Инсектима	Коровима	
Кромпир	288	137	21,8	6,5	4,0	32,3
Жита	1.894	906	9,2	13,9	11,4	34,5
Легуминозе	57	28	11,3	13,3	8,7	33,3
Поврће	465	178	10,1	8,7	8,9	27,7
Воће	371	113	12,6	7,8	3,0	23,4
Дуван	8	3	12,3	10,4	8,1	30,8

Таб. 7.19. Губици у биљној производњи од болести, штеточина и корова
(Agrios 2005)

Table 7.19. Losses in plant production caused by diseases, pests and weed
(Agrios 2005)

Очекивана биљна производња (цијене 2002)	1,5 билион \$
Остварена биљна производња	950 милијарди \$
Биљна производња без заштите	455 милијарди \$
Стварни годишњи губици у биљној производњи	550 милијарди \$
Губици само од патогених микроорганизама (14,1 %)	220 милијарди \$

7.7. Користи од примјене пестицида

Aktar et al. (2009) сматрају да се користи од пестицида огледају у сљедећим показатељима: побољшање продуктивности, спречавање губитка приноса пољопривредних производа, сузбијање вектора узрочника заразних болести и проузроковача болести, побољшање квалитета производа, те примјена пестицида у сектору транспорта, и грађевинске и спортске инфраструктуре.

Одржавање приноса биљака. Развој пољопривредне науке довео је до спектакуларних резултата, посебно у повећању приноса гајених биљака. То повећање приноса је резултат рада на оплемењивању и селекционисању високоприносних сората и хибрида, коришћењем минералних и органских ђубрива, увођењем софистициране механизације у пољопривреди, развојем технолошких рјешења за спречавање негативних климатских утицаја (наводњавање, заштита од мраза, заштита од града), али и увођења пестицида. Пестициди су били саставни део процеса смањења губитака приноса од дјеловања корова, проузроковача болести и штеточина. Webster et al. (1999) сматрају да би без пестицида „били значајни економски губици“.

Спречавање губитака приноса гајених биљака. Постоји велики број резултата у којима се наводи да је принос на контролним парцелама био знатно мањи него на парцелама које су претходно третиране пестицидима. То је нарочито изражено код хербицида, тј. код штета које могу да нанесу корови, уколико се правилно не сузбијају. Mitrić i sar. (2016) наводе да су се на нашем подручју аутори бавили проучавањем утицаја хербицида на принос гајених биљака, хемијски састав пољопривредних производа и неке друге морфолошке и физиолошке показатеље гајених биљака (Janjić i sar. 1970, 1972, 1973, 1976a, 1976b, 1983, 1984; Marinković 1997). Malidža i sar.

(2011) су установили да је губитак приноса кукуруза на контролним парцелама 77,6% у 2010, односно 73,5% у 2011. години, у односу на принос кукуруза остварен на парцелама на којима су примијењени хербициди били најефикаснији, док је у истраживањима Јововића *i sar.* (2000) губитак приноса кукуруза на нетретираним парцелама износио 41,4%. Вјелошевић (2016) је у огледу са кукурузом утврдила да је смањење приноса кукуруза, који је цијелу вегетацију био под дјеловањем корова, износило 75,1–75,3% у односу на принос кукуруза на парцелама без корова. Шинџар *i sar.* (1988) су установили да губитак приноса кромпира на неокопаваним парцелама износи 29,7% у односу на обрађиване парцеле, тј. да је губитак 38,4% у односу на најефикаснију комбинацију хербицида. Митрић *i sar.* (2003) утврдили су губитак приноса кромпира 58,6% на парцелама које су стално биле под коровима, у односу на најефикаснију комбинацију хербицида. Милићевић (2015) је установила да је принос кромпира на парцелама са сталним присуством корова био за 29,1–34,6% мањи од приноса кромпира на којег корови нису дјеловали. Глушас *i sar.* (1994) утврдили су да је принос пасуља на неокопаваним парцелама био мањи за 23,7–37,7%, зависно од године истраживања, у односу пасуљ који је био окопаван. Мijatović *i sar.* (2000) установили су да је принос зелених махуна грашка, гајеног под дјеловањем корова, био, зависно од сорте, за 28,4–35,3% мањи него на парцелама на којима су остварени највећи приноси, а на којима су корови сузбијани хербицидима.

Сузбијање вектора узрочника заразних болести и проузроковача болести.

Многи инсекти су преносиоци узрочника заразних болести људи и животиња, као и проузроковача биљних болести. Инсектициди су дали велики допринос сузбијању вектора болести код људи и животиња, као и код биљака. Маларија, као заразна болест коју преносе комарци, још увијек узрокује око 5.000 смртних случајева сваког дана (Ross 2005). Bhatia (2004) наводи да је маларија једна од водећих узрока морбидитета и mortalитета у земљама у развоју.

Квалитет производа. Употребом пестицида значајно се повећава продуктивност пољопривредних производа, који са становишта исхране имају изузетан значај, као што је свјеже воће и поврће. Наиме, остаци пестицида у овим производима изнад максимално дозвољених откривени су у веома малом проценту узорака (2,5–3,5%), а са друге стране нутритивна вриједност ових производа је огромна.

Примјена пестицида у сектору транспорта, грађевинске и спортске инфраструктуре. Aktar *et al.* (2009) наводе да се пестициди, прије свих хербициди, у значајној мјери користе у сектору саобраћаја, посебно око

пруга и путева. Такође, разни биоциди користе се за одржавање спортских терена, као и за заштиту дрвених грађевинских конструкција од разних инсеката (поткорњаца и термити).

7.8. Ризици од употребе пестицида

Приликом производње и примјене пестицида долази до излагања нециљаних организама пестицидима и доспијевања пестицида на нециљане површине. Како се пестициди највише користе на пољопривредним површинама, које се опет највећим дијелом налазе у сеоским површинама, онда ризици од примјене пестицида посебно добијају на значају у сеоским подручјима. Ризици се могу огледати у: директном утицају на људе, контаминацији хране и утицају пестицида кроз храну, утицају на животну средину и нециљане организме, контаминацији површинских и подземних вода и заношењу пестицида на нециљане површине.

Директан утицај на људе. Примјена пестицида несумњиво је довела до многих корисних ефеката са становишта повећања продуктивности пољопривредне производње, смањења појаве заразних болести, али, са друге стране, примјена пестицида довела је и до озбиљних здравствених импликација на човјека и његово окружење (Aktar et al. 2009).

Постоји велики број доказа да неке од ових хемикалија представљају потенцијални ризик за људе и друге живе организме, али и да изазивају нежељене ефекте на окружење (Igbedioh 1991). Групе са високим ризиком су оне које су најизложеније пестицидима, а то су радници из хемијске индустрије, радници из компанија које производе препарате, те радници који раде на непосредној примјени, мијешању и претакању пестицида. Ризици су нарочито изражени за људе који живе и раде у индустријском окружењу, јер су под већим ризиком од излагања (експозиције) разним хемикалијама, које поред пестицида, укључују разне токсичне индустријске хемикалије, токсичне раствараче и инертне носаче.

Ризици од пестицида нарочито су изражени уколико они посједују својства перзистентних, биоакумулативних и токсичних или врло перзистентних и врло биоакумулативних супстанци (РВТ или vPvB). Такође, многи пестициди означени су као ендокрини дисруптори, јер потенцијално могу да узрокују негативне ефекте имитирајући или антагонизујући природне хормоне у организму. Многи научници (Brower et al. 1999; Crisp et al. 1998) појаве као што су имунолошка супресија, поремећај хормона, смањена интелигенција,

репродуктивне абнормалности и рак, доведе у вези са дуготрајним излагањем малим дозама пестицида.

Nigam et al. (1993) су радили студију на узорку од 365 радника који су у току производње били излагани хексахлор циклохексану (НСН), углавном преко коже, и који су били поређени са контролном групом од 146 радника. Резултати показују да су неуролошки симптоми уочени у 21% случајева и да су посљедице недавне изложености НСН-у биле повезане са интензитетом изложености. Поред неуролошких проблема, уочен је поремећај у ЕКГ код изложених радника. Nigam et al. (1993) су установили и позитивну корелацију између степена изложености НСН-у и повећаних вриједности ензима јетре, као што су гама-глобулин трансфераза (гама GT), алкална фосфатаза (ALP) и леуцин-аминопептидаза (LAP). Такође су се бета-глобулини значајно повећали са повећањем укупног НСН-а. Изузетно високе концентрације остатака НСН пронађене су у узорцима серума свих изложених радника.

Истраживања која су урадили Saiyed et al. (1992), испитујући здравствено стање 22 радника која су примјењивала карбаматни инсектицид метомил и била изложена њиме у трајању од 5 дана, указују да су код њих примијећене значајне промјене у активности холинестеразе (CHE), лактатне дехидрогеназе (LDH), као и у ЕКГ-у. Треба такође напоменути, да испитивани радници нису били адекватно заштићени и да су били изложени преко коже, удова и груди. Ради поређења, испитиван је утицај метомила на зечева, па је утврђено да се промјене у ЕКГ-у у испитивању код зечева, манифестују одмах по првом излагању одређеном дозом метомила, тако да се сматра да су промјене у ЕКГ-у код радника директна посљедица дјеловања метомила, а не посљедица инхибиције холинестеразе.

Gupta et al. (1984) су истраживали здравствено стање радника који раде на формулисању различитих чврстих (прашкастих) и течних формулација пестицида синтетизованих на бази малатиона, паратиона, DDT-а и линдана. Истраживања су била усмјерена на неорганизована индустријска постројења. Код тих радника примијећени су општи симптоми, као што су: главобоља, мучнина, повраћање, умор, иритација коже и очију, а забиљежена је и појава психолошких, неуролошких, кардиореспираторних и гастроинтестиналних симптома, све праћено смањеном активношћу холинестеразе (CHE).

Истраживања о дјеловању пестицида на људе такође су се темељила на студијама које су рађене на подручјима у којима је дошло до еколошког акцидента, када је већи број становника био под утицајем хемикалија. Тако је у Сесесу у Италији, 1976. године, у постројењу у којем се производио

хербицид 2,4,5-Т, дошло до инцидента у којем је ослобођена већа количина 2,3,7,8-тетрахлородибензо-Р-диоксида (TCDD) на великом, насељеном подручју сјеверно од Милана. Consonni et al. (2008) објавили су студију у којој су пратили популацију која је хронично била изложена диоксиноу. Истраживања су рађена у периоду од 1997. до 2001. године, а укључила су 278.108 испитаника који су у вријеме несреће боравили на контаминираном подручју, или су касније рођени или доселили на контаминирано подручје. Само контаминирано подручје су посматрали у три контаминирание зоне, зависно од садржаја TCDD у земљишту (зона А – веома висок садржај, зона В – висок, зона R – низак садржај), а све је поређено са становницима околних општина које нису контаминирание. Consonni et al. (2008) утврдили су да је у најзагађенијим зонама А и В повишен морталитет од лимфата и хематопоеетских карцинома. У овим зонама утврђена је повећана смртност од обољења циркулације у првој години након несреће, као и од хроничне опструктивне плућне болести и од дијабетес мелитуса.

Контаминација хране. Као мјерило здравствене безбједности хране, а у вези са остацима пестицида у храни, узима се „максимални ниво остатака пестицида“ (MRL). То је највиши законом допуштени ниво концентрације остатка пестицида у или на храни или храни за животиње.

Земље чланице Европске уније сваке године проводе анализу остатака пестицида у пољопривредним производима са свог тржишта. Број узорака се креће око 80.000 годишње, што износи око 16 узорака на 100.000 становника Европске уније. Редовно се од стране EFSA (*European Food Safety Authority*, EFSA) објављују Извјештаји о остацима пестицида у храни.

Током 2007. и 2010. године спроведен је ЕУ координисани програм за анализу остатака пестицида у девет прехранбених производа, и то: јагоде, парадајз, раж, брескве, овас, салата, празилук, главичасти купус и јабуке. Број узорака изнад MRL у 2007. кретао се од 0,9% код парадајза, до највишег прекорачења од 3,8% код овса. Број узорака изнад MRL у 2010. кретао се од 0,2% код ражи, до највишег броја узорака изнад MRL утврђених код јагоде од 2,8%.

На бази Извјештаја за 2011. годину види се да је укупно анализирано 71.164 узорака, а да је у 1.764, или 2,5% узорака, садржај пестицида био изнад дозвољеног нивоа дефинисаног горњом границом MRL. Конкретно у 2011. години највеће прекорачење MRL утврђено је за хмељ (31,6% од 19 узорака), махунарке (15,1% од 438 узорака) и биљке богате шећером (8,7% од 23 узорака). Високо прекорачење стопе MRL примијеђено је у чају, кафи, биљним мешавинама, какаоу (6,8% од 526 узорака), лиснатом поврћу (нпр. зелена салата) и свјежем зачинском биљу (нпр. першун) (6,4% од 5.589

узорака). На другом крају рангирања, најниже стопе прекорачења MRL пронађене су за храну животињског поријекла (0,1% од 1.231 узорака меса, 0,3% од 333 узорака јаја), тропско коријење и гомољасто поврће (0,2% од 418 узорака) и кромпир (0,7% од 2.359 узорака). У 2013. години у ЕУ анализиран је 1.151 узорак јагода, од чега су у 879 узорака утврђени остаци пестицида. Од укупно 1.151 анализираних узорака јагоде, у 29 узорака или 2,5% концентрација остатка пестицида премашила је MRL, док је удио неусаглашених узорака био 1,2% (14 узорака).

Утицај на животну средину и нециљане организме. Пестициди могу загађивати обрадиво и необрадиво земљиште, воду и животну средину уопште. Поред жељеног ефекта на циљане организме, пестициди дјелују и на друге нециљане организме, као што су птице, микроорганизме земљишта, корисни инсекти и живи свијет уопште. У којој мјери ће се испољити ово дјеловање зависи прије свега од тога који су организми били изложени дјеловању пестицида, у којој дози (концентрацији), на који начин и колико је та изложеност трајала.

Пчеле сигурно спадају у најризичнију скупину нециљаних организама која може бити изложена пестицидима, са великом вјероватноћом њиховог страдања при неправилном коришћењу пестицида, а прије свега инсектицида. Број пчелињих заједница у протеклих 60 година смањио се за 45% (Atkins 1992). Губици пчела у периоду 1966–1979. година приписивани су тровањима од органохлорованих инсектицида, карбата, органофосфорних инсектицида и пиретроида (Atkins 1992), а при томе ограничење примјене ових инсектицида у вријеме цвјетања није дало задовољавајуће резултате. Johnson et al. (2010) наводе да је у периоду 1981–2005. године у САД дошло до драматичног смањења пчелињих заједница са 4,2 милиона на 2,4 милиона, а тим губицима значајно су допринијеле паразитне гриње пчела *Acarapis woodi* и *Varroa destructor*. У том периоду у пољопривредну праксу уводе се инсектициди из класе неоникотиноида, као и генетички модификовани организми. Неоникотиноиди опонашају ацетилхолин и дјелују као агонисти никотинацетилхолин рецептора (nAChRs). Они узрокују трајну активацију холинергичких рецептора што доводи до хиперексцитације и смрти пчела (Jeschke and Nauen 2008).

Тровање пчела пестицидима може да буде директно и индиректно. Директно тровање настаје када пчела излетница дође у непосредан контакт са хемијским средством, било на цвијету, било у лету. Индиректно тровање може да настане приликом прелета пчела преко претходно третиране површине, на којој се не налази медоносно биље, ако се она налазила између пчелињака и медоносних биљака. Само угинуће отрованих пчела

може да се деси на мјесту изложености пестициду, тј. на цвијету, у току лета од паше до кошнице, пред кошницом (на лету кошнице и испод ње) и коначно у самој кошници. Описани начини тровања су већим дијелом везани за задесна тровања пчела насталих усљед погрешне примјене пестицида, неблаговременог информисања пчелара о планираном третирању и већином могу да буду изазвана старијим инсектицидима из класа органофосфорних и органохлорних инсектицида, који имају дигестивну и контактну токсичност и који се примјењују прскањем или орошавањем, тј. фолијарно. Ови инсектициди данас се значајно мање примјењују или је њихова примјена забрањена. Увођењем у праксу системичних инсектицида из класе неоникотиноида, чији остаци се могу наћи у полену, нектару и гутационим капима намећу другачије поимање процјене ризика пестицида за пчеле, између осталог што и сублеталне дозе ових инсектицида могу да узрокују значајне промјене у понашању пчела. Неоникотиноиди се користе за фолијарно третирање гајених биљака, третирање сјемена, као и третирање земљишта, а у циљу сузбијања штеточина. Посебан ризик за пчеле представља коришћење неоникотиноида за третирање сјемена. Данас се ови инсектициди користе за третирање сјемена памука, шећерне репе, уљане репице, кукуруза и других жита (Girolami et al. 2009). Неоникотиниди нанесени на површину сјемена гајене биљке усвајају се, транслоцирају и дистрибуирају кроз цијелу биљку, дајући јој дугорочну заштиту од штетних инсеката (Magalhaes et al. 2009; Maienfisch et al. 2001). Elbert et al. (2008) указују да је промет инсектицида у свијету за третирање сјемена 1990. године износио 155 милиона евра, а у томе су преовладавали инсектициди из класе карбата, да би 2005. године промет инсектицида за третирање сјемена износио 535 милиона евра са учешћем неоникотиноида од 77%.

Губици пчела не настају само од задесних тровања пчела пестицидима, чак се може рећи да тај начин тровања има мањи значај у драматичном губитку броја пчелињих заједница. Наиме, сматра се да излагање пчела сублеталним дозама инсектицида из класе неоникотиноида не доводи до акутног смртног ефекта, већ долази до нарушавања когнитивних способности пчела, те промјена у њиховом понашању, због чега се пчеле радилице не враћају у кошницу и угину, јер је боравак у пчелињој заједници услов за опстанак пчеле (Rortais et al. 2005). Стога инсектицидима из класе неоникотиноида, поред осталих могућих узрока, може да се припише и улога у настанку синдрома познатог под називом "*coloni colaps disorder*" (CDD) (Girolami et al. 2009).

Greatti et al. (2003, 2006) наводе да су у Италији примијетили високу коинциденцију између смрти пчела у вријеме сјетве кукуруза чије је сјеме

третирано неоникотиноидима. То се доводи у вези са могућим разношењем прашине инсектицида са површине сјемења кукуруза на оближњу вегетацију, при чему се могу контаминирати и дивље биљке у околини, пчеле у лету, па и површинска вода. Секвенцирање генома медоносне пчеле (Claudianos et al. 2011) даје могући одговор за осјетљивост пчела према инсектицидима. Наиме, геном пчела је у односу на геном других инсеката изразито мањкав у броју гена који кодирају ензиме потребне за детоксикацију као што су цитохром (*P450*), монооксигеназа (*P450s*), глутатион-S-трансфераза и карбоксилестраза.

Johnson et al. (2010) цитирају резултате великог броја студија у посљедњих 20 година у којима су утврђени остаци пестицида у воску, полену, пчелама и меду. Многобројни аутори установили су велике остатке акарицида који су се користили у сузбијању варое, а поготово је садржај тих остатака био висок у воску. Посебно су забрињавајући резултати неких студија који указују на висок ниво остатака пестицида који се користе у пољопривреди, а који су детектовани у пчелама и пчелињим производима у САД и Канади. Johnson et al. (2010) цитирају многобројне радове у којима је објављено да су у мртвим пчелама детектоване високе концентрације остатака пестицида, прије свих органофосфорних инсектицида и пиретроида, а у мањој мјери фунгицида. Ти остаци су често превазилазили LD₅₀. Неоникотиноиди и фенилпиразоли, као системични инсектициди, разликују се од класичних инсектицида по томе што их биљка усваја и стога могу бити детектовани у полену и нектару (Culter and Scott-Dupree 2007), док у пчелама нису детектовани (Johnson et al. 2010). Управо због те чињенице посебно треба нагласити значај могуће контаминације нектара и полена, због које пчеле могу током дужег времена бити хронично изложене овим инсектицидима (Johnson et al. 2010). Наиме, нектар и полен могу се конзумирати одмах, с тим да се пробављивост полена повећава након што она прође ферментацију. Дакле, пчеле могу бити изложене и контаминиране директно, непосредно након конзумације тих производа, или касније у времену, када ти производи послуже за исхрану пчелиње заједнице. Стога, полен прикупљен у августу може се конзумирати у марту или почетком априла сљедеће године. Као резултат тога, изложеност пчела контаминираној храни може бити одложена чак 7–8 мјесеци. Johnson et al. (2010) наводе да су у полену у САД у високом садржају детектовани сљедећи инсектициди – алдикарб (1,3 ppm), азинфос метил (0,6 ppm), хлорпирифос (0,8 ppm) и имидаклоприд (0,9 ppm); а од фунгицида – боскалид (1 ppm), каптан (10 ppm) и миклобутанил (1 ppm); док је садржај хлороталонила био забрињавајуће висок и износио 99 ppm (Mullin et al. 2010). Висок ниво пиретроида, укључујући цихалотрин (1,7 ppm) и циперметрин (1,9 ppm),

утврђена је у полену бијеле слачице (Choudhary and Sharma 2008b, цит. Johnson 2010).

Контаминација површинских и подземних вода. Пестициди могу доћи до површинских вода заносењем приликом њихове примјене, дренажом кроз земљиште или спирањем са површине земљишта до воде. Контаминација површинских вода пестицидима је распрострањена. Резултати студије које је урадило Америчко геолошко друштво (*US Geological Survey, USGS*) на главним ријечним сливовима у САД, почетком и средином деведесетих година, дали су изненађујуће резултате. Више од 90 посто воде и узорци рибе из свих токова садржавали су један, или чешће, неколико пестицида (Kole et al. 2001). Пронађени су пестициди у свим узорцима из главних ријека, које теку кроз мјешовита пољопривредна и урбана земљишта и у 99% узорака урбаног тока испитиваних ријека (Bortleson and Davis 1987–1995, цит. Aktar et al. 2009).

Загађење подземних вода пестицидима у свијету је велики и изражен проблем. Према USGS-у, најмање 143 различитих пестицида и 21 метаболит пестицида пронађен је у подземним водама. Током протекле двије деценије откривени су пестициди у подземним водама у више од 43 државе САД (Waskom 1994). Kole and Bagchi (1995) наводе да је у истраживању воде у Индији, узорковане из бунара око Бопала, у чак 58% узорака воде за пиће био контаминиран органохлорним пестицидима изнад стандарда EPA (*Environmental Protection Agency*).

Ризик од доспијевања у подземне воде сигурно је најизраженији код хербицида, јер они доспијевају на земљиште које је биљкама непокривено или веома мало покривено. Колики је ризик од доспијевања хербицида у подземне воде зависи од количине хербицида који се користи, површина на којим се користи, карактеристика земљишта, рељефа и количине падавина на подручју на којем се користи и коначно од физичко-хемијских карактеристика самог хербицида.

Физичко-хемијски показатељи судбине пестицида у земљишту, води и ваздуху, као и показатељи евентуалних екотоксиколошких ризика, који могу да настану усљед примјене хербицида на одређеном земљишту и у одређеном климату су: коефицијент дистрибуције (K_d); сорпциони коефицијент (K_{oc}); вријеме полуразлагања (DT_{50}); растворљивост у води (S); оцјена присутности у подземној води (*Groundwater Ubiquity Score, GUS*); константа Хенријевог закона (K_h), напон паре (P_v) и константа дисоцијације (pK_a). Показатељи физичко-хемијских карактеристика искоришћени су и за процјену екотоксиколошког значаја појединих хербицида. Наиме, хербициди, у мањој или већој мјери, посједују извјестан „*leaching potential*“,

тј. способност да доспију у подземне воде. Један од основних критеријума за процјену способности хербицида да доспију у подземне воде односи се на показатеље мобилности и перзистентности (DT_{50}) хербицида, а запостављајући у тој процјени неке друге критеријуме, као што је количина примјене, карактеристике земљишта и циљ гајења усјева.

Дистрибуциони коефицијент (K_d) и коефицијент расподеле у систему органски угљеник/вода (K_{oc}). Земљиште се може практично размотрити као хетероген систем који се састоји из четири фазе: чврсте (скелет), течне (земљишни раствор), гасовите фазе (земљишни ваздух) и живих материја (земљишни организми). У земљишту се пестициди могу налазити у три форме – у земљишном раствору, у имобилизованом (адсорбованом) стању и у гасовитом стању. Између тих стања одржава се динамичка равнотежа која се нарушава када се измијене температура и влажност земљишта (Јанјић 2005). Земљиште формира бескрајну разноликост комплексних, хетерогених мјешавина порозних честица широког спектра величина и површина, при чему су међупростори између честица испуњени земљишним раствором. Истраживач који жели да истражи особине система вода/земљиште биће запањен сложеностју овог медија, али ипак, то је систем који се мора окарактерисати (Wauchop et al. 2002).

Адсорпција пестицида на чврсту фазу земљишта је преовлађујући механизам покретљивости и приступачности пестицида у земљишту. Адсорпција пестицида из земљишног раствора на земљишне колоиде доводи до умањења његове концентрације у раствору. Адсорпција је окарактерисана дистрибуционим коефицијентом K_d . За директно мјерење вриједности K_d , обично се користи „batch“ или „slurry“ експеримент. То је експеримент у коме се маса земљишта m_s [g] измијеша са одређеном запремином воде – v [ml] (или неким другим медијем, као што је 0,1 М водени раствор $CaCl_2$), да би се потом награђеној емулзији додала одређена маса пестицида – m_p [g]. Ова маса пестицида може се додати у једну фазу и прије мијешања, како би се констатовале почетне концентрације пестицида у течной фази (C_i), тј. $C_i = m_p/v$. Емулзија се онда промијеша како би се што мање нарушила структура земље и остави да мирује од 24 до 48 сати, стандардно 24 сата. Течна фаза се анализира за „еквilibријум“ концентрацију пестицида C_{aq} у раствору. Требало би и да чврсте фазе буду анализирани како би се потврдио баланс масе, али је ову анализу теже извести него анализу водене фазе, па је зато и занемаривана (Wauchop et al. 2002).

Дистрибуциони коефицијент K_d израчунава се полазећи од претпоставке да је пестицид из раствора адсорбован земљиштем, а та адсорбована маса

пестицида се означава са x , и израчуна се по обрасцу $x = v(C_i - C_{aq})$. Тако да омјер x/m_s представља у ствари масени удио пестицида у чврстој фази [$g \cdot g^{-1}$], па је K_d дефинисано као:

$$K_d = \frac{x/m_s}{C_{aq}} \quad [ml \cdot g^{-1}] \quad (1)$$

Високе вриједности K_d (од 100 па навише) упућују да је пестицид веома адсорбтиван и да ће бити имобилан у земљишту и отпоран на микробиолошку деградацију. Многобројни аутори указују да је у посљедњих десетак година обављено хиљаде мјерења K_d (Wauchope et al. 2002). Упркос огромним подацима, постоји само једна генерализација, која каже да ако је вриједност K_d за неки пестицид мјерена у разним земљиштима, онда обично постоји висока позитивна корелација између садржаја органских материја у земљишту и вриједности K_d . Ово је прво примијећено када су за конкретно примијењену количину хербицида, они били фототоксичнији у земљиштима са ниским садржајем органским материја. Ова опсервација доводи до претпоставке да се органске материје у земљишту понашају као неполарне фазе или површине, да су главни сорбенти у земљишту и да везују пестициде, јер су пестициди типичне неполарне органске молекуле, с тим да посљедњих година све више се користе поларни и мање испарљиви пестициди (Ђорђевић и сар. 2009).

Органска материја земљишта обично се мјери одређивањем количине присутног органског угљеника користећи технике дигестије или оксидације. Омјер масе органске материје земљишта и масе органског угљеника земљишта креће се од 1,72 до 2,0. Пошто тај омјер није константан, обично се прво установи фракција органског угљеника у неком земљишту (F_{oc}), па се коефицијент расподеле у систему органски угљеник/вода (K_{oc}) у том земљишту рачуна дијелењем измјереног K_d у том земљишту са фракцијом органског угљеника у истом земљишту:

$$K_{oc} = \frac{K_d}{F_{oc}} \quad [ml \cdot g^{-1}] \quad (2)$$

Једном кад се израчуна K_{oc} из K_d и F_{oc} , тад је K_d за тај пестицид израчунат и за било које друго земљиште чији F_{oc} је познат, претпостављајући да је K_{oc} примјенљиво и у тим другим земљиштима. K_{oc} вриједности су универзално употријебљене као мјере за потенцијалну мобилност пестицида у земљишту и у моделима гдје се описује учешће пестицида у систему земљиште/вода/ атмосфера. Кад се пестициди на овај начин упореде и ако се само велике разлике сматрају значајнима (нпр. фактор од 10 па навише), онда овај параметар има вишеструку употребу. Модели симулације понашања пестицида дизајнирани за проучавање ризика, као они које су

проучавали европски FOCUS (*Forum for the Coordination of Pesticide Fate Models and their Use*) и амерички FEMVTF (*FIFRA Exposure Modeling Validation Task Force*), такође су користили K_{oc} као основни параметар (Wauchop et al. 2002). Једначина (1), са једноставном константом еквилибриума K , имплицира да хербициди подлијежу динамичној сорпцији између раствора и чврсте фазе земљишта, и да вриједе „идеални услови тренутног еквилибриума, линеарности изотерми и реверзибилности десорпције“ (Кап 1994; Brusseau et al. 1989, цит. Wauchop 2002). Једначина (2) даље показује да су само органске материје сорпциони материјал у чврстој фази, те да земљишне органске материје у свим земљиштима имају исти афинитет према растворима. Wauchop et al. (2002) истичу да систем земља/вода/пестициди показује комплексније понашање од овога и за то постоје експериментални докази, те наведени аутори закључују да постоје „девијације једноставног понашања“.

Генерално, може се рећи да нижа вриједност дистрибуционог коефицијента индицира да ће већа количина хербицида бити у земљишном раствору, док виша вриједност K_d указује да ће се пестицид врло снажно адсорбовати на земљиште. Слично је и са сорпционим коефицијентом K_{oc} . Наиме, што K_{oc} има већу вриједност, то ће се већа количина хербицида адсорбовати и због тога ће бити мање мобилан. Вриједност дистрибуционог коефицијента K_d за одређени хербицид, а поготово за неполарна једињења, може се користити за квалитативно предвиђање да ли ће се хербицид налазити у земљишном раствору или у адсорбованом стању (Таб. 7.20).

Коефицијент расподјеле у систему органски угљеник/вода (K_{oc}) је значајан показатељ сорпционих карактеристика пестицида и према вриједности K_{oc} , с обзиром на јачину адсорпције, може се извршити сљедећа класификација:

- >500 ml/g – висока сорпција
- 300-500 ml/g – средња сорпција
- <300 ml/g – ниска сорпција

Вријеме полуразлагања (DT_{50}). Вријеме полуразлагања (DT_{50}) представља вријеме за које се активна супстанца, у одређеним условима разложи за 50%. Ово је, дакле мјера перзистентности и она као таква зависи од великог броја фактора. На перзистентност сигурно у значајној мјери утиче и примјена хербицида, с тим да перзистентност и количина примјене не стоје у директној линеарној зависности. Такође на дужину перзистентности значајно утиче и средина и услови средине у којој се пестициди налазе после примјене (Јанјић 2005). Kerle et al. (2007) пестициде према перзистентности, а према вриједности DT_{50} , дијеле на:

- неперзистентне,

- умјерено перзистентне,
- перзистентне (Таб. 7.21).

Таб. 7.20. Сорпционе карактеристике хербицида у зависности од вриједности K_d (Wilson 2009)

Table 7.20. Sorption characteristics of herbicide depending on K_d value (Wilson 2009)

Вриједност K_d	Афинитет према чврстој, односно воденој фази
$K_d=1$	Хербицид подједнако распоређен између чврсте фазе и воде
$K_d>1$	Више од 50% хербицида се налази у адсорбованом стању
$K_d>>>1$	Већа количина хербицида је јако адсорбована, а врло мало је у земљишном раствору
$K_d<1$	Више од 50% хербицида се налази у раствореном стању (земљишном раствору)
$K_d<<<1$	Већа количина хербицида је у земљишном раствору, а врло мало је адсорбовано

Таб. 7.21. Категорије перзистентности у односу на вриједност DT_{50} (Kerle et al. 2007)

Table 7.21. Persistency categories comparing with DT_{50} value (Kerle et al 2007)

Категорија перзистентности	Вриједност DT_{50} (дана)
Неперзистентни пестициди	< 30 дана
Умјерено перзистентни пестициди	30–100 дана
Перзистентни пестициди	>100 дана

Растворљивост пестицида у води (S). Растворљивост пестицида у води представља масену концентрацију zasiћеног раствора пестицида у води на собној температури. Растворљивост јако варира од реда величине мање од 1 мг/л, па до неколико г/л. Тако нпр. со дикамбе има растворљивост од 400.000 мг/л, док је растворљивост имазетапира 1400 мг/л на температури од 25 °C. Генерално се може рећи да је већа вјероватноћа да ће високо растворљиви хербициди бити више мобилни.

Оцјена присутности у подземној води. Оцјена присутности у подземној води (*Groundwater Ubiquity Score*, GUS) је у теорију увео Gustafson (1989), а то је показатељ који повезује вриједност DT_{50} , са једне стране, са вриједношћу сорпционог коефицијента K_{oc} са друге стране. Вриједност GUS

представља оцјену присутности (раширености) у подземној води, а израчунава се по обрасцу: $GUS = \log(DT50) \times [4 - \log(K_{oc})]$. Оцјена покретљивости пестицида и њихова еквивалента GUS вриједност представљени су у Таб. 7.22.

Таб. 7.22. Оцјена покретљивости пестицида и њихова еквивалента GUS вриједност (Kerle et al. 2007)

Table 7.22. Evaluation of pesticides movement and their equivalent of GUS value (Kerle et al. 2007)

GUS вриједност	Оцјена покретљивости пестицида
< 0,1	Екстремно ниска
0,1-1,0	Врло ниска
1,0-2,0	Ниска
2,0-3,0	Осредња
3,0-4,0	Висока
>4,0	Врло висока

Таб. 7.23. Класификација испарљивости пестицида према вриједности напона паре – PV (Unsworth et al. 1999)

Table 7.23. Classification of herbicides vaporization according to the vapour pressure – PV (Unsworth et al. 1999)

Оцјена испарљивости	Вриједност напона паре (hPa)
Испарљиви	$P_v > 10^{-3}$
Средње испарљиви	$10^{-7} \text{ hPa} < P_v < 10^{-3}$
Слабо испарљиви или неиспарљиви	$P_v < 10^{-7}$

Напон паре (P_v) и константа Хенријевог закона (K_h). Испаравање пестицида са листа биљака или влажног земљишта јако је битно за сагледавање укупног понашања пестицида у спољној средини. Напон паре и константа Хенријевог закона значајни су показатељи испарљивости пестицида и тенденције преласка пестицида са влажне површине земљишта у ваздух. Напон паре (P_v) је притисак засићене паре пестицида и мјери се у mPa (hPa или mm Hg), при чему је $101.325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$. То је мјера тенденције испаравања пестицида. Тако Unsworth et al. (1999) пестициде, с обзиром на испарљивост, а према вриједности напона паре (P_v), дијеле на: испарљиве, средње испарљиве и мало испарљиве (Таб. 7.23).

Константа Хенријевог закона (K_h) указује на тенденцију пестицида да испарава са површине воде или влажног земљишта и веће вриједности указују на повећану способност молекула неког пестицида, који се налази растворен у води, да пређе у атмосферу. Она се израчунава користећи вриједност напона паре пестицида, његове растворљивости у води и молекулске масе пестицида на основу следеће формуле:

$$K_h = \frac{P_v \times M}{S} \left[\frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol}} \right] \text{ или } \left[\frac{\text{atm} \cdot \text{m}^3}{\text{mol}} \right]$$

Константа Хенријевог закона карактерише тенденцију кретања пестицида између ваздуха и воденог раствора, тј. земљишног раствора површинског слоја земље. Висока вриједност Хенријеве константе, врло вјероватно указује да ће пестициди испаравати са површине влажног земљишта. Јанјић (2005) пестициде, а с обзиром на вриједност константе Хенријевог закона, дијели на:

- пестициди са ниским афинитетом према ваздуху, ако је K_h мања од 0,001;
- пестициди са средњим афинитетом према ваздуху, ако је K_h од 0,001 до 1,0;
- пестициди са високим афинитетом према ваздуху, ако је K_h већа од 1,0.

Вриједност Хенријеве константе, номинално гледано, мала је и обично је за пестициде знатно мања од 1,0, стога неки аутори уводе појам Хенријевог индекса који је настао тако што се вриједност константе Хенријевог закона помножи са 10^9 , дакле $K_h \times 10^9$. Принцип сагледавања испаравања, преко Хенријевог индекса је исти, као и код константе Хенријевог закона, с тим да се сада оперише са већим бројевима, те се може рећи да пестициди са Хенријевим индексом мањим од 100 имају нижу могућност испаравања са влажног земљишта, док пестициди са Хенријевим индексом око 10.000 имају висок потенцијал испаравања.

Показатељи физичко-хемијских карактеристика искоришћени су и за процјену екотоксиколошког значаја појединих хербицида. Наиме, хербициди, у мањој или већој мјери, посједују извјестан „*leaching potential*“, тј. способност да доспију у подземне воде. Један од основних критеријума за процјену способности хербицида да доспију у подземне воде односи се на показатеље мобилности и перзистентности, а запостављајући у тој процјени неке друге критеријуме, као што је количина примјене, карактеристике земљишта и циљ гајења усјева. Постоји неколико метода који се користе за процјену могућности да се пестицид испере и доспије у подземне воде. Већина истраживача користи DT_{50} и K_d , као основне

параметра за ову процјену. Без обзира на све, треба нагласити да резултати моделирања, без обзира на сложеност и софистицираност, никада неће замијенити и у потпуности елиминисати стварне податке.

Вриједности неких физичко-хемијских показатеља особина пестицида, као и карактеристика околине, може се узети као „окидач“ („*trigger*“) вриједности, које је предложила ЕРА, а чије достизање у значајној мјери може да укаже да дати пестицид има велики потенцијал за испирање. Критеријуми предложени од стране ЕРА (цит. Whitford et al. 1996) су:

- DT_{50} у аеробном земљишту > 2–3 седмице,
- DT_{50} у земљишту на којем се примјењује > 2–3 седмице,
- DT_{50} у стерилној води (хидролиза) > 2–3 седмице,
- DT_{50} фотолизом > од једне седмице,
- растворљивост у води > 30 мг/л,
- коефицијент расподјеле органског угљеника K_{oc} < 3000,
- константа Хенријевог закона K_H < $2,10 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{mol}$,
- пестицид је слаба до умјерена киселина, тј. молекула ја негативно набијена при нормалној рН средине од рН 5 до рН 8,
- годишња количина падавина > 250 мм,
- пестициди са вриједношћу GUS већој од 2,8 са више вјероватноће могу доспјети у подземне воде,
- пестициди са вриједношћу GUS између 1,8 и 2,8 са нешто мањом вјероватноћом могу доспјети у подземне воде,
- пестициди са вриједношћу GUS мањом од 1,8 вјероватно неће доспјети у подземне воде.

Да би неки пестицид био сврстан у групу супстанци ниског ризика (Уредба 1272/2008), он не смије да буде:

- канцероген,
- мутаген,
- ембриотоксичан,
- да изазива сензибилизацију,
- врло токсичан или токсичан,
- експлозиван,
- да има нагризавајуће дјеловање,
- дуготрајан (вријеме полураспада у земљишту краће од 60 дана),
- високо биоактиван (фактор биолошке биоконцентрације испод 100),
- ендокрино токсичан,
- неуротоксичан или имунотоксичан.

7.9. Закључак

Ризици од пестицида у Републици Српској највећим дијелом настају као посљедица њихове примјене. Наиме, у Републици Српској тренутно нема индустријских постројења за синтезу пестицида и њихово формулисање. Регистровани су мањи погони у којима се претачу пестициди или праве мамци родентицида. Због тога је могућност контаминације радника, као и становништва у близини индустријских постројења сведена на минимум, пошто погона хемијске индустрије пестицида готово и нема. Дакле, основну пажњу у циљу смањења негативних посљедица примјене пестицида на сеоским подручјима Републике Српске треба свести на усмјеравање заштите биљака по принципима интегралне заштите биљака, те да примјена пестицида буде у складу са принципима одрживе употребе пестицида.

Организовање послова и активности из области заштите здравља биљака, по принципима интегралне заштите биљака и одрживе употребе пестицида, неопходно је системски организовати од стране надлежних органа, како у законодавном смислу, тако и у смислу надзора и инспекције тих послова, али и едукације пољопривредних савјетодаваца и пољопривредних произвођача. Посебна пажња мора се посветити спречавању контаминације подземних и површинских вода, спречавању заношења пестицида при њиховој примјени, спречавању тровања пчела и других нециљаних организама, те збрињавању неискоришћених пестицида и њихове амбалаже.

Ради процјене реалног здравственог стања радника који раде са пестицидима у Републици Српској, могло би се спровести организовано испитивање здравственог стања радника који највише раде са пестицидима, тј. који их примјењују, претачу, мијешају и продају, те ту групу упоредити са контролном групом која није у свом послу директно изложена дјеловању пестицида, а која је по старосној и полној структури слична оној циљаној и испитиваној групи.

У свијету, и код нас, већ дуго забрињава појава интензивне примјене пестицида и њиховог утицаја на здравље људи (акутна и хронична токсичност, генотоксичност, мутагеност, оштећења нервног и имуног система), утицаја на животну средину (контаминација воде, земљишта и хране токсичним резидуама) и ефеката на биодиверзитет. Зато ће бити потребно развијати потпуно нове стратегије заштите биљака, откривати и синтетисати нове селективне и еколошки прихватљиве пестициде и овладати техником и знањем за њихову прецизнију примјену. Свакако ће то у новонасталим условима – смањења броја активних материја пестицида,

немања нових рјешења за многе актуелне појаве проузроковача болести, штетне инсекте и коровске биљке, а поготово за раширену појаву резистентности на многе пестициде – захтијевати образовање произвођача, посебно у избору и прецизној примјени пестицида. У овом трансферу знања посебно мјесто припадаће стручњацима у пољопривредно-стручним службама, јер ће се од њих захтијевати перманентно образовање и стручна информисаност о свим новинама у овој динамичној научној области.

Литература

- Agrios NG (2005) Plant Pathology, Fifth Edition. Academic Press. Amsterdam
- Adang MJ, Staver MJ, Rocheleau TA, Leighton J, Barker RF, Thompson DV (1985) Characterized full-length and truncated plasmid clones of the crystal protein of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* HD-73 and their toxicity to *Manduca sexta*. *Gene* 36(3):289–300
- Aktar W, Sengupta D, Chowdhury A (2009) Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicol* 2(1):1–12
- Anonimus (2019) How Big Ethanol Plans Will Rock Global Corn and Sugar Markets. <https://gro-intelligence.com/insights/articles/how-big-ethanol-plans-will-rock-global-corn-and-sugar-markets>
- Atkins EL (1992) Injury to honey bees by poisoning. In: Graham JM (ed) *The Hive and the Honey Bee*. Rev. Dadant and Sons, Hamilton, IL. 1324
- Bjelošević D (2016) Uticaj brojnosti i dužine kompeticijskog djelovanja korova na kukuruz (*Zea mays* L.). Magistarski rad. Univerzitet u Banjoj Luci, Poljoprivredni fakultet
- Brower JA, Dusseldorp M, West CE, Mayboom S, Thomas ChMG, Duran M, Hof KH, Eskes TK, Hautvast JG, Steegers-Theunissen JG (1999) Dietary Folate from Vegetables and Citrus Fruit Decreases Plasma Homocysteine Concentrations in Human in a Dietary Controlled Trial. *The Journal of Nutrition* 126(6):1135–1139
- Burg RW, Miller BM, Baker EE, Birnbaum J, Currie SA, Hartman R, Kong Y.-L, Monaghan RL, Olson G, Putter I, Tunac JB, Wallick H, Stapley EO, Oiwa R, Omura S (1979) Avermectins, New Family of Potent Anthelmintic Agents: Producing Organism and Fermentation. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 15(3):361–367
- Bhatia MR, Fox-Rushby J, Mills M (2004) Cost-effectiveness of malaria control interventions when malaria mortality is low: insecticide-treated nets versus in-house residual spraying in India. *Soil Sci Med* 59:525

- Ganesan GR, Meganathan N, Radhakrishnan S, Arasambattu KM (2011) Lewis Acid-Mediated Michaelis–Arbuzov Reaction at Room Temperature: A Facile Preparation of Arylmethyl/Heteroarylmethyl Phosphonates. *Org Lett* 13(6):1270–1273
- Girolami V, Mazzon L, Squartini A, Mori N, Marzaro M, Di Bernardo A, Greatti M, Giorio C, Tapparo A (2009) Translocation of Neonicotinoid Insecticides From Coated Seeds to Seedling Guttation Drops: A Novel Way of Intoxication for Bees. *J Econ Entomol* 102(5):1808–1815
- Glušac D, Malidža G, Gvozdenović Đ, Vasić M (1994) Fitofarmakološka vrednost nekih herbicida primenjenih u pasulju. *Acta herbologica* 3(2):43–49
- Greatti M, Sabatini AG, Barbattini R, Rossi S, Stravisi A (2003) Risk of environmental contamination by the active ingredient imidacloprid used for corn seed dressing. Preliminary results. *Bull Insectol* 56:69–72
- Greatti M, Barbattini R, Stravisi A, Sabatini, Ross AGS (2006) Presence of the a.i. imidacloprid on vegetation near corn fields sown with Gaucho® dressed seeds. *Bulletin of Insectology* 59(2):99–103
- Gupta SK, Jani JP, Saiyed HN, Kashyap SK (1984) Health hazards in pesticide formulators exposed to a combination of pesticides. *Indian J Med Res* 79:666
- Gustafson DI (1989) Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry* 8:339–357
- Đorđević J, Trtić-Petrović T, Kumrić K, Purenović M (2009) Primena ACD/LABS 12 Programa za određivanje eksperimentalnih uslova za membransku ekstrakciju pesticida. Osmo konferencija mladih istraživača, Beograd
- Elbert A, Haas M, Springer B, Thielert W, Nauen R (2008) Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Manag Sci* 64:1099–1110
- EFSA (2011) 2009 EU Report on Pesticide Residues. *EFSA Journal* 2011 9(11):2430. [225 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2011.2430
- EFSA (2013) 2010 European Union Report on Pesticide Residues in Food. *EFSA Journal* 2013, 11(3):3130. [808 pp] doi:10.2903/j.efsa.2013.3130
- EFSA (2014) The 2011 European Union Report on Pesticide Residues in Food. *EFSA Journal* 12(5):3694, pp 511 doi:10.2903/j.efsa. 2014.3694
- European Commission. Pesticides. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/>
- Igbedi SO (1991) Agricultural Pesticides on Humans, Animals and Higher Plants in developing Countries. *Environmental Health* 46:218–224
- Janjić V, Mišljenović-Trifunović M, Aćimović I, Štrbac V (1970) Uticaj herbicida CDAA i CIPC na prinos i hemijski sastav semena graška. Dokumentacija za tehnologiju i tehniku u poljoprivredi 55:1–7
- Janjić V, Trifunović M, Aćimović I, Kljajić R (1972) Usporedna posmatranja promena prinosa i hemijskog sastava graška, luka i kupusa pod uticajem nekih herbicida. *Agrohemija* 5-6:247–255

- Janjić V (1973) Uticaj herbicida na kvalitet finalnih proizvoda biljaka. Glasnik poljoprivredne proizvodnje, prerade i plasmana 3:1–5
- Janjić V, Aćimović I, Trifunović M, Mišković D, Kljajić R (1976a) Prilog poznavanju promena prinosa i kvaliteta graška, luka i kupusa nastalih pod uticajem primene herbicida CDAA i CIPC. Agrohemija 9–10:389–397
- Janjić V, Trifunović M, Aćimović I, Mišović M, Kljajić R (1976b) Rezultati četvorogodišnjih ispitivanja promene prinosa i hemijskog sastava mrkve i krompira nastali pod uticajem primenjenih herbicida linurona i prometrina. Agrohemija 3-4:105–113
- Janjić V, Trifunović M, Bogdanović V, Šinžar B, Mišović M (1983) Proučavanje delovanja herbicida na prinos i kvalitet zrna kukuruza. Fragmenta herbologica Jugoslavica 12(1):51–58
- Janjić V, Jevtić S, Šinžar B, Trifunović M, Mišović M (1984) Prilog proučavanju efikasnosti nekih herbicida u suzbijanju širokolisnih biljaka i njihovog delovanja na prinos i kvalitet suncokreta. Fragmenta herbologica Jugoslavica 13(2):27–34
- Janjić V (1994) Hormonski herbicidi. Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija i IP Nauka, Beograd
- Janjić V (1996) Triazinski herbicidi. Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija, Beograd
- Janjić V (1998) Karbamidi. Institut za istraživanja u poljoprivredi SRBIJA i Herbološko društvo Srbije
- Janjić V (2002) Sulfoniluree. Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija” i Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Beograd, str 189
- Janjić V (2005) Fitofarmacija. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija", Poljoprivredni fakultet Banja Luka, Beograd- Banja Luka, str 1200
- Jeschke P, Nauen R (2008) Neonicotinoids – from zero to hero in insecticide chemistry. Pest Manage Sc 64:1084–109
- Jovović Z, Kovačević D, Biberdžić M, Momirović N. (2000) Uticaj primenjenih herbicida na prinos zrna i važnije komponente prinosa kukuruza. Zbornik radova sa šestog kongresa o korovima. Herbološko društvo Srbije, str 439–446
- Johnson RM, Ellis MD, Mullin CA, Frazier M (2010) Pesticides and honey bee toxicity – USA. Apidologie 41:312–331
- Kan AT, Fu G, Tomson MB (1994) Adsorption/desorption hysteresis in organic pollutant and soil/sediment interaction. Environmental Sciences and Technology 28:859–867
- Kerle AE, Jenkins JJ, Vogue AP (2007) Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection. Oregon State

- University, Extension Service, EM 8561-E (<http://extension.oregonstate.edu/catalog/html/em/em8561-e/>)
- Kole RK, Bagchi MM (1995) Pesticide residues in the aquatic environment and their possible ecological hazards. *J Inland Fish Soc India* 27(2):79–89
- Kole RK, Banerjee H, Bhattacharyya A (2001) Monitoring of market fish samples for Endosulfan and Hexachlorocyclohexane residues in and around Calcutta. *Bull Environ Contam Toxicol* 67:554–559
- Magalhaes LC, Hunt TE, Siegfried BD (2009) Efficacy of neonicotinoid seed treatments to reduce soybean aphid populations under field and controlled conditions in Nebraska. *J Econ Entomol* 102:187–195
- Maienfisch P, Angst M, Brandl F, Fischer W, Hofer D, Kayser H, Kobel W, Rindlisbacher A, Senn R, Steinemann A, Widmer H (2001) Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest Manag Sci* 57:906–913
- Malidža G, Rajković M (2011) Efikasnost novih herbicida za suzbijanje divljeg sirtka u kukuruзу. *Acta herbologica* 20(2):111–120
- Marinković I, Živanović M, Ognjenović R, Knežević D, Mićanović D, Zečević V (1997) Uticaj herbicida na masu 1.000 zrna i hektolitarska masu pšenica (*Triticum aestivum* L.). *Pesticidi* 12(1):15–23
- Matolsky Gy, Nadasy MA (1989) *Pesticide Chemistry*, Elsevier. Amsterdam, Oslo, New York, Tokio
- Maurizio M (2004) Malaria and DDT. *Health policy and development* 2(2):112–121
- Mijatović M, Ivanović M, Đorđević R (2000) Suzbijanje korova u usevu graška primenom različitih kombinacija herbicida. *Pesticidi* 15(1):67–74
- Milićević S (2015) Ispitivanje dejstva linurona i prometrina na kontrolu korova, organsku produkciju i prinos krompira. Magistarski rad. Univerzitet u Banjoj Luci, Poljoprivredni fakultet
- Mitrić S, Komljenović I, Todorović-Mitrić V (2003) Efikasnost folijarnih herbicida u usevu krompira. *Herbologija* 4(1):173–179
- Mitrić S, Janjić V, Kovačević Z, Kelečević B, Bjelošević D (2016) Primena modela za izračunavanje gubitaka prinosa gajenih biljaka u zavisnosti od sastava, brojnosti i vremena suzbijanja korova. *Acta herbologica* 25(2):15–45
- Michael CRA (2009) Pesticide Use and Exposure Extensive Worldwide. *Rev Environ Health* 24(4):303–309
- Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcraft S, Simonds R (2010) High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLoS ONE* 5(3): e9754. doi:10.1371/journal.pone.0009754
- Nigam SK, Karnik AB, Chattopadhyay P, Lakkad BC, Venkaiah K, Kashyap SK (1993) Clinical and biochemical investigations to evolve early diagnosis in

- workers involved in the manufacture of hexachlorocyclohexane. *Int Arch Occup Environ Health* 65(1 Suppl) S193–6
- Petroianu GA (2010) Toxicity of phosphor esters: Willy Lange (1900–1976) and Gerda von Krueger (1907–after 1970). *Pharmazie* 65:776–780
- Pimentel D (1993). Environmental and economic effects of reducing pesticide use in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46:273–288
- Ramesh CG (2005) *Toxicology of Organophosphate and Carbamate*. Academic Press, pp 768
- Robert IK (2001) *Handbook of Pesticide Toxicology-Principles and Agents*. Academic Press, pp 1908
- Robert L, Qingui M, Hovard K (2015) What can individuals do to reduce personal health risks from air pollution? *J Thorac Dis* 7(1):96–107
- Rortais A, Arnold G, Marie-Pierre H, Touffet-Briens F (2005) Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie* 36:71–83
- Ross G (2005) Risks and benefits of DDT. *The Lancet* 366(9499):1771
- Saiyed HN, Sadhu HG, Bhatnagar VK, Dewan A, Venkaiah K, Kashyap SK (1992) Cardiac toxicity following short-term exposure to methomyl in spraymen and rabbits. *Hum Exp Toxicol* 11(2):93–97
- Службени гласник Републике Српске (2010) Закон о средствима за заштиту биља, број 52/2010
- Sokalski WA (2007) *Molecular Matrials with Specific Interaction-Modeling and Design*. Springer, Berlin, pp 595
- Stevanović V, Vasić V (ur) (1995) Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta međunarodnog značaja. *Biološki fakultet i "Ekolibri" Beograd*
- Tomlin CDS (2003) *The Pesticide Manual: A World Compendium of Pesticides*. British Crop Protection Council. London, pp 344
- Unsworth JB, Wauchope RD, Klein AW, Dorn E, Zeeh B, Yeh SM, Akerblom M, Racke KD, Rubin B (1999) Significance of the long range transport of pesticides in the atmosphere (Technical Report). *Pure Appl Chem* 71(7):1359–1383
- FAO (2006) *World agriculture: towards 2030/2050. Prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups*. Interim report. Rome, Global Perspective Studies Unit
- FAO Statistical Yearbook (2004-2014) *World Food and Agriculture. Food and organization of the United Nations*, Rome
- FAO Statistical Yearbook (2009) *The State of Food and agriculture 2009* www.fao.org/publications/sofa
- FAO Statistical Pocketbook (2015) *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome

- FAOSTAT (2017) Pesticides Use.
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>
- Fred W, David P, Frank B, Greg H, Bill J, David B, Arlen B (2006) The Pesticide Marketplace. University Purdue, Media Release, Wilmington, Delaware, Base, pp 71
- Fukuto TR (1990) Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. *Environmental Health Perspectives* 87:245–254
- Canan U (2013) Microorganisms in Biological Pest Control — A Review (Bacterial Toxin Application and Effect of Environmental Factors). *Current Progress in Biological Research* 21:287–317
- Claudianos C, Ranson H, Johnson RM, Biswas S, Schuler MA, Berenbaum MR, Feyereisen R, Conforti P (eds) (2011) Looking ahead in world food and agriculture: Perspectives to 2050. Edited by Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org/economic/esa/esag/en/
- Consonni D, Pesatori A, Zocchetti C, Sindaco R, Cavalieri D’Oro L, Rubagotti M, Bertazzi PA (2008) Mortality in a Population Exposed to Dioxin after the Seveso, Italy, Accident in 1976: 25 Years of Follow-Up. *American Journal of Epidemiology* 167(7): 847–858
- Crisp TM, Clegg ED, Cooper RL, Wood WP, Anderson DG, Beatcke KP, Hoffman JL, Morow MS, Rodier DJ, Schaffer JE, Touert LW, Zeman MG, Pately M (1998) Environmental endocrine disruption: an effects assessment and analysis. *Environmental Health Perspectives* 106(1):11–56
- Cutler GC, Scott-Dupree CD (2007) Exposure to clothianidin seed-treated canola has no long-term impact on honey bees. *J Econ Entomol* 100:765–772
- Šinžar B, Mišović M, Šušić S, Bročić Z (1988) Zakorovljenost i suzbijanje korova u usevu krompira Dragačeva. Treći kongres o korovima, Jugoslovensko društvo za pručavanje i suzbijanje korova. *Fragmenta herbologica Jugoslavica* 17(1-2):307–318
- Walter FE, Parts L (1955) Synthesis of Alkyl and Substituted Alkyl Fluorides from p-Toluenesulfonic Acid Esters. The Preparation of p-Toluenesulfonic Acid Esters of Lower Alcohols. *J Am Chem Soc* 77(18):4899–4902
- Waskom R (1994) Best management practices for private well protection. Colorado State Univ. Cooperative Extension (August).
<http://hermes.ecn.purdue.edu:8001/cgi/convertwq?7488>
- Wauchope RD, Yeh S, Linders BHJJ, Kloskowski R, Tanaka K, Rubin B, Katayama A, Kördel W, Gerstl Z, Lane M, Unsworth BJ (2002) Pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability. *Pest Management Science* 58:419–445
- Webster PJ, More AM, Loschnigg JP, Leben RR (1999) Coupled ocean – atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-98. *Nature* 356–360

Wheeler ChM (1946) Control of Typhus in Italia 1943-1944 by Use of DDT. Am J Publick Health Nations Health 36(2):119–129

Whitford F, Wolt J, Nelson H, Baret M, Brichford S, Turco R (1996) Pesticide and Woter Quality. Purdue University Cooperative Extension Servic, pp 57

Use of pesticides in cultivated plants production

Vaskrsija Janjić, Siniša Mitrić

Summary

This chapter examines the basic problems related to use of pesticides in plant production. The short history of their production and application, not only in our country, but in the whole world as well, is briefly given. It is particularly pointed at the damages caused by different harmful organisms to the plant production and at the role of pesticides in plant production and plant products. Pesticides are significant means of plant protection and their benefits are reflected in the following indicators: preventing the yield loss of cultivated plants from the attack of the pathogens, insects and weed plants, suppression of vectors of infectious pathogens and pathogens, improving the production quality and pesticide application in the sector of the utility hygiene. During the production and pesticide application, non-target organisms are exposed and pesticides reach non-target areas. Since pesticides are mostly used on agricultural areas which are mainly in rural regions, risks of pesticides application are significantly important in those regions. Risks can be reflected on the direct impact of pesticides on humans, food contamination, surface and underground water and on environment and non-target organisms. Risks of pesticides in republic of Srpska are mainly caused by their application. In order to reduce the negative consequences of pesticide application on rural areas in Republic of Srpska, the basic attention should be reduced to directing the plant protection according to the principles of the integral plant protection and pesticide application should be complied with the principles of sustainable use of pesticides.

Organizing the work and activities in the field of protection of the plant health, according to the principles of integral plant protection and sustainable use of pesticides, it is necessary to systematically organize by the competent institution, not only legislative but also in terms of supervision and inspections, and to educate the agricultural advisers and agricultural producers. Special attention must be paid to prevent the contamination underground water, pesticides drifting during their application, bees poisoning and other non-target organisms and disposal of non-used pesticides and their storage.

In the world, but in our country as well, the intensive pesticide application has been worrying for a long time because of its influence on the human health (acute and chronic toxicity, genotoxicity, mutagenicity, damages of the nerve and immune system), influence on the environment (contamination of water, soil and food by toxic residues) and effects on biodiversity. Therefore, it will be necessary to develop completely new strategies of plant protection, discover and synthesize new selective and ecologically acceptable pesticides and to master techniques and knowledge for their more accurate application. Certainly, in newly created conditions – reduction of active substance number of pesticides, lack of new solutions for many contemporary phenomena of disease causers, harmful insects and weed plants, and especially for wide occurrence of resistance to many pesticides, it will demand education of the producers, particularly in the choice and precise pesticide application. In this knowledge transfer, particular place will belong to experts in agricultural-expert services, because they will be demanded the permanent education and expert information about all innovations in this dynamic scientific field.

Key words: Pesticides, history of application, production, circulation, harmful agents