

*Wanda Mierzejewska*

# **Uproszczona metoda graficznego wyznaczania progów zwalczania chwastów i metoda graficzna określania ekonomicznej efektywności zabiegów chwastobójczych (na przykładzie pszenicy ozimej i żyta ozimego)\***

## **Wprowadzenie**

---

Celem opracowania jest przedstawienie Czytelnikowi możliwości zastosowania nowej uproszczonej metody określania progów zwalczania. Metoda jest zaprezentowana na przykładzie zwalczania chwastów, może być jednak pomocna przy podejmowaniu decyzji zwalczania agrofagów. Przydatność jej stosowania jest określona graficznym wyrażeniem wpływu agrofagów na plon.

Celem opracowania jest także zaprezentowanie graficznego sposobu określania ekonomicznej efektywności zabiegu z równoczesnym wykazaniem wpływu stopnia zagęszczania populacji szkodliwego gatunku na kształtowanie się wskaźników ekonomicznej efektywności zabiegów ochronnych.

Progom zwalczania poświęcono wiele opracowań [3, 7, 11, 13, 14], są one — obok prac poświęconych innym wielkościom progowym [1, 2, 5, 8, 12] — przedmiotem badań teoretycznych, które mają bardzo duże znaczenie dla praktyki rolniczej.

Termin próg zwalczania — według definicji W. Wahmhoffa i R. Heitefussa [13] — oznacza takie zagęszczenie szkodliwych agrofagów, powyżej którego przeprowadzenie zabiegu jest ekonomicznie uzasadnione. J. Zeddies i K. Waibel [14] określają próg zwalczania następującym wzorem

$$P_z = \frac{K_z}{bPCS}$$

---

\* Badania zrealizowane w ramach projektu badawczego Nr PBO 415/53/93, finansowanego przez KBN

gdzie:

$P_z$  — próg zwalczania [jednostki zagęszczenia populacji na  $m^2$ ],

$K_z$  — koszty zabiegu [jednostki pieniężnych na ha],

$b$  — współczynnik regresji zależności między zagęszczeniem populacji szkodliwego organizmu a zniżką plonu [% zniżki plonu],

$P$  — plon oczekiwany [dt/ha],

$C$  — ocena produktu chronionego [jednostki pieniężne za dt],

$S$  — skuteczność zabiegu [%].

Cechą charakterystyczną metody obliczania progów zwalczania na podstawie podanego wzoru [1], jak również na podstawie proponowanej przez W. Mierzejewską [7] metody graficznej jest duża precyzja potrzebna do określenia statystycznie istotnej zależności agrofag–plon. Tymczasem rozpiętość innych parametrów wchodzących w skład wzoru jest bardzo zmienna. Poza tym określenie we wzorze parametru  $b$  jest w literaturze spotykane bardzo rzadko.

## Graficzne wyznaczanie progów zwalczania metodą uproszczoną

---

### Charakterystyka metody

Proponowana metoda opiera się na najprostszycy zasadach modeli symulacyjnych. Pozwala ona ustalić, jak zmienia się poszukiwany wynik, gdy zmieniają się warunkujące go czynniki. Jest jednak metodą uproszczoną, w której uproszczenia polegają na:

- włączeniu małej liczby czynników warunkujących wyniki,
- przyjęciu wpływu szkodliwego gatunku na plon na podstawie wykresu, który nie musi być opisany wzorem matematycznym,
- ograniczeniu liczby wariantów relacji określających proporcje między kosztami zabiegu a cenami produktu chronionego,
- pominięciu w przyjętych do wykresów obliczeniach parametru skuteczności zabiegu.

To ostatnie uproszczenie wymaga omówienia. Wpływ jego na wynik jest mały, szczególnie gdy do kosztów zabiegu wliczone są koszty alternatywne, łącznie z ryzykiem, oraz wtedy, gdy skuteczność zabiegu jest wysoka (wysokość plonu uratowanego jest zbliżona do plonu zagrożonego). Metoda wprowadza jednak uproszczenie, ponieważ na jej podstawie obliczony próg zwalczania nie określa progów opłacalności. W określeniu opłacalności zasadą jest prównanie (jako różnicy lub proporcji) plonu uratowanego z kosztami. To uproszczenie można jednak pominąć, gdy chcemy porównać wysokości i rozpiętości progów zwalczania różnych chwastów, a celem jest określenie efektywności zwalczania jednego szkodliwego gatunku.

## Tok postępowania

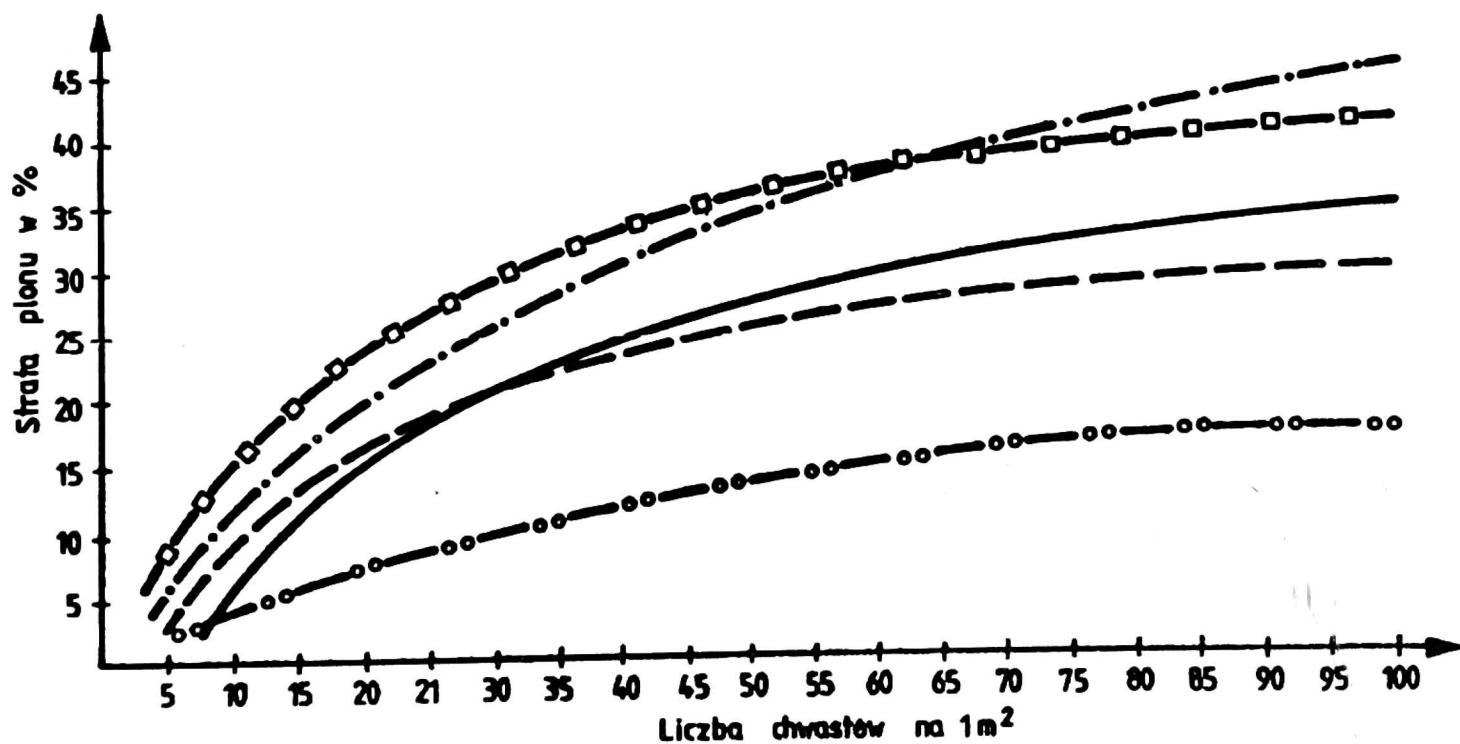
Przy wyznaczaniu progów zwalczania metodą uproszczoną można wyodrębnić 3 etapy:

## Etap 1

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono zależności agrofag–plon dla poszczególnych gatunków chwastów (w % strat plonu). Na ich podstawie sporządza się wykresy wyrażające wpływ liczebności chwastów na spadek plonu (w dt/ha). Istotne, bo wpływające na dalsze wyniki, znaczenie ma przyjęcie w obliczeniach dla okresu minionego wysokości uzyskanego plonu, a dla okresu przyszłego — plonu potencjalnego. Powszechnie wiadomo, że samo zagrożenie plonu, wyrażone w %, powoduje tym wyższy spadek plonu, im wyższy jest plon. Wskazuje to na wzrastające znaczenie ochrony roślin w warunkach zwiększającego się plonowania upraw.

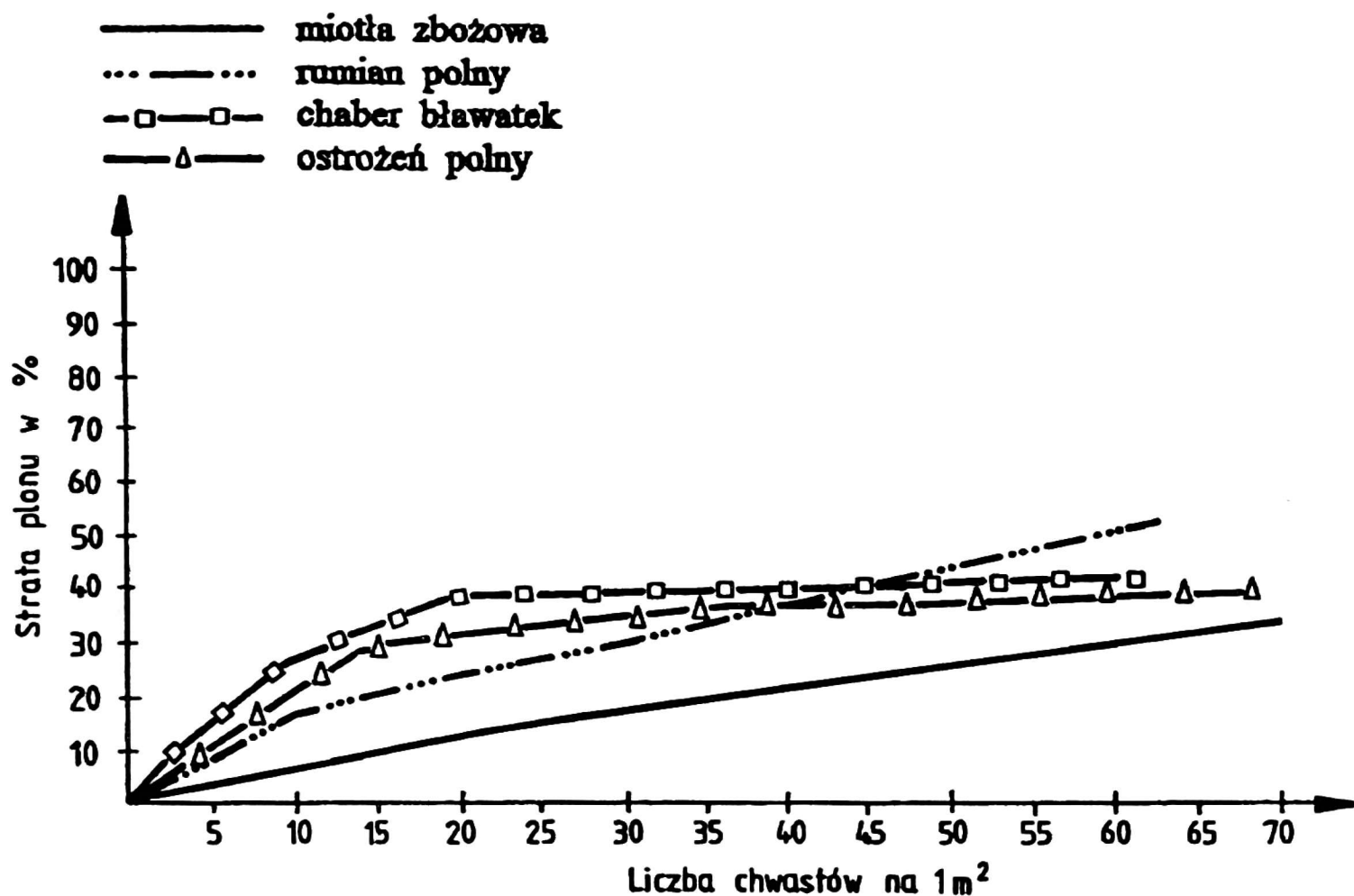
## pszenica ozima

- · — · — przytulia czarna
- □ - □ - chaber bławatek
- miotła zbożowa
- - - - - maruna bezwonna, rumianek pospolity
- ○ — przetacznik perski



Rysunek 1. Wpływ liczby poszczególnych gatunków chwastów na powierzchni 1 m<sup>2</sup> łąnu na wielkość strat wyrażonych w procentach plonu (źródło: H. Rola BN-85/9180-35)

## żyto ozime



**Rysunek 2.** Wpływ liczby poszczególnych gatunków chwastów na powierzchni 1 m<sup>2</sup> łąnu na wielkość strat wyrażonych w procentach plonu (źródło: H. Rola BN 89 89/ 9180-40)

## Etap 2

reśla... (czebno... naspadekplonupszenicy (rys.3) wykreślamy zachodzącemiędzy cenami relacje, które pozwalają wyrazić koszty zabiegów w jednostkach plonu chronionego. Dla pszenicy przyjęto niekorzystne relacje cen, a więc wysokie koszty zabiegu i niską cenę sprzedaży ziarna, ponieważ rolnicy stosują powszechnie zwalczanie chwastów w pszenicy, więc należy sprawdzić ekonomiczne stosowanie tego zabiegu nawet w najgorszych warunkach. Relacje te, wyznaczone na podstawie parametrów zamieszczonych w tabelach 1 i 2, w tych warunkach wynoszą od 3,1 do 4,7 dt pszenicy ( $550 \text{ tys. zł} : 180 \text{ tys. zł} = 3,05$  i  $850 : 180 \text{ tys zł} = 4,7$ ). W relacji cenowo-kosztowej przyjęto zabieg jednokrotny, niezależnie od stopnia zachwaszczenia, i dlatego te relacje przeniesione na układ współrzędnych mają przebieg równoległy do osi x.

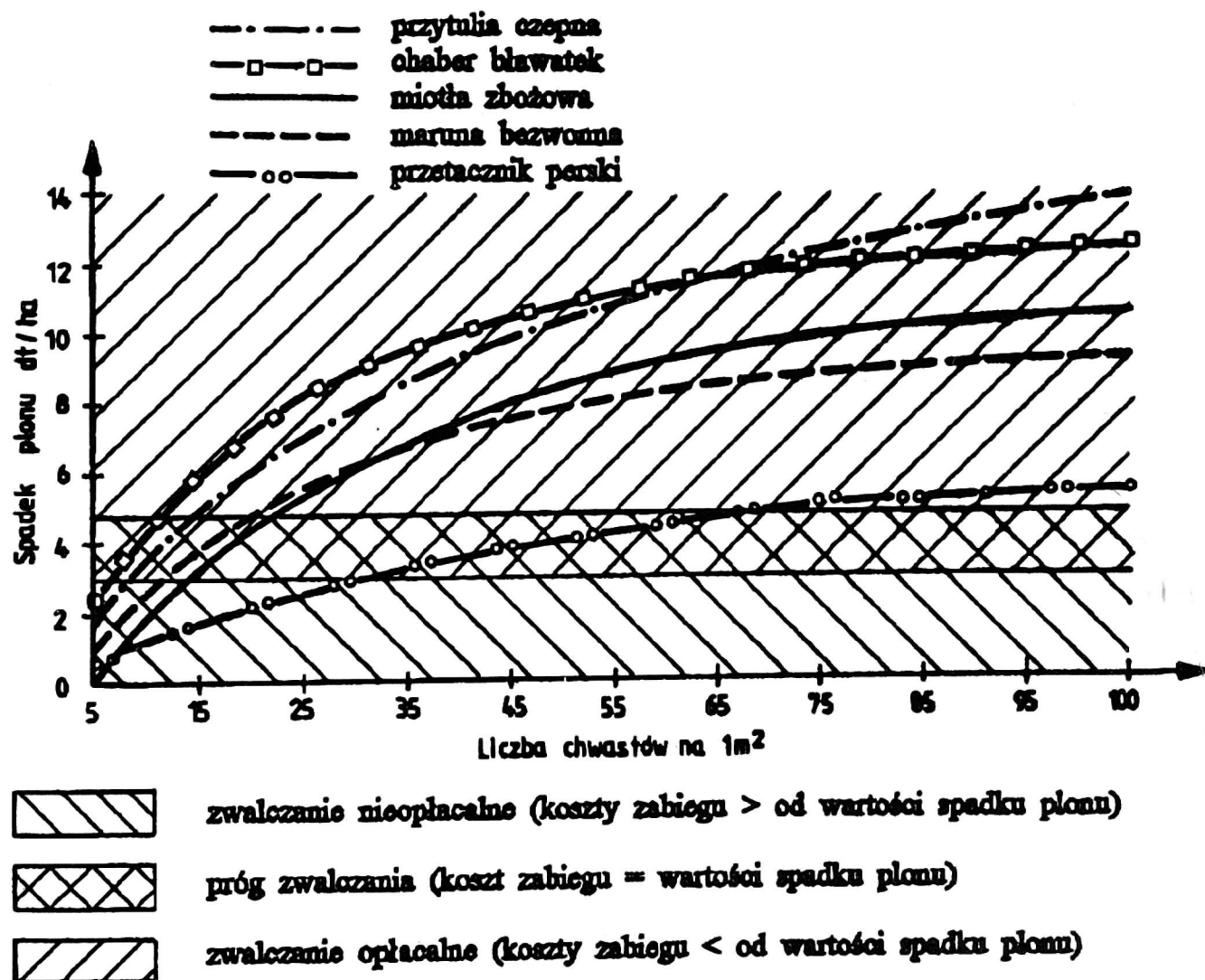
**Tabela 1.** Koszty zwalczania chwastów zbóż (1993 r.)

Wyszczególnienie	Koszty [tys. zł/ha]		
	niskie	średnie	wysokie
Koszty herbicydów	100–200	201–350	351–550
Koszty zastosowania herbicydów	80–100	101–200	201–300
Razem	180–300	301–550	551–850

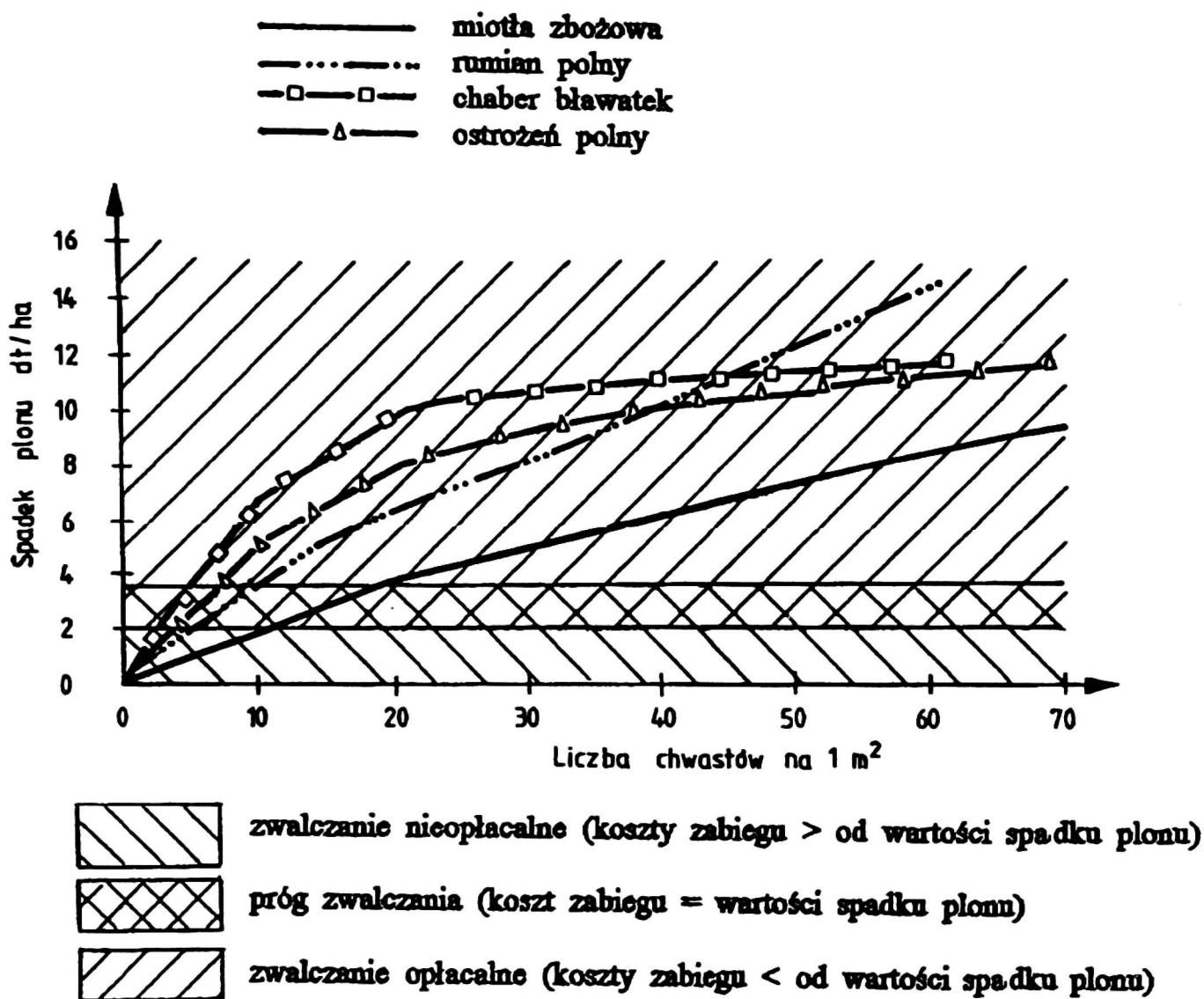
**Tabela 2.** Wartość ziarna pszenicy ozimej (tys. zł/ha) przy wzrastających plonach i wzrastających cenach

Wyszczególnienie	Ceny, plony i wartość produkcji		
	niskie	średnie	wysokie
Cena [tys. zł]	180	210	240
Plon [dt/ha]	25–35	36–50	51–60
Wartość 1 ha pszenicy [tys. zł]	4500–6300	6371–10500	12000–14400

W przypadku zwalczania chwastów w uprawie żyta przyjęto ten sam tok obliczeń. Obliczenia relacji cenowych (rys. 4) przeprowadzono dla warunków średnich (tab. 1



**Rysunek 3.** Wpływ liczebności chwastów na spadek plonu pszenicy ozimej i progi zwalczania dla poszczególnych gatunków chwastów



**Rysunek 4.** Wpływ liczebności chwastów na spadek plonu żyta ozimego i progi zwalczania dla poszczególnych gatunków chwastów

i 3). Relacje cenowe dla zwalczania chwastów wynoszą w uprawie żyta od 2 do 3,7 dt żyta (wartość dolna 300 tys. zł : 150 tys. zł = 2, wartość górna: 550 tys. zł : 150 tys. zł = 3,7).

**Tabela 3.** Wartość ziarna żyta ozimego (tys. zł/ha) przy wzrastających plonach i wzrastających cenach

Wyszczególnienie	Ceny, plony i wartość produkcji		
	niskie	średnie	wysokie
Cena [tys. zł]	125	150	170
Plon [dt/ha]	20–25	26–30	31–40
Wartość 1 ha żyta [tys. zł]	2500–3125	3750–4500	5100–6800

### Etap 3

W celu określenia wysokości progów zwalczania szukamy dla poszczególnych gatunków chwastów punktów przecięcia krzywych spadku plonu z wykreślonymi re-

lacjami cenowo-kosztowymi i odczytujemy na osi x liczbę chwastów wyrażającą wysokość plonu, przy którym wartość produkcji zagrożonej jest równa wysokości kosztów.

Tak obliczone progi zwalczania chwastów w uprawie pszenicy ozimej w warunkach niekorzystnych dla rolników kształtują się następująco:

Gatunki chwastów	Ilość chwastów/1 m <sup>2</sup> łąnu
chaber bławatek	6–11
przytulia czepna	9–15
maruna bezwonna	13–19
miotła zbożowa	14–22
przetacznik perski	31–65

W uprawie żyta w warunkach średnich progi zwalczania są następujące:

miotła zbożowa	11–19
rumian polny	4–8
chaber bławatek	3–5
ostrożeń polny	4–7

**Tabela 4.** Koszty zwalczania chwastów pszenicy ozimej (% wartości 1 ha pszenicy)

Wyszczególnienie	Wysokość wskaźnika (procentowy udział kosztów w wartości produkcji)
<b>1. Wariant najmniej korzystny dla rolnika</b> wysokie koszty zwalczania chwastów (550–850 tys. zł/ha) niskie plony i niskie ceny (wartość produkcji 4500–6300 tys. zł/ha)	12,2–13,5
<b>2. Wariant najbardziej korzystny dla rolnika</b> niskie koszty zwalczania chwastów (180–300 tys. zł/ha) wysokie plony i wysokie ceny (wartość produkcji 12000–14400 zł/ha)	1,5–2,1
<b>3. Wariant średni</b> średnie koszty zwalczania chwastów (300–550 tys. zł/ha) średnie plony i ceny (wartość produkcji 6371–10500 tys. zł/ha)	4,7–5,2

Z porównania wynika, że w uprawie żyta progi zwalczania są niższe, ale dla żyta przyjęto celowo korzystniejsze relacje cen niż dla pszenicy. Przyjęte założenie było uzasadnione wynikami wstępnych obliczeń (tab. 5), które wykazują, że w warunkach dla rolnika niekorzystnych udział kosztów w wartości plonu wynosi aż 22,2–27,2%. Przy wskaźniku wynoszącym ok. 1/4 wartości produkcji zabiegi chwastobójcze nie rokują szans opłacalności. Dlatego postawiono pytanie, czy w warunkach średnich szanse takie istnieją. Przeprowadzone wyliczenia progów zwalczania pozwalają stwierdzić, że zwalczanie chwastów w uprawie żyta może być ekonomiczne uzasadnione.

**Tabela 5.** Koszty zwalczania chwastów żyta ozimego (% wartości plonu)

Wyszczególnienie	Wysokość wskaźnika (procentowy udział kosztów w wartości plonu)
<b>1. Wariant najmniej korzystny dla rolnika</b> wysokie koszty (pow. 550–850 tys. zł/ha) niskie plony i niskie ceny (2500–3100 tys. zł/ha)	22,2–27,2
<b>2. Wariant najbardziej korzystny dla rolnika</b> niskie koszty (180–300 tys. zł/ha) wysokie plony i wysokie ceny (5100–6800 zł/ha)	3,5–4,4
<b>3. Wariant średni</b> średnie koszty (300–550 tys. zł/ha) średnie plony i ceny (3750–4500 tys. zł/ha)	8,0–12,2

## Omówienie wyników

Wartości obliczanych parametrów progów zwalczania są bardzo zróżnicowane, pomimo że obliczenia odnoszą się do określonych warunków. Przyjęcie innych plonów spodziewanych, innych cen produktów i innych kosztów zabiegu spowoduje, że parametry progów zwalczania i ich rozpiętości będą inne. Gdyby relacje cenowo-kosztowe pogorszyły się, a więc gdyby koszty zabiegu były równoważone większą ilością plonu, próg zwalczania przesunąłby się w górę, co oznacza, że zabieg stałby się opłacalny dopiero wtedy, gdy zwiększy się stan zachwaszczenia.

Tak duży zakres progów zwalczania budzi wątpliwości co do użyteczności otrzymanych wyników. Przemawiają jednak za nimi dwie bardzo ważne przyczyny. Pierwsza z nich wypływa z zasad ochrony środowiska, które nakazują dążenie do zmniejszania stosowania substancji mogących zanieczyszczać środowisko. Drugą zaś, bardzo ważną obecnie u nas w kraju, są ciągle zmiany cen na produkty rolne i środki produkcji dla rolnictwa. Wprowadzenie gospodarki rynkowej zaczęło się w Polsce w roku 1990 i producent rolny często nie wie, jak reagować w tak przeobrażającej się gospodarce na zmienną sytuację rynkową.

Taką pomocną wskazówką może być przekazywanie rolnikowi poprzez służby doradcze progów zwalczania. Jednak warunkiem niezbędnym jest dostosowanie ich do warunków gospodarowania. Wydaje się, że uproszczony sposób obliczania progów zwalczania może być bardzo użyteczny, a użyteczność będzie wzrastała wraz z szerszym i bardziej pogłębionym stosowaniem rachunku symulacyjnego w metodzie obliczania progów zwalczania.



## Graficzne określanie ekonomicznej efektywności zwalczania chwastów na przykładzie zwalczania chabra bławatka w uprawie pszenicy i żyta

---

### Założenia i tok obliczeń

Jako miarę ekonomicznej efektywności przyjęto stosunek produkcji uratowanej do kosztów zabiegu. Przyjęto średnie statystyczne plony pszenicy i żyta w roku 1993. W celu określenia produkcji uratowanej przyjęto przy zabiegu jednokrotnym poziom skuteczności 85%, a przy zabiegu dwukrotnym — 95%. W kosztach zabiegów zastosowano kategorię kosztów prywatnych, w których poza kosztami faktycznymi uwzględniono umowne oprocentowanie środków własnych i ryzyko [6]. Jako środek chwastobójczy przyjęto Glean 75 DF (w cenie roku 1993) w dawce 20 g/ha. Aby otrzymać pełną wysokość kosztów zabiegu do kosztów środka chemicznego doliczono koszt jego zastosowania (300 tys. zł preparat + 243 tys. zł koszt zastosowania preparatu = 543 tys. zł/ha). Przy zabiegu 2-krotnym uwzględniono Dicuran Forte 80 WP (jego koszt był w 1993 roku taki sam jak preparatu Glean 75 DF).

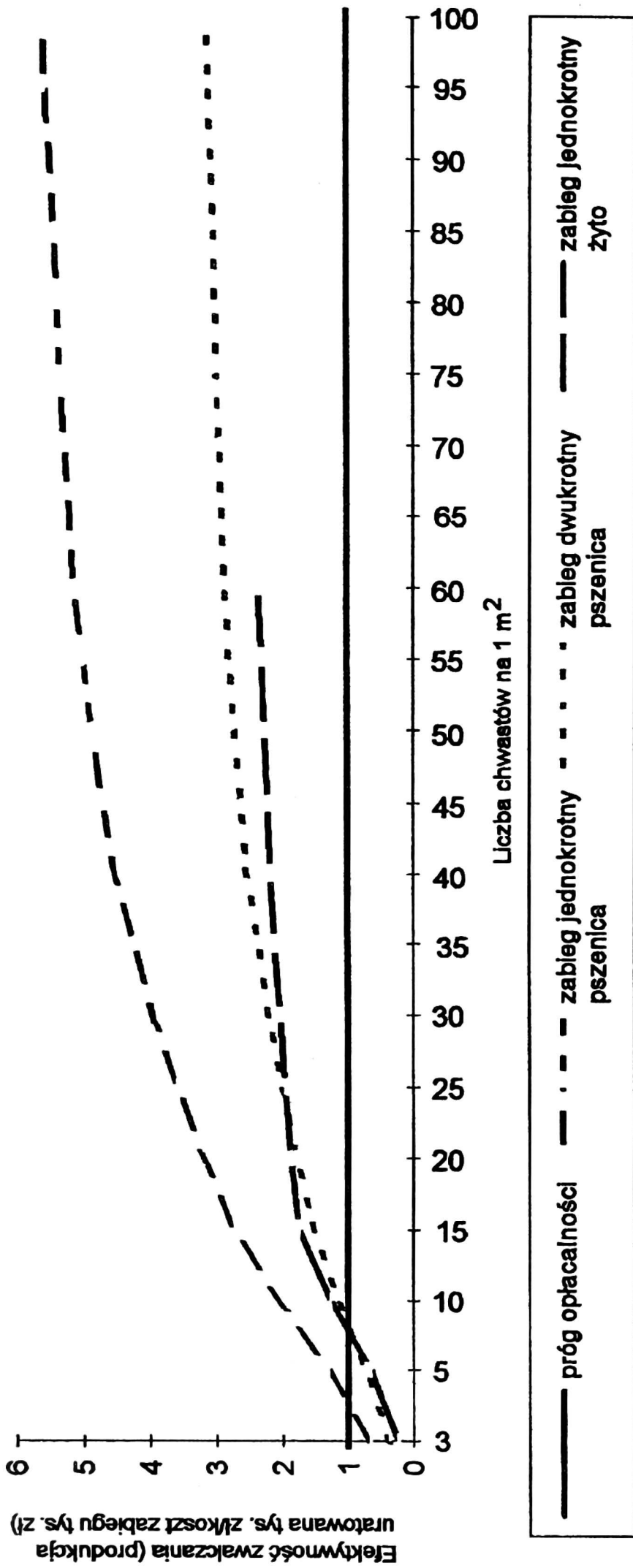
Obliczenia przeprowadzono na przykładzie chabra bławatka w uprawie pszenicy ozimej i żyta ozimego.

Na podstawie wykresów 1 i 3 (w przypadku pszenicy) oraz 2 i 4 (w przypadku żyta) otrzymano w postaci tabelarycznej zależności między wzrastającym zachwaszczeniem a wielkością spadku plonu w tys. zł/ha. Dalszy tok postępowania był następujący:

- oznaczono zależność między wzrastającym zachwaszczeniem a plonem uratowanym,
- określono zależność między wzrastającym zachwaszczeniem a ekonomiczną efektywnością zabiegu ustaloną jako iloraz plonu uratowanego przez koszty zabiegu,
- ostatnią z otrzymanych zależności przedstawiono na wykresie, w którym stopień zachwaszczenia jest zmienną niezależną (oś x), a ekonomiczna efektywność zmienną zależną (oś y).

### Wyniki i ich omówienie

Opłacalność zwalczania chabra bławatka w uprawie pszenicy jest bardzo wysoka. W przypadku zabiegu jednokrotnego wskaźnik ekonomicznej efektywności wzrasta bardzo szybko wraz ze wzrostem zachwaszczenia (rys. 5). Przy wysokim zachwaszczeniu wartość produkcji uratowanej pokrywa parokrotnie koszty. Nawet gdy wystąpiła potrzeba zastosowania zabiegu dwukrotnego, w przypadku gdy pierwszy



**Rysunek 5.** Ekonomiczna efektywność zwalczania chwastów w uprawie pszenicy ozimej i żyta ozimego przy wzrastającym stopniu zachwaszczenia (Źródło: badania własne)

okazał się nieskuteczny (wykonany nieprawidłowo), to przy zachwaszczeniu przekraczającym 10 szt./m<sup>2</sup> łąnu wartość produkcji uratowanej przekracza ok. 2-krotnie koszty. Opłacalność zwalczania chabra bławatka w uprawie żyta jest niższa od jednokrotnego zabiegu w uprawie pszenicy, nawet nieco niższa od zabiegu dwukrotnego. Jednak przy dużym zachwaszczeniu zwalczanie chabra bławatka jest w uprawie żyta także opłacalne.

Na podstawie rys. 5 wykreślono prostą odpowiadającą zrównoważeniu wartości produkcji uratowanej z kosztami zabiegu, czyli przebiegającą na poziomie efektywności = 1. Jest to próg opłacalności przy którym:

$$\frac{\text{produkcja uratowana}}{\text{koszty}} = 1$$

Wartość produkcji uratowanej można obliczyć na podstawie parametrów wchodzących w skład mianownika wzoru określającego próg zwalczania (wzór 1). Tak więc dla tej samej wielkości zagęszczenia szkodliwego gatunku i przy tych samych relacjach cen progi zwalczania są równe progom opłacalności. Pewna modyfikacja formuły matematycznej powoduje, że progi opłacalności mają z punktu widzenia ekonomicznego dodatkową użyteczność. Pozwalają mianowicie na łatwe odczytanie (rys. 5), ile razy wzrasta lub spada ekonomiczna efektywność zabiegu przy zmniejszającej się wielkości zmiany niezależnej (w omawianym przykładzie stopień zachwaszczenia). Wyznaczenie progu opłacalności na krzywej ekonomicznej efektywności zabiegu ochronnego pozwala także na porównanie efektywności tego nakładu z innymi ponoszonymi w rolnictwie nakładami. Wyznaczenie progów zwalczania tych możliwości nie stwarza, ale nie umniejsza to ich znaczenia, gdyż stanowią zrozumiałą wskazówkę przy podejmowaniu decyzji co do uzasadnienia potrzeby przeprowadzenia zabiegu.

Porównując wielkości progów opłacalności dla chabra bławatka (rys. 5) z progami zwalczania (rys. 3 i 4), można stwierdzić, że przy pewnym zbliżeniu wielkości różnice są wyraźne. Powstały one stąd, że w obu przykładach przyjęto celowo inne relacje cen. Celem zaś było wykazanie, że rozpiętość wielkości progowych jest duża i należy je odnosić tylko do konkretnych, ściśle określonych warunków.

## Podsumowanie

---

Ochrona roślin jest ważnym elementem w procesach decyzyjnych w gospodarstwach rolnych. Dążąc do zabezpieczenia plonu, należy podjąć decyzje, co do przeprowadzenia zabiegu ochrony, jego terminu i sposobu wykonania. Jest wskazane, aby decyzje co do potrzeby przeprowadzenia zabiegu podejmować na podstawie

znajomości progów zwalczania. Nie istnieją ogólne lub średnie progi zwalczania. Parametry czynników uzależniających wysokość progów zwalczania są bardzo zróżnicowane i dlatego progi te mogą być odniesione tylko do konkretnych, ściśle określonych warunków.

Progi zwalczania mogą być wyznaczane na podstawie wzorów opartych na wynikach doświadczeń ścisłych i metodach matematyczno-statystycznych lub na podstawie wykresów nie opisanych równaniami, ale wykreślonych przez specjalistów-ekspertów.

Wykresy zależności agrofag-plon mogą służyć także — po dokonaniu dodatkowych wyliczeń — do określenia ekonomicznej efektywności zabiegów ochronnych.

## Literatura

- 
- [1] Beer, Heitefuss R. 1981. Ermittlung von Bekämpfungsschwellen und wirtschaftlichen Schadensschwellen für monokotyle und dikotyle Unkräuter in Winterweizen und gerste. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 88: 321–336.
  - [2] Burghause F. 1985. Die unterschiedliche Bedeutung von Schwellenwerten im Pflanzenschutz *Gesunde Pflanzen* 2: 60–63.
  - [3] Lantenstein G. 1991. Schwellenwerte für tierische Schädlinge — wichtige Bausteine des integrierten Pflanzenschutzes oder unzureichender Notebefehl? *Gesunde Pflanzen* 10: 346–350.
  - [4] Mierzejewska W. 1985. Metody badawcze i miary oceny ekonomicznej efektywności chemicznych zabiegów ochrony roślin. *Postępy Nauk Rolniczych* 5: 77–90.
  - [5] Mierzejewska W. 1990. Ekonomiczne wielkości progowe w ochronie roślin. Materiały XXX Sesji Naukowej IOR: 71–81.
  - [6] Mierzejewska W. 1992. Koszty i kalkulacje w ochronie roślin. *Ochrona roślin* 8:11–14 i 9: 7–12.
  - [7] Mierzejewska W. 1993. Ekonomiczna szkodliwość agrofagów. *Postępy Nauk Rolniczych* 4: 55–69.
  - [8] Pałosz R. 1988. Ekonomiczne i agrotechniczne doskonalenie parametrów zwalczania szkodników rzepaku ozimego. IOR Terenowa Stacja Doświadczalna w Czulowie.
  - [9] Rola H. 1988. Oznaczenie progu szkodliwości i ekonomicznej celowości chemicznego zwalczania chwastów. *Pszenica ozima BN-85,9180*: 1–3.
  - [10] Rola H. 1989. Oznaczanie progu szkodliwości i ekonomicznej celowości chemicznego zwalczania chwastów. *Żyto ozime BN 89, 0180-40*: 1–3.
  - [11] Sauty A., Mauler-Machnik A. i in. 1993. Bekämpfungsschwelle für *Pseudocercospora herpotrichoides* mit den Bayer Getreide – Diagnose – System nach Verreet/ Hoffmann. *Gesunde Pflanzen*: 86–88.
  - [12] Walker P.T. 1977. Crop losses: some relationships between yield and infestation. *Med. Fac. Landbuww. Rijksuniv. Gent* 42(2): 919–926.
  - [13] Wahmhoff W., Heitefuss R. 1985. Untersuchungen zur Anwendung von Schadensschwellen für Unkräuter in Wintergerste, II Überprüfung von Schadensschwellen und deren Anpassung an die schagsspezifische Unkrauterwicklung. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 92(2): 113–126.
  - [14] Zeddies J., Waibel H. 1983. Ansatzpunkte und Voraussetzungen eines wirtschaftlichen Pflanzenschutzmitteleinsatzes. *Gesunde Pflanzen* 6: 145–153.

**Simplified method for graphical determination of weed control threshold and graphical method for determination of economical effectiveness of weed control measures (on the example of winter wheat and winter rye)**

---

**Summary**

The article presents the graphic method of determining threshold of agrophage control. The method has been shown on the example of weed, though it may be useful while taking decisions concerning the control of other agrophages as well. The only condition for the use of this method is graphic expression of the effect of harmful organisms on the yields of the cultivated plant. The paper also contains an example of the use of the graphic method in determining the economic effectiveness of the treatments; in this case the connection between intensity of the harmful species and the level of ratios of economic effectiveness of protective treatments has been proved.