

**STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB**

**ZESZYT 28(2)**

**2012**

**Mariusz Kucharski, Jerzy Sadowski**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

**CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA POZIOM POZOSTAŁOŚCI HERBICYDÓW  
W GLEBIE I MATERIALE ROŚLINNYM\***

**Wstęp**

Herbicydy mogą przedostawać się do środowiska w trakcie produkcji i transportu, podczas wykonywania zabiegu ochrony roślin, płukania i mycia sprzętu opryskującego, jak również przez nieodpowiednie składowanie resztek i opakowań po preparatach. Herbicydy, podobnie jak i inne środki ochrony roślin (ś.o.r.), po ich zastosowaniu, pod działaniem czynników środowiska ulegają różnym procesom biologicznym i fizykochemicznym, w wyniku których następuje zanikanie substancji aktywnych, związane z częściowym rozkładem związku. Poza rozkładem chemicznym i mikrobiologicznym udział w procesie zanikania substancji aktywnej w glebie ma sorpcja, przemieszczanie w głębsze warstwy gleby (poniżej strefy korzeniowej, a nawet do wód gruntowych) oraz pobieranie przez roślinę (9, 18).

Dominacja poszczególnych procesów i ich szybkość zależą od rodzaju substancji aktywnej, typu i aktywności biologicznej gleby oraz od warunków pogodowych i agrotechnicznych. Natomiast od ilości i szybkości zachodzących przemian, w efekcie końcowym, zależy poziom pozostałości poszczególnych substancji aktywnych i ich metabolitów w roślinie, wodzie i glebie. Zgodnie z definicją pozostałości to część substancji aktywnej preparatu i (lub) jego toksycznych metabolitów, która nie uległa rozkładowi (16).

W warunkach polowych trudno jest rozdzielić wpływ warunków pogodowych i agrotechniki na występowanie pozostałości herbicydów w glebie, czy materiale roślinnym. Mogą one wzajemnie się znosić, jak też powodować wystąpienie nadmiernych pozostałości. Dzięki badaniom prowadzonym w warunkach kontrolowanych istnieje możliwość doboru warunków prowadzenia doświadczeń tak, aby wyróżnić pojedyncze parametry mogące mieć wpływ na rozkład herbicydu i w efekcie końcowym na stężenie pozostałości.

Na podstawie wyników badań prowadzonych zarówno w warunkach polowych, jak też kontrolowanych można scharakteryzować wpływ poszczególnych param-

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.6 w programie wieloletnim IUNG - PIB

trów wpływających na szybkość rozkładu i pozostałości substancji aktywnych herbicydów w glebie i uprawianej roślinie.

### Omówienie wyników

#### Typ i aktywność biologiczna gleby

Główną rolę w procesie rozkładu substancji biologicznie czynnej herbicydu odgrywają mikroorganizmy glebowe. W glebach bogatych w mikroorganizmy rozkład herbicydu jest wyraźnie szybszy niż w glebach jałowych (ubogich w mikroorganizmy). Ponadto prace nad oddziaływaniem herbicydów na właściwości gleby i rozwój mikroflory nie wykazały, by związki te, stosowane w zalecanych dawkach, w sposób trwały wpływały ujemnie na środowisko glebowe. Obserwowane zmiany liczebności poszczególnych grup mikroorganizmów są na ogół okresowe i po pewnym czasie następuje powrót do stanu pierwotnego.

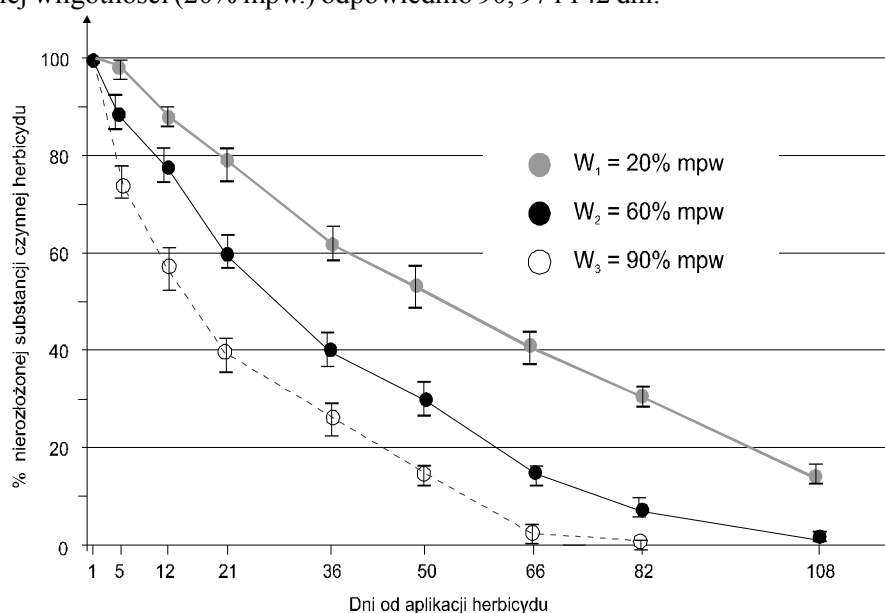
Jak wynika z badań (2, 3, 5, 6, 8) na glebach zasobnych w substancję organiczną (węgiel organiczny, próchnica) następuje znacząco szybszy rozkład herbicydów, co skutkuje mniejszymi pozostałościami oznaczanymi w czasie zbioru uprawianej rośliny. Natomiast w glebach ubogich w substancję organiczną, jak również posiadających w swym składzie granulometrycznym wysoki udział frakcji piasku obserwowany jest wolniejszy rozkład herbicydów. Gleby piaszczyste (lekkie) umożliwiają łatwiejszy transport herbicydu w głąb profilu glebowego, aż do wód gruntowych, co powoduje, że w warstwie ornej (w obszarze dostępności dla systemu korzeniowego rośliny) pozostałości są bardzo małe (zarówno w glebie, jak też w uprawianej roślinie). W przypadku gleb ciężkich obserwowane jest zjawisko sorpcji – molekuly substancji aktywnej w wyniku reakcji fizykochemicznych zostają wbudowane w cząsteczki gleby i nie są one dostępne (lub dostęp jest ograniczony) dla roślin.

#### Temperatura i wilgotność gleby

W wyższych temperaturach i przy odpowiedniej wilgotności gleby rozkład s.o.r. jest szybszy, a tym samym mniejsze są pozostałości (17). Odpowiednie warunki klimatyczne przyspieszają rozkład chemiczny, jak również sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów uczestniczących w rozkładzie biologicznym. Jak udowodniono w badaniach wystąpienie suszy w okresie dojrzewania zbóż powoduje zwiększoną kumulację pozostałości herbicydów w ziarnie (18). W sezonach, w których nie obserwowano w tym okresie nadmiernego spadku wilgotności pozostałości występujące w ziarnie zbóż były znacząco niższe od tych, które wykrywano w glebie i słomie. Natomiast niska wilgotność gleby w okresie wykonywania zabiegów herbicydowych daje słabe działanie preparatów (rozwój roślin i chwastów jest znacząco spowolniony), co powoduje, że konieczne jest wykonanie zabiegów uzupełniających, wprowadzających dodatkową dawkę herbicydów do środowiska.

Na podstawie wyników uzyskanych z doświadczenia prowadzonego w warunkach kontrolowanych (komora klimatyczna), w którym oceniano rozkład fluazifopu

w glebie o różnej wilgotności (13) stwierdzono, że najszybszy rozkład obserwowany był przy najwyższym uwilgotnieniu gleby (90% maksymalnej pojemności wodnej – mpw.). Porównując wyniki tego doświadczenia (rys. 1) można zauważyć, że różnice w czasie połowicznego rozkładu ( $DT_{50}$ ) tej substancji w zależności od wilgotności gleby sięgają 37 dni. Wartość  $DT_{50}$  dla wilgotności = 20% mpw. wynosił 54 dni, dla wilgotności = 60% mpw. 29 dni, a dla wilgotności = 90% mpw. tylko 17 dni. Po 82 dniach od aplikacji herbicydu nie stwierdzono wykrywalnych pozostałości w glebie o wilgotności równej 90% mpw. Po 108 dniach od rozpoczęcia eksperymentu pozostałości fluazifopu w pozostałych próbach wynosiły – dla wilgotności = 20% mpw. 14% dawki początkowej i 1% dla gleby o wilgotności = 60% mpw. Podobne wyniki uzyskali również inni badacze. W a l k e r i A l l e n (21) badając rozkład propyzamidu, metrybuzyny i linuronu stwierdzili, że półokres rozpadu tych związków w glebie, w temperaturze 20°C i przy wilgotności równej połowie maksymalnej pojemności wodnej wynosił dla propyzamidu 35, metrybuzyny 36 i linuronu 74 dni, a przy niskiej wilgotności (20% mpw.) odpowiednio 90, 97 i 142 dni.

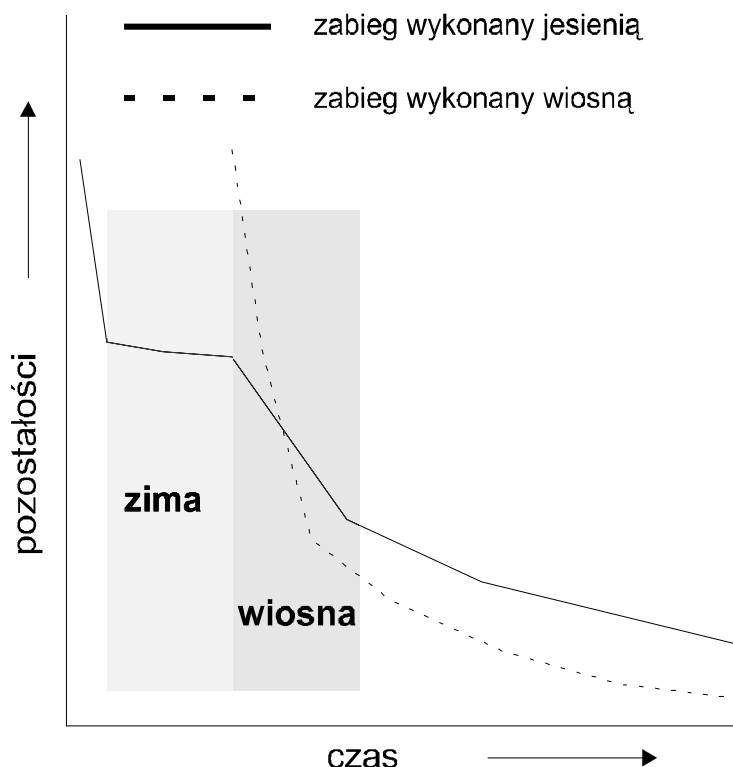


Rys. 1. Rozkład fluazifopu w glebie

Źródło: badania własne.

### Termin wykonania zabiegu herbicydowego

W uprawie oziminy istotny wpływ na tempo rozkładu ma także termin stosowania herbicydu. Po wykonaniu zabiegu w okresie jesiennym, w początkowym okresie zdecydowana większość preparatu dostaje się do gleby. Do momentu, gdy temperatura gleby jest dostatecznie wysoka rozkład substancji biologicznie czynnej zachodzi stosunkowo szybko (rys. 2). W okresie zimowym, gdy temperatura gleby wyraźnie się



Rys. 2. Wpływ terminu wykonania zabiegu na rozkład herbicydu w glebie  
Źródło: wykres poglądowy na podstawie badań własnych.

obniża procesy życiowe mikroorganizmów ulegają zahamowaniu, a rozkład herbicydu praktycznie zostaje zatrzymany. Wiosną w miarę ogrzewania się gleby aktywność mikroorganizmów glebowych wzrasta i proces rozkładu herbicydu ponownie ulega przyspieszeniu. Jeżeli porównamy przebieg dynamiki rozkładu tej samej substancji aktywnej herbicydu aplikowanej wiosną i jesienią, to można zauważyć, że herbicyd stosowany jesienią w okresie wiosny rozkłada się wolniej niż zastosowany wiosną. Powodowane jest to tym, że w okresie późnojesiennym i zimowym rozkład ulega zatrzymaniu, ale w tym czasie cząsteczki substancji aktywnej w wyniku reakcji fizykochemicznych zostają wbudowane w cząsteczki gleby. Sprawia to, że na wiosnę są one trudniej dostępne dla mikroorganizmów. W takim przypadku, pomimo znacznie wcześniejszego terminu aplikacji herbicydu, pozostałości oznaczone w czasie zbioru rośliny nie muszą być znacząco różne. Potwierdzają to badania prowadzone przez B a d o w s k i e g o i K u c h a r s k i e g o (1).

Na podstawie badań prowadzonych w latach 2007–2010 na plantacjach pszenicy ozimej (15), gdzie aplikowano herbicyd zawierający izoproturon powschodowo jesienią i na obiektach nieopryskiwanych wcześniej, wiosną po ruszeniu wegetacji stwierdzono, że stosowanie herbicydów wiosną powodowało, w większości przypadków,

znaczący wzrost stężenia substancji aktywnych herbicydów w glebie, w stosunku do obiektów, na których herbicyd aplikowano jesienią (tab. 1). 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, by spodziewać się, że analiza chemiczna nie wykaze pozostałości w glebie i ziarnie lub ich stężenie będzie na poziomie oznaczalności metody analitycznej. Wpływ terminu aplikacji i warunków pogodowych na rozkład i pozostałości herbicydów opisano również w innych publikacjach (1, 7).

Jak wykazały przeprowadzone badania termin stosowania herbicydów może różnicować poziom pozostałości substancji aktywnych w glebie i materiale roślinnym, jednak głównym czynnikiem decydującym o wyborze odpowiedniego sposobu jest skuteczność stosowanego środka w zwalczaniu chwastów.

Tabela 1

Wpływ terminu aplikacji herbicydu na pozostałości izoproturonu

Substancja aktywna (s.a.)	Dawka s.a. ( $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	Rok badań	Średnie pozostałości ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )			
			ziarno pszenicy		gleba	
			zabieg jesienny	zabieg wiosenny	zabieg jesienny	zabieg wiosenny
Izoproturon	1500	2008	0,0006	0,0012	0,0014	0,0021
NIR <sub>0,05</sub>			0,00052		0,00092	
Izoproturon	1500	2009	0,0012	0,0022	0,0024	0,0036
NIR <sub>0,05</sub>			0,00094		0,00102	
Izoproturon	1500	2010	0,0016	0,0030	0,0028	0,0040
NIR <sub>0,05</sub>			0,00124		0,00106	

Źródło: badania własne.

### Uprawa roli

W ostatnich latach prowadzonych jest wiele badań nad ograniczeniem zabiegów uprawowych. Eliminacja lub znaczne ograniczenie uprawy gleby powoduje, że wykluczamy jeden z ważniejszych zabiegów ograniczających zachwaszczenie. W efekcie musimy wprowadzić dodatkową ochronę chemiczną, co może mieć wpływ na wielkość oznaczanych pozostałości w glebie i materiale roślinnym. Z drugiej strony nienaruszanie struktury gleby powoduje, że zachowuje ona więcej wilgoci, a powstałe wcześniej kanaliki odprowadzające wodę służą przemieszczaniu się herbicydu w głąb profilu glebowego (poza strefę dostępu dla uprawianej rośliny). W tym przypadku oba efekty częściowo się znoszą, a wpływ ograniczeń uprawowych na pozostałości herbicydów nie jest jednoznaczny.

### Obecność innych agrochemikaliów

Na szybkość i przebieg rozkładu, jak również pozostałości końcowe (w glebie i roślinie uprawnej) ma wpływ obecność innych substancji chemicznych znajdujących się już w glebie lub zastosowanych w zabiegu łączonym z herbicydem. Do substancji takich należą fungicydy, insektycydy, inne herbicydy, nawozy i adiuwanty. Wpływ poszczególnych związków na pozostałości herbicydu są zróżnicowane. W wielu badaniach udowodniono, że łączne stosowanie herbicydów z innymi agrochemikaliami, a w szczególności z adiuwantami, powoduje zahamowanie rozkładu i wzrost pozostałości w glebie i roślinie uprawnej (10).

W doświadczeniu polowym prowadzonym na plantacjach produkcyjnych buraka cukrowego (14) stosowano w zabiegach przed- i powschodowych herbicyd Goltix 70 WP (70% metamitron) w dawkach: 4,9 kg s.a. · ha<sup>-1</sup> (dawka pełna) bez adiuwanta i 3,5 kg s.a. · ha<sup>-1</sup> (dawka obniżona) bez adiuwanta oraz z dodatkiem adiuwantów Atpolan 80 EC i Olbras 88 EC (obydwa adiuwanty w dawce 1,5 l · ha<sup>-1</sup>).

Próbki gleby i korzeni buraka pobierano w momencie zbioru. Pozostałości metami-tronu oznaczano metodą chromatografii cieczowej (HPLC) z detekcją UV. W badanych próbach zaobserwowano tendencję do wzrostu pozostałości po stosowaniu herbicydu z adiuwantami (tab. 2 i 3). Wzrost ten był statystycznie istotny w ponad 30% prób gleby i 25% korzeni buraka. Ponadto stwierdzono, że stosowanie herbicydu przed-wschodowo powoduje zwykle wyższy poziom pozostałości w glebie, natomiast w korzeniach buraka obniżenie poziomu pozostałości. Podobne wyniki uzyskali inni autorzy (19, 20).

Tabela 2

Pozostałości metami-tronu w glebie

Dawka (kg s.a. · ha <sup>-1</sup> )	Pozostałości (mg · kg <sup>-1</sup> )					
	zabieg przedwschodowy			zabieg powschodowy		
	M	M + A	M + O	M	M + A	M + O
I rok badań						
4,9	0,098	NIR (0,05) = 0,0123		0,076	NIR (0,05) = 0,0091	
3,5	0,061	0,073	0,083	0,053	0,058	0,062
II rok badań						
4,9	0,102	NIR (0,05) = 0,0228		0,096	NIR (0,05) = 0,0108	
3,5	0,063	0,091	0,073	0,048	0,052	0,061
III rok badań						
4,9	0,156	NIR (0,05) = 0,0384		0,126	NIR (0,05) = 0,0096	
3,5	0,082	0,088	0,136	0,079	0,082	0,086

M – metami-tron

A – adiuwant Atpolan 80 EC

O – adiuwant Olbras 88 EC

NW – pozostałości nie wykryto (<0,005 mg kg<sup>-1</sup>)

Źródło: badania własne.

Tabela 3

## Pozostałości metamitronu w korzeniach buraka cukrowego

Dawka Dose (kg s.a. · ha <sup>-1</sup> )	Pozostałości (mg · kg <sup>-1</sup> )					
	zabieg przedwzschodowy			zabieg powzschodowy		
	M	M + A	M + O	M	M + A	M + O
I rok badań						
4,9	0,007	–		0,010	NIR (0,05) = 0,0032	
3,5	NW	NW	0,005	0,005	NW	0,007
II rok badań						
4,9	0,012	NIR (0,05) = 0,0026		0,031	NIR (0,05) = 0,0082	
3,5	0,008	0,009	0,010	0,012	0,016	0,022
II rok badań						
4,9	0,071	NIR (0,05) = 0,0116		0,092	NIR (0,05) = 0,0106	
3,5	0,048	0,056	0,062	0,065	0,068	0,076

Objaśnienia – patrz tabela 2

Źródło: badania własne.

**Ograniczanie dawek herbicydów**

W wielu krajach o zintensyfikowanym poziomie rolnictwa pojawiła się tendencja zmierzająca do racjonalnego ograniczania stosowania środków ochrony roślin, a zwłaszcza herbicydów. Działania te wynikają z proekologicznej polityki lansowanej w krajach Unii Europejskiej, a związane są z wprowadzeniem nowej strategii w ochronie roślin, polegającej na redukowaniu dawek oraz zmniejszaniu ilości zabiegów do niezbędnego minimum. W ślad za decyzjami rządowymi nadeszła pora na opracowanie konkretnych rozwiązań praktycznych. W USA i krajach unii europejskiej rozpoczęto intensywne badania naukowe mające na celu wypracowanie, dla lokalnych warunków, właściwych metod umożliwiających zmniejszenie zużycia środków, z jednoczesnym zachowaniem pożądanego skutecznego ich działania. Poszukiwanie rozwiązań proekologicznych ukierunkowane zostało w stronę zmian w asortymencie stosowanych herbicydów (nowa generacja substancji aktywnych oparta na związkach pochodnych sulfonilomocznika, które stosowane są w dawkach rzędu 20-100 g · ha<sup>-1</sup>, herbicydy wieloskładnikowe itp.) oraz zmian w technice i sposobie aplikacji środków chwastobójczych. Do najważniejszych działań wpływających na redukcję sumarycznej dawki herbicydów wprowadzanej do środowiska należą: wykorzystanie właściwości środków wspomagających (adiwantów) oraz stosowanie systemu dawek dzielonych i mikrodawek (4, 10, 22). Działania takie umożliwiają obniżenie stężenia pozostałości substancji aktywnych herbicydów w glebie i roślinach nawet o 30-70% (burak cukrowy) w porównaniu z tradycyjnymi zabiegami ochrony roślin stosowanymi w tej uprawie, bez straty poziomu skuteczności chwastobójczej (11).

## Podsumowanie

Reasumując należy stwierdzić, że elementy agrotechniki i warunki pogodowe wpływają na zachowanie się herbicydów w środowisku rolniczym i mogą być przyczyną zróżnicowania w poziomie pozostałości oznaczanych w glebie i materiale roślinnym. Jednak wynika z badań prowadzonych w ostatnim dwudziestolecu na plantacjach głównych upraw rolniczych nie stwierdzono obecności pozostałości substancji aktywnych herbicydów w stężeniach przekraczających wartości dopuszczalne, podane w normach (12).

Przestrzeganie zaleceń producentów środków ochrony roślin, jak również zasad dobrej praktyki rolniczej znacząco ograniczają możliwości wystąpienia pozostałości herbicydów w glebie czy produktach roślinnych.

## Literatura

1. B a d o w s k i M., K u c h a r s k i M.: Graminicydy w uprawie rzepaku ozimego - wpływ terminu aplikacji na skuteczność i pozostałości. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2010, **50(2)**: 851-855.
2. C a o J., G u o H., Z h u H. M., J i a n g L., Y a n g H.: Effects of SOM, surfactant and pH on the sorption-desorption and mobility of prometryne in soils. Chemosphere, 2008, **70(11)**: 2127-2134.
3. C u e v a s M. V., C o x L., C a l d e r o n M. J., H e r m o s i n M. C., F e r n a n d e z J. E.: Chloridazon and lenacil dissipation in a clayey soil of the Guadalquivir river marshes (southwest Spain). Agric. Ecosyst. Environ., 2007, **124(3-4)**: 245-251.
4. D e x t e r A. G., Z o l l i n g e r R. K.: Weed control guide for sugarbeet. Sugarbeet Research Extend Report, 2001, **32**: 3-22.
5. K a u s h i k M., N e e r a S.: Effect of soil amendments on sorption and mobility of metribuzin in soil. Chemosphere, 2007, **66(4)**: 630-638.
6. K o s k i n e n W. C., C a l d e r o n M. J., R i c e P. J., C o r n e j o J.: Sorption-desorption of flucarbazone and propoxycarbazon and their benzenesulfonamide and triazolinone metabolites in two soils. Pest Management Sci., 2006, **62(7)**: 598-608.
7. K o s t o w s k a B., K r a m e r H., P i a s e c k a - G r z e s z e k A.: Wpływ terminu stosowania preparatu Cresopur na pozostałości benazoliny w glebie i rzepaku. Pam. Puł., 1982, **78**: 179-188.
8. K u c h a r s k i M.: Degradation of phenmedipham in soil under laboratory conditions. Veg. Crops Res. Bull., 2004, **60**: 63-70.
9. K u c h a r s k i M.: Pozostałości herbicydów w wodach powierzchniowych i gruntowych na terenach rolniczych. Pam. Puł., 2004, **138**: 89-97.
10. K u c h a r s k i M.: Łączne stosowanie herbicydu z adiuwantem – wpływ na pozostałości w glebie i materiale roślinnym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2006, **508**: 97-102.
11. K u c h a r s k i M.: Changes in application system – Influence on herbicides residue in soil and sugarbeet roots. J. Plant Prot. Res., 2009, **49(4)**: 385-389.
12. K u c h a r s k i M., D o m a r a d z k i K.: Pozostałości herbicydów w wybranych roślinach uprawnych – badania z lat 2000–2008. Fragm. Agron., 2009, **26(4)**: 74-80.
13. K u c h a r s k i M., S a d o w s k i J.: Wpływ wilgotności gleby na rozkład herbicydu – badania laboratoryjne. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2006, **46(2)**: 750-753.
14. K u c h a r s k i M., S a d o w s k i J., D o m a r a d z k i K.: Wpływ adiuwantów na pozostałości metamitronu stosowanego przed- i powschodowo w uprawie buraka cukrowego. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2004, **44(2)**: 887-889.

15. Kucharski M., Sadowski J., Domaradzki K.: Pozostałości herbicydów w glebie i materiale roślinnym zależnie od techniki i terminu ich stosowania. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 243-250.
16. Sadowski J., Kucharski M.: Wpływ czynników agrometeorologicznych na pobieranie i fitotoksyczność pozostałości herbicydów zawartych w glebie. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 355-363.
17. Sadowski J., Kucharski M., Domaradzki K.: Wpływ wilgotności gleby na translokację herbicydów fenoksyoctowych w glebie. *Rocz. Glebozn.*, 2011, **61(1)**: 136-141.
18. Sadowski J., Kucharski M., Rola H.: Pozostałości herbicydów w środowisku glebowo-wodnym. *Biul. Nauk. UWM*, 2001, **12**: 23-32.
19. Sumisławska J., Kostowska B.: Wpływ wspomagaczy (adiuwantów) na pozostałości fenmedifamu. *Materiały 31 Sesji Nauk. Inst. Ochr. Rośl.*, 1991, 152-156.
20. 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.
21. Walker A., Allen R.: Influence of soil and environmental factors on pesticide persistence. *BCPC Monography*, 1984, **27**: 36-49.
22. Woźnica Z., Idziak R., Waniorek W.: Mikrodawki herbicydów – nowa opcja odchwaszczania buraków cukrowych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(3)**: 310-315.

Adres do korespondencji:

*dr hab. Mariusz Kucharski, prof. nadzw.*  
*Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Orzechowa 61*  
*50-540 Wrocław*  
*tel.: (71) 363 87 07 wew. 105*  
*e-mail: m.kucharski@iung.wroclaw.pl*

