

PAWEŁ GARBALIŃSKI

Działanie insektycydów na owady w zależności od temperatury

Action of Insecticides on Insects Depending on Temperature

Wstęp

Temperatura jest najważniejszym czynnikiem abiotycznym dla organizmów żyjących w danym środowisku, w szczególności dla owadów, które są organizmami zmienneocieplnymi. Temperatura ich ciała, procesy metaboliczne, płodność, zachowanie, rozprzestrzenienie geograficzne zależą od temperatury środowiska. Owady nie są jednak pozbawione możliwości regulacji temperatury swego ciała, niezależnie od temperatury otoczenia (19). Dotyczy to zarówno osobników żyjących pojedynczo jak i grupowo. Każdy z gatunków ma swój optymalny zakres temperatury, w której jego rozwój, procesy życiowe przebiegają najlepiej. Zarówno wzrost jak i spadek temperatury poza to optimum powoduje pogorszenie warunków życia owadów, a nawet ich śmierć, gdy przekroczone zostaną temperatury ekstremalne.

Działanie insektycydów stosowanych do zwalczania szkodników owadzich (w tym szkodników leśnych), może również zależeć od temperatury, w jakiej zostały one użyte. Zależnie od temperatury zmienia się tempo przenikania insektycydu przez oskórek (kutikulę) owadów, transport szkodliwych związków w organizmie, tempo metabolizmu, ilość substancji trującej jaka dociera do miejsc działania (9). Znaczenie ma też rodzaj stosowanego insektycydu, mechanizm działania, sposób aplikacji oraz wielkość dawki. Końcowy efekt wpływu temperatury na działanie insektycydu może być trojaki: wraz ze wzrostem temperatury aktywność insektycydu rośnie (dodatni współczynnik temperatury), maleje (ujemny współczynnik temperatury), lub też pozostaje bez większych zmian. Zbyt duże uzależnienie działania insektycydów od temperatury otoczenia jest zjawiskiem niekorzystnym, gdyż wymaga doświadczalnego określenia odpowiednich dawek dla różnych temperatur.

Insektycydy chemiczne stosowane w ochronie lasu należą do następujących grup:

- związki chloroorganiczne,
- związki fosforoorganiczne,
- karbaminiany,

- pyretroidy,
- związki acylomocznikowe.

Ponadto stosuje się preparaty biologiczne oparte na bakterii *Bacillus thuringiensis* (Berliner). Badania nad wpływem temperatury na działanie insektycydów na owady prowadzono dotychczas głównie na szkodliwych owadach upraw polowych i owadach o znaczeniu sanitarnym (1, 15, 12, 3, 13, 16).

Wpływ temperatury na działanie owadobójcze insektycydów

Węglowodory chlorowane

Pierwszym związkiem z tej grupy wprowadzonym do stosowania w rolnictwie i leśnictwie w latach pięćdziesiątych był DDT. Następnie wprowadzono inne związki chloroorganiczne: lindan, metoksychlor, endosulfan. Dwa ostatnie są zalecane do chwili obecnej do stosowania w leśnictwie, natomiast lindan został wycofany ze względów toksykologiczno-higienicznych. Węglowodory chlorowane stosuje się w leśnictwie głównie do zwalczania ryjkowców w szkółkach i uprawach (7). Wymienione związki wykazują działanie kontaktowe i żołądkowe; są truciznami układu nerwowego. Mechanizm ich działania polega na zmianie zawartości jonów wapnia w membranie włókien nerwowych (10).

Badania nad wpływem temperatury na działanie związków chloroorganicznych na owady wykazały, że charakteryzują się one dodatnim współczynnikiem temperatury (1). Największy wpływ temperatury zaobserwowano w wypadku działania metoksychloru na chrząszcze stonki ziemniaczanej. Wraz ze wzrostem temperatury o 20°C toksyczność substancji wzrosła około dziesięciokrotnie. Podobne wyniki uzyskano z lindanem; insektycyd ten lepiej działał w wyższych temperaturach, aczkolwiek wpływ temperatury na jego aktywność był mniejszy (sześciokrotny wzrost aktywności). Dotychczas nie prowadzono badań nad wpływem temperatury na aktywność związków chloroorganicznych w stosunku do szkodliwej entomofauny leśnej. Można przypuszczać, że wpływ temperatury na działanie tych związków na szkodliwe owady leśne jest analogiczny jak w wypadku szkodników owadzich upraw polowych.

Związki fosforoorganiczne

Związki te zostały wprowadzone do ochrony roślin na początku lat 40-tych i są stosowane do chwili obecnej. Insektycydy fosforoorganiczne są truciznami kontaktowymi i żołądkowymi działającymi powierzchniowo, włącznie lub układowo. Związki te nie kumulują się w wodzie, glebie oraz w tkankach roślin i zwierząt. Działają na układ nerwowy przez blokowanie acetylocholinoesterazy — enzymu rozkładającego acetylocholinę, która jest hormonem tkankowym powstającym w momencie działania bodźca. Zablokowanie aktywności acetylocholinoesterazy powoduje, że nierozkładana acetylocholina gromadzi się w ustroju prowadząc do jego śmierci.

W leśnictwie insektycydy fosforoorganiczne są szeroko stosowane, głównie do zwalczania szkodników glebowych (diazynon, fonofos), do ochrony upraw przed ryjkowcami i do zabezpieczania drewna przed szkodnikami wtórnymi (fenitrotion) (7). Z badań przeprowadzonych na stonce ziemniaczanej (1, 16) wynika, że insektycydy z tej grupy lepiej działają

w wyższych temperaturach. Bakuniak (1973) zaobserwował dużą zależność między temperaturą a aktywnością chlorfenwinfosu; wzrost temperatury o 15°C powodował ponad dziesięciokrotne zwiększenie toksyczności. Podobne wyniki otrzymała Pawińska (1992), choć obserwowana przez nią zależność temperatura — aktywność insektycydu nie była aż tak duża. W Zakładzie Ochrony Lasu IBL były prowadzone badania nad wpływem temperatury na aktywność chloropiryfosu w stosunku do chrząszczy szeliniaka sosnowca (14). Aktywność substancji użytej w doświadczeniu zwiększyła się prawie dwukrotnie przy wzroście temperatury o 13°C. Przyczyn lepszej aktywności insektycydów fosforoorganicznych w wyższych temperaturach należy szukać m.in. w mechanizmie działania tych związków; przypuszcza się, że temperatura może działać stymulująco na blokowanie acetylocholinoesterazy (20).

Karbaminiany

Karbaminiany znane są od kilkudziesięciu lat. Są wśród nich preparaty powierzchniowe, wglębne oraz systemiczne, działające na owady kontaktowo, żołądkowo lub gazowo. Mechanizm działania karbaminianów jest podobny do insektycydów fosforoorganicznych tj. blokują one aktywność acetylocholinoesterazy w układzie nerwowym. Preparaty z tej grupy nie kumulują się w wodzie, glebie, w roślinach oraz organizmach zwierząt. W leśnictwie są stosowane do dezynsekcji gleby (karbofuran) oraz do ochrony siewek i sadzonek w okresie wegetacji przed szkodliwymi owadami (karbofuran, karbosulfan, oksamyl).

Z badań przeprowadzonych na stonce ziemniaczanej wynika, że karbaminiany lepiej działają w wyższych temperaturach (1, 16). W największym stopniu skorelowana z temperaturą była aktywność karbarylu. Wzrost temperatury o 20°C powodował ponad 200-krotne zwiększenie toksyczności tej substancji; podobnie zachowywał się propoksur choć w tym wypadku wpływ temperatury na aktywność nie był tak duży (1). W badaniach Pawińskiej (15) temperatura nie wywierała dużego wpływu na działanie karbosulfanu na stonkę ziemniaczaną. Według autorki (15), w tym wypadku można mówić jedynie o tendencji lepszego działania w wyższych temperaturach. Podobne wyniki uzyskano w badaniach działania karbosulfanu na chrząszcze szeliniaka sosnowca w różnych temperaturach (14).

Podsumowując można stwierdzić, że karbaminiany podobnie jak związki fosforoorganiczne należą do insektycydów lepiej działających w wyższych temperaturach, chociaż temperatura wpływa niejednokrotnie na działanie owadobójcze poszczególnych substancji.

Pyretroidy

Naturalne pyretryny są znane od zeszłego stulecia. Zostały wyekstrahowane z roślin z rodzaju *Pyrethrum*. Cechowały się dużą aktywnością owadobójczą oraz małą toksycznością dla ssaków. Naturalne pyretryny nie były fotostabilne, co uniemożliwiało ich szersze zastosowanie. Pierwszy fotostabilny pyretroid — permetrynę opisano w 1973 r. (4). W następnych latach wykryto kolejne fotostabilne pyretroidy: alfametrynę, cypermetrynę, deltametrynę, cyhalotrynę, fenwalerat, esfenwalerat, bifetrynę oraz etofenproks. Obecnie pyretroidy stanowią ok. 50% insektycydów zużywanych na świecie (7). Pyretroidy są truciznami kontaktowymi i żołądkowymi działającymi na układ nerwowy owada. Powodują zakłócenia w przenikaniu jonów sodu (prawdopodobnie także jonów wapnia) przez

membranę nerwu, co zaburza przewodzenie impulsów (15). Dzięki temu, że można je stosować w dawkach kilkaset razy mniejszych niż np. związki fosforoorganiczne czy karbaminiany, pyretroidy znalazły szerokie zastosowanie w leśnictwie. Używane są do zwalczania foliofagów w starszych drzewostanach, do ochrony upraw przed ryjkowcami, do zabezpieczania surowca drzewnego przed atakami szkodników wtórnych (7).

Pyretroidy należą do związków, których aktywność maleje wraz ze wzrostem temperatury (2, 15, 13), jednak wzrost aktywności insektycydów pod wpływem zmiany temperatury nie jest taki sam dla różnych gatunków owadów. W badaniach Malinowskiego (13) temperatura wywarła największy wpływ na działanie pyretroidów na stonkę ziemniaczaną, najmniejszy — na muchę domową. Ponadto okazało się (13), że wpływ temperatury na działanie pyretroidów w stosunku do populacji nieodpornych jest mniejszy niż w wypadku populacji, które były poddawane selekcji insektycydami. Podobne zależności stwierdzili inni autorzy (3). Badania (16, 17) przeprowadzone na stonce ziemniaczanej wykazały, że pyretroidy należą do związków lepiej działających w niższych temperaturach. Jedynie Sparks (1983) stwierdził, że wzrost temperatury powodował wzrost aktywności niektórych pyretroidów. W badaniach prowadzonych na *Heliothis virescens* (Lepidoptera, Noctuidae) oraz *Anthonomus grandis* (Coleoptera, Curculionidae) stwierdzono, że deltametryna oraz fenwalerat wykazują większą aktywność w wyższych temperaturach (18).

W Zakładzie Ochrony Lasu IBL badano wpływ temperatury na aktywność pyretroidów stosowanych do zwalczania szeliniaka sosnowca (14). Otrzymane wyniki potwierdzają fakt lepszego działania pyretroidów w niższych temperaturach. Wydaje się, że wpływ temperatury na aktywność pyretroidów używanych do walki z innymi szkodliwymi owadami leśnymi będzie podobny.

Lepszą aktywność pyretroidów w niższych temperaturach można tłumaczyć mechanizmem ich działania. Stwierdzono (15), że w niższych temperaturach związki te powodują większe zmiany w przepuszczalności przez membranę nerwu jonów sodu, a co za tym idzie większe zakłócenia w przewodzeniu bodźców nerwowych.

Związki acylomocznikowe

Związki acylomocznikowe znane są od niedawna, zostały bowiem odkryte dopiero w latach siedemdziesiątych. Charakteryzują się niekonwencjonalnym sposobem działania polegającym na inhibicji syntezy chityny (11). Preparaty acylomocznikowe działają żołądkowo, a w mniejszym stopniu kontaktowo, nie wykazują natomiast właściwości systemicznych. Zatrute gąsienice nie mogą przejść linienia lub nie są w stanie prawidłowo przepoczwarczyć się. Ogromną zaletą związków acylomocznikowych jest ich mała toksyczność dla ludzi i zwierząt stałocieplnych, krótki okres zalegania w środowisku, wysoka selektywność, działanie jajobójcze.

W leśnictwie insektycydy acylomocznikowe (diflubenzuron, teflubenzuron) stosuje się w zabiegach zwalczania foliofagów w drzewostanach liściastych i iglastych (7). Temperatura może istotnie wpływać na działanie związków acylomocznikowych na owady. W wyższej temperaturze otoczenia owady żerują intensywniej, pobierają większe ilości pokarmu, a z nim większe dawki trucizny, która działając żołądkowo powoduje większą śmiertelność w

populacji szkodnika. Potwierdzają to badania Pawińskiej (16), która stwierdziła lepszą aktywność kontaktową chlorfluazuronu w wyższych temperaturach.

Biopreparaty *Bacillus thuringiensis*

Preparaty biologiczne są obok insektycydów chemicznych stosowane w ochronie roślin zarówno w ogrodnictwie, rolnictwie jak i w leśnictwie. Czynnikiem owadobójczym mogą być bakterie, grzyby, wirusy, nicienie. W Polsce najszersze zastosowanie znalazły biopreparaty oparte na bakterii *Bacillus thuringiensis* (Berliner.). Głównym czynnikiem toksycznym jest krystaliczna endotoksyna, która rozpuszczając się w jelicie gąsienic niektórych gatunków owadów uszkadza go powodując śmierć (5). Biopreparaty charakteryzują się małą toksycznością dla zwierząt stałocieplnych oraz wysoką selektywnością działania. Wadą jest mniejsza niż insektycydów chemicznych skuteczność oraz długi okres (do kilkunastu dni) pomiędzy przeprowadzeniem zabiegu a śmiercią szkodnika. W leśnictwie preparaty *B. thuringiensis* stosowane są do ochrony drągowin i starszych drzewostanów przed szkodnikami pierwotnymi, głównie z rzędu *Lepidoptera*. Szczególnie w latach 1980–1984 preparaty *B. thuringiensis* odegrały dużą rolę w zwalczaniu gradacji brudnicy mniszki w parkach narodowych i zadrzewieniach wokół zbiorników wodnych.

Preparaty *B. thuringiensis* działają lepiej w wyższych temperaturach. Nie objawia się to jednak zmniejszeniem dawki śmiertelnej, a skróceniem czasu, po jakim następuje śmierć szkodnika (5, 6). Badania prowadzone na *Choristoneura fumiferana* Clemens (*Lepidoptera*, *Tortricidae*) wykazały, że 50% śmiertelności populacji otrzymano po 12–17 dniach działania biopreparatu w temperaturze 13°C, natomiast w temperaturze 25°C taką śmiertelność uzyskano już po 2–4 dniach. W doświadczeniu tym temperatura miała znikomy wpływ na ilość pobranego z pokarmem biopreparatu, ponieważ — wbrew wcześniejszym przypuszczeniom — w wyższej temperaturze larwy nie żerowały intensywniej. Tempo żerowania było hamowane przez dawkę pobraną w początkowej fazie. Aby w pełnej mierze wykorzystywać skuteczność preparatów bakteryjnych należałoby używać formułacji o wysokim stężeniu. Chodzi o to, by dostarczyć larwom maksymalną dawkę trucizny już w pierwszej fazie żerowania.

Literatura

1. Bakuniak E.: Badania wstępne nad efektywnością działania na stonkę ziemniaczaną (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) niektórych insektycydów w zależności od temperatury. Biul. IOR. 1973. z 56, 423–430.
2. Carle Regis P.: Control of household insects. W: Deltamethrin monograph, wyd. Roussel Uclaf 1982.
3. De Vries D.H., Georghiou G.P.: Influence of temperature on the toxicity of insecticides to susceptible and resistant house flies. J. Econ. Ent. 1979, 72, 48–50.
4. Elliot M., Farnham A.W., Jones N.F., Needham P.H., Pulman D.A., Stevenson J.H.: A photostable pyrethroid. Nature, 1973, 246, 169–170.

5. **Frankenhuyzen K., Nystrom C.W.:** Effect of temperature on mortality and recovery of spruce budworm (*Lepidoptera: Tortricidae*) exposed to *Bacillus thuringiensis* (Berliner). *Can. Ent.* 1987, 119, 941–954.
6. **Frankenhuyzen K.:** Effect of temperature and exposure time on toxicity of *Bacillus thuringiensis* Berliner spray deposits to spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* Clemens (*Lepidoptera: Tortricidae*).
7. **Głowacka B.:** Środki chemiczne stosowane w leśnictwie. Insektycydy. *Bibl. leśniczego* 1992. z. 10.
8. **Głowacka B.:** Biologiczne metody zwalczania szkodliwych owadów leśnych. *Bibl. leśniczego* 1992. z. 16.
9. **Goos A.:** Działanie nowoczesnych insektycydów na owady. *Pol. Pismo Entomol.* 1966, Ser. B, z. 41–42, 81–101.
10. **Goszczyński W.:** Zoocydy. 1988. wyd. SGGW-AR.
11. **Hajjar N.P.:** Chitin synthesis inhibitors as insecticides. W: *Insecticides*. 1985, vol. 5, 275–303.
12. **Harris C.R., Kinoshita G.B.:** Influence of posttreatment temperature on the toxicity of pyrethroid insecticides. *J. Econ. Entomol.* 1977, 70, 2, 215–218.
13. **Malinowski H.:** Wpływ temperatury na aktywność owadobójczą fotostabilnych pyretroidów. *Roczn. Nauk Roln.* 1982, Ser. E, T. 12, z. 1/2.
14. **Malinowski H., Garbaliński P.:** Wpływ temperatury na działanie niektórych insektycydów na szeliniaka sosnowca. *Prace IBL* (w druku).
15. **Narahaski T.:** Nerve membrane as a target of pyrethroids. *Pestic. Sci.* 1976, 7, 267–272.
16. **Pawińska M.:** Wpływ czynników agrometeorologicznych na występowanie i zwalczanie stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say.), *Rozpr. dokt. Bonin*, 1992.
17. **Pietkiewicz J., Pawińska M.:** Skuteczność działania stonkobójczego niektórych pyretroidów w zależności od temperatury powietrza. *Mat. XXV Sesji Nauk. IOR*, 1985, 451–457.
18. **Sparks T.C., Pavloff A.M., Randy R.L., Clower D.F.:** Temperature — Toxicity Relationships of pyrethroids on *Heliothis virescens* (F) (*Lepidoptera: Noctuidae*) and *Anthonomus grandis* Boheman (*Coleoptera: Curculionidae*). *J. Econ. Entomol.* 1983, 76, 2.
19. **Szujecki A.:** Ekologia owadów leśnych. Warszawa: PWN 1980.
20. **Załucki A.:** Badanie wpływu temperatury na działanie owadobójcze niektórych insektycydów fosforoorganicznych. 1977. *Rozpr. dokt., AR Wrocław*, 1–140.

Summary

Based on the literature, the influence of the temperature on the insecticidal activity of chemical and biological insecticides is given in this paper. According to various authors, the chlorinated hydrocarbons acted better at higher temperature. Organophosphate and carbamate compounds which inhibit acetylcholinesterase in insects and higher animals nervous system showed better activity at higher temperature too. However in the case of pyrethroids, the increase of temperature caused the decrease of their toxicity to insects. Little is known on the influence of temperature on the activity of acylureas. It seems that the toxicity of these compounds increases at higher temperatures.

Better activity of biological insecticides based on the bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berliner) at higher temperature was expressed by shorter time of death.