

JERZY J. LIPA

Instytut Ochrony Roślin, Poznań

STOSOWANIE MIESZANIN BIOPREPARATÓW
I MIESZANIN BIOPREPARATÓW
Z CHEMICZNYMI PESTYCYDAMI

Wstęp

Uboczne ujemne skutki masowego stosowania chemicznych środków ochrony roślin wywołało w ostatnich latach duże zainteresowanie innymi metodami zwalczania chorób i szkodników roślin. Szczególnie duże nadzieje wiąże się z rczwijaniem biologicznych i integrowanych metod w związku z ich wysoką skutecznością i brakiem szkodliwych następstw dla ekosystemów.

Znamy szereg klasycznych przykładów biologicznego zwalczania szkodników, na przykład wyniszczenie białego czerwca (*Icerya purchasi* Mask.) przy pomocy drapieżnej biedronki (*Rodolia cardinalis* Muls.) lub zwalczanie bawełnicy korówki (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) dzięki wprowadzeniu do Europy, w tym również do Polski ośca korówkowego (*Aphelinus mali* Hald.). Liczba takich przykładów znacznie zwiększyła się w ostatnich latach i zostały one omówione w wielu opracowaniach przeglądowych (Lipa 1960, 1963, Lipa i Pruszyński 1967, Sandner 1964).

Mimo ujemnych następstw stosowania chemicznych środków nie można będzie nigdy wyeliminować ich stosowania i zastąpić je metodami biologicznymi, gdyż jest to praktycznie niemożliwe. Dlatego w ostatnich latach, zwłaszcza w krajach o wysokim poziomie rolnictwa, obserwuje się tendencję do łączenia metody biologicznej i chemicznej w jedną całość, opracowując tak zwane integrowane programy ochrony roślin (Lipa 1964; Węgorzek 1966).

W przypadkach gdy jest to możliwe i uzasadnione preparaty chemiczne zastępuje się biopreparatami lub wprowadzając entomofagi na przykład kruszynka (*Trichogramma* spp.), wprowadza się odmiany odporne na choroby i szkodniki, opracowuje się metody zwalczania na drodze sterylizacji płciowej lub zaburzeń genetycznych. Największe jednak wysiłki idą w kierunku zmniejszenia szkodliwego wpływu pestycydów na wrogów naturalnych szkodników. W integrowanych programach chemiczne preparaty stosuje się w taki sposób, że skuteczność wrogów naturalnych nie tylko nie słabnie, ale nawet zwiększa się. Uzyskujemy to różnymi sposo-

bami, stosując selektywne pestycydy, zmniejszając dawki, ograniczając powierzchnię zabiegów (Lipa 1964). Jednym z bardzo obiecujących sposobów jest łączne stosowanie biopreparatów z obniżonymi dawkami chemicznych pestycydów oraz stosowanie mieszanin biopreparatów.

Teoretyczne podstawy stosowania mieszanin biopreparatów z chemicznymi pestycydami

W licznych badaniach stwierdzono, że owady zarażone mikroorganizmami są bardziej wrażliwe na działanie chemicznych pestycydów i odwrotnie — podtrute owady łatwiej zakażają się mikroorganizmami. Teoretyczne podstawy stosowania mieszanin mikroorganizmów z obniżonymi dawkami pestycydów opracowali Primak (1959), Lappa (1959), Telenga (1963, Pristavko 1964a, 1965, 1967), Benz (1971).

Rosicky (1951) oraz Rosicky i Weiser (1951) pierwsi stwierdzili, że łączne działanie pasożytniczego pierwotniaka (*Nosema otiorrhynchi* Weiser) oraz DDT zwiększa śmiertelność opuchlaka lucernowca (*Otiorrhynchus ligustici* L.). W licznych badaniach przeprowadzonych przez innych autorów potwierdzono to zjawisko i stwierdzono znacznie wyższą śmiertelność owadów, gdy stosowano mieszaniny pestycydów z owadobójczymi grzybami lub chemicznych pestycydów z wirusami. Przyczyna tkwi w tym, że fizjologicznie osłabione owady pod działaniem obniżonych dawek chemicznych pestycydów mają zmniejszoną odporność na infekcję. Stwarza to sprzyjające warunki dla wnikania chorobotwórczych mikroorganizmów, a razem z nimi uaktywniają się inne chorobotwórcze mikroorganizmy, które są obecne w organizmie owada w utajonej formie.

Pristavko (1966a) badał fizjologiczne podstawy tego zjawiska u stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Stwierdził on, że gdy na owady zadziały małe dawki DDT, nastąpiło przenikanie jelitowej mikroflory do hemolimfy stonki. Jest to następstwem zaburzeń w normalnym funkcjonowaniu jelita, w następstwie czego bakterie, które normalnie prowadzą saprofityczny tryb życia, przenikają do hemolimfy i stają się chorobotwórcze. W następstwie tego następuje zmiana pH jelita i hemolimfy. W przypadku działania tylko obniżonych dawek pestycydów, mechanizmy obronne w organizmie owada sprawiają, że część owadów przeżywa zabieg. Jednakże, jeśli razem z obniżonymi dawkami pestycydów stosujemy owadobójczy grzyb *Beauveria bassiana* (Balsamo), owady zamierają w 100% w następstwie działania kompleksu: insektycyd + bakteryjna mikroflora + owadobójczy grzyb (tab. 1).

Omówione wyżej fizjologiczne zaburzenia w organizmie owadów mogą być także wykorzystane przy stosowaniu mieszanin biopreparatów zawierających bakterię *Bacillus thuringiensis* lub inne patogeny z chemicznymi pestycydami.

Tabela 1

Skład mikroorganizmów w hemolimfie larw stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say) przy stosowaniu Boverinu, DDT i Boverinu + DDT (wg Pristavko 1964)

Kombinacja	Gatunki mikroorganizmów	Dzień doświadczania		
		1-2	3-5	10
Kontrola	nie stwierdzono	—	—	—
Boverin	<i>Beauveria bassiana</i>	—	—	+
	<i>Erwinia</i> sp.	—	+	+
	<i>Streptococcus faecalis</i>	—	+	+
DDT	<i>Streptococcus</i> sp.	+	+	—
	<i>Streptococcus faecalis</i>	+	+	—
	<i>Aerobacter cloacae</i>	+	+	—
	<i>Aerobacter aerogeues</i>	+	+	—
	<i>Escherichia freundii</i>	—	+	—
	<i>Pseudomonas septica</i>	—	+	—
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	—	+	—
	<i>Erwinia</i> sp.	—	+	—
	<i>Micrococcus</i> sp.	+	+	—
	<i>Streptococcus</i> sp.	+	+	—
Boverin + DDT	<i>Streptococcus faecalis</i>	+	+	+
	<i>Aerobacter cloacae</i>	+	+	—
	<i>Aerobacter aerogenes</i>	+	+	+
	<i>Pseudomonas septica</i>	+	+	—
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	+	+	—
	<i>Escherichia freundii</i>	+	+	—
	<i>Erwinia</i> sp.	+	+	—
	<i>Alcaligenes faecalis</i>	+	—	—
	<i>Sarcina flava</i>	—	+	—
	<i>Bacillus cereus</i>	—	+	+
	<i>Bacillus megaterium</i>	—	+	+
	<i>Bacillus pumilis</i>	—	+	—
	<i>Bacillus mycoides</i>	—	+	+
	<i>Beauveria bassiana</i>	—	—	+
	<i>Beauveria</i> sp.	—	—	+
<i>Actinomyces</i> sp.	—	—	+	

Przykłady stosowania biopreparatów z chemicznymi pestycydami

Pestycydy i owadobójcze grzyby

Błońska (1957) pierwsza podjęła badania nad możliwością jednoczesnego stosowania DDT i HCH z owadobójczym grzybem *Beauveria bassiana* i uzyskała zachęcające wyniki zwalczania stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Badania tego typu zostały rozwinięte przez Te-

lengę (1963) i Pristavko (1966a). Z uwagi na brak miejsca ograniczę się do omówienia tylko najbardziej interesujących wyników badań.

Największa ilość prac z tego zakresu dotyczy zwalczania szarka komośnika (*Bothynoderes punctiventris* Germ.) i stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say) w ZSRR. Nic w tym dziwnego, gdyż są to jedne z najważniejszych szkodników, przeciw którym stosuje się największe ilości pestycydów. Na przykład w Polsce prawie 70% ilości zużywanych insektycydów stosuje się przeciw stonce ziemniaczanej. Podobna sytuacja jest w Związku Radzieckim i innych krajach środkowej i południowej Europy. Z tego względu stosowanie biopreparatów z obniżonymi dawkami pestycydów miałyby ogromne ekonomiczne znaczenie, gdyż dzięki temu bardzo poważnie zmniejszyłoby się zużycie stosowanych pestycydów.

Telenga (1963) podaje, że zastosowanie przeciw larwom czwartego stadium stonki ziemniaczanej biopreparatu Boverin (10% zarodników *Beauveria bassiana*) w mieszaninie z DDT w dawce 0,1—0,5 kg/ha (składnika czynnego) bardzo skutecznie zwalcza stonkę ziemniaczaną, chociaż powyższa dawka DDT jest kilkanaście razy niższa od normalnie zalecanej. W innych doświadczeniach ustalono, że stosowanie mieszanin DDT + Boverin zwiększa śmiertelność stonki o 27% w porównaniu do samego DDT i o 34% w porównaniu do samego Boverinu (tab. 2).

Tabela 2

Skuteczność stosowania biopreparatu Boverin razem z DDT przeciw larwom 4 stadium stonki ziemniaczanej *Leptinotarsa decemlineata* (300 larw w każdym teście) wg Telengi 1963

Kombinacja	Żywych larw	Śmiertelność w %
DDT 0,1 kg/ha + Boverin 0,5 kg/ha	4	98,6
DDT 0,1 kg/ha	85	71,7
Boverin 0,5 kg/ha	116	64,6
Kontrola	238	20,6

Telenga i wsp. (1963) w masowych doświadczeniach nad skutecznością mieszanin DDT z Boverinem porównywali skuteczność różnych dawek DDT i stwierdzili następującą śmiertelność chrząszczy pierwszego pokolenia:

dawka	śmiertelność chrząszczy
DDT 0,6 kg/ha + Boverin	100%
DDT 0,6 kg/ha	62%
DDT 1,2 kg/ha + Boverin	100%
DDT 1,2 kg/ha	80,7%

DDT 2,4 kg/ha + Boverin	100 ⁰ / ₀
DDT 2,4 kg/ha	97,2 ⁰ / ₀

Jak wynika z powyższego zestawienia, zastosowanie mieszanin DDT i Boverinu pozwala zmniejszyć 4-krotnie dawkę DDT, co oczywiście ma duże ekonomiczne i biocenotyczne znaczenie.

Telenga (1963) tak oto opisuje wyniki innego doświadczenia, w którym porównywano skuteczność pełnej dawki DDT 1,2 kg/ha (składnik czynny) oraz mieszaniny Boverinu z DDT 0,4 kg/ha (składnika czynnego). Otóż na piąty dzień po zabiegu na poletku, na którym stosowano Boverin + DDT, obserwowano dużą ilość żywych larw poruszających się na roślinach lub powierzchni gleby. Natomiast na poletkach, na których zastosowano wysoką dawkę DDT stwierdzono, że większość owadów było martwych i sparaliżowanych. A więc odnosiło się wrażenie, że drugi zabieg jest o wiele bardziej skuteczny. Gdy jednak jesienią przeprowadzono przesiewy gleby stwierdzono, że na poletkach z Boverinem + DDT owady zamarły w 100⁰/₀, głównie w stadium poczwarki. Natomiast na poletkach z pełną dawką DDT stwierdzono 7,1⁰/₀ żywych chrząszczy.

Podobne doświadczenia i pozytywne wyniki uzyskano stosując mieszaniny DDT i Boverinu przeciw owocówce jabłkóweczce (*Carpocapsa pomonella* L.) (Diadečko 1959, Petrushina 1961a, Primak 1963), kuprówce rudnicy (*Euproctis chrysorrhoea* L.) (Okučajew 1958), zwójce zieloneczce (*Tortrix viridana* L.) (Diadečko i Sikura 1961), śluzownicy ciemnej (*Caliroa limacina* Retz.) (Diadečko 1957), namiotnikowi jabłoniowemu (*Hyponomeuta mallinellus*) (Primak 1961) i innym.

Pestycydy i owadobójcze bakterie

Jednoczesne stosowanie biopreparatów bakteryjnych z obniżonymi dawkami pestycydów również poważnie zwiększa skuteczność zabiegów zwalczania. Doświadczenia te dotyczą niemal wyłącznie jedyne go gatunku bakterii *Bacillus thuringiensis*, która służy do produkcji wielu biopreparatów m. in. Entobakterinu-3 i Thuricide.

Petrushina (1959a, b, 1961b) prowadziła doświadczenia nad zwalczaniem namiotnika jabłoniowego (*Hyponomeuta mallinellus* Zell). mieszaninami Entobakterinu + DDT. Śmiertelność gąsienic trzeciego stadium była jednakowa i wynosiła 100⁰/₀, gdy zastosowano 5% Entobakterin lub 0,5% Entobakterin + 0,002% DDT. Śmiertelność piątego stadium wynosiła przy 5% Entobakterinie 88,5%, a przy mieszaninie 0,5% Entobakterin + 0,002% DDT — zamierało 100% gąsienic. Na podstawie tych doświadczeń oraz z innymi owadami, instrukcja stosowania Entobakterinu-3 w Związku Radzieckim przewiduje używanie 0,5% stężenia z dodatkiem 0,005% DDT.

Tabela 3

Skuteczność bakterijskich biopreparatów i chemicznych insektycydów
(wg Pristavko 1967 i innych autorów)

Szkodnik	Użyte preparaty		Śmiertelność w procentach owadów od bakterii (1), insektycydów (2) i ich kombinacji (3)			Efekt współdziałania	Literatura
			1	2	3		
	• biopreparat	insektycyd chemiczny					
<i>Hyponomeuta malinellus</i> Zell.	Entobakterin-3	DDT	7	28	94	+	Leskova (1959)
	Entobakterin-3	DDT	36	2	31	-	Leskova (1959)
	Entobakterin	DDT	92	0,5	100	+	Petruchina (1959)
<i>Trichoplusia ni</i>	Bacillus thuringiensis	Parathion	76	62	91	?	McEwen et al 1960
		Sevin	76	51	91	?	"
		Demeton	76	29	81	?	"
		TEPP	76	37	76	?	"
		Toxaphen	89	90	84	?	Genung 1960
<i>Heliothis virescens</i>	Bacillus thuringiensis	Thiodan	20	40	33	?	Creighton et al. 1961
<i>Pyrausta nubilalis</i>	Bakthane	DDT	55	—	69	?	Hudon 1963

cd. tabl. 3

<i>Tribolium castaneum</i>	Bacillus thuringiensis	Malathion	0	79	79	—	Godavaribel et al. 1962
<i>Euproctis chryorrhoea</i>	Entobakterin-3	DDT	58	100	100	+	Lappa 1963
	Dendrobacillin	DDT	39	100	100	+	Lappa 1963
<i>Sitotroga cerealella</i>	Entobakterin-3	Lindan	47	83	82	—	Sandner i Kot 1964
<i>Hyphantria cunea</i>	Bacillus thuringiensis	DDT	56	—	91	+	Vasiljevič (1961)
	Bac. thuringien.	Wofatox	65	37	95	+	Fankhanel (1963)
<i>Preronidea ribesii</i>	Entobakterin	Chlorofos	65	—	99	+	Žukauskene i Šemetuskis (1968)
<i>Malacosoma neuustria</i>	Entobakterin	Sevin	89	—	88	?	Žukauskene i Šemetuskis (1968)

Vasiljevič (1961) w doświadczeniach prowadzonych w Jugosławii nad zwalczaniem oprzędnicy jesiennej (*Hyphantria cunea* Drury) również stosował mieszaninę biopreparatu *Bacillus thuringiensis* (40×9^{10} zarodników w 1 ml) z dodatkiem emulsyjnego DDT w stężeniu 0,125%. Na drzewach opryskanych tylko bakterią śmiertelność gąsienic wynosiła 56%, przy czym w 20% oprzędów nie stwierdzono wcale śmiertelności. Przy opryskiwaniu drzew tym stężeniem biopreparatu, ale z dodatkiem 0,1% DDT, śmiertelność gąsienic wynosiła 91%.

Pristavko (1967) dokonał ogólnego przeglądu prac, w których stosowano owadobójcze bakterie w mieszaninach z chemicznymi pestycydami przeciw wielu szkodliwym owadom. W tabeli 3 przytoczonej z pracy Pristavki (1967) oraz uzupełnionej innymi danymi widzimy jednak, że tylko przy stosowaniu DDT z Entobakterinem-3 stwierdzono zwiększoną śmiertelność wśród testowanych owadów. Przy stosowaniu fosforoorganicznych lub karbaminianowych insektycydów w mieszaninach z owadobójczymi bakteriami nie stwierdzono wzrostu śmiertelności lub stwierdzono tylko w przypadku niektórych owadów.

Interpretacja tych wyników nie jest łatwa. Wyniki wskazują na to, że takie gatunki owadów jak słonecznica (*Heliothis zea* Boddie) lub sówka (*Trichoplusia ni* Hbn.) są tak wrażliwe na działanie bakterii *Bacillus thuringiensis* Berliner, że efekt łącznego działania chemicznych pestycydów i bakterii ulega zatarciu. Jednakże w warunkach doświadczalnych Pristavko (1967) ustalił, że dodanie Sevinu obniżyło LD_{50} dla gąsienic zwójki głógowej (*Cacoecia crataegana* L.) z 550 000 zarodników *Bacillus thuringiensis* var. *galleriae* do 25 000 zarodników, czyli o 22 razy (tab. 4). Wynika więc, że nastąpiło znaczne obniżenie się oporności organizmu owadów na działanie mieszanin Entobakterinu z obniżonymi dawkami Sevinu. Podob-

Tabela 4

Działanie Entobakterinu-3 oraz Sevinu na gąsienicę zwójki głógowej (*Cacoecia crataegana* Hb.) (wg Pristavko 1967)

Dawki preparatów		Ilość gąsienic	Padło w 5 dniu doświadczenia	Śmiertelność w %	LD_{50} bakterii	
Entobakterin (ilość zarodników <i>Bac. thuringiensis</i>)	Sevin (gramów składnika czynnego)					
10^6	0	20	14	70	$5,5 \times 10^5$	
10^5	0	20	6	30		
10^4	0	20	3	15		
0	5×10^{-7}	20	1	5		
10^5	5×10^{-7}	20	19	95		$2,5 \times 10^4$
10^5	5×10^{-7}	20	15	75		
10^4	5×10^{-7}	20	8	40		
0	0	20	0	0		

ne wyniki uzyskał Pristavko (1966b) w odniesieniu do *Pyrausta nubilalis* Hbn.

Reasumując można podkreślić, że w odniesieniu do bakterii synergizujące działanie chemicznych pestycydów nie jest tak wyraźne jak w przypadku biopreparatów grzybowych. Na przykład Sandner i Kot (1964) nie stwierdzili synergizującego działania HCH + Entobakterin przeciw skośnikowi zbożowiaczkowi (*Sitotroga cerealella* Ol, tab. 5), natomiast zaobserwowali to zjawisko w odniesieniu do pasożytniczej błonkówki — kruszynka *Trichogramma cacoeciae* March (tab. 6).

Ostatnio ukazało się kilka nowszych prac nad łącznym stosowaniem *Bacillus thuringiensis* i chemicznych pestycydów przeciw szkodliwym owadom.

Tabela 5

Wpływ Entobakterinu-3, Lindanu oraz ich mieszanin na jaja i gąsienice skośnika zbożowiaczka (*Sitotroga cerealella* Oliv.) (wg Sandnera i Kota 1964)

Uwzględnione stadia	Rodzaj preparatu i stężenie				Kontrola
	Lindane		Entobakterin-3	Lindane + Entobakterin-3	
	5 mg/l	1 mg/l	10 mg/l	5+5 mg/l	
Ogólna ilość jaj	382	509	585	459	949
% gąsienic żywych	16,6	68,3	52,8	17,8	60,7
% jaj martwych	70,1	15,2	34,6	49,6	31,8
% gąsienic martwych	13,3	16,5	12,6	32,6	7,5
Ogólna śmiertelność w %	83,4	31,7	47,2	82,2	39,3

Tabela 6

Wpływ Entobakterinu-3, Lindanu oraz ich mieszanin na larwy i imagines kruszynka *Trichogramma cacoeciae* March. (wg Sandnera i Kota 1964)

Uwzględnione stadia	Rodzaj preparatu i jego stężenie				Kontrola
	Lindane		Entobakterin-3	Lindane + Entobakterin-3	
	5 mg/l	1 mg/l	10 mg/l	5+5 mg/l	
Ogólna ilość jaj skośnika zaatakowanych przez kruszynka	1118	718	849	471	1363
% żywych imagines	0,98	20,9	32,8	0	72,6
% martwych imagines	16,4	21,1	18,3	0,21	23,6
% jaj żywiciela, z których nie wyszły pasożyty	82,62	57,0	48,4	99,79	3,8
Ogólna śmiertelność pasożytów w %	99,02	79,1	67,2	100,0	27,4

Šemeltuskis (1968) badał skuteczność mieszanin Entobakterinu-3 z małymi dawkami Sevinu w zwalczaniu namiotnika jabłoniowego (*Hyponomeuta malinellus* Z.). Gdy stosowano 0,2% Entobakterin z 0,006% lub 0,02% Sevinem śmiertelność gąsienic wynosiła 100% przy temperaturze 20,1°C. Przy niższych temperaturach skuteczność była mniejsza.

Žukauskene i Šemeltuskis (1968) uzyskiwali bardzo dobre wyniki zwalczania młodych larw brzęczaka porzeczkowego (*Pteronidea ribesii* Scop.), stosując 2% Entobakterin-3, natomiast przeciw starszym larwom stosowali mieszaniny biopreparat z dodatkiem Chlorofosu. W zwalczaniu gąsienic prządki pierścienicy (*Malacosoma neustria* L.) stosowano biopreparat z dodatkiem Sevinu.

Žukauskene (1968) badał skuteczność zwalczania zwójek (*Tortricidae*) na czarnej porzeczce za pomocą Entobakterinu-3 i Dendrobacillinu z dodatkiem Chlorofosu. Jonaitis (1968) uzyskał dobre wyniki zwalczania narosłana świerkowego (*Lygaeonematus abietinus* Christ.) za pomocą Entobakterinu -3 z dodatkiem Sevinu i Chlorofosu.

Wirusy i pestycydy

Omawiane zjawisko w odniesieniu do wirusów nie było dokładnie badane i niewiele mamy danych w literaturze na ten temat. Kovačević (1958) pierwszy stwierdził, że nieznaczne dawki DDT powodują zwiększoną śmiertelność u gąsienic brudnicy mniszki (*Lymantria monacha* L.) i oprzędnicy jesiennej (*Hyphantria cunea* Drury) w wyniku bakteryjnych i wirusowych infekcji. Gdy w okresie retrogradacji mniszki przeprowadzono w lesie zabiegi zwalczania stosując DDT w stężeniu 5, 10 i 15% (w dawkach 2—2,5 kg/ha) uzyskano 100% śmiertelności gąsienic. Stwierdzono w lesie zabiegi zwalczania stosując DDT w stężeniu 5, 10 i 15% wystarczające, gąsienice zamierały w 70—90% wskutek nuklearnej poliedrozy wirusowej. Podobne wyniki uzyskano w odniesieniu do gąsienic kuprówki rudnicy (*Euproctis chrysorrhoea* L.). Kovačević (1958) sugeruje, że obniżone dawki DDT uaktywniają i zwiększają chorobotwórcze działanie utajonych form wirusów. Wniosek wydaje się słuszny, gdyż jak wiadomo czynniki stressowe odgrywają dużą rolę w przebiegu wirusowych chorób owadów.

Wolfanberger (1965) przeprowadził szereg doświadczeń nad wpływem środków zwilżających na skuteczność biopreparatów wirusowych i bakteryjnych. Wiele doświadczeń dotyczyło także łącznego działania wirusa nuklearnej poliedrozy oraz kilku insektycydów chemicznych w zwalczaniu sówki kapuścianej *Trichoplusia ni*. Jak wynika z tabeli 7 dodawanie obniżonych dawek Toxaphenu, DDT, Endrinu, Mevinofosu i Parathionu poważnie zwiększało skuteczność zabiegu. Na przykład 7 dni po zabiegu

na poletkach opryskanych mieszaniną wirus + Parathion nie stwierdzono żywych gąsienic.

Tabela 7

Skuteczność zwalczania gąsienic *Trichoplusia ni* na kapuście stosując mieszaninę wirusa z chemicznymi insektycydami (wg Wolfenbergera 1965, zmodyfikowano). Dawka wirusa 5×10^8 polieder/ml

Zabieg	Dawka czynnego składnika pestycydu na 0,44 ha	Ilość gąsienic na 1 roślinie w dniu 11.IV.	
		małych	dużych
Virus + Toxaphene	3,61	0,1	0,3
Wirus + Toxaphene + DDT	3,6+3,6	0,3	0,3
Wirus + Endrin	0,91	0,1	0,1
Wirus + Mevinphos	1,81	0,1	0,4
Wirus + DDT	3,6	0,1	0,3
Wirus + Parathion	1,8	0	0,1
Kontrola	—	2,0	1,4

Girardeau i Mitchell (1968) badali wpływ infekcji wirusem nuklearnej poliedrozy na wrażliwość gąsienic *Trichoplusia ni*, na chemiczne insektycydy. W 24 godziny od zakażenia owadów wirusem, działano na nie insektycydami Endrin, Endosulfan i Trichlorfon. Porównywano ich śmiertelność z owadami wolnymi od infekcji. Uzyskane wartości LD_{50} wskazują na to, że toksyczność Endrinu zwiększała się 3-krotnie, a Endosulfanu 5-krotnie (tab. 8). W przypadku Trichlorfonu nie stwierdzono statystycznej różnicy w jego toksyczności po 24 godzinach od zakażenia gąsienic wirusem. Natomiast po 48 godzinach LD_{50} dla tego insektycydu zmniejszyło się 4-krotnie.

Tabela 8

Wpływ słabej infekcji wirusowej na wrażliwość gąsienic *Trichoplusia ni* Hbn. na 3 insektycydy podawane doustnie (wg Girardeau i Mitchella 1968)

Zabieg	Ilość larw w teście	LD_{50} $\mu\text{g/gąsienice}$
Endrin	245	7
Endrin w 24 godziny po wirusie	160	2,2
Endosulfan	200	13
Endosulfan w 24 godziny po wirusie	200	2,2
Trichlorfon	358	9,4
Trichlorfon w 24 godziny po wirusie	404	8,7
Trichlorfon w 48 godzin po wirusie	255	2,45

Tabela 9

Śmiertelność w procentach zdrowych chrząszczy *Otiorrhynchus ligustici* L. oraz zarażonych przez *Nosema otiorrhynchi* Weiser przy stosowaniu 5% i 10% DDT (wg Rosicky'ego i Weisera 1951)

Insektycyd	Dzień doświadczenia	Zarażone chrząszcze			Nie zarażone chrząszcze		
		żywe	zamierające	martwe	żywe	zamierające	martwe
DDT 5%	4	—	24	76	11	86	3
	6	—	22	78	9	16	75
	9	—	2	98	9	7	84
	14	—	—	100	—	4	96
DDT 10%	4	—	22	78	—	94	6
	6	—	18	82	—	3	97
	9	—	3	97	—	—	100
	14	—	—	100	—	—	100

Uzyskane dane wskazują na to, że zwalczanie *T. ni* stosując mieszaniny chemiczne pestycyd + wirus może być skuteczniejsze niż przy stosowaniu ich oddzielnie. Chemiczny insektycyd musi jednak wykazywać pewną pozostałościową toksyczność, aby działać nie tylko natychmiast w czasie wykonywania zabiegów, ale także po 24 lub 48 godzinach, tj. wtedy, gdy wirus osłabi organizm owadów.

Pierwotniaki i pestycydy

Wspomniano już wcześniej o obserwacjach Rosicky'ego (1951) oraz Rosicky'ego i Weisera (1951), że chrząszcze opuchlaka lucernowego (*Otiorrhynchus ligustici* L.) zarażone przez pierwotniaka *Nosema otiorrhynchi* są bardziej wrażliwe na działanie DDT niż chrząszcze zdrowe. W tabeli 9 widzimy, że 5% DDT powodował taką śmiertelność wśród chorych chrząszczy jak 10% DDT wśród chrząszczy zdrowych. Dodatkowe testy wykazały, że chore chrząszcze zamierały o 2 dni wcześniej niż chrząszcze zdrowe poddawane tym samym dawkom DDT.

Henry (1968) również stwierdził wysoką wrażliwość pasikoników zarażonych przez pierwotniaka *Nosema locustae* Canning na insektycydy. W następstwie zabiegów chemicznego zwalczania obserwowano bowiem spadek o 50% ilości owadów zarażonych. Jest to niewątpliwie wynikiem tego, że insektycydy eliminują z populacji w większym stopniu osobniki zarażone. Co więcej, ilości spor w przeliczeniu na 1 mg wagi ciała pasikonika był niższy wśród żywych owadów zebranych na terenach objętych zabiegiem insektycydami niż na innych terenach. Wynika z tego, że in-

sektycydy powodowały większą śmiertelność wśród najsilniej zarażonych owadów.

Bell i McLaughlin (1970) badali wpływ pierwotniaka *Mattesia grandis* na toksyczność DDT, Carbarylu, Azinphosmethylu i Malathionu dla kwieciaka bawełnowca (*Anthonomus grandis* Boheman). W badaniach zastosowano 4 dawki insektycydów, którymi działano na owady po 4, 8 i 12 dniach od zarażenia. Śmiertelność notowano po każdym 24 godzinach.

Uzyskane wyniki wskazują, że w miarę jak pasożyt rozmnaża się tkankach chrząszczy, stają się one bardziej wrażliwe na wszystkie cztery insektycydy. Wyraża się to zmniejszeniem LD-50 o 5 do 7 razy w 12 dni po zarażeniu. Zawartość ciała tłuszczowego u chorych owadów zmniejszała się w miarę rozwoju choroby aż zanikała ona niemal zupełnie na 12 dzień choroby.

Jednoczesne stosowanie kilku patogenów lub mieszanin biopreparatów

Oprócz stosowania mieszanin chemicznych pestycydów z biopreparatami można także stosować mieszaniny biopreparatów na przykład wirusów z bakteriami. Celem tego jest zmniejszenie dawek oddzielnie stosowanych biopreparatów i zwiększenie skuteczności zabiegów.

Rzeczywiście w wielu doświadczeniach stwierdzono, że owady zainfekowane dwoma lub trzema patogenami zamierają znacznie szybciej niż przy infekcjach poszczególnymi patogenami. Szczególnie dużo przykładów z tego zakresu mamy w odniesieniu do wirusów i bakterii oraz wirusów i pierwotniaków.

Vago (1956) badał zależności między wirusem nuklearnej poliedrozy i bakteriozą wywoływaną przez *Bacterium paracoli* u gąsienic rusalki pokrzywnika (*Vanessa urticae* L.) oraz brudnicy mniszki (*Lymantria dispar* L.). W doświadczeniach ustalono, że główną rolę odgrywają tutaj wirusy a przez uszkodzone ścianki jelita przenikają do jamy ciała bakterie.

Vago i Vasiljewic (1961) w badaniach nad kompleksem chorób u niedźwiedziówki (*Arctia caja* L.) stwierdzili, że w wyniku poliedrozy następuje proliferacja ścianek jelita, wskutek czego bakterie przenikają do jamy ciała.

W wielu doświadczeniach ustalono, że niektóre wirusowe choroby synergizują rozwój innych chorób wirusowych owadów. W naszych szerszych badaniach nad chorobami rolnic z rodzaju *Agrotis*, *Scotogramma* i *Heliothis* badamy kompleks chorób wywoływanych przez wirusy, bakterie i pierwotniaki.

Sówki (*Noctuidae*) są bardzo dobrym obiektem dla badań mieszanych infekcji. Nasze badania oraz wyniki innych autorów wskazują na to, że

rolnice jednocześnie są zakażone przez wiele patogenów a ilość takich przypadków w warunkach naturalnych jest bardzo duża.

Do szczególnie interesujących należą wyniki naszych badań nad łącznym wpływem pasożytniczego pierwotniaka *Plistophora* oraz wirusa nuklearnej poliedrozy (Lipa 1971, Lipa i wsp. 1970). W tabeli 10 widzimy, że wśród gąsienic rolnicy zbożówki (*Agrotis segetum* Schiff.) karmionych mieszaniną dwóch patogenów procent śmiertelności był znacznie wyższy, niż u gąsienic infektowanych tylko jednym z patogenów. Z danych w tabeli wynika, że największa śmiertelność była wśród gąsienic, które były uprzednio zarażone pierwotniakiem *Plistophora* a następnie wirusem. Jest to wynikiem tego, że pierwotniak uszkadza nabłonek jelita, wskutek czego ułatwia wirusowi przedostanie się do jamy ciała i wrażliwych tkanek.

Zwiększona śmiertelność gąsienic rolnicy *A. segetum* zarażonych równocześnie pierwotniakiem *Plistophora* oraz wirusem nuklearnej poliedrozy jest wynikiem znacznie rozleglejszego i silniejszego opanowania tkanek owada niż ma to miejsce przy infekcjach oddzielnych. Pasożytniczy pierwotniak *Plistophora* atakuje wyłącznie nabłonek jelita środkowego, a wirus nuklearnej poliedrozy nie rozwija się w nabłonku jelita lecz atakuje inne tkanki. A więc oba patogeny nie współzawodniczą ze sobą o miejsce do rozmnażania się i ich chorobotwórczy wpływ na owady kumuluje się.

Omówione wyżej wyniki badań oraz innych naszych doświadczeń wskazują na to, że badania nad mieszanymi infekcjami owadów mogą mieć duże praktyczne znaczenie i mogą przyczynić się do ulepszenia metody mikrobiologicznego zwalczania. W ogromnej liczbie przypadków działanie jednego patogena zwiększa chorobotwórczy wpływ drugiego patogena. Badanie takich zjawisk daje nam możliwość uzyskania biopreparatów zawierających dwa lub więcej owadobójczych mikroorganizmów i dzięki temu uzyskiwać lepsze wyniki w zwalczaniu szkodliwych owadów (Lipa 1967).

Zakończenie

Jak wynika z przedstawionych we wstępie danych istnieje pilna konieczność ograniczenia stosowania trwale zalegających w środowisku pestycydów. Można osiągnąć to wieloma sposobami, a do najbardziej realnych należy wprowadzanie integrowanych programów ochrony ważniejszych upraw roślin.

Stosowanie mieszanin biopreparatów z obniżonymi dawkami pestycydów pozwala uzyskiwać wysoką skuteczność zabiegów a jednocześnie obniżać dawki pestycydów i tym samym zmniejszać niebezpieczeństwo skażenia środowiska, roślin oraz szkodliwego wpływu na zwierzęta i zdrowie ludzi. A więc badania tego typu są bardzo ważne i ich szybki rozwój jest

Tabela 10

Śmiertelność gąsienic rolnicy *Agrotis segetum* zakażanych wirusem *Borrelinavirus agrotidis* i *Plistophora noctuidae* oddzielnie lub razem (wg Lipy 1971)

Patogen lub kombinacja	Dawka patogena na 1 larwę	Ilość owadów w teście	Liczba zamierających z powodu			Ogólna śmiertelność w %	Ilość motyli
			<i>Borrelinavirus agrotidis</i>	<i>Plistophora noctuidae</i>	<i>B. agrotidis</i> + <i>P. noctuidae</i>		
<i>Borrelinavirus agrotidis</i>	10,600	30	21	0	0	70	9
<i>Plistophora noctuidae</i>	8,670	30	0	18	0	60	10
<i>B. agrotidis</i> i 3 dni później							
<i>P. noctuidae</i>	10,600 + 8,670	30	9	1	14	80	6
<i>P. noctuidae</i> i 3 dni później							
<i>B. agrotidis</i>	8,670 + 10,600	30	15	5	14	100	6
Kontrola	—	45	0	0	0	0	41

bardzo pożądanym. Szczególnie duża ilość prac dotyczy DDT i grzybów muskardynowych *Beauveria bassiana* Balsamo i *Metarrhizium anisopliae* Metsch. Jednakże DDT został wycofany ze stosowania w rolnictwie. W związku z tym istnieje pilna konieczność podjęcia badań nad wpływem insektycydów fosforoorganicznych i karbaminianowych na grzyby muskardynowe. Jak wiemy insektycydy tego typu zastąpią dotychczas stosowany DDT.

Jednakże nie wszędzie będziemy mogli stosować nawet obniżone dawki insektycydów. Niektóre gatunki drapieżnych i pasożytniczych owadów są wrażliwe na niewielkie dawki pestycydów. Dlatego w tych przypadkach będzie celowe stosowanie biologicznych metod ochrony roślin, a głównie biopreparatów. Nie we wszystkich jednak przypadkach biopreparaty oparte na *Bacillus thuringiensis* lub *Beauveria bassiana* zapewnią nam w zadowalającym stopniu ochronę upraw przed szkodnikami, gdyż śmiertelność owadów może być zbyt niska, aby uniknąć ekonomicznych strat. W takich przypadkach możemy zbadać możliwość stosowania mieszanin biopreparatów. Uzyskane dotychczas wyniki wskazują na to, że takie badania są bardzo celowe i obiecujące. Stwierdzenie synergizmu między patogenami daje trwałe podstawy dla takiego typu badań.

LITERATURA

- Ben z G.: 1971, Synergism of microorganisms and chemical insecticides. pp 327–355. W „Microbial Control of Insects and Mites” (H.D. Burges and N.W. Hussey, eds.): Academic Press, 861 pp.
- Błońska A.: 1957. Patogeniczne grzyby stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say) z rodzaju *Beauveria*. Roczniki Nauk Roln. 74-A: 356–372.
- Creighton C.S., Kinard W.S., Allen N.: 1961. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* and several chemical insecticides for control of budworms and hornworms on tobacco. J. econ. Ent. 54: 1112–1114.
- Djadečko N.P.: 1957. Mikrobiologičeskij sposob borby s wišnewym slizistym pililščikom. Zascita rastenij. 1, 50.
- Djadečko N.P.: 1959. Opyt primenija biopreparata griba boverin v borbe s jablonnoj plodożorkoj i byrym plodowym kleščem. Trudy sessii Vaschnil i Ukr. Akad. Selskochoz. nauk, 35. Kiev.
- Djadečko N.P., Sikura A.I.: 1961. Biologičeskij metod borby s dubovoj listovertkoj. Lesnoe chozjajstvo 10, 56.
- Fankhanel H.: 1963. Cyt. wg Telengi (1963).
- Genung W.G.: 1960. Comparison of insecticides, insect pathogens and insecticide-pathogen combinations for control of cabbage looper *Trichoplusia ni* (Hbn.) Florida Ent. 43: 65–68.
- Girardeau J.H., Jr. Mitchell E.R.: 1968. The influence of a subacute infection of polyhedrosis virus in the cabbage looper on susceptibility to chemical insecticides. J. econ. Ent. 61: 312–313.
- Godavaribal S., Krisnamurthy K., Majumder S.K.: 1962. Bacterial spores with Malathion for controlling *Ephestia cautella*. Pest Technology 4: 155–158.

- Hudon M.: 1962. Field experiments with *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides for the control of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*, on sweet corn in Southwestern Quebec. J. Econ. Entomol. 55: 115–117
- Hudon M.: 1963. Further field experiments on the use of *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides for the control of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on sweet corn in Southwestern Quebec. J. econ. Ent. 56: 804–808
- Jonajtis V.P.: 1968. Effektivnost Entobakterina-3 borbe s obyknovennym elovym pilščikom v uslovijach Litovskoj SSR. W „Biologičeskij Metod Borby s Vrediteljami Rastenij”. Riga pp. 347–350
- Kovačević Ž.: 1958. Einfluss subletaler Konzentration der Insektizide auf das Erscheinen von Krankheiten bei einigen Insekten. Trans. Int. Conf. Insect Pathol. and Biol. Control, Praha 1958, pp. 115–119
- Lappa N.W.: 1959. Vlijanie griba *Beauveria bassiana* na patogenez u guseníc kolcatogo selkoprjada pri naličii skrytoj formy infekcii. Naučn. trudy Ukr. in-ta zaštity rastenij. 8, 234. Kiev
- Lappa N.V.: 1963. O vospriimčivosti guseníc zlatoglazki k zaraženiju *Bacillus cereus* var. *galleriae*. Zool. Zurnal 42: 1064–1070
- Lesková A.J.: 1959. Opyt primenenija bakteriálního preparata v borbe s jablonnoj molju v uslovijach Voronežskoj oblasti. W „Biologičeskij Metod Borby s Vrediteljami Rastenij”. Kiev pp. 70–75
- Lipa J.J.: 1960. Mikrobiologiczne insektycydy. Post. Nauk Roln. nr 3: 21–34
- Lipa J.J.: 1963. Biologiczne metody ochrony roślin. Post. Nauk Roln. nr 2: 31–43
- Lipa J.J.: 1964. Integracja chemicznego i biologicznego zwalczania w ochronie roślin. Post. Nauk Roln. nr 1: 55–72
- Lipa J.J.: 1967. Zarys Patologii Owadów. Warszawa 342 pp
- Lipa J.J., Pruszyński S.: 1967. Biologiczne metody zwalczania chwastów. Post. Nauk Roln. nr 3: 69–87
- McEwen F.L., Glas E.H., Davis A.C., Splittstoesser C.M.: 1960. Field tests with *Bacillus thuringiensis* Berliner for control of four lepidopterous pests. J. Insect Pathol. 2: 152–164
- Okučajev P.R.: 1958. Cyt. wg Telenga N.A. (1963)
- Petruchina M.T.: 1959a. Ispytanie effektivnosti bakteriálního preparata protiv guseníc jablonnoj moli v Moldavskoj SSR. W „Biologičeskij Metod Borby s Vrediteljami Rastenij”. Kiev pp. 101–105
- Petruchina M.T.: 1959b. Ispytanie effektivnosti bakteriálního preparata protiv guseníc jablonnoj moli v Moldavskoj SSR. Trudy cession VASCHNIL i Ukr. akad. sel'skochozjajstvennyh nauk, 101. Kiev
- Petruchina M.T.: 1961a. Izucenie vozmožnosti ispolzovanija preparata griba beloju muskardiny (*Beauveria bassiana*) v borbe s jablonnoj plodožorkoj. Trudy Moldavs. in-ta sadov., vinogr. i vinod. 7, 93 Kišyniev
- Petruchina M.T.: 1961b. Mikrobiologičeskij metod borby s nekatorymi češuekrylymi vrediteljami sada. Trudy Moldabsk. In-ta sadov. vinogr. i vihod., 7: 79. Kišyniev
- Primak T.A.: 1959. Patologičeskije izmenenija v gemolimfe nasekomnyh pri razlicnyh zobolebanijach i zaraženii parazitaini. Naucn. trudy Ukr. in-ta zaštity rastenii, 8, 241. Kiev.
- Primak T.A.: 1963. Cyt wg Telenga N.A. (1963)
- Pristavko V.P.: 1964. Mikrobiologičeskoe obosnovanie primenenija gribnogo preparata Boverina sovместno s malymi dozami insekticidov v borbe s ličinkami kolodratskogo žuka. Avtoreferat kadidatskoj dissert. Kiev 18 pp

- Pristavko V.P.: 1965 O roli entomogennych bakterii kišečnoj flory v mikrobiologičeskoj borbe s vrednymi nasekomymi. Mikrobiologija 34: 925–928
- Pristavko V.: 1966a. Processus Pathologiques consecutifs a l'action de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. assoiee a de faibles doses de D.D.T. chez *Leptinotarsa decemlineata* Say. Entomophaga 2: 311–324
- Pristavko V.P. 1967. O primenenii v borbie s vrednymi nasekomymi entomopatogennych bakterii vmeste s insekticidami. Entomol. Obozr. 46: 753–759
- Pristavko B.P. 1967. Izmenenie mikroflory i pH ličinok koloradskogo žuka pod vlijaniem griba beloju muskardiny (*Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. i DDT. Zaščita rastenij 47–59
- Rosicky B.: 1951. Nosematosis of *Otiorrhynchus ligustici*. II. The influence of parasitism by *Nosema otiorrhynchi* W. on the susceptibility of the beetles to insecticides. Vest. čsl. zool. společnosti 15: 219–234
- Rosycky B., Weiser J.: 1951. Učinnost insekticidu na lalokonosce libeckoveho, *Otiorrhynchus ligustici*, parazitovaného nosemov. Entomol. Listy 14: 145–153
- Sandner H.: 1964. Biologiczne metody ochrony roślin. PWRiL, Warszawa 210 pp
- Sandner H., Kot J.: 1964. Experience sur l'influence de *Bacillus cereus* var. *galleriae* et du Lindane sur *Sitotroga cerealella* Oliv. et sur *Trichogramma cacoeciae* March. Entomophaga Mem. hors Serie No. 2., 545–547
- Šemetuskis D.: 1968. Deistvije Entobakterina-3 s malymi dozami Sevina na gusenice jablonnoj moli (*Hyponomeuta malinella* Z.), W „Biologičeskij Metod Borby s Vrediteljami Rastenij” Riga pp. 333–334
- Stokes G.M., Weckman G.T., Bovey R.W.: 1962. Evaluation of Thuricide-DDT combinations. Aerial application in the control of European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hubner. Agric. Aviation 4: 136–140
- Telenga N.A.: 1963. Effektivnost primenenija entomopatogennych mikroorganizmov sovместno s subletalnymi dozami insekticidov v borbe s vrednymi nasekomymi. W „Mikrobiologičeskije Metody Borby s Vrednymi Nasekomymi”. (V.I. Poltev, red.). Moskva. pp 101–116
- Vago C.: 1956. L'enchainement des maladies chez les insectes. J. Silkworm 8: 39–47
- Vasiljevič L.: 1961. Primena nekich kultura *Bacillus thuringiensis* Berl u borbi protivu gusenica cludovca (*Hyphantria cunea*). Arch. lolyopriv. nauke 14 (46)
- Vago C.: 1963. Predispositions and interrelations in insect diseases. W. „Insect Pathology: An Advanced Treatise” (E.A. Steinhaus, red). vol. I. pp 339–379
- Vago C., Vasiljevič L.: 1961. Cyt. wg Vago (1963)
- Węgorzek W.: 1966. Integracija metod walki z chorobami, szkodnikami i chwastami jako nowoczesny kierunek dzialania ochrony roślin. Post. Nauk Roln. nr 1: 99–114
- Wolfanberger D.A.: 1965. Polyhedrosis-virus-surfactant and insecticide combinations, and *Bacillus thuringiensis* – surfactant combinations, for cabbage-lyper control. J. Invert. Pathol. 7: 33–38.
- Žukauskene J.I.: 1968. Sravnenie dejstvija biopreparatov v borbe s listovvertkami (*Tortricidae*) na černoj smrodine. W „Biologičeskij Metod Borby s Vrediteljami Rastenij”. Riga pp. 339–341
- Žukauskene J., Šemetuskis D.: 1968. Gibel želtogo kryžovnikogo pilščika (*Pterpnidea ribesii* Scop) i kolčatogo selkoprjada (*Malacosoma neustria* L.) pri vozdejstvii Entobakterina-3 subletalnymi dozami insekticidov v uslovijach Litovskoj SSR. W „Biologičeskij Metod Borby s Vrediteljami i Rastenij” Riga pp. 335–337