

Pozostałości herbicydów w płodach rolnych i glebie

Herbicide residues in agricultural products and in the soil

Streszczenie:

Herbicydy są obecnie powszechnie stosowane w produkcji roślinnej. Stwarza to ryzyko obecności pozostałości substancji aktywnych między innymi w glebie i płodach rolnych. Substancje aktywne zalegające w glebie mogą powodować uszkodzenia wrażliwych roślin następczych lub zostać wymyte do wód gruntowych. Pozostałości obecne w plonie mogą wywierać niekorzystny efekt na zdrowie konsumentów. Pomimo, że w Polsce notowane są przypadki wykrywania pozostałości herbicydów w płodach rolnych to w zdecydowanej większości przypadków nie przekraczają one dopuszczalnych wartości. Niemniej jednak niezbędny jest stały i regularny monitoring prowadzony zgodnie ze standardami unijnymi.

Abstract:

Currently, herbicides are widely used in plant production. This leads to the risk of the occurrence of the active ingredients in the residues in the soil and in agricultural products. The presence of the active ingredients in the soil can cause damage to sensitive successive crops or may leach into groundwater. Residues in crops may have a detrimental effect on the health of consumers. Although in Poland there are cases of tracing the residuals of herbicides in agricultural products, in the great majority of cases, they do not exceed the acceptable values. However, constant monitoring of herbicide residuals is necessary, should be performed regularly and should meet EU standards.

Słowa kluczowe: herbicydy, pozostałości, gleba, rośliny uprawne

Keywords: herbicides, residues, soil, arable crops

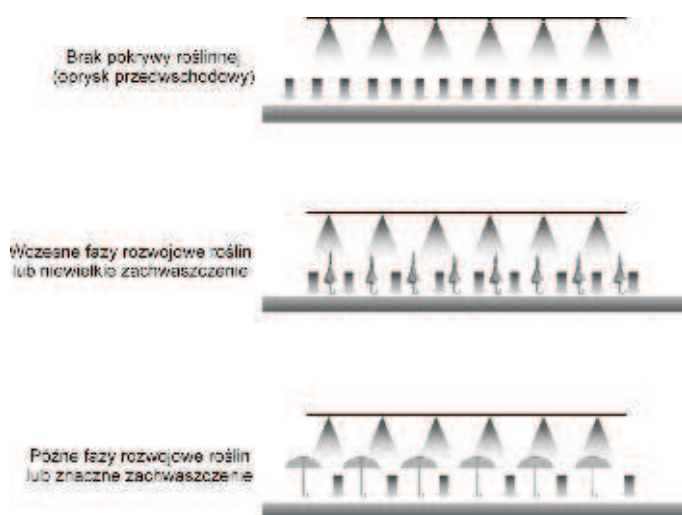
Herbicydy są związkami chemicznymi, posiadającymi zdolność do niszczenia lub ograniczania wzrostu i rozwoju roślinności. Najczęściej stosuje się je w produkcji rolniczej i ogrodniczej, a także w pracach melioracyjnych, leśnictwie czy też na terenach użytkowanych przemysłowo. Herbicydy wnikają do roślin przez liście i/lub korzenie, a następnie są rozprowadzane systemem wiązek przewodzących, powodując zakłócenia procesów życiowych. Czasami ich aktywność jest wyłącznie lokalna i ogranicza się do miejsca, na które bezpośrednio trafiła ciecz opryskowa.

Zdecydowana większość herbicydów ma działanie selektywne, oddziałujące jedynie na określoną grupę roślin, np. wybrane gatunki dwuliścienne lub jednoliścienne. Zjawisko selektywności pozwala wykonywać opryski na plantacjach w trakcie sezonu wegetacyjnego, bez szkody dla roślin uprawnych. Istnieje również grupa herbicydów nieselektywnych, które są zdolne do niszczenia praktycznie każdego rodzaju roślinności, a więc są wykorzystywane tam, gdzie istnieje potrzeba zlikwidowania wszyst-

kich występujących gatunków, np. na torach kolejowych, poboczach dróg lub przed założeniem plantacji roślin uprawnych.

Stosowanie herbicydów na polach uprawnych pozwala ograniczyć straty plonu wynikające z konkurencyjnego oddziaływania chwastów, a co za tym idzie ma znaczenie ekonomiczne, tak więc używanie tych środków stało się niezbędnym elementem współczesnego rolnictwa. Zabiegi herbicydowe mogą być jednak źródłem zanieczyszczenia m.in. produktów roślinnych i gleby, dlatego należy monitorować poziom pozostałości środków chwastobójczych zarówno w środowisku glebowym jak i płodach rolnych. Zaleganie substancji aktywnych w glebie może powodować komplikacje w uprawach następczych [1], natomiast wymywanie herbicydów w głąb profilu glebowego niesie ze sobą ryzyko skażenia wód gruntowych [2, 3]. Przekroczenie dopuszczalnych norm zanieczyszczeń herbicydowych w produktach roślinnych może wywierać niekorzystny wpływ na zdrowie konsumentów [4, 5].

Podczas oprysku herbicydów zostaje wprowadzony do środowiska, gdzie podlega różnego rodzaju przemianom oraz dalszemu przemieszczaniu. Przy aplikacji przedwiosennej (przed wschodami roślin uprawnych i chwastów) plantacja jest wolna od okrywy roślinnej i praktycznie cała dawka herbicydu trafia bezpośrednio na powierzchnię gleby. Natomiast gdy zabieg jest przeprowadzony powschodowo, część cieczy opryskowej osiada na „parasolu roślinnym” tworzonym przez chwasty i gatunek uprawny. W takiej sytuacji o ilości preparatu docierającego do gleby decyduje obsada i faza rozwojowa rośliny uprawnej oraz rodzaj i ilość zachwaszczenia – im więcej okrywy roślinnej, tym więcej preparatu jest zatrzymywana na powierzchni roślin (rys. 1). Substancja, która osiadła na liściach i nie jest wchłaniana przez rośliny może ulegać odparowaniu, fotodegradacji lub wymyciu do gleby wraz z rosą bądź opadami deszczu [7, 8, 9, 10]. Z kolei chwasty, które pobierają herbicyd i są wrażliwe na jego działanie z czasem zamierają, a pozostałości substancji aktywnej oraz jej metabolitów zawarte w ich tkankach przedostają się do gleby wraz z postępującą mineralizacją obumarłych roślin [10].



Rys. 1. Aplikacja herbicydów w różnych fazach rozwojowych roślin

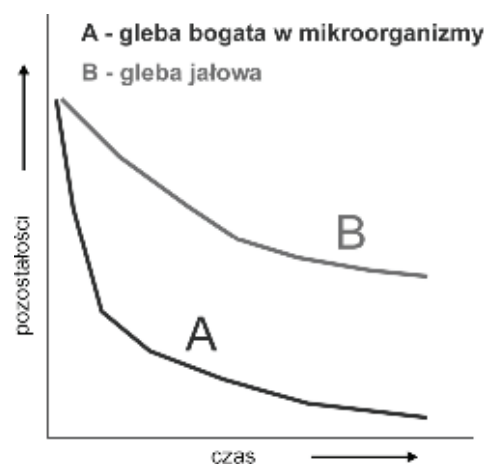
Fig. 1. Application of herbicides in different plants growth stage

Źródło: [6]

Substancje aktywne herbicydów w glebie

Herbicydy, które trafiają do gleby i nie są pobierane przez system korzeniowy roślin ulegają stopniowemu rozkładowi, głównie w wyniku przemian mikrobiologicznych i chemicznych, równocześnie podlegając bardziej lub mniej trwałej sorpcji oraz przemieszczaniu w głąb profilu glebowego. Tempo degradacji i czas pozostawania herbicydów w glebie zależy głównie od rodzaju substancji biologicznie czynnej i jej właściwości fizykochemicznych oraz warunków środowiskowych (m.in. typu gleby, tem-

peratury, wilgotności, pH roztworu glebowego). Niezmiernie ważnym czynnikiem wpływającym na tempo degradacji herbicydów jest zasobność gleby w mikroorganizmy – grzyby i bakterie [6, 11, 12]. Zaobserwowano, że herbicydy zdecydowanie szybciej rozkładają się w glebach bogatych w drobnoustroje, niż w glebach jałowych (rys. 2). Do całkowitej inaktywacji herbicydu zazwyczaj potrzebne jest współdziałanie różnego rodzaju mikroorganizmów. Degradacja mikrobiologiczna przebiega najszybciej w powierzchniowych warstwach gleby, gdzie intensywność życia biologicznego jest najwyższa. Gdy po opryskach miały miejsce intensywne opady, może nastąpić szybsze przemieszczenie się substancji aktywnej w głąb profilu glebowego, gdzie panujące warunki są mniej sprzyjające dla mikroflory i rozkład mikrobiologiczny jest wolniejszy [13, 14, 6]. Na liczebność i aktywność mikroorganizmów glebowych, a tym samym tempo degradacji mikrobiologicznej duży wpływ ma temperatura i wilgotność gleby. Na ogół, wraz ze wzrostem temperatury i wilgotności proces rozkładu mikrobiologicznego ulega przyspieszeniu. Okresy suszy lub niskich temperatur (zima, późna jesień) hamują rozwój mikroorganizmów, czego efektem jest spowolnienie rozkładu herbicydów.



Rys. 2. Dynamika degradacji herbicydu w glebie

Fig. 2. Dynamics of herbicide degradation in soil

Źródło: [6]

Miarą trwałości herbicydu jest okres połowicznego rozpadu DT_{50} , tzn. czas w jakim połowa z początkowej koncentracji substancji biologicznie czynnej ulega degradacji. Okresy półtrwania herbicydów w glebie w warunkach polowych wynoszą zazwyczaj od kilku do kilkadziesiąt dni.

Szeroki przedział czasu połowicznego rozpadu poszczególnych substancji jest efektem wpływu czynników środowiska, które silnie modyfikują szybkość podstawowych procesów degradacji i znacząco wpływają na pomiar DT_{50} . Przykładowo w badaniach Walker i Brown [15] obniżenie

temperatury z 25°C do 5°C spowodowało kilkukrotne (4,51-5,83-krotne w zależności od rodzaju s.a.) wydłużenie okresu półtrwania w glebie herbicydów chloroacetanilidowych, natomiast Kucharski i Sadowski [16], zwiększając wilgotność gleby z 20% mpw do 90% mpw (przy zachowaniu tej samej temperatury), uzyskali skrócenie okresów DT₅₀ fluazifopu-P, etofumesatu i chlopyralidu, odpowiednio z 54, 80 i 61 dni do 17, 24 i 19 dni.

W latach 2005-2009 w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli IUNG-PIB we Wrocławiu przeprowadzono analizę 172 próbek glebowych pobranych z poletek doświadczalnych zlokalizowanych na plantacjach produkcyjnych rzepaku ozimego. Na poletkach aplikowano herbicydy powszechnie używane do ochrony tej uprawy przed chwastami. Każdorazowo podczas oprysku stosowano się ściśle do zaleceń producenta preparatu, dotyczących m.in. terminu i dawki preparatu. Próbkę do badań pobierano w momencie zbioru rośliny uprawnej. Okazało się, że maksymalne pozostałości herbicydów w glebie wahały się w granicach 0,008-0,032 mg/kg. Pozostałości na tym poziomie wykryto w 11% próbek. Pozostałości na poziomie 0,002 mg/kg były obecne w 75% próbek, a 14% próbek nie zawierało wykrywalnych pozostałości herbicydów [17], (rys. 3).

Należy dodać, że z rolniczego punktu widzenia zbyt szybka degradacja herbicydu nie jest korzystna. Gdy poziom substancji aktywnej w glebie szybko osiąga poziom, który nie jest toksyczny dla chwastów, na polu uprawnym pojawia się tzw. zachwaszczenie wtórne, mogące prowadzić do obniżenia plonu oraz utrudnień w zbiorze [18, 19].



Rys. 3. Maksymalne pozostałości herbicydów w próbkach gleby

Fig. 3. Maximum residues of herbicides in soil samples
Źródło: [17]

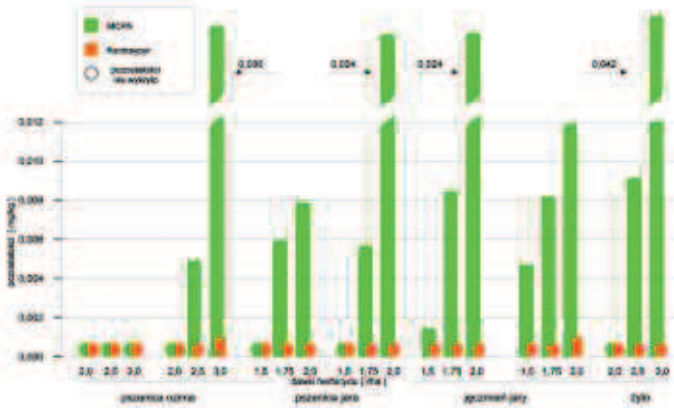
Substancje aktywne herbicydów w roślinach uprawnych

Poziom pozostałości herbicydów w roślinach uprawnych zależy od możliwości pobierania i metabolizowania substancji aktywnej przez dany gatunek i odmianę. Istotną rolę odgrywają tutaj warunki atmosferyczne, które decydują o kondycji roślin oraz o długości czasu wegetacji. Ważnym aspektem jest także dawka zastosowanego preparatu. Im wyższa dawka herbicydu, tym poziom pozostałości jest z reguły wyższy. Po przekroczeniu dawki granicznej, czyli stężenia preparatu, jakie może być metabolizowane przez roślinę, można zauważyć bardzo

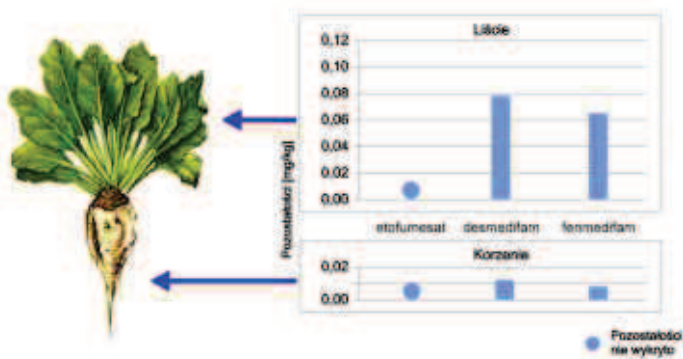
Tabela. 1. Okres połowicznego rozkładu (DT₅₀) wybranych substancji aktywnych herbicydów [9]
Table 1. Half dissipation time (DT₅₀) of selected active ingredients of herbicides in soil [9]

Nazwa substancji aktywnej	Okres połowicznego rozkładu w glebie (DT ₅₀)	Przykładowe preparaty (nazwy handlowe) zawierające substancję aktywną
2,4-D	2-16 dni	Aminopielik Standard 600 SL, Dicapur 600 SL, Mustang 306 SE (+ florasulam)
Acetochlor	8-18 dni	Guardian Max 840 EC, Guardian CompleteMix 664 SE (+ terbutyloazyna), Trophy 840 EC
Amidosulfuron	3-29 dni	Amidosul 75 WG, Grodyl 75 WG, Sekator 125 OD (+ jodosulfuron metylosodowy)
Chlomazon	15-45 dni	Command 360 CS, Harrier 295 ZC (+ linuron), Reactor 360 CS
Chlorosulfuron	4-6 tygodni	Chisel 75 WG (+ tifensulfuron metylu), Glean 75 WG
Dikamba	< 14 dni	Cambio 410 SL (+ bentazon), Chwastox D 179 SL (+ MCPA), Lintur 70 WG (+ triasulfuron), Mocarz 75 WG (+ tritosulfuron)
Etofumesat	15-250 dni	Agent 180 EC (+ fenmedifam, + desmedifam), Betanal Elite 274 EC (+ fenmedifam, + desmedifam), Kemiron Koncentrat 500 SC
Glifosat	8-30 dni	Avans Premium 360 SL, Dominator 360 SL, Roundup 360 SL, Roundup Max 680 SG, Roundup Strong 540 SL
Metazachlor	3-9 dni	Agro Metazachlor 500 SC, Butisan 400 SC, Fuego 500 SC, Metazanex 500 SC
Metrybuzyna	23-180 dni	Agria - Metrybuzyna 70 WG, Buzin Gold 700 WG, Mistral 70 WG
Mezotrion	3-7 dni	Callisto 100 SC, Elumis 105 OD (+ nikosulfuron), Lumax 537,5 SE (+ S-metolachlor + terbutyloazyna)
Pendimetalina	30-150 dni	Maraton 375 SC (+ izoproturon), Panida 330 EC, Stomp 330 EC

drastyczny wzrost pozostałości (rys. 4). Różny mechanizm działania poszczególnych herbicydów powoduje, że pozostałości mogą być nierównomiernie rozmieszczone w organach roślinnych, przykładowo pozostałości substancji aktywnej herbicydu Betanal Progress AM 180 EC w korzeniach buraka cukrowego są wielokrotnie niższe niż w liściach (rys. 5).



Rys. 4. Wpływ dawki herbicydu na poziom pozostałości
Fig. 4. Influence of herbicide dose on the residues level
Źródło: [6]



Rys. 5. Rozmieszczenie pozostałości herbicydu w buraku cukrowym
Fig. 5. Distribution of herbicide residues in sugar beet
Źródło: [6]

W roku 2009 w laboratoriach Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (IOR – PIB) na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa (GIORiN) zbadano pod kątem obecności pozostałości s.o.r. 1352 próbki produktów rolnych: 192 próbki warzyw spod osłon, 564 próbki warzyw z gruntu, 455 próbek owoców i 141 próbek upraw rolniczych. Badania objęto 124 substancje aktywne (+ 8 związków pochodnych) stosowane w różnych pestycydach. Przy użyciu nowoczesnych metod analitycznych ogółem wykryto pozostałości 24 fungicydów, 16 insektycydów oraz 3 herbicydów w 24,5% próbek. Najczęściej występującym herbicydem w kontrolowanych próbkach produktów rolnych był linuron (5,1% badanych próbek). W 3,3% próbek produktów stwierdzono obecność pozostałości związków

niedozwolonych w Polsce do ich ochrony. Produkty, w których stwierdzono przekroczenia NDP (Najwyższe Dopuszczalne Pozostałości) stanowiły 1,4% (19 próbek). Przekroczenia NDP herbicydów nie wykryto [20].

W roku 2008 IOR – PIB zbadał 1332 próbki produktów rolnych pod kątem obecności 113 substancji aktywnych (+ 7 związków pochodnych) wykorzystywanych w środkach ochrony roślin. Pozostałości stwierdzono w 26,5% ogółu analizowanych próbek, w tym pozostałości 2 preparatów chwastobójczych. Przekroczenia NDP, które odnotowano w 28 próbkach (2,1% ogółu), nie dotyczyły herbicydów [21].

Badania pozostałości herbicydów w produktach rolnych prowadził również IUNG. Probki do badań pochodziły z doświadczeń rejestracyjnych i statutowych prowadzonych w jednostce, z upraw należących do indywidualnych gospodarstw, a także obiektów podlegających badaniom interwencyjnym. W latach 2000-2008 analizą objęto blisko 3 tysiące próbek pochodzących z upraw buraka cukrowego, kukurydzy, rzepaku, ziemniaka i zbóż. W ok.70% próbek nie wykryto pozostałości, w przypadku 20% badanych stwierdzono pozostałości zwykle 100 i więcej razy niższe od dopuszczalnych, 8% stanowiły próbki, w których pozostałości były ok. 10-krotnie niższe od NDP, a jedynie w 1-2% próbek oznaczono pozostałości przekraczające NDP. Porównując te dane z wynikami badań zgromadzonymi w przeciągu lat 1990-1999, stwierdzono, iż wykrywane pozostałości herbicydów były niższe w latach 2000-2008 niż w przedziale lat 1990-1999. W latach 90. w około 20-30% próbek wykrywano pozostałości 5-50 razy niższe od NDP, a w 2-5% próbek oznaczono pozostałości równe bądź przekraczające wartości NDP [22].

Sytuacje, gdy wykryte zostały przekroczenia poziomu najwyższych dopuszczalnych pozostałości, są często wynikiem niewiedzy lub błędów osób stosujących środki ochrony roślin [22, 23, 24]. Jednak jeśli herbicyd zostanie zastosowany zgodnie z zaleceniami, jego pozostałości są zazwyczaj niewykrywalne lub obecne na bardzo niskim niegroźnym dla konsumentów poziomie [17, 25].

Warto dodać, że w ostatnim dziesięcioleciu wraz z postępującym rozwojem analityki chemicznej możliwe jest prowadzenie coraz dokładniejszych analiz i wykrywanie coraz niższych poziomów pozostałości substancji aktywnych. Zmieniły się również w Polsce normy dotyczące wartości NDP: do 31 sierpnia 2008 korzystano z rozporządzenia Ministra Zdrowia, a obecnie obowiązują nas normy unijne.

Podsumowanie

Ochrona upraw przed chwastami pozwala na uniknięcie ilościowych i jakościowych strat plonów, które są

wynikiem konkurencji o czynniki niezbędne dla wzrostu i rozwoju roślin. Pośród aktualnie dostępnych metod regulacji zachwaszczenia szczególną rolę, ze względu na wysoką skuteczność, przy jednocześnie stosunkowo niewielkich kosztach, odgrywa metoda chemiczna, polegająca na aplikacji chemicznych środków chwastobójczych – herbicydów. Nieprawidłowości w stosowaniu herbicydów mogą jednak prowadzić do skażenia m.in. gleby oraz płodów rolnych. Substancje aktywne zalegające w glebie mogą działać fitotoksycznie na wrażliwe uprawy następcze, co ogranicza dobór roślin w zmianowaniu. Takie sytuacje mogą wystąpić, gdy stosowane są herbicydy ulegające powolnemu rozkładowi w glebie, szczególnie gdy warunki panujące w warstwie ornej nie sprzyjają degradacji substancji aktywnej. Ponadto mobilne pozostałości mogą być źródłem zanieczyszczenia wód gruntowych.

Największe obawy wzbudzają pozostałości herbicydów występujące w płodach rolnych, które stwarzają potencjalne niebezpieczeństwo dla konsumentów. Jednak, jak wynika z prowadzonych badań, przekroczenia NDP pestycydów mają charakter incydentalny, co więcej, każdy z takich wykrytych przypadków powinien być poddany indywidualnej ocenie, w której szacuje się powstałe zagrożenie [5]. Tak więc można stwierdzić, że polskie płody rolne są bezpieczne i mogą być spożywane bez obaw o zdrowie człowieka [26, 27].

LITERATURA

- [1] Sadowski J., Kucharski M., Sekutowski T.: Ocena zagrożeń upraw następczych przez pozostałości wybranych herbicydów stosowanych w uprawach rzepaku. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 2007; 47(3): 246-253.
- [2] Sadowski J.: Skażenia herbicydowe wód pierwszego poziomu użytkowego. *Rozprawa hab. IUNG Puławy*, 1996. H(10): 1-89.
- [3] Sadowski J., Kucharski M., Wujek B., Wysocki A. Multipozostałości herbicydów w wodach powierzchniowych i gruntowych na terenach rolniczych Dolnego Śląska. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 2009, 49(4): 1923-1930.
- [4] Struciński P., Góralczyk K., Czaja K., Hernik A., Korcz W., Ludwicki J.K.: Ocena ryzyka związana z narażeniem na pozostałości pestycydów w żywności pochodzenia roślinnego na etapie rejestracji środka ochrony roślin. *Roczn. PZH* 2006; 57: 303-315.
- [5] Struciński P., Góralczyk K., Czaja K., Hernik A., Korcz W., Ludwicki J.K.: Ocena ryzyka dla konsumenta przy przekroczeniach najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów (NDP) w żywności. *Rocznik PZH*, 2007; 58: 377-388.
- [6] Sadowski J.: Środowiskowe skutki pozostałości herbicydów. *Materiały Szkoleniowe nr 94, Puławy* 2009.
- [7] Rüdell H.: Volatilisation of pesticides from soil and plant surfaces. *Chemosphere* 1997; 35: 143-152.
- [8] Venkatesh R., Harrison S. K.: Photolytic degradation of 2,4-D on Zea mays leaves. *Weed science* 1999; 47: 262-269.
- [9] Praczyk T., Skrzypczak G.: *Herbicydy*. PWRiL, Poznań 2004.
- [10] Sadowski J., Kucharski M.: Wpływ pokrywy roślinnej na rozkład i pozostałości herbicydów w glebie. *Recenzowane Materiały VIII Międzynarodowego Sympozjum – „Ekologiczne Aspekty Mechanizacji Produkcji Roślinnej”*. IBMER, Warszawa 2001.
- [11] Andréa M.M., Peres T.B., Luchini L.C., Bazarin S., Papini S., Matallo M.B., Savoy V.L.T.: Influence of repeated applications of glyphosate on its persistence and soil bioactivity. *Pesqu. agropec. bras.* 2003; 38(11): 1329-1335.
- [12] Różański L.: *Przemiany pestycydów w organizmach żywych i w środowisku*. Państwowe wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1992.
- [13] Sarmah A.K., Kookana R.S., Alston A.M.: Leaching and degradation of triasulfuron, metsulfuron-methyl and chlorsulfuron in alkaline soil profiles under field conditions. *Australian Journal of Soil Research* 2000; 38(3): 617-631.
- [14] Sarmah A.K., Kookana R.S., Alston A.M.: Degradation of chlorsulfuron and triasulfuron in alkaline soils under laboratory conditions. *Weed Res.* 1999; 39: 83-94.
- [15] Walker A., Brown P.A.: The Relative Persistence in Soil of Five Acetanilide Herbicides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1985; 34: 143-149.
- [16] Kucharski M., Sadowski J.: Wpływ wilgotności gleby na rozkład herbicydu – badania laboratoryjne. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 2006; 46(2): 750-753.
- [17] Sadowski J., Kucharski M., Tokarz J.: Pozostałości herbicydów stosowanych w uprawie rzepaku. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 2010; 50(4): 1967-1971.
- [18] Rola J., Rola H.: Zachwaszczenie wtórne roślin okopowych na Dolnym Śląsku. *Mat. XXI Krajowej Konf. Nauk. z cyklu „Rejonizacja chwastów segetalnych w Polsce”*. Wyd. IUNG Puławy (K13) 1997: 7-14.
- [19] Łęgowiak Z., Wysmułek A. Zachwaszczenie wtórne roślin ze szczególnym uwzględnieniem buraka cukrowego. *Mat. XXI Krajowej Konf. Nauk. z cyklu „Rejonizacja chwastów segetalnych w Polsce”*. Wyd. IUNG Puławy (K13), 1997: 53-59.
- [20] Nowacka A., Gnusowski B., Walorczyk S., Drożdżyński D., Wójcik A., Raczkowski M., Hołodyńska A., Barylska E., Ziółkowski A., Chmielewska E., Rzeszutko U., Giza I., Jurys J., Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Jankowska M., Szpyrka E., Rupa J., Rogozińska K., Kurdziel A., Słowik-Borowiec M., Kuźmenko A., Szala J., Sadło S.: Pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych (Rok 2009). *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 2010; 50(4): 1947-1962.
- [21] Nowacka A., Gnusowski B., Walorczyk S., Drożdżyński D., Wójcik A., Raczkowski M., Hołodyńska A., Barylska E., Ziółkowski A., Chmielewska E., Rzeszutko U., Giza I., Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Szpyrka E., Rupa J., Rogozińska K., Machowska A., Słowik-Borowiec M., Kuźmenko A., Szala J.: Pozostałości środków ochrony roślin w płodach rolnych (rok 2008). *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 2009; 49(4): 1903-1917.
- [22] Kucharski M., Sadowski J.: Badania pozostałości herbicydów w płodach rolnych na przestrzeni ostatniego dwudziestolecia. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 2009; 18: 127-136.
- [23] 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.
- [24] Olszak R. W., Pruszyński S., Nawrot J.: Chemiczna ochrona roślin a ochrona środowiska – stan obecny i przyszłość. *Prog. Plant. Protection/Post. Ochr. Roślin* 2003; 43(1): 304-310.
- [25] Kucharski M., Domaradzki K.: Pozostałości herbicydów w wybranych roślinach uprawnych – badania z lat 2000-2008. *Fragm. Agron.* 2009; 26(4): 74-80.
- [26] Nowacka A., Gnusowski B.: Ocena ryzyka zagrożenia zdrowia ludzi pozostałościami środków ochrony roślin w polskich płodach rolnych w roku 2009. *Prog. Plant. Protection/Post. Ochr. Roślin* 2010; 50(4): 1938-1946.
- [27] Nowacka A., Gnusowski B.: Bezpieczeństwo zdrowotne polskich płodów rolnych w aspekcie pozostałości środków ochrony roślin stosowanych do ich ochrony. *Prog. Plant. Protection/Post. Ochr. Roślin* 2009; 49(4): 1895-1902.