

*Wanda Mierzejewska
Pracownia Ekonomiki Ochrony Roślin,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu*

Ekonomiczna szkodliwość agrofagów

Wprowadzenie

Jedną z cech charakteryzujących rolnictwo drugiej połowy XX wieku jest dynamiczny rozwój ochrony roślin. Rozwój ten wyraża się nie tylko uwielokrotnieniem zabiegów ochronnych, ale także ogromnym postępem naukowym i technicznym w tej dziedzinie wiedzy. Według licznych informacji na rynku pestycydów pojawia się dużo preparatów zawierających coraz nowe substancje aktywne. Nastąpił także znaczny rozwój w metodach "niechemicznych", zrodziły się podstawy integrowanej ochrony roślin.

Rozwój badań naukowych spowodował w konsekwencji przeobrażenia w traktowaniu ochrony roślin jako działalności gospodarczej. Ochrona roślin stała się powszechnie stosowanym nakładem gospodarczym, który jak każdy inny musi być podporządkowany prawom ekonomicznym.

Dynamiczny rozwój ochrony roślin nasuwa pytanie, czy zjawisko to jest spowodowane wzrostem szkodliwości agrofagów, jak wielka jest ta szkodliwość i na czym ona polega. Bardzo istotne stało się także zagadnienie wielkości progowych szkodliwości agrofagów. Celem opracowania jest właśnie przeanalizowanie tej problematyki, co wiąże się z koniecznością omówienia terminów i miar oraz wielkości progowych szkodliwości agrofagów. Podkreślić należy, że praca nie jest przeglądem bardzo bogatej literatury przedmiotu, ponieważ wymagałoby to znacznego rozszerzenia opracowania.

Terminy i miary określające szkodliwość agrofagów

Agrofagi wywołują reakcje łańcuchowe. Kolejne ogniwa w tym łańcuchu są następujące: spadek plonu, spadek opłacalności produkcji, spadek efektywności nakładów i związany z tym ujemny wpływ na tzw. granicę opłacalności wzrastających nakładów. Ogniwem w łańcuchu szkodliwości agrofagów są także uboczne ujemne następstwa działań człowieka, które — zmierzając do uniknięcia zniżki plonów —

nie są obojętne dla środowiska, w którym żyje człowiek. Określenie szkodliwości spadkiem plonów i zbiorów ma bardzo dużą wymowę, ale tylko jednowymiarową. Jeśli termin "szkodliwość agrofagów" ma być terminem ekonomicznie ścisłym, musi być uzupełniony dodatkowym określeniem wynikającym z przyjętego kryterium klasyfikacyjnego. Klasyfikacje szkodliwości mogą być różne w zależności od przyjętego kryterium różnicującego.

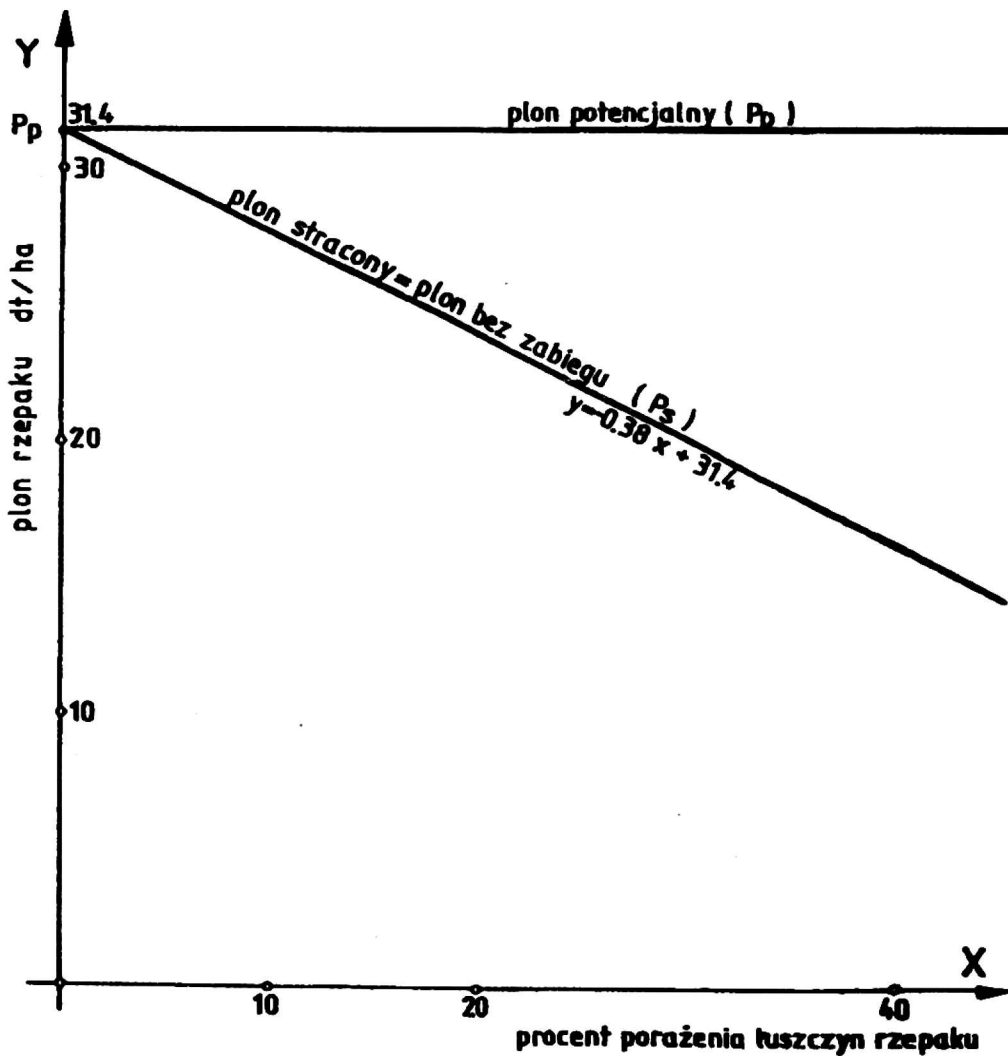
Jeśli przyjąć za podstawę oceny szkodliwości agrofagów uwzględnienie włączenia działań człowieka zmierzających do unieszkodliwiania agrofagów (tzn. brak przeciwdziałania lub różne jego nasilenie i efektywność), wtedy można rozróżnić następujące rodzaje szkodliwości: potencjalną, rzeczywistą bezpośrednią, rzeczywistą pośrednią i całkowitą [9].

Natomiast jeśli przyjąć za podstawę klasyfikacji mierniki, w których wyrażamy szkodliwość agrofagów, wówczas możemy wyodrębnić takie rodzaje szkodliwości, jak produkcyjną teoretyczną, produkcyjną faktyczną, dochodowo-kosztową mikroekonomiczną i makroekonomiczną.

Ten drugi podział w większym stopniu uwzględnia skomplikowany charakter skutków działania agrofagów w przyrodzie i gospodarce. Jednak ani w przyrodzie, ani w gospodarce nie ma sztywno wyznaczonych granic podziałowych. Podane klasyfikacje mimo dążenia do ujęcia skomplikowanego charakteru zjawiska wprowadzają jednak uproszczenia (takim uproszczeniem jest określenie jednym terminem szkodliwości agrofagów w makroskali).

Szkodliwość produkcyjna teoretyczna wyrażana jest zależnością między agrofagami a plonem potencjalnym. Wpływ agrofagów na wysokość plonu potencjalnego można określić za pomocą współczynników szkodliwości [6, 13, 16, 17]. Wydaje się jednak, że bardziej ściśle i nie wywołujące różnic w interpretacji jest wyrażenie zależności agrofag-plon za pomocą współczynników w równaniach regresji. Współczynniki te mówią, o ile spada plon (lub wzrasta spadek plonu), gdy nasilenie analizowanego agrofaga wzrasta o jednostkę nasilenia. Przykładem może być zależność między pryszczarkiem (*Dasyneura brassicae* Winn) a plonem rzepaku, którą T. Pałosz [12] wyraża równaniem: $y = -0,038x + 3,14$. Po przeliczeniu ton na decytony zależność tę obrazuje wykres (rys. 1). Interpretacja tej zależności jest następująca: jeżeli występuje jednoprocenowy wzrost porażenia łuszczyn rzepaku przez pryszczarkę, to plon nasion rzepaku spada o 0,038 ton plonu potencjalnego, tzn. takiego, jaki byłby uzyskany, gdyby pryszczarek nie występował.

Zależność między agrofagiem a plonem bywa wykazywana często nie przez określenie wpływu na plon, a poprzez wpływ na spadek plonu. W ten sposób Zeddies i Weibel [20] opisują równaniem i ilustrują wykresem wpływ wyczyńca polnego (*Alopecurus myosuroides*) na plon pszenicy ozimej. Równanie opisane jest wzorem $y = 1,57 + 0,0749x$. W tym przypadku funkcja ma wartość rosnącą, co oznacza, że wraz ze wzrostem liczebności wyczyńca wzrasta spadek plonu. Na wykresie 1 funkcja ma postać malejącą, ponieważ wyraża ona wpływ na plon, który wraz z nasileniem

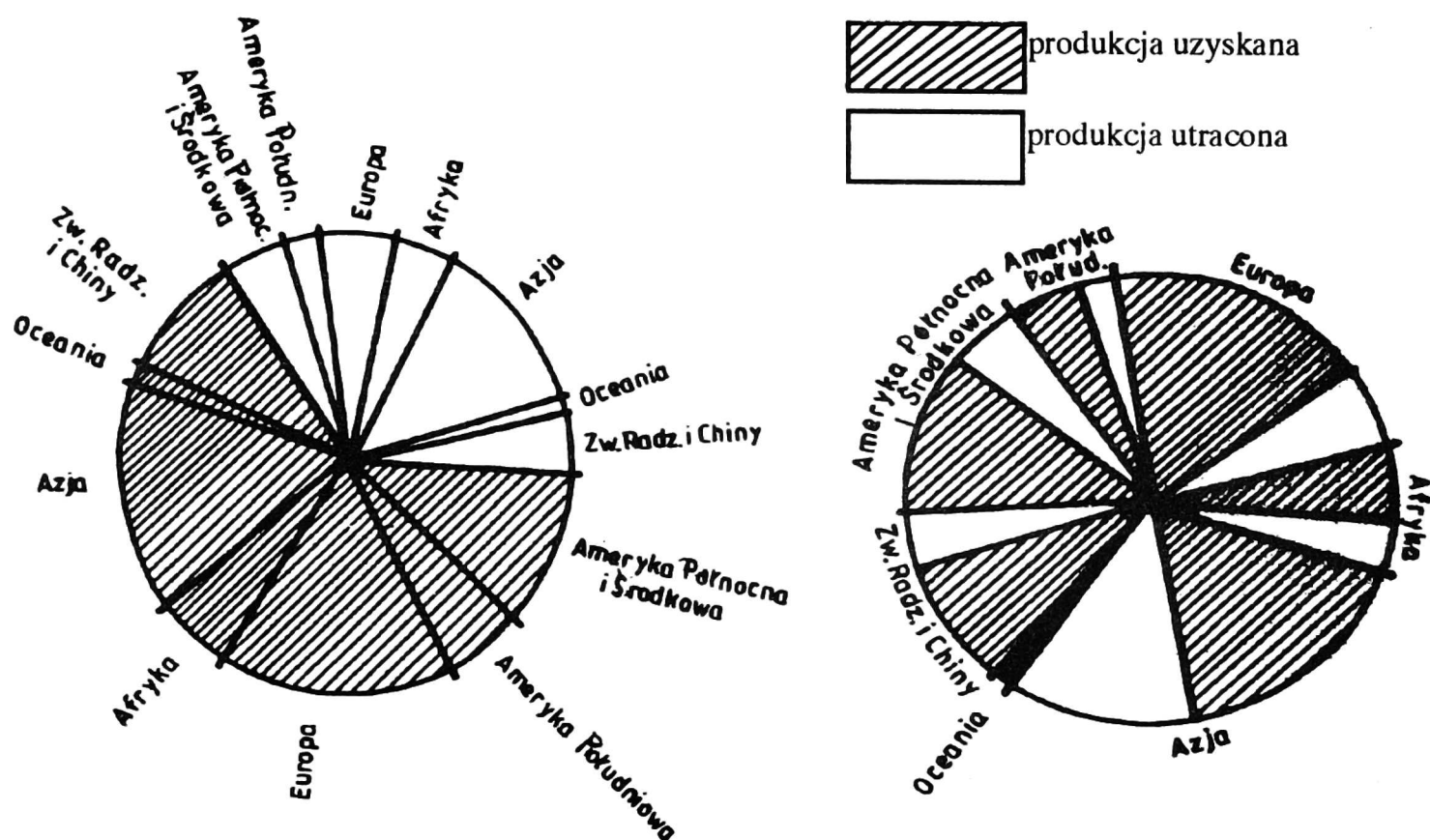


Rysunek 1. Zależność między porażeniem łuszczyń rzepaku przez pryszczarka (*Dasyneura brassicae* Winn) a plonem nasion; źródło: równanie zależności wg T. Palosza [1988], przeliczenia na dt i oznaczenia na wykresie własne; P_p — plon potencjalny, P_s — plon stracony

agrofaga maleje. Oczywiście matematycznie prawidłowy jest jeden i drugi sposób. Jednak sposoby te należy rozróżniać, aby prawidłowo posługiwać się formułami wzorów do obliczania progów zwalczania (patrz str. 63, 64, 65 i 67).

W literaturze są stosunkowo nieliczne przykłady opisywania równaniami zależności między agrofagami a plonem. Wydaje się, że byłoby bardzo pożyteczne dokonanie przeglądu literatury pod tym kątem widzenia.

Szkodliwość produkcyjna faktyczna określa, jaki wpływ na plony i zbiory wywarły agrofagi w gospodarstwie rolnym, rejonie, kraju lub świecie. Wpływ ten, określając produkcję, która została utracona, wyrażony jest najczęściej w procentach plonu lub zbioru potencjalnego, niekiedy także w jednostkach wagowych lub wartościowo (zazwyczaj w przeliczeniu na dolary). Przy zastosowaniu tej właśnie miary wyrażana bywa najczęściej szkodliwość agrofagów ze względu na jej prostotę w interpretacji, a także ze względu na łatwość i dużą przydatność w porównaniach. Wnikliwa i ogromnie bogata w materiał liczbowy analiza szkodliwości agrofagów, zawarta w znanej pracy H. Cramera [5], zawiera właśnie wskaźniki szkodliwości produkcyjno-faktycznej.



Rysunek 2. Podział światowej produkcji potencjalnej na uzyskaną i straconą (źródło: H. Cramer [1967])

Wykresy na rysunku 2 obrazują podział produkcji potencjalnej świata na tę część, którą ludzie uzyskują, i na tę, którą tracą. Z wykresów można wyczytać, że największa szkodliwość agrofagów występuje w krajach Afryki i Azji (bez b. Związku Radzieckiego i Chin). W krajach tych spadek zbiorów, tzn. produkcja utracona, jest niewiele mniejsza od zbiorów uzyskiwanych. A przecież są to kraje, których ludność głoduje najczęściej.

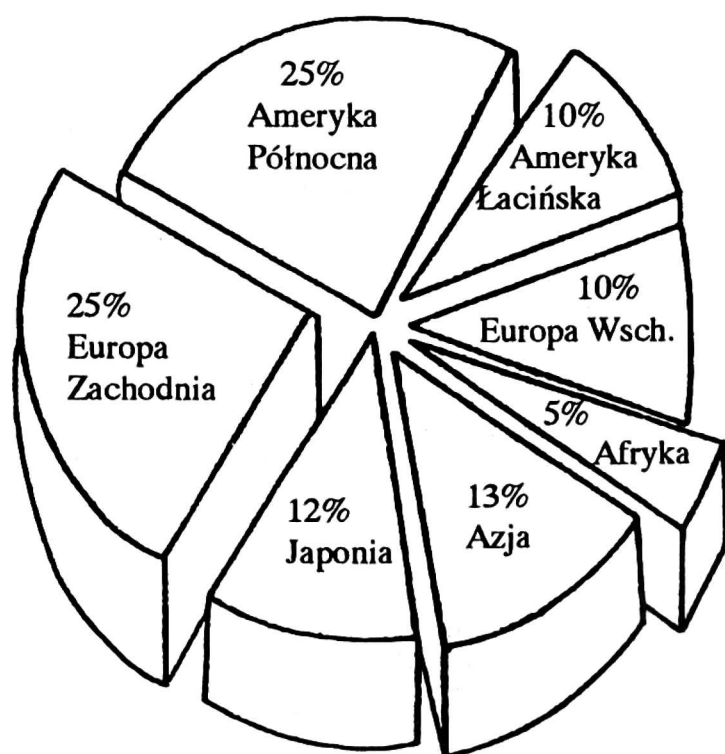
Tabela 1. Zniżka zbiorów powodowana przez agrofagi w różnych rejonach świata

Rejon	Produkcja		Zniżka zbiorów w % produkcji potencjalnej = szkodliwość produkcyjna faktyczna			
	uzyskiwana	potencjalna	szkodniki	choroby	chwasty	razem
Ameryka Północna i Centralna	71,3	100,0	9,4	11,3	8,0	28,7
Ameryka Południowa	67,0	100,0	10,0	15,2	7,8	33,0
Europa	75,0	100,0	5,1	13,1	6,8	25,0
Afryka	58,4	100,0	13,0	12,9	15,7	41,6
Azja	56,7	100,0	20,7	11,3	11,3	43,6
Oceania	72,1	100,0	7,0	12,6	8,3	27,9
Zw. Radziecki i Chiny	70,3	100,0	10,5	9,1	10,1	29,7
Razem	66,2	100,0	12,3	11,8	9,7	33,8

Istnieje wyraźna zależność między poziomem rozwoju rolnictwa a wielkością niszczonego przez agrofagi zbioru. Rysunek 2 potwierdza istnienie tej zależności, wykazując, że w Europie szkodliwość produkcyjna faktyczna jest najniższa i wynosi 25 % produkcji potencjalnej. W sposób szczegółowy informują o tym dane zamieszczone w tabeli 1. Wymowa zawartych w tabeli 1 wskaźników jest bardzo przekonująca. Pomijając szczegóły, godne podkreślenia jest wykazanie, że ludność świata traci jedną trzecią możliwej do uzyskania żywności. Obecnie problemy tzw. nadprodukcji żywności w niektórych krajach są problemami dotyczącymi sposobu podziału tzw. nadwyżki i nie umniejszają szkodliwości agrofagów. W każdych warunkach utracenie zbioru, na który poniesione zostały nakłady (a agrofagi występują wtedy, gdy większość nakładów została dokonana), jest ekonomicznie szkodliwe.

Rysunek 3 obrazuje podział zużycia pestycydów na świecie. Podział na rejony jest nieco inny niż w pracy H. Cramera [5], jednak wskaźniki korespondują ze sobą i potwierdzają tezę, że duża szkodliwość faktyczna agrofagów idzie w parze z niskim zużyciem pestycydów, co występuje w sposób bardzo wyraźny w krajach Afryki i Azji. Rysunki 2 i 3 obrazują sytuację w różnych okresach, co stwarza dodatkową podstawę uogólnień. Afryka i Azja należą ciągle w skali światowej do rejonów gospodarczo mało rozwiniętych. Zawarta w pracy H. Cramera ocena szkodliwości faktycznej agrofagów nie utraciła więc swoich walorów poznawczych.

W naszym kraju istniejącą sytuację oceniają W. Babilas, F. Kagan, K. Piekarczyk [1], pisząc: "W Polsce w latach, gdy agrofagi występują w przeciętnym nasileniu, obniżka zbiorów zbóż wynosi 20%, ziemniaków 26%, buraków 9%, warzyw 27,5%, owoców 32,5%. Są to wskaźniki, z natury swojej, przybliżone, określają one podobnie jak te, które podawano z opracowania H. Cramera [5], pewien rząd wielkości. W Polsce od szeregu lat prowadzone są badania zawierające ocenę zniżki plonów i zbiorów różnych upraw. Przekazywanie wyników tych prac wymagałoby odrębnego opracowania.



Rysunek 3. Podział światowego zużycia pestycydów (źródło: JVA [1989] za *Gesunde Pflanzen* 8/89)

Szkodliwość dochodowo-kosztowa mikroekonomiczna określa wpływ agrofagów na opłacalność produkcji. Wyrazić ją można określeniem procentowego spadku opłacalności produkcji. Wskaźnik ten ma dużą wymowę, bo gdy istnieją niekorzystne warunki produkcji powodujące, że wynik finansowy jest bliski granicy opłacalności produkcji, to szkodliwość agrofagów może spowodować, że produkcja staje się nieopłacalna i w przyszłości ograniczona lub zaniechana.

Szczególnie duże działanie szkodliwości dochodowo-kosztowej agrofagów w gospodarstwie rolnym wywodzi się stąd, że jeśli agrofag powoduje zniżkę plonu, to następuje spadek wartości produkcji. Natomiast koszty spadają bardzo nieznacznie, bo większość nakładów zostaje wcześniej poniesiona i zmaleć mogą tylko koszty, które są zależne od wysokości plonu, a więc koszty sprzętu. Ponieważ wynik finansowy jest różnicą między wartością produkcji a kosztami, więc agrofagi powodują spadek opłacalności już poniesionych nakładów. Oczywiście szkodliwość dochodowo-kosztowa jest związana z przeprowadzeniem zabiegów ochronnych, ich skutecznością i opłacalnością. Jednak nawet opłacalne zabiegi nie likwidują jej całkowicie, ponieważ wymagają poniesienia kosztów.

Makroekonomiczna szkodliwość agrofagów — jest to szkodliwość niewymierzalna. Jest ona oczywista, ale jej wyrażenie liczbowe jest możliwe tylko w niektórych fragmentach. Pozostaje więc tylko możliwość wymienienia podstawowych zjawisk o charakterze ogólnokrajowym, które są następstwem szkodliwego działania agrofagów. Bardzo skrótowo ujmując są to następujące zjawiska.

Szkodliwość agrofagów w skali makro polega na hamowaniu intensyfikacji rolnictwa, a więc na hamowaniu wzrostu produkcji rolnej. Oznaczać to może w skali makro zmniejszenie podaży artykułów żywnościowych, co z kolei prowadzi do wzrostu cen z wszystkimi wyływającymi stąd następstwami.

Człowiek — przeciwdziałając tej szkodliwości — może ją zmniejszać w sposób bardzo istotny, nie może jej jednak zlikwidować, a poza tym owo przeciwdziałanie może powodować powstawanie bardzo niekorzystnych zjawisk ubocznych. Różnorodność tych zjawisk jest znana i obecnie bardzo silnie akcentowana.

Podkreślenie istnienia szkodliwości o charakterze makroekonomicznym jest istotne nie tylko ze względu na ścisłość analizy ekonomicznej, ale także ze względu na działalność w praktyce gospodarczej. Chodzi mianowicie o to, że względy ogólnogospodarcze wymagają dobrze działających zabezpieczeń w infrastrukturze ochrony roślin.

Ocena szkodliwości agrofagów w aspekcie długookresowym

Istotna jest odpowiedź na pytanie, czy przebiegające procesy rozwoju gospodarczego powodują wzrost czy spadek szkodliwości agrofagów, tzn. jak kształtuje się szkodliwość w aspekcie historycznym. Żeby podjąć próbę odpowiedzi na to pytanie, należy odnieść je do poszczególnych kategorii szkodliwości. Bardzo przydatne jest w

tym przypadku przyjęcie pierwszego kryterium podziału, a więc rozróżnienie szkodliwości potencjalnej, rzeczywistej bezpośredniej, rzeczywistej pośredniej i szkodliwości całkowitej.

Wydaje się bezsporne stwierdzenie, że szkodliwość potencjalna agrofagów wzrasta wraz z rozwojem gospodarczym i rozwojem rolnictwa oznaczającym intensyfikację produkcji. Dzieje się tak dlatego, że mówiąc najkrócej, wraz ze wzrostem intensywności produkcji powstają warunki coraz bardziej odbiegające od warunków "pierwotnych", w których wytwarzany był produkt rolny, stąd rośliny stały się wrażliwe na ataki agrofagów, które rozwijają się obecnie w bardziej sprzyjających dla siebie warunkach. Poza tym im większa intensywność produkcji, tym wyższy plon i jego wartość, a więc przy tym samym stopniu zaatakowania plonu przez agrofagi wzrasta szkodliwość potencjalna oznaczająca możliwości procentowego spadku plonu.

Jeśli chodzi o szkodliwość rzeczywistą bezpośrednią (tzn. o spadek plonu i zbiorów przy istniejącym stopniu i skuteczności zwalczania), wydaje się uzasadnione stwierdzenie, że wraz z rozwojem gospodarczym występuje tendencja do jej obniżania. Nowe metody, środki i technika powodują, że skuteczność zabiegów ochronnych jest coraz większa, a więc spadek plonów i zbiorów staje się coraz mniejszy. Oznacza to, że szkodliwość rzeczywista bezpośrednia agrofagów w aspekcie historycznym zmalała. Rysunki 2 i 3 potwierdzają słuszność tej tezy.

Inaczej przedstawia się zagadnienie szkodliwości rzeczywistej pośredniej. Oznacza ona koszty zwalczania oraz ewentualne ujemne następstwa gospodarcze spowodowane występowaniem i zwalczaniem agrofagów. Wydaje się uzasadnione twierdzenie, że szkodliwość rzeczywista pośrednia agrofagów ma tendencję do wzrostu. Koszty zabezpieczenia upraw przed agrofagami wzrastają (oczywiście chodzi o koszty porównywalne), co wynika z uodporniania się agrofagów na działanie stosowanych środków i zmusza producenta do zastosowania dodatkowych środków i metod. Zwiększają się także ujemne następstwa zwiększonego stosowania pestycydów. Następstwa te są trudno wymierne i trudne do wyrażenia wartościowego. Są jednak sygnalizowane coraz częściej i coraz silniej.

Szkodliwość rzeczywista całkowita obejmuje szkodliwość bezpośrednią (tzn. wartościowy spadek plonów i zbiorów mimo przeprowadzonego zwalczania) i szkodliwość pośrednią. Zależy więc od dwóch wielkości mających różną tendencję. Pierwsza ma tendencję spadkową, jednak druga charakteryzuje się tendencją wzrostową. Gdyby koszty wzrastały w większym stopniu niż zmniejszanie się plonów, szkodliwość rzeczywista całkowita miałaby tendencję wzrostową. Brak jest jednak podstaw do niepodważalnego stwierdzenia, jak kształtuje się przebieg tych dwóch wielkości w praktyce gospodarczej. Hipoteza jest tym trudniejsza, że niektóre elementy kosztów są obecnie niewymierne (m.in. koszty infrastruktury ochrony roślin). Można jedynie przypuszczać, że obecnym kierunkom rozwoju gospodarczego towarzyszy wzrost szkodliwości agrofagów, określanej jako szkodliwość rzeczywista całkowita.

Wielkości progowe w ochronie roślin

Analiza szkodliwości agrofagów ma znaczenie nie tylko teoretycznopoznawcze. Szkodliwość wyrażająca relacje agrofag–plon stwarza podstawę do określania wielkości progowych szkodliwości agrofagów. Dla praktyki istotne znaczenie mają próg zagrożenia plonu i próg zwalczania.

Niskie zagęszczenie populacji szkodliwego gatunku może nie mieć żadnych następstw gospodarczych. Dopiero wtedy, gdy agrofag spowoduje wyraźny spadek plonu lub obniżenie jego jakości, zaczyna się jego szkodliwe działanie. Pojawiła się więc potrzeba określenia tej granicy i powstał termin "próg szkodliwości". Definicja tego terminu nie budziła i nie budzi zastrzeżeń zarówno u nas, jak i za granicą. T. Stachyra [16] pisze: "Progiem szkodliwości można nazwać takie nasilenie choroby albo szkodnika, które wyraźnie zaznacza się spadkiem plonów". Ta wielkość (a właściwie zakres wielkości, ponieważ waha się ona w pewnych granicach i nie można jej określić jedną liczbą) ma ogromnie duże znaczenie zarówno dla rozważań naukowych, jak i dla praktyki. Ale "wyraźny" spadek plonu nie stwarza ekonomicznego uzasadnienia przeprowadzenia zabiegu, ponieważ wartość zagrożonego plonu może być niższa od kosztów jego ochrony, należy więc zwalczanie przeprowadzać tylko wtedy, gdy wartość zagrożonego plonu przewyższa koszty zabiegu. Ten tok myślenia spowodował, że zaczęto dążyć do określania takiego zagęszczenia populacji szkodliwego gatunku, przy którym spadek wartości pokrywa koszty zabiegu. Tę wielkość nazwano ekonomicznym progiem szkodliwości. Obliczone wielkości ekonomicznych progów szkodliwości będą zastrzeżenia praktyków i wywołują wiele nieporozumień i dyskusji. Także w publikacjach naukowych pojawiło się wiele prac, w których rozważa się ścisłość definicji progów szkodliwości, różnice w istniejących definicjach i potrzebę uwzględniania w praktyce czynników korygujących. Piszą o tym m.in. F. Burghause [4] i G. Lautenstein [8]. Pierwszy z nich rozważa znaczenie wielkości progowych w ochronie roślin, drugi — rozważając problematykę progów szkodliwości — w tytule artykułu zadaje pytanie, czy wielkości progowe będą kamieniem węgielnym integrowanej ochrony roślin, czy też może okazać się zawodnym środkiem zastępczym. Przytoczone przykładowo wątpliwości teoretyczne, jak również krytyczne głosy ze strony praktyki rolniczej stwarzają potrzebę przyjęcia pewnych ustaleń.

Wydaje się, że analiza ekonomiczna stwarza uzasadnienie stosowania dla potrzeb praktyki dwóch wielkości progowych, tj. progów zagrożenia i progów zwalczania.

Pod progiem zagrożenia plonu należy rozumieć takie zagęszczenie populacji szkodliwego gatunku, po przekroczeniu którego następuje spadek plonu. Jest to definicja jednoznaczna z tą, którą dla progów szkodliwości podaje T. Stachyra [16]. W moim przekonaniu parametry publikowanych ekonomicznych progów szkodliwości są w zasadzie, poza wyjątkiem (np. U. Kotter [7]), jednoznaczne z progami zagrożenia plonu, czyli progami szkodliwości. Należy pamiętać, że zawsze oznaczają one pewien zakres wielkości. Sam termin "próg ekonomicznej szkodliwości" nie

budzi zastrzeżeń (spadek plonu jest kategorią ekonomiczną), wątpliwości powstają dopiero wtedy, gdy w definicji mówi się, że wartość plonu ma pokrywać koszty. Mimo że próg ekonomicznej szkodliwości stosowany jest w terminologii FAO, dobrze jest pamiętać, że gdyby zgodnie z definicją uwzględniane były relacje cenowo-kosztowe, w wielkościach progowych dla tego samego agrofaga występowałyby znaczne różnice między krajami, a także w różnych okresach dla tego samego kraju, i dlatego nie mogłyby mieć charakteru zaleceń. Wydaje się, że można przyjąć stwierdzenie, że parametry publikowanych ekonomicznych progów szkodliwości określają progi zagrożenia plonu. Uzasadnienie jest następujące:

1. Większość publikowanych ekonomicznych progów szkodliwości została określona tylko na podstawie zależności między zagęszczeniem szkodliwego organizmu a plonem. Piszą o tym W. Wohmhoff i R. Heitefuss [18], powołując się na liczne źródła literatury. Porównując ekonomiczne progi szkodliwości w różnych krajach lub w różnych okresach w tym samym kraju, okazuje się, że często mają one wielkość bardzo zbliżoną. Przykładowo dla słodyszka rzepakowego (*Meligethes aeneus*) różni autorzy dla różnych krajów i lat podają bardzo zbliżone wielkości progów szkodliwości [10, 14]. Wielkości te, jeśli są zbliżone, nie mogły być opracowane jako progi zagęszczenia agrofagów, przy których spadek plonu pokrywa koszty zabiegu.
2. Definicja ekonomicznych progów szkodliwości, jeśli ma obejmować w jednym terminie szkodliwość agrofagów i przeciwdziałanie człowieka (plon uratowany i koszty), jest równoznaczna z definicją progu zwalczania. Píše o tym G. Lautenstein [8], zwracając uwagę, że obecnie istnieje już ponad 25 definicji wielkości progowych.
3. E. Beer i R. Heitefuss [3] podają taką samą formułę matematyczną na obliczanie progu zwalczania i progu ekonomicznej szkodliwości i terminy te stosują zamienne, wykazując, że ich wielkość jest zależna od kosztów zwalczania, cen produktów rolnych i poziomu plonowania upraw.
4. Z punktu widzenia ekonomicznego dwie kategorie w produkcji roślinnej mają znaczenie podstawowe: plon i koszty. A więc ze względu na jasność wyводу teoretycznego, jak również ze względu na uniknięcie nieporozumień w instruktażu dla praktyki stosować należy dwie wielkości progowe: próg zagrożenia plonu i próg zwalczania.

Próg zwalczania wg definicji W. Wahmhoffa i R. Heitefussa [19] oznacza takie zagęszczenie szkodliwych organizmów, powyżej którego przeprowadzenie zabiegu staje się ekonomicznie uzasadnione.

J. Zeddies i K. Weibel [20] określają próg zwalczania następującym wzorem:

$$P_z = \frac{K_z}{b P C S} \quad [1]$$

gdzie: P_z — próg zwalczania (w jednostkach zagęszczenia populacji na m^2),

K_z — koszty zabiegu (w jednostkach pieniężnych na ha),

b — współczynnik regresji w zależności między zagęszczeniem populacji szkodliwego organizmu a zniżką plonu (w % zniżki plonu),

P — plon oczekiwany (dt/ha),

C — cena produktu chronionego (w jednostkach pieniężnych za dt),

S — skuteczność zabiegu (w %).

Z podanego wzoru i jego oznaczeń wynika, że nie mogą istnieć progi zwalczania jednakowe dla kilku krajów, a nawet jednakowe na obszarze całego kraju, a także takie same w różnych latach. Należy je obliczyć dla agrofagów występujących w określonych warunkach i przy istniejących relacjach cen. Jednak obecnie szczególna trudność jest związana z zamieszczonym we wzorze parametrem b , który wynika z relacji agrofag — plon. Relacje te są dotąd mało znane; gdyby istniały — można by współczynniki przenosić do konkretnych warunków. Ciągłe pamiętając, że otrzymujemy wynik przybliżony.

Należy jeszcze podkreślić, że w omawianym wzorze współczynnik b określa, o ile wzrasta spadek plonu, gdy zwiększa się zagęszczenie populacji szkodliwego gatunku. Jeśli zależność agrofag—plon mówi, o ile spada plon, gdy wzrasta nasilenie agrofaga, nie możemy zastosować formuły matematycznej zarówno podawanej przez J. Zeddies i H. Weibela [20], jak również przez E. Beera i R. Heitefussa [3].

Rozpatrywany przykład zależności między porażeniem łuszczyn przez pryszczarka a plonem nasion T. Pałosz [12] wyraża tę zależność równaniem, które po przeliczeniu t na dt ma postać:

$$y = -0,38x + 31,4$$

(co graficznie ilustruje rys. 1).

Na podstawie tego równania, przy przyjętym w nim plonie potencjalnym (tzn. możliwym do uzyskania, gdy szkodnik nie występuje), w prosty sposób można obliczyć próg zwalczania:

$$P_z = \frac{R}{b s} \quad [2]$$

gdzie: P_z — próg zwalczania,

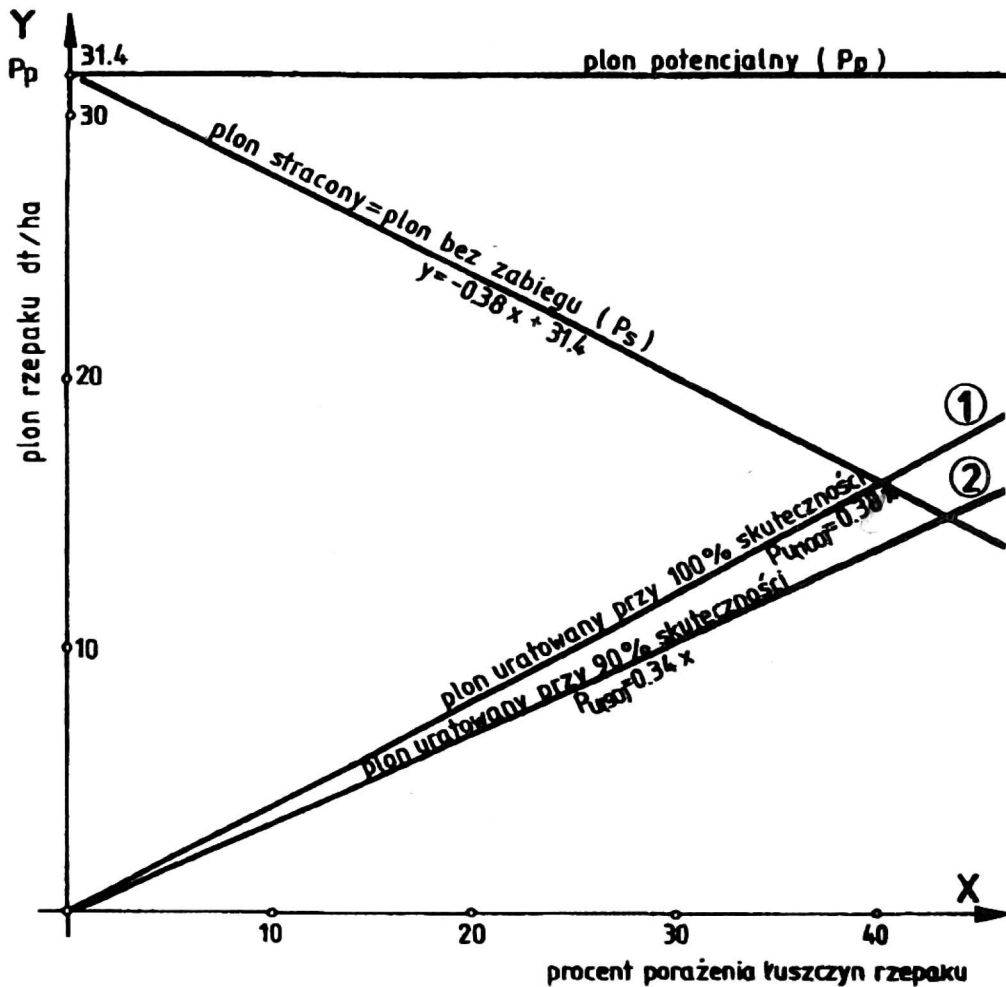
R — relacja cenowa — ilości dt produktu chronionego, równoważąca koszty zwalczania $\left(\frac{\text{koszty zabiegu}}{\text{cena sprzedaży produktu}} \right)$,

b — współczynnik wyrażający wpływ nasilenia na plon,

s — skuteczność zabiegu [%].

Oczywiście im bardziej wzrasta licznik, a maleje mianownik, tym bardziej wzrasta krytyczne zagęszczenie populacji szkodliwego gatunku, przy którym zwalczanie jest opłacalne.

Wpływ zagęszczenia szkodliwego gatunku na wysokość plonu traconego ilustruje rysunek 1. Na rysunku 4 natomiast wykazano jak przy wzroście zagrożenia plonu



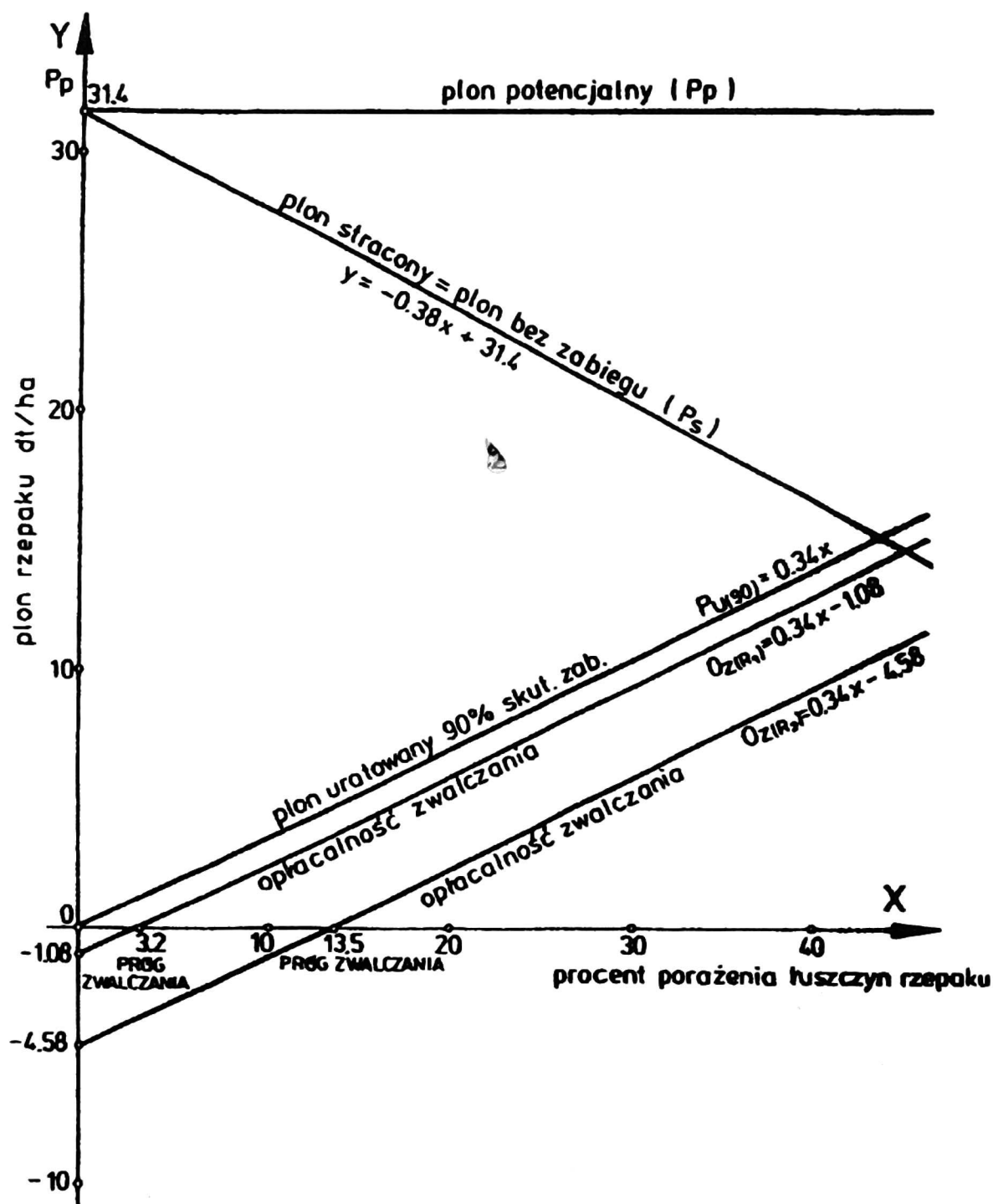
Rysunek 4. Zależność między porażeniem łuszczyń rzepaku przez pryszczarka a plonem nasion oraz wpływ zabiegu na wysokość plonu uratowanego; źródło — badania własne;

$$P_u — \text{plon uratowany przy } 100\% \text{ skuteczności zabiegu} = \text{plon potencjalny} - \text{plon stracony} = 31,4 - (-0,38x + 31,4) = 0,38x, P_{u(90)} = \text{plon uratowany przy } 90\% \text{ skuteczności zabiegu} = \frac{P_{u(100)} \cdot 90}{100} = \frac{(0,38x) \cdot 90}{100} = 0,34x$$

kształtuje się wielkość plonu uratowanego przy 100-procentowej i przy 90-procentowej skuteczności zabiegu. Sposób obliczenia przebiegu kształtowania się wielkości plonu uratowanego zamieszczono pod wykresem. Na rysunku 5 wprowadzono dodatkowo przebieg opłacalności zwalczania przy przyjęciu dwóch wariantów relacji cen. W pierwszym wariancie — opłacalność (Q_{R1}) — przyjęto niskie koszty zabiegu, które zostały zrównoważone 1,08 dt rzepaku. W wariancie drugim koszty zwalczania były wysokie (ale zgodne z istniejącymi cenami) i na ich pokrycie trzeba było 4,58 dt rzepaku.

Z wykresów na rysunku 5 wynika, że przy tym samym plonie potencjalnym, przy tym samym współczynniku obniżania plonu przez pryszczarka, przy tej samej skuteczności zabiegu i przy tej samej cenie nasion rzepaku próg zwalczania przesuwa się z 3,2 do 13,5% porażenia rzepaku w wyniku wzrostu kosztów zabiegu.

Przy porównywaniu wzoru na prog szkodliwości (1) ze wzorem (2) nasuwa się pytanie, który z nich jest bardziej przydatny. Prawidłowe są obydwa wzory, teorety-



$P_{u(90)} = 0,34$ (patrz rysunek 4)

O_z — opłacalność zwalczania = plon uratowany – koszty zwalczania

$O_{z(R_1)}$ — opłacalność zwalczania przy relacji kosztów zabiegów do cen sprzedaży nasion rzepaku = 1,08

$O_{z(R_1)} = 0,34x - 1,08$

$O_{z(R_2)}$ — opłacalność zwalczania przy relacji kosztów zabiegu do cen sprzedaży nasion rzepaku = 4,58

$O_{z(R_2)} = 0,34x - 4,58$

Próg zwalczania (R_1) = $\frac{R}{b} = \frac{\text{relacja cen}}{\text{współ. regr. x skutek zwalcz.}} = \frac{1,08}{0,34x} = 3,18x$

gdy $x = 10$; $O_{z(R_1)} = 3,4 - 1,08 = 2,32$ dt rzepaku; $O_{z(R_2)} = 3,4 - 4,58 = -1,18$ dt rzepaku

Rysunek 5. Opłacalność zabiegu w dt/ha rzepaku przy wzrastającym porażeniu łuszczyn rzepaku przez pryszcarka i pogarszającej się relacji kosztów zabiegu do cen nasion

cznie zaś przydatność ich zależy od tego, jaką formułą matematyczną została wyrażona zależność agrofag–plon.

W praktyce przydatność posługiwania się progami zwalczania zależy od poziomu przygotowania zawodowego tych, którzy chcą je wykorzystywać. Dla służb ochrony roślin, gdyby ich liczebność była wystarczająca i gdyby mogły pełnić funkcję doradczą, jedyną trudnością byłaby konieczność znajomości równań wyrażających wpływ agrofaga na plon. Gdy ten warunek jest spełniony, można przekazać rolnikowi instrukcje — przy jakim nasileniu agrofaga, plonie spodziewanym, cenie produktu chronionego i kosztach zabiegu przeprowadzenie zabiegu jest ekonomicznie uzasadnione.

Na tej zasadzie, poprzez wykreślenia krzywych zależności między wzrastającą liczbą chwastów a procentem spadku plonu, opracowane zostały bardzo cenne przykłady zaleceń zwalczania chwastów zbóż [16]. W naszych obecnych warunkach istnieje problem przekazywania zaleceń dostosowanych do warunków konkretnego gospodarstwa. Zagadnienie sprowadza się do właściwego funkcjonowania służb doradczych w ochronie roślin.

Powszechne posługiwanie się takim stosunkowo precyzyjnym narzędziem, jakim jest próg zwalczania, będzie w naszym kraju sprawą trudnej do przewidzenia przyszłości. Ale podjęcie decyzji co do celowości przeprowadzania zabiegu nie może być odkładane na przyszłość. Należy więc posługiwać się wskaźnikami mniej precyzyjnymi, ale dostępnymi [10].

Podsumowanie

Ekonomiczna szkodliwość agrofagów nie jest pojęciem jednoznacznym. Agrofagi wywołują reakcje łańcuchowe, których następstwa powinny być uzupełniane dodatkowymi określeniami.

Przebiegające na świecie procesy rozwoju gospodarczego wpływają w sposób uzależniający na ekonomiczną szkodliwość agrofagów. Szkodliwość potencjalna agrofagów wzrasta wraz z rozwojem gospodarczym i intensyfikacją rolnictwa. Szkodliwość rzeczywista bezpośrednia (spadek plonów i zbiorów) wykazuje dzięki postępowi naukowemu i technicznemu ochrony roślin tendencją malejącą. Szkodliwość pośrednia agrofagów (koszty zwalczania i uboczne ujemne następstwa) wzrasta (m.in. na skutek uodporniania się agrofagów i konieczności powtarzania zabiegów).

W analizie szkodliwości agrofagów występują wielkości progowe. Z punktu widzenia ekonomicznego najważniejsze znaczenie ma próg zagrożenia plonu (zwany także w literaturze progiem szkodliwości) i próg zwalczania. Termin próg ekonomicznej szkodliwości, mimo że jest stosowany w terminologii FAO, nie powinien być używany. Wprowadza on nieporozumienia, a przez niektórych autorów stosowany jest zamiennie z progiem zwalczania i wyrażany tą samą formułą matematyczną.

- [1] Babilas W., Kagan F., Piekarczyk T. 1991. Poradnik Ochrony Roślin.
- [2] Benedek P., Ebert W., Tański V., Dirbeck J. 1981. Aufgaben der Prognose und Methoden der Entscheidungsfindung auf Betriebsebene in "Überwachung und Prognose Grundloggen einegezielten Pflanzenschutzes, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften DDR.
- [3] Beer E., Heitefuss R. 1981. Ermittlung von Bekämpfungsschwellen und wirtschaftlichen Schadensschwellen für monokotyle und dikotyle Unkräuter in Winterweizen und — gerste. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **88**.
- [4] Burghause F. 1985. Die unterschiedliche Bedeutung von Schwellenwerten im Pflanzenschutz. *Gesunde Pflanzen* **2**.
- [5] Cramer H. 1967. La protection des plantes et les récoltes dans le monde. *Pflanzenschutznachrichten Bayer* **1**.
- [6] Goos A. 1962. Metody, środki chemiczne i technika ochrony roślin.
- [7] Kotter U. 1991. Zur Biologie von Acerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.) und dessen Konkurrenzbeziehung zu Winterreizen. *Gesunde Pflanzen* **6**.
- [8] Lautenstein G. 1991. Schwellenwerte für tierische Schädlinge — wichtige Bausteine des integrierten Pflanzenschutzes oder unzureichender Notbefehl? *Gesunde Pflanzen* **10**.
- [9] Mierzejewska W. 1970. Ekonomika ochrony roślin.
- [10] Mierzejewska W. 1990. Ekonomiczne wielkości progowe w ochronie roślin, materiały XXX Sesji Naukowej IOR, Poznań.
- [11] Mierzejewska W. 1992. Koszty i kalkulacje w ochronie roślin, *Ochrona Roślin* **8 i 9**.
- [12] Pałosz R. 1988. Ekonomiczne i agrotechniczne elementy doskonalenia parametrów zwalczania szkodników rzepaku ozimego. IOR Terenowa Stacja Doświadczalna w Człuchowie.
- [13] Piekarczyk K. 1966. Próba oceny strat spowodowanych przez chowacza podobnika (*Ceutorrhynchus assimilis* Psyk). *Biuletyn Instytutu Ochrony Roślin* **34**.
- [14] Piekarczyk K., Woźny J. 1986. Progi ekonomicznej szkodliwości, chorób i szkodników roślin uprawnych. IOR Poznań.
- [15] Rola H. 1985. Oznaczenie progu szkodliwości i ekonomicznej celowości chemicznego zwalczania chwastów. Pszenica ozima. B. N.-85-9180.
- [16] Stachyra T. 1968. Próg szkodliwości a próg ekonomiczności zabiegów ochrony roślin. *Ochrona Roślin* **2**.
- [17] Studziński A. 1968. Straty spowodowane przez niezmiarkę paskowaną (*Chlorops pumilionis* Byrk.) w latach 1961–1967. *Biuletyn Instytutu Ochrony Roślin* **40**.
- [18] Wahmhoff W., Heitefuss R. 1985. Untersuchungen zur Anwendung von Schadensschwellen für Unkräuter in Wintergerste. II Überprüfung von Schadensschwellen und der Anpassung an die schlagspezifische Unkrautenwicklung. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **2**.
- [19] Węgorzek W. 1968. Nauka o szkodnikach roślin.
- [20] Zeddies J., Weibel H. 1983. Ansatzpunkte und Voraussetzungen eines wirtschaftlichen Pflanzenschutzmitteleinsatzes. *Gesunde Pflanzen* **6**.