

MARIUSZ KUCHARSKI, JERZY SADOWSKI, KRZYSZTOF DOMARADZKI

Zakład Ekologii i Zwalczania Chwastów
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy

POZOSTAŁOŚCI HERBICYDÓW W GLEBIE I MATERIALE ROŚLINNYM ZALEŻNIE OD TECHNIKI I TERMINU ICH STOSOWANIA

Herbicide residues in soil and plant – influence of technique and terms of their application

ABSTRAKT: Celem prowadzonych badań było określenie wpływu techniki stosowania herbicydu (obejmującej zabieg jednokrotny, dzielony; dawki rekomendowane i zredukowane oraz stosowanie herbicydów z adiuwantami) i terminu aplikacji herbicydów (wiosna, jesień) na stężenie pozostałości substancji aktywnych w glebie i materiale roślinnym.

Badania prowadzono w latach 2000–2003 na plantacjach buraka cukrowego i pszenicy ozimej, gdzie aplikowano herbicydy zawierające takie substancje aktywne jak: chlorotoluron i izoproturon (pszenica ozima) oraz fenmedifam i desmedifam – samodzielnie oraz z dodatkiem adiuwantów Atpolan 80 EC i Olbras 88 EC (burak cukrowy). W przypadku pszenicy ozimej herbicydy stosowano powschodowo, jesienią i w obiektach nie opryskiwanych wcześniej – wiosną, po ruszeniu wegetacji. W uprawie buraka cukrowego herbicydy aplikowano samodzielnie i łącznie z adiuwantami, w zabiegu jednokrotnym i dzielonym (3-krotny), w dawkach rekomendowanych i obniżonych.

Próbki ziarna pszenicy, korzeni buraka i gleby pobierano w czasie zbioru rośliny uprawnej. Oznaczenie pozostałości wykonano techniką chromatograficzną HPLC i GLC.

Wyższe stężenie pozostałości chlorotoluronu i izoproturonu stwierdzono w próbkach z obiektów opryskiwanych wiosną. Zabieg jesienny był korzystniejszy ze względu na skuteczność działania i poziom pozostałości w glebie i ziarnie pszenicy.

Odnotowano tendencję wzrostu stężenia pozostałości fenmedifamu i desmedifamu w glebie i korzeniach buraka cukrowego w obiektach, w których herbicydy stosowane były łącznie z adiuwantami, w porównaniu z obiektami z samymi herbicydami.

Najkorzystniejsze ze względu na stężenie pozostałości i skuteczność działania było stosowanie herbicydu w obniżonych dawkach dzielonych z dodatkiem adiuwantów.

W żadnej z analizowanych próbek pszenicy ozimej i korzeni buraka cukrowego, niezależnie od terminu i techniki stosowania herbicydów, nie stwierdzono stężenia pozostałości przekraczającego wartości dopuszczalne, określone w normach.

słowa kluczowe – key words:

herbicydy – *herbicide*, adiuwanty – *adjuvant*, technika aplikacji – *application technique*, pozostałości – *residues*, burak cukrowy – *sugar beet*, pszenica ozima – *winter wheat*

WSTĘP

Herbicydy, podobnie jak inne środki ochrony roślin, po zastosowaniu, pod działaniem czynników środowiska oraz mikroorganizmów ulegają różnym procesom biologicznym i fizykochemicznym, w wyniku których następuje zanikanie substancji aktywnych, związane z częściowym rozkładem związku. Poza rozkładem, udział w procesie zanikania substancji aktywnej w glebie ma sorpcja, przemieszczanie w głębsze warstwy gleby (poniżej strefy korzeniowej, a nawet do wód gruntowych), pobieranie przez roślinę i przenoszenie przez wodę.

Dominacja poszczególnych procesów i ich szybkość zależą od rodzaju substancji czynnej, typu i aktywności biologicznej gleby, warunków pogodowych oraz terminu i techniki stosowania herbicydów (3, 8). Natomiast od ilości i szybkości zachodzących przemian, w efekcie końcowym, zależy poziom pozostałości poszczególnych substancji aktywnych i ich metabolitów w roślinie, wodzie i glebie.

Do badań charakteryzujących wpływ stosowania herbicydów na zanieczyszczenie produktów roślinnych i gleb należy analiza poziomu pozostałości substancji aktywnych tych środków.

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu techniki stosowania herbicydu (obejmującej zabieg jednokrotny, dzielony; dawki rekomendowane i zredukowane oraz stosowanie herbicydów z adiuwantami) i terminu aplikacji herbicydów (wiosna, jesień) na stężenie pozostałości substancji aktywnych w glebie i materiale roślinnym.

METODYKA

Badania prowadzono w latach 2000–2003 na plantacjach buraka cukrowego i pszenicy ozimej zlokalizowanych w okolicach Wrocławia. Doświadczenia polowe zakładano metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 25 m² dla buraka cukrowego i 20 m² dla pszenicy ozimej. Na wyznaczonych poletkach aplikowano herbicydy zawierające takie substancje aktywne jak: chlorotoluron i izoproturon (pszenica ozima) oraz fenmedifam i desmedifam – samodzielnie oraz z dodatkiem adiuwantów Atpolan 80 EC i Olbras 88 EC (burak cukrowy). W przypadku pszenicy ozimej herbicydy stosowano powschodowo, jesienią i w obiektach nie opryskiwanych wcześniej – wiosną, po ruszeniu wegetacji. W uprawie buraka cukrowego herbicydy aplikowano samodzielnie i łącznie z adiuwantami, w zabiegu jednokrotnym i dzielonym (3-krotny), w dawkach rekomendowanych i obniżonych.

Próbki ziarna pszenicy, korzeni buraka i gleby pobierano zgodnie z obowiązującymi normami (14, 15) w czasie zbioru rośliny uprawnej. Wstępnie przygotowane próbki (oczyszczone, rozdrobnione i wymieszane) przechowywano do momentu wykonania analiz chemicznych w zamkniętych pojemnikach z tworzywa sztucznego w temperaturze minus 18°C.

Proces analityczny oznaczania pozostałości składał się z trzech etapów: ekstrakcji oznaczanego składnika z próbki, oczyszczania ekstraktu i analizy ilościowej. Oznaczenie wykonano techniką wysokosprawną chromatografię ciekłą (HPLC) z detekcją UV i chromatografię gazową (GLC) z detekcją ECD. Zastosowane procedury analityczne oznaczania pozostałości opracowano w Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (4, 16).

Granice oznaczalności poszczególnych substancji aktywnych herbicydów oraz średnie odzyski metod przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka metod analitycznych
Characteristic of analytical methods

Substancja aktywna Active substance	Granica oznaczalności Limit of determination (mg·kg ⁻¹)		Odzysk metody Recovery (%)	
	roślina plant *	gleba soil **	roślina plant *	gleba soil **
Chlortoluron	0,005	0,001	85	97
Isoproturon	0,005	0,001	81	95
Phenmedipham	0,0006	0,0002	82	92
Desmedipham	0,0006	0,0002	78	87

* roślina (ziarno pszenicy, korzeń buraka cukrowego) – dla 10 g próbki; plant (grain of wheat, roots of sugar beet) – for 10 g of sample

WYNIKI

Pozostałości substancji aktywnych badanych herbicydów wykryto w większości próbek ziarna pszenicy, korzeni buraka cukrowego i gleby. Stężenie pozostałości w poszczególnych próbkach było zróżnicowane w zależności od rodzaju substancji aktywnej, techniki stosowania herbicydów oraz okresu, jaki upłynął od chwili aplikacji środka do zbioru rośliny uprawnej.

Wpływ terminu aplikacji herbicydów na poziom pozostałości

Stężenie pozostałości substancji aktywnych herbicydów w ziarnie pszenicy ozimej wahało się w granicach: aplikacja jesienna 0,006–0,014 mg·kg⁻¹ (dla chlorotoluronu) i 0,006–0,016 mg·kg⁻¹ (dla izoproturonu), aplikacja wiosenna odpowiednio 0,010–0,022 mg·kg⁻¹ i 0,012–0,030 mg·kg⁻¹; (tab. 2 i 3). Dla próbek gleby poziom pozostałości wynosił odpowiednio: 0,016–0,024 i 0,014–0,028 mg·kg⁻¹ przy aplikacji jesiennej oraz 0,024–0,037 i 0,021–0,040 mg·kg⁻¹ przy aplikacji wiosennej. Stosowanie herbicydów wiosną powodowało, w większości przypadków, znaczący wzrost stężenia substancji aktywnych herbicydów w glebie i ziarnie pszenicy przy zbiorze.

Tabela 2

Wpływ terminu aplikacji herbicydu na pozostałości chlortoluronu
Influence of application term on residues of chlortoluron

Substancja aktywna (s.a.) Active substance (a.s.)	Dawka s.a. Dose of a.s. (g ha ⁻¹)	Rok badań Year	Średnie pozostałości; Mean residues (mg·kg ⁻¹)			
			ziarno pszenicy grain of wheat		gleba soil	
			zabieg jesienny autumn application	zabieg wiosenny spring application	zabieg jesienny autumn application	zabieg wiosenny spring application
Chlortoluron	1600	2000	0,009	0,016	0,023	0,037
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)			0,0042		0,0086	
Chlortoluron	1600	2001	0,014	0,022	0,024	0,032
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)			0,0068		0,0062	
Chlortoluron	1600	2002	0,006	0,010	0,016	0,024
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)			0,0044		0,0073	

Tabela 3

Wpływ terminu aplikacji herbicydu na pozostałości izoproturonu
Influence of application term on residues of isoproturon

Substancja aktywna (s.a.) Active substance (a.s.)	Dawka s.a. Dose of a.s. (g ha ⁻¹)	Rok badań Year	Średnie pozostałości; Mean residues (mg·kg ⁻¹)			
			ziarno pszenicy grain of wheat		gleba soil	
			zabieg jesienny autumn application	zabieg wiosenny spring application	zabieg jesienny autumn application	zabieg wiosenny spring application
Isoproturon	1500	2000	0,006	0,012	0,014	0,021
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)			0,0052		0,0092	
Isoproturon	1500	2001	0,012	0,022	0,024	0,036
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)			0,0094		0,0102	
Isoproturon	1500	2002	0,016	0,030	0,028	0,040
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)			0,0124		0,0106	

W żadnej z analizowanych próbek ziarna pszenicy ozimej nie stwierdzono stężenia pozostałości przekraczającego wartości dopuszczalne, określone w normach (13).

Wpływ techniki aplikacji herbicydów na poziom pozostałości

Najwyższy poziom pozostałości, niezależnie od dawki i sposobu aplikacji herbicydu, odnotowano w roku 2003. Powodem tego mogła być długotrwała susza, która zahamowała jego rozkład (9).

W przypadku stosowania samych herbicydów najwyższe stężenie pozostałości w glebie i korzeniach buraka cukrowego wystąpiło w obiektach, w których apliko-

wano preparat w zabiegu dzielonym ($3 \times 120 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$). Stężenie pozostałości w tych obiektach wynosiło: dla fenmedifamu 0,0018–0,0078 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (korzenie buraka) i 0,0090–0,0146 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (gleba); dla desmedifamu odpowiednio: 0,0012–0,0096 i 0,0074–0,0152 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 4 i 5). Zastosowanie zredukowanej dawki herbicydu spowodowało obniżenie stężenia pozostałości.

Tabela 4

Wpływ techniki aplikacji herbicydu na pozostałości fenmedifamu
Influence of application technique on residues of phenmedipham

Substancja aktywna Active substance	Sposób aplikacji Application system	Średnie stężenie pozostałości; Mean residues ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)					
		korzenie buraka roots of sugar beet			gleba soil		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003
Phenmedipham	A	0,0012	0,0034	0,0060	0,0072	0,0096	0,0132
	B	0,0018	0,0044	0,0078	0,0090	0,0122	0,0146
	C	NW	0,0020	0,0042	0,0060	0,0074	0,0096
Phenmedipham + Atpolan	A	0,0016	0,0040	0,0068	0,0068	0,0104	0,0140
	B	0,0024	0,0056	0,0082	0,0096	0,0143	0,0156
	C	0,0006	0,0032	0,0054	0,0074	0,0096	0,0114
Phenmedipham + Olbras	A	0,0020	0,0048	0,0072	0,0080	0,0110	0,0146
	B	0,0028	0,0052	0,0090	0,0102	0,0132	0,0159
	C	0,0008	0,0024	0,0046	0,0066	0,0092	0,0102
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)		0,00072	0,00086	0,00106	0,00094	0,00208	0,00124

NW – pozostałości nie wykryto; residues not detected

Sposób aplikacji; Application system

A – zabieg jednokrotny; single application – $1 \times 360 \text{ g}$ lub z adiuwantem; or with adjuvant $1 \times 360 \text{ g} + 1,5 \text{ l}$

B – zabieg dzielony; split application – $3 \times 120 \text{ g}$ lub z adiuwantem; or with adjuvant $3 \times (120 \text{ g} + 1,5 \text{ l})$

C – zabieg dzielony w dawkach obniżonych; split application with dose reduction – $3 \times 90 \text{ g}$ – lub z adiuwantem; or with adjuvant – $3 \times (90 \text{ g} + 1,5 \text{ l})$

Tabela 5

Wpływ techniki aplikacji herbicydu na pozostałości desmedifamu
Influence of application technique on residues of desmedipham

Substancja aktywna Active substance	Sposób aplikacji Application system	Średnie stężenie pozostałości; Mean residues ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)					
		korzenie buraka roots of sugar beet			gleba soil		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003
Desmedipham	A	0,0008	0,0024	0,0072	0,0064	0,0106	0,0140
	B	0,0012	0,0028	0,0096	0,0074	0,0110	0,0152
	C	NW	0,0006	0,0020	0,0052	0,0060	0,0074
Desmedipham + Atpolan	A	0,0014	0,0032	0,0086	0,0072	0,0114	0,0152
	B	0,0020	0,0037	0,0104	0,0080	0,0122	0,0156
	C	0,0006	0,0012	0,0030	0,0060	0,0074	0,0082
Desmedipham + Olbras	A	0,0010	0,0036	0,0080	0,0070	0,0120	0,0148
	B	0,0016	0,0039	0,0112	0,0076	0,0134	0,0164
	C	NW	0,0008	0,0026	0,0056	0,0068	0,0088
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)		0,00052	0,00106	0,00128	0,00064	0,00122	0,00132

Objaśnienia jak w tab. 4; Explanation as in table 4

Jedno- i trzykrotne stosowanie herbicydu łącznie z adiuwantami spowodowało wzrost stężenia pozostałości badanych substancji (w glebie i korzeniu buraka) w stosunku do zanotowanego w obiektach z aplikacją samego herbicydu.

W trzyletnim cyklu badań w żadnej z analizowanych próbek korzenia buraka cukrowego nie stwierdzono przekroczenia najwyższego dopuszczalnego poziomu pozostałości, tj. 0,05–0,1 mg kg⁻¹ (13).

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że stosowanie herbicydów wiosną powodowało, w większości przypadków, znaczący wzrost stężenia substancji aktywnych herbicydów w glebie w porównaniu z aplikacją jesienną. Podobną zależność obserwowano w próbkach ziarna pszenicy. W przypadku zabiegów wykonanych wiosną, okres od aplikacji herbicydu do zbioru jest o około 5–6 miesięcy krótszy, co powoduje, że substancja aktywna herbicydu nie zdąży się rozłożyć w takim stopniu, jak po zabiegu wykonanym jesienią. Okres od jesiennej aplikacji do zbioru pszenicy ozimej jest na tyle długi, że można spodziewać się, że analiza chemiczna nie wykaze pozostałości w glebie i ziarnie lub ich stężenie będzie na poziomie oznaczalności metody analitycznej. Jednakże w okresie od jesieni do wiosny zarówno wegetacja, jak też rozkład herbicydu zostają zatrzymane (niska temperatura). Wpływ terminu aplikacji i warunków pogodowych na rozkład i poziom pozostałości herbicydów opisano również w innych publikacjach (2, 5).

W przypadku doświadczeń, w których stosowano herbicyd z adiuwantem, obserwowano wzrost stężenia pozostałości w porównaniu z obiektami, gdzie był aplikowany sam herbicyd. Możliwość wzrostu poziomu pozostałości niektórych substancji aktywnych po zastosowaniu herbicydu z adiuwantem została potwierdzona w innych pracach (10, 11).

Dodatek adiuwanta powoduje zmniejszenie mobilności herbicydów w profilu glebowym, co może powodować wzrost poziomu pozostałości w warstwie ornej, jednakże wpływ ten jest ograniczany przez inne czynniki oddziałujące na rozkład substancji aktywnych w glebie, takie jak temperatura i wilgotność gleby (6).

Najniższy poziom pozostałości w glebie i korzeniach buraka cukrowego notowano w obiekcie, w którym stosowano herbicyd w obniżonych dawkach dzielonych, jednakże taka aplikacja nie przyniosła pożądanej skuteczności zwalczania chwastów. Zastosowanie takiego układu zabiegów z dodatkiem adiuwantów tylko nieznacznie podnosi poziom pozostałości, jednak z dobrym skutkiem eliminuje zachwaszczenie.

Jak wykazały przeprowadzone badania, termin i technika stosowania herbicydów może różnicować poziom pozostałości substancji aktywnych w glebie i materiale roślinnym, jednak o wyborze preparatu i sposobu aplikacji decyduje skuteczność w zwalczaniu chwastów. W omawianych doświadczeniach najkorzystniejsze pod tym względem okazało się wykonanie zabiegu jesiennego dla pszenicy oraz zabiegu dzielonego

w obniżonych dawkach z dodatkiem adiuwanta dla buraka cukrowego. Skuteczność zabiegów w podanym wariantcie potwierdzają również inne badania (1, 7, 12).

WNIOSKI

1. Termin aplikacji herbicydów znacząco wpłynął na stężenie pozostałości w glebie i ziarnie pszenicy. Wyższe pozostałości substancji aktywnych herbicydów, tj. chlorotoluronu i izoproturonu, stwierdzono w próbkach z obiektów z opryskiwaniem wiosną.

2. W glebie i korzeniach buraka cukrowego odnotowano tendencję wzrostu stężenia pozostałości fenmedifamu i desmedifamu w obiektach, w których herbicydy stosowane były łącznie z adiuwantami, w porównaniu z obiektami z samymi herbicydami.

3. Najkorzystniejsze ze względu na stężenie pozostałości substancji aktywnych herbicydu w glebie i korzeniach buraka cukrowego oraz skuteczności działania było stosowanie herbicydu w obniżonych dawkach dzielonych z dodatkiem adiuwantów.

4. W żadnej z analizowanych próbek pszenicy ozimej i korzeni buraka cukrowego, niezależnie od terminu i techniki stosowania, nie stwierdzono stężenia pozostałości przekraczającego wartości dopuszczalne, określone w normach.

LITERATURA

1. Domaradzki K.: Efekty stosowania mieszanek herbicydowych w uprawie pszenicy ozimej. Pam. Puł., 1999, **118**: 99-120.
2. Kostowska B., Kramer H., Piasecka-Grzeszek A.: Wpływ terminu stosowania preparatu Cresopur na pozostałości benazoliny w glebie i rzepaku. Pam. Puł., 1982, **78**: 179-188.
3. Kucharski M.: Influence of herbicide and adjuvant application on residues in soil and plant of sugar beet. J. Plant Protect. Res., 2003, **43(3)**: 225-232.
4. Kucharski M.: Degradation of phenmedipham in soil under laboratory conditions. Vegetable Crop Res. Bull., 2004, **60**: 63-70.
5. Kucharski M., Sadowski J.: Pozostałości herbicydów w materiale roślinnym i glebie w Polsce na tle norm krajów Unii Europejskiej. Pam. Puł., 2003, **132**: 253-261.
6. Reddy K.N.: Effect of acrylic polymer adjuvants on leaching of bromacil, diuron, norfuzaron and simazine in soil columns. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 1993, **50(3)**: 449-457.
7. Rola J., Al Rahban B., Marczewski K.: Porównanie systemów chemicznego odchwaszczania buraków cukrowych. Mat. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Rośl., 1994, **34(1)**: 96-104.
8. Sadowski J.: Wpływ terminu stosowania na dynamikę rozkładu herbicydów w glebie. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2001, **41(1)**: 134-139.
9. Savage K. E., Jordan T. N.: Persistence of three dinitroaniline herbicides on the soil surface. Weed Sci., 1980, **28**: 105-110.
10. Sumisławska J., Kostowska B.: Wpływ wspomagaczy (adiuwantów) na pozostałości fenmedifamu. Mat. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Rośl., 1991, **31(2)**: 152-156.
11. Swarczewicz M., Muliński Z., Zbieć I.: Influence of spray adjuvants on the behavior of trifluralin in the soil. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 1998, **60**: 569-576.

12. Woźnica Z., Adamczewski K., Szeleźniak E.: Stosowanie mikrodawk herbicydów w uprawie buraka cukrowego. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 523-530.
13. Dz. U. Nr 85, poz. 801 z póź. zm. – Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 kwietnia 2004 w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości chemicznych środków ochrony roślin, które mogą znajdować się w środkach spożywczych lub na ich powierzchni.
14. Polska Norma - PN-78/R-04011. Materiał roślinny i gleba. Pobieranie próbek do ilościowego oznaczenia pozostałości pestycydów. Wyd. Norm., Warszawa 1978.
15. Polska Norma - PN-83/R-04012. Materiał roślinny. Pobieranie próbek do analiz chemicznych. Wyd. Norm., Warszawa 1983.
16. Polska Norma - PN-94/R-04123. Materiał roślinny i gleba. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne fenylmocznika. Wyd. Norm., Warszawa 1994.

HERBICIDE RESIDUES IN SOIL AND PLANT – INFLUENCE OF TECHNIQUE AND TERMS OF THEIR APPLICATION

Summary

Determination of the effect of term (spring and autumn) and systems of herbicide application (single, split application and addition of adjuvants) on its residues in grain of winter wheat, roots of sugar beet and soil was aim of the research.

Field experiments were carried out in 2000–2003 near Wrocław. Herbicides (containing active substances as: chlortoluron and isoproturon) were applied in winter wheat at recommended dose after emergence in autumn and for comparison in spring. In sugar beet crop herbicide containing active substances as: phenmedipham and desmedipham was applied at recommended and reduced dose, alone and with adjuvants Olbras 88 EC and Atpolan 80 EC in two application systems – single and split (3-times application).

Samples of winter wheat grain, sugar beet roots and soils were taken for analyses at the day of harvest. All samples were determined (herbicide a.s. residues) using the high-performance liquid chromatography (HPLC) with UV-detection and gas chromatography (GLC) with ECD detection.

At the harvest time, in plant material and soil samples residues all of herbicide active substances were detected. The level of residues depended on the term and application system, dosage of herbicide, addition of adjuvants and weather conditions. Residues of chlortoluron and isoproturon, detected in soil and grain of wheat, were higher after spring application than after autumn application.

The lowest level of residues in sugar beet roots and soil was detected on objects, where herbicides were applied in system with split (3 times) application in reduced doses. Whereas the highest level of residues was detected after split application (3 times at recommended).

The addition of adjuvants increased the residues of active substance of herbicides in soil and roots of sugar beet samples in comparison with the objects, where herbicides were used alone.

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

Praca wpłynęła do Redakcji 3 VI 2005 r.