

KRZYSZTOF DOMARADZKI, MARIUSZ KUCHARSKI

Zakład Ekologii i Zwalczania Chwastów we Wrocławiu
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

WPLYW SPOSOBU OCHRONY PLANTACJI NA SKUTECZNOŚĆ
CHWASTOBÓJCZĄ, PLONOWANIE ORAZ POZIOM POZOSTAŁOŚCI
W KORZENIU BURAKA CUKROWEGO

Influence of sugar beet protection method on efficiency of weed control, yielding and level of residues
of herbicide active substances in roots of sugar beet

ABSTRAKT: Doświadczenia prowadzono w latach 2002–2004 na dwóch plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego. Ich celem była ocena wpływu sposobu ochrony plantacji na skuteczność chwastobójczą, plonowanie buraka cukrowego oraz stężenie pozostałości substancji aktywnych herbicydów w korzeniu.

Badane systemy chemicznego odchwaszczania buraka były w pełni bezpieczne dla tej rośliny. Różnice w plonowaniu wynikały z niejednakowej skuteczności poszczególnych systemów. Najlepsze działanie chwastobójcze obserwowano w obiektach, w których herbicyd stosowano trzy- i czterokrotnie w dawkach dzielonych.

W trakcie prowadzonych badań nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego poziomu pozostałości w korzeniach buraków przez żadną z substancji aktywnych zawartych w środku Betanal Progress OF 274 EC, niezależnie od sposobu jego aplikacji.

słowa kluczowe – key words:

burak cukrowy – *sugar beet*, herbicydy – *herbicides*, skuteczność – *efficiency*, pozostałości substancji aktywnej – *residues of active substance*

WSTĘP

Burak cukrowy, podobnie jak inne rośliny uprawiane w szerokiej rozstawie rzędów, wykazuje negatywną reakcję na zachwaszczenie już od początku wegetacji. Wynika to ze specyfiki rozwoju tego gatunku, który w początkowym okresie charakteryzuje się bardzo powolnym wzrostem i niewielką konkurencyjnością w stosunku do chwastów. Z tego względu wymaga niezachwaszczonego stanowiska już od pierwszych dni po wykiełkowaniu do zakrycia międzyrzędzi przez liście. Zapewnienie takich warunków wiąże się z dużymi kosztami (1, 8). Wysokość nakładów związanych z odchwaszczaniem buraka uzależniona jest głównie od sposobu ochrony plantacji (4). W pewnym

stopniu wydatki związane ze zwalczaniem chwastów można regulować poprzez dobór odpowiedniego systemu chemicznej kontroli zachwaszczenia – uwzględniając zależność, że mniejsze koszty wiążą się na ogół z mniejszą skutecznością.

Jednym z parametrów charakteryzujących wpływ herbicydów na jakość plonów jest stężenie pozostałości substancji aktywnych tych środków w plonie zbieranym z pola. Szybkość rozkładu herbicydów, a w efekcie końcowym stężenie pozostałości w produktach roślinnych, zależy od wielu czynników. Jednymi z najistotniejszych elementów wpływających na poziom pozostałości jest dawka herbicydu i metoda jego aplikacji (7).

Celem niniejszej pracy była ocena skuteczności chwastobójczej porównywanych sposobów ochrony plantacji i ich wpływu na plonowanie buraka cukrowego oraz stężenie pozostałości substancji aktywnych stosowanego herbicydu w korzeniu.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia prowadzono w latach 2002–2004 na dwóch plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego w miejscowościach Biestrzyków i Turów, położonych na południe od Wrocławia na czarnych ziemiach wrocławskich, należących do kompleksu pszenego dobrego oraz II i IIIa klasy bonitacyjnej. Plantacje różniły się od siebie zdecydowanie poziomem agrotechniki oraz – w nieco mniejszym stopniu – stanem i stopniem zachwaszczenia. Ogółem wykonano po 3 doświadczenia w każdej miejscowości.

W doświadczeniach uprawiano burak cukrowy odmiany Polko (Turów) i Nabucco (Biestrzyków) stosując zasady racjonalnej agrotechniki uwzględniającej warunki glebowo-klimatyczne, stanowisko, przedplon, rodzaj i zasobność gleby.

Doświadczenia wykonano metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 25 m². Herbicydy aplikowano opryskiwaczem plecakowym „Gloria”, ze stałym ciśnieniem 0,25 MPa i wydatkiem cieczy użytkowej 250 l·ha⁻¹. W doświadczeniach oceniano herbicyd Betanal Progress 274 OF (fenmedifam = 91 g·l⁻¹, desmedifam = 71 g·l⁻¹ i etofumesat = 112 g·l⁻¹). Dokładny schemat doświadczeń zamieszczono w tabeli 1.

W doświadczeniach oceniano działanie herbicydu na roślinę uprawną (fitotoksyczność i wpływ na plonowanie), skuteczność chwastobójczą oraz stężenie pozostałości w zależności od systemu ochrony.

Fitotoksyczność badanych środków oceniano bonitacyjnie z użyciem skali 1:9, gdzie 1 oznacza brak działania na roślinę uprawną, a 9 – całkowite jej zniszczenie. Ocena ta polegała na określeniu stanu rośliny uprawnej po 7–10 dniach od zastosowania herbicydów, lecz przed wykonaniem kolejnego zabiegu, lub po ok. 10 dniach w przypadku ostatniego opryskiwania. Skuteczność chwastobójczą podano w % na podstawie analizy szacunkowej zachwaszczenia wykonanej przed kolejnym zabiegiem lub po ok. 10 dniach w przypadku ostatniego zabiegu. Stan i stopień zachwaszczenia wtórnego przed zbiorem ustalono metodą analizy agrofitosocjologicznej, określając

Tabela 1

Schemat doświadczeń
Schema of experiments

Lp. No.	Obiekt Treatment	Dawka Dose (1·ha ⁻¹)	Termin aplikacji (T) Term of application		System wykonania zabiegu Application system
			oznacze- nie	faza buraków stage of sugar beet	
1	Kontrola; Untreated	-	-	-	nieopryskiwana; untreated
2	Betanal Progress OF 274 EC	3,0	T-2	2 liście; 2 leaves	jednokrotny single dose
3	Betanal Progress OF 274 EC	1,3	T-2	2 liście; 2 leaves	dzielony (2-krotny) split (2 times)
			T-3	2-4 liście; 2-4 leaves	
			T-3	2-4 liście; 2-4 leaves	
4	Betanal Progress OF 274 EC	1,0	T-1	liścienie; cotyledones	dzielony (3-krotny) split (3 times)
			T-2	2 liście; 2 leaves	
			T-3	2-4 liście; 2-4 leaves	
5	Betanal Progress OF 274 EC	1,0	T-1	liścienie; cotyledones	dzielony (4-krotny) split (4 times)
			T-2	2 liście; 2 leaves	
			T-3	2-4 liście; 2-4 leaves	
			T-4	4-6 liści; 4-6 leaves	

stopień pokrycia gleby przez chwasty w % (2). Plony z doświadczeń zbierano ręcznie w fazie dojrzałości technologicznej określając masę korzeni. W tabelach 2 i 3 podano plon rzeczywisty po odjęciu zanieczyszczeń.

Próbki korzeni buraka do analiz chemicznych pobierano w momencie zbioru. Pozostałości substancji aktywnych oznaczano metodą chromatografii cieczowej (HPLC) z detekcją UV, zgodnie z metodyką opisaną w pracy Kucharskiego (6). Granica oznaczalności wynosiła: dla etofumesatu $>0,001 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz dla desmedifamu i fenmedifamu $>0,0005 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

WYNIKI

Działanie na roślinę uprawną w zależności od sposobu stosowania herbicydu

Niezależnie od zastosowanego systemu ochrony herbicydowej (od jednego do czterech zabiegów) nie zaobserwowano żadnego negatywnego oddziaływania na wzrost i rozwój roślin buraka (tab. 2 i 3).

Czynnikiem różnicującym wpływ różnych sposobów ochrony buraka przed chwastami na wysokość plonowania była liczba zabiegów herbicydowych. Największe plony uzyskano (na obydwu polach doświadczalnych) z obiektu traktowanego herbicydem czterokrotnie – $74,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w Turowie i $40,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w Biestrzykowie. Dwu- i trzykrotny zabieg przeciwko chwastom nie zapewniał osiągnięcia podobnych rezultatów. W tym przypadku plony korzeni były niższe o 17–18% w doświadczeniu w Turowie i o 7–18% w Biestrzykowie. Analiza statystyczna nie potwierdziła istotności tych różnic. Zdecydowanie najgorzej plonował burak, w którym zastosowano jednorazowy zabieg herbicydem Betanal Progress OF 274 EC. Różnice w plonowaniu pomiędzy tym obiektem a pozostałymi systemami ochrony były istotne statystycznie (tab. 2 i 3).

Wpływ sposobu aplikacji herbicydu na skuteczność chwastobójczą

Najlepsze rezultaty osiągnięto w przypadku czterokrotnego oprysku środkiem Betanal Progress OF 274 EC, czego odzwierciedleniem były wysokie plony oraz niewielkie zachwaszczenie plantacji w ciągu całego sezonu wegetacyjnego. Zabieg trzykrotny był tylko nieco mniej skuteczny. Zabieg dwukrotny wyraźnie ustępował w skuteczności częstszemu opryskom, pomimo że były w nim stosowane wyższe dawki środka Betanal Progress OF 274 EC. Jednorazowa aplikacja herbicydu w pełnej zalecanej dawce ($3 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie zapewniała ochrony plantacji na akceptowalnym poziomie.

Nasilenie zachwaszczenia wtórnego plantacji przed zbiorem uzależnione było od ilości zabiegów herbicydowych. Sumaryczne pokrycie gleby przez chwasty przed zbiorem w kontroli dochodziło do 99–100%, natomiast w obiektach herbicydowych wynosiło od 10 do 16% w przypadku aplikacji czterokrotnej, 18–25% – trzykrotnej, 26–30% – dwukrotnej i 49–54% dla zabiegu jednorazowego (tab. 2 i 3).

Tabela 2

Wpływ sposobu ochrony plantacji na skuteczność chwastobójczą herbicydu i plonowanie buraka (Turów 2002–2004)
Influence of the crop protection method on herbicide efficacy and sugar beet yielding

Lp. No.	Obiekt Treatment	Dawka Dose (kg, t·ha ⁻¹)	T	Płon Yield (t·ha ⁻¹)	Fitotoksyczność (skala 1:9) Phytotoxicity (scale 1:9)				Skuteczność (%) Efficacy (%)				Stopień pokrycia gleby przez chwasty przed zbiorem (%) Degree of soil coverage before harvest (%)				
					po after T-1	po after T-2	po after T-3	po after T-4	po after T-1	po after T-2	po after T-3	po after T-4	razem total	CHEAL	POLPE	THLAR	AMARE
1	Kontrola nieopryskiwana Untreated	-	-	12,1	1	1	1	1	*181	*232	*155	*212	99	50	32	9	6
2	Betanal Progress OF 274 EC	3	T-2	44,7	1	1	1	1	-	85	-	-	54	22	29	0	2
3	Betanal Progress OF 274 EC	1,3	T-2	61,0	1	1	1	1	-	79	78	-	26	8	15	0	3
		1,6	T-3		1	1	1	1	-	79	78	-	26	8	15	0	3
4	Betanal Progress OF 274 EC	1	T-1	61,8	1	1	1	1	78	88	76	-	18	4	12	0	2
		1	T-2		1	1	1	1	78	88	76	-	18	4	12	0	2
		1	T-3		1	1	1	1	78	88	76	-	18	4	12	0	2
5	Betanal Progress OF 274 EC	1	T-1	74,6	1	1	1	1	75	90	83	78	10	3	4	0	3
		1	T-2		1	1	1	1	75	90	83	78	10	3	4	0	3
		1	T-3		1	1	1	1	75	90	83	78	10	3	4	0	3
		1	T-4		1	1	1	1	75	90	83	78	10	3	4	0	3
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)				13,91													

Tabela 3

Wpływ sposobu ochrony plantacji na skuteczność chwastobójczą herbicydu i plonowanie buraka (Biestrzyków 2002–2004)
Influence of the crop protection method on herbicide efficacy and sugar beet yielding

Lp. No.	Obiekt Treatment	Dawka Dose (kg. l·ha ⁻¹)	Plon Yield (t·ha ⁻¹)	Fitotoksyczność (skala 1:9) Phytotoxicity (scale 1:9)				Skuteczność (%) Efficacy (%)				Stopień pokrycia gleby przez chwasty przed zbiorem (%) Degree of soil coverage before harvest (%)				
				po after		po after		po after		po after		razem total	w tym; in it			
				T-1	T-2	T-3	T-4	T-1	T-2	T-3	T-4		CHEAL	AMARE	GALAP	SOLNI
1	Kontrola nieopryskiwana Untreated	-	-	10,9	1	1	1	1	*127	*165	*179	*246	68	21	6	3
2	Betanal Progress OF 274 EC	3	T-2	15,1	1	1	1	1	-	77	-	-	49	23	22	2
3	Betanal Progress OF 274 EC	1,3 1,6	T-2 T-3	33,1	1	1	1	1	-	72	81	-	30	12	16	1
4	Betanal Progress OF 274 EC	1	T-1 T-2 T-3	37,4	1	1	1	1	68	89	87	-	25	7	15	1
5	Betanal Progress OF 274 EC	1	T-1 T-2 T-3 T-4	40,3	1	1	1	1	76	91	85	88	16	7	9	0
		NIR; LSD		8,03												
		(α = 0,05)														

* w obiekcie kontrolnym podano liczbę chwastów w szt. m⁻²; for untreated – number of weeds per sq. meter

CHEAL – *Chenopodium album*, POLPE – *Polygonum persicaria*, THLAR – *Thlaspi arvense*, AMARE – *Amaranthus retroflexus*, GALAP – *Galium aparine*, SOLNI – *Solanum nigrum*

Tabela 4

Maksymalne stężenie pozostałości wykryte w korzeniach buraka cukrowego w latach 2002–2004
Maximal level of residues detected in the sugar beet roots in 2002–2004

Lp. No.	Obiekt Treatment	Dawka Dose (t·ha ⁻¹)	T	Pozostałości; Residues (mg·kg ⁻¹)								
				etofumesat; ethofumesate		desmedifam; desmedipham		fenmedifam; phenmedipham				
				2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
1	Kontrola nieopryskiwana Untreated	-	-									
2	Betanal Progress OF 274 EC	3,0	T-2	NW	0,002	NW	0,0007	0,0011	NW	0,0006	0,0010	NW
3	Betanal Progress OF 274 EC	1,3	T-2	0,002	0,004	0,001	0,0012	0,0020	0,0009	0,0015	0,0026	0,0010
		1,6	T-3									
4	Betanal Progress OF 274 EC	1,0	T-1									
		1,0	T-2	NW	0,001	NW	0,0006	0,0013	NW	0,0008	0,0012	0,0006
		1,0	T-3									
5	Betanal Progress OF 274 EC	1,0	T-1									
		1,0	T-2	0,001	0,003	0,001	0,0010	0,0018	0,0007	0,0011	0,0022	0,0008
		1,0	T-3									
		1,0	T-4									
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)				r.n.	0,0019	r.n.	0,00032	0,00084	r.n.	0,00051	0,00098	0,00028

NW – pozostałości nie wykryto; residues not detected

r.n. – różnice nieistotne; insignificant differences

Wpływ sposobu aplikacji herbicydu na stężenie pozostałości w korzeniu buraka

Najniższe stężenie pozostałości w korzeniach buraka cukrowego odnotowano w obiektach, gdzie herbicyd Betanal Progress OF 274 EC stosowano jednorazowo w dawce $3,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (obiekt 2) oraz po aplikacji w dawkach dzielonych - trzykrotnie po $1,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (obiekt 4); (tab. 4). Czterokrotne zastosowanie badanego środka w dawkach $1,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (obiekt 5) spowodowało wzrost stężenia pozostałości w porównaniu ze stwierdzonym w obiektach 2 i 4. Najwyższe stężenie pozostałości stwierdzono w próbkach korzeni zebranych z poletek, na których wykonano zabieg dwukrotnie w dawce $1,3$ i $1,6 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (obiekt 3). Różnice pomiędzy obiektami 2 i 3 były w większości przypadków istotne statystycznie. Omówione prawidłowości dotyczyły głównie fenmedifamu i desmedifamu. Dla etofumesatu stężenie wykrytych pozostałości (we wszystkich obiektach) było na granicy oznaczalności metody ($0,001 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), co utrudnia prawidłową interpretację wyników.

DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że na zróżnicowanie plonowania pomiędzy poszczególnymi obiektami herbicydowymi miała wpływ ilość zabiegów chwastobójczych, które charakteryzowały się niejednakową skutecznością. Do podobnych wniosków na podstawie badań własnych doszli Wesołowski i Bętkowski (11). Najlepsze zwalczanie chwastów obserwowano na obiektach, na których herbicyd stosowano trzy- i czterokrotnie w dawkach dzielonych. Wyniki te znajdują potwierdzenie w pracach Eddowesa (3) oraz Roli i in. (8).

Nasilenia zachwaszczenia wtórnego plantacji przed zbiorem zależało od ilości wykonanych zabiegów herbicydowych. Wraz ze wzrostem liczby oprysków herbicydami malało zachwaszczenie wtórne plantacji. Zbliżone rezultaty osiągnął w swoich doświadczeniach Kwiatkowski (5).

W czasie trzyletniego cyklu badań nie stwierdzono przekroczenia najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości, tj. $0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla desmedifamu i fenmedifamu oraz $0,05 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla etofumesatu (9). Najwyższe stężenie pozostałości, niezależnie od dawki i sposobu aplikacji herbicydu, odnotowano w roku 2003. Powodem tego stanu mogła być długotrwała susza, która wpływa niekorzystnie na rozkład herbicydu (10).

Maksymalne oznaczone stężenia pozostałości stwierdzone w trakcie prowadzonych badań wynosiły $0,004 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla etofumesatu, $0,0020 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla desmedifamu i $0,0026 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla fenmedifamu, czyli były od 12 do 25 razy niższe od dopuszczalnych (9). Dowodzi to, że stosowanie chemicznych systemów ochrony buraka przed chwastami nie stanowi zagrożenia dla konsumenta i środowiska.

WNIOSKI

1. Badane systemy chemicznego odchwaszczania buraka były w pełni bezpieczne dla tej rośliny.
2. Zróżnicowanie plonowania, jakie obserwowano w doświadczeniach, wynikało z różnic w skuteczności poszczególnych systemów.
3. Najlepsze działanie chwastobójcze obserwowano w obiektach, w których herbicyd stosowano trzy- i czterokrotnie w dawkach dzielonych.
4. Poziom zachwaszczenia wtórnego plantacji przed zbiorem uzależniony był od ilości zabiegów herbicydowych i malał wraz ze wzrostem liczby zabiegów.
5. W trakcie prowadzonych badań nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego poziomu stężenia pozostałości w korzeniach buraka żadnej z substancji aktywnych zawartych w środku Betanal Progress OF 274 EC, niezależnie od sposobu jego aplikacji.

LITERATURA

1. Dobrzański A., Adamczewski K.: Fazy rozwojowe roślin a racjonalne zwalczanie chwastów. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 1998, **38(1)**: 56-63.
2. Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T.: Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe. Wyd. IUNG Puławy, 2001.
3. Eddowes M.: Weed control in sugarbeets with single and split applications of herbicides. *J. Agric. Sci.*, 1971, **77(2)**: 247-252.
4. Juszcak M., Krasieński T.: Burak cukrowy – cena skupu a koszty chemicznej ochrony. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 1997, **37(2)**: 141-143.
5. Kwiatkowski C.: Wpływ terminu usuwania chwastów i poziomu agrotechniki na stopień wtórnego zachwaszczenia buraka cukrowego. *Ann. UMCS*, 2000, LV, suppl. **13**: 113-120.
6. Kucharski M.: Degradation of phenmedipham in soil under laboratory conditions. *Vegetable Crop Res. Bull.*, 2004, **60**: 63-70.
7. Kucharski M., Sadowski J.: Wpływ techniki stosowania herbicydu na pozostałości fenmedifamu w glebie i roślinie buraka cukrowego. *Mat. VIII Międzynarodowego Sympozjum „Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej”*, IBMER Warszawa, 2001, 142-147.
8. Rola J., Al Rahban B., Marczewski K.: Porównanie systemów chemicznego odchwaszczania buraków cukrowych. *Mat. 34 Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin*, 1994, **1**: 96-104.
9. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16.04.2004 r. (Dz. Ust. Nr 85, Poz. 801) wraz z późniejszymi zmianami (Dz. Ust. Nr 48, Poz. 460 oraz Dz. Ust. Nr 108, Poz. 907 z 2005 r.).
10. Savage K. E., Jordan T. N.: Persistence of three dinitroaniline herbicides on the soil surface. *Weed Sci.*, 1980, **28**: 105-110.
11. Wesołowski M., Bętkowski M.: Zachwaszczenie łąki buraka cukrowego w warunkach gospodarki bezobornikowej. *Ann. UMCS*, 2000, LV, suppl. **28**: 231-238.

INFLUENCE OF SUGAR BEET PROTECTION METHOD ON EFFICIENCY
OF WEED CONTROL, YIELDING AND LEVEL OF ACTIVE SUBSTANCE RESIDUES
OF HERBICIDES IN ROOTS OF SUGAR BEET

Summary

In order to assess the effect of a method of herbicide application on level of active substance residues of herbicide in roots of sugar beet field experiments were carried out in 2002–2004 near Wrocław. Herbicide Betanal Progress OF 274 EC (containing active substance as: ethofumesate, desmedipham and phenmedipham) was applied in sugar beet in four systems: single application and split application – 2, 3 and 4 times.

Efficiency of weed control systems was determined by evaluation of phytotoxicity, effect of weed destroying and the level of yielding.

Samples of sugar beet roots were taken for analyses at the day of harvest.

High-performance liquid chromatography (HPLC) with UV-detection was used to determine the concentration of residues.

Herbicide Betanal Progress OF 274 EC used in different systems was not phytotoxic for sugar beet plants. The best efficiency of weed control and the largest yields were observed for objects where herbicide was applied in split system (3–4 times).

At the harvest time, in all samples of sugar beet roots the residues of herbicide active substances were detected. The level of residues depended on the application system, dose of herbicide and weather conditions in particular years. The lowest level of residues was detected on the objects, where herbicides were applied in systems with single and split (3 times) application. The highest level of residues was detected after split application (2 times in the rate of 1.3 and 1.6 l·ha⁻¹).

The residues of active substance of herbicide determined in the roots of sugar beet (for all application systems) did not exceed acceptable amounts displayed in MRL standards.

Praca wpłynęła do Redakcji 2 VI 2005 r.