

Mariusz Kucharski

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli we Wrocławiu*

CHEMICZNA OCHRONA ROŚLIN PRZED CHWASTAMI – WPŁYW NA ŚRODOWISKO*

Wstęp

Roślina uprawna pozbawiona ochrony ze strony człowieka ustępuje miejsca chwastom, poddaje się presji chorób i szkodników. Dlatego stosowanie chemicznej ochrony stało się niezbędnym i trwałym elementem w uprawie roślin rolniczych. Prawidłowo stosowane środki ochrony roślin (ś.o.r.) umożliwiają osiągnięcie wysokich i jakościowo dobrych plonów bez uszczerbku dla chronionej rośliny. Szeroki asortyment ś.o.r. pozwala na elastyczność w doborze metody i terminu zabiegu, a właściwa substancja aktywna zapewnia wyeliminowanie lub ograniczenie agrofaga w takim stopniu, aby nie stanowił zagrożenia dla rośliny uprawnej (13).

Herbicydy, podobnie jak i inne środki ochrony roślin, 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 (3, 9, 21, 23).

Równoległe z rozwojem nowoczesnych metod ochrony roślin konieczne jest prowadzenie badań nad wpływem agrochemikaliów na środowisko. Prace te z jednej strony mają za zadanie podnoszenie efektywności stosowania substancji chemicznych, z drugiej zaś stanowią element ochrony środowiska i jakościowej kontroli produktów rolnych. Związane jest to z koniecznością identyfikacji bezpośrednich i pośrednich zagrożeń, jakie dla człowieka i środowiska stwarzać mogą środki ochrony roślin po ich zastosowaniu w praktyce rolniczej.

Oprócz prac związanych z rejestracją nowych środków ochrony roślin wykonywane są badania mające na celu określenie wpływu, jaki stosowane agrochemikalia (w zależności od warunków pogodowych, glebowych i sposobu aplikacji) wywierają na środowisko wodne, glebowe i roślinne (stężenie pozostałości, dynamika rozkładu);

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

(7, 8, 24). Prowadzone są również systematyczne badania pozostałości substancji aktywnych środków ochrony roślin w żywności, paszach, wodach śródpolnych, ujęciach wody pitnej, jak również w glebie – tzw. monitoring dostarczający najbardziej wyczerpujących, a zarazem wiarygodnych i reprezentatywnych danych o poziomach i rozmiarach występowania ewentualnych skażeń tymi środkami chemicznymi (2, 5, 21).

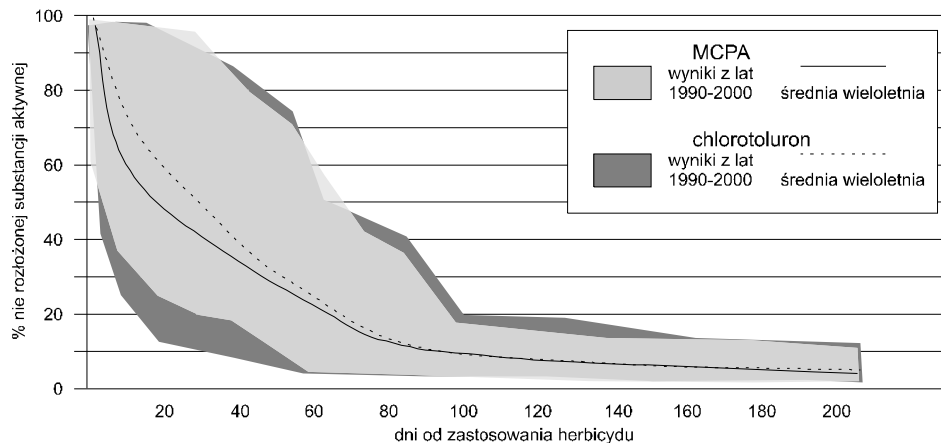
Dynamika i czas połowicznego rozkładu (DT_{50}) substancji aktywnych herbicydów

Jednym z głównych parametrów charakteryzujących środek ochrony roślin jest czas jego połowicznego rozkładu, czyli okres, po którym 50% związku ulegnie rozkładowi (do substancji prostych lub metabolitów nieaktywnych). Określenie tego wskaźnika związane jest z wyznaczeniem zależności rozkładu substancji aktywnej od czasu, czyli tzw. dynamiki rozkładu związku w danym środowisku (gleba, roślina). Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono przykładowe dynamiki rozkładu MCPA i chlortoluronu w glebie i roślinie pszenicy ozimej.

W zależności od okresu półrozpadu w glebie (DT_{50}) stosowane w praktyce rolniczej środki ochrony roślin można podzielić na:

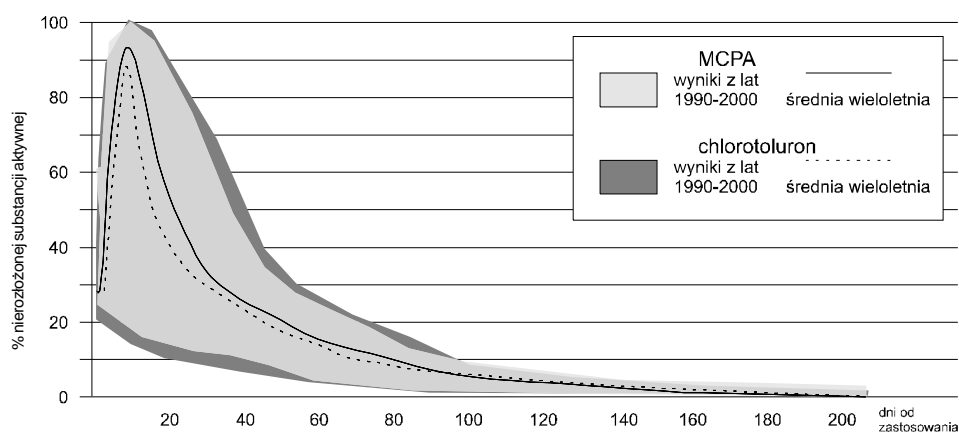
- mało trwałe ($DT_{50} < 20$ dni),
- średnio trwałe ($DT_{50} = 20-90$ dni),
- trwałe ($DT_{50} > 90$ dni); (6).

Znajomość czasu połowicznego rozkładu pozwala na wstępną selekcję i ewentualną eliminację lub ograniczenie w stosowaniu substancji, która ze względu na powolny rozkład może stanowić zagrożenie dla środowiska. Na rysunku 3 przedstawiono okresy połowicznego rozkładu wybranych substancji aktywnych herbicydów w glebie.

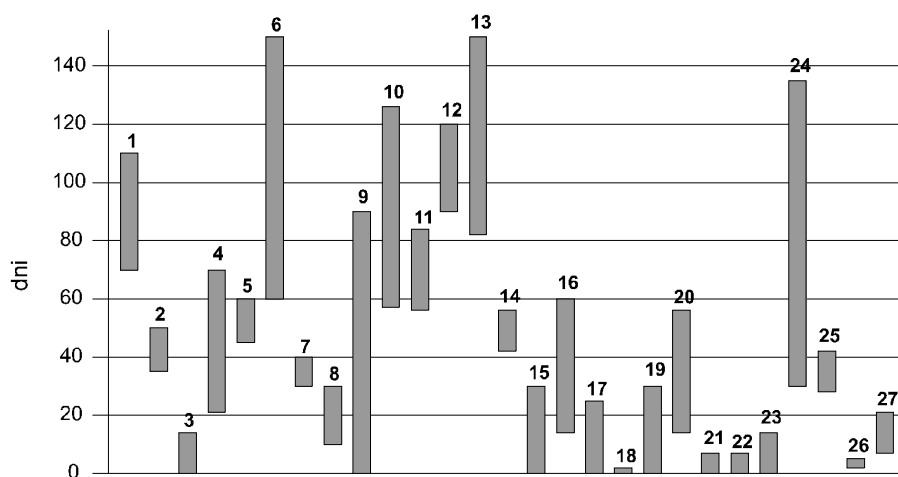


Rys. 1. Dynamika rozkładu MCPA i chlortoluronu w glebie (1990–2000)

Zródło: Sadowski i in., 2001 (19).



Rys. 2. Dynamika rozkładu MCPA i chlortoluronu w roślinie pszenicy (1990–2000)
 Źródło: Sadowski i in., 2001 (19).



Rys. 3. Okresy połowicznego rozpadu w glebie wybranych substancji aktywnych herbicydów

1 = symazyna, 2 = atrazyna, 3 = cyjanazyna, 4 = terbutryna, 5 = monolinuron, 6 = linuron, 7 = chlortoluron, 8 = metoksuron, 9 = metabenzthiazuron, 10 = trifluralina, 11 = napropamid, 12 = pendimetalina, 13 = lenacil, 14 = chlorydazon, 15 = metolachlor, 16 = dimetachlor, 17 = fenmedifam, 18 = benazolina, 19 = propyzamid, 20 = chlopyralid, 21 = 2,4-D, 22 = MCPA, 23 = dikamba, 24 = chlomezon, 25 = chlorosulfuron, 26 = rimsulfuron, 27 = fluazifop-P

Źródło: Tomlin, 2006 (25).

Badania pozostałości substancji aktywnych herbicydów w glebie i roślinie

W ostatnim dwudziestoleciu w IUNG (Zakład Herbológii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu) wykonano analizę 9,5 tysiąca próbek gleby i materiału roślinnego w celu identyfikacji i określenia poziomu pozostałości herbicydów (32 substancje aktywne). Próbkę pobierane były z doświadczeń poletkowych i plantacji produkcyjnych głównych upraw rolniczych, tj. zbóż (pszenica, jęczmień, żyto i pszenżyto), rzepaku ozimego, kukurydzy, buraka cukrowego, ziemniaka i grochu. Większość materiału do badań pochodziła z pól uprawnych zachodniej i południowo-zachodniej Polski. W tabeli 1 przedstawiono maksymalne wykryte pozostałości substancji aktywnych herbicydów w próbkach pochodzących z plantacji pszenicy ozimej.

O ewentualnym zagrożeniu, czy skażeniu produktów rolnych możemy mówić dopiero wtedy, gdy oznaczone stężenia pozostałości substancji aktywnych herbicydów przekraczają lub są zbliżone do wartości dopuszczalnych, określonych w normie. Obecnie wartości najwyższych dopuszczalnych pozostałości (NDP) zostały ujednoczone dla wszystkich państw Unii Europejskiej i zamieszczono je w rozporządzeniu Komisji WE (17). Powyższa norma odnosi się jedynie do pozostałości substancji aktywnych wykrywanych w produktach spożywczych i ich przetworach. W przypadku pozostałości w glebie można posłużyć się jedynie rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (18).

Dla oceny i interpretacji wyników badań uzyskane dane uszeregowano w dwóch grupach. Pierwsza to próbki, w których nie wykryto pozostałości substancji aktywnych herbicydów lub pozostałości były na granicy oznaczalności zastosowanych metod analitycznych (pozostałości 100 i więcej razy niższe od normy). Druga grupa to próbki, w których oznaczone pozostałości były wyższe od 0,001 mg · kg⁻¹ s.m. (od kilku do 100 razy niższe od normy). Dla ułatwienia przeprowadzonej analizy przyjęto,

Tabela 1

Pozostałości substancji aktywnych herbicydów w pszenicy ozimej (1990–2009)

Substancja aktywna	Pozostałości (mg · kg ⁻¹)		
	ziarno	słoma	gleba
2,4-D	0,046	0,056	0,031
MCPA	0,032	0,043	0,036
Dikamba	0,020	0,028	0,018
2,4-DP (dichlorprop)	0,029	0,032	0,026
Mekoprop	0,030	0,034	0,028
Fluroksypyr	0,004	0,006	0,009
Izoproturon	0,024	0,030	0,028
Chlortoluron	0,018	0,026	0,029
Klopyralid	0,030	0,036	0,032
Pendimetalina	0,036	0,042	0,034
Diflufenikan	0,010	0,018	0,016
Trifluralina	0,008	0,0106	0,004

Źródło: badania własne.

że dopuszczalne stężenie pozostałości w próbkach roślinnych wynosi $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a w przypadku gleby (warstwa 0-30 cm) $0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Zgodnie z przyjętym podziałem, na podstawie wieloletnich badań pozostałości substancji aktywnych herbicydów w głównych uprawach rolniczych, stwierdzono, że:

- średnio w 84% próbek roślinnych i 63% próbek gleby nie wykryto pozostałości analizowanych substancji lub stwierdzone stężenie pozostałości było na poziomie oznaczalności zastosowanych metod analitycznych (100 i więcej razy niższe od NDP);
- w przypadku 16% próbek roślinnych i 37% próbek gleby oznaczone pozostałości były wyższe od $0,001 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (od kilku do 100 razy niższe od NDP);
- w żadnej z analizowanych próbek roślinnych i glebowych nie stwierdzono pozostałości, których stężenie przekraczało wartości dopuszczalne.

Przedstawione wyniki badań pozostałości substancji aktywnych herbicydów w podstawowych uprawach rolniczych wskazują, że stosowanie herbicydów nie stanowi zagrożenia dla ludzi i środowiska rolniczego (w odniesieniu do norm). Jednak pobrane próbki roślinne i glebowe pochodziły z pól, na których wszystkie zabiegi agrotechniczne oraz aplikacja herbicydów była kontrolowana i zgodna z zaleceniami. Nie można jednak ustrzec się sporadycznych przypadków przekroczeń wartości dopuszczalnych, które spowodowane są zwykle niewiedzą rolników, złym stanem technicznym sprzętu opryskującego, przekraczaniem dawki zalecanej, stosowaniem środków podrabianych lub przemyślanym działaniem farmera, który celowo niszczy plantację, licząc na odszkodowanie (20). Na podstawie zgłoszeń związanych z oceną skutków omawianych nieprawidłowości można stwierdzić, że przekroczenia norm stężeń pozostałości występują w 10-20% przypadków, tj. 8-15 próbek rocznie (20).

Podobne badania prowadzone są dla innych upraw polowych, warzyw i owoców. Wyniki tych prac również potwierdzają obecność pozostałości środków ochrony roślin, a ich udział w poszczególnych grupach jest różny i zależy od przyjętej metodyki badań i sposobu ich interpretacji (1, 2, 5, 16, 22).

Ograniczanie dawek herbicydów, a zanieczyszczenie środowiska

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 liczby zabiegów do niezbędnego minimum. W ślad za decyzjami rządowymi nadeszła pora na opracowanie konkretnych rozwiązań praktycznych. W wielu krajach rozpoczęto intensywne badania naukowe mające na celu wypracowanie, dla lokalnych warunków, właściwych metod umożliwiających zmniejszenie zużycia chemicznych środków ochrony roślin, z jednoczesnym zachowaniem pożądanej skuteczności 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⁻¹, herbicydy wieloskładnikowe itp.) oraz zmian w technice i sposobie aplikacji środków chwastobójczych. Do najważniejszych działań umożliwiających redukcję łącznej (sumarycznej) dawki herbicydów wprowadzanej do środowiska należy wykorzystanie właściwości środków wspomagających (adiuwantów) oraz stosowanie systemu dawek dzielonych i mikrodawek.

Na podstawie wyników badań prowadzonych na plantacjach buraka cukrowego można stwierdzić, że stosowanie adiuwantów oraz systemu dawek dzielonych znacząco ogranicza łączną ilość wprowadzanych do środowiska herbicydów bez obniżania poziomu skuteczności chwastobójczej i umożliwia obniżenie stężenia pozostałości tych substancji w glebie i korzeniach buraka nawet o 30-70%, w porównaniu z zawartością stwierdzoną przy stosowaniu tradycyjnych zabiegów ochrony roślin (14, 15).

Monitoring wód śródpolnych

Badania z zakresu zachowania się herbicydów w środowisku wykazały, że wiele substancji aktywnych może przenikać do wód gruntowych. Proces ten uzależniony jest od stopnia ich rozpuszczalności i poziomu sorpcji. Przenikać mogą przede wszystkim te herbicydy, które są stosunkowo słabo związane przez glebę i charakteryzują się większą trwałością (10, 11).

Wody powierzchniowe są znacznie bardziej narażone na zanieczyszczenia agrochemikaliami niż wody gruntowe. Herbicydy mogą się tam dostawać wskutek splukiwania cząsteczek gleby ze skłonów, a przede wszystkim jako wynik nieprawidłowości w czasie wykonywania oprysków (znoszenie cieczy opryskowej, wylewanie resztek cieczy roboczej, mycie opryskiwaczy itp.); (20).

W wielu krajach badania monitoringowe prowadzone są na dużą skalę. Obserwacji poddawane są wody powierzchniowe i gruntowe oraz ujęcia wody pitnej. Obok rutynowej kontroli czystości wód prowadzi się prace badawcze w terenie w celu weryfikacji wyników uzyskanych w badaniach modelowych oraz lepszego poznania mechanizmów i procesów wpływających na zachowanie się herbicydów w środowisku. Uzyskane przez poszczególnych autorów wyniki są różne w zależności od skali i metodyki badań.

Badania zanieczyszczeń herbicydowych wód śródpolnych prowadzono, wykorzystując sieć stałych punktów pobierania próbek wody w terenie. Sieć punktów rozpoczęto zakładać w roku 1983 na terenach rolniczych Dolnego Śląska. Obecnie wody pobierane są z 45 punktów, z których 27 obejmuje płynące wody powierzchniowe (cieki śródpolne, rowy melioracyjne), a 18 wody gruntowe (studnie o różnej głębokości). Próbkę wody pobierane są wiosną i jesienią, około 4-6 tygodni po nominalnym okresie aplikacji herbicydów (12).

Na podstawie wieloletnich badań (25 lat) stwierdzono, że zarówno w wodach powierzchniowych, jak i gruntowych występują pozostałości badanych substancji aktywnych herbicydów. Stężenia pozostałości i częstość ich występowania były zróżnicowane w zależności od miejsca i terminu pobierania próbek, warunków pogodowych

w danym roku, jak również od rodzaju uprawy i stosowanych środków ochrony roślin. W tabeli 2 przedstawiono maksymalne pozostałości dwunastu badanych substancji aktywnych, jakie wykryto w okresie od wiosny 2000 do jesieni 2005 roku. Najwyższe wykryte pozostałości w wodach powierzchniowych ($0,001-0,002 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) dotyczą substancji aktywnych herbicydów z grupy triazyn (atrazyna, symazyna) i pochodnych fenoksykwasów (2,4-D, MCPA). Pozostałości innych związków nie przekraczały stężenia $0,0005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, a stężenia pozostałości w wodach gruntowych były niższe. Pozostałości substancji z grupy triazyn, pochodnych fenoksykwasów i chlorotoluronu, nie przekraczały $0,0005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, a pozostałych $0,0001 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (tab. 3).

Tabela 2

Maksymalne pozostałości substancji aktywnych herbicydów wykryte w wodach powierzchniowych na terenach rolniczych Dolnego Śląska (2000–2005)

Substancja aktywna	Pozostałości ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	
	wiosna	jesień
Atrazyna	0,00128	0,00098
Symazyna	0,00104	0,00087
Cyjanazyna	0,00012	0,00012
Metamitron	0,00018	0,00012
2,4-D	0,00136	0,00086
MCPA	0,00220	0,00134
Dichlorprop	0,00008	0,00002
Dikamba	0,00048	0,00034
Klopyralid	0,00006	0,00004
Izoproturon	0,00044	0,00038
Linuron	0,00032	0,00024
Chlortoluron	0,00046	0,00040

Źródło: badania własne.

Tabela 3

Maksymalne pozostałości substancji aktywnych herbicydów wykryte w wodach gruntowych na terenach rolniczych Dolnego Śląska (2000–2005)

Substancja aktywna	Pozostałości ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	
	wiosna	jesień
Atrazyna	0,00048	0,00036
Symazyna	0,00036	0,00022
Cyjanazyna	0,00006	0,00004
Metamitron	0,00008	0,00010
2,4-D	0,00034	0,00026
MCPA	0,00052	0,00036
Dichlorprop	0,00002	0,00002
Dikamba	0,00014	0,00008
Klopyralid	0,00002	0,00002
Izoproturon	0,00008	0,00006
Linuron	0,00010	0,00005
Chlortoluron	0,00018	0,00016

Źródło: badania własne.

Oceny wielkości skażeń herbicydowych w wodach gruntowych dokonano, porównując wyniki badań do norm określających dopuszczalny poziom pozostałości w wodzie pitnej (4). Dyrektywa określa jako dopuszczalny poziom pozostałości $0,0001 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ pojedynczej substancji i $0,0005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ pozostałości sumarycznych. Podobnie jak w przypadku pozostałości w glebie i materiale roślinnym prowadzone badania monitoringowe wskazują, że w przypadku wód powierzchniowych odsetek prób, w których nie wykryto pozostałości wynosił 79%, próbek z pozostałościami było 17%, a próbek z pozostałościami przekraczającymi normy dla wody pitnej 4%. W przypadku wody gruntowej udział próbek wynosił odpowiednio 85, 14 i 1%.

Podsumowanie

Wyniki badań prowadzonych w ostatnim dwudziestoleciu na plantacjach głównych upraw rolniczych nie wykazały, aby w roślinach wykryto pozostałości substancji aktywnych herbicydów w stężeniu przekraczającym wartości podane w normach.

Przestrzeganie zaleceń producentów środków ochrony roślin, jak również zasad dobrej praktyki rolniczej znacząco ogranicza możliwości wystąpienia zanieczyszczeń gleby bądź produktów roślinnych. Nie można się jednak ustrzec sporadycznych przypadków przekroczeń dopuszczalnego poziomu pozostałości w materiale roślinnym lub glebie.

Oprócz badań monitoringowych ważne są również badania modelowe. Prowadzenie tych prac pozwala lepiej poznać zachowanie się herbicydów w środowisku (gleba, woda) i materiale roślinnym oraz na selekcję i ewentualną eliminację lub ograniczenie w stosowaniu tych substancji, które ze względu na np.: powolny rozkład, kumulację w częściach zielonych i owocach, szybkie przemieszczanie w profilu glebowym i przenikanie do wód, może stanowić zagrożenie dla środowiska.

Dalsze prowadzenie badań modelowych i monitoringowych gleb, produktów roślinnych i wody są konieczne w celu wychycenia bezpośrednich i pośrednich zagrożeń, jakie dla człowieka i środowiska stwarzać mogą stosowane w produkcji rolniczej środki ochrony roślin. Stanowią one również element nowoczesnego rolnictwa, ochrony środowiska i jakościowej kontroli produktów rolnych.

Literatura

1. Boobis A.R., Ossendorp B.C., Banasiak U., Hamey P.Y., Sebestyen I., Moretto A.: Cumulative risk assessment of pesticide residues in food. *Toxicol. Lett.*, 2008, **180(2)**: 137-140.
2. Dąbrowski J., Nowacka A., Martinek B., Walorczyk S., Drożdżyński D., Schwarz K., Kudła M., Gierschendorf Z., Chmielewska E., Barylska E., Ziółkowski A., Giza I., Murawska M., Sztwiertnia U., Morzycka B., Sadło S., Rupa J., Langowska B., Michel M.: Obraz skażeń pozostałościami chemicznych środków ochrony roślin upraw rolniczych w Polsce w latach 1996–2000. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2001, **41(1)**: 95-109.

3. Drożdżyński D.: Residues and transfer of triazine herbicides in ground waters of intensively exploited arable land in Wielkopolska province of Poland. *J. Plant Prot. Res.*, 2006, **46(2)**: 145-151.
4. Dyrektywa **98/83/EC** Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 listopada 1998 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
5. Gnusowski B., Nowacka A., Giza I., Sztwiertnia U., Łozowicka B., Kaczyński P., Szpyrka E., Rupař J., Rogozińska K., Kuźmenko A., Sadłõ S.: Kontrola pozostałości środków ochrony roślin w paszach pochodzenia roślinnego w roku 2006. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(4)**: 38-41.
6. Greenhalgh R.: Definition of persistence in pesticide chemistry. *Pure Anal. Appl. Chem.*, 1980, **52**: 2563-2566.
7. Jun C., Hua G., Hongmei Z., Lei J., Hong Y.: Effects of SOM, surfactant and pH on the sorption-desorption and mobility of prometryne in soils. *Chemosphere*, 2008, **70(11)**: 2127-2135.
8. Kaushik M., Neera S.: Effect of soil amendments on sorption and mobility of metribuzin in soil. *Chemosphere*, 2007, **66(4)**: 630-638.
9. Koskinen W. C., Calderon M. J., Rice P. J., Cornejo J.: Sorption-desorption of flucarbazone and propoxycarbazone and their benzenesulfonamide and triazolinone metabolites in two soils. *Pest Manag. Sci.*, 2006, **62(7)**: 598-608.
10. Kostowska B., Sadowski J.: Przemieszczanie w profilu glebowym herbicydów stosowanych do odchwaszczania kukurydzy. *Mat. 32 Sesji Nauk. IOR*, 1992, **32(2)**: 164-167.
11. Kostowska B., Głabiszewski J., Kiepuł J.: Przemieszczanie się w glebie niektórych herbicydów stosowanych w ziemniakach, jęczmieniu jarym i kukurydzy w doświadczeniach lizymetrycznych. *Mat. 26 Sesji Nauk. IOR*, 1986, **26(2)**: 321-328.
12. Kucharski M.: Pozostałości herbicydów w wodach powierzchniowych i gruntowych na terenach rolniczych. *Pam. Puł.*, 2004, **138**: 89-97.
13. Kucharski M.: Regulacja zachwaszczenia – stan aktualny i potrzeby. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2008, **48(1)**: 20-24.
14. Kucharski M.: Changes in application system – influence on herbicides residue in soil and sugar beet roots. *J. Plant Prot. Res.*, 2009, **49(4)**: 385-389.
15. Kucharski M., Domaradzki K., Wujek B.: Micro-rates of herbicides used in sugar beet crop – influence on herbicide residues level in roots and soil. *Pestycydy/Pesticides*, 2008, **(3-4)**: 63-69.
16. Nowacka A., Gnusowski B., Dąbrowski J., Walorczyk S., Drożdżyński D., Wójcik A., Barylska E., Ziółkowski A., Chmielewska E., Morzycka B., Giza I., Sztwiertnia U., Sadłõ S., Rupař J., Szpyrka E., Rogozińska K., Kuźmenko A.: Pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych (rok 2004). *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2005, **45(1)**: 305-316.
17. Rozporządzenie Komisji WE nr 839/2008 z dn. 31 lipca 2008. *Dz. U. L 234* z 30.08.2008, 1-216.
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi *Dz. U. Nr 02.165.1359* z 04.10.2002.
19. Sadowski J., Kucharski M., Rola H.: Pozostałości herbicydów w środowisku glebowo-wodnym. *UWM Olsztyn, Biul. Nauk.*, 2001, **12**: 23-32.
20. Sadowski J., Kucharski M.: Skutki niewłaściwego, w tym celowego stosowania herbicydów. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2005, **45(1)**: 429-434.
21. Sadowski J., Kucharski M.: Herbicide residues of water in the water-collecting area of Widawa river. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2006, **15(5)**: 441-445.
22. Singh D. K., Singh G., Srivastava A., Sand N. K.: Harvest time residue of isoproturon in soil, wheat grain and straw. *Pant. J. Res.*, 2008, **6(1)**: 125-127.
23. Sekutowski T., Sadowski J., Kucharski M.: Dynamika rozkładu i przemieszczania się w glebie chlorosulfuronu. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2008, **48(4)**: 1250-1254.
24. Shobha S.: Terminal residues of imazethapyr in soybean grains, straw and soil. *Pest. Res. J.*, 2008, **20(1)**: 128-129.

25. Tomlin C. D. S.: The pesticide manual (14th ed.). BCPC Publication: Alton-Hampshire, UK, 2006.

Adres do korespondencji:

doc. dr hab. Mariusz Kucharski
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