

BARBARA SAWICKA¹**PIOTR PSZCZÓLKOWSKI**²¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza, Lublin²Stacja Doświadczalna Oceny Odmian Uhnin, Dębowa Kłoda

Próby ograniczenia zachwaszczenia łąnu ziemniaka w uprawie pod osłonami

Część III. Wpływ zachwaszczenia łąnu na plon ogólny i handlowy bulw

Attempts to control infestation of potato canopy cultivated under shields **Part III. The effect of weed overgrowth in the stand upon the total and market yield of tubers**

Za pomocą analizy regresji określono zależności między stopniem zachwaszczenia plantacji ziemniaka a plonem ogólnym i handlowym bulw, uzyskanym w latach 1996–1998 w doświadczeniu polowym na glebie wytworzonej z piasków gliniastych lekkich, kompleksu żytniego dobrego. Schemat i warunki badań zamieszczono w części I pracy. Stwierdzono istotną zależność plonu ogólnego i handlowego bulw od świeżej i suchej masy chwastów oznaczanej przed zbiorem bulw. W każdej metodzie pielęgnowania związek pomiędzy spadkiem plonu ogólnego i handlowego a wzrostem zawartości suchej masy chwastów miał charakter paraboliczny, 2°. Powietrznie sucha masa chwastów okazała się dokładniejszym miernikiem, wyznaczającym ich wartości progowe w uprawie ziemniaka niż świeża masa, czy liczba chwastów.

Słowa kluczowe: herbicydy, odmiany, sposoby pielęgnacji, uprawa pod osłoną, wskaźniki zachwaszczenia, ziemniak

Regression analysis was applied to evaluate the dependencies between the level of potato plantation weeding and total and commercial yield of tubers achieved in 1996–1998 in the field experiment performed on the soil formed of light loamy sands classified as a good rye complex. Experimental methods and study conditions were described in Part I of the paper. Significant dependence of both the total and commercial tuber yield on fresh and dry matter of weeds determined before tuber harvest was found. The relationship between the decrease of the total or commercial yield and the increase of the content of dry matter of weeds was of parabolic character in each control system. Air-dry matter of weeds appeared to be a more estimate than fresh matter (or weed number) to assess yield losses. It can be used to determine weed threshold values for potato crops

Key words: control systems, cultivars, cultivations under shield, herbicides, indexes, potato, weed, weed infestation

WSTĘP

Straty w plonie ziemniaka z powodu zachwaszczenia ocenia się w Polsce na 10 do 80%. Do nich należałoby dodać jeszcze szkody wynikające z ograniczania dostępu światła, wody i składników pokarmowych; żywicielskiej roli chwastów w stosunku do chorób i szkodników; utrudniania zbioru; wzrost uszkodzeń mechanicznych bulw oraz pogorszenie ich jakości (Radecki, 1977; Kołpak i in., 1988; Pomykalska, 1991; Ceglarek i Zarzecka, 1992; Sawicka i Skalski, 1996, Zarzecka, 1997). Z badań Barralisa (1977), Radeckiego (1977), Pomykalskiej (1991), Sawickiej (1996), Zarzeckiej (2000) wynika, iż istnieje ścisła zależność między plonem ogólnym a masą i liczbą chwastów. Większość przeprowadzonych dotąd badań nad zachwaszczeniem dotyczyła odmian średnio wczesnych, średnio późnych bądź późnych (Radecki, 1977; Kołpak i in., 1988; Pawłowski i in., 1991; Pomykalska, 1991; Sawicka, 1996), natomiast jest niewiele doniesień na temat nasilenia zachwaszczenia i jego wpływu na plon ogólny i handlowy, w odniesieniu do odmian bardzo wczesnych, o krótkim okresie wegetacji. Stąd też niniejsza praca miała na celu określenie, czy i w jakim stopniu różne sposoby ochrony plantacji bardzo wczesnych odmian ziemniaka, uprawianych pod osłonami, przed zachwaszczeniem mogą ograniczać ujemne zależności między plonem ogólnym i handlowym bulw a stopniem ich zachwaszczenia.

MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań oparto na doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 1996–1998 w polowej stacji doświadczalnej w Parczewie na glebie wytworzonej z piasków gliniastych lekkich, kompleksu żyniego dobrego, o lekko kwaśnym odczynie. Schemat i warunki prowadzenia doświadczenia omówiono w I części pracy. Wyniki oceny zachwaszczenia, przeprowadzonej przed zbiorem, a dotyczące: ogólnej liczby chwastów, liczby chwastów jedno- i dwuliściennych, świeżej i powietrznie suchej ich masy oraz plonu ogółem i handlowego (o średnicy >4 cm), z uwagi na dużą zmienność w latach badań, poddano analizie regresji wielorakiej, oddzielnie dla każdego sposobu pielęgnowania. Parametry funkcji określano metodą najmniejszych kwadratów, a weryfikację istotności testem t Studenta. Zmienność analizowanych wyników badań oceniono za pomocą: średniej arytmetycznej, odchylenia standardowego, współczynnika zmienności V, obliczonego wg wzoru:

$$V = \frac{S}{x} \times 100\%$$

gdzie:

S — odchylenie standardowe

x — średnia arytmetyczna

Współczynnik zmienności, będący ilorazem bezwzględnej miary zmienności cechy, jako wielkość niewymiarowa pozwala na porównywanie zróżnicowania zarówno kilku zbiorowości pod względem tej samej cechy, jak i tej samej zbiorowości pod względem kilku cech. Charakterystykę statystyczną badanych zmiennych zamieszczono w tabeli 1.

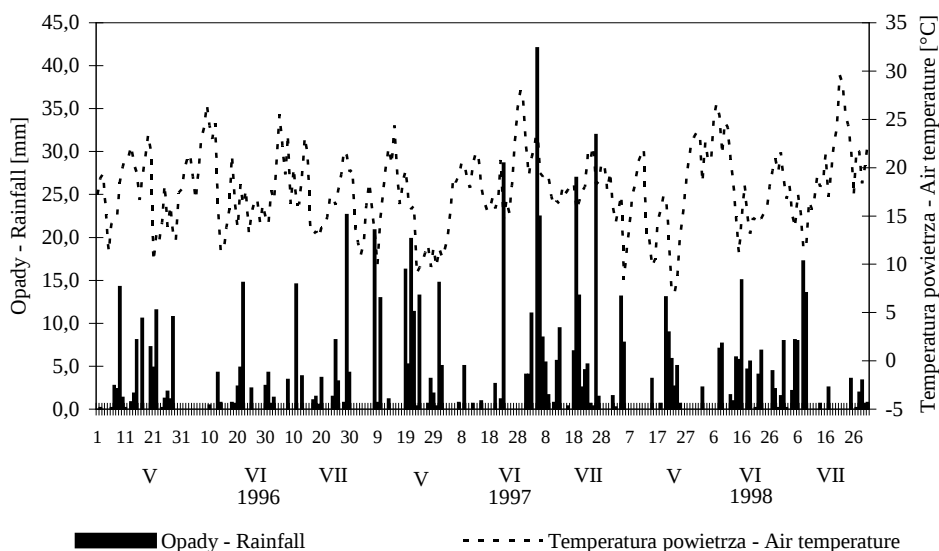
Tabela 1

Statystyczna charakterystyka zmiennych zależnych i niezależnych (Średnia dla lat 1996–1998)
Statistical characteristics of dependent and independent variables (Mean for 1996–1997)

Sposoby pielęgnacji Weed control systems*	Średnia arytmetyczna Arithmetical means	Odchylenie standardowe Standard deviations	Współczynnik zmienności Variability coefficient
plon ogólny bulw w t·ha ⁻¹ total yield of tubers in t·ha ⁻¹			
A	27,4	10,2	37,3
B	32,5	11,8	36,3
C	34,6	13,0	37,6
D	35,1	12,8	36,5
NIR; LSD $\alpha \leq 0,05$	0,5	—	—
plon handlowy bulw w t·ha ⁻¹ commercial yield of tubers in t·ha ⁻¹			
A	24,4	11,1	45,4
B	29,0	12,8	44,1
C	31,6	13,9	44,0
D	32,0	13,8	43,1
NIR; LSD $\alpha \leq 0,05$	0,6	—	—
ogólna liczba chwastów na 1 m ² total number of weeds per 1 m ²			
A	46	43	92,9
B	43	44	103,3
C	58	52	89,5
D	37	31	85,2
NIR; LSD $\alpha \leq 0,05$	9	—	—
liczba chwastów jednoliściennych na 1 m ² number of monocotyledonous weeds per 1 m ²			
A	28	31	111,1
B	19	30	162,2
C	34	31	90,4
D	22	25	114,2
NIR; LSD $\alpha \leq 0,05$	6	—	—
liczba chwastów dwuliściennych na 1 m ² number of dicotyledonous weeds per 1 m ²			
A	18	22	119,6
B	24	22	90,9
C	24	24	100,8
D	15	12	82,8
NIR; LSD $\alpha \leq 0,05$	5	—	—
świeża masa chwastów na 1 m ² fresh matter of weeds on 1 m ²			
A	93	143	153,8
B	83	100	120,5
C	116	200	172,4
D	93	100	107,5
NIR; LSD $\alpha \leq 0,05$	15	—	—
powietrznie sucha masa chwastów w g·m ⁻² air-dry matter of weeds in g·m ⁻²			
A	34	33	97,1
B	32	10	31,3
C	43	27	62,8
D	34	32	94,1
NIR; LSD $\alpha \leq 0,05$	9	—	—

A — pielęgnacja mechaniczna; Mechanical weed control systems; B — Afalon; C — Racer; D — Afalon + Command

Zależności między plonem ogółem i handlowym, a wskaźnikami zachwaszczenia rozpatrywano w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej. Przebieg pogody w latach badań był bardzo zróżnicowany, co ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Przebieg temperatur powietrza i opadów w okresie maj-lipiec wg stacji meteorologicznej COBORU w Uhninie w latach 1996–1998

Fig. 1. Daily air temperatures and rainfall in May–July, 1996–1998, according to meteorological station COBORU in Uhnin

WYNIKI BADAŃ

Wielkość plonu ogółem, jak i handlowego bulw w doświadczeniu była zróżnicowana sposobami pielęgnacji ziemniaka (tab. 1). Najwyższy plon ogółem i handlowy bulw, w porównaniu z obiektem kontrolnym, zapewniała pielęgnacja mechaniczno-chemiczna z udziałem mieszaniny preparatów: Afalon 50 WP + Command 480 EC. Należy jednak zaznaczyć, iż różnica w plonie ogółem między tą kombinacją a obiektem pielęgnowanym przy użyciu herbicydu Racer 25 EC mieściła się w granicach błędu, zaś w przypadku plonu handlowego była nieistotna. Z uwagi jednak na znaczną zmienność zachwaszczenia w latach badań, wywołaną zróżnicowaniem warunków atmosferycznych, co ilustrują statystyczne charakterystyki zmiennych niezależnych w tabeli 1, podjęto próbę oszacowania ich wpływu na plon ogółem i handlowy bulw. Współczynniki regresji wyliczone dla poszczególnych kombinacji pielęgnowania okazały się zróżnicowane, co ilustrują tabele 2–3 oraz rysunki 2–7.

Tabela 2

Zależność między plonem ogólnym bulw a wskaźnikami zachwaszczenia ziemniaka
Relationships between the total yield of tubers and weediness indexes of potato crops

Sposoby pielęgnacji Weed control system*	Równania regresji Regression equations	Poziom istotności Significance level	Współczynnik determinacji Coefficient of determination (%)
ogólna liczba chwastów na 1 m ² total number of weeds per 1 m ²			
A	$y = 31,682 - 0,094x$	0,0005	39,8
B	$y = 36,470 - 0,082x$	0,0086	30,7
C	$y = 39,303 - 0,081x$	0,0053	32,5
D	$y = 39,899 - 0,134x$	0,0053	32,4
liczba chwastów jednoliściennych na 1 m ² number of monocotyledonous weeds per 1 m ²			
A	$y = 31,144 - 0,137x$	0,0004	40,9
B	$y = 35,734 - 0,118x$	0,0091	30,5
C	$y = 40,143 - 0,168x$	0,0006	39,6
D	$y = 39,166 - 0,182x$	0,0020	35,9
liczba chwastów dwuliściennych na 1 m ² number of dicotyledonous weeds per 1 m ²			
A	$y = 29,278 - 0,0105x$	0,0059	22,4
B	$y = 34,404 - 0,100x$	0,0113	18,9
C	$y = 36,976 - 0,101x$	0,1120	18,9
D	$y = 38,522 - 0,223x$	0,0090	20,1
świeża masa chwastów na 1 m ² fresh matter of weeds per 1 m ²			
A	$y = 22,320 + 0,10843x - 0,001743x^2$	0,0004	44,9
B	$y = 23,418 + 0,01504x - 0,000226x^2$	0,0000	64,7
C	$y = 31,562 + 0,05795x - 0,000606x^2$	0,0165	22,5
D	$y = 28,916 + 0,01192x - 0,000194x^2$	0,0006	44,2
powietrznie sucha masa chwastów w g·m ⁻² air-dry matter of weeds in g·m ⁻²			
A	$y = 21,667 + 0,02827x - 0,010433x^2$	0,0000	64,6
B	$y = 23,711 + 0,08261x - 0,063916x^2$	0,0000	74,4
C	$y = 28,084 + 0,03048x - 0,011269x^2$	0,0000	65,3
D	$y = 27,677 + 0,02928x - 0,007162x^2$	0,0000	70,5

* Oznaczenia jak w tabeli 1

* For explanations see Table 1

Przeprowadzona analiza regresji plonu ogółem i handlowego bulw oraz ogólnej liczby chwastów, w zakresie od 1 do 110 szt·m⁻², wykazała ujemną, liniową zależność między zmiennymi, we wszystkich sposobach pielęgnacji ziemniaka (tab. 2–3, rys. 2–3). To ujemne oddziaływanie zachwaszczenia najbardziej niwelowało, w przypadku, tak plonu ogółem, jak i handlowego zastosowanie pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z udziałem preparatu Racer 25 EC. Obniżka plonu wywołana wzrostem ogólnej liczby chwastów o 10 szt·m⁻², w metodzie mechanicznej wynosiła 0,94 t; w pielęgnacji z udziałem preparatu Afalon 50 WP — 0,82 t; z użyciem preparatu Racer 25 EC — 0,81 t; z udziałem mieszaniny herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC — 1,34 t·ha⁻¹. W przypadku natomiast plonu handlowego spadek plonu bulw, wywołany wzrostem zachwaszczenia w kolejnych metodach pielęgnacji, wynosił odpowiednio: 1,04 t; 1,0 t; 0,91 t i 1,67 t·ha⁻¹. Należy jednak podkreślić, że współczynniki determinacji tych równań nie były wysokie,

co oznacza, że do obniżenia plonu mogły przyczynić się również inne, nie brane pod uwagę w analizie regresji czynniki środowiska.

Wzrost liczebności chwastów jednoliściennych o 10 szt. m^{-2} , w zakresie 3–65 szt. m^{-2} , powodował również ujemny, liniowy spadek plonu bulw ogółem, przy czym najbardziej ograniczała go pielęgnacja mechaniczno-chemiczna z użyciem preparatu Afalon 50 WP, gdzie spadek plonu wynosił 1,18 t z ha, a odpowiednio mniej inne sposoby pielęgnacji: mechaniczny — o 1,37 t; z użyciem herbicydu Racer 25 EC — 1,68 t; z udziałem mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Command 480 EC — 1,81 t ha^{-1} (tab. 2). Podobną ujemną zależność obserwowano między liczbą jednoliściennych gatunków chwastów a plonem handlowym (tab. 3). W kolejnych sposobach pielęgnacji spadek bulw handlowych stanowił odpowiednio: 1,35 t; 1,47 t; 1,81 t i 2,13 t ha^{-1} . Zależności te cechowały się jednak niskimi współczynnikami determinacji.

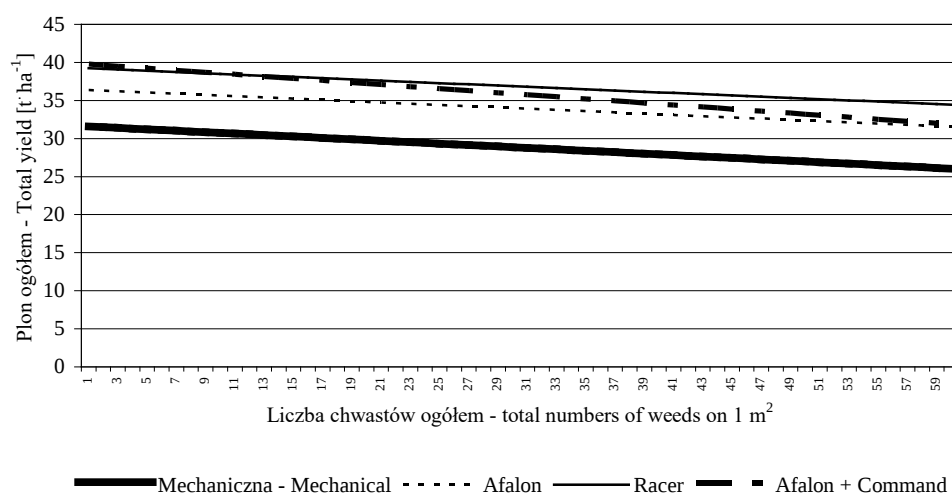
Tabela 3

Zależności między plonem handlowym bulw a wskaźnikami zachwaszczenia ziemniaka
Relationships between market yield of tubers and weediness indexes for potato crops

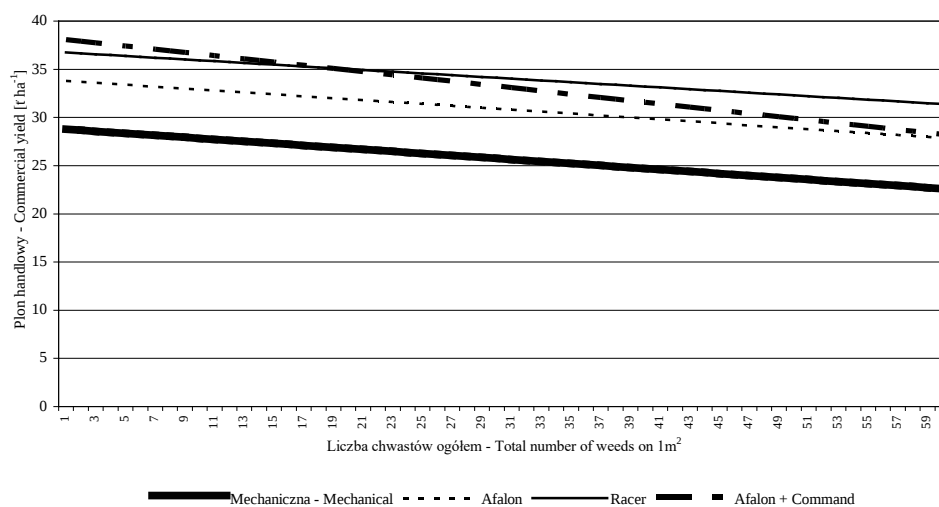
Sposoby pielęgnacji Weed control system*	Równania regresji Regression equations	Poziom istotności Significance level	Współczynnik determinacji Coefficient of determination (%)
ogólna liczba chwastów na 1 m^2 total number of weeds per 1 m^2			
A	$y = 28,875 - 0,1043x$	0,0004	40,6
B	$y = 33,890 - 0,0999x$	0,0031	34,4
C	$y = 36,832 - 0,0907x$	0,0036	33,9
D	$y = 38,248 - 0,1667x$	0,0013	37,2
liczba chwastów jednoliściennych na 1 m^2 number of monocotyledonous weeds per 1 m^2			
A	$y = 28,145 - 0,1474x$	0,0004	40,5
B	$y = 32,734 - 0,1353x$	0,0058	32,2
C	$y = 37,546 - 0,1809x$	0,0005	39,8
D	$y = 37,078 - 0,2132x$	0,0007	38,9
liczba chwastów dwuliściennych na 1 m^2 number of dicotyledonous weeds per 1 m^2			
A	$y = 26,374 - 0,1263x$	0,0368	24,7
B	$y = 31,703 - 0,1387x$	0,0428	23,9
C	$y = 34,473 - 0,1223x$	0,0070	21,4
D	$y = 37,024 - 0,3056x$	0,0291	25,7
świeża masa chwastów na 1 m^2 fresh matter of weeds on 1 m^2			
A	$y = 19,481 + 0,10656x - 0,00165x^2$	0,0058	37,3
B	$y = 19,300 + 0,01677x - 0,000264x^2$	0,0000	63,3
C	$y = 28,285 + 0,06580x - 0,000714x^2$	0,0180	22,0
D	$y = 25,645 + 0,01347x - 0,000238x^2$	0,0009	42,9
powietrznie sucha masa chwastów w $g \cdot m^{-2}$ air-dry matter of weeds in $g \cdot m^{-2}$			
A	$y = 18,483 + 0,0259x - 0,00865x^2$	0,0000	59,8
B	$y = 19,808 + 0,0896x - 0,00717x^2$	0,0000	72,2
C	$y = 24,708 + 0,0326x - 0,01224x^2$	0,0000	63,9
D	$y = 24,725 + 0,0297x - 0,00711x^2$	0,0000	66,9

* Oznaczenia jak w tabeli 1

* For explanations see Table 1



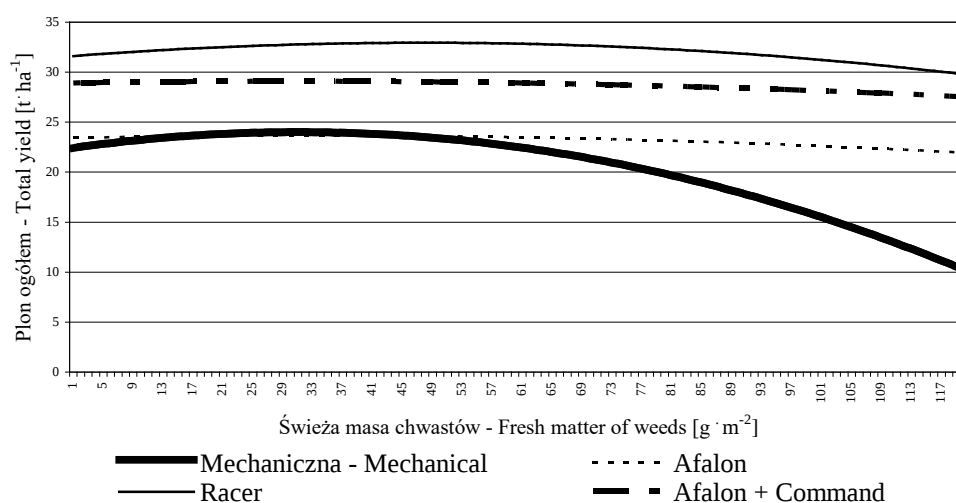
Rys. 2. Zależność między plonem bulw ogółem a ogólną liczbą chwastów
Fig. 2. Relationships between the total yield of tubers and the total number of weeds



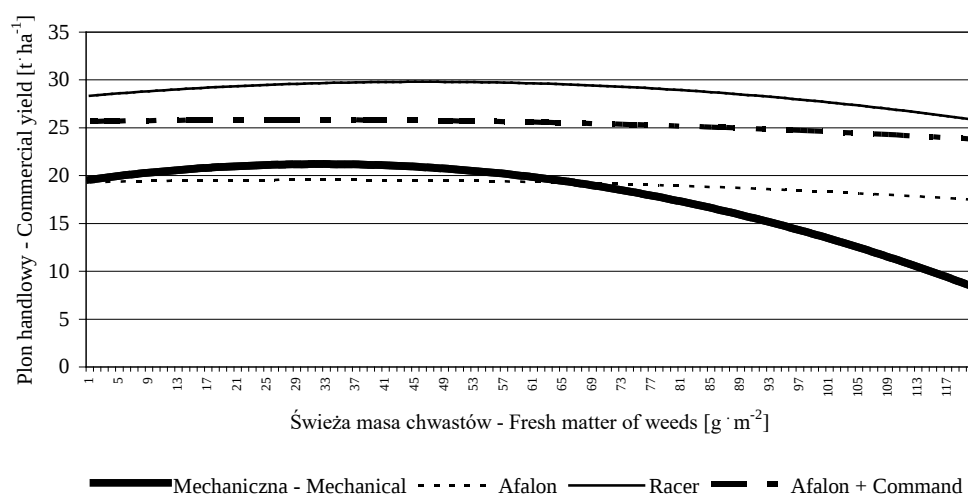
Rys. 3. Zależność między plonem handlowym bulw a ogólną liczbą chwastów
Fig. 3. Relationships between commercial yield of tubers and the total number of weeds

Wzrost zachwaszczenia ładu chwastami dwuliściennymi o 10 szt. $\cdot$ m⁻², w zakresie 1–48 szt. $\cdot$ m⁻², przyczynił się do liniowego spadku plonu ogółem w pielęgnacji mechanicznej o 1,05 t; w pielęgnacji z użyciem preparatu Afalon 50 WP i Racer 25 EC — o 1,00 t i w kombinacjach z mieszaniną preparatów Afalon 50 WP + Command 480 EC — aż o 2,23 t $\cdot$ ha⁻¹; w przypadku zaś plonu handlowego obniżenie to w kolejnych sposobach pielęgnacji wynosiło odpowiednio: 1,26 t; 1,39 t; 1,22 t i 3,06 t $\cdot$ ha⁻¹. Zatem stosowanie w pielęgnacji preparatu Racer 25 EC przyczyniło się do najmniejszego spadku plonu ogółem i handlowego bulw. Współczynniki determinacji omawianych równań nie były jednak wysokie. Oznacza to, że do spadku plonu, tak ogólnego, jak i handlowego mogły przyczynić również inne, nieuwzględnione w modelu funkcji parametry. Ponadto należy liczyć się z tym, że roślinność segetalna nie jest bezpośrednią przyczyną tego zjawiska. Stwarza ona, zwłaszcza przy wysokich opadach okresu maj-czerwiec, sprzyjające warunki rozwoju *Phytophthora infestans*, jak i innych chorób grzybowych pod osłonami, które ograniczają asymilację roślin i poprzez to uniemożliwiają uzyskanie przez bardzo wczesne odmiany ziemniaka maksymalnej masy plonu.

Zarówno ogólna liczba, jak i liczba chwastów jedno- i dwuliściennych wywarły, jak wynika z wielkości współczynników determinacji, mniejszy wpływ na wielkość plonu ogółem, jak i plonu handlowego bulw niż świeża i sucha masa chwastów. Spadek plonu ogółem i handlowego pod wpływem świeżej i suchej masy chwastów przyjął w doświadczeniu charakter paraboliczny — 2°. Zależności te posłużyły do obliczenia maksymalnej masy chwastów, która nie wpływa ujemnie na plon.



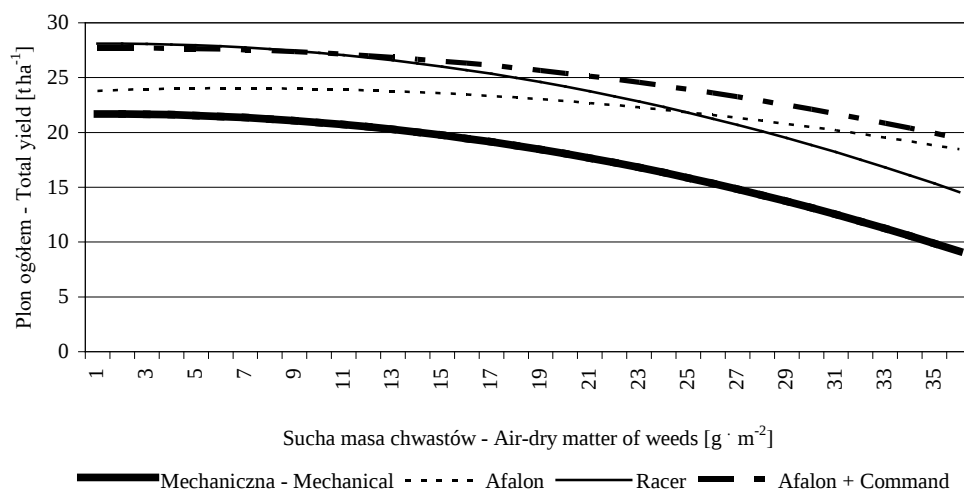
Rys. 4. Zależność między plonem bulw ogółem a świeżą masą chwastów
Fig. 4. Relationships between the total yield of tubers and fresh matter of weeds



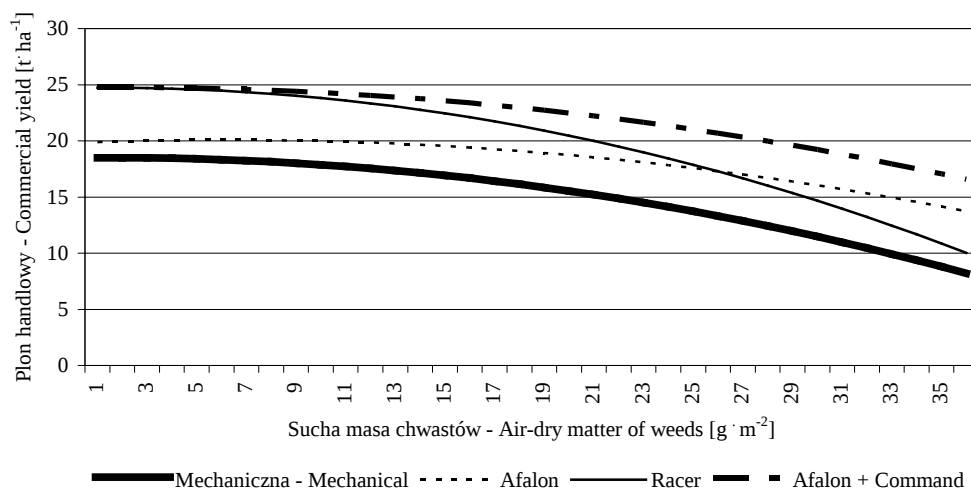
Rys. 5. Zależność między plonem handlowym bulw a świeżą masą chwastów
Fig. 5. Relationships between commercial yield of tubers and fresh matter of weeds

Rozpatrując zależności między plonem ogółem i handlowym a świeżą masą chwastów, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, za najbardziej wiarygodną przyjęto zależność paraboliczną w przypadku pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z udziałem herbicydu Afalon 50 WP, gdzie współczynnik determinacji wynosił ponad 60%. Wyliczona z równań regresji świeża masa chwastów, do poziomu, której plon nie ulega obniżeniu, wynosiła 332 g — w przypadku plonu ogólnego i 317 g·m⁻² — w przypadku plonu handlowego bulw (tab. 1–2, rys. 4–5).

Do określania strat masy plonu ogólnego, jak i handlowego najbardziej jednak przydatnym wskaźnikiem okazała się sucha masa chwastów. Spadek plonu pod wpływem wzrostu tej masy chwastów, w zakresie odchylenia standardowego od średniej arytmetycznej, przyjął charakter paraboliczny we wszystkich metodach pielęgnacji ziemniaka (tab. 2–3, rys. 6–7). Zależności te posłużyły do obliczenia tolerowanej masy chwastów, która nie powoduje spadku plonu. W przypadku plonu ogółem wynosiła ona w pielęgnacji mechanicznej — 98 g; w pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z użyciem herbicydu Afalon 50 WP — 64 g; w pielęgnacji z udziałem preparatu Racer 25 EC — 135 g, w pielęgnacji z mieszaniną herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC — 204 g·m⁻²; zaś w przypadku plonu handlowego wartości te wynosiły odpowiednio: 146 g, 62 g, 133 g i 209 g·m⁻². Współczynnik determinacji tych zależności wynosił, ponad 60%, co pozwala uważać przyjętą metodę za wiarygodną.



Rys. 6. Zależność między plonem bulw ogółem a suchą masą chwastów
 Fig. 6. Relationships between the total yield of tubers and air-dry matter of weeds



Rys. 7. Zależność między plonem handlowym bulw a suchą masą chwastów
 Fig. 7. Relationships between commercial yield of tubers and air-dry matter of weeds

DYSKUSJA

Stosowanie w uprawie bardzo wczesnych odmian ziemniaka herbicydów tuż po sadzeniu w połączeniu z wcześniejszą pielęgnacją mechaniczną nie spowodowało niestety całkowitego wyeliminowania chwastów. Scalla (1990) oraz Ackley i wsp. (1996) dowiedli, iż podczas działania herbicydów na chwasty następuje proces selekcji, dzięki której przeżywają rośliny najmniej wrażliwe na preparat. W ich opinii każda populacja chwastów jest mniej lub bardziej niejednorodna i proces wytwarzania odporności może mieć różną intensywność i szybkość. Jak wykazały badania fizjologiczno-biochemiczne różnice między odpornymi i wrażliwymi na herbicyd roślinami danego gatunku chwastu polegają na tempie przyswajania i rozkładania herbicydu w tkankach i na różnym rozmieszczeniu w glebie systemu korzeniowego (selektywność pobierania) (Scalla, 1990; Gauvrit, 1996; Starck i in., 1995; Kacperska, 1998). Dużą rolę odgrywa również ich lokalizacja w komórkach i tkankach. U roślin odpornych na dany herbicyd nie jest on przemieszczany lub przemieszcza się w małych ilościach do wierzchołków wzrostu, bardzo wrażliwych na substancje toksyczne. Dominującą rolę w selektywności działania tych związków odgrywa jednak zdolność rośliny do ich detoksykacji (Starck i in., 1995; Kacperska, 1998). W opinii Gauvrit'a (1996) zjawisko powstawania odporności chwastów na herbicydy będzie się nasilać. Już dziś jest ono znacznie poważniejsze niż się przypuszcza, a przeżywanie chwastów na plantacjach po zabiegu usiłuje się przypisać niedokładnemu zabiegowi lub niskiej jakości preparatu.

Ogólna liczba chwastów na jednostce powierzchni w łanie uprawianych odmian ziemniaka przekraczała próg szkodliwości chwastów przyjęty przez Pomykałą (1991) oraz Pawłowskiego i wsp. (1991). Ujemne oddziaływanie zachwaszczenia na plon najbardziej niwelowało stosowanie pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z udziałem preparatu Racer 25 EC, najmniej zaś ograniczała je pielęgnacja z użyciem mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Command 480 EC. Wysoka skuteczność preparatu Racer 25 EC, którego substancją aktywną jest flurochloridon — inhibitor syntezy karotenoidów, w ograniczaniu liczby chwastów mogła wynikać z tempa przyswajania i rozkładu substancji czynnej herbicydu w tkankach poszczególnych gatunków chwastów, bowiem jak wynika z badań Maykuhusa (1988), Ceglarka i Zarzeckiej (1992) oraz Ackleya i wsp. (1996) formy wrażliwe przyswajają więcej flurochloridonu, niż formy odporne danego gatunku, ponadto substancja ta może wchodzić we współdziałanie z innymi preparatami stosowanymi w ochronie ziemniaka i mieć bezpośredni wpływ na wzrost roślin. W dostępnej literaturze brak jest natomiast doniesień na temat efektów stosowania mieszaniny preparatów Afalon 50 WP + Command 480 EC w uprawie ziemniaka. Jedynie Sawicka (2002), w badaniach nad słonecznikiem bulwiastym, dowiodła, iż mieszanina herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC powoduje wprawdzie największe uszkodzenia chwastów jedno- i dwuliściennych, ale jej efekt plonotwórczy jest niewielki, co wynika z zahamowania początkowego wzrostu rośliny uprawnej. Zmiany te, mimo, iż ustąpiły po kilku tygodniach spowodowały nieodwracalne uszkodzenia w aparacie asymilacyjnym, gdyż substancja aktywna preparatu Command 480 EC — chlomazone, hamuje biosyntezę pigmentów (Tomlin, 1997). Efekt fitotoksyczności ma szczególne znaczenie w uprawie

odmian o najkrótszym okresie wegetacji, które mogą reagować spodkiem plonu i zdrobnieniem bulw (zbyt krótki czas na odbudowę chlorofilu). Rola i wsp. (1999) donoszą natomiast o bardzo wysokiej skuteczności mieszanin zarówno preparatu Command 480 EC, jak i Command 360 SC, często stosowanych w Unii Europejskiej, z innymi herbicydami w ograniczaniu zachwaszczenia w łanie rzepaku jarego. Z kolei preparat Afalon 50 WP, znany z dobrego ograniczania zachwaszczenia (Kołpak i in., 1988; Zarzecka, 1997; Sawicka, 2002), którego substancją aktywną jest linuron, w opinii Tomlina (1997) hamuje proces fotosyntezy w jego początkowej fazie, blokując fotolizę wody, zaś w fazie świetlnej fotosyntezy, działa jak inhibitor transportu elektronów umożliwiając powstawanie aktywnych form tlenu, reagujących z lipoproteidowymi składnikami błon cytoplazmatycznych, co w efekcie uszkadza strukturę chloroplastów. Szybkie ustąpienie zmian fitocydalnych, wywołanych działaniem tego herbicydu zawdzięcza się krótkotrwałemu oddziaływaniu stresu i wczesnej fazie wzrostu roślin, w której szybko zachodzą procesy restytucji (Hess, 1985; Kirkwood, 1991; Gauvrit, 1996). Zdaniem Tomlina (1997) oraz Pruszyńskiego i wsp. (2002) preparat Afalon 50 WP można mieszać z innymi herbicydami, m.in. z preparatem Command 480 EC. Wyższość mieszanin nad pojedynczym herbicydem podkreśla również Hess (1985), Kirkwood (1991), Gauvrit (1996) oraz Langton i wsp. (1997). Dowodzą oni, iż mieszaniny te dają większy efekt zwalczania chwastów niż w przypadku stosowania pojedynczych preparatów w mniej sprzyjających warunkach wilgotnościowych; zwalczają większe spektrum gatunków chwastów niż pojedynczy herbicyd; przyczyniają się do zmniejszenia dawek preparatów, co w efekcie ogranicza skażenie środowiska.

Straty masy bulw powstałe na skutek wzrostu zachwaszczenia o 10 szt. $\cdot$ m⁻² wynosiły od 0,8 do 1,34 t plonu ogółem i 0,91–1,67 t $\cdot$ ha⁻¹ plonu handlowego. W badaniach Pomykalskiej (1991) spadek ten dla plonu ogółem wynosił 0,9–1,2 t; w badaniach Sawickiej (1996) — 1,0–4,6 t, zaś badaniach Maykuhusa (1988) — 0,2–0,6 t $\cdot$ ha⁻¹. Należy podkreślić, iż zarówno w przypadku plonu ogółem, jak i handlowego chwasty dwuliścienne nie zawsze powodowały wyższe straty niż jednoliścienne, co należałoby tłumaczyć różną skutecznością herbicydów, zwłaszcza wobec chwastów jednoliściennych.

Świeża i sucha masa chwastów wywarły większy wpływ na wielkość plonu ogółem, jak i plonu handlowego bulw niż ogólna liczba chwastów, czy też liczba chwastów jedno- i dwuliściennych. Podobną opinię wyrażał Radomski (1977), Nelson i Thoreson (1981), Pomykalska (1991) oraz Zarzecka (2000), natomiast Sawicka (1996), analizując wyniki badań, przeprowadzone na 44 odmianach ziemniaka, miała odmienny pogląd na ten temat. Na niezwykle istotny wpływ konkurencji chwastów w stosunku do ziemniaka wskazywał już Becker (1962). Radecki (1977) dowiódł, iż ilość pobranych przez chwasty składników pokarmowych zależy głównie od masy chwastów i wyliczył, że przy zachwaszczeniu 2 t $\cdot$ ha⁻¹ powietrznie suchej masy chwasty pobierają około 115 kg NPK, co odpowiada zapotrzebowaniu 10 t plonu ziemniaka (bulwy + łęty). Z kolei Czuba i Wróbel (1983) stwierdzili, iż z dostarczonych składników pokarmowych ziemniak pobiera tylko 20–30%, a pozostałe 70–80% pobierają chwasty, jednak wskutek wzajemnej konkurencyjności roślin ziemniaka i chwastów, jak i chwastów między sobą oraz niedoboru wody w glebie

roślinność segetalna nie jest w stanie wykorzystać większej ilości składników pokarmowych. W badaniach własnych spadek plonu pod wpływem tak świeżej, jak i suchej masy chwastów przyjął charakter paraboliczny. Współczynnik determinacji układów równań 2° spełnił postulowany przez Kranza i Royle'a (1978) poziom 60%, co pozwala uważać przyjętą metodę za wiarygodną. Krzywoliniowy przebieg tych zależności wskazuje, iż do pewnego progu zachwaszczenia ładu plon ulega obniżeniu. Według Ackleya i wsp. (1996) oraz Sawickiej (1996) może to świadczyć o tym, iż masa chwastów do pewnej granicy nie jest czynnikiem w minimum i wzrost plonu dzięki niszczeniu chwastów będzie zachodzić wówczas, gdy inne czynniki plonotwórcze będą ukształtowane na odpowiednio wysokim poziomie, przy którym zachwaszczenie przyjmie charakter czynnika w minimum. Zarzecka (2000) natomiast wykazała prostoliniową, ujemną zależność plonu od świeżej, a Radecki (1977) — od suchej masy chwastów; przy czym ten ostatni liniową zależność obserwował w zakresie od 0,5–4 t·ha⁻¹ powietrznie suchej masy chwastów, gdzie zwiększenie zachwaszczenia o 0,1 t (10 g·m⁻²) powodowało spadek plonu o 0,5–0,7 t·ha⁻¹. Należy jednak zaznaczyć, iż obydwój cytowani autorzy prowadzili badania na odmianach późnych, o zupełnie odmiennym rytmie wzrostu niż odmiany bardzo wczesne.

W opinii Pomykalskiej (1991) w łanie każdej rośliny uprawnej może występować pewna liczba chwastów niezmniejszająca jej plonu. Zdaniem Nelsona i Thoresona (1981), Pawłowskiego i wsp. (1991), Zarzeckiej (1997, 2000) całkowite wyeliminowanie chwastów z roślin uprawnych nie jest możliwe, gdyż stanowią one nierozłączny składnik, agrocenoz, ale można ograniczyć ich występowanie do poziomu nieprzekraczającego progu szkodliwości, niezmniejszającego plonu. Według Pomykalskiej (1991) granicę nieszkodliwego zachwaszczenia określa „tolerowanym zachwaszczeniem”, zaś Barralis (1977) — „krytycznym zagęszczeniem” (critical density). W badaniach własnych wyliczono najwyższe tolerowane zachwaszczenie (w powietrznie suchej masie chwastów), które zależnie od sposobu pielęgnacji, wynosiło: dla plonu ogółem 64–204 g, a dla plonu handlowego 62–209 g·m⁻². Wartości te są wyższe niż wyznaczone przez Pomykalską (1991), co wynika z odmiennych warunków prowadzenia badań.

Z przeprowadzonych analiz regresji wynika, że powietrznie sucha masa chwastów jest znacznie dokładniejszym miernikiem wyznaczającym wartości progowe zachwaszczenia w uprawie ziemniaka niż świeża masa, czy też liczba chwastów. Podobnego zdania jest Barallis (1977), Pomykalska (1991) i Zarzecka (2000), którzy stwierdzili, iż szkodliwość chwastów w mniejszym stopniu zależy od ich liczby na jednostce powierzchni, niż od wytworzonej przez nie biomasy.

WNIOSKI

1. Spadek plonu pod wpływem wzrostu suchej masy chwastów przyjął charakter paraboliczny.
2. Najwyższe tolerowane zachwaszczenie, wyrażone w suchej masie chwastów, w uprawie bardzo wczesnych odmian ziemniaka na glebach lekkich przy końcu okresu wegetacji wynosiło: w przypadku plonu ogólnego: w pielęgnacji mechanicznej — 98

- g, w pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z użyciem herbicydu Afalon 50 WP — 64 g, w pielęgnacji z udziałem preparatu Racer 25 EC — 135 g, w pielęgnacji z mieszaniną herbicydów Afalon 50 WP + Command 480 EC — 204 g·m⁻², w przypadku plonu handlowego wartości te wynosiły odpowiednio: 146 g, 62 g, 133 g i 209 g·m⁻².
3. Większa zależność plonu bulw od masy chwastów niż ich liczby dowodzi, iż powietrznie sucha masa chwastów może być dokładniejszym miernikiem, wyznaczającym ich wartości progowe w uprawie ziemniaka.

LITERATURA

- Ackley J. A., Wilson H. P., Hines T. E. 1996. Weed management programs in potato (*Solanum tuberosum*) with rimsulfuron. *Weed Techn.* 10 (2): 354 — 358.
- Barralis G. 1977. Senils de nuisibilité des mauvaises herbes. IV. Determination et utilisation des senils de nuisibilité. *Phytoma*, 29: 290.
- Becker G. 1962. Unkraut- und Bearbeitungseinfluss bei der Kartoffelpflege. *Z. Acker Pflanzenbau*, 115 (2): 177 — 185.
- Ceglarek F., Zarzecka K. 1992. Wpływ herbicydu Racer na zachwaszczenie i plonowanie dwóch odmian ziemniaka uprawianych w rejonie Siedlec. *Zesz. Nauk. WSR-P w Siedlcach, Roln.* 31: 85 — 96.
- Czuba R., Wróbel S. 1983. Konkurencyjność chwastów w pobieraniu składników przez rośliny uprawne. *Nowe Roln.* 2: 8 — 11.
- Gauvrit C. 1996. Efficacité et sélectivité des herbicides. INRA, Paris.
- Hess D. 1985. Weed Physiology. In: *Herbicide Physiology*, Duke S. (ed.) ERC Press Inc., London: 181 — 214.
- Kacperska A. 1998. Reakcje roślin na czynniki stresowe W: *Podstawy fizjologii roślin*. Red. J. Kopcewicz, S. Lewak, PWN, Warszawa.
- Kirkwood R. C. 1991. Target sites for herbicide Action. Plenum Press, New York.
- Kołpak R., Byszewska-Wzorek A., Płodowska J. 1988. Wpływ herbicydów na wysokość i jakość plonu ziemniaków. *Rocz. Nauk. Rol.*, A-106 (4): 171 — 183.
- Kranz J., Royale D. L. 1978. Perspectives in mathematical modelling of plant disease epidemics. *Plant disease epidemiology*. Ed. Scott P.R. Bainbridge A. Blackwell-Sci. Public.
- Langton S. J., Harvey R. G., Albright J. W. 1997. Efficiency of clomazone applied at various timings in Soybean (*Glycine max*). *Weed Tech.* 11 (1): 105 — 109.
- Maykuhus F. 1988. Erfahrungen mit Racer bei der Unkraut bekämpfung in Kartoffeln. *Kartoffelbau*, 39 (2): 46 — 48.
- Nelson D. C., Thoreson M. C. 1981. Competition between potatoes (*Solanum tuberosum*) and weeds. *Weed Sci.* 29: 6.
- Pawłowski F., Budzyńska B., Dąbek-Gad M., Grotkowska Z. 1991. Próba ustalenia progu szkodliwości chwastnicy jednostronnej (*Echinochloa crus-galli* (L.) P.B.) w uprawie ziemniaka. *Annales UMCS, E-46* (1): 1 — 6.
- Pomykalska A. 1991: Badanie nad określeniem progów szkodliwości chwastów w łanie ziemniaków. *Rocz. Nauk Rol.* A-109 (2): 21 — 35.
- Pruszyński S. (red.). 2002. Zalecenia ochrony roślin na lata 2002/03. Cz. II. Rośliny rolnicze. Wyd. IOR, Poznań.
- Radecki A. 1977. Badania możliwości ograniczania zabiegów pielęgnacyjnych w uprawie ziemniaków. Cz. III. Badania zależności plonowania ziemniaków od stopnia ich zachwaszczenia. *Rocz. Nauk Rol.*, A-102 (4): 21 — 33.
- Rola H., Franek M., Widerski K., Grzbiela M. 1999. Badania nad zastosowaniem nowej formułacji chlomazonu (Command 360 CS) do zwalczania chwastów w rzepaku ozimym i jarym. *Progress in Plant Protection/Post. w Ochr. Rośl.*, 39 (2): 613 — 615.
- Sawicka B. 1996. Zachwaszczenie ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP. Cz. II. Wpływ zachwaszczenia łanu na plon ogólny i handlowy bulw. *Rocz. Nauk Rol.*, A-112 (1-2): 183 — 191.

- Sawicka B., Skalski J. 1996. Zachwaszczenie ziemniaka w warunkach stosowania herbicydu Sencor 70 WP. Cz. I. Skuteczność chwastobójcza herbicydu. Roczn. Nauk Rol. A-112 (1-2): 169 — 182.
- Sawicka B. 2002. Efekty stosowania herbicydów w uprawie *Helianthus tuberosus* L. Cz. II. Plon i struktura nadziemnych części roślin. Biul. IHAR, 223/224: 397 — 414.
- Scalla R. 1990. Les herbicides. Mode d'action et principes d'utilisation. INRA, Paris.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B. 1995. Fizjologiczna reakcja roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Tomlin C. D. S. 1997. The pesticide manual. British Crop Protection Council, Farnham, Surrey.
- Zarzecka K. 1997. Wpływ pielęgnacji na zachwaszczenie, wysokość i jakość plonu bulw ziemniaka. Rozpr. Habilit., 49, Wyd. WSR-P, Siedlce.
- Zarzecka K. 2000. Zależność plonowania ziemniaka od zachwaszczenia. Fragm. Agronom., 2 (66): 120 — 134.