

riams, nes be pastarųjų dalyvavimo tokia idėja neįgyvendinama. Kas galėtų paneigti, kad dabar nerealiai tolima perspektyva sujungti mūsų tinklus su europine magistralinių dujotiekių sistema netolimoje ateityje gali pasidaryti labiau suvokiama tiek ekonominės logikos, tiek tikro, o ne menamo tiekimo diversifikavimo aspektu.



Pastarųjų metų sukrėtimai, kuriuos sukelia globalizacijos procesas ir kurių dalimi norime to ar ne tapo mūsų valstybė, verčia visus peržiūrėti anksčiau sprendimus, revizuoti deklaruojamas dogmas ir strategijas, pragmatiškiau rinktis sprendimus, galinčius gerinti verslo aplinką ir gyvenimo kokybę. Todėl ir mums reikėtų keistis ir nuo kaltinimų bei mitų kūrimo pereiti prie atviros, skaidrios diskusijos bei pragmatiškų sprendimų, sudarančių prielaidas realiam energetiniam saugumui ir ekonominiam stabilumui.

Nors smarkiai vėluojame, manyčiau, dar sugebėsime būti palaikomi Briuselyje bei kitose ES sostinėse ir gausime techninę – finansinę pagalbą saugumo alternatyvoms įgyvendinti, bet tik su sąlyga, kad atsisakysim besaikio spekuliacinio pačių išprovokuotomis problemomis bei sutelksime vietines jėgas.

Gamtinių dujų sritys projektams įgyvendinti galima panaudoti naujausius dabarties ir ateities techninius – inžinerinius sprendimus, tačiau visuomenė turi žinoti ir suvokti jų visapusišką pasekmę (ekologines, finansines, teises ir t.t.) ir sąmoningai priimti arba atmesti energetikų siūlomas idėjas.

Fotosensibilizacija yra „visiškai nauja poveikio priemonė, ir jos taikymas galėtų prilygti antibiotikų atradimui. Šiuo metu – dar tik pradžia, ir tikrąsias jos galimybes riboja tik mūsų vaizduotė“.

J.S. McCaughan, *Drugs & Aging*, 1999

Fotosensibilizacija –

ekologiškai saugi
priemonė kenkėjų
gausumui
reguliuoti

Habil. dr. Živilė LUKŠIENĖ

VU Medžiagotyros ir taikomųjų mokslų instituto vyriausioji mokslo darbuotoja,

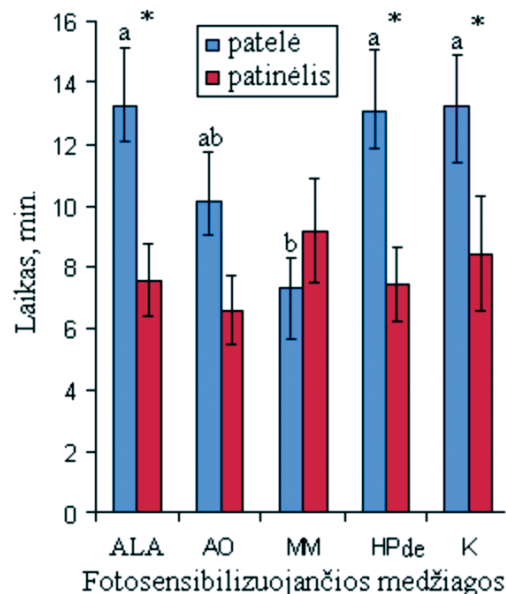
habil. dr. Vincas BŪDA

VU Ekologijos instituto vyriausiasis mokslo darbuotojas, laboratorijos vadovas

Uodus – delnu, peles ir žiurkes – pagaikščiui ar šiaip kuo po ranka pakliuvusiu – turbūt tokios buvo pirmosios žmogaus kovos su kenkėjais priemonės, atsiradusios kartu su pačiu *Homo sapiens*, o gal net dar anksčiau, nes galėjo būti paveldėtos su neandertaliečiu iš bendro protėvio. Kada atėjo metas imtis cheminių kenkėjų naikinimo priemonių, tiksliai nėra žinoma, tačiau turima duomenų, kad jau 500 m. prieš mūsų erą sukaupto derliaus atsargoms apsaugoti buvo pasitelkta siera. Tad būtent sierai priklauso pirmojo cheminio pesticido „laurai“. Iš rašytinių šaltinių žinoma, kad XV a. derliaus apsaugai nuo kenkėjų jau naudoti arsenas, gyvsidabris, švinas. XVII a. pasitelkta gyvosios gamtos chemija – kenksmingiems vabzdžiams naikinti imtas vartoti tabako lapų nikotinas.

Plačiausiai žinomi pesticidai sukurti Antrojo pasaulinio karo išvakarėse. Kaip rašo JAV biologė Rašelė Karson (Rachel Carson) plačiai išgarsėjusioje knygoje „Tylusis pavasaris“, ruošiantis šiam karui buvo ieškoma naujų cheminių ginklų. Laboratorijose tarp test objektų buvo ir vabzdžių. Kai kurios nuodingosios medžiagos, netikusios karo tikslams, puikiai nuodijo vabzdžius. Taip 1939 m. buvo aptiktas itin efektyvus junginys vabzdžiams naikinti – dichlordifeniltrichloretanas, išgarsėjęs kaip DDT. Šis insekticidas labai greitai paplito visame pasaulyje.

Deja, jau 7-ąjį praėjusio amžiaus dešimtmetį juo nusivilta. Paaiškėjo, kad ne tik DDT, bet ir jo skilimo produktai yra toksiški, ilgai išlieka aplinkoje, kaupiasi organizmuose ir keliauja mitybos



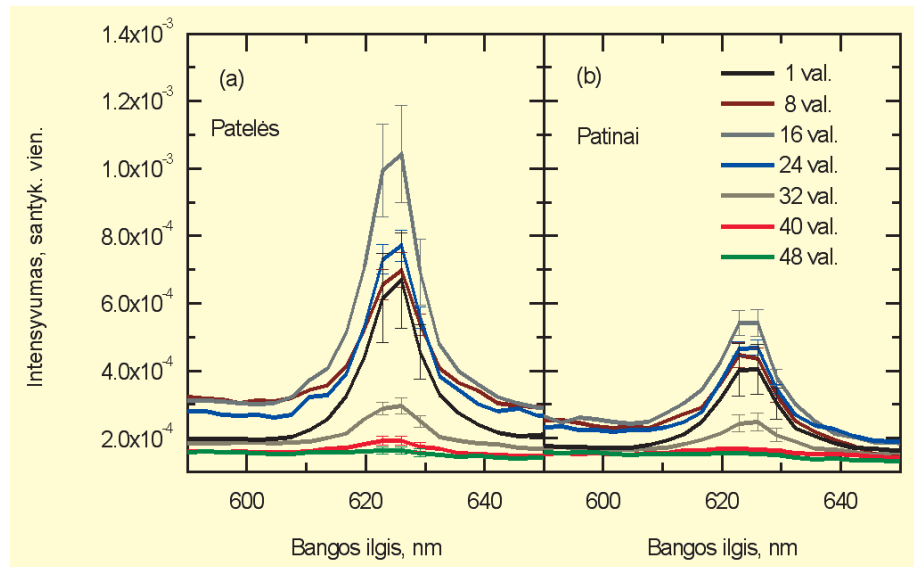
1 pav. Minamųjų *Liriomyza bryoniae* maitinimosi trukmė, kai masale yra įvairių fotosensibilizatorių, labai skirtinga: ALA – aminolevulino rūgštis (fotosensibilizatorių pirmtakas), AO – akridino oranas, MM – metileno mėlis, HPde – hematoporfirino dimetilo eteris, K – kontrolė

grandinėmis iš vieno organizmo į kitus. Ypač nukenčia plėšrūnai, tokių junginių su grobiu gaunantys daugiausiai. Ne išimtis ir žmogus, nes mūsų racione gausu mėsos produktų. Gana rimtai tvirtinama, kad šiuo laikotar-

piu gyvenusių žmonių netgi palaikus bus galima gana tiksliai datuoti pagal DDT likučių gausą... Vartoti DDT kaip pesticidą žemės ūkyje draudžia Stokholmo konvencija, ratifikuota 86 valstybių. Tik nedaugelyje atsilikusių šalių kovai su maliarijos sukėlėjus pernešančiais uodais DDT tebenaudojamas kaip efektyvi ir pigi priemonė.

Ekspertų vertinimu nuo 1950 m. pesticidų gamyba ir vartojimas visame pa-

ginę įvairovę, bet ir kenkia žmogui – veikia endokrininę ar nervų sistemą, sukelia vėžį, nevaisingumą, apsigimimus, ne iš karto pasirodančias ir sunkiai diagnozuojamas lėtines ligas. Ūkiuose vartojami pesticidai neretai sukelia ūmių sveikatos sutrikimų patiems žemdirbiams. Todėl prieš penkiolika metų Jungtinėse Amerikos Valstijose, susirūpinus pesticidų daroma žala sveikatai, imtasi nuodugnių paklausiausių maisto produktų tyrimų. Ištyrus 60 tokių produktų pasirodė, jog net 70 proc. jų rasta pesticidų (daugiau nei 400 rūšių pavojingų



2 pav. Fotosensibilizatoriaus HPde kaupimosi ir pasišalinimo iš *Liriomyza bryoniae* organizmo fluorescenciniai tyrimai: a) patelių organizme, b) patinėlių organizme. Sužadini-

saulyje išaugo apie 50 kartų. Kasmet į dirvą, vandenį ir orą paskleidžiama apie 2,5 milijono tonų įvairiausių pesticidų!

Pesticidų keliamos grėsmės

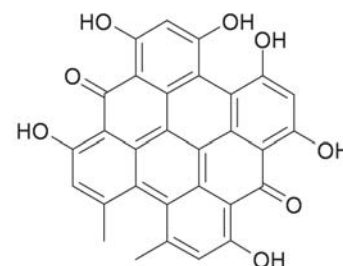
Žmogaus sukurtuose dideliuose monokultūrų plotuose kenkėjams sąlygos ypač palankios, todėl reikia pasitelkti cheminius pesticidus. O jie naikina ne tik kenkėjus, bet ir jų gamtinius priešus. Paprastai visiškai nekenksmingi vabzdžiai nukenčia netgi labiau negu naikinami kenkėjai. Taip yra dėl insekticidų kaupimosi, kai jie keliauja iš žemesnio mitybos lygmens į aukštesnį – iš augalėdžių (kenkėjų) į jais mintančius plėšrūnus (naudingus vabzdžius ar vabzdžialesius paukščius).

Kita blogybė, kad kenkėjai tampa atsparūs pesticidams. Todėl mokslininkai pradeda kalbėti apie naują globalią grėsmę – nuolatinę aplinkos taršą pesticidais. JAV atlikti tyrimai liudija, kad kiekvienoje upėje, ežere ar vandens telkinyje galima aptikti tam tikrą kiekį pesticidų. Naikindami gyvybę jie ne tik mažina biolo-

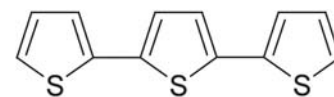
ginių). Tokiai padėčiai taisyti 1996 m. JAV priimtas Maisto kokybės apsaugos aktas, kuris apribojo daugumos žinomų pesticidų vartojimą. Ne tik amerikiečiams, bet ir mums visiems reikalingi nauji, visiškai kitokie pesticidai. Jie turi



3 pav. Kelių milimetrų dydžio minamūsė *Liriomyza bryoniae* kūne susikaupęs hematoporfirino dimetilo eteris fluorescuoja raudona spalva



4 pav. Paprastosios jonazolės (*Hypericum perforatum*) ir jų gaminamas fotosensibilizatorius hipericinas



5 pav. Gvazdikiniai serenčiai (*Tagetes patula*) ir jų ginklas – kenksmingus grybus, nematodus ir vabzdžius naikinantis junginys – alfa-tertienilas

būti ekologiškai saugūs, nekenkiantys aplinkai ir nežalojantys gyvųjų organizmų, išskyrus tuos, prieš kuriuos naudojami. Naujos kartos pesticidų paieška aktuali visai žmonijai. Viena iš problemos sprendimo būdų galėtų būti fotopesticidai, o iš jų – fotoinsekticidai.

Kas jie tokie ir kaip veikia?

Fotoinsekticidai

Fotosensibilizacijos reiškinys buvo pastebėtas prieš gerą šimtmetį, atsitiktinai palikus vienlaščius *Paramecium* akridino oranžo tirpale. Tirpalą apšvietus saulės šviesa, vienlaščiai žuvo. Daug vėliau buvo išsiaiškinta, kad bet kurios greitai besidauginančios ląstelės – vėžinės arba vienlaščiai mikroorganizmai – gali sukaupti šviesai jautrių medžiagų (fotosensibilizatorių), kurios esant tam tikrai šviesai sukelia ląstelių ar viso organizmo žūtį. Vabzdžiai taip pat gali kaupti šviesai jautrių medžiagų. Tik joms patekti į organizmą sudėtingiau. Kad sukeltų kenksmingų vabzdžių žūtį, jos turi būti atraktyvios ir patekti į gyvybiškai svarbius organus, ten susikaupti. „Pasiūlius“ fotosensibilizatorių kartu su natūraliu maistu ar dirbtiniu masalu saulės šviesoje, vabzdys sunaikinamas per kelias minutes.

Jau žinoma, kad fotoinsekticidai pažeidžia vabzdžio virškinamojo trakto sienelės, kutikulę, Malpigių vamzdelius – tas vietas, kur fotosensibilizatoriaus susikaupia daugiausia. Jeigu fotojautri medžiaga (viena ar mišinys su masalu) yra atraktyvi kurios nors rūšies kenkėjams ir neatraktyvi kitų rūšių vabzdžiams, tai – puiki prielaida selektyvių fotoinsekticidų technologijų kūrimo pradžia.

Šviesai jautrios medžiagos pirmą kartą buvo išbandytos kaip pesticidai 1928 m., kai JAV mokslininkas Antonio Barbieri išbandė ksantenus *Anopheles* ir *Aedes* genčių uodų lervoms naikinti. Daug vėliau amerikietis Constantinas Rebeizas (JAV) pasiūlė kaip galimus fotoinsekticidus naudoti kitos klasės junginius – porfirinus.

Čia pateiktas glaustas ir gerokai supaprastintas kenksmingų vabzdžių gausumo reguliavimo fotopesticidais mechanizmas, tačiau iš tiesų tai yra gana sudėtinga, susiję su nepaprastai didele vabzdžių įvairove, jų mitybos ypatumais, aktyvumo paros ritmais, pačių fotosensibilizatorių savybėmis bei atraktyvumu (tinkamumu maistui). Skirtingi efektyvūs in vitro fotosensibilizatoriai praranda vertę dėl nepakankamo atraktyvumo vabzdžiams kaip maistinė medžiaga. Svarbu ir kokį fotosensibilizatorių kiekį vabzdys

pasisavina. Alyvmedžių kenkėjai – muselės *Ceratitis capitata*, *Dacus oleae*, gyvulius puolančios kraujasiurbės musės *Stomoxys calcitrans*, minamusės *Liriomyza bryoniae* gali būti sunaikintos susikaupus jų organizme vos keliems nanomoliams fotoaktyviosios medžiagos.

komųjų mokslų institute kartu su prof. S. Juršėno grupe atlikti bandymai parodė (2 pav.), jog tam, kad šis paplitęs šiltnamių kenkėjas maksimaliai sukauptų savo organizme hematoporfirino dimetilo eterio (sutrumpintai – Hpde), reikia 16 valandų. Tačiau labai greitai, jau po

Lentelė. Fotojautrios medžiagos, bandymuose su vabzdžiais įvertintos kaip veiklūs fotopesticidai

Vabzdžiai-taikiniai	Fotosensibilizatorius	Junginių klasė
Dvisparniai:		
Uodų <i>Culex sp.</i> Lervos	Floksinas B	Ksantenui
Uodų <i>Aedes sp.</i> lervos	Bengalo rožinis	Ksantenui
Upinių mašalų <i>Simulium sp.</i> lervos	Benzpirenas	Aromatinis angliavandenilis
Musės <i>Musca sp.</i>	Eritrozinai B Rodaminas 6G	Ksantenui Ksantenui
Margasparnės musės <i>Ceratitis sp.</i>	Hypericinas Angelicinas	Aromatinis angliavandenilis Furanokumarinas
Plėviasparniai:		
Skruzdėlės <i>Solenopsis sp.</i>	Rodaminas 6G	Ksantenui
Vabalai:		
Milčių <i>Tenebrio sp.</i> lervos	Metileno mėlis	Fenotiazinai
Drugiai:		
Sprindžių vikšrai	Akridino oranžas	Akridinai
Sklandūnai <i>Papilio sp.</i>	Ksantoksinas	Furanokumarinai
Baltukai <i>Pieris sp.</i>	Metileno mėlis	Fenotiazinai

Šiuo metu jau yra pirmasis komerciniam naudojimui patvirtintas fotopesticidas. Tai – ksantenui klasės junginys floksinas B. Pastaruoju metu vis daugiau domimasi porfirinų klasės fotopesticidais. Jų sugerties juosta plati, apima visą matomos šviesos sritį, o tai garantuoja efektyvų veiklių molekulių sužadimą ir gali lemti itin sėkmingą fotosensibilizacijos efektą. Be to, šie junginiai efektyviai generuoja singletinį deguonį (būtinai ciotoksinėms reakcijoms sukelti), o patekę į organizmą kaupiasi ląstelių membranoje, kurias pažeidžia negrįžtamai ir taip garantuoja žūtį. Labai svarbu, kad porfirinai nesąveikauja su ląstelėse esančia DNR ir todėl nesukelia mutacijų. Kai kurie porfirinai yra patvirtinti kaip maisto papildai ar fotovaišai, o tai leidžia neabejoti jų saugumu žmogui, aplinkai ir gyvajai gamtai. Ir pagaliau porfirinai greitai blykšta šviesoje, taigi galima išvengti jų ilgalaikio susikaupimo aplinkoje, jie neturi jokio toksinio poveikio organizmams, nepatekusiems į šviesą.

Mūsų atlikti tyrimai parodė, kad, pavyzdžiui, šiltnamiuose pomidorams kenkiančios minamusės *Liriomyza bryoniae* maitinasi masalu su skirtingais fotosensibilizatoriais nevienodai (1 pav.). Farmakokinetiniai fotosensibilizatoriaus kaupimosi ir pasišalinimo iš organizmo tyrimai leidžia įvertinti optimalų laiko tarpą tarp vabzdžio maitinimo ir apšvitimo. Vilniaus universiteto Medžiagotyros ir tai-

48 val., fotojautrios medžiagos iš organizmo pašalinamos, jų lieka tik pėdsakai. Laiku apšviesti, dauguma šių kenkėjų žūva (3 pav.), o kurie išvengia žūties, vis tiek pažeidžiami, yra mažiau gyvybingi, lėčiau dauginasi.

Nuostabu, kad pati gamta jau yra sukūrusi cheminių junginių – fotoinsekticidų, be to, jų „taikymas“ labai panašus. Štai jonažolės, gerai žinomos vaistažolės, turi pigmento hipericino (4 pav.). Ar ne dėl šio fotoaktyvaus junginio jonažolių negraužia vabzdžiai? Fotoaktyvių junginių pasigamina ir darželiuose auginami serenčiai – šviesoje susidarantis alfa-tertienilas (5 pav.) efektyviai naikina fitopatogeninius grybus, nematodus ir vabzdžius. Gėlininkai puikiai žino, kad užkasiti į dirvą serenčiai ją „dezinfekuoją“...

Šiuo metu dar būtų pernelyg drąsu prognozuoti, kad fotopesticidai jau netrukus išstums iš rinkos kitus cheminius pesticidus. Tačiau argumentai liudija, kad fotopesticidai turi daug privalumų prieš dabartinių cheminių pesticidų analogus.

Fotoinsekticidinių technologijų plėtra dar tik prasideda, bet jomis susidomi vis daugiau tyrėjų, o gaunami rezultatai teikia vilčių, kad nauja, saugi, efektyvi ir ekonomiškai fotopesticidų technologija turi ateitį.

