

---

# ANNALES HORTICULTURAE

wcześniej – formerly  
Annales UMCS sectio EEE Horticultura

VOL. XXIX (2)

2019

CC BY–NC–ND

DOI: 10.24326/ah.2019.2.1

<sup>1</sup> Katedra Turystyki i Rekreacji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

<sup>2</sup> Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,  
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin  
e-mail: grazyna.kowalska@up.lublin.pl

GRAŻYNA KOWALSKA<sup>1</sup>, RADOSŁAW KOWALSKI<sup>2</sup>

## **Pestycydy – zakres i ryzyko stosowania, korzyści i zagrożenia. Praca przeglądowa**

Pesticides – scope and risk of use, benefits and hazards. A review

**Streszczenie.** Pestycydy, stosowane powszechnie w rolnictwie w celu zapewnienia wysokiej jakości plonu, a także po to, by ograniczyć straty związane z występowaniem szkodników oraz chwastów na plantacjach uprawnych, miały służyć człowiekowi. Jednak, mimo niewątpliwych zalet tych związków, stosowanie ich przez dłuższy czas wiąże się z dużymi kosztami, ponieważ prowadzi do kumulacji pestycydów we wszystkich elementach środowiska – glebie, powietrzu, wodach powierzchniowych i gruntowych, co stanowi poważne zagrożenie dla organizmów niebędących przedmiotem zwalczania, czyli pożytecznych mikroorganizmów glebowych, owadów, ptaków, ryb, ssaków, roślin, a także dla człowieka. Pestycydy obecne w ludzkim organizmie powodują zmiany mutagenne, teratogenne i nowotworowe. Zaburzają gospodarkę hormonalną i enzymatyczną organizmu, są przyczyną chorób układu oddechowego, trawiennego, limfatycznego, jak również chorób skórnych. Substancje te charakteryzują się także działaniem embriotoksycznym i mogą powodować upośledzenie rozrodu i rozwoju płodu. W celu zapewnienia bezpieczeństwa żywności dla konsumentów oraz ochrony zdrowia i życia ludzkiego wiele krajów na całym świecie wprowadziło program monitoringowy i urzędową kontrolę żywności dotyczącą zawartości zanieczyszczeń, w tym pestycydów, zgodnie z najwyższymi dopuszczalnymi poziomami tych związków. W związku z korzyściami ekonomicznymi, jakie wynikają z zastosowania pestycydów, należy rozważyć, jaki jest stosunek strat do korzyści. Ze względu na duże trudności w pełnej ocenie zagrożeń stosowania środków ochrony roślin dla zdrowia i życia ludzkiego wszystkie działania dotyczące stosowania pestycydów powinny opierać się na ocenie naukowej, a nie na względach komercyjnych. Ciągłe poszukiwanie nowych pestycydów wynika z weryfikacji korzyści i zagrożeń związanych ze stosowaniem pestycydów oraz z faktu uodparniania się agrofagów na niektóre substancje, co skutkuje małą skutecznością zabiegów. Pomimo wycofania wielu środków stosowanych w ochronie roślin ciągle aktualne są

badania nad oceną ryzyka zdrowotnego, wynikającego z kumulacji tych substancji w środowisku czy nielegalnego stosowania zakazanych preparatów.

**Key words:** pestycydy, jakość żywności, zanieczyszczenie środowiska

## PODZIAŁ I ZASTOSOWANIE PESTYCYDÓW

Pestycydy to związki chemiczne pochodzenia naturalnego lub syntetycznego stosowane powszechnie w celu ograniczenia strat w plonach uprawianych roślin spowodowanych przez szkodniki, patogeny czy chwasty, a także w celach zapewnienia dobrej jakości przechowywanych płodów rolnych. Mimo że pestycydy najczęściej znajdują zastosowanie w sektorze rolniczym, to część z nich obecna jest również w produktach biologicznych takich jak środki przeciw komarom, pchłom czy kleszczom [Nieradko-Iwanicka 2014, Yamada 2017]. Pestycydy są również używane w pralniach chemicznych, a także na basenach oraz jako dodatek do farb i papierów w celach grzybobójczych. Nazwa tej grupy związków pochodzi od łacińskich słów: *pestis* – szkodnik i *cedeo* – niszczyć, co bardzo trafnie określa ich przeznaczenie [Żelechowska i in. 2001, PAN Germany 2003, Yamada 2017, Grotowska i in. 2018].

Pestycydy, zwane inaczej środkami ochrony roślin, to substancje przeznaczone do niszczenia, odstraszenia, zapobiegania wpływowi lub łagodzenia działania wszelkich szkodliwych czynników podczas uprawy roślin, przed lub po zbiorach, a także do zachowania dobrej jakości produktu w trakcie jego przechowywania lub transportu. Bardziej szczegółowa definicja pestycydu, zawarta w dokumentach FAO, obejmuje również związki takie jak środki przeciwdrobnoustrojowe, defolianty, środki dezynfekujące, fungicydy, herbicydy, insektycydy, regulatory wzrostu, moluskocydy itp. Produkty pestycydowe składają się z substancji aktywnej, a także ze składników obojętnych. Składniki aktywne są używane do zwalczania szkodników, chorób i chwastów, natomiast składniki obojętne (stabilizatory, rozpuszczalniki, środki dyspergujące, zagęszczające, barwniki itp.) są ważne ze względu na wydajność produktu i jego użyteczność [FAO 2003, Pérez-Lucas i in. 2018, Adler-Flindt i Martin 2019].

Pestycydy są klasyfikowane na podstawie rodzaju składników aktywnych, a także ze względu na sposób działania, toksyczność oraz ich strukturę chemiczną i trwałość [Botitsi i in. 2017]. Według zasadniczego kryterium chemicznego wyróżnia się pestycydy organiczne i nieorganiczne. Pestycydy organiczne są związkami zawierającymi szkielet węglowy i mogą być naturalnymi składnikami występującymi w przyrodzie (niektóre metabolity wtórne) lub substancjami otrzymywanymi na drodze syntezy organicznej z różnych substratów organicznych [Biondi i in. 2012, Cantrell i in. 2012]. Natomiast pestycydy nieorganiczne pochodzenia naturalnego lub powstałe na drodze reakcji chemicznych stanowią związki: antymonu, fluoru, miedzi, boru, rtęci, selenu, talu, cynku, fosforu oraz siarki. Ze względu na obecność pierwiastka metalicznego można jeszcze wyróżnić grupę pestycydów metaloorganicznych [Sarwar 2016, Patinha i in. 2018].

Ponieważ efektywność działania substancji aktywnych jest często selektywna w stosunku do określonego gatunku szkodliwych organizmów, dlatego klasyfikacja użyt-

kowa pestycydów opiera się głównie na ich skuteczności gatunkowej. Według tego właśnie kryterium pestycydy zostały podzielone na następujące grupy:

I. Zoocydy – środki do zwalczania szkodników zwierzęcych:

- insektycydy (środki owadobójcze),
- rodentycydy (środki gryzoniobójcze),
- moluskocydy (środki mięczakobójcze),
- nematocydy (środki nicieniobójcze),
- larwicydy (środki larwobójcze),
- aficydy (środki mszycobójcze),
- akarycydy (środki roztoczebójcze),
- atraktanty, repelenty (przyciągające i odstraszające).

II. Herbicydy – środki chwastobójcze:

- totalne (niszczące wszystkie organizmy),
- wybiórcze (niszczące określone gatunki),
- regulatory wzrostu (defolianty, desykanty i defloranty).

III. Fungicydy – środki grzybobójcze i grzybobostaticzne.

IV. Bakteriocydy – środki zwalczające bakterie [Seńczuk 2002, FAO 2003, Kilanowicz 2006, Grotowska i in. 2018, Rajveer i in. 2019].

Biorąc pod uwagę kryterium budowy chemicznej, w grupie pestycydów, wyróżniamy m.in. węglowodory chlorowane, karbaminiany, ditiokarbaminiany, związki fosforoorganiczne, pochodne kwasów aryloalkilokarboksylowych, pochodne nitrofenoli i nitrobenzenu, pochodne mocznika, pochodne triazyny, pyretroidy, neonikotynoidy, pochodne dipirydylowe, związki organiczne rtęci i inne [Łukasik-Głębocka i Sein-Anand 2009]. Pestycydy chloroorganiczne generalnie zostały zakazane lub ograniczone ze względu na wysoką toksyczność, w tym dla ludzi. Mają długą trwałość w środowisku, słabo ulegają biodegradacji, co skutkuje długotrwałym zanieczyszczeniem ekosystemu. Najczęściej spotykane to: chlordan, DDT, DDE, dieldryna,  $\beta$ -heksachlorocykloheksan, heptachlor,  $\gamma$ -heksachlorocykloheksan (lindan), tetrachlorek węgla – wszystkie są zakazane w UE [Grotowska i in. 2018]. Pestycydy fosforoorganiczne otrzymano w okresie badań nad bronią chemiczną w trakcie II wojny światowej, a ich głównym obszarem działania jest hamowanie aktywności acetylocholinoesterazy. Greenpeace informuje, że aktywność tej grupy związków nie ogranicza się tylko do organizmów, wobec których miały być stosowane te środki. Wyróżniamy tu: acefat, chloropiryfos, diazinon, dichlorfos, fonofos, fosmet, kumafos, paration metylowy. Chloropiryfos i malation są obecnie zatwierdzone do użycia w UE, zaś w USA są zakazane na obszarach zamieszkałych przez ludzi [Grotowska i in. 2018]. Podobne w działaniu do wymienionych pestycydów fosforoorganicznych są karbaminiany, które podejrzewa się o niekorzystny wpływ na rozwój organizmu człowieka: aldikarb, ditiokarbaminiany (mankozeb i maneb), karbaryl, EPTC, metiokarb, pirymikarb. W UE dozwolone są mankozeb, maneb, metiokarb i primikarb [Grotowska i in. 2018]. Pyretroidy z kolei to grupa syntetycznych związków upośledzających gospodarkę hormonalną oraz blokujących kanały jonowe, przez co zakłócających przesyłanie sygnałów między komórkami, ponadto niektóre z nich mogą powodować bezpłodność u mężczyzn. Najbardziej znane z tej grupy to cyhalotryna, permetryna, cypermetryna i deltametryna, z czego dwie ostatnie substancje są dopuszczone do użycia

w UE [Grotowska i in. 2018]. Neonikotynoidy, zarówno pod względem strukturalnym, jak i aktywności, przypominają nikotynę; substancje te zaburzają pracę układu nerwowego człowieka i blokują niektóre szlaki sygnalizacyjne komórek. Do tej grupy związków należy zaliczyć imidakloprid, klotianidynę, tiametoksam. Chloroacetamidy powodują różne wady rozwojowe, a toalachlor i metachlor – główni przedstawiciele tej grupy – są obecnie niedozwolone w krajach UE [Grotowska i in. 2018].

Ze względu na sposób wnikania pestycydu do organizmu szkodnika (skóra, żywność, wdychane powietrze) wyróżnia się działanie kontaktowe, wewnętrzne, systemiczne i wgłębne pestycydów [Żelechowska i in. 2001, Rajveer i in. 2019]. W zależności od rodzaju składników aktywnych oraz substancji dodatkowych i docelowych agrofagów pestycydy wykazują różne sposoby działania: zakłócają syntezę aminokwasów i białek, degradują układ nerwowy, wpływają na podział komórek, produkcję energii, oddychanie, regulację wzrostu lub rozwoju, fotosyntezę, prowadzą do uszkodzenia DNA oraz zaburzają integralność błony komórkowej; często kumulują się w różnych organach, prowadząc do stanów patogenicznych o nie do końca zbadanych skutkach długoterminowych [Zikankuba i in. 2019].

Według klasyfikacji pestycydów na podstawie ich trwałości wyróżniamy:

- pestycydy nietrwałe – rozkład do 12 tygodni,
- pestycydy umiarkowanie trwałe – rozkładalne w ciągu 1–18 miesięcy,
- pestycydy trwałe – rozkładane w ciągu 2–3 lat w 75–100% [Nowak i in. 2015].

Przepisy dotyczące wprowadzania środków ochrony roślin do obrotu w UE reguluje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej nr 1107 z dnia 21 października 2009 r. Dział ds. pestycydów przy EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności), odpowiadający za ocenę ryzyka stosowania substancji czynnych używanych w UE, pozostaje w ścisłej współpracy ze wszystkimi państwami członkowskimi, które są zobligowane do prowadzenia programów monitoringowych dotyczących występowania pozostałości pestycydów w żywności wprowadzanej na rynek konsumencki. W ocenie ryzyka określa się, czy prawidłowe stosowanie substancji toksycznych może mieć jakikolwiek bezpośredni lub pośredni szkodliwy wpływ na zdrowie ludzi, zwierząt, na jakość wód czy gleby, a także na organizmy niebędące przedmiotem zwalczania. Choć większość omawianych związków aktywnych ma wielokierunkowe działanie, to wiele z nich jest również stosowanych selektywnie na określone czynniki chorobotwórcze, chwasty lub szkodniki i pestycydy te nie wykazują jednoczesnego szkodliwego wpływu na gatunki pożyteczne. Jednak zdolność kumulacji związków pestycydowych powoduje bardzo negatywny wpływ tych substancji na organizm ludzki, środowisko i różnorodność biologiczną [PAN Germany 2003, Regulation (EC) 2009, Walter i Crinnion 2009, Damalas i Eleftherohorinos 2011, Pérez-Lucas i in. 2018].

Pestycydy były szeroko stosowane na całym świecie od lat 40. XX w., a ich zużycie było stopniowo zwiększane w miarę wzrostu populacji ludzkiej i produkcji roślinnej. W 2016 r. światowy bilans zużycia pestycydów wyniósł 4,1 mln t, z czego 51,3% wykorzystano w Azji, 33,3% łącznie w Ameryce Północnej, Środkowej i Południowej, 11,8% w Europie, 2,2% w Afryce i 1,4% w Oceanii [FAOSTAT 2018]. Zwiększenie populacji ludzkiej i produkcji roślinnej spowodowało wzrost handlu pestycydami o ponad 60 mld USD. Ocena zużycia pestycydów w latach 1990–2016 na świecie pokazuje, że rosnące

zastosowanie tych substancji obserwowano w najslabiej rozwijających się krajach, podczas gdy w najbardziej rozwiniętych obszarach, takich jak UE i USA, zużycie środków ochrony roślin systematycznie malało [FAOSTAT 2018, Pérez-Lucas i in. 2018]. Na terenie UE w 2017 r. najczęściej sprzedawaną grupą pestycydów były fungicydy i bakteriocydy, a całkowita sprzedaż pestycydów wyniosła ok. 375 tys. t, przy czym ponad 65% całkowitej wielkości tej sprzedaży wprowadziły na rynek Włochy, Hiszpania, Francja, Niemcy [EUROSTAT 2019].

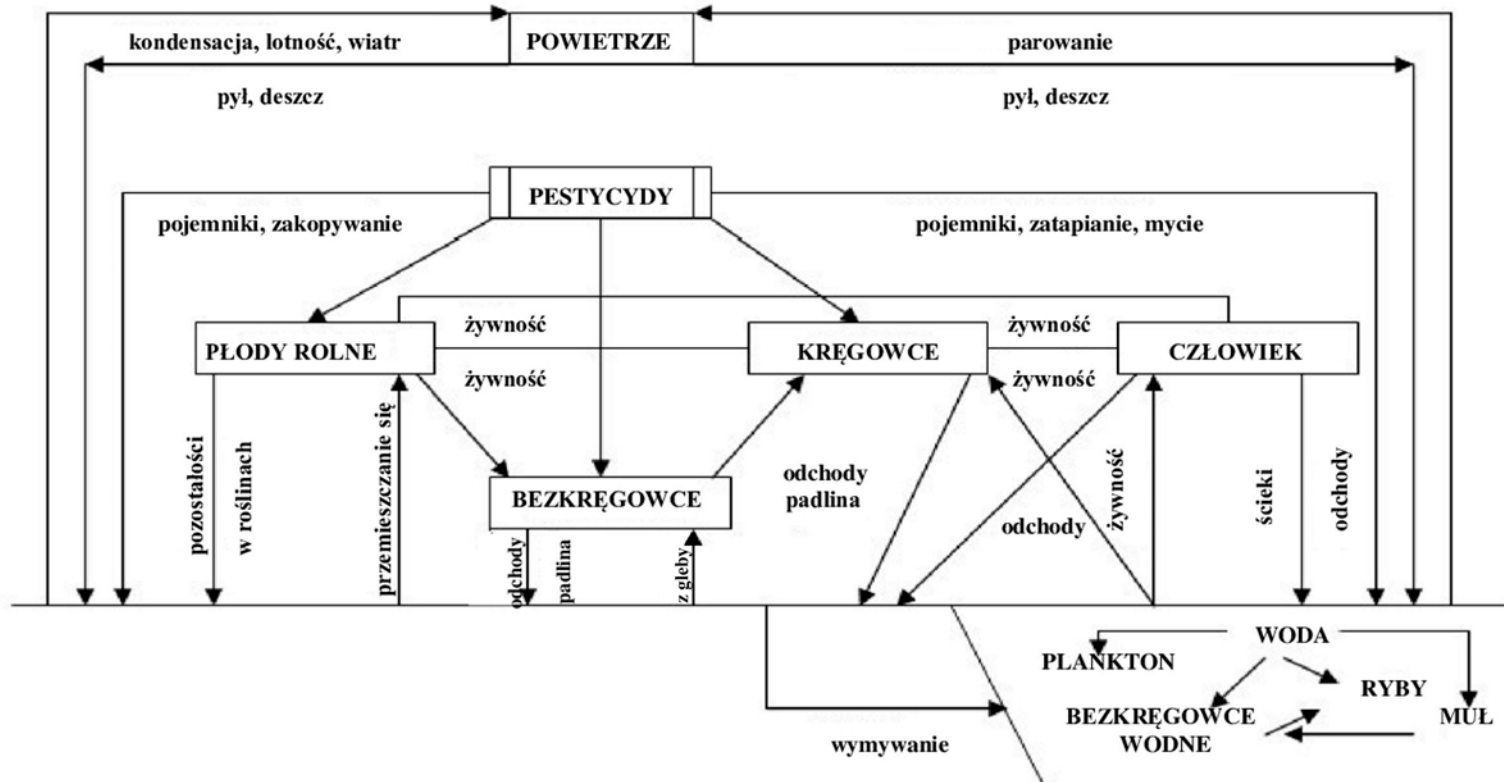
Ważnym problemem jest też rynek podrabianych środków ochrony roślin, które zawierają pestycydy dawno wyrejestrowane, a pochodzące z nielegalnej produkcji, związki chemiczne bez odpowiednich certyfikatów bezpieczeństwa, zawierające różne zanieczyszczenia, niespełniające wymagań co do zawartości składnika czynnego lub w ogóle niezawierające substancji aktywnej [Drury 2014, Karasali i in. 2014, Hoi i in. 2016]. Do największych nadużyć w tym zakresie dochodzi w krajach rozwijających się, w których zapotrzebowanie na tego typu produkty jest determinowane przez czynnik ekonomiczny. Takie środki mogą stanowić zagrożenie dla środowiska, upraw, zwierząt, ludzi, a niezgodna z faktycznym stanem etykieta wprowadza w błąd nabywców [Miszczyk i in. 2018].

#### WYSTĘPOWANIE PESTYCYDÓW W ŚRODOWISKU

W związku z powszechnością stosowania środków ochrony roślin, a także z kumulowaniem się tych związków zarówno w organizmie człowieka, jak i w środowisku substancje te występują we wszystkich jego elementach, tj. w wodzie, glebie, osadach dennych, powietrzu, jak również w roślinach, organizmach zwierzęcych, żywności i w organizmie ludzkim (rys. 1), co dodatkowo potęguje zasięg ich szkodliwego działania [Walter 2009, Hu i in. 2013]. Sprzyjające warunki środowiskowe, takie jak odpowiednie: ilość tlenu, światła słonecznego, prędkość i kierunek wiatru, temperatura, wilgotność, typ gleby i jej aktywność, to czynniki, które dodatkowo zwiększają niekorzystny wpływ pestycydów na środowisko. Czynnikiem potęgującym to zjawisko jest również degradacja zastosowanego środka do jednego lub kilku metabolitów, wykazujących najczęściej dodatkowe właściwości toksyczne różne od tych, które generował związek wyjściowy [Biziuk i in. 2001, PAN Germany 2003]. Pomimo wprowadzenia zakazu stosowania wielu środków ochrony roślin i w związku z kumulacją tych substancji w środowisku ciągle aktualne są badania nad grupami związków, które znajdują się poza odpowiednim rejestrzem, ale jednocześnie muszą stanowić przedmiot oferty usługowej specjalistycznych laboratoriów analitycznych w zakresie oceny ich obecności w różnorodnych próbkach.

#### **Powietrze atmosferyczne**

Dużą zawartość pestycydów odnotowuje się w powietrzu atmosferycznym, w którym związki te występują w postaci pyłów i mgieł, w fazie gazowej lub w formie zaadsorbowanej na cząstkach stałych, a także rozpuszczone w parze wodnej. Do atmosfery pestycydy dostają się głównie poprzez: produkcję oraz utylizację preparatów pestycydowych, rozprzestrzenianie rozpylonego preparatu pestycydowego wraz z powietrzem, przeniesienie na cząsteczkach pyłu zaadsorbowanego pestycydu, parowanie zastosowanego



Rys. 1. Obieg pestycydów w przyrodzie [Biziuk i in. 2001]  
 Fig. 1. The circulation of pesticides in nature [Biziuk et al. 2001]

pestycydu z powierzchni opryskiwanych roślin i gleby, a także na skutek odparowywania z wody. W grupie wymienionych czynników największy wpływ na przenoszenie pestycydów do atmosfery ma znoszenie rozpylonego preparatu pestycydowego z prądem powietrza, w wyniku czego do atmosfery przedostaje się od 30 do 50% rozpylanej ilości stosowanego środka, czemu sprzyja duża lotność związków pestycydowych. Na intensywność rozprzestrzeniania pestycydów wpływa nie tylko sposób stosowania substancji, lecz również ich liczba, rozmieszczenie i wysokość źródeł emisji, a także warunki topograficzne oraz pionowe gradienty temperatury i wiatrów. Rozpylona substancja może rozprzestrzeniać się na odległość od kilku metrów do blisko tysiąca kilometrów. Wykazano również, że aż 80–90% pestycydu może ulatniać się w ciągu kilku kolejnych dni od jego zastosowania [Majewski i Capel 1995, Biziuk i in. 2001, Kosikowska i Biziuk 2009].

### **Gleba**

Źródłem zanieczyszczeń gleb pestycydami są przede wszystkim środki ochrony roślin stosowane powszechnie w rolnictwie, a także opady i pyły atmosferyczne, zawierające pozostałości pestycydów. Związki te osiadają również na powierzchni gleby na skutek opylania i opryskiwania roślin środkami chemicznymi, które, strącane przez wiatr lub spłukiwane z deszczem, dostają się do gleby [Pérez-Lucas i in. 2018]. Stopień zanieczyszczenia gleby pestycydami zależy od właściwości fizykochemicznych tych związków, a także od intensywności ich stosowania. Właściwości gleby, takie jak struktura, stopień porowatości czy właściwości sorpcyjne, odgrywają również ważną rolę. Istotnym czynnikiem jest także intensywność opadów atmosferycznych, które wpływają na szybkość rozkładu lub wypłukiwania z podłoża toksycznych związków. Pestycydy i produkty ich rozpadu są zatrzymywane w glebie w różnym stopniu, zależnie od właściwości gleby i zastosowanej substancji. Duże znaczenie ma zawartość substancji organicznej w glebie. Im jest jej więcej, tym większa jest adsorpcja pestycydów. Odczyn gleby ma również wpływ na adsorpcję pestycydów, która wrasta wraz ze spadkiem wartości pH gleby [Andreu i Picó 2004, Aktar i in. 2009]. Uważa się również, że zawartość węgla organicznego jest jednym z najważniejszych czynników mających wpływ na degradację pestycydów, ich adsorpcję i mobilność w glebie [Sadegh-Zadeh i in. 2017]. Nieprzemyślane stosowanie pestycydów w tym środowisku może także spowodować spadek liczebności populacji korzystnych mikroorganizmów glebowych. Wykazano, że powszechnie stosowane herbicydy hamują wzrost i aktywność wolno żyjących bakterii wiążących azot w glebie i uszkadzają grzyby mikoryzowe, które wspomagają korzenie roślin w pobieraniu składników odżywczych [Santos i Flores 1995].

### **Woda**

Zanieczyszczenie zbiorników wodnych pestycydami stosowanymi w rolnictwie stanowi poważne zagrożenie dla ekosystemów wodnych i zasobów wody pitnej. Wody powierzchniowe zawierają na ogół znacznie więcej różnorodnych związków w porównaniu z wodami podziemnymi [Pimentel 2005]. Zgodnie z dyrektywą 2006/118/WE wody podziemne są największym źródłem słodkiej wody w UE. Około 60% obywateli Europy wykorzystuje wody gruntowe jako wodę pitną, jednak jej jakość jest zagrożona z powodu zawartości pestycydów i azotanów przedostających się do wód podziemnych

przez wymywanie tych substancji z gleby, do której dostają się w wyniku zabiegów agrotechnicznych [Pérez-Lucas i in. 2018]. Do wód gruntowych pestycydy przedostają się również w okresie spływu wód roztopowych. Zanieczyszczenia pestycydowe są także obecne w opadach atmosferycznych, które wpływają na zanieczyszczenie zbiorników wodnych nawet w bardzo dużych odległościach od terenów rolniczych, jak np. jeziora górskie czy tereny podbiegunowe. Źródłami zanieczyszczenia wody pestycydami są także przemysł chemiczny produkujący środki ochrony roślin oraz ich zastosowanie na szeroką skalę w rolnictwie i w innych gałęziach gospodarki, co powoduje przemieszczanie się tych związków i ich kumulację w wodzie. W badaniach wykonanych w środowisku wodnym wykazano większą częstotliwość występowania pestycydów w wodach miejskich w porównaniu z rolniczymi, przy czym stężenia środków owadobójczych w wodach miejskich przekraczały wytyczne dotyczące ochrony życia wodnego. Zanieczyszczenie wód gruntowych pestycydami stanowi problem na całym świecie. Może upłynąć wiele lat, zanim zanieczyszczenie zniknie lub zostanie częściowo usunięte. Sam proces oczyszczania jest bardzo kosztowny i złożony, o ile jest w ogóle możliwy [Biziuk i in. 2001, US EPA 2001, Aktar i in. 2009]. Szczególną uwagę należy zwrócić na możliwość występowania pozostałości pestycydów w wodach naturalnych (zwłaszcza w tych przeznaczonych do celów konsumpcyjnych i gospodarczych), które mogą powodować skażenie produktów spożywczych i wykazywać toksyczne działanie na zdrowie i życie człowieka.

#### PRZENIKANIE PESTYCYDÓW DO ROŚLIN UPRAWNYCH

Podczas wykonywania zabiegów agrotechnicznych pestycydy aplikuje się bezpośrednio na rośliny lub doglebowo. Preparaty wglębne mogą przenikać do wszystkich organów rośliny i w konsekwencji powodować toksyczne skażenie żywności z niej pochodzącej. Na stopień zanieczyszczenia pestycydami wpływają również takie czynniki jak dawka konkretnej substancji i liczba zastosowanych zabiegów, właściwości fizykochemiczne związku, forma preparatu, gatunek rośliny, właściwości gleby, a także warunki atmosferyczne. Wybrane cechy budowy roślin mogą stymulować bądź ograniczać działanie pestycydów [Biziuk i in. 2001]. Obecność włosków w blaszce liściowej sprzyja kumulacji pestycydów podczas ich dolistnego stosowania. Warstwa woskowa na powierzchni liścia umożliwia przenikanie i gromadzenie się insektycydów chloroorganicznych, ale jest przeszkodą dla związków bardzo dobrze rozpuszczalnych w wodzie i w ten sposób stanowi barierę ochronną uniemożliwiającą wniknięcie pestycydów do wnętrza rośliny. Duża powierzchnia rośliny w stosunku do jej masy, charakterystyczna dla sałaty, kapusty czy w większości roślin pastewnych, powoduje większe zatrzymywanie pestycydów niż w roślinach o małej powierzchni. Wykazano również, że w tej samej roślinie owoce znacznie lepiej kumulują pozostałości pestycydów niż liście, a największe ich stężenia wykrywano w skórce, szczególnie owoców cytrusowych w odniesieniu do kiedyś powszechnie stosowanych insektycydów chloroorganicznych [Biziuk i in. 2001]. Wchłanianie pestycydu przez roślinę zależy również od jego właściwości, a przede wszystkim od jego trwałości i cech systemicznych. W grupie najtrwalszych z nich należy wymienić substancje obecnie niestosowane w Europie czy wycofywane z rejestrów, jak



związki metaloorganiczne, głównie rtęciowe, oraz pochodne chlorowanych węglowodorów, które wykrywano zwłaszcza w warzywach korzeniowych, takich jak marchew, rzodkiew, buraki, oraz w ziemniakach i roślinach oleistych. Pozostałości pestycydów obecne w produktach roślinnych mogą zmniejszać ich wartość odżywczą, a także walory organoleptyczne żywności pochodzenia roślinnego [Biziuk i in. 2001].

#### KUMULACJA PESTYCYDÓW W TKANKACH ZWIERZĘCYCH

Produkty pochodzenia zwierzęcego są również narażane na zanieczyszczenie pozostałościami pestycydów. Ich źródłem mogą być zarówno preparaty stosowane do ochrony roślin, jak i skażona pasza zielona lub przemysłowa używana do ich karmienia, a także zanieczyszczona woda [Biziuk i in. 2001]. Pestycydy dostają się do organizmu zwierząt przez przewód pokarmowy, skórę lub drogi oddechowe. Większość z nich jest szybko rozkładana do związków rozpuszczalnych w wodzie i łatwo wydalanych. Związki chloroorganiczne (DDT i pochodne), odznaczające się wolniejszym metabolizmem i dlatego łatwo kumulujące się w tkankach zwierzęcych, były jednymi z pierwszych pestycydów, które wycofano ze stosowania, a wcześniej zakazano stosowania ich do dezynsekcji zwierząt gospodarskich. Pozostałości pestycydów są identyfikowane zarówno w tkankach zwierząt domowych, jak i dziko żyjących, co dodatkowo stymuluje skażenie środowiska tymi związkami. Powszechne stosowanie pestycydów stwarza zagrożenie dla pożytecznych mikroorganizmów glebowych, owadów, ryb i ptaków. Na świecie odnotowuje się również przypadki zatrucia pestycydami u delfinów, które należą do najbardziej zagrożonych gatunków zwierząt. Ze względu na wysoki poziom troficzny w łańcuchu pokarmowym i niską aktywność enzymów metabolizujących ssaki wodne, takie jak delfiny, gromadzą zwiększone ilości zanieczyszczeń chemicznych. Również ssaki słodkowodne, takie jak wydry i norki, są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenie pestycydami. Nieprzemysłane traktowanie roślin herbicydami jest również bardzo toksyczne dla pszczoł, pełniących ważną rolę podczas zapylania roślin, a także wykazuje niszczące działanie na naturalne siedliska pająków czy chrząszczy, co znacznie ogranicza liczebność tych populacji w środowisku naturalnym. Przeprowadzono również badania dokumentujące spadek populacji nietoperzy w różnych częściach świata związany z systematycznym stosowaniem na tych terenach związków pestycydowych [Thies i Mc Bee 1994, Leonards i in. 1997, Tanabe i in 1998].

#### KUMULACJA PESTYCYDÓW W TKANKACH CZŁOWIEKA

Badania krwi u ludzi przeprowadzone przez Światowy Fundusz na rzecz Przyrody w 2004 r. wykazały zdolność kumulacji pestycydów w organizmie człowieka na długie lata – stwierdzono, że każda badana próbka krwi była skażona mieszkanką chemicznych substancji, m.in. pestycydów chloroorganicznych, polichlorowanych bifenyli i innych. Duża część zidentyfikowanych związków stanowiła substancje wycofane z użytku już wiele lat temu, co potwierdza, że pestycydy wykazują się dużymi zdolnościami kumula-

cji, zarówno w organizmie ludzkim, jak i w środowisku przyrodniczym [Strucinski i in. 2006, Mazurkiewicz i Czernecki 2011].

Wykazano, że największą toksycznością charakteryzują się wspomniane wcześniej wycofane związki chloroorganiczne, które dostają się do naszego organizmu głównie poprzez spożywanie skażonych ryb i skorupiaków morskich [Biziuk i Żelechowska 2001]. Substancje te po wnikięciu do organizmu człowieka gromadzą się w największej ilości, zgodnie z ich lipofilowym charakterem, w tkance tłuszczowej. Są one szczególnie toksyczne dla płodu, gdyż w okresie ciąży przechodzą przez barierę krew – łożysko i kumulują się w narządach płodu. Pestycydy przenikają również do mleka matki oraz łatwo gromadzą się w różnych organach, takich jak mózg, nerki, wątroba, powodując ich dysfunkcję lub uszkodzenie [Debnath i Khan 2017].

Wyniki badań przeprowadzonych wśród populacji ludzkiej na Kostaryce, w Zairze (obecnie Demokratyczna Republika Konga) i w Hongkongu wykazały ścisłą korelację między zawartością pestycydu chloroorganicznego DDT w tkance tłuszczowej i mleku matki a intensywnością stosowania tego insektycydu w badanym regionie [Biziuk i in. 2001]. W Europie, gdzie już na początku lat 70. wycofano DDT z użytku, odnotowuje się spadek jego zawartości zarówno w środowisku, jak i w organizmie człowieka [Biziuk i in. 2001].

#### TOKSYCZNOŚĆ PESTYCYDÓW – ZAGROŻENIA I PRZYCZYNY ZATRUCIA

Zasadność stosowania pestycydów argumentuje się tym, że niszczą one wszelkie formy, które mają niekorzystny lub szkodliwy wpływ na zdrowie i życie człowieka. Cechą pożądaną pestycydów jest również selektywność ich działania, czyli niszczenie wszelkich niepożądanych form bez szkodliwego wpływu na człowieka i pożyteczne gatunki roślin oraz zwierząt. Niestety w praktyce założenie to okazało się niemożliwe do zrealizowania. Liczne badania doświadczalne z zastosowaniem pestycydów wykazały ich toksyczny wpływ na większość organizmów żywych, w tym także na ludzi [Terry i in. 2003]. Rozwój metod analitycznych służących identyfikacji pozostałości pestycydów w różnych matrycach umożliwił wykazanie, że znaczna część żywności produkowanej w świecie skażona jest różnymi dawkami tych niebezpiecznych związków. Od dużych przekroczeń najwyższych dopuszczalnych stężeń do małych, często na poziomie dopuszczalnym, ale szeroko rozpowszechnionych, o słabo zbadanych długofalowych skutkach działania. Z tego względu pestycydy są grupą związków, które klasyfikuje się pod względem ich toksyczności [Jallow i in. 2017, Reinholds i in. 2017, Skovgaard i in. 2017].

#### Klasyfikacja toksykologiczna

W klasyfikowaniu stopnia toksyczności pestycydów ujmuje się następujące kryteria:

– wartość współczynnika bioakumulacji ( $K_d$ ) – będącego wskaźnikiem ekspozycji żywych organizmów na pestycydy,

– wartość współczynnika podziału oktanol/woda ( $\log K_{ow}$ ) – określającego zależność aktywności biologicznej związku od lipofilności i polarności,

- stężenie śmiertelne (LC50) – stężenie substancji badanej, przy którym 50% badanej populacji umiera po 14 dniach (lub innym, ściśle określonym czasie) od czasu ekspozycji,
- dawka śmiertelna (LD50) – dawka wyrażona ilością substancji toksycznej w miligramach na kilogram ciała, która po jednorazowym podaniu powoduje śmierć 50% badanej populacji,
- dawka efektywna (EC50) – stężenie związku, które wpłynęłoby na 50% badanych organizmów, lecz ich nie zabiło [Biziuk i Żelechowska 2001, Makles i Domański 2008].

Światowa Organizacja Zdrowia [WHO 2010] podaje klasyfikację pestycydów z uwzględnieniem drogi dostania się substancji do organizmu – doustnie, jak również przez skórę (tab. 1). Istotne jest uwzględnienie toksyczności skórnej, ponieważ ta droga wnikania niebezpiecznych substancji ma znaczny udział w narażeniu zdrowotnym [Maul i in. 2018]. Także obecność pestycydów w powietrzu stanowi zagrożenie dla zdrowia ze względu na wnikanie składników toksycznych drogami oddechowymi [Giusti i in. 2018].

Tabela 1. Klasyfikacja pestycydów na podstawie ich toksyczności [WHO 2010]

Table 1. Classification of pesticides based on their toxicity [WHO 2010]

Klasa		LD <sub>50</sub> dla szczura (mg/kg masy ciała)	
		doustnie	przez skórę
Ia	ekstremalnie toksyczne	<5	<50
Ib	bardzo toksyczne	5–50	50–200
II	umiarkowanie toksyczne	50–200	200–2000
III	mało toksyczne	>2000	>2000
U	niestanowiące poważnego zagrożenia	>5000	

W Polsce obowiązują odpowiednie przepisy określające zasady wprowadzania środków ochrony roślin do obrotu, stosowania środków ochrony roślin, potwierdzania sprawności technicznej sprzętu przeznaczonego do stosowania środków ochrony roślin, prowadzenia integrowanej produkcji roślin, prowadzenia szkoleń w zakresie środków ochrony roślin, a także gromadzenia informacji o zatruciach środkami ochrony roślin regulowane ustawą z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin [Dz.U. z 2019 r., poz. 1900 z późn. zm.], która wynika z przepisów Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej nr 1107 z dnia 21 października 2009 r., dotyczącego wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin.

Rozporządzenie to nakłada również wymóg badania interakcji między substancją czynną i środkami zabezpieczającymi, synergetykami i składnikami obojętnymi przy ocenie i zatwierdzaniu do stosowania środków ochrony roślin. Ocena toksykologiczna pestycydów opiera się w głównej mierze na metodach *in vivo*. Podczas procedury zatwierdzania pestycydu do stosowania kompletny preparat jest testowany *in vivo* pod kątem ostrej toksyczności, podrażnienia skóry i oczu oraz uczulenia. Jeśli jednak nie są dostępne dane badań *in vivo*, klasyfikacje produktów opiera się na obliczeniach progno

stężen odnoszących się do substancji klasyfikowanych obecnych w preparacie, co, jak wykazały przeprowadzone badania, może prowadzić do błędnej klasyfikacji środków ochrony roślin wprowadzonych do obrotu w poszczególnych państwach. Bardziej korzystna wydaje się również konieczność zastąpienia badań *in vivo* rzetelnymi badaniami *in vitro*, które stanowiłyby cenne źródło informacji dla odpowiedniej ochrony populacji ludzkiej [ECHA 2017, Adler-Flindt i Martin 2019]. W ciągu ostatnich lat podjęto wiele prób zastąpienia testu ostrej toksyczności doustnej (LD50) testami cytotoksyczności. W badaniach Halle [2003] opracowano model regresji, który z dokładnością do 77,7% wskazywał wartość LD50 *in vivo* z danych IC50 *in vitro*. Podobnie program „Multicentre Evaluation of In Vitro Cytotoxicity” (MEIC) wykazał znaczną korelację między cytotoksycznością a śmiertelnymi stężeniami szkodliwych substancji we krwi u ludzi [Bondesson i in. 1989]. Wyniki tych badań zainicjowały projekt UE „A Cute Tox” w ramach szóstego programu ramowego w celu opracowania strategii badań *in vitro* do określania ostrej toksyczności poszczególnych środków ochrony roślin dla ludzi [Clemedson i Forsby 2007]. W ramach projektu wykazano jednak, że tylko związki o LD<sub>50</sub> > 2000 mg/kg masy ciała zostały sklasyfikowane w miarę prawidłowo, podczas gdy związki należące do innej kategorii toksyczności były często błędnie klasyfikowane [Prieto i in. 2013].

#### WPLYW PESTYCYDÓW NA ZDROWIE LUDZI

Toksyczne działanie pestycydów może powodować zatrucia ostre, najczęściej zawodowe lub środowiskowe, a także zatrucia przewlekłe w wyniku narażenia człowieka na długotrwałe oddziaływanie małych dawek pestycydów, a co za tym idzie – ich kumulacji wewnątrz ustroju i pojawienie się odległych niekorzystnych skutków działania pestycydów w organizmie człowieka [Debnath i Khan 2017].

Główne drogi przenikania pestycydów do ustroju człowieka to przewód pokarmowy, skóra i układ oddechowy. Pestycydy corocznie są przyczyną zatrucia ok. 1,5 mln ludzi na świecie. W grupie tej występują zarówno pracownicy firm produkujących substancje chemiczne, jak i rolnicy, wykorzystujący te związki do produkcji rolnej, a ostatnim ogniwem tego łańcucha są konsumenci żywności zawierającej pozostałości pestycydów. Szacuje się, że ok. 20 tys. zgonów w UE jest spowodowane spożywaniem produktów żywnościowych zanieczyszczonych środkami ochrony roślin przed upływem karencji [Makles i Domański 2008].

Pestycydy skumulowane w organizmie człowieka prowadzą do zmian mutagennych, teratogennych i nowotworowych. Zaburzają gospodarkę hormonalną organizmu i przebieg procesów enzymatycznych, są przyczyną chorób układu oddechowego, trawiennego, limfatycznego, jak również chorób skórnych. Substancje te mogą powodować upośledzenie rozrodu i rozwoju płodu [Makles i Domański 2008, Debnath i Khan 2017]. Badania przeprowadzone u kobiet w ciąży wykazały, że przyjmowana przez matki żywność skażona pestycydami może zwiększać ryzyko występowania u ich dzieci nowotworów złośliwych: mózgu, nerwiaka niedojrzałego, guza Wilma, mięsaka Ewinga, białaczki limfatycznej czy chłoniaka niezróżnicowanego [Gawora-Ziółek i in. 2005]. Niektóre badania sugerują także zwiększone ryzyko występowania zaburzeń neurovegetatywnych u dzieci mających kontakt z pozostałościami pestycydów, głównie na skutek nakładania się efektów działania związków fosforoorganicznych i karbaminianów N-metylowych [Łozowicz-

ka i in. 2011]. Ponadto pestycydy wykazują synergizm działania w odniesieniu do palaczy i ludzi nadmiernie spożywających alkohol [Kelada i in. 2003, Łozowicka 2015]. Liczne dowody wskazują także na to, że większość z powszechnie stosowanych pestycydów może wyciszać normalną reakcję ludzkiego układu odpornościowego, w wyniku czego organizm jest bardziej podatny na inwazje wirusów, bakterii i pasożytów, co prowadzi do zwiększenia częstości występowania chorób [Levine 2007]. Szczególnie niebezpieczne są pestycydy chloroorganiczne (obecnie wycofane), które działają rakotwórczo zarówno na skórę, jak i na narządy wewnętrzne i powodują liczne choroby, m.in. nadciśnienie, cukrzycę czy arteriosklerozę. W zatruciach ostrych tymi związkami następuje uszkodzenie układu nerwowego, porażenie ośrodka oddechowego i obrzęk płuc, co może prowadzić do śmierci. Zatrucia podostre charakteryzują się zaburzeniami słuchu, koordynacji ruchów i zanikiem mięśni, natomiast zatrucia przewlekłe – ogólnym osłabieniem, bólami głowy i zaburzeniami psychicznymi. Badania *in vitro* pokazują, że zarówno związki chloro-, jak i fosforoorganiczne (wycofane) powodują zmiany aktywności enzymów proteolitycznych, szczególnie pepsyny, co może być przyczyną zaburzeń funkcji przewodu pokarmowego [Biziuk i Żelechowska 2001, Gilden i in. 2010, Cecchi i in. 2012, Alavanja i in. 2013, Giulivo i in. 2016, Adler-Flindt i Martin 2019]. Ostatnio można zaobserwować, że wyniki badań nad toksycznością pestycydów mogą być niejednoznacznie interpretowane przez różne agendy, co może rodzić wątpliwości związane z bezpieczeństwem ich stosowania, dotyczące np. popularnie stosowanego środka z grupy herbicydów – glifosatu [Toretta i in. 2018]. Należy zaznaczyć, że sprawę wyeliminowania lub znacznego ograniczenia toksycznych pestycydów reguluje Konwencja Sztokholmska [2001], która podejmuje problem toksycznych trwałych związków organicznych mających zdolność do bioakumulacji oraz do przemieszczania się w środowisku. Wśród związków z grupy pestycydów Konwencja wymienia substancje przewidziane do całkowitego wycofania z produkcji, obrotu i stosowania, tj. aldrynę, alfa-heksachlorocykloheksan, beta-heksachlorocykloheksan, chlordan, chlordekon, dieldrynę, endrynę, heptachlor, heksabromodifenyl, eter heksabromodifenylu oraz eter heptabromodifenylu, heksachlorobenzen, lindan, mireks, pentachlorobenzen, polichlorowane bifenyly, eter tetrabromodifenylu i eter pentabromodifenylu, toksafen oraz endosulfan [Konwencja Sztokholmska 2001].

W celu zapewnienia bezpieczeństwa żywności dla konsumentów oraz ochrony zdrowia i życia ludzkiego wiele krajów na całym świecie wprowadziło program monitoringu i urzędową kontrolę żywności dotyczącą zawartości zanieczyszczeń, w tym pestycydów, zgodnie z najwyższymi dopuszczalnymi poziomami tych związków, NDP (ang. MRL, *maximum residue level*) [Rozporządzenie (WE) nr 396 z dnia 23 lutego 2005 r., Kostka i in. 2011, Malinowska i Jankowski 2015, EFSA 2019]. W polskim prawie wartości maksymalnych dopuszczalnych stężeń pozostałości pestycydów obowiązują od roku 1993, natomiast Rozporządzeniem Komisji UE nr 839 z dnia 31 lipca 2008 r. zostały ujednoczone limity dotyczące zawartości pestycydów w żywności we wszystkich państwach członkowskich. Najnowszy Raport Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności [EFSA 2019] opublikowany w czerwcu 2019 r., dotyczący badań kontrolnych pozostałości pestycydów w produktach spożywczych na terenie państw członkowskich UE, wykazał, że w 54,1% przebadanych próbek nie stwierdzono pozostałości pestycydów, podczas gdy 41,8% analizowanych próbek żywności zawierało pozostałości pestycydów na poziomie lub poniżej maksymalnego dopuszczalnego poziomu (MRL). Na tej

podstawie oceniono, że ryzyko zdrowotne związane ze spożywaniem żywności na terenie UE jest niewielkie. Jednocześnie na podstawie analizy wyników z 2017 r. EFSA opracowała szereg zaleceń mających na celu zwiększenie skuteczności europejskich systemów kontroli w celu zapewnienia stałego wysokiego poziomu ochrony konsumentów [EFSA 2019].

#### ZATRUCIA PESTYCYDAMI

Zatrucia przewlekłe pestycydami są bardzo trudne do diagnostyki, ponieważ nie występują tutaj swoiste objawy i z tego względu są często bardziej niebezpieczne dla zdrowia i życia człowieka, w porównaniu z zatruciami ostrymi. Z powodu szerokiego zastosowania pestycydów w różnych dziedzinach życia sposobów zatrucia tymi związkami jest bardzo wiele. Mogą one być:

a) systematyczne – związane z wykonywaną pracą zawodową – produkcją lub transportem preparatów pestycydowych, stałą pracą przy opryskiwaniu roślin w rolnictwie, udziałem w działaniach sanitarnych i przeciwepidemicznych, spożywaniem żywności skażonej pestycydami;

b) okresowe – podczas indywidualnego użytkowania pestycydów w gospodarstwach rolnych i domowych, w przypadku ich niewłaściwego stosowania, przechowywania czy omyłkowego spożycia;

c) przypadkowe – w wyniku niezamierzonego rozlania lub spożycia;

d) rozmyślne – po spożyciu lub podaniu w celach samobójczych lub przestępczych [Debnath i Khan 2017, Du i in. 2017].

Ponadto w przypadku zatruc należy rozpatrywać poszczególne grupy populacji, a szczególnie niemowlęta, dzieci i kobiety w ciąży, które stanowią grupę najbardziej narażoną na szkodliwe działanie pestycydów [Gawora-Ziółek i in. 2005, Winter 2017]. Problem ten jest szczególnie istotny w krajach, w których nie ma jeszcze obecnie wypracowanych odpowiednich działań w tym zakresie. Znane są m.in. przypadki zatrucia dzieci pestycydami w Tanzanii (53 przypadki w latach 2005–2006) oraz w Chinach (2952 przypadki, w tym 66 zgonów, w latach 2006–2015) [Zikankuba i in. 2019].

#### KORZYŚCI I ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE ZE STOSOWANIA PESTYCYDÓW

Powszechne stosowanie pestycydów w rolnictwie – w związku ze wzrastającym popytem na żywność spowodowanym rosnącą liczbą ludności – ma swoje zalety, ale także wady. Mimo niewątpliwych korzyści zastosowania tych substancji nie należy pomijać niebezpieczeństwa związanego z występowaniem pozostałości pestycydów we wszystkich ogniach łańcucha żywnościowego [Pagliuca i in. 2005]. Ze względu na korzyści ekonomiczne wynikające z zastosowania pestycydów należy określić stosunek strat do korzyści, który jest zróżnicowany i zależy od stopnia rozwoju danego kraju. W krajach rozwijających się, gdzie stosowanie pestycydów przyczynia się do ograniczenia epidemii głodu i chorób zakaźnych, być może konieczne jest zaakceptowanie rozsądnego stopnia ryzyka. Ze względu jednak na brak możliwości pełnej oceny zagrożeń stosowania środków ochrony roślin dla zdrowia ludzkiego należy zachować daleko idącą

ostrożność, a podczas ich stosowania większe znaczenie powinny odgrywać względy zdrowotne aniżeli argumenty finansowe. Należy też zwrócić uwagę na problem uodparniania się agrofagów (mutacje) na stosowane pestycydy, co prowadzi do ciągłego poszukiwania nowych substancji aktywnych i jednocześnie stanowi ważny problem zwiększający zagrożenie ze strony bardziej odpornych szkodliwych organizmów [Pimentel 2005]. Ponadto wzrost kosztów produkcji żywności związany ze stosowaniem środków ochrony roślin jest przyczyną pojawiania się obszaru związanego z produkcją i handlem produktami nielegalnymi, które stanowią związki „podrobione” lub będące poza regulacjami prawnymi, mogące stanowić w przyszłości poważny problem na wielu płaszczyznach.

Tabela 2. Korzyści i zagrożenia związane ze stosowaniem pestycydów  
[Żelechowska i in. 2001, Fenik i in. 2011]

Table 2. Benefits and hazards of pesticide use [Żelechowska et al. 2001, Fenik et al. 2011]

Korzyści	Zagrożenia
<p>Ograniczenie lub zlikwidowanie wielu chorób zakaźnych przenoszonych przez owady, np. dżumy, żółtej febry, malarii,</p> <p>zwiększenie higieny życia osobistego przez niszczenie domowych insektów: pcheł, wszy, karaluchów, mrówek,</p> <p>zwiększenie plonów upraw rolnych w wyniku ograniczenia chorób roślin oraz niszczenia chwastów, grzybów, roztoczy, insektów, gryzoni, ślimaków itp. atakujących te uprawy,</p> <p>zmniejszenie masowego pomoru zwierząt w gospodarstwach hodowlanych, przez co zwiększa się produkcję mleka, mięsa i skór,</p> <p>zmniejszenie strat żywności w trakcie magazynowania i transportu (ograniczenie ich gnicia i psucia się spowodowanego przez insekty i grzyby),</p> <p>ochrona lasów przed insektami,</p> <p>ochrona przed szkodnikami budynków i konstrukcji drewnianych oraz obiektów znajdujących się w muzeach i w kolekcjach prywatnych,</p> <p>utrzymanie murawy na boiskach sportowych, boiskach do krykieta i polach golfowych</p>	<p>Zanieczyszczenia wód i gleb pestycydami,</p> <p>uodpornienie się patogenów i szkodników na trucizny,</p> <p>niszczenie organizmów pożytecznych – ptaków, ryb, pożytecznych owadów, ssaków i roślin niebędących przedmiotem zwalczania,</p> <p>bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi</p>

Pestycydy są często uważane za szybkie, łatwe i niedrogi sposób rozwiązania w zwalczaniu chwastów i szkodników w miastach. Jednak długotrwałe stosowanie tych substancji prowadzi do ich przemian w środowisku i przenoszenia pomiędzy różnymi ekosystemami, a także do produktów spożywczych i pasz dla zwierząt, co stwarza bezpośrednie zagrożenie dla organizmów żywych. Znaczenie edukacji, zapobieganie niekorzystnym skut-

kom dla zdrowia, szkolenia pracowników są ważnymi narzędziami zapewniającymi bezpieczne stosowanie pestycydów, co wydaje się być dobrą inwestycją dla pracodawców jako wsparcie dla zrównoważonego rozwoju ekonomicznego poszczególnych krajów (tab. 2) [Żelechowska i in. 2001, Brown 2004, Wrzosek i in. 2009, Aktar i in. 2009, Fenik i in. 2011, Neme i Satheesh 2016].

W celu redukcji zagrożeń powstałych na skutek stosowania pestycydów w środowisku UE wprowadziła strategię zrównoważonego stosowania tych substancji, która w swoich założeniach zaleca stosowanie środków o niższej toksyczności, wzmocnioną kontrolę ich dystrybucji i wykorzystywania, prowadzenie szkoleń pracowników w zakresie ewidencji, właściwego wyboru rodzaju pestycydów i ich dawki, stosowanie atestowanych urządzeń podczas aplikowania na rośliny, a także wprowadzenie „podatku pestycydowego” dla firm agrochemicznych, który pokrywałby nakłady finansowe ponoszone przez instytucje wydające pozwolenia, a także koszty testów badawczych oraz szkoleń [Makles i Domański 2008]. W ostatnich latach podjęto również szereg badań, których celem było ograniczenie stosowania środków chemicznych w sektorze rolniczym. W tym celu zaczęto wprowadzać nowe technologie służące dokładnemu wykrywaniu i skutecznemu zwalczaniu szkodników, wyposażone w systemy wykrywania takie jak czujniki ultradźwiękowe, spektrometria, skanowanie laserowe, a także identyfikacja i klasyfikacja szkodników [Ebrahimi i in. 2018].

#### PIŚMIENNICTWO

- Adler-Flindt S., Martin S., 2019. Comparative cytotoxicity of plant protection products and their active ingredients. *Toxicol. In Vitro* 54, 354–366, <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2018.10.020>
- Aktar M.W., Sengupta D., Chowdhury A., 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisc. Toxicol.* 2(1), 1–12, <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Alavanja M.C.R., Ross M.K., Bonner M.R., 2013. Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure. *Cancer J. Clin.* 63, 120–142, <https://doi.org/10.3322/caac.21170>
- Andreu V., Picó Y., 2004. Determination of pesticides and their degradation products in soil: critical review and comparison of methods. *TrAC* 23(10–11), 772–789, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2004.07.008>
- Biondi A., Desneux N., Siscaro G., Zappalà L., 2012. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. *Chemosphere* 87(7), 803–812, <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2011.12.082>
- Biziuk M., Żelechowska A., 2001. Toksyczność środowiskowa. W: M. Biziuk (red.), *Pestycydy – występowanie, oznaczanie i unieszkodliwianie*. WNT, Warszawa.
- Biziuk M., Żelechowska A., Wiergowski M., Tyszkiewicz H., 2001. Występowanie pestycydów w środowisku. W: M. Biziuk (red.), *Pestycydy – występowanie, oznaczanie i unieszkodliwianie*. WNT, Warszawa, 42–62.
- Bondesson I., Ekwall B., Hellberg S., Romert L., Stenber, K., Walum E., 1989. MEIC – a new international multicenter project to evaluate the relevance to human toxicity of *in vitro* cytotoxicity tests. *Cell Biol. Toxicol.* 5, 331–347, <https://doi.org/10.1007/BF01795360>
- Botitsi H., Tsipi D., Economou A., 2017. Current legislation on pesticides. W: R. Romero-González, A.G. Frenich (red.), *Applications in high resolution mass spectrometry*. Elsevier, Amsterdam, 83–130, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809464-8.00004-X>



- Brown I., 2004. UK Pesticides Residue Committee Report 2004, [http://www.pesticides.gov.uk/uploadedfiles/Web\\_Assets/PRC/PRCAnnualreport2004.pdf](http://www.pesticides.gov.uk/uploadedfiles/Web_Assets/PRC/PRCAnnualreport2004.pdf) also available on request [dostęp 15.06.2019].
- Cantrell C.L., Dayan F.E., Duke S.O., 2012. Natural products as sources for new pesticides. *J. Nat. Prod.* 75(6), 1231–1242, <https://doi.org/10.1021/np300024u>
- Cecchi A., Rovedatti M.G., Sabino G., Magnarelli G.G., 2012. Environmental exposure to organophosphate pesticides: Assessment of endocrine disruption and hepatotoxicity in pregnant women. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 80, 280–287, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.03.008>
- Clemedson C., Kolman A., Forsby A., 2007. The integrated acute systemic toxicity project (ACuteTox) for the optimisation and validation of alternative *in vitro* tests. *ATLA* 35(1), 33–38, <https://doi.org/10.1177/026119290703500102>
- Damalas C.A., Eleftherohorinos I.G., 2011. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 8(5), 1402–1419, <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- Debnath M., Khan M.S., 2017. Health concerns of pesticides. W: M. Samad Khan, M. Shafiur Rahman (red.), *Pesticide Residue in Foods. Sources, management, and control.* Springer, Cham, 103–118, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52683-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52683-6_6)
- Drury G., 2014. The true threat of counterfeit pesticides. *Inter. Pest Contr.* 56(2), 108–109, <https://search.proquest.com/openview/a514cc78651d16822bd933b83871d8fe/1?pqorigsite=gscholar&cbl=2029999> [dostęp 19.11.2019].
- Du J., Gridneva Z., Gay M.C.L., Trengove R.D., Hartmann P.E., Geddes D.T., 2017. Pesticides in human milk of Western Australian women and their influence on infant growth outcomes: A cross-sectional study. *Chemosphere* 167, 247–254, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.005>
- Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu. <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0118&from=EN> [dostęp 15.06.2019].
- Ebrahimi A.A., Khoshthagha A.H., Minaei S., Jamshidi B., 2018. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review). *Agric. Eng. Int.* 20(2), 144–153.
- ECHA 2017. Guidance on the application of the CLP criteria guidance to regulation (EC) no 1272/2008 on classification, labelling and packaging (CLP) of substances and mixtures. [https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/clp\\_en.pdf/58b5dc6d-ac2a-4910-9702-e9e1f5051cc5](https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/clp_en.pdf/58b5dc6d-ac2a-4910-9702-e9e1f5051cc5) [dostęp 15.06.2019].
- EFSA (European Food Safety Authority), 2019. The 2017 European Union Report on Pesticide Residues in Food. *EFSA J.* 17(6), 5743, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5743>
- EUROSTAT, 2019. European Union (EU) agri-environmental indicator – consumption of pesticides. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental\\_indicator\\_-\\_consumption\\_of\\_pesticides](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_consumption_of_pesticides) [dostęp 19.11.2019].
- FAO, 2003. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4544e/y4544e00.pdf> [dostęp 12.09.2018].
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations Statistics Division), 2018. <ftp://ftp.fao.org/FAOSTAT> [dostęp 19.09.2018].
- Fenik J., Tankiewicz M., Biziuk M., 2011. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. *TrAC* 30, 814–826, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.02.008>
- Gawora-Ziółek M., Jurewicz J., Hanke W., 2005. Ekspozycja na pestycydy kobiet w ciąży pracujących w rolnictwie. *Med. Pr.* 56(3), 197–204.
- Gilden R.C., Huffling K., Sattler. B., 2010. Pesticides and health risk. *J. Obstet. Gynecol. Neonatal Nurs.* 39(1), 103–110, <https://doi.org/10.1111/j.1552-6909.2009.01092>

- Giulivo M., López de Alda M., Capri E., Barceló D., 2016. Human exposure to endocrine disrupting compounds: Their role in reproductive systems, metabolic syndrome and breast cancer. *Environ. Res.* 151, 251–264, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.011>
- Giusti A., Pirard C., Charlier C., Petit J.C.J., Crevecoeur S., Remy S., 2018. Selection and ranking method for currently used pesticides (CUPS) monitoring in ambient air. *Air Qual. Atmos. Hlth* 11(4), 385–389, <https://doi.org/10.1007/s11869-017-0516-6>
- Grotowska M., Janda K., Jakubczyk K., 2018. Wpływ pestycydów na zdrowie człowieka. *Pomoranian J. Life Sci.* 64(2), 42–50, <https://doi.org/10.21164/pomjlifesci.403>
- Halle W., 2003. The Registry of Cytotoxicity: toxicity testing in cell cultures to predict acute toxicity (LD50) and to reduce testing in animals. *ATLA* 31, 89–198, <https://doi.org/10.1177/026119290303100204>
- Hoi P.V., Mol A.P.J., Oosterveer P., Van Den Brink P.J., Huong P.T.M., 2016. Pesticide use in Vietnamese vegetable production: A 10-year study. *Inter. J. Agr. Sustain.* 14(3), 325–338, <https://doi.org/10.1080/14735903.2015.1134395>
- Hu C., He M., Chen B., Hu B., 2013. A sol-gel polydimethylsiloxane/polythiophene coated stir bar sorptive extraction combined with gas chromatography-flame photometric detection for the determination of organophosphorus pesticides in environmental water samples. *J. Chromatogr. A* 1275, 25–31, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.12.036>
- Jallow M.F.A., Awadh D.G., Albaho M.S., Devi V.Y., Ahmad N., 2017. Monitoring of pesticides residues in commonly used fruits and vegetables in Kuwait. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14(8), 833, <https://doi.org/10.3390/ijerph14080833>
- Karasali H., Kasiotis K.M., Macher K., Ambrus A., 2014. Case study to illustrate an approach for detecting contamination and impurities in pesticide formulations. *J. Agr. Food Chem.* 62(47), 11347–11352, <https://doi.org/10.1021/jf504729g>
- Kelada S.N., Costa-Mallen P., Checkoway H., Viernes H.A., Farin F.M., Smith-Weller T., Franklin G., Costa L., Longstreth W., Furlong C., Jarvik G., Swanson P., 2003. Paraoxonase 1 promoter and coding region polymorphism in Parkinson's disease. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 74(4), 546–547, <https://doi.org/10.1136/jnnp.74.4.546>
- Kilanowicz A., 2006. *Pestycydy*. W: J.K. Piotrowski (red.), *Podstawy toksykologii*. WNT, Warszawa, 319–355.
- Konwencja Sztokholmska w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych, sporządzona w Sztokholmie dnia 22 maja 2001 r. (Dz.U. 2009 nr 14, poz. 76), <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20090140076/O/D20090076.pdf> [dostęp 20.11.2019].
- Kosikowska M., Biziuk M., 2009. Przegląd metod oznaczania pozostałości pestycydów w próbkach powietrza. *Ecol. Chem. Eng.* 16(2), 207–220.
- Kostka G., Urbanek-Olejniak K., Liszewska M., 2011. Szacowanie ryzyka dla łącznego narażenia na pozostałości pestycydów w żywności. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 62(2), 127–136.
- Leonards P.E.G., Zierikzee Y., Brinkman U.A., Cofino W.P., Van Straalen N.M., Van Hattum B., 1997. The selective dietary accumulation of planar polychlorinated biphenyls in the otter (*Lutra lutra*). *Environ. Toxicol. Chem.* 16, 1807–1815, <https://doi.org/10.1002/etc.5620160907>
- Levine M.J., 2007. *Pesticides: a toxic time bomb in our midst*. Praeger Publ., London, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.452.3526&rep=rep1&type=pdf> [dostęp 12.09.2018].
- Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Jankowska M., 2011. Narażenie dzieci na pozostałości pestycydów w jabłkach. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 94(4), 1079–1086.
- Łozowicka, B., 2015. Health risk for children and adults consuming apples with pesticide residue. *Sci. Total Environ.* 502, 184–198, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.026>
- Łukasik-Głębocka M., Sein Anand J., 2009. *Środki ochrony roślin*. W: J. Pach (red.), *Zarys toksykologii klinicznej*. Wyd. UJ, Kraków, 493–522.
- Majewski M., Capel P., 1995. Pesticides in the atmosphere: distribution, trends, and governing factors. *Ann Arbor Press Inc., Chelsea*, 1–191, <https://doi.org/10.3133/ofr94506>

- Makles Z., Domański W., 2008. Ślady pestycydów – niebezpieczne dla człowieka i środowiska. *Bezp. Pr. Nauka Prakt.* 1, 5–9.
- Malinowska E., Jankowski K., 2015. Pesticides residues in some herbs growing in agricultural areas in Poland. *Environ. Monit. Assess.* 187, 775, <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4997-1>
- Maul J.D., Blackstock C., Brain R.A., 2018. Derivation of avian dermal LD50 values for dermal exposure models using in vitro percutaneous absorption of [14C]-atrazine through rat, mallard, and northern bobwhite full thickness skin. *Sci. Total Environ.* 630, 517–525. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.206>
- Mazurkiewicz J., Czernecki T., 2011. Zawartość pozostałości pestycydów chloroorganicznych w wybranych mrożonych warzywach z rynku lubelskiego. *Acta Agrophys.* 17(1), 151–163.
- Miszczuk M., Płonka M., Stobiecki T., Kronenbach-Dylong D., Waleczek K., Weber R., 2018. Official control of plant protection products in Poland: Detection of illegal products. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25(32), 31906–31916, <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1739-2>
- Nieradko-Iwanicka B., 2014. Zastosowania pyretroidów jako leków, biocydów i pestycydów. *Probl. Hig. Epidemiol.* 95(4), 803–805. <http://phie.pl/pdf/phe-2014/phe-2014-4-803.pdf> [dostęp 19.11.2019].
- Nowak R., Włodarczyk-Makuła M., Mamzer E., 2015. Ryzyko środowiskowe i zdrowotne wynikające ze stosowania środków ochrony roślin. *Zesz. Nauk. WSZOP Katowice* 1(11), 51–63. <https://www.wszop.edu.pl/dzialalnosc-naukowa/wydawnictwo/zeszyty-naukowe-wszop-2,2,9907,108,132> [dostęp 19.11.2019].
- Neme K., Satheesh N., 2016. Review on pesticide residue in plant food products: health impacts and mechanisms to reduce the residue levels in food. *Arch. Appl. Sci. Res.* 8(3), 55–60.
- Pagliuca G., Serraino A., Gazzotti T., Zironi E., Borsari A., Rosmini R., 2006. Organophosphorus pesticides residues in Italian raw milk. *J. Dairy Res.* 73(3), 340–344, <https://doi.org/10.1017/S0022029906001695>
- PAN Germany, 2003. Podręcznik Akeji Pestycydowych. Hamburg, [http://www.pan-germany.org/download/ahb\\_polish.pdf](http://www.pan-germany.org/download/ahb_polish.pdf) [dostęp 12.09.2018].
- Patinha C., Durães N., Dias A.C., Pato P., Fonseca R., Janeiro A., Barriga F., Reis A.P., Duarte A., Ferreira da Silva E., Sousa A.J., Cachada A., 2018. Long-term application of the organic and inorganic pesticides in vineyards: Environmental record of past use. *Appl. Geochem.* 88, 226–238, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.05.014>
- Pérez-Lucas G., Vela N., Aatik A.E., Navarro S., 2018. Environmental risk of groundwater pollution by pesticide leaching through the soil profile. W: M. Larramendy, S. Soloneski (red.), *Pesticides – use and misuse and their impact in the environment*. IntechOpen 1–27, <https://doi.org/10.5772/intechopen.82418>
- Pimentel D., 2005. Environmental and economic cost of the application of pesticides primarily in the United States. *Environ. Dev. Sustain.* 7(2), 229–252, <https://doi.org/10.1007/s10668-005-7314-2>
- Prieto P., Kinsner-Ovaskainen A., Stanzel S., Albella B., Artursson P., Campillo N., Cecchelli R., Cerrato L., Diaz L., Di Consiglio E., Guerra A., Gombau L., Herrera G., Honegger P., Landry C., O'Connor J.E., Paez J.A., Quintas G., Svensson R., Turco L., Zurich M.G., Zurbano M.J., Kopp-Schneider A., 2013. The value of selected *in vitro* and *in silico* methods to predict acute oral toxicity in a regulatory context: results from the European Project ACuteTox. *Toxicol. In Vitro* 27, 1357–1376, <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2012.07.013>
- Rajveer K., Gurjot K.M., Shweta R., 2019. Pesticides classification and its impact on environment. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 8(3), 1889–1897, <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.224>
- Rozporządzenie (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej z dnia 23 lutego 2005 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności i paszy pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz na ich powierzchni, zmieniające dyrektywę Rady 91/414/EWG, OJ L 70, 1–16, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0396> [dostęp 12.09.2018].

- Reinholds I., Pugajeva I., Bavrins K., Kuckovska G., Bartkevics V., 2017. Mycotoxin, pesticides and toxic metals in commercial spices and herbs. *Food Addit. Contam. part B* 10(1), 5–14, <https://doi.org/10.1080/19393210.2016.1210244>.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 839/2008 z dnia 31 lipca 2008 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej w odniesieniu do załączników II, III i IV dotyczących najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w określonych produktach oraz na ich powierzchni. *OJ L* 234, 1–216. <https://op.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/5c211cb1-29ce-4df5-a7d2-4ad85f3a0c72/language-pl> [dostęp 12.09.2018].
- Rozporządzenia (WE) nr 1107/2009 Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG, *OJ L* 309, 1–50, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009R1107> [dostęp 12.09.2018].
- Sadegh-Zadeh F., Wahid. S.A., Jalili B., 2017. Sorption, degradation and leaching of pesticides in soils amended with organic matter: a review. *Adv. Environ. Tech.* 2, 119–132, <https://doi.org/10.22104/aet.2017.1740.1100>
- Santos A., Flores M., 1995. Effects of glyphosate on nitrogen fixation of free-living heterotrophic bacteria. *Lett. Appl. Microbiol.* 20(6), 349–352, <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1995.tb01318.x>
- Sarwar M., 2016. Inorganic insecticides used in landscape settings and insect pests. *Chem. Res.* J. 1(1), 50–57, <http://chemrj.org/download/vol-1-iss-1-2016/chemrj-2016-01-01-50-57.pdf> [dostęp 19.11.2019].
- Seńczuk W., 2002. Toksykologia. PZWŁ, Warszawa.
- Skovgaard M., Encinas S.R., Jensen O.Ch., Andersen J.H., Condarco G., Jørs E., 2017. Pesticide residues in commercial lettuce, onion, and potato samples from Bolivia – a threat to public health? *Environ. Health Insights* 11, 1–8, <https://doi.org/10.1177/1178630217704194>.
- Strucinski P., Góralczyk K., Ludwicki J.K., Czaja K., Hernik A., Korcz W., 2006. Poziomy wybranych insektycydów chloroorganicznych, polichlorowanych bifenyli, ftalanów i perfluorowanych związków alifatycznych we krwi – badanie WWF Polska. *Roczn. Państw. Zakł. Hig.* 57(2), 99–112.
- Tanabe S., Senthilkumar K., Kannan K., Subramanian A.N., 1998. Accumulation features of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in resident and migratory birds from South India. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34(4), 387–397, <https://doi.org/10.1007/bf02987293>
- Thies M.L., McBee K., 1994. Cross-placental transfer of organochlorine pesticides in Mexican free-tailed bats from Oklahoma and New Mexico. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27(2), 239–242, <https://doi.org/10.1007/bf00214268>
- Terry A.V., Stone J.D., Buccafusco J.J., Sickles D.W., Sood A., Predegast M.A., 2003. Repeated exposures to subthreshold doses of chlorpyrifos in rats: hippocampal damage, impaired axonal transport, and deficits in spatial learning. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 305(1), 375–384, <https://doi.org/10.1124/jpet.102.041897>
- Torretta V., Katsoyiannis I.A., Viotti P., Rada E.C., 2018. Critical review of the effects of glyphosate exposure to the environment and humans through the food supply chain. *Sustainability* 10(4), 950, <https://doi.org/10.3390/su10040950>
- US EPA, 2001. Managing small-scale application of pesticides to prevent contamination of drinking water. *Source Water Protection Practices Bulletin*. EPA Office of Water, Washington, DC, EPA 816-F-01-031, <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/901U0G00.PDF?Dockey=901U0G00.PDF> [dostęp 18.06.2019].
- Ustawa z dnia 12 kwietnia 2013 r. o środkach ochrony roślin (Dz.U. 2013, poz. 455, ze zm.), <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20130000455/U/D20130455Lj.pdf> [dostęp 20.11.2019].
- Walter J.C., Crinnion W.J., 2009. Chlorinated Pesticides: Threats health and importance of detection. *Altern. Med. Rev.* 14(4), 347–359.

- WHO (World Health Organization), 2010. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2009. WHO Press, Geneva, [http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard\\_2009.pdf?ua=1](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf?ua=1) [dostęp 18.11.2019].
- Winter C.K., 2017. Pesticide residues in foods. W: D. Schrenk, A. Cartuz (red.), Chemical contaminants and residues in food. Elsevier, Amsterdam, 155–169, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100674-0.00007-2>
- Wrzosek J., Gworek B., Maciaszek D., 2009. Środki ochrony roślin w aspekcie ochrony środowiska. *Ochr. Śr. Zasobów Nat.* 2(39), 75–88.
- Zikankuba V.L., Mwanyika G., Ntwenya J.E., James A., 2019. Pesticide regulations and their malpractice implications on food and environment safety. *Cogent Food Agric.* 5, 1601544, <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1601544>
- Yamada Y., 2017. Importance of codex maximum residue limits for pesticides for the health of consumers and international trade. W: A. Ambruss, D. Hamilton (red.), Food safety assessment of pesticide residues. World Scientific Publishing, Europe, 269–282, [https://doi.org/10.1142/9781786341693\\_0007](https://doi.org/10.1142/9781786341693_0007)
- Żelechowska A., Biziuk M., Wiergowski M., 2001. Charakterystyka pestycydów. W: M. Biziuk (red.), *Pestycydy – występowanie, oznaczanie i unieszkodliwianie*. WNT, Warszawa, 15–43.

**Źródło finansowania:** Badania były finansowane przez MNiSW w ramach działalności statutowej Katedry Analizy i Oceny Jakości Żywności UP w Lublinie.

**Summary.** Pesticides commonly used in agriculture to obtain a crop of high-quality plants, and to limit the losses associated with the occurrence of pests and weeds on cultivated plantations were to serve human beings. However, despite the unquestionable advantages of pesticides, in the long run they are associated with high costs because they lead to the accumulation of these compounds in all parts of the environment – soil, air, surface and groundwater, which poses a serious threat to non-target organisms ranging from beneficial microorganisms soil, insects, birds, fish, mammals, plants and ending with man. Pesticides present in the human body lead to mutagenic, teratogenic and cancerous changes. They disrupt the hormonal and enzymatic management of the body, cause respiratory, digestive, lymphatic and skin diseases. These substances are characterized by embryotoxicity and may cause reproductive and fetal development impairment. In order to ensure food safety for consumers and to protect human health and life, many countries around the world have a monitoring program and conduct official food control regarding the content of contaminants, including pesticides, according to the maximum levels of these compounds. Due to the economic benefits resulting from the use of pesticides, the cost-benefit ratio should be considered. As there are major difficulties in fully assessing the risks of using plant protection products for human health and life, all pesticide use activities should be based on scientific assessment and not on commercial considerations. The constant search for new pesticides results from the verification of the benefits and risks associated with their use and the fact that pests become resistant to some substances, which results in low effectiveness of the treatments. Despite the withdrawal of many plant protection products from use, research on health risk assessment is still current. This is due to the accumulation of these substances in the environment or the illegal use of prohibited preparations.

**Key words:** pesticides, quality of food, pollution of environment

Otrzymano/ Received: 25.07.2019  
Zaakceptowano/ Accepted: 26.11.2019