



<sup>1</sup> Katerda Herbologii i Technik Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, Polska

<sup>2</sup> Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Jarosławiu,  
ul. Czarneckiego 16, 37-500 Jarosław, Polska

\* e-mail: [elzbieta.harasim@up.lublin.pl](mailto:elzbieta.harasim@up.lublin.pl)

CEZARY A. KWIATKOWSKI<sup>1</sup>, ELŻBIETA HARASIM<sup>1\*</sup>,  
OLIMPIA KLIKOCA-WIŚNIEWSKA<sup>1</sup>, PIOTR MAZIARZ<sup>2</sup>

### **Zachwaszczenie, plonowanie i efektywność ekonomiczna uprawy prosa zwyczajnego (*Panicum miliaceum* L.) w zależności od rodzaju herbicydów i ich dawki**

Weed infestation, yielding and economic efficiency of the cultivation of proso  
millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the type of herbicides and their rate

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań prowadzonych w Gospodarstwie Doświadczalnym Czesławice (środkowa Lubelszczyzna, Polska) w latach 2014–2016, dotyczące wpływu wybranych herbicydów nalistnych (2,4-D + fluroksypyr; tribenuron-methyl + fluroksypyr; MCPA, dikamba + triasulfuron) na zachwaszczenie, plonowanie i efektywność ekonomiczną uprawy prosa zwyczajnego. Obecnie nie ma zarejestrowanych herbicydów do aplikacji w łanie prosa (w wykazach figurują jedynie herbicydy stosowane przed siewem i przed wschodami prosa). W badaniach uwzględniono herbicydy zalecane do stosowania nalistnego w zasiewach owsa, w dawkach 100% oraz w dawkach pomniejszonych o połowę względem dawek zalecanych. Obiekt kontrolny stanowiły poletka bez aplikacji herbicydów (mechaniczne zwalczanie chwastów). Eksperyment zlokalizowano na glebie płowej wytworzonej z lessu, cechującej się dobrą zasobnością w przyswajalne składniki pokarmowe (II klasa bonitacyjna). Zastosowano klasyczny (płużny) sposób uprawy roli. Przedplonem dla prosa był jęczmień jary. Nawożenie mineralne NPK dostosowano do zasobności gleby. Dowiedziono, że zastosowane herbicydy nalistne (w fazie krzewienia prosa) miały dużą skuteczność chwastobójczą. W efekcie niski stopień zachwaszczenia wpływał na wysoką produktywność prosa w porównaniu z uzyskaną w warunkach pielęgnacji mechanicznej (bez herbicydów). Szczególnie pozytywnie oceniono działanie herbicydów 2,4-D + fluroksypyr oraz tribenuron-methyl + fluroksypyr aplikowanych w dawkach 100%. Zastosowanie tych preparatów przyczyniło się do niemal całkowitej eliminacji chwastów. Z kolei herbicyd dikamba + triasulfuron posiadał nieco mniejszą zdolność chwastobójczą. Wykazano zasadność stosowania herbicydów nalistnych w odchwaszczaniu prosa. Ich aplikacja wpływała korzystnie na efekt ekonomiczny uprawy tej rośliny. Największą nadwyżkę bezpośrednią uzyskano stosując pełną dawkę

herbicydów Gold 400 EC (2,4-D; fluoksypyr) i Granstar Strong (tribenuron metylowy; fluoksypyr). Pomimo poniesionych większych nakładów na uprawę prosa, koszty preparatów chwastobójczych rekompensowała wysoka wartość uzyskanego plonu.

**Słowa kluczowe:** proso zwyczajne, herbicydy, biomasa chwastów, plon ziarna, nadwyżka bezpośrednia

#### WSTĘP

Proso (*Panicum miliaceum* L.) jest jednym z najdłużej znanych ludzkości zbóż. Pierwsze wzmianki o jego uprawie pochodzą z czasów starożytnych Chin. W Polsce proso jest zbożem mało popularnym i zaliczamy je, obok gryki czy roślin zielarskich, do tzw. upraw małoobszarowych. Przyczyną jest niskie plonowanie tej rośliny ( $0,5\text{--}2,7\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), małe znaczenie gospodarcze oraz utrudniona walka z chwastami (mała konkurencyjność wobec chwastów oraz wrażliwość na stosowanie herbicydów) [Hanna i in. 2004, Yakimovich 2004, 2010, Czerwińska 2010, Leszczyńska 2010].

Proso jest bardzo wrażliwe na stosowanie herbicydów, szczególnie na ich pozostałości w glebie. Walkę z chwastami prowadzi się z reguły w okresie od wschodów do krzewienia roślin broną lekką lub broną chwastownikiem. Można też zastosować herbicyd Chwastox Extra w ilości  $1,2\text{--}1,8\text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ , gdy rośliny osiągną 10–15 cm wysokości. Wcześniejsze względnie późniejsze stosowanie herbicydów często powoduje uszkodzenia i opóźnia rozwój roślin. W razie silnego zachwaszczenia można również wykorzystać preparaty, które stosuje się w uprawie owsa, ale w zmniejszonych dawkach [Seefeldt i in. 1995, Matczuk 2007, Stahlman i in. 2009].

W literaturze tematu brakuje informacji na temat doświadczeń z aplikacją herbicydów w zasiewach prosa, które nie figurują na liście środków chemicznych dopuszczonych do stosowania w łanie tej rośliny. Tymczasem w doświadczeniach dotyczących odchwaszczania gryki (rośliny również wrażliwej na herbicydy) [Wesołowski i in. 2007] oraz niektórych roślin zielarskich (tymianek, kozłek lekarski, bazylija pospolita) [Kwiatkowski 2007a, 2008a, 2009] z powodzeniem możemy stosować niektóre herbicydy nieposiadające atestu na aplikację w tych kulturach. Jest to dobrym prognostykiem dla podejmowania prób testowania niektórych herbicydów także w zasiewach prosa.

Proso jest rośliną popularną w USA, szczególnie w stanach Nebraska, Wyoming i Colorado. Amerykańscy naukowcy od dawna próbują określić tolerancję prosa na różne herbicydy [Hanna i in. 2004, Lyon i in. 2008, Lyon i Kniss 2010]. Podobne próby podejmuje się w niektórych krajach Europy Zachodniej [Rotteveel 2003], a także na Białorusi [Tomilina i Soroka 2002, Yakimovich 2005].

Powierzchnia upraw małoobszarowych w Polsce stanowi obecnie około 0,5% ogólnej struktury zasiewów roślin rolniczych [Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2020]. Zainteresowanie rolników tymi uprawami wynika z objęcia ich dopłatami bezpośrednimi, zapotrzebowania na produkty dietetyczne, bezglutenowe lub możliwości wykorzystania ich jako roślin miododajnych [Adamczewski i in. 2006]. Na przestrzeni ostatnich lat przegląd substancji aktywnych dokonany w Unii Europejskiej spowodował, że lista środków do stosowania w uprawach małoobszarowych jest coraz uboższa, a w przypadku takich roślin jak gorczyca, gryka, facelia czy proso często ich brakuje [Surawska i Rzeźnicki 2010].

Obniżenie dawek środków chemicznych stosowanych w zasiewach zbóż pozwala na zmniejszenie kosztów zabiegów, a także prowadzi do ograniczenia ryzyka zanieczyszczenia środowiska poprzez pozostałości substancji biologicznie czynnych w produktach

zbożowych [Domaradzki i Rola 2001, Lipa 2004]. Badania Wesołowskiego i in. [2005] dotyczące redukcji dawek herbicydów stosowanych w pszenicy ozimej dowiodły, że obniżone dawki analizowanych herbicydów (jodosulfuron metylosodowy, florasulam, jodosulfuron metylosodowy + amidusulfuron) nie wpływały ujemnie na plon ziarna, a ich skuteczność była zbliżona do dawek maksymalnych.

Uwzględniając powyższe przesłanki, przyjęto hipotezę, iż zastosowanie herbicydów nalistnych (zalecanych do odchwaszczania owsa) w zasiewach prosa, zwłaszcza w dawkach zredukowanych o 50%, przyczyni się do skutecznej eliminacji chwastów w łanie, w porównaniu do wyłącznie mechanicznej (dwukrotne bronowanie) walki z chwastami, co wpłynie z kolei na zadowalającą produktywność, a w konsekwencji korzystniejszy efekt ekonomiczny produkcji.

Celem badań było określenie zachwaszczenia, plonowania i efektywności ekonomicznej uprawy prosa zwyczajnego w zależności od wybranych herbicydów stosowanych nalistnie, zarówno w dawkach pełnych (100%), jak i zredukowanych o 50%.

#### METODYKA BADAŃ

Eksperyment polowy z uprawą prosa zwyczajnego (odmiana 'Jagna') prowadzono w latach 2014–2016 w Gospodarstwie Doświadczalnym Czesławice należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej wytworzonej z lessu (II klasa bonitacyjna). Gleba pod doświadczeniem charakteryzowała się wysoką zasobnością w podstawowe składniki pokarmowe (P = 160–168, K = 181–192, Mg = 65–71 mg·kg<sup>-1</sup> gleby). Zawartość próchnicy wynosiła 14,9–15,4 g·kg<sup>-1</sup>, a odczyn gleby (pH w 1 mol KCl) = 6,1–6,3.

Wielkość pojedynczego poletka wynosiła 3 m × 5 m (15 m<sup>2</sup>). Poletka rozlosowano w układzie split-plot, w 4 powtórzeniach. Proso wysiewano siewnikiem precyzyjnym w ilości 4 kg·ha<sup>-1</sup>, w rozstawie rzędów 15 cm w drugiej dekadzie maja. Przedplonem dla prosa w każdym roku badań był jęczmień jary.

Nawożenie mineralne NPK, dostosowane do wysokiej zasobności gleby w składniki pokarmowe wynosiło: N – 40, P – 30, K – 50 kg·ha<sup>-1</sup>.

Uprawę roli prowadzono w sposób typowy (płużna uprawa roli).

W doświadczeniu testowano herbicydy nieposiadające atestu na aplikację w zasiewach prosa, a zalecane do odchwaszczania plantacji owsa (w okresie badań w Zaleceaniach Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu [2013] nie figurowały w wykazie żadne herbicydy do stosowania nalistnego w zasiewach prosa).

Uwzględniono następujące czynniki:

##### I. Rodzaj herbicydu:

- A. bez herbicydu (obiekt kontrolny),
- B. Gold 450 EC,
- C. Granstar Strong,
- D. Chwastox Extra 300 SL,
- E. Lintur 70 WG;

##### II. Dawka herbicydu:

1. pełna (100%),
2. zredukowana (50%).

Wymienione w tabeli 1 herbicydy były stosowane w wyszczególnionych powyżej dawkach oraz dawkach obniżonych o 50%, tj.: Gold 450 EC ( $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), Granstar Strong ( $7,5 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), Chwastox Extra 300 SL ( $0,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ), Lintur 70 WG ( $0,06 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Zabiegi na obiekcie kontrolnym (A) sprowadzały się do mechanicznego zwalczania chwastów (bronowanie) przed wschodami prosa (brona zębowa) oraz w fazie 2–3 liści (brona chwastownik).

Tabela 1. Szczegółowe informacje dotyczące zastosowanych w doświadczeniu herbicydów  
Table 1. Detailed information on the herbicides used in the experiment

Nazwa handlowa Trade name	Substancja aktywna Active substance	Dawka Rate	Termin stosowania Application date
Gold 450 EC	2,4-D, fluroksypyr 2,4-D, fluroxypyr	$1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	od fazy 3 liści do fazy pierwszego kolanka from the 3 leaf stage to the first node stage
Granstar Strong	tribenuron metylowy, fluroksypyr tribenuron methyl, fluroxypyr	$15 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$	od początku do końca fazy krzewienia from the beginning to the end of the tillering phase
Chwastox Extra 300 SL	MCPA	$1,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$	od początku do końca fazy krzewienia from the beginning to the end of the tillering phase
Lintur 70 WG	dikamba, triasulfuron dicamba, triasulfuron	$0,12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	od początku do końca fazy krzewienia from the beginning to the end of the tillering phase

Herbicydy (obiekty B-E) aplikowano opryskiwaczem poletkowym, pod ciśnieniem  $0,25 \text{ MPa}$ .

Zbiór prosa dokonywano w trzeciej dekadzie sierpnia/ pierwszej dekadzie września (w 2016 r. zbiór w trzeciej dekadzie sierpnia uniemożliwiły długotrwałe opady atmosferyczne).

Ocenę suchej masy chwastów na jednostce powierzchni w łanie wykonano w fazie dojrzałości woskowej prosa (BBCH 83–85) w dwóch losowo wybranych miejscach każdego poletka, uwzględniając chwasty w obrębie ramki drewnianej o wymiarach  $0,5 \times 1,0 \text{ m}$ .

Po zbiorze prosa określono plon ziarna prosa w  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , po jego sprowadzeniu do jednokowej wilgotności – 14%.

Ocena ekonomiczna – nadwyżka bezpośrednia stanowiła końcowy etap analizy oddziaływania na produktywność prosa (plon ziarna) poszczególnych herbicydów oraz ich dawek. Kalkulacje wykonano w cenach z ostatniego pełnego roku badań (2016) na podstawie notowań rynkowych z 2016 r. [Rocznik Statystyczny RP], a do kalkulacji przyjęto ceny ( $\text{EUR} \cdot \text{dt}^{-1}$ ): materiału siewnego (ziarna prosa), środków ochrony roślin (Gold 450 EC, Granstar Strong, Chwastox Extra 300 SL, Lintur 70 WG) ( $\text{EUR} \cdot \text{dm}^{-3} / \text{kg}^{-1}$ ) oraz nawozów mineralnych (N – saletra amonowa 34%, P – superfosfat potrójny granulowany 46%, K – sól potasowa 50% – ( $\text{EUR} \cdot \text{dt}^{-1}$ ). Nadwyżka bezpośrednia stanowi roczną

wartość produkcji uzyskaną z 1 ha uprawy, pomniejszoną o koszty bezpośrednie poniesione na wytworzenie tej produkcji.

Wyniki badań zweryfikowano statystycznie metodą analizy wariancji, określając istotność różnic testem Tukeya, na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

#### WYNIKI BADAŃ

Kształtowanie się zachwaszczenia łąnu prosa zwyczajnego wyrażone powietrznie suchą masą chwastów zależało istotnie od obu czynników eksperymentalnych (tab. 2). Zredukowanie o połowę dawek herbicydów wpływało na zwiększenie powietrznie suchej masy chwastów, średnio dwukrotnie, w odniesieniu do dawek 100%.

Zastosowanie w odchwaszczaniu prosa herbicydów, powodowało ogromny ubytek masy chwastów w łąnie w porównaniu z obiektem kontrolnym. Herbicyd Granstar Strong zmniejszał masę chwastów, średnio aż trzydziestokrotnie, Gold (22-krotnie), Chwastox Extra (3-krotnie), zaś Lintur (2,6-krotnie). Istotnie statystycznie różnice w kształtowaniu się powietrznie suchej masy chwastów stwierdzono w obrębie poszczególnych analizowanych herbicydów. Mianowicie, preparaty Granstar Strong oraz Gold wpływały na ogromną redukcję masy chwastów (do minimalnego poziomu ok.  $1,7\text{--}2,4\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) mniejszą ok. 9–11-krotnie w porównaniu z zanotowaną na obiektach C (Chwastox Extra) i D (Lintur).

Tabela 2. Powietrznie sucha masa chwastów w łąnie ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) w fazie dojrzałości woskowej prosa zwyczajnego – średnio z lat badań

Table 2. Air-dry weight of weeds in the crop ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) at the dough stage of proso millet (on average during the study period)

Sposób odchwaszczania Weed control method	Dawka herbicydów Herbicide rate		Średnio Mean
	100%	50%	
A. Obiekt kontrolny – bez herbicydów/ Control treatment – without herbicide			56,7
B. Gold 450 EC (2,4-D + fluoksypyr)	1,4	3,4	2,4
C. Granstar Strong (tribenuron + fluoksypyr)	0,7	2,7	1,7
D. Chwastox Extra 300 SL (MCPA)	12,0	23,2	17,6
E. Lintur 70 WG (dikamba + triasulfuron)	14,0	29,6	21,8
Średnio/ Mean	7,0	14,7	–
NIR <sub>(0,05)</sub> dla:/ LSD <sub>(0,05)</sub> for: rodzaju herbicydów/ type of herbicides – 3,9 dawek herbicydów/ herbicide rates – 1,9			

Średnio w trzyleciu i niezależnie od sposobu odchwaszczania, plon ziarna prosa zwyczajnego był istotnie mniejszy (średnio o ok. 12%) w sytuacji stosowania zredukowanych o 50% dawek herbicydów. Aplikacja 100% dawek herbicydów wpływała na formowanie plonu ziarna, większego o  $0,52\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 3). Każdy wariant chemicznego zwalczania chwastów w łąnie prosa przyczyniał się do wyraźnego zwiększenia plonu ziarna w porównaniu z obiektem kontrolnym: Gold (1,6-krotnie), Granstar Strong (1,5-krotnie), Lintur (1,3-krotnie), Chwastox Extra (o 11%). Należy także zauważyć, iż plon ziarna prosa zebrany z obiektów B i C był istotnie większy od plonu uzyskanego na obiektach

D i E, a jednocześnie plon prosa na obiekcie E był istotnie większy od stwierdzonego w warunkach obiektu D. Reasumując, spośród testowanych herbicydów, najkorzystniejszy wpływ na wysoką produktywność prosa posiadał Gold 450 EC i Granstar Strong, zaś najmniejszy wpływ Chwastox Extra 300 SL. Miało to bezpośredni związek ze skutecznością tych preparatów w eliminacji chwastów (konkurujących w łanie z roślinami prosa) oraz ich fitotoksycznością w stosunku do roślin prosa (Chwastox Extra).

W łanie prosa zwyczajnego dominowało 6 gatunków chwastów: *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora*, *Viola arvensis*, *Veronica arvensis*, *Polygonum lapathifolium*. Najskuteczniejszą redukcję liczby tych gatunków, podobnie jak przedstawionej powyżej masy chwastów powodowały herbicydy Granstar Strong i Gold.

Tabela 3. Plon ziarna prosa zwyczajnego ( $t \cdot ha^{-1}$ ) – średnio z lat badań  
Table 3. Proso millet grain yield ( $t \cdot ha^{-1}$ ) – on average during the study period

Sposób odchwaszczania Weed control method	Dawka herbicydów Herbicide rate		Średnio Mean
	100%	50%	
A. Obiekt kontrolny – bez herbicydów/ Control treatment – without herbicide			2,94
B. Gold 450 EC (2,4-D + fluroksypyr)	5,16	4,27	4,71
C. Granstar Strong (tribenuron + fluroksypyr)	4,93	4,38	4,59
D. Chwastox Extra 300 SL (MCPA)	3,48	3,13	3,30
E. Lintur 70 WG (dikamba + triasulfuron)	4,22	3,93	4,07
Średnio/Mean	4,43	3,92	–
NIR <sub>(0,05)</sub> dla:/ LSD <sub>(0,05)</sub> for: rodzaju herbicydów/ type of herbicides – 0,35 dawek herbicydów/ herbicide rates – 0,33			

Istotny wpływ nasilonego występowania chwastów w łanie na produktywność prosa potwierdzają wyliczone współczynniki korelacji (tab. 4). Z zestawienia wynika, że w obiekcie kontrolnym, w którym nie stosowano herbicydów, stwierdzono silną istotną ujemną korelację między powietrznie suchą masą chwastów w łanie a plonem ziarna prosa. Istotną, choć nieco słabszą, ujemną korelację pomiędzy stopniem zachwaszczenia a plonem ziarna prosa zanotowano także po aplikacji herbicydu Chwastox Extra, który wykazywał się fitotoksycznością w stosunku do roślin prosa.

Tabela 4. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy powietrznie suchą masą chwastów w łanie a plonem ziarna prosa zwyczajnego – średnio z lat badań  
Table 4. Coefficients of correlation (r) between the air-dry weight of weeds in the crop and millet grain yield – on average during the study period

Sposób odchwaszczania Weed control method	Dawka herbicydów Herbicide rate		Średnio Mean
	100%	50%	
A. Obiekt kontrolny – bez herbicydów/ Control treatment – without herbicide			–0,90*
B. Gold 450 EC (2,4-D + fluroksypyr)	–0,06	–0,12	–0,09
C. Granstar Strong (tribenuron + fluroksypyr)	–0,10	–0,14	–0,12
D. Chwastox Extra 300 SL (MCPA)	–0,53*	–0,62*	–0,57*
E. Lintur 70 WG (dikamba + triasulfuron)	–0,32	–0,40	–0,36

\* istotny współczynnik korelacji/ significant correlation coefficient

Z uwagi na duży materiał dokumentacyjny zgromadzony w trzyletnim okresie badań oraz stosowanie jednakowej agrotechniki i takich samych środków ochrony roślin w tym okresie, analizę ekonomiczną (nadwyżka bezpośrednia) przeprowadzono na średnich plonach prosa zwyczajnego z lat 2014–2016. W okresie badań ceny środków produkcji (materiał siewny, nawozy mineralne, chemiczne środki ochrony roślin) oraz ziarna ulegały wahaniom, w związku z tym analizę przeprowadzono w cenach bieżących z ostatniego pełnego okresu badań (2016).

W obliczaniu nadwyżki bezpośredniej nie uwzględniono kosztów zużycia paliwa, amortyzacji sprzętu, pracy ludzkiej, a jedynie koszty materiału siewnego, środków ochrony roślin i nawozów mineralnych. W kalkulacji ekonomicznej uwzględniono także dopłaty bezpośrednie do upraw małoobszarowych, jakie istniały w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW) w latach 2014–2016.

Zróżnicowanie kosztów bezpośrednich poniesionych na produkcję prosa zwyczajnego wynikało z większych nakładów wydatkowanych na zakup poszczególnych herbicydów oraz z dawki, jaką aplikowano (tab. 5). Największy koszt dotyczył herbicydu Granstar Strong oraz Gold, a najmniejszy – herbicydu Chwastox, niemniej jednak różnice w kosztach stosowania najdroższego i najtańszego herbicydu (w dawce 100%) wynosiły tylko 4,6 EUR. Ze względu na niestosowania herbicydów, najmniej kosztoclonną okazała się uprawa prosa bez uwzględnienia herbicydowej ochrony (obiekt kontrolny).

Tabela 5. Koszty bezpośrednie poniesione w uprawie prosa zwyczajnego w zależności od zastosowanych herbicydów i ich dawek (EUR·ha<sup>-1</sup>) – średnio z lat badań  
Table 5. Direct costs made during the cultivation of proso millet depending on the weed control method and herbicide rate (EUR ha<sup>-1</sup>) – on average over the study period

Herbicyd Herbicide	Dawka Rate	Koszty bezpośrednie/ Direct costs			
		materiał siewny seed material	herbicydy herbicides	nawozy mineralne mineral fertilizers	razem total
Bez herbicydu – kontrola Without herbicide – control	–	42,30	–	77,80	120,10
Gold 450 EC	100%	42,30	11,00	77,80	131,10
Gold 450 EC	50%	42,30	5,50	77,80	125,60
Granstar Strong	100%	42,0	11,80	77,80	131,90
Granstar Strong	50%	42,30	5,90	77,80	126,00
Chwastox Extra 300 SL	100%	42,30	7,20	77,80	127,30
Chwastox Extra 300 SL	50%	42,30	3,60	77,80	123,70
Lintur 70 WG	100%	42,30	9,20	77,80	129,30
Lintur 70 WG	50%	42,30	4,60	77,80	124,0

Zastosowane w doświadczeniu herbicydy wpływały istotnie na wielkość plonów ziarna prosa, co znalazło odzwierciedlenie w wartości zebranego plonu (tab. 6). Poza tym, niezależnie od herbicydów, opłacalność ekonomiczną uprawy prosa zwyczajnego zwiększały dopłaty bezpośrednie do jego uprawy z funduszy UE w ramach PROW. W konsekwencji, największą nadwyżkę bezpośrednią (470,10 EUR·ha<sup>-1</sup>) uzyskano w wariantcie z odchwaszczaniem przy użyciu herbicydu Gold (aplikowanego w dawce 100%) i niewiele mniejszą (446,30 EUR·ha<sup>-1</sup>) z uwzględnieniem 100% dawki herbicydu Granstar Strong. Potwierdza to zasadność stosowania wspomnianych herbicydów

w odchwaszczaniu prosa, ponieważ nakłady poniesione na ich zakup zdecydowanie rekompensuje wysoka wartość uzyskanego plonu. W konsekwencji, nadwyżka bezpośrednia uzyskana w obiektach z użyciem herbicydów Gold i Granstar Strong była większa odpowiednio o 211,00 EUR·ha<sup>-1</sup> – 187,20 EUR·ha<sup>-1</sup> w porównaniu z obliczoną dla obiektów kontrolnych (bez herbicydu). Aplikacja herbicydu Lintur przynosiła mniejszy efekt ekonomiczny, niemniej jednak zauważalnie większy (o 94,40–118,80 EUR·ha<sup>-1</sup> w zależności od dawki preparatu – 50% lub 100%) w porównaniu z obiektem kontrolnym. Natomiast herbicyd Chwastox Extra wpływał na wzrost nadwyżki bezpośredniej w odniesieniu do kontroli tylko o 46,80 EUR·ha<sup>-1</sup> (100% dawki) czy 15,40 EUR·ha<sup>-1</sup> (50% dawki).

Tabela 6. Wartość produkcji i nadwyżka bezpośrednia uzyskana w uprawie prosa zwyczajnego w zależności od zastosowanych herbicydów i ich dawek (EUR·ha<sup>-1</sup>) – średnio z lat badań  
Table 6. Output and gross margin obtained from the cultivation of proso millet depending on the weed control method and herbicide rate (EUR·ha<sup>-1</sup>) – on average over the study period

Wyszczególnienie Specification	Dawka Rate	Wartość produkcji/ Output		Nadwyżka bepośrednia Gross margin
		wartość plonu ziarna grain yield value	dopłaty w ramach PROW PROW payments	
Kontrola – bez herbicydu Control – without herbicide	–	297,00	82, 0	259,10
Gold 450 EC	100%	519,00	82,20	470,10
Gold 450 EC	50%	430,00	82,20	386,60
Granstar Strong	100%	496,00	82,20	446,30
Granstar Strong	50%	440,90	82,20	397,10
Chwastox Extra 300 SL	100%	351,00	82,20	305,90
Chwastox Extra 300 SL	50%	316,00	82,20	274,50
Lintur 70 WG	100%	425,00	82,20	377,90
Lintur 70 WG	50%	396,00	82,20	353,50

Reasumując, należy stwierdzić, iż wprowadzenie herbicydów w odchwaszczaniu prosa zwyczajnego miało uzasadnienie ekonomiczne, szczególnie w przypadku herbicydów Gold i Granstar Strong. Uzyskane wartości nadwyżki bezpośredniej wskazują również na znaczące, ekonomiczne korzyści stosowania herbicydów Gold i Granstar Strong w dawkach 100%, szczególnie wobec całkowitego braku fitotoksyczności dla rośliny uprawnej i najsukuteczniejszej eliminacji zachwaszczenia, które ma ścisły związek z wielkością uzyskanego plonu ziarna i jego wartością.

#### DYSKUSJA

Jak wykazano we wstępie artykułu, istnieje deficyt prac naukowych dotyczących tolerancji prosa na herbicydy. Wyniki niektórych eksperymentów polowych potwierdzają



dużą skuteczność chwastobójczą testowanych herbicydów nalistnych (na przykładzie roślin zielarskich), bez większego negatywnego wpływu na roślinę uprawną [Kucharski i in. 2003, Kucharski i Mordalski 2004, Kwiatkowski i Kołodziej 2005, Kwiatkowski 2007a, 2007b, 2008a, 2008b, 2009, 2010].

Powyższe przesłanki były inspiracją do przetestowania wybranych herbicydów nalistnych w zasiewach prosa zwyczajnego. Zdecydowano się na preparaty zalecane do odchwaszczania owsa (rośliny pokrewnej z prosem pod względem budowy morfologicznej, składu chemicznego ziarna oraz przeznaczenia), aplikowane w dawkach 100% i 50%. Rezultaty niniejszych badań obrazują, iż zastosowane w doświadczeniu herbicydy (Gold 450 EC, Granstar Strong, Chwastox Extra 300 SL, Lintur 70 WG) przynosiły lepsze rezultaty w postaci redukcji zachwaszczenia i wzrostu produktywności zboża w porównaniu z obiektem kontrolnym (bez herbicydów), w którym chwasty zwalczano mechanicznie. Zależności te obserwowano zarówno po aplikacji pełnej dawki herbicydów, jak i obniżonej o połowę. Co istotne, za wyjątkiem preparatu Chwastox oraz Lintur pozostałe środki chemiczne (Gold i Granstar Strong) nie wykazywały fitotoksyczności wobec roślin prosa i sprzyjały bardzo wysokiemu plonowaniu zboża, na poziomie przekraczającym  $4,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Tak wysoka produktywność prosa zwyczajnego (szczególnie na obiektach z aplikacją herbicydów Gold 450 EC i Granstar Strong) sugeruje trafny wybór tych preparatów i stanowi cenną wskazówkę dla praktyki rolniczej. Plony prosa wynoszące ponad  $4,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  są bowiem 2–3 krotnie większe od uzyskanych średnich w kraju [GUS 2020] oraz w odniesieniu do wykazanych w niektórych badaniach naukowych [Michalová 2001, Svirskis 2009, Leszczyńska 2010].

Wyniki badań zagranicznych [Anderson 2000, Wrage 2000] także wskazują, że herbicydowe odchwaszczanie prosa pozwala na skuteczniejszą eliminację chwastów z ładu, a w konsekwencji uzyskanie większego plonu ziarna. Lyon i Kniss [2010], stosując herbicydowe odchwaszczanie prosa (saflufenacil), zanotowali plony ziarna prosa na poziomie  $2,4\text{--}2,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  w warunkach glebowo-klimatycznych stanu Wyoming (USA). Wyższe od amerykańskich plony prosa, a w niektórych przypadkach (z zastosowaniem herbicydów nalistnych) zbliżone do stwierdzonych w badaniach własnych ( $2,8\text{--}4,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) uzyskała w warunkach glebowo-klimatycznych Białorusi (Priłuki k. Mińska) Yakimovich [2005].

Z badań amerykańskich [Lyon i in. 2007, Lyon i Kniss 2010] wynika, że zastosowanie po wschodach prosa herbicydów (carfentrazon, 2,4-D + dikamba, prosulfuron) przynosiło zróżnicowane efekty chwastobójcze i fitotoksyczne dla prosa w zależności od sezonu badawczego. W korzystnych warunkach klimatycznych herbicydy (zwłaszcza prosulfuron oraz 2,4-D + dikamba) nie powodowały uszkodzeń roślin prosa, co przyczyniało się do zwiększenia plonowania zboża. W sezonach mniej korzystnych (niższe temperatury powietrza w trakcie zabiegów herbicydowych) obserwowano natomiast zmiany nekrotyczne na 5–20% liści prosa wywołane działaniem herbicydu.

Reasumując, z wyników badań Yakimovich [2005] wynika, że ochrona zasiewów prosa przed chwastami z zastosowaniem odpowiedniego asortymentu herbicydów i właściwej ich dawki przyczynia się do zmniejszenia stopnia zachwaszczenia o 79–90%, zwiększenia plonu ziarna o  $0,5\text{--}0,8 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ , zapewniając czysty dochód w granicach  $53,1\text{--}60,4 \text{ USD}\cdot\text{ha}^{-1}$  i rentowność na poziomie 158–223%. Przytoczone wyniki badań białoruskich są w wielu płaszczyznach zbieżne z wynikami zaprezentowanymi w niniejszej pracy. Z badań własnych wynika bowiem, że zastosowane herbicydy, niezależnie od

dawki, wpływały na ograniczenie zachwaszczenia prosa o 50–150% w stosunku do wykazanego z poletek kontrolnych (bez herbicydów), powodując istotny wzrost plonowania prosa na poziomie prawie  $4,0 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Analiza ekonomiczna dowodzi również słuszności zastosowania herbicydów w ochronie prosa, bowiem nadwyżka bezpośrednia uzyskana dla obiektów z użyciem herbicydów (zwłaszcza Gold i Granstar Strong) była wyraźnie większa niż po zrezygnowaniu z aplikacji herbicydów. Nakłady związane z zastosowaniem herbicydów na plantacji prosa były w pełni uzasadnione, ponieważ wartość produkcji (plonu ziarna) rekompensowała koszty bezpośrednie. Z innych badań naukowych [Nieróbca i in. 2008, Khan i in. 2010, Skarżyńska 2012, Bielski 2014, Wysokiński i in. 2021] również wynika, że zastosowanie intensywnych technologii, pomimo zwiększenia nakładów na produkcję roślinną, powoduje korzystny efekt ekonomiczny produkcji. Spowodowane jest to, podobnie jak w badaniach własnych, istotnym zwiększeniem wartości produkcji, rekompensującym poniesione nakłady na środki produkcji.

#### PODSUMOWANIE

1. Zwalczanie chwastów za pomocą herbicydów nalistnych w fazie krzewienia prosa zwyczajnego powodowało skuteczną redukcję masy chwastów w łanie, w porównaniu z tradycyjną (dwukrotne bronowanie zasiewów) metodą odchwaszczania. Herbicydy przyczyniły się ponadto do uzyskania większej produkcyjności prosa zwyczajnego.

2. Za najefektywniejszą z punktu widzenia rachunku ekonomicznego należy uznać ochronę prosa zwyczajnego z uwzględnieniem herbicydów Gold 400 EC (2,4-D; fluroksypyr) i Granstar Strong (tribenuron metylowy; fluroksypyr) aplikowanych w dawce 100%, ponieważ nakłady poniesione na zakup preparatów rekompensowała wysoka wartość uzyskanego plonu.

#### PIŚMIENNICTWO

- Adamczewski K., Gnusowski B., Matyjaszczyk E., 2006. Małoobszarowe uprawy rolnicze a chemiczna ochrona roślin. Prog. Plant Prot. /Post. Ochr. Rośl. 46(1), 55–62.
- Anderson R.L., 2000. A cultural system approach can eliminate herbicide need in semiarid proso millet (*Panicum miliaceum*). Weed Technol. 14(3), 602–607.
- Bielski S., 2014. Economic efficiency of winter triticale grain production. Acta Sci. Pol., Oecon. 13:18. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-6af83edb-f129-4809-bb32-19cfa5750976/c/17-23.pdf>
- Czerwińska D., 2010. Wartość odżywcza i wykorzystanie prosa. Prz. Zboż.-Młyn. 10, 11.
- Domaradzki K., Rola H., 2001. Ekologiczno-agronomiczne aspekty stosowania niższych dawek herbicydów w regulacji zachwaszczenia zbóż. Prog. Plant Prot. /Post. Ochr. Rośl. 41(1), 229–239.
- GUS, 2020. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa.
- Hanna W.W., Baltensperger D.D., Seetharam A., 2004. Pearl millet and other millets. W: L.E. Moser, B.L. Burson, L.E. Sollenberger (red.). Warm-season (C4) grasses. Series: Agronomy Monographs, t. 45. American Society of Agronomy, Madison, WI, 537–560.
- Khan S., Khan M.A., Latif N., 2010. Energy requirements and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. Plant Soil Environ. 21(1), 61–68.

- Kucharski W.A., Kordana S., Mordalski R., Mikołajewicz M., 2003. Ocena przydatności herbicydów Duplosan DP 600 SL, Nortron 500 SC i Fusilade Forte 150 EC w uprawie bazylii wonej (*Ocimum Basilicum* L.), Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Rośl. 43(2), 762–764.
- Kucharski M., Mordalski R., 2004. Zwalczanie chwastów jedno- i dwuliściennych w uprawie żmijowca zwyczajnego (*Echium vulgare* L.) na surowiec zielarski. Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Rośl. 44(2), 990–992.
- Kwiatkowski C., 2007a. Evaluation of chemical and mechanical ways for weed control in garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) growing for herbs. Herba Pol. 53(3), 202–207.
- Kwiatkowski C., 2007b. Zachwaszczenie i plonowanie tymianku właściwego (*Thymus vulgaris* L.) w zależności od sposobu pielęgnacji i przedplonu. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 47(3), 187–190.
- Kwiatkowski C., 2008a. Ocena wybranych herbicydów w uprawie kozłka lekarskiego (*Valeriana officinalis* L.). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 48(1), 287–290.
- Kwiatkowski C., 2008b. Influence of selected herbicides on weed infestation on yielding of common valerian (*Valeriana officinalis* L.). Herba Pol. 54, 2, 13–21.
- Kwiatkowski C., 2009. Ocena przydatności niektórych narzędzi oraz herbicydów w regulacji zachwaszczenia bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.) uprawianej na surowiec zielarski. Annales UMCS, sec. E 64(3), 58–68.
- Kwiatkowski C., 2010. Evaluation of yield quality and weed infestation of common valerian (*Valeriana officinalis* L.) in dependence on weed control method and forecrop. Acta Agrob. 63(2), 179–188.
- Kwiatkowski C., Kołodziej B., 2005. Wpływ przedplonu i sposobu pielęgnacji na zachwaszczenie łąnu i jakość surowca tymianku właściwego (*Thymus vulgaris* L.). Annales UMCS, Sec. E 60, 175–184.
- Leszczyńska D., 2010. Zapomniane proso. Wiad. Rol. Pol. 2010, 23 kwietnia.
- Lipa J.J., 2004. Nowoczesna ochrona zbóż. Pam. Puł. 135, 241–259.
- Lyon D.J., Burgener P.A., DeBoer K.L., Harveson G.L., Hein G.W., Hergert T.L., Holman L.A., Nelson L.A., Johnson J.J., Nleva T., Krall J.M., Nielsen D.C., Vigil M.F., 2008. Producing and marketing proso millet in the Great Plains. University of Nebraska-Lincoln Extension Circular 137. <http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/live/ec137/build/ec137.pdf> [dostęp: 31.12.2009].
- Lyon D.J., Kniss A., Miller S.D., 2007. Carfentrazone improves broadleaf weed control in proso and foxtail millets. Weed Technol. 21, 84–87.
- Lyon D.J., Kniss A.R., 2010. Proso millet tolerance to saflufenacil. Weed Technol. 24, 349–355.
- Matczuk M., 2007. Zapomniane zboże. Farmer 9, 5–7.
- Michalová A., 2001. Alternatywne płody rolne w Czechach. [http://www2.zf.jcucz/~moudry/skripta/2/proso\\_sete.html](http://www2.zf.jcucz/~moudry/skripta/2/proso_sete.html) [dostęp: 25.02.2022].
- Nieróbca P., Grabiński J., Szeleźniak E., 2008. Influence of production technology intensity of grain species planted in cereal crop rotation on productive and economic effectiveness. Acta Sci. Pol. Agricultura 7(3), 73–80.
- Rotteveel A.J., 2003. Progress with resolving minor use crop protection issues in Europe. The BCPC Conference – Weeds. 1, 195–202.
- Skarżyńska A., 2012. Cropping intensity vs. profitability of selected plant production activities in Poland. Stud. Agric. Econ. 114(1), 31–38. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.122446>
- Seefeldt S.S., Jensen J.E., Feurst E.P., 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose –response relationships. Weed Technol. 9, 218–227.
- Stahlman P.W., Geier P.W., Charvat L.D., 2009. Tolerance of three millet types to saflufenacil. Proc. North Centr. Weed Sci. Soc. 64, 127.
- Surawska M., Rzeźnicki B., 2010. Ustawodawstwo – projekty ustaw i rozporządzeń z zakresu ochrony roślin. W: Materiały z IX Konferencji „Racjonalna technika ochrony roślin”. Inst. Ochr. Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 12–13 października 2010, 167.

- Svirskis A., 2009. Prospects for non-traditional plant species cultivated for forage in Lithuania. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 37(1), 215–218. <https://doi.org/10.15835/nbha3713123>
- Tomilina E.A., Soroka S.W., 2002. Влияние гербицидов на засоренность и урожайность проса посевного. Интегрир. системы защиты растений. Настоящее и будущее: материалы Междунар. науч. конф., Минск – Прилуки, 15–17 июля 2002 г. – Минск 2002. [Wpływ herbicydów na porażenie i plonowanie prosa. Integracja, systemy ochrony roślin. Teraźniejszość i przyszłość: Międzyn. Konf. Nauk. Mińsk – Priluki, 15–17 lipca 2002 – Mińsk 2002], 72–74.
- Wesołowski M., Cierpiała R., Grotkowska Z., Klusek I., 2007. Chemiczne zwalczanie chwastów w zasiewach gryki. *Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Rośl.* 47(3), 301–305.
- Wesołowski M., Kwiatkowski C., Harasim E., 2005. Wpływ zmniejszonych dawek niektórych herbicydów na plonowanie i zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Rośl.* 45(2), 1194–1196.
- Wrage J.L., 2000. Weed control in small grain and millet. *South Dakota State Univ., South Dakota*, 19–20.
- Wysokiński M., Klepacki B., Gradziuk P., Golonko M., Gołasa P., Bienkowska-Gołasa W., Gradziuk B., Trębska P., Lubańska A., Guzal-Dec D., Weremczuk A., Gromada A., 2021. Economic and energy efficiency of farms in Poland. *Energies* 14(17), 5586. <https://doi.org/10.3390/en14175586>.
- Yakimovich A., 2004. Фитотоксичность гербицидов рейсер и кугар в посевах проса. Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Институт защиты растений» НАН Беларуси. – Минск: РУП «ИВЦ Минфина», 2004.– Вып. 29 [Fitotoksyczność herbicydów Raicer i Cougar w uprawach prosa. Ochrona roślin: zb. naukowy tr./ RUE „Instytut Ochrony Roślin” Narodowej Akademii Nauk Białorusi. – Mińsk: RUE „IVTS Ministerstwa Finansów”, wyd. 29], 68–72.
- Yakimovich A., 2005. Эффективность боронования и химической прополки в защите посевов проса от сорных растений. Земляробства і ахова раслін. № 3: 34–36. [Skuteczność bronowania i odchwaszczania chemicznego w ochronie upraw prosa przed chwastami. „Rolnictwo i Hodowla Roślin” 3, 34–36.].
- Zalecenia Ochrony Roślin na lata 2014/2015, 2013. Cz. II. Rośliny zbożowe i okopowe. Wyd. IOR-PIB Poznań.

**Źródło finansowania:** Badania wspierane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach działalności statutowej Katedry Herbologii i Technik Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

**Summary:** The article presents the results of research conducted at the Czesławice Experimental Station (central Lublin region, Poland) in 2014–2016 on the influence of some foliar herbicides (2,4-D + fluroxypyr; tribenuron-methyl + fluroxypyr; MCPA, dicamba + triasulfuron) on weed infestation, yielding and economic efficiency of proso millet cultivation. It should be mentioned that there are no registered herbicides for application in proso millet crops (the lists only include herbicides used before sowing and before proso millet emergence). The studies included herbicides recommended for foliar application in oat sowing, in rates of 100% and in rates reduced by 1/2 compared to the rates recommended in oat sowing. The control object were plots without herbicide application (mechanical weed control). The experiment was located on lessive soil made of loess, characterized by a good abundance of digestible nutrients (II valuation class). The classic (plow) method of tillage was used. The forecrop for proso millet was spring barley. The mineral NPK fertilization was adjusted to the initial soil fertility. It was proved that the foliar herbicides used in the experiment (in the tillering phase of proso millet) had high herbicidal effectiveness,

and the low degree of weed infestation resulted in high productivity of proso millet in comparison with mechanical care (without herbicides). The effects of the herbicides 2,4-D + fluroxypyr and tribenuron-methyl + fluroxypyr applied in 100% doses were assessed particularly positively, because they almost completely eliminated weeds from the canopy. In turn, the herbicide dicamba + triasulfuron had a slightly lower herbicidal ability. The reasonableness of using foliar herbicides in weeding millet was shown, as they positively influenced the economic effect of cultivating this plant. The highest gross margin was obtained with the use of 100% doses of the herbicides Gold 400 EC (2,4-D; fluroxypyr) and Granstar Strong (tribenuron methyl; fluroxypyr). Despite the higher costs incurred on the cultivation of millet, the costs of herbicidal preparations were compensated by the high value of the obtained yield.

**Key words:** proso millet, herbicides, weeds biomass, grain yield, gross margin

Otrzymano/Received: 09.02.2022

Zaakceptowano/Accepted: 29.03.2022