

Wiad. entomol.	17 Supl.: 51-77	Poznań 1998
----------------	-----------------	-------------

Entomologia stosowana i ochrona roślin w XXI wieku*

Applied entomology and plant protection in XXI century

JERZY J. LIPA

Instytut Ochrony Roślin, ul. Miczurina 20, 60-318 Poznań

ABSTRACT: Basing on the developments of chemical pesticides market during the last fifty years, some newly developed strategies of pest control including IPM approach and prospects open by genetic engineering an analysis of expected developments in economic entomology and in plant protection in XXI century are given. Special emphasis was given to expected changes in the pest control products market, broader use of transgenic plants and transgenic improvements of entomopathogenic-microorganisms. Possible implications of global climate change for plant protection in XXI century are discussed.

KEY WORDS: economic entomology, plant protection, biological control, microbial control, biopesticides, arthropods genetic improvement, global climate change, baculoviruses, *Bacillus thuringiensis*, transgenic plants, pesticides market, agroecosystem manipulation.

Wstęp

Obecnie znamy około 950 000 gatunków owadów ale wielu entomologów uważa, że dwu- do dziesięciokrotnie więcej gatunków czeka nadal na opisanie. Z powyższej liczby tylko około 3 500 gatunków, a więc około 0,37% wchodzi w zakres zainteresowań entomologii stosowanej rozumianej bardzo szeroko i obejmującej owady pożyteczne i szkodliwe. Z punktu widzenia ochrony roślin za gospodarczo ważne uznaje się około 600 gatunków, które są fitofagami lub wektorami chorób roślin o znaczeniu światowym ale znana jest także duża liczba agrofagów o znaczeniu lokalnym lub regionalnym. W Polsce Instytut Ochrony Roślin oraz Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin prowadzą szczegółową rejestrację 119 gatunków agrofagów, z których 58 to owady (kilka traktowanych jako rodzaje).

* Artykuł zamówiony u autora przez Komitet Organizacyjny 43 Zjazdu PTE i zaprezentowany w formie referatu podczas tego Zjazdu.

Liczba gatunków owadów pożytecznych jest wielokrotnie większa ale ich rola w przyrodzie jest poważnie niedoceniana. Przeciętny mieszkaniec miasta patrzy na świat owadów tylko przez pryzmat kłującego go komara lub muchy siadającej na bułce z miodem. Natomiast rolnik wprawdzie rozumie rolę pszczoły miodnej w zapylaniu roślin ale koncentruje swą uwagę na stosowaniu środków chemicznych przeciw stoncy na ziemniakach lub przeciw słodyszkowi na rzepaku.

Przed trzema laty na XLII Zjeździe PTE w Poznaniu BANASZAK (1996) mówiąc o entomologii stosowanej skoncentrował się na apidologii, która zajmuje się pożyteczną rolą pszczół, trzmieli i innych błonkówek. Natomiast na obecnym XLIII Zjeździe PTE chcę omówić kilka działów entomologii stosowanej, które stanowią moje zainteresowania naukowe i dotyczą ochrony roślin oraz pokazać postęp w tych tematach, które przedstawiałem w plenarnej części XXIX Zjazdu Polskiego Związku Entomologicznego, który odbył się we wrześniu 1963 r. w Lublinie (LIPA, 1965).

Owady jako szkodniki roślin w wyniku rozwoju rolnictwa

Rośliny pojawiły się na ziemi na około 100 mln lat przed owadami, które były pierwszymi małymi zwierzętami na suchym lądzie. W okresie karbonu (350 mln lat temu) obok ogromnych gadów i płazów na ziemi żyły ważkopodobne owady o rozpiętości skrzydeł do 75 cm i można sobie wyobrazić jaki hałas robiły podczas lotu i jakie ilości pokarmu roślinnego konsumowały.

W okresie permu (280 mln lat temu) owady wykształciły swe podstawowe obecne cechy tj. metamorfozę oraz zdolność składania skrzydeł wzdłuż ciała co dało im możliwość przemieszczania się między roślinami lub kopać chodniki w ziemi. Pod koniec ery paleozoicznej (220 mln lat temu) główne rzędy owadów m.in. chrząszcze (*Coleoptera*) i prostoskrzydłe (*Orthoptera*) występowały już bardzo licznie.

W miarę kolejnych epok geologicznych owady opanowały wszystkie środowiska lądowe oraz rozwinęły sposoby żerowania na roślinach, różnych zwierzętach (w tym także drapieżnictwo i pasożytnictwo na innych owadach), a także odżywianie się butwiejącymi organicznymi substancjami. Owady pasożytowały także na małpach oraz na przodkach człowieka, z których pchły i wszy przeszły na *Homo sapiens* L. gdy pojawił się na Ziemi. Praludzie i pierwsi ludzie odżywiali się orzechami, owocami, pędami roślin i bez wątplenia owadami z uwagi na łatwość ich zbierania. Świadectwem tego jest fakt, że wiele plemion aborygenów w krajach tropikalnych (Afryka i Ameryka Środkowa oraz Południowa) do dzisiaj odżywia się owadami jako pożywieniem podstawowym lub delikatesowym.

Był okres, gdy plemiona i grupy ludzkie bazowały na myślistwie co przyczyniło się do rozwoju języka, gdyż było konieczne komunikowanie się przy zbiorowych polowaniach. Jednakże 20000–50000 lat temu liczebność dużych roślinożernych zwierząt zmniejszyła się w takim stopniu, że pierwotni ludzie ponownie przeszli na wielożerność ze znacznym udziałem w pożywieniu materiału roślinnego, którego przydatność pokarmowa rosła w miarę rozwoju technologii przerobu: rozdrabniania, gotowania lub fermentowania liści, nasion i owoców roślin. Nowe sposoby odżywiania się wywołały duże zapotrzebowanie na materiał roślinny a można było to osiągnąć tylko przez uprawę roślin używanych także jako pasza dla udomowionych gatunków zwierząt. Konsekwencją tego było modyfikowanie przez człowieka środowiska w kierunku powstania zwartych łąnów monokultur sprzyjających masowemu rozmnażaniu się roślinożernych owadów. A więc wskutek swej rolniczej działalności pierwotny człowiek „stworzył” szkodniki roślin, z którymi walczył od zarania dziejów i kontynuujemy to obecnie.

Potrzeba ochrony roślin i zmiana roli insektycydów w ostatnim półwieczu

FAO dokonuje okresowych analiz rozwoju rolnictwa oraz potrzeb, dostaw i zakresu stosowania środków ochrony roślin, gdyż odgrywają one istotną rolę w zabezpieczeniu odpowiedniego poziomu produkcji żywności na kuli ziemskiej (LIPA, 1998c). Jednakże Holandia, Dania, Szwecja, USA i inne kraje uruchomiły narodowe programy mające na celu w okresie 10–20 lat zmniejszyć zużycie środków chemicznych o 25–50%. Jakie będą tego konsekwencje dla przemysłu chemicznego oraz dla użytkowników środków chemicznych? Jak będzie wyglądał rynek insektycydów w XXI wieku, a tym samym entomologia stosowana? Temu zagadnieniu poświęciłem niedawno obszerny artykuł (LIPA, 1996b), z którego tutaj poruszam tylko niektóre dane.

Choroby, szkodniki i chwasty powodują ogromne straty w światowej produkcji rolniczej oceniane na około 43% zbiorów (OERKE i in., 1994). METCALF (1996) przytacza oficjalne dane o stratach powodowanych przez szkodliwe owady w USA, które ocenia się na 6 miliardów rocznie, przy następującym podziale: w zbożach 9,1%; w sadownictwie 8,4%; w okopowych 12,3%; w szklarniach i szkółkarstwie 15%. Mimo intensyfikacji zabiegów ochronnych straty wyrządzone przez owady w uprawach sześciu głównych roślin uprawnych (bawełna, kukurydza, jabłoni, ziemniak, kapusta i lucerna) za ostatnie 90 lat utrzymują się w USA na zbliżonym poziomie głównie z uwagi na wzrost wymagań jakościowo-kosmetycznych w stosunku do ziemiopłodów: 11,3% (1900–1904), 14% (1919–1935), 11% (1942–1951), 15% (1951–1960), 13% (1985).

Aby kompensować straty intensyfikuje się ochronę roślin stosując chemiczne środki ochrony w nadmiernych ilościach, przy których występują ujemne skutki dla środowiska. Krajem o tego typu następstwach jest Holandia, w którym średnie zużycie wynosi ponad 18,5 kg s.a./ha użytków rolnych, podczas gdy w Polsce zużycie wynosi około 0,5 kg s.a./ha.

W 1995 r. minęło 50 lat istnienia światowego rynku pestycydów, którego powstanie liczy się od wprowadzenia do szerokiego stosowania preparatu DDT w 1945 r. Rynek ten miał swój burzliwy rozwój w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych wyrażający się wprowadzeniem do sprzedaży dużej liczby preparatów chemicznych, gdyż w owym czasie przepisy o dopuszczaniu do obrotu i stosowania nie były tak rygorystyczne jak obecnie. Początkowy rozwój rynku pestycydów był żywiołowy, gdyż już w 1970 r. jego wartość wynosiła 3 mld dolarów, co odpowiada wartości ponad 11,5 mld dzisiejszych dolarów. O ile na początku lat 70-ych wzrost tego rynku wynosił 10% rocznie to pod koniec lat siedemdziesiątych współczynnik wzrostu spadł do poziomu 4,5%, a pod koniec lat 80-ych do poziomu 2,2% rocznie.

Przyczyny spadku, a tym samym opłacalności na tym rynku, są różne i można powiedzieć, że trudności zaczęły się w latach 70-ych, to jest od wycofania DDT i HCH z uwagi na ujemne skutki środowiskowe. W tym też okresie dramatycznie wzrosły wymagania stawiane rejestrowanym pestycydom oraz wprowadzono obowiązek przeprowadzania wieloletnich i kosztownych badań ekotoksykologicznych. Wystarczy powiedzieć, że o ile w 1958 r. 2 na 1000 badanych związków chemicznych było wprowadzanych na rynek pestycydowy, to w 1968 r. tylko 1 na 1000, w 1978 1 na 25000, a obecnie stosunek ten wynosi 1:40000.

Te zmiany w spojrzeniu na rolę chemicznej ochrony roślin bardzo dobrze opisał METCALF (1981), który uznał, że żyjemy w Wieku Pestycydów, który zaczął się w 1946 r. z wprowadzeniem DDT, a w jego ramach możemy wyróżnić trzy ery:

1. Era optymizmu (1946–1962). Charakteryzowała się ona przekonaniem, że zwiększając dawki insektycydów i liczbę zabiegów osiągnie się taki stan ochrony każdej plantacji przy którym szkodniki zostaną całkowicie wytopione a straty zredukowane do zera.

2. Era zwątpienia (1962–1976). Wiele niekorzystnych następstw nieracjonalnego stosowania insektycydów – ocenia się, że zużyto 3 miliony ton czystego DDT na ziemi – spowodowało szereg zagrożeń ekologicznych i zdrowotnych, które nagłośniła Rachel CARSON w swej słynnej książce „Milcząca Wiosna”. Wynikiem tego było wspomniane wyżej zaostrożenie procedury rejestracji pestycydów oraz wycofanie DDT i innych persystentnych prepara-

tów. Jednakże ogólny wniosek był jednoznaczny: ze stosowania insektycydów nie można zrezygnować, gdyż są one nieodzownym czynnikiem zwiększania plonów.

3. Era integrowania metod (1976–). Koncepcja integrowania różnych metod zwalczania szkodników, która powstała już w latach pięćdziesiątych tj. w „erze optymizmu” i została odłożona „na półkę”, dopiero w 1976 r. na XV Międzynarodowym Kongresie Entomologicznym w Tokio została przedstawiona jako zwarta i pełna teoria. Łączy ona interesy rolnictwa, ochrony środowiska oraz zdrowia ludzi (LIPA, 1984).

Integrowanie metod i sterowanie populacjami agrofagów

Początkowo termin „integrowanie” odnoszono tylko do łączenia metody chemicznej z metodą biologiczną. Chodziło przy tym głównie o to, aby stosować selektywne insektycydy lub stosować szeroko działające insektycydy w taki sposób aby nie niszczyć wrogów naturalnych szkodników. Dzięki temu uzyskano wspaniałe osiągnięcia w ochronie sadów, co polegało m.in. na takim chemicznym zwalczaniu owocówki jabłkówekczki (*Carpocapsa pomonella* L.) aby nie niszczyć drapieżnych roztoczy (*Phytoseiidae*) ograniczających liczebność przędziorków (*Tetranychidae*).

Z czasem rozwinięto teoretyczne podstawy integrowanych metod zwalczania poszczególnych agrofagów lub integrowanych programów ochrony poszczególnych upraw. W rezultacie powstała teoria, a nawet filozofia integrowania różnych metod w ochronie roślin w jeden zwarty system. FAO zdefiniowało integrowane zwalczanie jako łączne wykorzystanie wszystkich dostępnych sposobów i metod zwalczania agrofagów włączając w to agrotechnikę, odmiany odporne, wrogów naturalnych oraz biologiczne i chemiczne zwalczanie celem skutecznego, bezpiecznego i opłacalnego obniżenia nasilenia agrofaga do poziomu, poniżej którego nie wyrządza on szkód gospodarczych.

Integrowane zwalczanie różni się więc wyraźnie od polegania tylko na rutynowym (kalendarzowym) stosowaniu chemicznych pestycydów, jak to uprzednio praktykowano w sadach i na polach. Różni się także od zwalczania biologicznego, które polega wyłącznie na stosowaniu pasożytów, drapieżców lub biopreparatów.

Integracja w ochronie roślin była zupełnie nową koncepcją zwalczania chorób, szkodników i chwastów. Umieszczała ona roślinę uprawną w centrum uwagi ochrony roślin a nie szkodnika, patogena lub chwast, które atakują tę roślinę. Koncepcja ta opierała się zasadzie, że w środowisku jest wie-

le czynników, które sprawiają, że roślina może być albo mniej albo bardziej podatna na atak szkodnika, co powinno być uwzględniane przy podejmowaniu decyzji z jaką intensywnością i za pomocą jakich metod należy prowadzić zwalczanie. Najbardziej istotne jednak jest to, że koncepcja ta zakładała, że pozostawienie pewnej liczby szkodników na plantacji jest ekologicznie i ekonomicznie bardziej uzasadnione niż totalne eliminowanie szkodnika za wszelką cenę. Dla każdego agrofaga ustala się bowiem tzw. poziom ekonomicznej szkodliwości oraz próg szkodliwości. Poziom ekonomicznej szkodliwości to liczebność, przy której występują gospodarcze straty, a więc celem ochrony roślin powinno być utrzymanie liczebności agrofaga na nieszkodliwym poziomie. Zwalczanie mało liczebnej populacji agrofaga jest ekonomicznie nieuzasadnione, gdyż nakłady na ochronę byłyby wyższe od zysku wynikającego z przyrostu plonu. Natomiast próg szkodliwości to taka liczebność agrofaga, przy której należy podjąć zabiegi ochronne aby nie dopuścić do osiągnięcia przez agrofaga poziomu ekonomicznej szkodliwości.

Specjaliści zajmujący się teorią ochrony uważają, że okres integracji metod był tym okresem, w którym rozwinięto taktyczne metody ochrony roślin, znane zresztą od dawna (agrotechniczne, chemiczne, biologiczne i inne) oraz umiejętnie i harmonijnie łączono je ze sobą w spójny system. Pozwalało to wprawdzie „wygrywać bitwy” z agrofagami ale nie zawsze prowadziło jednak do „wygrania wojny”. Taki cel stawia przed sobą koncepcja sterowania agrofagami (w języku angielskim „pest management”), które polega na rozwijaniu i realizacji strategicznych metod zwalczania (LIPA, 1984).

Sterowanie agrofagami to kierowanie rozwojem populacji agrofagów za pomocą wszystkich dostępnych sposobów celem utrzymania ich liczebności poniżej poziomu gospodarczej szkodliwości aby nie wystąpiły straty w plonach. Innymi słowy celem jest aby jak najmniej wydać na ochronę a jednocześnie aby uzyskać jak największe korzyści gospodarcze i społeczne w wyniku zabiegów ochronnych. Wprawdzie niektórzy specjaliści uważają, że terminy „integrowanie metod” oraz „sterowanie agrofagami” są synonimami, to w rzeczywistości jednak koncepcje te różnią się między sobą i można uznać, że sterowanie agrofagami jest dalszym rozwinięciem koncepcji integrowania metod. Celem „sterowania agrofagami” jest nie tyle bowiem zwalczanie, co raczej niedopuszczenie do pojawu agrofagów.

Wdrażanie integrowanych programów (IPM) zwalczania owadów oraz powszechniejsze stosowanie pyretroidów, które są relatywnie tanie oraz zapewniają dobre wyniki ochrony upraw nawet w małych dawkach sprawił, że rynek insektycydów w ostatnich 20-stu latach zmniejszył się (Tab. I).

Wcześniej podkreślono, że o ile w pierwszym okresie istnienia rynku środków ochrony roślin na 1000 badanych 2 związki chemiczne miały szansę być wprowadzone na rynek to obecnie tylko 1 na 40000, a nawet mniej. Ten

Tab. I. Procentowa sprzedaż rodzajów środków ochrony roślin w latach 1978–1994 (KLASSEN, 1995; WOODBURN, 1996).

Estimated sale of plant protection products during 1978–1994.

Grupa	1978	1984	1994
Herbicydy	42.8	43.1	46.8
Insektycydy	35.1	35.4	29.3
Fungicydy	17.6	17.7	18.3
Inne	4.5	4.8	5.6
Ogółem	100	100	100
Miliony USD	8 669	11 101	25 885

Tab. II. Koszty opracowania nowego środka ochrony roślin (WOODBURN, 1995).

Developmental costs of a new plant protection product.

Faza badań	% kosztów
Chemicznych	14,3
Biologicznych	27,6
Toksykologicznych i środowiskowych	37,8
Formy użytkowej	16,3
Innych	4,1

malejący „współczynnik sukcesu” jest wynikiem wzrastających wymagań toksykologicznych i środowiskowych, a badania z tym związane są coraz bardziej długotrwałe i kosztowne. Z tabeli (Tab. II) wynika, że najdroższą fazą opracowania nowego insektycydu stanowią badania dotyczące bezpieczeństwa dla zdrowia ludzi i środowiska.

Aby uczynić rynek środków bardziej efektywnym PORTER i HILL (1995) podkreślają konieczność znacznie szerszego sięgnięcia niż obecnie do substancji biologicznie czynnych izolowanych z żywych organizmów tj. roślin, grzybów, bakterii i zwierząt, których liczbę GROOMBRIDGE (1992) ocenia na sto milionów (Tab. III). Wystarczy powiedzieć, że około 25% środków w medycynie jest roślinnego pochodzenia, ale w ochronie roślin są one jak dotąd w minimalnym stopniu wykorzystane. Jednostkowymi przykładami są: pyre-troidy syntetyzowane w oparciu o pyretryny występujące w roślinach oraz azadyrachtyna – izolowana z miodli indyjskiej (*Azadirachta indica* JUSS.),

Tab. III. Liczba gatunków roślin i zwierząt opisanych oraz przewidywanych (GROOMBRIDGE, 1992).

Number of plant and animal species described and expected.

Grupa	Liczba opisanych $\times 10^3$	Przewidywanych maksymalnie $\times 10^6$	Przewidywanych minimalnie $\times 10^6$
Rośliny	25	0,5	0,3
Grzyby	70	1,5	1,0
Wirusy	5	0,05	0,5
Bakterie	4	3,0	0,4
Kręgowce	45	0,05	0,05
Skorupiaki	1	0,15	0,15
Pajączaki	1	0,75	?
Owady	950	100	8,0

która jest stosowana przeciw stawonogom. Awermektyna będąca metabolitem mikroorganizmu *Streptomyces avermetilis* SAK. jest jednocześnie skutecznym insektycydem, akarycydem i nematocydem o zastosowaniach w ochronie roślin, medycynie i weterynarii. Bensultop będący substancją aktywną insektycydu Bancolu jest analogiem substancji izolowanej z morskich bezkręgowców. Należy więc oczekiwać, że w XXI wieku naturalne toksyny będą w znacznie większym stopniu wykorzystywane w ochronie roślin niż obecnie.

Rozszerzający się rynek środków biologicznych

RAVENSBERG (1994), LISANSKY i COOMBS (1994), SHIEH (1995) i LIPA (1996a, 1996b) w oparciu o dane publikowane i nie publikowane dokonali analizy rynku biopestycydów. Jak widać w tabeli (Tab. IV) rynek bakteryjnych insektycydów opartych na bakterii *Bacillus thuringiensis* BERLINER w okresie 1985–1990 wykazał roczny współczynnik wzrost w wysokości 37%, a w latach 1990–1995 – 12,1%. Rynek sprzedaży biopreparatów *B. t.* w 1985 r. wynosił 21,8 mln dolarów, w 1990 r. – 105 mln dolarów, a w 1995 r. – 189 mln dolarów.

GELERTNER (1990) ocenia, że rynek biopreparatów *B. thuringiensis* w 2000 r. wyniesie 300 mln dolarów. W świecie produkowanych jest ponad 70 biopreparatów opartych na różnych szczepach *B. thuringiensis* i przezna-

Tab. IV. Rynek chemicznych i mikrobiologicznych pestycydów w mln USD w latach 1972–1995 (SHIEH, 1995).

Market of chemical and microbial pesticides in US dollars during 1972–1995.

	Rynek w latach		% wzrostu 1972–1990	Rynek w roku 1995	% wzrostu 1990–1995
	1985	1990			
Pestycydy Ogółem	12,725	26,400	4,1	29,570	2,3
<i>Bacillus thuringiensis</i>	21,8	105,0	37	189	12,5

czonych do zwalczania motyli, chrząszczy i muchówek. W Polsce uruchomiono produkcję dwóch owadobójczych biopreparatów Bacillan i Thuridan ale skala ich stosowania nie była duża.

W kilku krajach europejskich m. in. we Francji, Szwajcarii, Holandii i Rosji, a także w USA, Kanadzie i Japonii, produkowane są wirusowe i grzybowe owadobójcze preparaty oraz biopreparaty do zwalczania chwastów i chorób roślin. Asortyment tych biopreparatów oraz ich sprzedaż rosły jednak wolno. LISANSKY i COOMBS (1994) podają, że w 1993 roku na rynku biologicznych środków ochrony roślin było 281 biopestycydów z następującą strukturą aktywnych organizmów: pasożytnicze oraz drapieżne owady i roztocze – 38,1%, bakterie – 37,0%, nicienie – 15,7%, grzyby – 4,3%, wirusy – 2,8%, pierwotniaki – 2,1%.

Zakres stosowania biologicznych i integrowanych metod w szklarniach i innych działach rolnictwa i ogrodnictwa oraz perspektywy dalszego rozwoju w Polsce omówili LIPA (1975) oraz LIPA i PRUSZYŃSKI (1985). Należy podkreślić, że zakres wykorzystania metod biologicznych w szklarniach w Polsce nie odbiega od europejskiego poziomu. Zarejestrowanych jest w Polsce 10 biopreparatów bakteryjnych typu *B. thuringiensis* i były one stosowane na tysiącach hektarów przeciw brudnicy mniszce (*Lymantria monacha* (L.)) (LIPA, GŁOWACKA, 1995).

Inżynieria genetyczna w doskonaleniu owadobójczych bakterii, wirusów i entomofagów

Nowoczesne techniki biotechnologiczne oraz inżynieria genetyczna już obecnie daje znaczne możliwości doskonalenia zwalczania szkodliwych owadów (LIPA, 1986, 1989; LIPA, NAWROT, 1994; BOCZEK, 1997; HOY, 1997) ale szczególnego ich wykorzystywania należy oczekiwać w XXI wieku.

1. Genetyczne modyfikacje *Bacillus thuringiensis*

Zarodnikująca i gram-dodatnia bakteria *B. thuringiensis* pospolicie występująca w glebie na całej kuli ziemskiej znalazła szerokie zastosowanie w zwalczaniu różnych grup owadów (CANNON, 1995). Bakteria ta odkryta po raz pierwszy w Japonii na przełomie XIX i XX wieku została opisana w Europie w 1915 roku przez E. BERLINERA z martwych gąsienic mkiłki mącznego (*Anagasta kuehniella* (ZELL.)) zebranych w Turyngii (Niemcy). W latach trzydziestych jako handlowy biopreparat Sporeine bakteria była stosowana w zwalczaniu omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis* HBN.) na Węgrzech i w Jugosławii. Jednakże dopiero w 1957 r. biopreparat Thuricide (USA), a w latach późniejszych także inne, zostały wprowadzone do praktyki w USA, ZSRR, Niemczech oraz w Polsce. W 1970 r. firma Abbot wprowadziła na rynek Dipel oparty na wysoce aktywnym szczepie *B. t.* var. *kurstaki*. Należy podkreślić, że szczep ten został izolowany przez Edwarda KURSTAKA, absolwenta WSR Poznań i pracownika Pracowni Biologicznego Zwalczania Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu, podczas jego stażu naukowego w INRA we Francji, a który później został profesorem na Uniwersytecie w Montrealu.

Biopreparaty *B. t.* były najszerzej stosowane w połowie lat siedemdziesiątych, a później ich zużycie się zmniejszyło wskutek wprowadzenia do ochrony roślin pyretroidów – nowej i wysoce skutecznej grupy insektycydów chemicznych. Dzisiaj sprzedaż roczną biopreparatów *B. t.* ocenia się na 180 mln dolarów i stanowi to 0,5% rynku chemicznych pestycydów.

Intensywne badania nad *B. thuringiensis* doprowadziły do poznania wielu nowych podgatunków (spp.) lub odmian (var.) o specyficznym działaniu przeciw motyloom (var. *kurstaki*), muchówkom (var. *israelensis*) oraz chrząszczom (var. *tenebrionis*). Techniki inżynierii genetycznej pozwalają modyfikować znane dzikie odmiany i podgatunki oraz tworzyć transkonjuganty lub transgeniki *B. thuringiensis*, które służą do produkcji tzw. „drugiej generacji” biopreparatów *B. t.* wykazujących większą skuteczność od pierwszych preparatów.

Firma Ecogen jako pierwsza zastosowała technikę wymiany plazmidów (transkonjugacji) do uzyskania szczepów *B. thuringiensis* mających pożądaną kombinację genów z różnych macierzystych szczepów ale bez genetycznej modyfikacji. W 1989 roku Ecogen wprowadził na rynek biopreparaty Cutlass – przeciw szkodnikom warzyw i Condor – przeciw szkodnikom leśnym. W 1990 r. Ecogen wprowadził na rynek biopreparat Foil (*kurstaki* + *tenebrionis*) przeciw stoncy ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) i omacnicy prosowiance (*Ostrinia nubilalis*). Natomiast Ciba-Geigy wprowadziła na rynek transkonjuganty Turex i Agree przeciw gąsienicom motyli.

Inną technikę stosuje się celem uzyskania transgenicznych szczepów bakterii, która polega na tym, że wprowadza się gen kodujący toksynę *B. thuringiensis* do bakterii *Pseudomonas fluorescens* MIGULA. Transgeniczne komórki *P. fluorescens* są masowo hodowane w tankach fermentacyjnych i gdy wytworzą toksyczne kryształy są zabijane metodami fizycznymi lub chemicznymi. Stosując tę technologię zwaną CellCap firma Mycogen Corporation wprowadziła na rynek transgeniczne biopreparaty MVP (*kurstaki*) przeciw gąsienicom motyli, M-Trak (*tenebrionis*) przeciw stoncy ziemniaczanej oraz M-Peril (*kurstaki*) przeciw omacnicy prosowiance. Technologia „zabitych mikrobów” stanowi bardzo dobry przykład technologii rDNA, która zapewnia uzyskanie wysoce skutecznych i bezpiecznych dla środowiska środków ochrony roślin.

Kolejną technologię transgenicznych biopreparatów opracowała firma Crop Genetics International. Do komórek endosymbiotycznej korzeniowej bakterii *Clavibacter xyli cynodontis* DAVIES z trawy *Cynodon dactylon* L., wprowadzono gen *B. t. var. kurstaki*. Uzyskana w ten sposób transgeniczna bakteria z genem CryIA(c) deltaendotoksyny jest inokulowana do roślin kukurydzy, w których zasiedla wiązki sitowe i chroni je przed gąsienicami omacnicy prosowianki (*O. nubilalis*).

2. Genetyczne modyfikacje bakulowirusów

Śmierć owadów w wyniku infekcji dzikim bakulowirusem następuje dopiero po kilku dniach, co nie jest zadawalające w odniesieniu do niektórych szkodliwych owadów oraz roślin uprawnych, gdyż przez ten czas występują szkody. Z powyższych względów w wielu ośrodkach naukowych prowadzi się

Tab. V. Zakres żywicieli bakulowirusów (CROOK, WINSTANLEY, 1995).

Host range of baculoviruses.

Wirus	Maksymalny zakres żywicieli infekowanych przez jednego wirusa	Rząd żywicieli
<i>A. californica</i> MNPV	11 rodzin	<i>Lepidoptera</i>
<i>M. brassicae</i> MNPV	4 rodziny	<i>Lepidoptera</i>
Inne MNPV	Przeważnie 1, a niektóre 3 rodziny	<i>Lepidoptera</i> , <i>Hymenoptera</i>
SNPV	1 rodzina	<i>Diptera</i>
GV	1 rodzina	<i>Lepidoptera</i>

badania nad genetycznym modyfikowaniem bakulowirusów celem zwiększenia ich owadobójczego działania i szybszego powodowania śmierci owadów (CROOK i WINSTANLEY, 1995).

Najwięcej badań wykonano nad bakulowirusami sówki kalifornijskiej (*Autographa californica* (SPEYER)) (AcMNPV) oraz piętnówki kapustnicy (*Mamestra brassicae* (L.)) (MbMNPV). Obydwa wirusy mają szeroki zakres żywicieli, powodują nuklearną poliedrozę (NPV), a ich wiriony są zatopione w poliedrach w postaci pęczków (MNPV), czym różnią się od innych wirusów, których wiriony są zatopione w poliedrach pojedynczo (SNPV) (Tab. V).

Do genomu bakulowirusów techniką inżynierii genetycznej można wprowadzić wiele różnych genów, które: (a) kodują toksyny zabijające lub paraliżujące owady; (b) kodują białko regulujące produkcję hormonów spowalniających rozwój owadów; (c) kodują delta-endotoksynę *B. thuringiensis* (SOBÓTKA i in., 1994).

Wirusy transformowane delta-endotoksyną *B. thuringiensis* (RIBEIRO, CROOK, 1993) lub toksyną skorpiona *Buthus eupeus* (KOCH) (CARBONELL i in., 1988) jak na razie nie przyniosły zadawalającego zwiększenia efektywności działania AcMNPV. Jednakże MCCUTCHEN i in. (1991) w sposób udany wprowadził do bakulowirusa AcMNPV gen toksyny skorpiona *Androctonus australis* (L.) co o 40% zwiększyło śmiertelność gąsienic słonecznicy (*Heliothis virescens* (F.)). Natomiast O'REILLY i MILLER (1991) wykryli gen *egt* bakulowirusa, który koduje wytwarzanie hormonalnego ekdesteroidu VDP-glukosulfotransferazy, który w wysokim stopniu hamował żerowanie gąsienic i o 22% skracał czas zamierania (LT50).

Genetyczna modyfikacja bakulowirusów może także mieć na celu zmniejszenie ich persystencji w środowisku, co może być pożądane ze względu środowiskowych. Uzyskuje się to przez eliminację z genomu wirusa genu polihedryny p10 i na to miejsce wprowadza się gen *lacZ* jako marker, celem monitorowania bakulowirusa w środowisku (CROOK, WINSTANLEY, 1995).

Badania prowadzone w naturalnych środowiskach w Anglii i USA nie wykazały ekologicznych zagrożeń ze strony transformowanych bakulowirusów i bakterii, a więc należy oczekiwać, że w XXI wieku znajdą one szerokie zastosowanie w biologicznej ochronie roślin (HOKKANEN, LYNCH, 1995).

3. Genetyczne doskonalenie entomofagów

Inżynieria genetyczna jest również używana do doskonalenia entomofagów celem rozszerzania zakresu stosowania drapieżnych i pasożytniczych owadów oraz roztoczy w biologicznym zwalczaniu (BOCZEK, 1997). HOY

(1996) uzyskała drapieżne roztocze z rodzaju *Metaseiulus* MUMA, *Typhlodromus* SCHEUTEN i *Phytoseiulus* EVANS odporne na główne insektycydy. Dzięki temu te drapieżniki mogą być stosowane w biologicznym zwalczaniu przędziorków z rodzaju *Tetranychus*, *Panonychus* i *Metatetranychus* a jednocześnie można wykonywać zabiegami insektycydami przeciw innym szkodnikom np. owocówce jabłkowiec (*Carpocapsa pomonella*) lub mączlikom *Bemisia tabaci* (GEN.) i *Trialeurodes vaporariorum* (WEST.) w szklarniach.

Inżynieria genetyczna zapewni także uzyskanie populacji *Phytoseiulus persimilis* ATHIAS-HENRIOT odpornych na wysoką temperaturę, dzięki czemu drapieżca będzie skutecznie ograniczał liczebność przędziorków na wierzchołkach roślin w szklarniach. W tych strefach wzrostowych roślin panuje bowiem temperatura powyżej 40°C, którą toleruje przędziorek ale nie *P. persimilis* (LIPA, 1989).

Owadobójcze rośliny transgeniczne w XXI wieku

Gdy na XXVI Sesji Naukowej IOR w 1986 roku mówiłem o roli biotechnologii w postępie w ochronie roślin (LIPA, 1986) właśnie doskonalono różne techniki inżynierii genetycznej. Badania w owym okresie koncentrowały się na wyborze odpowiednich wektorów dla przenoszenia genów kodujących toksyny z bakterii *B. thuringiensis* do komórek roślinnych ziemniaka, bawełny i kukurydzy. Prace te zakończyły się powodzeniem, gdyż uzyskane transgeniczne odmiany ziemniaka, bawełny i kukurydzy wykazały wysoką odporność przeciw groźnym szkodnikom m. in. stoncy ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata*), skośnikowi bawełniaczki (*Pectinophora gossypiella* (SAUN.)) lub omacnicy prosowiance (*Ostrinia nubilalis*). Z tabeli (Tab. VI) wynika, że w USA i Kanadzie areale upraw transgenicznych odmian szybko rosną co wskazuje, że są one dobrze przyjmowane przez rolników. Nic w tym dziwnego, gdyż normalne odmiany ziemniaka wymagają rocznie w USA od 1 do 5 opryskiwań insektycydami przeciw stoncy ziemniaczanej (*L. decemlineata*). Natomiast wysadzenie odmiany NewLeaf pozwala na zaniechanie zabiegów stonkobójczych.

Biorąc pod uwagę, że w Polsce ziemniak jest uprawiany na areale 1,2 mln ha to wydatki na chemiczną ochronę przed stonką są wysokie a ocenia się je na 86 mln złotych rocznie. Z tego względu wprowadzenie do uprawy transgenicznych ziemniaków byłoby korzystne ze względów środowiskowych, gdyż w znacznym stopniu zmniejszyłoby presję pestycydów na środowisko. Nieznana jest jednak strona ekonomiczna tego rodzaju ochrony ziemniaka, gdyż nie wiadomo jaka będzie cena sadzeniaków transgenicznych ziemniaków.

W 1997 roku w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu oraz w COBORU w Słupi Wielkiej podjęto badania polowe nad oceną przydatności stonkoodpornych transgenicznych odmian typu NewLeaf (Atlantic i Superior) komercjalizowanych przez Monsanto w Polsce. Wyniki tych badań będą przedstawione na Sesji Naukowej IOR w 1999 roku.

Wprawdzie istnieje duża kampania przeciw roślinom transgenicznym ze strony organizacji pseudo-ekologicznych to jednak nie ulega wątpliwości, że rośliny transgeniczne znajdują zastosowanie w ochronie roślin w takim zakresie, w jakim będą rozwiązywać problemy praktyki ochrony roślin, przy kosz-

Tab. VI. Transgeniczne odmiany roślin uprawnych z genami *Bacillus thuringiensis* odporne na szkodniki i ich areal w USA, Australii i Kanadzie w latach 1996–1998 (MONSANTO, 1998).

Transgenic varieties of plants with *Bacillus thuringiensis* genes resistant to insect pests and their ranges in USA, Australia and Canada during 1996–1998.

Roślina i odmiana	Odporność przeciw owadom	Areał uprawy
Kukurydza odm. YieldGard z genami <i>B. t.</i> var. <i>kurstaki</i>	Omacnica prosowianka (<i>Ostrinia nubilalis</i>) Omacnica południowa (<i>Diatraea saccharalis</i>)	USA: 1997 – 1011750 ha (2% areału) 1998 – 4047000 ha (prognoza) Kanada: 1997 – 24282 ha (2% areału) 1998 – 323760 ha (prognoza)
Bawełna odm. Bollgard z genami <i>B. t.</i> var. <i>kurstaki</i> (Btk)	Słonecznice: (<i>Heliothis virescens</i> , <i>Heliothis zea</i>) Skośnik bawełniaczek (<i>Pectinophora gossypiella</i>)	USA: 1996 – 728460 ha 1997 – 890340 ha 1998 – 1011750 ha Australia: 1996 – 30352 ha (7% areału) 1997 – 60705 ha (15% areału) 1998 – 80940 ha (prognoza) 2000 – 65% areału
Ziemniak odm. NewLeaf (Russett Burbank, Atlantic, Superior) z genami <i>B. t.</i> var. <i>tenebrionis</i> (Btt)	Stonka ziemniaczana (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	USA: 1995 – 405 ha 1996 – 3642 ha 1997 – 10117 ha (2% areału) 1998 – 16188 ha (prognoza) Kanada: 1996 – 607 ha 1997 – 2023 ha (1% areału) 1998 – 5665 ha (prognoza)

tach niższych od środków chemicznych lub biopreparatów. Dlatego też KLASSEN (1995) przewiduje, że do 2010 roku odmiany transgeniczne będą stanowić 25% rynku roślin polowych oraz 50% warzyw. Cecha transgeniczności tych odmian w XXI wieku będzie dotyczyć m. in. barwy i długości przechowywania ale w największym stopniu odporności w zwalczaniu chorób oraz szkodników, a także odporności przeciw herbicydom.

Wprowadzenie transgenicznych odmian bawełny i ziemniaka do szerokiej uprawy wymaga racjonalnego podejścia i stanowi ważne zadanie badawcze dla entomologii stosowanej. Jest w pełni oczywiste, że zbyt duży udział odmian odpornych w strukturze zasiewów ziemniaka może wywierać tak silną presję selekcyjną na populacje stonki, że szybko wykształci się odporność na *B. thuringiensis* var. *tenebrionis*. Niezachowanie racjonalnych zasad stosowania transgenicznej bawełny doprowadziło do zagrożeń w USA opisanych przez KEISER'a (1996) i MACILWAIN (1996). Z powyższych względów w USA zarówno amerykańscy specjaliści ochrony roślin jak również firma Monsanto opracowali i wdrożyli program zapobiegania odporności stonki na *B. t. t.*, a przewiduje on zachowanie właściwych proporcji między zasiewami odmian transgenicznych i tradycyjnych, tworzenia środowiskowych refugium dla stonki oraz wykonywanie regularnych zabiegów chemicznych aby zapobiec lub spowolnić proces wykształcania odporności.

Manipulowanie środowiskiem celem zwalczania szkodników

Wcześniej podkreślano, że tradycyjne agroekosystemy oparte na systemie monokultur sprzyjają masowemu pojawowi szkodliwych owadów. Można więc myśleć o tym aby przez odpowiednią organizację agroekosystemów lub środowiskowe manipulacje zapobiegać lub ograniczać występowanie agrofagów. W literaturze istnieje wiele przykładów wskazujących na to, że zwiększenie gatunkowej różnorodności w środowisku prowadzi do zmniejszenia liczebności niektórych szkodników i wyrządzanych przez nie szkód (ANDOW, 1991; van EMDEN, DĄBROWSKI, 1994; CROMARTIE, 1981; LIPA, 1998b). Z dużej liczby przykładów można wymienić:

(1) Nieracjonalne stosowanie nieselektywnych insektycydów w sadach jabłoniowych w Nowej Szkocji (Kanada) znacznie nasiliło występowanie przędziorków (*Tetranychidae*). Rozwiązanie problemu uzyskano przez stosowanie selektywnych pestycydów oraz uwalnianie drapieżnych roztoczy (*Phytoseiidae*) i innych wrogów naturalnych. Rezultatem tego było odbudowanie naturalnego kompleksu wrogów naturalnych, zmniejszenie liczby i nasilenia szkodników i spopularyzowało koncepcję integrowanej ochrony roślin (PICKETT, MACPHEE, 1965).

(2) Następstwem nieracjonalnego stosowania insektycydów na uprawach bawełny w dolinie Canete (Peru) było wyniszczenie kompleksu wrogów naturalnych oraz wykształcenie odpornych populacji przędziorków (*Tetranychidae*) i słonecznic (*Heliothis* spp.). Doprowadziło to także do zjawiska, że niektóre dawniej mało ważne fitofagi stały się poważnymi szkodnikami, a w konsekwencji konieczne było stosowanie 50–60 chemicznych zabiegów ochronnych. Rozwiązanie problemu nastąpiło przez: (a) powrót do wcześniej stosowanych selektywnych insektycydów; (b) repopulację doliny przez wprowadzone gatunki pożyteczne stawonogów; (c) wprowadzenie w sąsiedztwie plantacji bawełny zarośli i krzewów, na których rozwijały się gatunki owadów będących żywicielami parazytoidów lub drapieźców słonecznic. Powyższe zmiany w środowisku sprawiły, że znacznie zmniejszono liczbę zabiegów, a niektóre szkodniki ponownie utraciły swe gospodarcze znaczenie.

(3) W niektórych przypadkach wprowadzenie tylko jednego gatunku rośliny prowadzi do rozwiązania problemu. Wsadzanie brusznicy (*Vaccinium* spp.) w sąsiedztwie winnic w Kalifornii znacznie zwiększyło liczebność pasożytniczej błonkówki *Anagrus epos* GIRAULT, która jako pasożyt jaj obniżyła szkodliwość skoczka winoroślowego (*Erythroneura elegantula* OSBORN). Parazytoid bowiem mógł zimować w alternatywnym żywicielu – skoczku brusznicowym (*Dikrella cruentata* GILLETTE) na *Vaccinium* spp.

(4) Rozwiązanie lub złagodzenie problemu ochrony lucerny w Kalifornii uzyskano na drodze zwiększenia „różnorodności przestrzennej” w obrębie plantacji w wyniku tzw. przemiennego, wstęgowego koszenia, pozostawiając część roślin nie skoszonych, na których przeżywali wrogowie naturalni mszycy grochowej (*Acyrtosiphon pisum* (HARRIS)) oraz słonecznic (*Heliothis* spp.) (DELOACH 1971).

VAN EMDEN i WILLIAMS (1974), ANDOW (1991) oraz VAN EMDEN i DĄBROWSKI (1994) w interesujących opracowaniach przeglądowych analizują pewne teoretyczne i praktyczne implikacje bioróżnorodności w odniesieniu do agroekosystemów i ochrony roślin.

Jeśli odpowiednia populacja agrofaga może być tolerowana (np. w zbożach lub motylkowatych), wtedy ochrona plantacji może mieć na celu zniwelowanie oscylacji w populacji szkodliwego owada a możemy to osiągnąć przez:

- zmniejszenie proporcji arealu zawierającego roślinę żywicielską;
- zmniejszenie przepływu energii przez populację agrofaga;
- zablokowanie troficznych więzi między agrofagiem a niższego rzędu poziomami;

albo przez:

- zmiany w przestrzennej różnorodności;
- zmiany w wiekowo-strukturalnej różnorodności;

- zmiany w różnorodności gatunkowej.

Powyższe cele można najłatwiej osiągnąć przez współrzedną uprawę roślin (intercropping), wprowadzenie odmian roślin odpornych albo przez wprowadzenie wrogów naturalnych tj. stosując biologiczne zwalczanie.

WAY (1977) podkreśla, że „właściwy typ różnorodności stanowi fundament dla współczesnej ochrony roślin”. Właściwą różnorodność w środowisku na poziomie krajobrazu możemy osiągnąć m. in. przez odpowiednio zakładane zadrzewienia lub żywopłoty śródpolne. Natomiast różnorodność w obrębie plantacji możemy tworzyć lub chronić np. przez wstęgowe koszenie plantacji lucerny albo przez opryskiwanie tylko pasów brzeżnych plantacji lub miejsc zasiedlanych przez chwasty, szkodniki lub patogeny. Następtwem tego będzie większa różnorodność w agroekosystemach i w niektórych przypadkach rzadziej będzie dochodzić do masowych pojawów niektórych agrofagów (WIECH, 1995; LIPA, 1998b).

Globalne ocieplenie Ziemi – konsekwencje dla entomologii stosowanej i ochrony roślin w XXI wieku

W 1988 roku Światowa Organizacja Meteorologii (WMO) oraz Środowiskowy Program Narodów Zjednoczonych (UNEP) powołały Międzyrządowy Panel Zmian Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change = IPCC), który w dwóch raportach przedstawił analizę przyczyn zmian klimatu oraz możliwe scenariusze konsekwencji dla różnych działów gospodarki w tym także dla rolnictwa i ochrony roślin (WATSON i in., 1995).

W odniesieniu do warunków w Polsce pierwsza ogólna analiza pt. „Ekonomiczne Konsekwencje Zmian Klimatu w Rolnictwie Polskim” ukazała się w 1993 roku (BIS i in., 1993) a w 1996 roku ukazało się „Studium Krajowe w Sprawie Zmian Klimatu – Strategie Redukcji Emisji Gazów Ciepłarnianych i Adaptacja Polskiej Gospodarki do Zmian Klimatu” (Anonim, 1996).

Studium przyjęło cztery możliwe scenariusze zmian klimatu, warunkujące rozwój polskiego rolnictwa do 2030 roku, które przedstawione są w tabeli (Tab. VII). Scenariusze te oparte są na modelach GISS i GFDL.

Według modelu GISS nastąpi wzrost średniej temperatury o 3,5°C (4,5°C zimą i 2°C latem), a średnia roczna suma opadów może osiągnąć 700 mm w warunkach podwojenia się koncentracji CO₂ w atmosferze. Według modelu GFDL przewiduje się większy niż w GISS przyrost temperatury na obszarze Polski bo prawie o 5°C oraz opady na obecnym poziomie lub nieco mniejszym (ok. 450 mm).

Powyższe zmiany klimatu niewątpliwie wywołają różne zmiany w ekosystemach naturalnych oraz w agroekosystemach. Studium podkreśla, że „Rolnictwo jest tą dziedziną gospodarki, która najmocniej reaguje na skutki

Tab. VII. Cztery scenariusze zmian klimatu w Polsce do 2030 roku (Anonim, 1996).

Four possible scenarios of climate change in Poland till 2030.

<p>1. Klimat wilgotny i ciepły</p> <ul style="list-style-type: none"> ● opady wyższe o 20% (do 700 mm) ● temperatura wyższa o 20°C ● stężenie CO₂ 450 ppm 	<p>2. Klimat wilgotny i bardzo ciepły</p> <ul style="list-style-type: none"> ● opady wyższe o 20% (do 700 mm) ● temperatura wyższa o 40°C ● stężenie CO₂ 600 ppm
<p>3. Klimat suchy i ciepły</p> <ul style="list-style-type: none"> ● opady niższe o 20% (do 450 mm) ● temperatura wyższa o 20°C ● stężenie CO₂ 450 ppm 	<p>4. Klimat suchy i bardzo ciepły</p> <ul style="list-style-type: none"> ● opady niższe o 20% (do 450 mm) ● temperatura wyższa o 40°C ● stężenie CO₂ 600 ppm

zmian klimatu. Wynika to z faktu, że wzrost i rozwój roślin będących podstawą pierwotnej produkcji rolnej, w tym produkcji żywności, jest ściśle uzależniony od zmian temperatury, wielkości opadów i stężenia CO₂ w atmosferze – głównych czynników powodujących prognozowanie zmian klimatu o podłożu antropogenicznym. Zakres oddziaływania zmian klimatycznych w Polsce obejmie 60% całkowitej powierzchni kraju (18,8 mln użytków rolnych), a skala tych oddziaływań będzie większa niż w obecnych krajach Unii Europejskiej ze względu na słabsze gleby występujące w naszym kraju, silniej reagujące na zmiany w gospodarce wodnej”.

Przewidywane zmiany klimatu bez wątpienia będą miały konsekwencje dla entomologii stosowanej oraz dla ochrony roślin w świecie i w Polsce (LIPA, 1997a, 1997c) i z tego względu zostały uruchomione międzynarodowe programy mające na celu zbadanie wpływu zmian klimatu na agrofagi. Za najważniejszy należy uznać Międzynarodowy Program Geosfery i Biosfery (IGBP= International Geosphere-Biosphere Program), w ramach którego utworzono problem Globalne Zmiany w Lądowych Ekosystemach (GCTE=Global Change in Terrestrial Ecosystems) oraz wyłoniono grupę 3.2 „Wpływ Globalnych Zmian na Szkodniki, Choroby i Chwasty” (Global Change Impacts on Pests, Diseases and Weeds) (GCTE 1995). Zorganizowano wiele międzynarodowych konferencji poświęconych ocenie wpływu przewidywanych zmian klimatu na występowanie i szkodliwość szkodników, chwastów i chorób (ATKINSON, 1993; SUTHERST, 1995).

Owady i roztocze są zwierzętami zmiennocieplnymi, ich aktywność, migracje i reprodukcja przebiega tylko w wyższej temperaturze, natomiast w niskiej zapadają w odrętwienie. Nasilające się ocieplenie będzie więc korzystne dla większości szkodliwych stawonogów i należy oczekiwać wzrostu ich szkodliwości (CAMMELL, KNIGHT, 1991; HARRINGTON, WOJWOD, 1995; MOCHIDA, 1991).

PORTER i in. (1991) uważają, że omacnica prosowianka (*Ostrinia nubilalis*) rozszerzy swój zasięg na północ i wschód o 1220 km gdy temperatura podniesie się o 3–6°C w latach 2025–2070 i będzie występować w okolicach Sankt Petersburga.

W cyklu publikacji, KOZAR (1991), KOZAR i DAVID (1986) oraz KOZAR i in. (1995) podają szereg przykładów szkodliwych gatunków owadów, które dzięki podwyższonej zdolności migracyjnej przeniknęły na teren Węgier albo rozszerzyły swój zasięg i zyskały na znaczeniu gospodarczym w ostatnich 50 latach w związku ze stopniowym ocieplaniem się klimatu. Dotyczy to szczególnie miseczników, tarczników i pluskwiaków m. in. *Pseudalaucaaspis pentagona* TARG., *Corythuca ciliata* SAY i innych.

WORNER (1988) podkreśla, że ocieplenie klimatu sprzyjać będzie przenikaniu szkodników kwarantannowych, gdyż będą one miały lepsze warunki zasiedlania nowych kontynentów znajdując tam odpowiednie dla siebie warunki życia. Dobrym przykładem takiego owada jest zachodnia kukurydziana stonka korzeniowa (*Diabrotica virgifera* LÉCONTE), która została zawleczona z USA do Europy i w okresie ostatnich kilku lat rozszerzyła swoje rozprzestrzenienie z Serbii do Węgier i Rumunii (LIPA, 1995).

Jak dotąd w Polsce nie podjęto prób szczegółowej oceny konsekwencji zmian klimatu dla problematyki ochrony roślin. W analizie BISA i in. (1993) przewiduje się tylko ogólnie, że „Można spodziewać się pojawienia się nowych gatunków i ras chorób i szkodników roślinnych. Większość fitopatogenów szkodzących obecnie, może zintensyfikować swoje działanie”, oraz że „Obfitsze opady i podwyższona temperatura powietrza będą sprzyjały rozwojowi chwastów, chorób (np. zarazy ziemniaczanej) i szkodników roślin uprawnych. W związku z tym będzie rosło znaczenie ochrony roślin i koszty z nią związane”. Natomiast „Studium Krajowe ...” (1996) stwierdza, że konsekwencją zmian klimatu będzie „... zmniejszenie plonów w wyniku zwiększenia populacji zimujących szkodników oraz nasilenie się chorób grzybowych, bakteryjnych i wirusowych o prawie 15%”.

LIPA (1997a, c) podkreśla, że przewidywane ocieplenie w Polsce będzie korzystne dla większości gatunków owadów co wyrazi się ich większym rozprzestrzenieniem i większą liczebnością. Na przykład nasilenie i gospodarcze znaczenie omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis*) w Polsce będzie większe z uwagi na możliwe warunki dla występowania 2–3 pokoleń oraz z uwagi na przewidywany znaczny wzrost areалу uprawy kukurydzy. Można spodziewać się przeniknięcia na teren Polski zachodniej kukurydzianej stonki korzeniowej (*Diabrotica virgifera*), której zasięg szybko przesuwają się z Serbii w kierunku Europy Środkowej i Wschodniej (LIPA, 1995).

Należy zakładać, że wzrośnie znaczenie gospodarcze stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata*), która obecnie w Polsce ma tylko jedno pokolenie, a w wyniku ocieplenia klimatu powstaną warunki dla rozwoju 2–3 pokoleń.

Można także oczekiwać, że na teren Polski przeniknie z południa Europy wiele nowych szkodników m. in. oprzędnica jesienna (*Hyphantria cunea* (DRURY)) oraz tarcznik niszczyciel (*Quadraspidiotus perniciosus* (COM.)) ze Słowacji.

Cieplejszy klimat oraz dłuższy okres wegetacji będzie sprzyjać rozwojowi wielu pokoleń mszyc (*Aphididae*) w następstwie czego ich gospodarcze znaczenie wzrośnie, zarówno z uwagi na bezpośrednią szkodliwość dla roślin, jak również jako wektorów chorób wirusowych. Można spodziewać się ewentualnego przeniknięcia na teren Polski mszycy (*Diuraphis noxia* (KURD.)) znanego wektora wirusa żółtej karłowatości jęczmienia (BYDV).

Konieczne jest więc systematyczne przeanalizowanie ryzyka ze strony wielu gatunków szkodliwych owadów i roztoczy, nie występujących obecnie jeszcze w Polsce ale występujących w krajach sąsiednich, w oparciu o modele CLIMEX oraz BIOCLIM (BUSBY, 1991; SUTHERST, 1991; SUTHERST i in., 1995).

Przewidywane ocieplenie klimatu w Polsce spowoduje wiele zmian i stworzy szereg zagrożeń dla roślin uprawianych w Polsce, obecnej struktury upraw oraz technologii rolniczych. Z tego względu konieczne jest przystąpienie do opracowania scenariuszy adaptacyjnych, a wymienione wyżej „Studium Krajowe w sprawie Zmian Klimatu” jest dowodem uruchomienia takich procesów w Polsce.

„Studium Krajowe ...” zakłada wprowadzenie do uprawy w Polsce nowych gatunków roślin celem produkcji biomasy roślinnej jako surowców dla przemysłu i odnawialnych źródeł energii. Obejmie to rzepak (*Brassica napus* L.), trzcinnika olbrzymiego (*Miscanthus sinensis giganteus* ANDERRS.), oraz uprawy *Lunaria annua* L., *Vernonia galamensis* (CASS.), *Saponaria officinalis* L., *Euphorbia lathyris* L., *Apocynum venetum* L. na cele przemysłowe (NALBORCZYK, 1996). Należy więc spodziewać się nasilenia agrofagów na tych uprawach.

Przed ochroną roślin w Polsce stoi więc pilne zadanie opracowania scenariuszy i analiz wzrostu zagrożenia ze strony obecnych agrofagów, jak również opracowania analiz ryzyka przeniknięcia nowych i kwarantannowych agrofagów. Tym zagadnieniem powinni zainteresować się także członkowie Polskiego Towarzystwa Entomologicznego nie tylko w odniesieniu do ochrony roślin ale także niewątpliwych zmian w bioróżnorodności i faunie z poszczególnych rzędów owadów w Polsce.

Podsumowanie

Entomologia stosowana oraz ochrona roślin jako całość w XXI wieku rozwijać się będzie w swych tradycyjnych trendach ale inżynieria genetyczna oraz inżynieria środowiskowa będą w coraz większym stopniu wywierać wpływ w kierunku zaspokojenia oczekiwań społecznych. Praktyczna realizacja tych przewidywań będzie w dużym stopniu zależec od działania rynku środków ochrony roślin w XXI wieku (Tab. VIII). Rynek ten należy rozumieć bardzo szeroko, a będzie się on składać z preparatów chemicznych, biopreparatów, drapieżnych i pasożytniczych stawonogów, roślin transgenicznych, środków biotechnicznych (feromony, atraktanty, antyfidanty, hormony itp.), a także technicznych narzędzi w postaci nowej generacji opryskiwaczy elektrostatycznych i precyzyjnych (LIPA, 1996b, 1997b, 1998a).

Tab. VIII. Wartość sprzedaży (w USD) środków owadobójczych w latach 1991–2001 (KLASSEN, 1995).

Sale value (in US dollars) of insect control products in 1991–2001.

Kategoria Środków	w stałej wartości milionów USD		
	1991 r.	1996 r.	2001 r.
Konwencjonalne insektycydy	9,358	9,597	9,212
Biopestycydy	157	219	318
Regulatory wzrostu	100	116	181
Feromony, atraktanty	60	80	158
Roślinne preparaty	70	81	90
Stawonogi: pasożyty, drapieżcy	35	47	60
Niczenie owadobójcze	4	30	70
Ogółem	9,784	10,170	10,152

KLASSEN (1995) uważa, że zakres stosowania środków chemicznych w XXI wieku znacznie się zwiększy w Ameryce Południowej, Chinach, Południowej Korei, Indiach. Ich zużycie nieznacznie wzrośnie w Ameryce Północnej i Japonii. Natomiast stosowanie chemicznych insektycydów, herbicydów i fungicydów w Europie będzie się zmniejszać z uwagi na rygorystyczne przepisy środowiskowe, nadprodukcję produktów spożywczych oraz społeczny nacisk na przeznaczanie ziem ornych na tereny rekreacyjne oraz ich zalesianie (THOMAS, 1993). Niewątpliwie te zmiany krajobrazowe stworzą sprzyjające warunki dla rozwoju pozytywnej fauny owadów a niekorzystne dla

agrofagów. Spowoduje to zmiany w rozłożeniu akcentów w entomologii stosowanej; będzie mniej badań nad szkodnikami a więcej nad owadami pożytecznymi oraz fauną owadów w aspekcie bioróżnorodności. Stworzy to bardziej sprzyjające warunki dla zajmowania się entomologią „dla przyjemności”, gdyż wcześniej przechodzić się będzie na emeryturę oraz będzie czterniodniowy tydzień pracy. Można więc zakładać, że liczba członków Polskiego Towarzystwa Entomologicznego będzie wielokrotnie większa niż obecnie.

Spadek stosowania środków chemicznych w świecie będzie wynikiem szerokiego wdrażania integrowanych programów oraz wprowadzania nowych technik opryskiwania opartych na satelitarnym systemie pozycjonowania (GPS). Te nowe technologie określane jako precyzyjne rolnictwo (LIPA, 1997b) oraz precyzyjna ochrona roślin (LIPA, 1998a) polegają na tym, że opryskiwanie jest wykonywane tylko w miejscach występowania agrofagów na plantacji. Jak wykazały to doświadczenia w wielu krajach redukcja zużycia chemicznych preparatów może wynosić nawet 70% poprzednio zużytych ilości (LIPA, 1998a). Sytuacja w Polsce, w związku z członkostwem w Unii Europejskiej, będzie odpowiadać trendom światowym a prognozę w tym zakresie przygotowali PRUSZYŃSKI (1997), PRUSZYŃSKI i in. (1994) oraz LIPA (1998d).

Przewidując rozwój i stan entomologii stosowanej i ochrony roślin w XXI wieku trzeba mieć na uwadze, że pod koniec XIX wieku nikt prawidłowo nie przewidział rozwoju entomologii stosowanej i ochrony roślin w takim zakresie i wymiarze jaką mamy pod koniec XX wieku, której jesteśmy nie tylko obserwatorami ale i współtwórcami. A więc niewątpliwie również kolejne pokolenia członków Polskiego Towarzystwa Entomologicznego oraz nie zrzeszonych entomologów w uczelniach i instytutach, wniosą istotny i twórczy wkład w rozwój nowych kierunków i badań entomologicznych o których obecnie jeszcze nie mamy wyobrażenia.

SUMMARY

While thinking about the possible developments in applied entomology and plant protection in the coming XXI century several topics and factors must be taken into account. Although now 950 000 insects species are described some biologists suppose that from two to ten more species exist and wait to be discovered and taxonomically described. Out of nearly one million species known at present only 3 500 (0.37%) are the subject of interest of applied entomology which considers destructive and as well as beneficial insects. The latter were broadly discussed at the XLII Meeting of the Polish Entomological Association while at the present meeting emphasis is given to forest and agricultural economic entomology.

From the plant protection standpoint only 600 insect species are recognized as world pests causing direct or indirect damage to plants or plant products. The Institute of Plant Protection in Poland carries on a routine survey and registration of 119 species of plant pests of which 58 are insects.

Plant protection in general and applied entomology in particular are important tools to prevent losses in yields and to secure sufficient amount or good quality of food in various world regions. However, efforts to protect crops should not go beyond the rational approach and should not create any threat to environment quality and human health.

The chemical pesticides are and will remain the central pillar of plant protection but their use went through stages (optimistic and pessimistic) before it entered the present era named the integrated pest management (IPM). The IPM philosophy considers the expectations of farmers, environmentalists and consumers. It is based on rational use of chemical pesticides and biopesticides, it considers risk/benefit effects and pays attention to a proper construction of agroecosystems and biodiversity.

In XXI century we shall observe the increasing role of biological control within IPM programs. This will be due to the present and expected successes in the genetic improvement of predators, parasites and particularly of biopesticides based on *Bacillus thuringiensis* and baculoviruses with the enhanced insecticidal properties or environmental properties. Several specialists foresee the broad use of transgenic plants with various features including also traits important for plant protection.

The global climate changes must be taken into account by all entomologists and plant protection specialists due to possible implications to regional changes in insect fauna, weed flora and changes in area and cropping systems. Basing on the GISS and GFDL models possible changes in Polish agriculture may be foreseen which will affect the abundance, number of generations and significance of insects, pathogens or weeds. In several countries special programs and teams were established to prepare possible scenarios of changes and necessary measures.

PIŚMIENNICTWO

- ANDOW D. A., 1991: Vegetational diversity and arthropod population responses. *Annu. Rev. ent.*, **36**: 561-586
- Anonim, 1996: Studium Krajowe w Sprawie Zmian Klimatu. Strategie Redukcji Emisji Gazów Ciepłarnianych i Adaptacja Polskiej Gospodarki do Zmian Klimatu. Synteza. Warszawa. 108 ss.
- ATKINSON D., 1993b: Global Climate Change: Implications for Crop Protection. BCPC Monograph No. 56. Farnham. 102 ss.
- BANASZAK J., 1996: Owady ekonomicznie ważne czyli o entomologii stosowanej. *Zesz. nauk. WSP, Studia Przym.*, Bydgoszcz, **12**: 121-149.
- BIS K., DEMIDOWICZ G., DEPUTAT T., GÓRSKI T., HARASIM A., KRASOWICZ S. 1993: Ekonomiczne Konsekwencje Zmian Klimatu w Rolnictwie Polskim. *Problemy Agrofizyki* nr 68:1-33.
- BOCZEK J., 1997: Wykorzystanie technik inżynierii genetycznej do zwalczania szkodników roślin. *Post. Nauk roln.*, nr 4: 15-25.

- BUSBY J. R., 1991: BIOCLIM – a bioclimate analysis and prediction system. *Plant Protection Quarterly*, **6**: 8-9.
- CAMMELL M. E., KNIGHT J. D., 1991: Effects of climate change on the population dynamics of crop pests. *Advances in Ecological Research*, **22**:117-162.
- CANNON R. J. C., 1995: *Bacillus thuringiensis* in pests control. [W:] *Biological Control: Benefits and Risks* (H. M. T. HOKKANEN and J. M. LYNCH, eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge: 190-200.
- CARBONELL L.F., HODGE M.R., TOMALSKI M.D., MILLER L.K., 1988: Synthesis of a gene coding for an insect-specific scorpion neurotoxin and attempts to express it using baculovirus vectors. *Gene*, **73**: 409-418.
- CROMARTIE W. J., 1981: The environmental control of insects using crop diversity. [W:] *Handbook of Pest Management in Agriculture* (D. PIMENTEL, ed.). CRC Press, Boca Raton: 223-251.
- CROOK N. E., WINSTANLEY D., 1995: Benefits and risks of using genetically baculoviruses as insecticides. [W:] *Biological Control: Benefits and Risks* (H. M. T. HOKKANEN and J. M. LYNCH, eds.) Cambridge Univ. Press, Cambridge: 223-230.
- DELOACH C. J., 1971: The effect of habitat diversity on predation. *Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Contr. Habitat Manage.*, **2**: 223-241. Tallahasee, Florida: Tall Timbers Res. Sta.
- GCTE 1995: GCTE – Global Change and Terrestrial Ecosystems. Report No. 11. GCTE Activity 3.2. Global Change Impacts on Pests, Diseases and Weeds. Implementation Plan. Canberra: 52 pp.
- GELERTNER W. D., 1990: *Bacillus thuringiensis*, bioengineering and the future of bioinsecticides. Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases, **2**: 617-624.
- GROOMBRIDGE, 1992: *Global Diversity. Status of Earth's Living Resources*. Chapman & Hall, Londod. (cyt. wg PORTER, HILL, 1995).
- HARRINGTON R., WOIWOD I. P., 1995: Insect crop pests and the changing climate. *Weather*, **50** (6): 200-208.
- HOKKANEN H. M. T., LYNCH J. M., 1995: *Biological Control: Benefits and Risks*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 304 ss.
- HOY M. A., 1996: Population genetics and dynamics of transgenic arthropod natural enemies: an overview of potential risk and logistical issues. *Proc. XX Int. Congr. Entomol.*, Firenze: 291.
- KEISER J., 1996: Pests overwhelm Bt cotton crop. *Science*, **273**: 423.
- KLASSEN W., 1995: World food security up to 2010 and the global pesticide situation. [W:] *Eighth International Congress of Pesticide Chemistry: Options 2000* (N. N. RAGSDALE, P. C. KEARNEY, J. R. PLIMMER, eds.) AMC, Washington: 1-32.
- KOZAR F., 1991: Recent changes in the distribution of insects and the global warming. *Proceedings of the 4th ECE/XIII.SIEEC*, Godollo: 406-413.
- KOZAR F., DAVID A. N., 1986: The unexpected northward migration of some species of insects in Central Europe and the climatic changes. *Anz. Schädlingkunde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, **59**: 90-94.

- KOZAR F., SHEBLE D. A. F., FOWJHAN M. A., 1995: Study on the further spread of *Pseudaulacaspis pentagona* (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae) in Central Europe. Israel J. Ent., **24**: 161-164.
- LIPA J. J., 1965: Patologia i mikrobiologiczne zwalczanie owadów. Polskie Pismo ent., Seria B, **37-38** (1-2): 151-162.
- LIPA J. J., 1975: Osiągnięcia biologicznego zwalczania szkodników w Polsce w latach 1945–1975 i perspektywy na przyszłość. Biul. Inst. Ochr. Roślin nr 59: 39-54.
- LIPA J. J., 1984: Integrowanie metod zwalczania i sterowanie populacjami agrofagów w nowoczesnych programach ochrony roślin. Mat. XXIV Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin: 31-48.
- LIPA J. J., 1986: Biotechnologie a postęp w ochronie roślin. Mat. XXVI Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin: 11-40.
- LIPA J. J., 1989: Odporność agrofagów na czynniki biologicznego zwalczania i odporność entomofagów na chemiczne pestycydy a efektywność biologicznego zwalczania. Mat. XXIX Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Cz. I – Referaty: 13-34.
- LIPA J. J., 1995: Zachodnia kukurydziana stonka korzeniowa (*Diabrotica virgifera virgifera*) – nowy kwarantannowy szkodnik kukurydzy w Europie. Ochrona Roślin nr 6: 9-10.
- LIPA J. J., 1996a: Insect pathology and microbial control in the EPRS region and in Poland. IOBC/WPRS Bull., **19** (9): 1-11.
- LIPA J. J., 1996b: Światowy rynek środków ochrony roślin (1945–2001). Pestycydy, **4**: 43-66.
- LIPA J. J., 1997a: Globalne ocieplenie Ziemi – konsekwencje dla ochrony roślin. Post. Nauk roln., nr 6: 3-13.
- LIPA J. J., 1997b: Rolnictwo precyzyjne – nowe technologie. Fragm. agronom., **3** (55): 17-26.
- LIPA J. J., 1997c: Zmiany Klimatu Ziemi – konsekwencje dla rolnictwa i ochrony roślin. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, **37** (1): 27-35.
- LIPA J. J., 1998a: Precyzyjna ochrona roślin – nowe technologie metod i zabiegów. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, **38** (1): [w druku].
- LIPA J. J., 1998b: Czy zróżnicowanie gatunkowe ogranicza występowanie gradacji agrofagów. Konferencja Komitetu Ekologicznego PAN, 5.VI.1998, Warszawa. [Maszynopis].
- LIPA J. J., 1998c: Prognoza FAO rozwoju rolnictwa do 2030 roku. Post. Nauk roln., [w druku].
- LIPA J. J., 1998d: Ochrona roślin w Polsce i Unii Europejskiej. [W:] Polskie Ogrodnictwo w Obliczu Integracji z Unią Europejską. Jubileusz 30-lecia Wydziału Ogrodniczego AR Kraków [w druku].
- LIPA J. J., GŁOWACKA B., 1996: Nun moth (*Lymantria monacha* L.) in Europe and Poland. Proceed. Annual Gypsy Moth Review, Nov. 5–8, 1995, Traverse City, USA: 138-158.
- LIPA J. J., NAWROT J., 1994: Biotechnologie w nowoczesnej ochronie roślin. Mat. XXXIV Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Cz. I – Referaty: 18-25.
- LIPA J. J., PRUSZYŃSKI S., 1985: Biologiczna ochrona roślin w Polsce w ubiegłych 25 latach i jej tendencje rozwojowe w latach przyszłych. Mat. XXV Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin: 41-62.

- LISANSKY S. G., COOMBS J., 1994: Developments in the market for biopesticides. Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases, **3**: 1049-1054.
- MACILWAIN C., 1996: Bollworm chew hole in gene-engineered cotton. *Nature*, **382**: 289.
- METCALF R. L., 1981: Changing role of insecticides in crop protection. *Annu. Rev. ent.*, **25**: 219-256.
- METCALF R. L., 1996: Applied entomology in the twenty-first century. *American Entomologist*: 216-227.
- MOCHIDA O., 1991: Impact of CO₂ – climate change on pests distribution. *Agr. Horticult.*, **66**:128-136.
- MONSANTO, 1997: Achievements: Plant Biotechnology 1997. St. Louis. 15 ss.
- NALBORCZYK E., 1996: Prognoza badań rolniczych warunkujących rozwój rolnictwa i gospodarki żywnościowej na początku XXI wieku. [W:] *Nauka Polska w Perspektywie XXI wieku. Komitet Prognoz „Polska w XXI Wieku” przy Prezydium PAN, Warszawa*. 378 ss.
- OERKE E. C., DEHNE H. W., SCHONBECK F., WEBER A., 1994: *Crop Production and Crop Protection*. Elsevier, Amsterdam. 808 ss.
- O'REILLY D. R., MILLER L. K., 1991: Improvement of a baculovirus pesticide by deletion of the egt gene. *Bio/Technol.*, **9**: 1086-1089.
- PICKETT A. D., MACPHEE A. W., 1965: Twenty years' experience with integrated control programmes in Nova Scotia apple and pear orchards. *Proc. Int. Congr. Entomol.*, 12th, London 1964: 597.
- PORTER J. H., PARRY M. L., CARTER T. R., 1991: The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agric. Forest Meteorol.*, **57**: 221-240.
- PORTER N., HILL D., 1995: Technological developments in high throughput screening: (1) Exploiting the molecular diversity of natural products; (2) Measurement of biomolecular interactions and the use of robotics. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, **1**: 289-308.
- PRETTY J. N., 1995: Sustainable agriculture in the 21st century: challenges, contradictions and opportunities. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, **1**:111-120.
- PRUSZYŃSKI S., 1997: Program dostosowania ochrony roślin do wymagań ochrony środowiska i potrzeb produkcji rolniczej. [W:] *Program Proekologicznego Rozwoju Wsi, Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej do Roku 2000 i w Latach Następnym*. IERiGŻ, Warszawa: 79-100.
- PRUSZYŃSKI S., ZALEWSKI A., MIECZKOWSKI J., BŁOK F., 1994: Prognoza przewidywanych zmian w produkcji roślinnej do 2010 roku w zakresie podstawowych upraw oraz kierunków i rozmiarów ich ochrony. Raport przygotowany dla Stowarzyszenia Polskich Producentów Środków Ochrony Roślin. Warszawa. 18 ss.
- RAVENSBERG W.J., 1994: Biological control of pests: current trends and future prospects. Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases, **2**: 591-600.
- RIBEIRO B. M., CROOK N. E., 1993: Expression of full-length and truncated forms of crystal protein genes from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in a baculovirus and pathogenicity of the recombinant viruses. *J. Invertebr. Pathol.*, **62**: 121-130.

- SHIEH T. R., 1995: Biopesticide formulations and their applications. [W:] Eighth International Congress of Pesticide Chemistry: Options 2000 (N. N. RAGSDALE, P. C. KEARNEY, J. R. PLIMMER, eds.) AMC, Washington: 104-114.
- SOBÓTKA W., MICHALIK J., ZIEMNICKA J., KONOPIŃSKA D., 1994: Proekologiczne insektycydy przyszłości. Mat. XXXIV Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, 1: 471-473
- SUTHERST R. W., 1991: Pest risk analysis and the greenhouse effect. Review agricult. Ent., **79**: 1177-1187.
- SUTHERST R. W., 1995: Impacts of Climate Change on Pests, Diseases and Weeds in Australia. Report of an International Workshop, Brisbane 9-12 October 1995. 52 ss.
- SUTHERST R. W., MAYWALD G. F., SKARRATE D. B., 1995: Predicting insect distributions in a changed climate. [W:] Insects in a Changing Environment (R. HARRINGTON and N. E. STORK, eds.). Academic Press, London: 59-91.
- THOMAS B., 1993: The regulatory control of plant protection products: beyond the millennium. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, **1**: 129-136.
- VAN EMDEN H. F., DĄBROWSKI Z. T., 1994: Biodiversity and habitat modification in pest management. Insect Sci. Applic., **15**: 605-620.
- VAN EMDEN H. F., WILLIAMS G. F., 1974: Insect stability and diversity in agro-ecosystems. Annu. Rev. ent., **19**: 455-475.
- WATSON R. T., ZINYOWERA M. C., MOSS R. H., DOKKEN D. J., 1995: Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Cambridge University Press, Cambridge. 950 ss.
- WAY M. J., 1977: Pest and disease status in mixed stands vs mono cultures: The relevance of ecosystem stability. [W:] Origins of Pest, Parasite, Disease and Weed Problems (J. M. CHERRET and G. R. SAGAR). Blackwell, Oxford: 127-138.
- WEARING C. H., HOKKANEN H. M. T., 1995: Pest resistance to *Bacillus thuringiensis*: ecological crop assessment for Bt gene incorporation and strategies of management. [W:] Biological Control: Benefits and Risks (H. M. T. HOKKANEN and J. M. LYNCH, eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge: 236-252.
- WIECH K., 1995: Effect of mixed cropping on the occurrence of beneficial entomofauna. [W:] Actual and Potential Use of Biological Pest Control on Plants (E. NIEMCZYK, ed.). Committee of Plant Protection PAS, Skierniewice: 139-144.
- WOODBURN A. T., 1995: The market for agrochemicals: present and future. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, **1**: 121-128.
- WORNER S. P., 1988: Ecoclimatic assesment of potential establishment of exotic pests. J. econ. Ent., **81**: 973-983.

