

EWA MICHOTA-KATULSKA,
MAGDALENA ZEGAN, ANETA DZIOŁAK, IWONA BONIECKA¹

*Warszawski Uniwersytet Medyczny
Zakład Żywienia Człowieka*

PESTYCYDY JAKO ZAGROŻENIE WYSTĘPUJĄCE W ŻYWNOŚCI

1. Wstęp

Na przestrzeni ostatnich lat zauważa się wzrost znaczenia środków ochrony roślin w produkcji roślinnej. Pesticydy są produktami syntezy chemicznej wykorzystywanymi do ochrony upraw rolnych przed niekorzystnymi organizmami. Dzielone są na grupy na podstawie ich zastosowania oraz budowy chemicznej i wynikających z tego różnic w mechanizmie działania. Wykazują toksyczność w stosunku do organizmów żywych, dlatego trwają badania nad skutkami zdrowotnymi dla człowieka, będącymi konsekwencją narażenia na nie. Wskazuje się, że ekspozycja środowiskowa i zawodowa może niekorzystnie wpływać na układ nerwowy, oddechowy i zdrowie reprodukcyjne ludzi [Wang 2011, 547-555, Hernandez i wsp. 2008, 839-849, Martenies i Perry 2013, 66-73]. Ograniczona jest jednak ilość badań dotyczących narażenia na pozostałości pestycydów w żywności. Obserwacje na modelach zwierzęcych wskazują na ryzyko negatywnego wpływu, zwłaszcza na erytrocyty, komórki odpornościowe, działanie układu nerwowego i homeostazę procesów metabolicznych [Takakura i wsp. 2013, 153-162]. Biorąc pod uwagę, że eksperci ds. żywienia zachęcają do codziennego spożywania warzyw i owoców, jako źródła cennych dla zdrowia składników mineralnych, witamin i błonnika - określenie narażenia na pestycydy w żywności wydaje się być szczególnie istotne w kontekście korzyści i ryzyka zdrowotnego, płynących ze spożywania warzyw i owoców. Ponadto regulacje prawne nakładają na państwa członkowskie Unii Europejskiej obowiązek monitorowania stężeń substancji ak-

¹ Wkład pracy: Ewa Michota-Katulska – 50%, Magdalena Zegan – 30%, Aneta Dziołak – 10%, Iwona Boniecka – 10%.

tywnych pochodzących z pestycydów w produktach spożywczych oraz informowania o wykryciu nieprawidłowości [Rozporządzenie (WE) 396/2005, Rozporządzenie 1107/2009]. W artykule zaprezentowano najnowsze doniesienia naukowe, dotyczące zagrożeń związanych z występowaniem pestycydów w żywności.

2. Pestycydy – klasyfikacja, zastosowanie, mechanizm działania

Pojęcie „pestycyd” w literaturze oraz aktach prawnych stosowane jest wymienienie z terminem „środek ochrony roślin” i uważane za równoznaczne.

Pestycydy to grupa związków o zróżnicowanej budowie i właściwościach, składająca się z ponad 1000 substancji [Figurska-Ciura 2012, 63-90]. Ze względu na zróżnicowane kryteria podziału istnieje wiele klasyfikacji pestycydów. Uwzględniają one kierunek zastosowania, sposób działania, budowę chemiczną bądź aspekty toksykologiczne.

W kontekście bezpieczeństwa stosowania pestycydów, ochrony konsumentów oraz czystości środowiska bardzo ważny jest podział środków ochrony roślin uwzględniający klasy toksyczności. Badanie toksyczności ma na celu wyliczenie dawki LD_{50} wyrażanej w mg/kg mc. żywego zwierzęcia doświadczalnego, określającej średnią ostrą toksyczność związków chemicznych. Definiowana jest ona na podstawie statystycznie obliczonych wyników eksperymentów na zwierzętach, jako ilość substancji chemicznej powodująca śmierć 50% badanych osobników [Brzeziński i Szutowski 2005]. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO – World Health Organization) proponuje podział pestycydów przedstawiony w tabeli 1, uwzględniający nie tylko średnią toksyczność środków ochrony roślin, ale także stan fizyczny preparatu i najczęstsze drogi dostawania się do organizmu.

Tabela 1

Klasyfikacja pestycydów wg WHO

Klasa	LD_{50} dla szczura (w mg/kg masy ciała)			
	Doustnie		Naskórnice	
	Stan skupienia stały	Stan skupienia ciekły	Stan skupienia stały	Stan skupienia ciekły
Ia Niezwykle toksyczne	5 lub mniej	20 lub mniej	10 lub mniej	40 lub mniej
Ib Bardzo toksyczne	5-50	20-200	10-100	40-400
II Średnio toksyczne	50-500	200-2000	100-1000	400-4000
III Mało toksyczne	Ponad 500	Ponad 2000	Ponad 1000	Ponad 4000

Źródło: The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009. Cytowany 3.12.2013r., www.inchem.org/documents/pds/pdsother/class_2009.pdf

W Polsce obowiązuje czterostopniowa klasyfikacja pestycydów wyrażana dawką LD_{50} , odnosząca się do pszczoł, organizmów wodnych oraz ludzi. Wielkości dawek mogących wywołać toksyczne efekty dla ludzi przy pobraniu z żywnością przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Klasyfikacja pestycydów obowiązująca na terenie Polski

Klasa	Dawka doustna LD_{50} (mg/kg masy ciała zwierzęcia doświadczalnego)
I Bardzo toksyczne	<25
II Toksyczne	25 < LD_{50} < 200
III Szkodliwe	200 < LD_{50} < 2000
IV Mało szkodliwe	>2000

Źródło: Brzeziński J., Szutowski M. M.: Toksykologia pestycydów, w: Toksykologia współczesna, Seńczuk W. (red.), PZWL, Warszawa 2005, 538-595.

Wśród pestycydów duże znaczenie toksykologiczne mają insektycydy. Do grupy tej należą związki nieorganiczne: sole arsenu i fluoru, o małym znaczeniu toksykologicznym ze względu na rzadkie stosowanie [Brzeziński i Szutowski 2005, 538-595]. Zalicza się do nich również substancje organiczne, w tym związki fosforoorganiczne, karbaminianowe, polichlorowe oraz piretroidy syntetyczne. Środki owadobójcze uznawane są za stwarzające największe zagrożenie zatruciami [Figurska-Ciura 2012, 63-90]. Insektycydy fosforoorganiczne są substancjami trudno rozpuszczalnymi w wodzie, a łatwo w rozpuszczalnikach organicznych, podatnymi na utlenianie i hydrolizę. Cechy te mają duży wpływ na aktywność biologiczną tych związków i toksyczne działanie na organizm. Insektycydy z tej grupy hamują działanie cholinesteraz (enzymów hydrolitycznych rozkładających estry cholicy) na skutek reakcji enzymu z substancją czynną pestycydu. Prowadzi to do nagromadzenia acetylocholicy w organizmie i zapoczątkowuje działanie toksyczne [Brzeziński i Szutowski 2005, 538-595]. Działanie hamujące na cholinesterazy wykazują również insektycydy karbaminowe – środki łatwo hydrolizujące zwłaszcza w zasadowym środowisku. Są nietrwałe, ale cechuje je duża skuteczność działania zwłaszcza w podwyższonej temperaturze. Charakteryzują się dużą toksycznością w odniesieniu do pszczoł i ryb, natomiast niską w stosunku do ssaków. Insektycydy polichlorowane są środkami trwałymi – odpornymi na zmiany temperatury, wilgotność i światło, łatwo rozpuszczalnymi w rozpuszczalnikach niepolarnych. Właściwości te, w połączeniu z niskimi kosztami produkcji były przyczyną dużego zagrożenia zarówno dla środowiska, jak i zdrowia człowieka – sprzyjały kumulacji w ekosystemie i organizmach żywych. Obecnie, środki te nie są dopuszczone do stosowania w Unii Europejskiej [Figurska-Ciura 2012, 63-90].

Pyretroidy syntetyczne należą do związków o małej toksyczności w stosunku do ssaków. Są szybko wydalane z organizmu w toku przemian metabolicznych. Nie wykazują tendencji do kumulowania się w glebie – ulegają rozpadowi pod wpływem czynników zewnętrznych. W przeciwieństwie do pozostałych grup insektycydów charakteryzują się wybiórczym mechanizmem działania. Polega on na zaburzaniu procesu przewodzenia potencjału czynnościowego w tkankach nerwowych, w wyniku zmian dynamiki przepływu jonów w kanałach sodowych. Pyretroidy działają ponadto jako inhibitory wielu enzymów, prowadząc do zaburzenia reakcji receptorów noradrenergicznych. Wpływają na homeostazę wapnia, prowadząc do upośledzenia przekazywania impulsów w synapsach. Działanie toksyczne insektycydów na zdrowie człowieka, ze względu na ich właściwości, jest aktualnie przedmiotem badań.

Herbicydy stanowią kolejną grupę substancji powszechnie stosowanych w rolnictwie. Zaliczane są do nich związki nieorganiczne: chlorany, tiocyjaniany, borany, arseniany (III), sole miedzi, które ze względu na ograniczone zastosowanie nie mają dużego znaczenia toksykologicznego. Przyczyną zatruć są zwykle herbicydy organiczne, do których należą: pochodne kwasu chlorofenoksyoctowego, dinitrofenole, związki bispirydylowe oraz pochodne mocznika. Najczęściej stosowanymi pochodnymi kwasu chlorofenoksyoctowego są: kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy (2,4-D) oraz kwas 2,4,5-trichlorofenoksyoctowy (2,4,5-T). Działają one stymulująco na układ hormonalny roślin, nie zauważono jednak takiego wpływu na organizm ssaków. Zaliczane są do III i IV klasy toksyczności. Wyższą (I, II klasa) odznaczają się dinitrofenole. Największe zastosowanie wśród związków tej grupy mają 2-metylo-4,6-dinitro-o-krezol (DNOC) oraz 2-(1-metylo-n-propylo)-4,6-dinitrofenol. Wykazują silne działanie toksyczne. Prowadzą do zaburzeń oksydacyjnej fosforylacji oraz znacznego przyspieszenia przemian metabolicznych w organizmie. Zostały wycofane z listy środków ochrony roślin dopuszczonych do stosowania na terenie UE. Parakwat i dikwat to związki z grupy herbicydów bispirydylowych. Należą do II i III klasy toksyczności. Nie ulegają przemianom metabolicznym zachodzącym w organizmie, powodują powstawanie wolnych rodników tlenowych, uszkadzających błony białkowo – lipidowe komórek i mitochondriów. Proces ten leży u podstawy ich toksycznego działania [Brzeziński i Sztutowski 2006, 538-593].

Fungicydy to grupa pestycydów obejmująca związki nieorganiczne (np.: wielosiarczki wapnia, baru, sole miedzi) oraz złożone związki organiczne, wśród których największe znaczenie toksykologiczne mają pochodne kwasu ditiokarbaminowego (m.in.: tiuram, ziram, maneb). Ich toksyczność określana jest jako mała (należą do IV klasy toksyczności). Po wnikięciu do organizmu utrzymują się w nim przez 4-6 dni, z wyjątkiem tiuramu zalegającego w tkankach do 4 ty-

godni. Ulegają częściowemu rozpadowi do etyloiomocznika i izotiocyanianów, które blokują grupy –SH w organizmie. Prowadzi to do hamowania działania wielu enzymów, w tym tyrozynazy oraz izoenzymów cytochromu P-450, co z kolei upośledza metabolizm komórkowy i generuje szereg zmian obserwowanych, jako objawy zatrucia. Gromadzą się również wybiórczo w tarczycy i gruczołach płciowych [Borowiec 2009, 427-431].

Znajomość mechanizmu toksycznego działania poszczególnych grup pestycydów jest szczególnie ważna w przypadku wystąpienia zatruc tymi związkami chemicznymi. Szybka i trafna interwencja lekarska może uchronić przed nieodwracalnymi skutkami dla organizmu. Monitorowanie toksyczności tych związków jest konieczne ze względu na duże ryzyko zdrowotne związane z ich stosowaniem.

3. Narażenie na pestycydy zawarte w żywności

Szacuje się, że około 2,5 mln ton substancji aktywnych stosowanych do produkcji pestycydów trafia co roku do żywności. Dane Europejskiego Urzędu Statystycznego podają, że na terenie UE blisko 50% owoców, warzyw i zbóż jest zanieczyszczonych substancjami pochodzącymi z pestycydów, a 25% zawiera co najmniej dwa rodzaje środków ochrony roślin [Fantke i wsp. 2012, 9-17]. Zanieczyszczona jest także żywność dla niemowląt [Grosicka-Maciąg 2011, 357-366]. Ankietowani biorący udział w badaniach Europejskiego Urzędu Statystycznego w 2011 r. uznali obecność w żywności substancji chemicznych, w tym pestycydów, za największe zagrożenia dla zdrowia związane z żywnością [dane EUROSTAT 2014].

Jednocześnie sprawozdania z działania systemu RASFF (System Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach), wskazują, że liczba powiadomień dotyczących pozostałości pestycydów w żywności wzrasta z roku na rok. Jednak spada liczba produktów pochodzących z krajów UE, zawierających pozostałości pestycydów [dane RASFF 2012]. Zgodnie z raportem Stan sanitarny kraju w 2013 r. do KPK (krajowy punkt kontaktowy) w RASFF przez organy urzędowej kontroli żywności i pasz w Polsce przekazano powiadomienia o pozostałości pestycydów, które były wykrywane przede wszystkim w owocach i warzywach (33 powiadomienia), kakao, preparatach kakao, kawie i herbacie (5 powiadomień) oraz zbożach i produktach piekarniczych (3 powiadomienia) [Stan sanitarny kraju 2013]. Według najnowszego raportu EFSA z 2014 r. dotyczącego pozostałości pestycydów w żywności w przypadku 97,1% analizowanych próbek pochodzących z 27 krajów UE, Norwegii i Islandii nie odnotowano przekroczeń MRL (Maximum residue limit). Natomiast produktami żywnościowym, ocenianymi w ramach skoordynowanego programu UE, o najwyższych przekroczeniach maksymalnego limitu pozostałości, były: brokuły (przekroczenie MRL w przypadku

2,8% próbek), kalafior (odpowiednio: 2,2%), winogrona (odpowiednio: 1,8%), papryka (odpowiednio: 1,4%), bakłażany (odpowiednio: 1%), banany (odpowiednio: 0,7%), pszenica (odpowiednio: 0,7%) [dane EFSA 2014].

Mimo dużej skali zagrożenia dotychczas nie ustalono standardów w zakresie określania narażenia na pozostałości pestycydów z żywności, a literatura omawiająca wynikające z tego skutki zdrowotne, jest uboga [Fantke i wsp. 2012, 9-17].

Pozostałość pestycydów w żywności, zgodnie z definicją FAO/WHO, to suma związków chemicznych (zarówno substancji macierzystej, jak i produktów jej rozpadu) obecnych w środkach spożywczych w wyniku stosowania pestycydów [Grosicka – Maciąg 2011, 357-366].

Duża ilość substancji aktywnych stosowanych do produkcji pestycydów utrudnia ocenę skutków zdrowotnych narażenia na ich pozostałości w żywności [Fantke i wsp. 2012, 9-17]. Produkty spożywcze zawierają nie tylko pojedyncze substancje, ale również ich mieszaniny. Wykrywane poziomy pozostałości są zwykle na tyle niskie, że wyklucza się ich szkodliwe działanie na organizm w tych stężeniach. Prawdopodobieństwo nakładania się toksycznych efektów substancji wykazujących podobny mechanizm działania, stwarza jednak ryzyko zdrowotne. Podejmowane są próby mające na celu stworzenie modelu pozwalającego oszacować skumulowane ryzyko dla konsumentów, wynikające z obecności mieszaniny substancji aktywnych w jednym produkcie lub spożycia kilku produktów, zawierających pozostałości różnych substancji aktywnych. Skumulowane ryzyko, określane jest jako prawdopodobieństwo wystąpienia szkodliwych skutków dla zdrowia konsumenta w wyniku łącznego działania toksycznego, związanego z jednoczesnym narażeniem na różne substancje chemiczne o podobnym mechanizmie działania. Do tej pory nie udało się opracować uniwersalnego modelu szacowania narażenia człowieka na pestycyd w żywności. Polskie badania opierają się głównie o dostępne dane epidemiologiczne, krajowe i zagraniczne oraz modele pobrania pozostałości pestycydów z diety, w tym.: brytyjski model stosowany przez Urząd Bezpieczeństwa Pestycydów Ministerstwa ds. Środowiska Żywności i Rolnictwa [Łozowicka i wsp. 2012, 423-430].

Ryzyko negatywnego wpływu pozostałości pestycydów na zdrowie zależy od częstości ekspozycji, jak również dawki substancji aktywnej. Wzrasta w przypadku przekroczenia poziomu ADI (Acceptable Daily Intake – dopuszczalne dzienne pobranie) bądź ARfD (Acute reference dose – maksymalna dawka jednorazowa – najwyższa dawka nie stwarzająca zagrożenia dla konsumenta przy jednorazowym spożyciu). Narażenie na związki fosforoorganiczne i karbaminiany, które mają najniższe wartości ADI, zwiększa ryzyko zdrowotne wynikające z narażenia, ze względu na łatwość przekroczenia dopuszczalnego poziomu. Wysokie spożycie warzyw i owoców produkowanych w gospodarstwach intensywnych może wiązać się z nakładaniem toksycznego działania pestycydów, co jest szczególnie niebez-

pieczne dla dzieci. Skumulowane narażenie na środki ochrony roślin może wywoływać w tej grupie zaburzenia działania układu nerwowego i hormonalnego [Łozowicka i wsp. 2011, 1079 – 1086]. Jones i wsp. [2014, 392-398] również wskazywali na dzieci jako grupę najbardziej wrażliwą na negatywne skutki ekspozycji na środki ochrony roślin w żywności. Pestycydy fosforoorganiczne i karbaminiany obecne w środkach spożywczych mogą stwarzać ryzyko wystąpienia zatruc dających objawy, takie jak bóle brzucha, biegunki, nudności, wymioty. Ryzyko nakładania toksycznego działania substancji aktywnych w przypadku łącznego narażenia wskazuje na potrzebę oceny skutków jednoczesnej ekspozycji człowieka na różne związki. Analiza *in vitro* efektów cytotoksycznych mieszanin pestycydów stosowanych w uprawach na terenie Francji, w kierunku komórek wątroby i jelita grubego, wykazała wyższą toksyczność w przypadku narażenia na mieszaniny. Badanie przeprowadzono wybierając do analizy 25 pestycydów, na które zgodnie z dostępnymi danymi, najczęściej jest narażona populacja francuska. Najwyższą cytotoxyczność wykazano w przypadku fungicydów: kaptan w połączeniu z difenylaminą, fasolonem, propargitem i tolifuanidem (mieszanina C1) oraz DDT w połączeniu z dieldryną (mieszanina C5). Apoptoza komórek indukowana mieszaniną okazała się silniejsza, niż przewidywana na podstawie efektu sumowania działania cytotoksycznego DDT i dieldryny. Połączenie tych związków zwiększało aktywność kaspazy – enzymu odpowiedzialnego za apoptozę komórek – przy braku takiego efektu po zastosowaniu każdej z substancji osobno. Narażenie na mieszaniny pestycydów powodowało wzrost stężenia glukozy w krwi obwodowej. Po zastosowaniu propargitu stwierdzono wzrost wewnątrzkomórkowej produkcji wolnych rodników w komórkach jelit, co sugeruje podejrzenie, że może być on związkiem nowotworczym dla ludzi, zwiększającym ryzyko wystąpienia raka jelita. Uzyskane wyniki porównano do oszacowanej addytywnej cytotoxyczności mieszanin substancji wyliczonej na podstawie dwóch koncepcji: działania niezależnego i sumowania stężeń. Działanie niezależne polega na wywoływaniu identycznych efektów toksycznych na te same narządy docelowe, za pośrednictwem odmiennych mechanizmów. Drugi model zakłada wywoływanie efektu toksycznego na skutek takiego samego mechanizmu działania. Toksyczność mieszaniny C5 była zgodna z przewidywanym w obu koncepcjach sumowaniem efektów. Mimo, że obie metody przewidywania szkodliwego działania pestycydów mogą być pomocne w ocenie ryzyka zdrowotnego, dokładna ocena pozostaje nadal wyzwaniem dla toksykologów [Takakura i wsp. 2013, 153-162].

Biorąc pod uwagę trudności w ocenie skutków zdrowotnych narażenia człowieka na środki ochrony roślin zawarte w żywności, prowadzone są analizy z wykorzystaniem linii zwierzęcych. W badaniu Demur i wsp. [2013, 74-87] wykazano, że narażenie na herbicydy i insektycydy (atrazynę, chlorpiryfos i endosulfan) poje-

dynczo lub w mieszaninach, od życia płodowego do wieku dorosłego, może indukować białaczkę proliferacyjną lub proces zapalny, nawet przy braku przekroczenia wartości ADI. Zauważono, że narażenie myszy na pestycydy podawane w paszy, od życia prenatalnego do pełnej dojrzałości w dawce odpowiadającej ADI dla człowieka, wywołuje zaburzenia hematopoezy bez względu na to, czy występują w mieszaninach czy pojedynczo. Po podaniu w diecie endosulfamu stwierdzono znaczne obniżenie liczby czerwonych krwinek i hemoglobiny, dające obraz niedokrwistości. Sformułowano wniosek, że pobranie pestycydów z żywnością może być przyczyną anemii hemolitycznej z jednoczesnym wzrostem produkcji retikulocytów, jako odpowiedzi na obniżone stężenie hemoglobiny. Wzrost stężenia retikulocytów i prekursorów erytroidowych, wskazywał na zniszczenie obwodowych krwinek czerwonych bez zahamowania erytropoezy. Nie zauważono spadku liczby białych krwinek. Narażenie na chloropirofos spowodowało znaczne zwiększenie ilości neutrofilów oraz zmiany w komórkach szpiku kostnego. Ekspozycja zarówno na mieszaniny, jak i pojedyncze substancje spowodowała zmiany w przebiegu metabolizmu aminokwasów (prolaminy, glutaminy, leucyny, izoleucyny, waliny), glikolizy i cyklu mocznikowego. Zaburzenia metabolizmu glukozy (wzrost stężenia glukozy w każdej z badanych grup) mogło stymulować rozwój zespołu metabolicznego, insulinooporności i otyłości. Oddziaływanie nawet małych dawek endosulfamu na komórki β -trzustki wywoływało zmiany w endogennej produkcji glukozy, co mogło być czynnikiem ryzyka rozwoju cukrzycy. Działanie endosulfanu na parametry krwiotwórcze było silniejsze, niż działanie mieszaniny pestycydów. Narażenie na pozostałości tego związku w żywności, nawet w bardzo małych dawkach (poniżej ADI), może być czynnikiem ryzyka zdrowotnego dla konsumenta. Stwierdzono, że nie można przewidzieć toksycznych efektów pestycydów w mieszaninie na podstawie działania każdego z nich osobno. Interakcje zachodzące między substancjami aktywnymi w mieszaninie mogą prowadzić do różnych zmian w organizmie w zależności od sposobu ich działania na metabolizm enzymów i toksykokinetykę. Łączne toksyczne działanie pestycydów nie zawsze musi być silniejsze. Badania na liniach zwierzęcych mogą być pomocne w oszacowaniu działania kancerogennego, immunotoksycznego, neurotoksycznego pozostałości pestycydów w żywności oraz efektów addytywnego oddziaływania mieszanin.

Fungicydy: procymidon i prochloraz, uważane są za pestycydy wpływające antyandrogenowo na organizm. Mechanizm działania polega na interakcji z receptorami dla androgenów i hamowaniu aktywności enzymów uczestniczących w syntezie steroidów. Substancje z tej grupy prowadzą do zakłóceń w szlaku przekazywania sygnałów w życiu płodowym poprzez zmiany poziomu i aktywności hormonu, w związku z czym mogą być przyczyną zaburzeń w rozwoju tkanki reprodukcyjnej u potomstwa płci męskiej. Celem weryfikacji hipotezy negatyw-

nego wpływu pestycydów z żywności na rozwój w okresie prenatalnym przeprowadzono obserwację na liniach zwierzęcych. Pobranie środków ochrony roślin z diety oszacowano na podstawie danych dotyczących wielkości konsumpcji żywności i monitoringu pozostałości pestycydów w żywności prowadzonych w Holandii. Ze względu na brak danych o narażeniu na pestycydy kobiet ciężarnych, odniesiono się do informacji dotyczących kobiet w wieku rozrodczym, zakładając takie samo spożycie, co mogło być przyczyną niedoszacowania wyników. Na podstawie uzyskanych informacji określono dawki dla modeli zwierzęcych. Uzyskane dane pozwoliły stwierdzić, że ekspozycja kobiet na pozostałości pestycydów w żywności nie stanowi zagrożenia dla zdrowia reprodukcyjnego męskich potomków. Nie zauważono spadku masy pęcherzyków nasiennych po narażeniu na prochloraz. Wyniki te odnosiły się jednak tylko do pestycydów anty – androgennych, nie uwzględniały innych substancji obecnych w diecie, które mogą wykazywać działanie toksyczne w kierunku zdrowia reprodukcyjnego [Muller i wsp. 2009, 2951-2962].

4. Wnioski

1. Celem minimalizacji ryzyka obecności pestycydów w żywności wskazane jest prowadzenie działań skierowanych do producentów rolnych, w tym efektywnego informowania o zmianach na rynku pestycydów, zmianach w przepisach oraz warunkach sprzedaży, opierających się obecnie na ścisłych zasadach wolnego rynku.
2. Wszelkim działaniom prewencyjnym powinny towarzyszyć prace nad modelami szacowania ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia na środki ochrony roślin w żywności.
3. Zgodnie z obecnym stanem wiedzy, spożywanie warzyw i owoców w ilościach zalecanych przez ekspertów ds. zdrowego odżywiania, wydaje się nieść wyższe korzyści zdrowotne, niż ryzyko związane z obecnością pozostałości pestycydów w żywności.

LITERATURA

1. Borowiec M. (2009): Ocena zawartości ditiokarbaminianów i pyretroidów w produktach spożywczych zgodnie z obowiązującym w Polsce prawodawstwem. *Proc. Ecolopolis* 2: 427-431.
2. Brzeziński J., Szutowski M. M. (2006): Toksykologia pestycydów, w: *Podstawy toksykologii*, Piotrowski J. K. (red.), Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa: 538-593.
3. Brzeziński J., Szutowski M. M. (2005): Toksykologia pestycydów, w: *Toksykologia współczesna*, Seńczuk W. (red.), PZWL, Warszawa, 538-595.

4. Demur C, Metais B., Calet C., Tremblay-Franco M., Gautier R., Blas Y., Estrrada F., Sommer C., Gamet-Payraste L. (2013): Dietary exposure to low dose of pesticides alone or as a mixture: The biological metabolic fingerprint and impact on hematopoiesis. *Toxicology*; 308: 74-87.
5. EFSA Journal 2014, 12(12): 3942[156 pp.]. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3942 [cytowany: 13.03.2015]
6. Fantke P., Friedrich R., Jolliet O. (2012): Health impact and damage cost assesment of pesticides in Europe. *Environ Int*, 49: 9-17.
7. Figurska-Ciura D. (2012): Pozostałości pestycydów w środkach spożywczych, w: Wybrane zagadnienia z toksykologii żywności, red. Orzeł D., Biernat B., Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław: 63-90.
8. Grosicka – Maciąg E. (2011): Biologiczne skutki stresu oksydacyjnego wywołanego działaniem pestycydów. *Postępy Hig. Med. Dos*, 65: 357-366.
9. Hernandez A. F., Casado I., Pena G., Gil F., Villanueva E., Pla A. (2008): Low level of exposure to pesticides Leeds to lung dysfunction in occupationally exposed subjects. *Inhal Toxicol*, 20: 839-849.
10. Jones K., Everard M., Harding A.H. (2014): Investigation of gastrointestinal effects of organophosphate and carbamate pesticide residues on young children. *Int J Hyg Envir Heal*, 217: 392-398.
11. Łozowicka B., Hrynko J., Rutkowska E., Jankowska M., Kaczyński P., Janowicz T. (2012): Pozostałości środków ochrony roślin w owocach i warzywach z północno – wschodniej Polski (2008 – 2011). *Post. Ochr. Roślin*; 52 (2): 423-430.
12. Łozowicka B., Kaczyński P., Rutkowska E., Jankowska M. (2011): Narażenie dzieci na pozostałości pestycydów w jabłkach. *Bromat Chem Toksykol*, 4: 1079 – 1086.
13. Martenies S. E., Perry M. J. (2013): Environmental and occupational pesticide exposure and human sperm parameters: A systemic review. *Toxicology*, 307:66-73.
14. Muller A. K., Bosgra S., Boon P.E., Van der Voet H., Nielsen E., Ladefoded O. (2009): Probabilistic cumulative risk assessment of anti – androgenic pesticides in food. *Food Chem Toxicol*, 47: 2951-2962.
15. RASFF Annual Report 2012 [cytowany: 5.02.2013]. Adres: http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/rasff_annual_report_2012_en.pdf.
16. Raport EUROSTAT [cytowany: 14.03.2014]. Adres: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-32-11-743/EN/KS-32-11-743-EN.PDF.
17. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG. *Dz. U. UE* z 2009 roku.
18. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 396/2005 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. *Dz. U. L. 70* z 16/03/2005, 1-16.
19. Stan sanitarny kraju w 2013 [cytowany 13.03.2015]. Adres: www.gis.gov.pl/ckfinder/userfiles/files/stan%20sanitarny%20kraju%202013.pdf
20. Takakura N. , Sanders P., Fessard V., Le Hegarat L. (2013): In vitro combined cytotoxic effects of pesticide cocktails simultaneously found in French diet. *Food Chem. Toxicol*, 52: 153-162.

21. The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification.2009 [cytowany 3.12.2013 r.] Adres: www.inchem.org/documents/pds/pdsotter/class_2009.pdf
22. Wang A. (2011): Parkinson`s disease risk from ambient exposure to pesticides. Eur J. Epidemiol. 26: 547-555.

EWA MICHOTA-KATULSKA, MAGDALENA ZEGAN,
ANETA DZIOŁAK, IWONA BONIECKA

PESTYCYDY JAKO ZAGROŻENIE WYSTĘPUJĄCE W ŻYWNOSCI

Słowa kluczowe: *pestycydy, zagrożenia, pestycydy w żywności*

STRESZCZENIE

W artykule zaprezentowano zagrożenia związane z narażeniem organizmu człowieka na pestycydy w świetle aktualnych badań naukowych. Istnieją liczne badania wskazujące na to, że ekspozycja środowiskowa oraz zawodowa wpływać może niekorzystnie na zdrowie człowieka, jednak relatywnie niewiele uwagi w piśmiennictwie poświęcono narażeniu na pestycydy występujące w żywności. Pomimo, że pozostałości ich są zazwyczaj stosunkowo niskie, to z uwagi na konsekwencje zdrowotne związane z efektem nakładania się toksycznych substancji o zbliżonym mechanizmie działania ryzyko związane z ich spożywaniem wzrasta, zależnie od częstotliwości ekspozycji oraz dawki substancji aktywnej.

EWA MICHOTA-KATULSKA, MAGDALENA ZEGAN,
ANETA DZIOŁAK, IWONA BONIECKA

PESTICIDES AS A THREAT OCCURRING IN FOOD

Keywords: *pesticides, threats, pesticides in food*

SUMMARY

The article presents the threats related to exposure of human body to pesticides in the light of current scientific research. There are numerous studies indicating that environmental and occupational exposure may unfavourably influence human health, whereas in the literature comparatively little attention has been devoted to exposure to pesticides found in food. And although their residues are predominantly relatively low, due to the health consequences connected with overlapping effect of toxic substances with a similar mechanism of functioning, the risk associated with its consumption increases, depending on the frequency of exposure and the dose of the active substance.

e-mail: ewakatulska@go2.pl