

WYZNACZANIE PROGÓW SZKODLIWOŚCI CHWASTÓW ZA POMOCĄ  
METOD MATEMATYCZNYCH

Jerzy Krzymuski, Józef Rola, Henryka Rola, Krystyna Filipiak

Zakład Ekologii i Zwalczania Chwastów, IUNG we Wrocławiu  
Zakład Metodyki Badań i Informatyki, IUNG w Puławach

WSTĘP

Stosunkowo nowe pojęcie progów szkodliwości chwastów i innych wpływających na plonowanie czynników biotycznych produkcji roślinnej (choroby, szkodniki) coraz częściej pojawia się w rodzimej literaturze rolniczej [2-7]. Progi te, czyli określone liczbowo zachwaszczenie niektórymi chwastami uzasadniające ich zwalczanie, są też podawane w formie praktycznych zaleceń [4,5,6]. Obszerne informacje o wyznaczaniu progów w różnych krajach świata podaje Isajewa [1].

Wyróżnia się najczęściej progi szkodliwości ogólnej lub biologicznej związanej z zauważalnym spadkiem plonu (lub pogorszeniem jego jakości) i szkodliwości ekonomicznej uzależnionej od wartości strat spowodowanych przez chwasty i od kosztów ich zwalczania. Brakuje jednak jednoznacznych definicji tych progów i zobiektywizowanych metod i ich wyznaczania.

Przedstawione w pracy matematyczne ujęcie progów szkodliwości oparto na następujących definicjach progów szkodliwości:

- biologiczny określa zachwaszczenie ładu, przy którym następuje istotne obniżenie ilości (lub jakości) plonu rośliny uprawnej,
- ekonomiczny określa zachwaszczenie ładu, przy którym wartość obniżki plonu jest równa kosztom zastosowanej metody odchwaszczenia.

Wiadomo, że zależność plonu od zachwaszczenia ma charakter funkcyjny i jest istotna. Celem pracy było wyznaczenie tej funkcji oraz jej charakterystyk statystycznych i na tej podstawie obliczenie wartości progów odpowiadających definicjom. Dla szkodliwości biologicznej są to punkty (przedziały) określające granice istotności spadku plonu na linii wspomnianej zależności lub zmiany jej kierunku czyli właściwe progi, dla szkodliwości ekonomicznej punkty równowagi między wielkością strat i kosztów odchwaszczenia.

Metodyczne rozważania oparto na przykładach liczbowych dla pszenicy ozimej zaczerpniętych z pracy H. Roli [5].

## METODYKA BADAŃ

Podstawą obliczeń dla wyznaczenia biologicznego progu zachwaszczenia czyli takiej liczby chwastów, powyżej której następuje istotny spadek plonu, jest funkcja reakcji plonu ( $y$ ), wyrażonego w jednostkach wagowych lub procentach na zachwaszczenie ( $x$ ), określone liczbą chwastów na jednostce powierzchni lub procentem pokrycia. Zakładamy, że może mieć ona przebieg liniowy, paraboliczny lub może być opisana przez dwie przecinające się proste.

Danymi źródłowymi do wyznaczania funkcji i progów mogą być wyniki eksperymentów modelowych, mikropoletkowych, ścisłych doświadczeń polowych, próby pobierane z pól produkcyjnych oraz inne badania i obserwacje w produkcji. Można wyróżnić dwa rodzaje danych:

- 1) rzeczywiste, zaobserwowane zachwaszczenie ( $x$ ) i odpowiadające mu plony ( $y$ ),
- 2) zachwaszczenie pogrupowane w klasy, oraz średnie plony w poszczególnych przedziałach zachwaszczenia (najczęściej wyrażone w procentach obiektu bez zachwaszczenia).

Wstępna analiza danych źródłowych polega na dobraniu odpowiedniego równania regresji, a następnie eliminacji wyników obarczonych grubym błędem lub podlegających istotnemu oddziaływaniu innych czynników plonotwórczych, nie uwzględnionych w badaniach. W tym celu, jeżeli dysponuje się dużą liczbą danych należy podzielić cały materiał na kolejne przedziały zachwaszczenia, w obrębie każdego przedziału wyznaczyć regresję liniową i otrzymane równania wykreślić w układzie współrzędnych. Na podstawie przebiegu linii łamanej określa się funkcję opisującą zależność w całym zbiorze danych. W przypadku danych zgrupowanych w przedziały zachwaszczenia, pomocniczy wykres konstruuje się wyznaczając środki przedziałów klasowych zachwaszczenia i odpowiadające im średnie plony, oraz prowadząc linię łamaną przez te punkty. Jeżeli z wykresu nie można jednoznacznie określić postaci funkcji, wówczas należy obliczyć kilka równań regresji i dokonać wyboru najlepszego równania opierając się na charakterystykach statystycznych.

Podstawowymi charakterystykami równania regresji są wielokrotny współczynnik korelacji ( $R$ ) i wariancja reszt ( $S^2$ ), czyli różnic między wartością zaobserwowaną ( $y$ ) i oszacowaną równaniem regresji ( $\hat{y}$ ). Funkcja regresji jest tym lepiej dopasowana do wyników rzeczywistych im wyższy jest współczynnik determinacji ( $R^2$  w %) i mniejsza wartość sumy kwadratów odchyłeń od regresji ( $SS$ ). Dla wybranego równania regresji przeprowadza się analizę reszty w celu eliminacji wszystkich obserwacji, dla których różnice  $|y_i - \hat{y}_i| > 3S$ . Jeżeli eliminacja dotyczy obserwacji przypadkowych należy przyjąć, że nie należą one do badanej populacji, ponieważ są obarczone błędem metodycznym lub merytorycznym (złe oznaczenie, niepoprawny sposób pobrania próby albo wpływ innych czynników, wynikający najczęściej ze zbyt zróżnicowanego ich poziomu). Natomiast w przypadku gdy wyeliminowane analizą

reszt obserwacje można zaliczyć do jednej lub sąsiednich klas zachwaszczenia wówczas należy zmienić model funkcji lub wykorzystać tylko dwie przecinające się proste.

Zweryfikowany zbiór danych służy do obliczenia równania regresji liniowej lub kwadratowej oraz dwóch przecinających się prostych. Wykorzystując otrzymane równania wyznacza się graniczne zachwaszczenie przyjęte za próg szkodliwości biologicznej (Psb). Wartość Psb określa się wykorzystując dwa punkty graniczne Rsn i Rsp wyznaczone dla funkcji zachwaszczenia.

Rsn oznacza górną granicę takiej szkodliwości zachwaszczenia, która nie jest jeszcze statystycznie istotna. Jako Rsn przyjmuje się wartość  $x$  wyznaczoną z równania regresji, dla której  $\hat{y}$  równa się dolnej wartości przedziału ufności dla regresji w punkcie  $x=0$  ( $Dx_0$ ). Dla dwóch przecinających się prostych wartość  $x=Rsn$  oblicza się z równania pierwszej prostej wstawiając w miejsce  $\hat{y}$  dolną wartość przedziału ufności dla wybranej funkcji wielomianowej ( $Dx_0$ ). Tak więc punkt graniczny szkodliwości (nieistotnej) można opisać wzorami:

- dla  $y=a+bx$  (regresja liniowa):

$$Rsn = \frac{\hat{a} - Dx_0}{\hat{b}} \quad (1)$$

- dla  $y=a+bx+cx^2$  (regresja paraboliczna):

$$Rsn = -\frac{\hat{b}}{2\hat{c}} - \sqrt{\left(\frac{\hat{b}}{2\hat{c}}\right)^2 - \frac{\hat{a} - Dx_0}{\hat{c}}} \quad (2)$$

- dla  $y_1=a_1+b_1x$  i  $y_2=a_2+b_2x$  (2 przecinające się proste):

$$Rsn = \frac{\hat{a}_1 - Dx_0}{\hat{b}_1} \quad (3)$$

gdzie  $\hat{a}$ ,  $\hat{b}$ ,  $\hat{c}$ ,  $\hat{a}_1$ ,  $\hat{b}_1$ ,  $\hat{a}_2$ ,  $\hat{b}_2$  - oceny współczynników równań regresji.

Rsp jest wartością graniczną szkodliwości przyspieszonej (lub zwolnionej) i oznacza zachwaszczenie, przy którym zmienia się tempo spadku plonu tzn. następuje jego przyspieszenie lub zwolnienie. Wartość Rsp wyznacza się jako współrzędną  $x$ -ową punktu przecięcia obu prostych ze wzoru:

$$Rsp = \frac{\hat{a}_2 - \hat{a}_1}{\hat{b}_1 - \hat{b}_2} \quad (4)$$

W celu wyboru i ostatecznego wyznaczenia biologicznego progu szkodliwości zachwaszczenia (Psb) należy obliczyć wartość Rsn dla funkcji wielomianowej oraz Rsn i Rsp dwóch przecinających się prostych i przyjąć jako Psb najniższą z otrzymana-

nych wartości, czyli:  $P_{sb} = \text{minimum}(R_{sn}, R_{sp})$ . Próg szkodliwości ekonomicznej  $P_{se}$  można wyrazić ogólnym wzorem:

$$P_{se} = \frac{K}{CP} \quad (5)$$

gdzie:

$K$  - koszt odchwasczenia,

$C$  - ocena jednostkowa plonu (produktu),

$P$  - spadek plonu w kg z ha na jednostkę zachwaszczenia (roślin).

W zależności od oszacowanej funkcji: zachwaszczenie-spadek plonu,  $P$  przyjmuje wartość  $\hat{b}$  dla regresji liniowej lub  $\hat{b}_1$  dla regresji kwadratowej i dwóch przecinających się prostych. Jeżeli  $P$  wyrażony jest w procentach należy pomnożyć go przez współczynnik 0,01  $W$ , gdzie  $W$  oznacza uzyskany lub przewidywany plon w kg z ha. Wszystkie trzy wyrazy wzoru (5) są jednak wieloskładnikowe. Koszt odchwasczenia zależy od zespołu chwastów, zastosowanego preparatu i techniki oprysku. W cenie można uwzględnić jakość plonu głównego i wartość ubocznego, a także związane z zachwaszczeniem koszty sprzętu i czyszczenia nasion. Z kolei plon zależy od skuteczności działania preparatu i ewentualnej szkodliwości dla rośliny uprawnej oraz od wielu innych czynników mało związanych z zachwaszczeniem i odchwasczeniem. Na tym etapie badań wszystkie te czynniki trudno jest nawet wymieniwać, a tym bardziej skwantyfikować ich wpływ i współdziałanie. Nadal więc wyznaczając progi ekonomicznej szkodliwości lub celowości odchwasczenia należy się posługiwać szacunkowymi metodami typu ocen rzeczoznawców (ekspertów).

Podany w pracy przykład wyznaczania  $P_{se}$  jest zatem wyłącznie teoretyczny i wykorzystywany do ilustracji obliczenia dodatkowego wskaźnika charakteryzującego efektywność odchwasczenia  $E_0$ :

$$E_0 = \begin{cases} C\hat{b}(x-P_{se}) & \text{dla } x \leq R_{sp} \\ C[\hat{b}_1(R_{sp}-P_{se}) + \hat{b}_2(x-R_{sp})] & \text{dla } x > R_{sp} \end{cases} \quad (6)$$

gdzie:

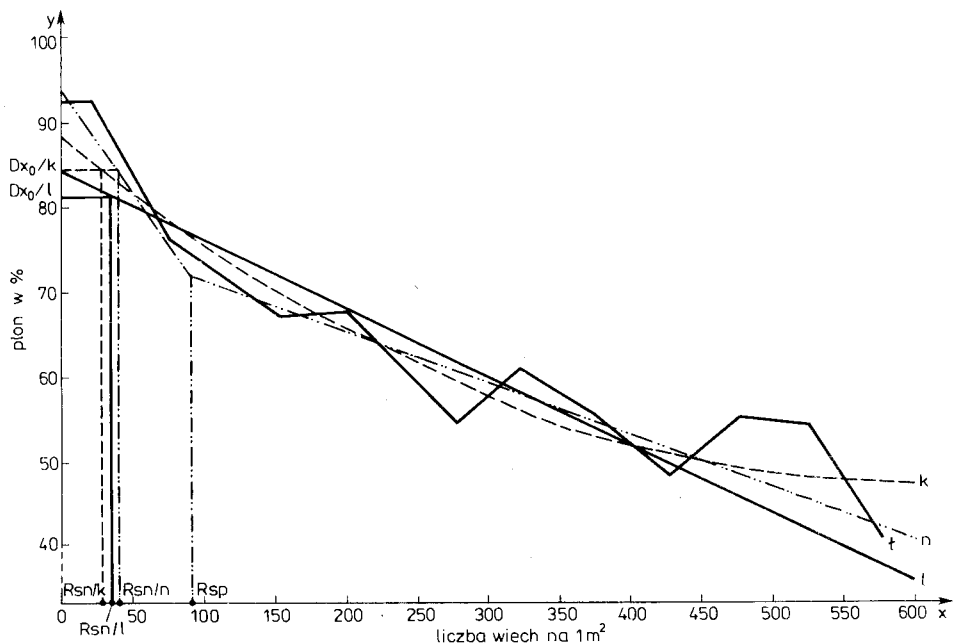
$x$  - aktualna (lub przewidywana) liczba chwastów na  $1 \text{ m}^2$  bez stosowania odchwasczenia,

$E_0$  - zysk w złotych (lub strata gdy  $P_{se} < x$ ) dzięki zastosowaniu odchwasczenia.

Wszystkie zastrzeżenia podane dla  $P_{se}$  odnoszą się również do wskaźnika bilansowego  $E_0$ .

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

W tabeli 1 na przykładzie miotły zbożowej i pszenicy ozimej przedstawiono charakterystyki statystyczne równań regresji między zachwaszczeniem a spadkiem plonu. Pierwszy etap badania rodzaju i kierunku tej zależności ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Funkcje zależności plonu pszenicy ozimej ( $y$ ) od zachwaszczenia miotłą zbożową ( $x$ ) obliczone na podstawie pojedynczych obserwacji (tab. 1, poz. 1).  $\lambda$  - linia łamana,  $l$  - regresja liniowa,  $k$  - regresja kwadratowa,  $n$  - dwie proste przecinające się. Symbol na osi:  $Dx_0(k)$  dolne granice przedziału ufności w punkcie  $x=0$  (i osi  $x:R_{sn}$ ),  $l$ ,  $R_{sn}/k$ ,  $R_{sn}/R$ ,  $R_{sp}$  (progi szkodliwości) opisane w metodyce badań

Przebieg linii łamanej wskazuje że lepszym jej przybliżeniem od regresji liniowej jest regresja kwadratowa, lub dwie przecinające się proste, co potwierdziły testy statystyczne (tab. 1, poz. 1). Wraz ze wzrostem zachwaszczenia spadek plonu jest początkowo szybki później wolniejszy. Linia łamana wskazuje również na brak lub bardzo słabą reakcję plonu (regresja nieistotna) na zachwaszczenie w przedziale do 50 sztuk wiech na  $1\text{ m}^2$ . Uogólnione równania regresji z których najlepiej dopasowana okazała się funkcja kwadratowa (najmniejszy  $R_{sn}$ ) nie potwierdziły jednak tych wstępnych spostrzeżeń. Być może przyczyną jest duży rozrzut pojedynczych obserwacji i niezbyt ściśle dopasowanie do nich regresji (współczynniki determinacji w granicach 30%, wyraz wolny równania czyli punkt przecięcia z  $x=0$  oznaczającym brak zachwaszczenia zamiast około 100% znacznie niżej). Sprawdzenie wspomnianego

T a b e l a 1

Charakterystyki statystyczne równań regresji między plonem pszenicy ozimej w procentach, a zachwaszczeniem miotłą zbożową w szt./m<sup>2</sup> (wiechy) na polach produkcyjnych (badania H. Roli [ 5 ] )

Pozycja	Rodzaj danych miejsce i (liczebność)	Równania regresji*	R <sup>2</sup> (%)	SS	Rsn	Rsp	Psb
1	Próby z pól produkcyjnych (430 obserwacji)	1-y=83.842-0.0795x	28.9	883.5	34.0		
		k-y=87.854-0.136+0.000114x <sup>2</sup>	30.3	332.5	27.9		27.9
		n-y <sub>1</sub> =93.589-0.236x y <sub>2</sub> =77.535-0.061x		326.8	40.5	91.6	
2	Próby z pól produkcyjnych (1479 obserwacji) 9 przedziałów klasowych	1-y=85.257-0.070x	86.0	427.5	137.0		
		k-y=91.514-0.143x+0.0001x <sup>2</sup>	94.8	157.3	58.0		
		n-y <sub>1</sub> =100.0-0.5x y <sub>2</sub> =75.76-0.051x		38.5	31.1	54.0	31.1
3	Próby z pól produkcyjnych ZDUNG Laskowice (72), 6 przedziałów klasowych	1-y=97.219-0.071x	94.5	83.8	103.1		
		k - nieistotne					
		n-y <sub>1</sub> =100.0-0.160x y <sub>2</sub> =94.283-0.064x		66.1	63.1	59.8	59.8
4	Próby z pól produkcyjnych ZDUNG Dobrogostów (45), 5 przedziałów klasowych	1-y=88.114-0.0997x	78.7	390.8	289.4		
		k,n - nieistotne					
							289.4
5	Próby z pól produkcyjnych ZDUNG Antopol (45), 5 przedziałów klasowych	1,k - nieistotne					
		n-y <sub>1</sub> =100.0-1.6x					
		y <sub>2</sub> =71.329-0.017x		16.4		18.1	18.1

\*1 - liniowe, k - kwadratowe, n - dwie proste przecinające się.

T a b e l a 2

Progi szkodliwości biologicznej chwastów obliczone na podstawie różnych badań zachwaszczenia i plonów pszenicy ozimej (wg H. Roli, 1983-1985)

Pozy- cja	Gatunek chwastu	Rodzaj i liczebność danych - odmiana	Postać równania regresji	Progi szkodliwości biologicznej - Psb	
				punkt graniczny	wartość szt./m <sup>2</sup>
1	chaber bławatek	Doświadczenie mikropoletkowe, 6 obiektów-Eros	dwie proste	Rsn	7.7
2	Centaurea cyanus	Doświadczenie mikro- poletkowe, 6 obiektów-Grana	kwadratowe	Rsn	9.0
3	Centaurea cyanus	Próby z pół produkcyj- nych (105), 6 przedzia- łów klasowych	dwie proste	Rsn	8.6
4	Przytulia czepna	Doświadczenie mikropoletkowe, 6 obie- któw-Żelazna	kwadratowe	Rsn	5.9
5	Galium aparine	Doświadczenie mikro- poletkowe, 6 obiektów- -Eros	dwie proste	Rsn	8.7
6	Galium aparine	Próby z pół produkcyj- nych (105), 5 przedzia- łów klasowych	dwie proste	Rsp	8.5
7	Maruna bezwonna	Doświadczenie mikropoletkowe, 6 obiektów-Żelazna	kwadratowe	Rsn	6.5
8	Tripleuro- spermum inodorum	Doświadczenie mikropoletkowe, 6 obiektów-Eros	dwie proste	Rsp	9.0
9	Przetacznik perski	Doświadczenie mikropoletkowe, 6 obiektów	liniowe	Rsn	22.1
10	Veronica persica	Próby z pół produkcyj- nych (45), 5 przedzia- łów klasowych	dwie proste	Rsp	8.6
11	Rumianowate Anthemideae	Próby z pół produkcyj- nych (195), 6 przedzia- łów klasowych	dwie proste	Rsn	11.1

nej bardzo prawdopodobnej merytorycznie hipotezy wymagałoby zagęszczenia i uściślenia (warunki kontrolowane) obserwacji w przedziale bardzo małego zachwaszczenia (do 10 wiech na  $1 \text{ m}^2$ ).

Regresje dla danych pogrupowanych w 9 przedziałów klasowych (tab. 1. poz. 2) wykazały większe współczynniki determinacji ( $R^2$ ) i mniejsze sumy kwadratów odchyleń (SS) co oznacza ich lepsze dopasowanie. Próg szkodliwości biologicznej  $P_{sb}$  był natomiast mniejszy i reprezentowany przez  $R_{sn}$  wyznaczony dla dwóch przecinających się prostych. Niezależnie więc od postaci danych, aproksymowanej funkcji oraz uzupełniających charakterystyk statystycznych ( $R^2$ , SS) oba sposoby obliczeń oparte na dużej liczbie obserwacji, dały bardzo zbliżone wartości poszukiwanego  $P_{sb}$  (27,9 i 31,1).

Pozostałe przykłady dla miotły zbożowej (tab. 1, poz. 3-5) ze względu na małą liczbę obserwacji wykazały rozbieżne wyniki. W Dobrogostowie (poz. 4) stwierdzono wprawdzie istotność regresji liniowej ale półprzedział ufności i związany z nim punkt szkodliwości nieistotnej ( $R_{sn}$ ) jest bardzo duży. W Antopolu (poz. 5) nie stwierdzono istotnej regresji wielomianowej więc ograniczono się do wyznaczenia dwóch równań prostych i punktu ich przecięcia ( $R_{sp}$ ) który oznacza, że po jego przekroczeniu (większe zachwaszczenie) tempo spadku plonu maleje.

W tabeli 2 przedstawiono końcowe wyniki obliczeń progów szkodliwości różnych gatunków chwastów w pszenicy na podstawie cytowanych już badań [5]. Generalnie można stwierdzić, że zależność zachwaszczenie-spadek plonu ma charakter krzywoliniowy (na 11 przykładów tylko w jednym lepiej dopasowane okazało się równanie regresji liniowej) i lepiej oszacować ją funkcją złożoną z dwóch przecinających się prostych. Obliczone progi szkodliwości biologicznej ( $P_{sb}$ ) nie są większe od przedziałów wyznaczonych empirycznie (4,5) z wyjątkiem bardzo niskiego (1-5 sztuk) i nieznacznie przekroczonego progu dla chabra bławatka. W dwóch przypadkach jako charakterystyczny  $P_{sb}$  przyjęto punkt szkodliwości przyspieszonej ( $R_{sp}$ ) gdyż był on mniejszy od nieistotnej ( $R_{sn}$ ). Merytorycznie jest to uzasadnione relatywnie większą szkodliwością a zatem i celowością zwalczania chwastów zanim osiągną  $R_{sp}$ , niż dopiero w przedziale  $R_{sp}$ - $R_{sn}$ . Oczywiście praktyczna celowość odchwaszczenia powinna być głównie uzależniona od progów szkodliwości ekonomicznej.

Na przykładzie równanie regresji (tab. 1, poz. 2c) i wzoru (5) z przyjętymi wartościami jego składników: koszt odchwaszczenia  $K=2240$  zł (ha), koszt preparatu Arelon = 1240 zł, koszt wykonania oprysku = 1000 zł, cena 1 tony pszenicy  $C = 20\ 000$  zł, przewidywany poziom plonu  $W=4$  t z ha - obliczono próg szkodliwości ekonomicznej  $P_{se}=5,6$  wiech miotły zbożowej na  $1 \text{ m}^2$ .

Jak już wspomniano obliczenie jest teoretyczne i orientacyjne ze względu na wieloskładnikowość i niewymierność poszczególnych elementów we wzorze (5). Koszt zależy między innymi od zastosowanego preparatu i poziomu wydajności. Np. stosu-



jąc droższy preparat Dosanex (2678 zł/ha) i zakładając niższy plon =2,5 t z ha, Pse wyniesie  $14,9/m^2$ , czyli blisko trzykrotnie więcej.

W zależności od występującego zachwaszczenia i dla progu Pse-5,6 wskaźnik efektywności opisany wzorem (6) wyniesie:

aktualne zachwaszczenia wiech/ $m^2$	5	25	50	100	200	
efektywność odchwaszczenia EO	-240	7760	17760	21237	25317	w zł

#### WNIOSKI

1. Przedstawione obliczenia generalnie potwierdzają krzywoliniowy przebieg zależności zachwaszczenie-plon z jego początkowo przyspieszonym a później zwolnionym spadkiem.

2. Progi szkodliwości biologicznej P<sub>sb</sub> obliczone wg zaproponowanych wzorów służyć mogą przede wszystkim do porównania między sobą stratotwórczego działania różnych gatunków chwastów w różnych roślinach uprawnych i w różnych warunkach naturalnych i agrotechnicznych a także ścisłości i miarodajności przeprowadzonych badań. Na ogół są one zbliżone do wyznaczonych empirycznie progów celowości stosowania odchwaszczenia (4,5).

3. Wzory obliczania progu szkodliwości ekonomicznej P<sub>se</sub> oraz efektywności odchwaszczania EO mają charakter ogólny, przybliżony i wymagają uściśleń, których na obecnym etapie wiedzy i badań nie można jeszcze sformalizować w postaci matematycznej.

#### LITERATURA

1. Isajewa L.I.: Sielskoje Chozjaistwo za Rubieżom 1983, nr 5, s. 19-24.
2. Kagan P.: Ochr. Roślin 1978 nr 5, s. 3-6.
3. Kapeluszný J.: Badania nad programami szkodliwości oraz niektórymi elementami biologii miotły zbożowej - Apera spica (L) P.B i owsa głuchego Avena fatua L. w pszenicy ozimej. Wyd. AP Lublin 1981 nr 71, s. 1-35.
4. Rola H.: Ochr. Roślin 1981 nr 3, s. 6-7.
5. Rola H.: Zjawisko konkurencji wśród roślin i jej skutki na przykładzie wybranych gatunków chwastów występujących w pszenicy ozimej. Wyd. IUNG. 1982 R162. s. 1-63.
6. Rola J. Rola H.: Herbicydy jako czynnik plonotwórczy. Mat. XXIII sesji IOR, 1983 t. 63, s.
7. Stachyra T.: Ochr. Roślin 1977 nr 11, s. 3-5.

Ежи Кшимуски, Генрыка Роля, Юзеф Роля, Крыстына Филипяк

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВ ВРЕДНОСТИ СОРНЯКОВ НА ОСНОВЕ  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Р е з ю м е

Понятие вредности сорняков все чаще появляется в сельскохозяйственной научной литературе. Эти пороги уже были определены эмпирически и приводятся в практических рекомендациях относительно применения гербицидов. Однако все еще отсутствует их математическая формулировка, а также уравнения для расчетов.

В труде приводится метод определения порогов вредности биологической и экономической сорняков, при использовании параметров уравнения регрессии описывающего зависимость урожаев от засоренности. Представлен также порядок статистической проверки эмпирических данных, составляющих исходный материал для определения зависимости между засорением и урожаем.

Формулы на исчисление порогов вредности были пополнены примерами на базе результатов опытов и примечаниями относительно их применения в оценке засоренности, а также потребностей и целесообразности борьбы с ней.

Jerzy Krzymuski, Henryka Rola, Józef Rola, Krystyna Filipiak

DETERMINATION OF THE WEED HARMFULNESS THRESHOLDS ON THE BASIS  
OF MATHEMATICAL METHODS

S u m m a r y

The notion of harmfulness of weeds can be encountered more and more often in the agricultural scientific literature. Even thresholds of this harmfulness have been determined empirically and quoted in practical recommendations. There is only a lack of their mathematical formulation and equations for calculation.

The method of determination of the thresholds of biological and economic harmfulness of weeds using the parameters of the regression equation describing the dependence of yields on the weediness degree, is presented in the paper. Also the process of statistical verification of empirical data constituting a starting

---

numerical material for determination of the relationship between weediness and yield is presented.

Formulae for calculation of the thresholds are supplemented with examples based on the results of experiments as well as with remarks concerning their application is estimation of the weediness degree and the purposefulness of its control.