

STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB

ZESZYT 28(2)

2012

Jerzy Sadowski, Mariusz Kucharski

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*HERBICYDY W UPRAWIE RZEPAKU – POZOSTAŁOŚCI
W ŚRODOWISKU*

Wstęp

Rzepak należy do roślin uprawnych o dużym znaczeniu gospodarczym. Jest surowcem dla przemysłu spożywczego, produkcji pasz oraz biopaliw. Do odchwaszczania rzepaku stosowane są preparaty zawierające pojedyncze substancje aktywne oraz ich mieszaniny. Wprawdzie brak jest odpowiednich danych statystycznych, ale można przyjąć, że w zdecydowanej większości upraw tej rośliny w kraju stosowane są herbicydy. W chwili obecnej zarejestrowanych jest w Polsce kilkanaście preparatów bazujących na 7 substancjach aktywnych (tab. 1). Ponadto listę herbicydów można uzupełnić środkami z grupy antywylegaczy (CCC), jak również preparatami nieselektywnymi (glifosat) stosowanymi przed siewem rzepaku. Prawidłowo stosowane herbicydy stanowią istotny element stabilizacji plonowania w produkcji roślinnej i przyczyn-

Tabela 1

Substancje aktywne i preparaty stosowane do odchwaszczania upraw rzepaków

Substancja aktywna	Herbicyd
Alachlor	Lasso 480 EC
Chlomazon	Command 480 EC
Chlopyralid	Lontrel 300 SL, Galera 334 SL
Dimetachlor	Colzor Trio 405 EC
Fluazifop-P-butylu	Fusilade Forte 100 E
Karfentrazon etylowy	Spotlight Plus 060 EO
Kwizalofop etylu	Targa
Kwizalofop-P-etylu	Targa Super 5 EC
Kwizalofop-P-tefurylu	Pantera 040 EC
Metazachlor	Butisan Star 416 EC, Metazanex 500 SC
Napropamid	Colzor Trio 405 EC, Devrinol 450 SC
Propyzamid	Kerb 50 WP

 – stosowane obecnie

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

nią się do uzyskania jakościowej i ilościowej zwyżki plonów. Chemiczna ochrona roślin, tak jak i pozostałe elementy warsztatu rolnika, wymaga przestrzegania zasad dobrej praktyki. Uchybienia i odstępstwa od tych zasad prowadzą do strat w plonach i skażeń środowiska. Dobra praktyka rolnicza w tym względzie jest wręcz nieodzowna. Kontrola i badania pozostałości stosowanych agrochemikaliów mają na celu ochronę zdrowia konsumenta i dbałość o środowisko, są również jednym z elementów zasad dobrej praktyki w rolnictwie.

Cel badań

W swojej działalności Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli IUNG we Wrocławiu poświęcał wiele uwagi zagadnieniom pozostałości i zachowania się herbicydów w środowisku, w tym również herbicydom stosowanym w uprawach rzepaku.

Badania z tego zakresu obejmują następujące zagadnienia:

- pozostałości w glebie, nasionach i słomie rzepaku,
- dynamika rozkładu substancji biologicznie aktywnej w glebie i roślinie uprawnej oraz w wodzie,
- przenikanie pozostałości do wód powierzchniowych i gruntowych,
- zagrożenie pozostałościami upraw następczych w płodozmianie.

Taki zakres badań pozwala na ocenę poziomu zanieczyszczeń herbicydowych, jakie potencjalnie mogą powstawać w wyniku chemicznego odchwaszczania upraw rzepaku.

Ze względu na specyfikę uprawy rzepaku ozimego oraz warunki klimatyczne panujące w Polsce niejednokrotnie mogą mieć miejsce przypadki uszkodzeń roślin uprawnych w zimie. Jeżeli skala uszkodzenia plantacji jest na tyle znaczna, że zachodzi konieczność jej przeorania i zastąpienia inną uprawą znaczenia nabiera problem poziomu zawartości w glebie zastosowanego wcześniej herbicydu. Dlatego też ważne jest określenie dynamiki rozkładu herbicydów stosowanych jesienią w uprawach rzepaku ozimego.

Metodyka badań

Badano pozostałości alachloru, chlomazonu, chlopyralidu, kwizalofopu-etylu, kwizalofop-P-etylu, kwizalofop-P-tefurylu, dimetachloru, karfentrazonu etylowego, fluazifopu, metazachloru, napropamidu i propyzamidu. Substancje te stosowano w formie preparatów w maksymalnych dopuszczalnych dawkach. Materiałem do badań były próbki pochodzące z doświadczeń herbicydowych prowadzonych przez Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli IUNG w latach 2000–2010 na terenie Dolnego Śląska. Do badań pobierano głównie nasiona i glebę w momencie zbioru rzepaku ozimego. W ograniczonej skali przeprowadzono również badania słomy oraz gleby pobieranej w momencie zbioru rzepaków. Pobierane w ramach monitoringu zanieczyszczeń herbicydowych na terenach zlewni rzek: Ślęzy, Bystrzycy, Oławy i Widawy próbki wód powierzchniowych i studziennych analizowano również na zawartość wymienionych substancji aktywnych. Pozwoliło to na ocenę zanieczyszczeń środowi-

ska wodnego wnoszonego z upraw rzepaku. Uzupełnieniem badań były próbki pochodzące z terenu całego kraju, w których, w ramach ekspertyz zleczanych przez różne instytucje (inspektoraty ochrony roślin, towarzystwa ubezpieczeniowe, policję oraz rolników indywidualnych), wykonywano analizy niezbędne do ustalenia przyczyn uszkodzenia upraw. Oznaczenia pozostałości w wyżej wymienionych rodzajach próbek wykonywano w laboratorium chemicznym Zakładu Herbologii i Techniki Uprawy Roli z wykorzystaniem techniki chromatografii gazowej i wysokosprawnej chromatografii cieczowej (1, 5-9).

Tabela 2

Charakterystyki metod analitycznych oznaczania pozostałości

Substancja aktywna	Wykrywalność (ng)	Oznaczalność (mg·kg ⁻¹)
Alachlor	0,08	0,02
Chlomazon	0,01	0,002
Chlopyralid	0,01	0,002
Dimetachlor	0,08	0,002
Fluazifop-P-butylu	0,10	0,006
Karfentrazon etylowy	0,50	0,008
Kwizalofop etylu	0,01	0,002
Kwizalofop-P-etylu	0,01	0,002
Kwizalofop-P-tefurylu	0,10	0,006
Metazachlor	0,08	0,006
Napropamid	0,10	0,002
Propyzamid	0,10	0,006

Źródło: badania własne.

Wyniki

Dynamika rozkładu i pozostałości w glebie substancji aktywnych stosowanych herbicydów

Degradacja substancji aktywnej herbicydu zależy od bardzo wielu czynników. Wpływ na ten proces mają właściwości fizykochemiczne samej substancji, jak również warunki środowiskowe (temperatura, nasłonecznienie, wilgotność, zasobność gleby w mikroorganizmy, kwasowość gleby itp.). Finalnymi produktami degradacji są substancje proste (woda, dwutlenek węgla, tlenki azotu itp.). Zanim jednak dojdzie do całkowitego rozkładu w środowisku i roślinach uprawnych pojawiają się różne produkty rozpadu substancji aktywnej, które określamy ogólnym mianem pozostałości.

Pozostałości substancji aktywnych zawarte w glebie mogą być pobierane przez system korzeniowy rośliny. Działanie herbicydu jest determinowane stopniem wrażliwości rośliny oraz tym, czy substancja aktywna zawarta w glebie znajduje się w zasięgu systemu korzeniowego i stopniem jej dostępności dla rośliny.

Właściwości sorpcyjne gleby powodują, że jedynie część herbicydu zawartego w glebie jest dostępna dla roślin. Stopień uwilgotnienia gleby i jej kompleks sorpcyjny decydują w jakim stopniu substancja aktywna będzie pobierana przez rośliny. Wymienione czynniki decydują również o stopniu i tempie przemieszczania się herbicydu w profilu glebowym, a tym samym umiejscowienia substancji aktywnej względem systemu korzeniowego.

Warunki meteorologiczne, takie jak wielkość i rozkład w czasie opadów oraz zmiany temperatury wpływają na procesy umiejscowienia w profilu glebowym i dostępności dla roślin pozostałości substancji aktywnych herbicydów, a tym samym decydują o ich fitotoksyczności.

Podatność na rozkład, czyli persystencja substancji aktywnych zależą w znacznym stopniu od właściwości fizykochemicznych tych substancji. Miarą ich trwałości w środowisku jest okres połowicznego rozkładu (DT_{50}). W tabeli 3 przedstawiono dane odnoszące się do okresów połowicznego rozkładu związków, które stosowane są w formie preparatów chwastobójczych w uprawie rzepaku.

W ostatnim dziesięcioleciu zaszły zmiany w asortymencie stosowanych środków chwastobójczych. Część z nich została w ciągu ostatniej dekady wycofana z zaleceń herbicydowych. Niemniej jednak w prezentowanym opracowaniu przedstawiono również wyniki badań substancji stosowanych w pierwszej połowie lat 2000–2010, a obecnie już wycofanych z użycia.

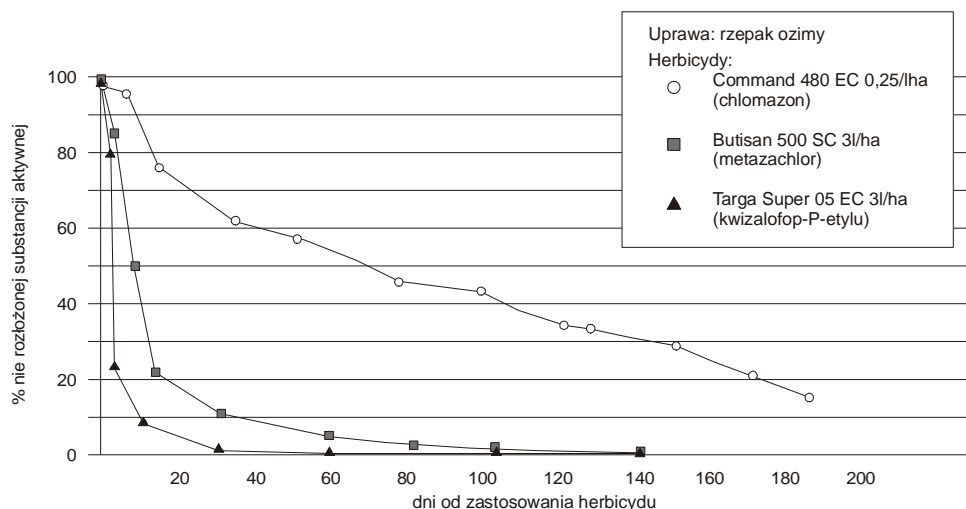
Badania dynamiki rozkładu pozwalają na ocenę zachowania się substancji aktywnej w środowisku glebowym. Wyniki tych badań są niezbędne do określenia trwałości danej substancji w glebie. Prezentowane w tabeli 3 dane podają wartości średnie. Na rysunku 1 przedstawiono przebieg typowych dynamik zanikania w glebie trzech substancji aktywnych (chlomazonu, metazachloru i kwizalofopu-P-etylu). Substancje te charakteryzują się różną podatnością na rozkład, co w konsekwencji przekłada się na

Tabela 3

Okresy połowicznego rozkładu w glebie w warunkach polowych

Substancja aktywna	DT_{50} (dni)
Alachlor	14
Chlomazon	83
Chlopyralid	34
Dimetachlor	7
Fluazifop-P-butylu	1
Karfentrazon etylowy	2
Kwizalofop etylu	60
Kwizalofop-P-etylu	2
Kwizalofop-P-tefurylu	1
Metazachlor	8
Napropamid	70
Propyzamid	47

Źródło: FOOTPRINT project <http://www.eufootprint.org> (2).



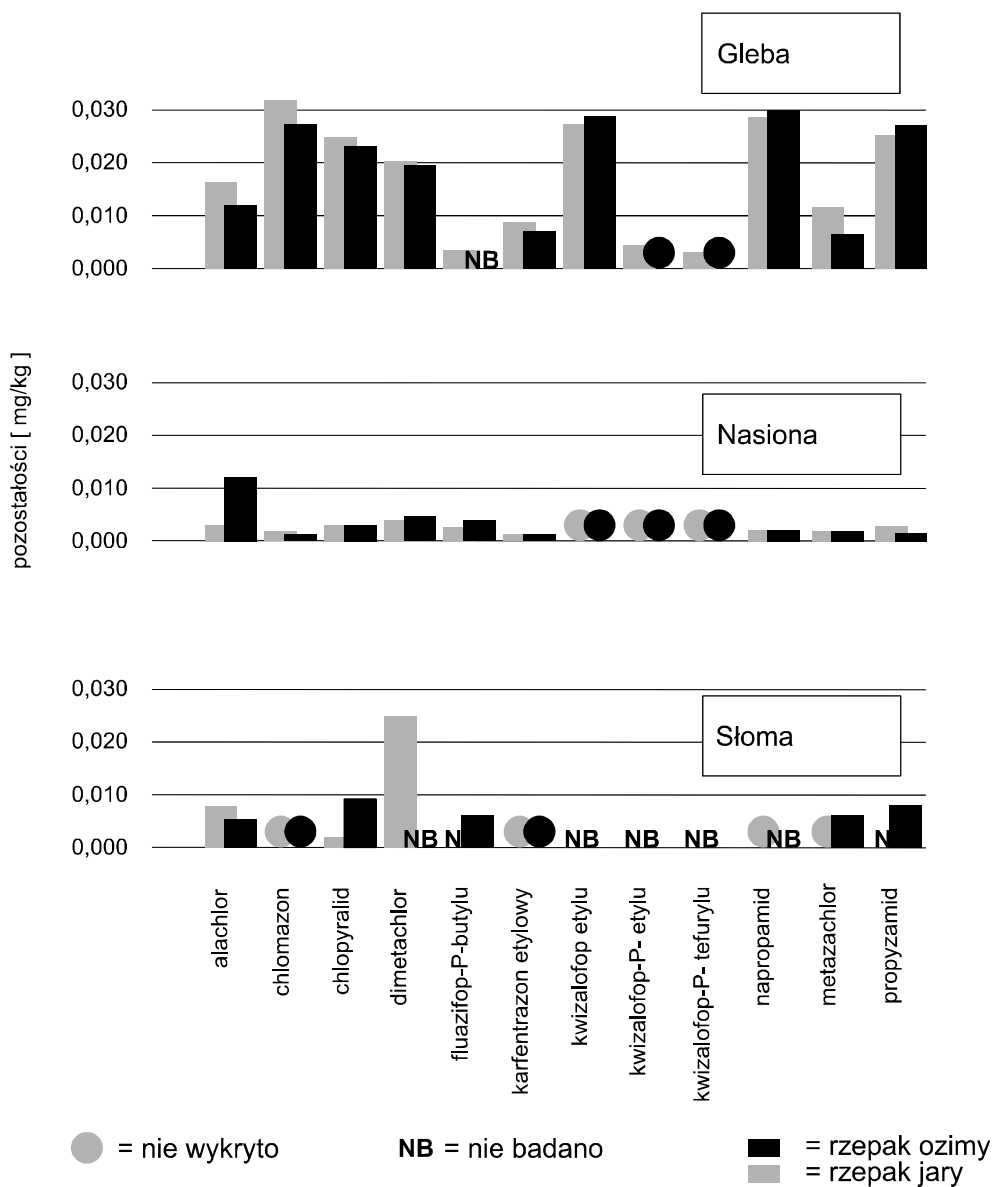
Rys. 1. Przykładowe dynamiki rozkładu w glebie wybranych herbicydów stosowanych do odchwaszczania rzepaku

Źródło: badania własne.

zróznicowany przebieg ich zanikania w glebie. Chlomazon to substancja bardziej trwała od pozostałych i jej rozkład był wyraźnie wolniejszy. Spadek stężenia początkowego w glebie dla tego związku odnotowano po 70 dniach. Pozostałe dwie z badanych substancji rozkładały się wyraźnie szybciej. W przypadku metazachloru spadek stężenia o 50% obserwowano po 12 dniach. Natomiast połowa ilości kwizalofopu-P-etylu ulegała rozkładowi już po 2 dniach. W przypadku tej ostatniej substancji niską trwałość posiada właśnie izomer optyczny, który oprócz szybkiego rozkładu odznacza się pożądanym działaniem fitotoksycznym w stosunku do chwastów. Stosowana wcześniej mieszanina racemiczna obydwu izomerów tego związku ulegała degradacji znacznie wolniej (drugi z izomerów jest w glebie znacznie bardziej trwały), ponadto potrzeba było użycia wyższych dawek dla uzyskania odpowiedniego efektu chwastobójczego. Podobny efekt (szybki rozkład i zachowanie działania chwastobójczego) uzyskano, stosując fluzifop-P-butylu.

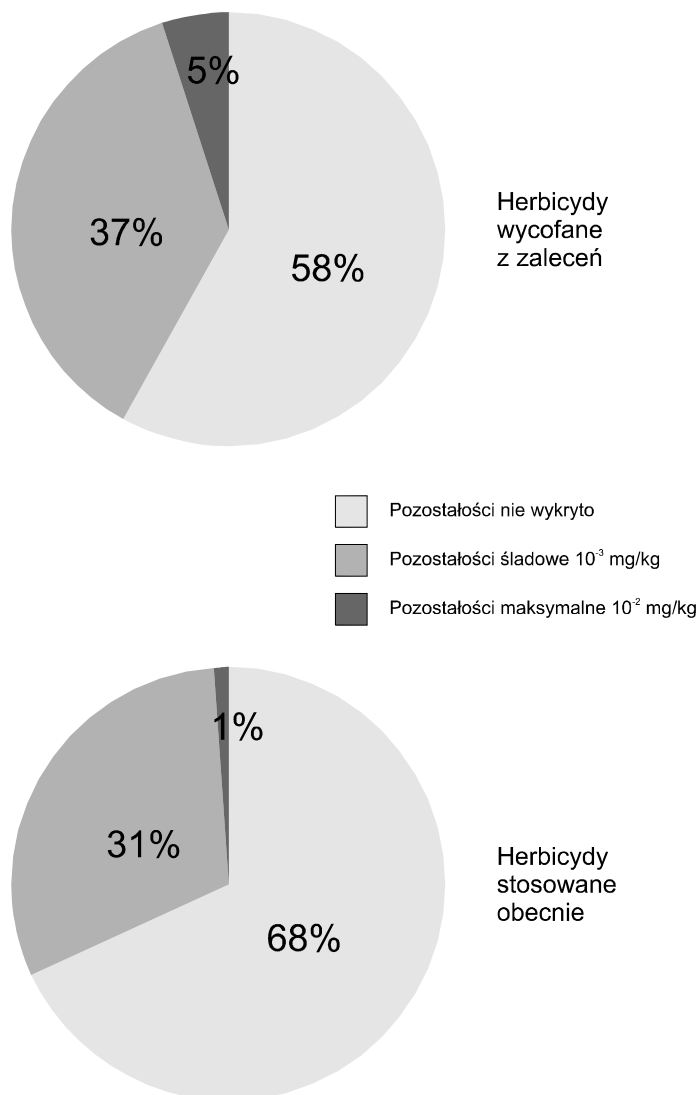
Przebieg dynamik zanikania wskazuje, że w przypadku chlomazonu po około 180 dniach od aplikacji w glebie pozostaje około 20% początkowej ilości tej substancji. Jak wykazano w przeprowadzonych badaniach (13) taki poziom pozostałości może być problemem dla upraw następczych w płodozmianie. Na rysunku 2 przedstawiono maksymalne wykryte w glebie w okresie ostatniej dekady pozostałości substancji aktywnych herbicydów stosowanych w uprawie rzepaków. Jak wynika z prezentowanych danych pozostałości powyżej $0,020 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dawały substancje w większości wycofane już z praktyki rolniczej (kwizalofop etylu, napropamid czy propyzamid). Nie stwierdzono również istotnych różnic pomiędzy maksymalnym poziomem pozostałości w rzepakach ozimych i jarym.

Informacja o maksymalnych pozostałościach wykrytych w glebie na przestrzeni ostatniego dziesięciolecia jest niepełna. Dopiero podanie częstotliwości występowania



Rys. 2. Maksymalne pozostałości w glebie i plonie herbicydów stosowanych w uprawach rzepaków
Źródło: badania własne.

nia wraz z podziałem na poziomy tych pozostałości daje miarodajny obraz skażenia gleb w uprawach rzepaków. Na rysunku 3 przedstawiono odnośne dane uzyskane na przestrzeni lat 2000–2010. Dodatkowo wprowadzono podział na herbicydy wycofane w tej dekadzie z praktyki i stosowane w chwili obecnej.



Rys. 3. Częstotliwość występowania i poziomy pozostałości herbicydów w glebie z upraw rzepaków jarego i ozimego w latach 2000–2010

Źródło: badania własne.

Z prezentowanych danych wynika, że ponad połowa przypadków to brak pozostałości w glebie (nawet w odniesieniu do herbicydów już wycofanych). Jedynie 5% badanych próbek zawierało pozostałości rzędu 10^{-2} mg \cdot kg $^{-1}$, a obecnie stosowane herbicydy dawały pozostałości na tym poziomie jedynie w przypadku 1% badanych prób.

Mówiąc o pozostałościach w glebie celowo nie prezentowano odrębnych wyników dla upraw rzepaków jarego i ozimego. Pomimo że okresy od aplikacji herbicy-

dów do zbioru rzepaku są różne w przypadku obu tych roślin, to jednak poziom pozostałości oznaczanych w czasie zbioru jest zbliżony. Po jesiennym stosowaniu herbicydów w okresie zimy procesy biologicznej degradacji ulegają zahamowaniu, a dalszy rozkład rusza ponownie dopiero wiosną (3, 4). Stwarzać to może problem dla roślin następczych w przypadku konieczności likwidacji plantacji (np. po wymarznieniu roślin). W takim przypadku rolnik zmuszony jest do uprawy roślin odpornych na substancję aktywną zastosowanego herbicydu. Najczęściej jest to uprawa rzepaku jarego.

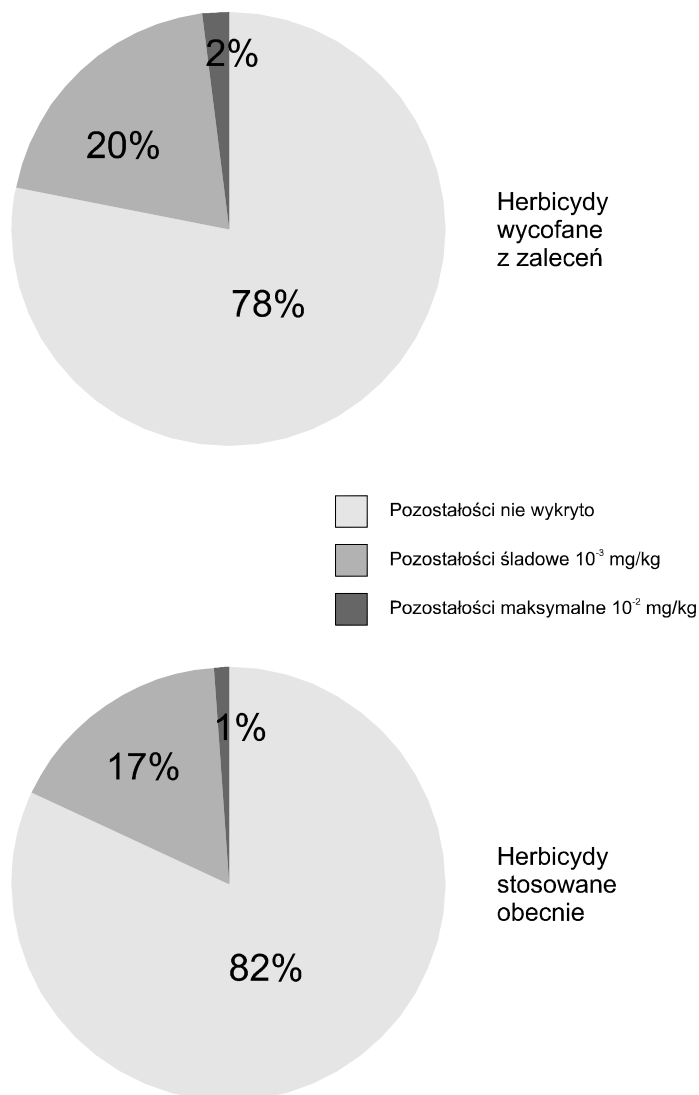
Pozostałości w roślinach rzepaków

Z punktu widzenia konsumenta mówiąc o roślinach mamy na myśli zbierany plon. Konsumenta i odbiorcę interesują głównie ewentualne pozostałości w nasionach rzepaku. Słoma rzepakowa, pomimo że jest składową plonów, jest mniej istotnym elementem. Z tego względu nie przedstawiono dynamiki zanikania herbicydów w roślinach rzepaku, a jedynie wyniki badań pozostałości w nasionach i słomie. Ponadto dopuszczalny poziom pozostałości jest normowany odpowiednimi przepisami (10), określającymi najwyższe dopuszczalne pozostałości (NDP), które mogą znajdować się w środkach spożywczych lub na ich powierzchni.

Podobnie jak dla gleby na rysunku 2 przedstawiono maksymalne wykryte pozostałości herbicydów na przestrzeni lat 2000–2010 w nasionach i słomie rzepaków. Poza alachlorem, którego pozostałości maksymalne nieznacznie przekraczały $0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ wszystkie pozostałe z oznaczanych substancji niezależnie czy analizowane były nasiona rzepaków jarego, czy ozimego występowały w ilościach nieprzekraczających $0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dopuszczalny poziom pozostałości jest dziesięciokrotnie wyższy i wynosi $0,10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Taki rezultat jest dowodem na efektywne wprowadzanie zasad rolnictwa zrównoważonego i znaczącą poprawę w dziedzinie technik chemicznej ochrony roślin.

Analiza uzyskanych na przestrzeni lat 2000–2010 wyników wskazuje, że 78%, a w przypadku herbicydów stosowanych obecnie nawet 82% próbek nasion rzepaków nie zawiera wykrywalnych pozostałości (rys. 4). Pozostałości śladowe (na poziomie $10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) herbicydów już wycofanych wykryto w 20% próbek, a stosowanych obecnie w 17% prób. Pozostałości maksymalne (rzędu $10^{-2} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) zawarte były w 2% prób herbicydów wycofanych starszej generacji i w 1% prób w przypadku herbicydów stosowanych obecnie.

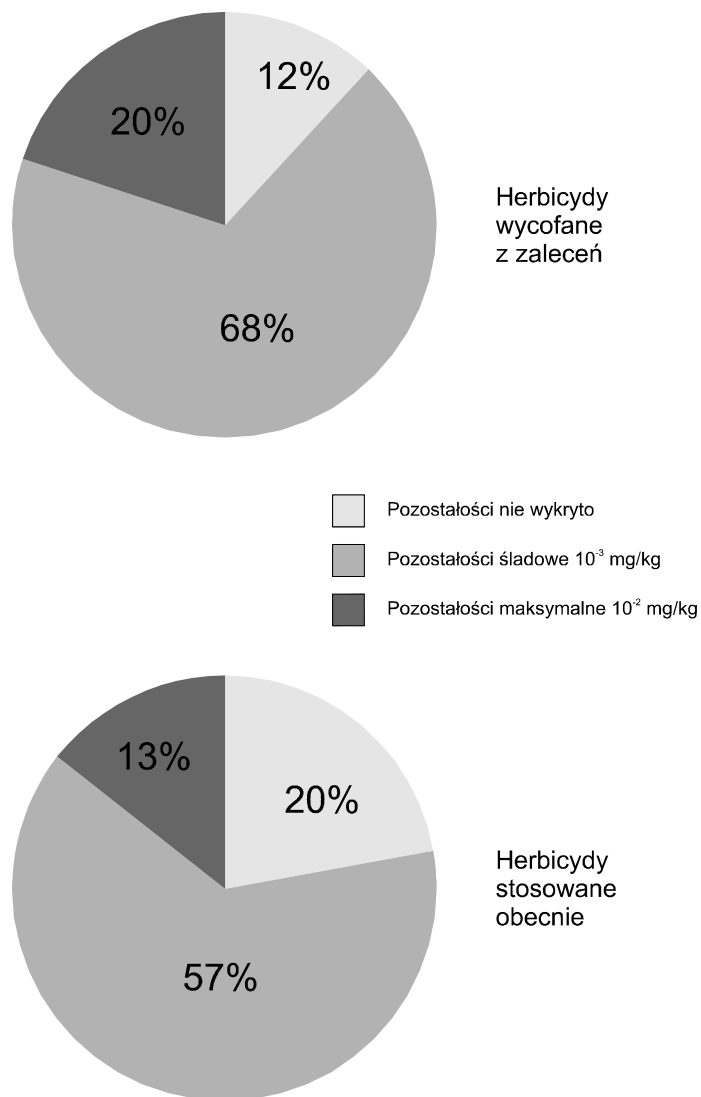
W słomie rzepakowej (rys. 2) jedynie w przypadku rzepaku jarego wykryto pozostałości dimetachloru nieco ponad $0,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. W pozostałych badanych próbkach pozostałości nie wykryto lub nie przekraczały one wartości $0,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nie stwierdzono również istotnych różnic pomiędzy słomą rzepaku jarego i ozimego. Analiza uzyskanych wyników wykazała, że 12% prób słomy nie zawierało wykrywalnych pozostałości (w przypadku gdy stosowano preparaty obecnie już wycofane). Odsetek ten był wyższy i wynosił 20% dla zalecanych obecnie substancji aktywnych (rys. 5).



Rys. 4. Częstotliwość występowania i poziomy pozostałości herbicydów w nasionach rzepaków jarego i ozimego w latach 2000–2010

Źródło: badania własne.

Pozostałości na poziomie śladowym (rzędu 10^{-3} mg \cdot kg $^{-1}$) stwierdzono w 68% prób dla herbicydów już wycofanych, a w 57% przebadanych prób słomy wykryto ślady substancji aktywnych stosowanych obecnie. Pozostałości rzędu 10^{-2} mg \cdot kg $^{-1}$ wykryto w 20% przypadków dla substancji już niestosowanych i w 13% dla herbicydów zalecanych obecnie.



Rys. 5. Częstotliwość występowania i poziomy pozostałości herbicydów w słomie rzepaków jarego i ozimego w latach 2000–2010

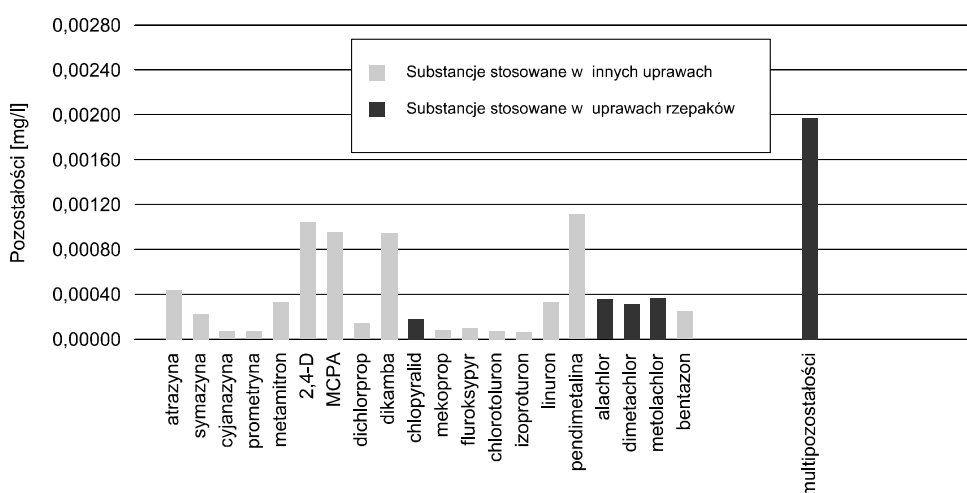
Źródło: badania własne.

Pozostałości herbicydów stosowanych w rzepakach w wodach na terenach rolniczych

Szacując ryzyko zanieczyszczenia wód środkami ochrony roślin, należy pamiętać, że znacznie bardziej niż wody gruntowe na zanieczyszczenia narażone są wody otwarte. Herbicydy mogą się tam dostawać wskutek splukiwania cząsteczek gleby ze skłónów, a przede wszystkim jako wynik nieprawidłowości w czasie wykonywania opry-

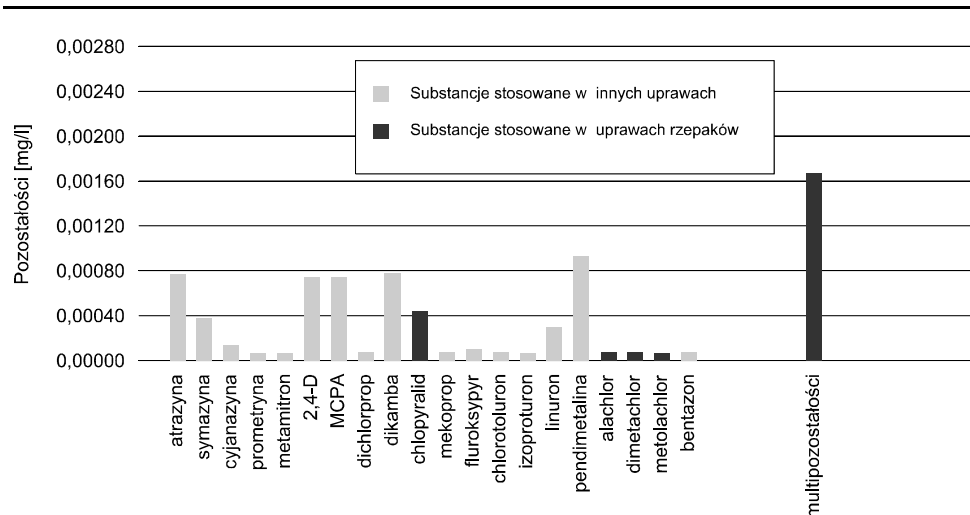
sków (znoszenie cieczy opryskowej, wylewanie resztek cieczy roboczej, mycie opryskiwaczy itp.). Przenikanie agrochemikaliów do wód podziemnych powiązane jest między innymi z warunkami geologicznymi, konfiguracją terenu, wielkością i rozłożeniem w czasie opadów atmosferycznych. Wyniki uzyskane w toku dotychczasowych badań (15, 16) wskazują na tendencję spadkową występowania pozostałości pochodnych triazyn, a wzrost zanieczyszczeń wód pozostałościami pochodnych kwasów fenoksyalkanokarboksylowych. Obserwowane zjawiska skłaniają do prowadzenia dalszych badań pod kątem poszukiwania powiązań ochrony roślin na danym terenie, a zwłaszcza asortymentu stosowanych herbicydów, w tym stosowanych w uprawach rzepaków, a poziomem skażenia wód. W tym celu rozszerzona została lista monitorowanych substancji aktywnych o takie związki, jak chlopyralid, pendimetalina oraz pochodne chloroacetamidów, które ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne oraz trwałość w środowisku mogą przenikać do wód podziemnych. Związane jest to również ze zmianami w asortymencie stosowanych środków chwastobójczych i wycofaniem niektórych substancji aktywnych z listy dopuszczonych do stosowania.

Na rysunkach 6 i 7 przedstawiono maksymalne wykryte w latach 2006–2010 w wodach powierzchniowych i studziennych pozostałości substancji aktywnych herbicydów stosowanych w uprawach rzepaku. Prezentowane wyniki pokazują, że preparaty chwastobójcze stosowane na plantacjach rzepaku dają również wykrywalne pozostałości w wodach powierzchniowych i podziemnych. W próbkach wód pozostałości wykrywano głównie w okresie wiosennych zabiegów herbicydowych. W porównaniu z wodami powierzchniowymi w wodach gruntowych nie obserwowano znaczącej sezonowości (wiosna-jesień) różnicowania częstotliwości i poziomu występowania zanieczyszczeń herbicydowych. Spośród stosowanych do ochrony rzepaku związków



Rys. 6. Maksymalne pozostałości herbicydów w latach 2006–2010 w wodach powierzchniowych terenów rolniczych Dolnego Śląska

Źródło: badania własne.



Rys. 7. Maksymalne pozostałości herbicydów w latach 2006–2010 w wodach studziennych terenów rolniczych Dolnego Śląska

Źródło: badania własne.

ków stwierdzono obecność takich substancji, jak: chlopyralid,alachlor, dimetachlor i metolachlor. Substancje te są również składową tak zwanych multipozostałości, jednak na tle innych, np. stosowanych w zbożach, nie odznaczają się nadmiernym poziomem pozostałości. Oceny wielkości wykrywanych pozostałości herbicydowych w wodach gruntowych dokonano, porównując uzyskane wyniki do norm europejskich określających dopuszczalny poziom skażeń w wodzie pitnej (11). Dyrektywa UE określa jako dopuszczalny poziom pozostałości $0,0001 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dla pojedynczej substancji i $0,0005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pozostałości sumarycznych lub stosowane do celów statystyki urzędowej wskaźniki syntetyczne określające w $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ średni stopień zanieczyszczenia wód. W roku 2010 wskaźnik ten wyniósł $0,32 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ dla wód powierzchniowych i $0,24 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ dla wód gruntowych. W ostatnim pięcioleciu odnotowywano stały spadek wielkości multipozostałości herbicydowych, jak również obniżenie wykrywanych stężeń pojedynczych substancji. Jedną z przyczyn było nasilenie ekstremalnych opadów atmosferycznych, które powodowały znaczne rozcieńczenia zanieczyszczeń występujących w wodach powierzchniowych i gruntowych.

Należy również pamiętać, że maksymalny poziom pozostałości dotyczy z reguły przypadków incydentalnych i odnosi się do znikomego odsetka badanych prób (na poziomie 1%). Niemniej jednak grupa herbicydów stosowanych w uprawach rzepaków ze względu na ciągły wzrost ich arealu może stanowić w przyszłości rosnące źródło zanieczyszczeń wód na terenach rolniczych. Z tego względu redukcja dawek herbicydów i stała poprawa techniki i precyzji zabiegów chemicznej ochrony roślin jest podstawowym wymogiem nowoczesnego rolnictwa.

Uszkodzenia herbicydowe upraw rzepaków

Lista czynników mających wpływ na prawidłowe i bezpieczne stosowanie herbicydów jest dość obszerna. Różny jest też ich „ciężar gatunkowy”. W praktyce może wystąpić działanie kilku czynników równocześnie. Wymienione przyczyny, które mogą spowodować uszkodzenie upraw bądź zanieczyszczenie środowiska mają miejsce na całym świecie, niezależnie od stopnia rozwoju agrotechniki w poszczególnych krajach. Istotne różnice dotyczą skali i częstotliwości występowania niekorzystnych zjawisk.

Ekspertyzy i konsultacje przeprowadzane od wielu lat przez Zakład (12, 14) w sprawach dotyczących tej dziedziny ochrony roślin posłużyły jako materiał do oceny przyczyn uszkodzeń upraw i stanu kultury stosowania herbicydów w Polsce. Analiza przyczyn uszkodzeń bądź zniszczenia roślinności pozwoliła na wyodrębnienie przypadków, w których czynnikiem sprawczym były herbicydy. Zebrany materiał wskazuje, że w około 90% przypadków uszkodzenia roślin można powiązać ze stosowaniem herbicydów. Nie oznacza to, że sam herbicyd jest odpowiedzialny za powstałe szkody.

Z reguły przyczyną jest nieprawidłowe zastosowanie herbicydu lub błędy w jego aplikacji. Wymienione na wstępie czynniki decydujące o wystąpieniu szkód w uprawach związane są głównie z zaniechaniem stosowania zasad dobrej praktyki w chemicznym zwalczaniu chwastów.

W uprawach rzepaków odnotowywano również przypadki uszkodzeń plantacji z powodów wyżej wymienionych. Na przestrzeni lat 2000–2010 obserwowano jednak zachodzące zmiany w tej mierze. Przyczyn tych zmian jest kilka. Wzrost arealu upraw rzepaków sprawia, że prawdopodobieństwo niekorzystnych zjawisk w tych uprawach wzrasta. Zmiany w asortymencie herbicydów stosowanych w roślinach uprawianych przed rzepakami lub na sąsiednich plantacjach były przyczyną powstawania różnych uszkodzeń fitotoksycznych. Jeszcze w pierwszej połowie lat 2000–2010 dominowały w uprawach zbóż substancje pochodne kwasów fenoksyalkanokarboksyłowych, w konsekwencji ta grupa substancji aktywnych była diagnozowana w sprawach związanych z uszkodzeniami upraw rzepaków. Obok tej grupy związków, jako przyczynę uszkodzeń dość często wskazywano fluorochloridon. Większość przypadków powodowana była znośaniem cieczy opryskowej.

W drugiej połowie dekady 2001–2010 zaobserwowano wzrost przypadków fitotoksycznych uszkodzeń rzepaków przez pochodne sulfonilomocznika. Ta grupa substancji aktywnych zaczyna być dominująca w takich uprawach, jak kukurydza oraz znajduje coraz szersze zastosowanie w odchwaszczaniu zbóż. Pochodne sulfonilomocznika działają bowiem już w śladowych ilościach (17). Te zmiany przekładają się również na mechanizm powstawania uszkodzeń. Obecnie znacznie częściej stwierdza się działanie następcze herbicydów, a także zanieczyszczenia zbiornika opryskiwacza w wyniku niestarannego umycia po wcześniejszym zabiegu. Wiosenny termin zabiegów chwastobójczych w zbożach zbiega się często z terminami oprysków w innych uprawach. Powoduje to, że ta sama aparatura jest w krótkim odstępie czasu

wykorzystywana w różnych uprawach. Daje się zaobserwować wyraźny spadek liczby przypadków, w których uszkodzenia roślin związane są ze stosowaniem preparatów z grupy pochodnych triazynowych i fenylomocznikowych. Wynika to głównie z faktu ograniczeń w stosowaniu tych grup substancji aktywnych, a zastępowania ich innymi preparatami.

Należy dodać, że przypadki uszkodzenia upraw, choć odnotowywane, nie są zjawiskiem masowym. W chwili obecnej do Zakładu Herbologii i Technik Uprawy Roli dociera rocznie około 30-40 takich sygnałów, a wykonania badań eksperckich wymagało rocznie kilka spraw. Pomimo że nie jest to zjawisko masowe, to jednak sygnały o takich przypadkach docierają z terenu całego kraju i świadczą o konieczności korekt lub uzupełnień w zaleceniach stosowania herbicydów, a także o celowości działań edukacyjnych.

Wnioski

Zabrany na przestrzeni lat 2000–2010 materiał z wykonanych badań pozwala na ocenę poziomu zanieczyszczeń herbicydowych jakie wnoszone są do środowiska i plonu w wyniku chemicznego odchwaszczania upraw rzepaków.

1. Wzrost częstotliwości wykrywania w glebie i wodach na terenach rolniczych śladowych ilości herbicydów stosowanych w uprawach rzepaku jest wynikiem zwiększenia ich uprawy.

2. Substancje aktywne herbicydów stosowanych w zalecanych dawkach w uprawie rzepaków jarego i ozimego ulegają degradacji do ilości śladowych niestwarzających istotnego ryzyka dla upraw następczych.

3. Przypadki nadmiernych pozostałości w glebie dotyczyły głównie herbicydów już wycofanych z praktyki i zdarzały się incydentalnie.

4. Zdecydowana większość nasion rzepaku (78-82% badanych prób) nie zawierała wykrywalnych pozostałości.

5. W słomie rzepakowej w ponad 70% prób poziom pozostałości nie przekraczał wartości $0,004 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a pozostałości rzędu $0,024 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ wykryto w 18% prób, przy czym maksymalna wartość dotyczyła głównie chlopyralidu.

6. W wodach powierzchniowych i podziemnych wykrywane są śladowe ilości herbicydów stosowanych do odchwaszczania rzepaków. Stwierdzone stężenia nie przekraczają norm i uznawane są za dopuszczalne dla ujęć wody pitnej. W zdecydowanej większości (ponad 95% badanych prób) pozostałości tej grupy herbicydów nie są wykrywane.

Literatura

1. Cserháti T., Forgács E., Deyl Z., Miksik I., Eckhardt A.: Chromatographic determination of herbicide residues in various matrices. *Biomed. Chromatogr.*, 2004, **18**: 350-359.
2. FOOTPRINT project <http://www.eufingerprint.org>
3. Kucharski M., Sadowski J.: Herbicide application – influence on soil environment and residues. *Plant Prod.*, 2003, **96**: 272-276.

4. Kucharski M., Sadowski J., Domaradzki K.: Pozostałości herbicydów w glebie i materiale roślinnym zależnie od techniki i terminu ich stosowania. Mat. IX Konf. Nauk. IUNG „Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej”. IUNG Puławy, 2005, 193-195.
5. Kucharski M., Sadowski J., Michnik A.: Wielopozostałościowa metoda oznaczania herbicydów z grupy chloroacetanilidów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2010, **50(4)**: 1910-1913.
6. Polska Norma – PN-R-04109: Materiał roślinny i gleba. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – chlopyralid. Wyd Norm., Warszawa, 1994.
7. Polska Norma – PN-94/R-04114 Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna - napropamid. Wyd Norm., Warszawa, 1994.
8. Polska Norma – PN-94/R-04117 Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna - propyzamid. Wyd Norm., Warszawa, 1994.
9. Polska Norma – PN-93/R-04104 Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – chlomezone. Wyd Norm., Warszawa, 1994.
10. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 maja 2007 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów, które mogą znajdować się w środkach spożywczych lub na ich powierzchni (Dz. U. 2007, nr 119, poz. 817 z późn. zm.)
11. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. (Dz. U. Nr 72, poz. 466 z późniejszymi zmianami). Uwzględnia przepisy Dyrektywy Rady Unii Europejskiej 98/83/WE.
12. Sadowski J., Kucharski M., Rola H.: Nieprawidłowości w technice zabiegów herbicydowych i ich skutki. Recenzowane Materiały IX Międzynarodowego Sympozjum – „Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej”, IBMER Warszawa, 2002, 321-328.
13. Sadowski J., Kucharski M., Sekutowski T.: Ocena zagrożeń upraw następczych przez pozostałości wybranych herbicydów stosowanych w uprawach rzepaku. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2007, **47(3)**: 246-253.
14. Sadowski J., Kucharski M.: Skutki niewłaściwego, w tym celowego stosowania herbicydów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45(1)**: 429-434.
15. Sadowski J., Kucharski M.: Monitoring pozostałości herbicydów stosowanych w uprawie zbóż w wodach na terenach rolniczych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2006, **46**: 520-526.
16. Sadowski J., Kucharski M.: Monitorowanie stanu zanieczyszczeń herbicydowych w wodach powierzchniowych i gruntowych na terenach rolniczych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **8**: 87-98.
17. Sadowski J., Sekutowski T.: Ocena ryzyka fitotoksycznego działania pozostałości herbicydów na uprawy następcze. Ekotoksykologia w ochronie środowiska. Wyd. PZITS, 2008, 349-354.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Jerzy Sadowski
Zakład Herbologii i Techniki Uprawy Roli
IUNG-PIB
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław
tel.: (71) 363 87 07 wew. 105
e-mail: j.sadowski@iung.wroclaw.pl

