

AGATA ŻAK
Instytut Ekonomiki Rolnictwa
i Gospodarki Żywnościowej – PIB
Warszawa

DOI: 10.5604/00441600.1196371

ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN A ZMIANY W ŚRODOWISKU NATURALNYM I ICH WPŁYW NA ZDROWIE CZŁOWIEKA

Abstrakt

Rolnicy, chcąc sprostać globalnej konkurencji, w coraz większym stopniu wykorzystują środki chemiczne w celu zwiększenia plonów. Coraz więcej badań potwierdza jednak przypuszczenia naukowców o negatywnym wpływie pestycydów na organizmy żywe. Badania wskazują bowiem na znaczący statystyczny związek pomiędzy stosowaniem środków ochrony roślin a wzrostem ryzyka występowania zaburzeń rozwojowych, chorób neurologicznych oraz niektórych nowotworów. Choroby te mogą być przenoszone na kolejne pokolenia poprzez zmiany ekspresji genów, które nie łączą się ze zmianami sekwencji DNA. Celem artykułu jest przedstawienie zagrożeń wynikających ze stosowania pestycydów w rolnictwie dla środowiska naturalnego, a z tym wiąże się również zdrowie ludzi.

Słowa kluczowe: rolnictwo, pestycydy, zmiany w środowisku, siedliska dzikich zwierząt, epigenetyka, zdrowie człowieka.

Wstęp

Rolnictwo zawsze oddziaływało na środowisko naturalne. Podejmowana początkowo produkcja ekstensywna miała wpływ na środowisko, lecz natura miała czas na regenerację. Zmiany przyniosła rewolucja przemysłowa, a następnie naukowo-techniczna, zapoczątkowana pod koniec pierwszej połowy XX wieku. Pociągnęło to za sobą zachwianie równowagi między gospodarką a środowiskiem. Wydawało się dotychczas, że harmonijny rozwój może być zapewniony w oparciu o działania oparte na dwóch zasadach: odnawialne zasoby należy wykorzystywać tak, aby ich zużycie nie było większe od ich odtwarzania, oraz że zanieczyszczenia płynące do środowiska naturalnego nie mogą być większe

od zdolności tego środowiska do ich asymilacji (Woś i Zegar, 2002). Obecnie przestrzeganie tych zasad nie wystarcza. Zmiany, jakie zaistniały w środowisku, z jednej strony spowodowały globalne zmiany klimatu, a z drugiej, wykorzystywane kiedyś pestycydy, aczkolwiek niestosowane od wielu lat, nadal oddziałują niekorzystnie na organizmy ludzi i są dziedziczone przez kolejne pokolenia w drodze zmiany natury epigenetycznej.

Rolnictwo w Polsce użytkuje ponad 60% ogólnej powierzchni kraju i jest istotnym elementem presji wywieranej na środowisko. Syntetyczne środki ochrony roślin były stosowane już od lat 50. XX w., bez kompleksowej wiedzy o długotrwałych skutkach ich oddziaływania na środowisko i zdrowie człowieka. Jest to ważne, zwłaszcza w przypadku tych, których czas rozkładu jest bardzo długi, np. DDT (okres półtrwania DDT w tkance tłuszczowej człowieka wynosi 5-7 lat). Chociaż stosowanie jego jest zakazane od ponad dekady, składniki rozkładu DDT są wciąż wykrywalne. Najczęściej wykrywane związki z tej grupy to p, p' DDT i w małych ilościach Lindan. Główne skutki kontaktu z tymi związkami to rak trzustki, białaczka i inne poważne choroby (Freinch i in., 2003). Pestycydy częściowo rozwiązują jedne z problemów, ale rodzą następne, np. przyczyniają się do przyspieszenia ewolucji nowych gatunków szkodników, czyniąc je odpornymi na większość stosowanych środków owadobójczych.

Rozszerzenie rolnictwa industrialnego rozwiązuje co prawda problem niedożywienia i głodu w społeczeństwach bogatych, obniżając koszty produkcji i podnosząc plony, jednakże zwiększa presję na środowisko przez powszechne stosowanie środków chemicznych, których negatywny wpływ w coraz większym stopniu jest dostrzegalny. Koszty środowiskowe i społeczne rolnictwa industrialnego są wysokie, skutkując, między innymi, zanieczyszczeniem wód i powietrza, utratą bioróżnorodności, zmniejszeniem żyzności gleb, uzależnieniem od nieodnawialnych zasobów, deprawacją rolników.

Wielu badaczy przedstawia negatywny wpływ oddziaływania rolnictwa, a zwłaszcza pestycydów na zdrowie człowieka. Według Światowej Organizacji Zdrowia, obecnie ponad 13 milionów zgonów oraz blisko jedna czwarta chorób spowodowana jest zanieczyszczeniami środowiska (Bollati i Baccarelli, 2010). Badania wykazują znaczące statystycznie powiązanie pomiędzy ekspozycją na środki ochrony roślin i wzrostem ryzyka występowania zarówno zaburzeń rozwojowych, jak i wielu chorób, w tym również niektórych rodzajów raka.

Obecnie wiele publikacji poświęconych jest modelowi rolnictwa opartemu na zrównoważonym rozwoju. Jest to filozofia rozwoju społeczno-ekonomicznego, uwzględniająca poszanowanie środowiska. Rozwój zrównoważony polega na harmonijnym kojarzeniu celów produkcyjnych, ekonomicznych i ekologicznych. Rolnictwo oparte na tej koncepcji ma zapewnić trwałe zrównoważony i samopodtrzymujący się rozwój. Koncepcja ta ma umożliwić poprawę życia współczesnych, jak i przyszłych pokoleń poprzez odpowiednie kształtowanie proporcji między kapitałem ekonomicznym, ludzkim i przyrodniczym.

Polska po przystąpieniu do Unii Europejskiej została objęta Wspólną Polityką Rolną. Ewolucja WPR ukierunkowana jest na zmniejszenie znaczenia celów produkcyjno-dochodowych na rzecz celów bardziej ogólnych, związanych z zachowaniem różnorodności biologicznej środowiska naturalnego i zrównoważonego rozwoju, a także zachowaniem i ochroną krajobrazu oraz unikatowych walorów przyrodniczych. Obecnie coraz częściej podkreślane jest znaczenie produkcji rolniczej, która pozostaje w zgodzie ze środowiskiem naturalnym. W odpowiedzi na proces intensyfikacji rolnictwa jest promowane szeroko rozumiane rolnictwo ekologiczne (Twardy, Smoroń i Nadolna, 2013).

Celem niniejszego artykułu jest przegląd literatury dotyczącej zagrożeń dla środowiska, organizmów żywych i ludzi, wynikających z nadużywania środków produkcji pochodzenia przemysłowego. W opracowaniu wykorzystano też dane GUS.

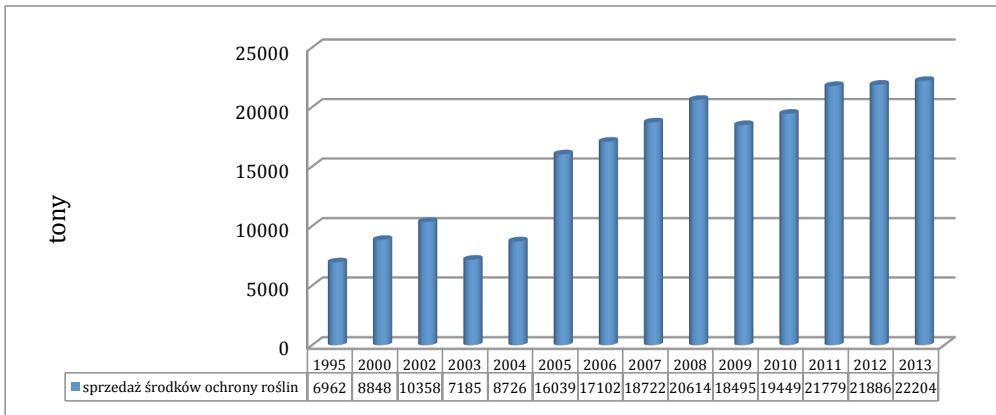
Wpływ działalności rolniczej na środowisko naturalne

Wpływ rolnictwa na środowisko naturalne zależy od fazy jego rozwoju. Obecnie obserwuje się negatywny wpływ II rewolucji rolniczej, tzw. „zielonej rewolucji”. W rolnictwie światowym nadal istnieją gospodarki, w których dopiero teraz dokonuje się I rolnicza rewolucja, coraz więcej państw wchodzi jednak w III fazę rozwoju rolnictwa, dokonującą się przez rewolucję biotechnologiczną. Jej wpływu na środowisko naturalne nie potrafimy do końca przewidzieć, gdyż zmienia ona stosunek człowieka do natury w ogóle (Halamka, 2014).

Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin zanieczyszczających żywność, powietrze, glebę i wodę nie jest jedynym czynnikiem, który współtworzy zagrożenia dla środowiska i dla zdrowia ludzi. Innymi zagrożeniami wynikającymi z intensyfikacji produkcji rolniczej są:

- zanieczyszczania wód powierzchniowych i środowiska gruntowo-wodnego z powodu niewłaściwego stosowania nawozów, zwłaszcza azotowych i fosforowych;
- nieprawidłowa gospodarka ściekowa w obrębie gospodarstw, w tym nieszczelności zbiorników bezodpływowych na ścieki lub ich nieodpowiednie oczyszczenie przed wprowadzaniem do wód lub do ziemi;
- nasilanie się erozji gleb i w efekcie ograniczenie ich żyzności;
- emisja do powietrza metanu, dwutlenku węgla i innych substancji gazowych pochodzących z intensywnego chowu lub hodowli zwierząt, prowadząca do niekorzystnych zmian klimatu;
- emisja do powietrza substancji pyłowych pochodzących z intensywnego chowu lub hodowli zwierząt (pył ze ściółki, magazynów mieszalni pasz, suszarni zbóż czy innych obiektów gospodarskich);
- zmiana w krajobrazie i w klimacie, co skutkuje wyginieniem niektórych gatunków fauny i flory (Kajdan-Zysnarska i in., 2010).

Dane przedstawione na rysunku 1 wskazują na wzrostowy trend stosowania środków ochrony roślin w Polsce. Stają się one coraz popularniejsze – ich wykorzystanie zwiększyło się ponad 3-krotnie w ciągu ostatnich 10 lat. Trend wzrostowy zachwiał się w latach 2009 i 2010 – zapewne w wyniku zawirowań na rynkach światowych, nie zaś zwiększenia świadomości rolników co do ich negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne i zdrowie człowieka. Kilukrotne zwiększenie stosowania pestycydów w rolnictwie naszego kraju niesie zagrożenie nie tylko dla konsumentów, ale także dla środowiska naturalnego, a przede wszystkim dla samych rolników i ich rodzin narażonych na oddziaływanie znacznie większych dawek substancji szkodliwych dla ich organizmów.



Rys. 1. Sprzedaż środków ochrony roślin (w substancji czynnej) w Polsce w latach 2000-2013. Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Roczniki statystyczne rolnictwa (2007-2014). GUS, Warszawa.

Wpływ stosowania pestycydów w rolnictwie na siedliska dzikich zwierząt

Powszechna praktyka stosowania pestycydów już od połowy XX wieku nie pozostała obojętna dla środowiska naturalnego, zwłaszcza dla dziko żyjących zwierząt. Oddziałują one na zwierzęta za pośrednictwem wód zanieczyszczonych nimi oraz poprzez zachwianie łańcucha pokarmowego. W swoich badaniach Köhler i Triebkorn (2013) wskazali, iż stosowanie pestycydów w latach 60. i 70. XX wieku spowodowało znaczny spadek liczebności ptaków drapieżnych. Pestycydy odkładają się w organizmach zwierząt drapieżnych, które żywią się innymi zwierzętami narażonymi na działanie czynników chemicznych zawartych w środkach ochrony roślin. Obserwuje się wyraźne zmniejszenie nie tylko populacji ptaków drapieżnych, ale także pszczoł, jak również znaczące zmiany w ekosystemach wodnych z powodu stosowania pestycydów. Badania stwierdzają ich obecność także w organizmach ssaków lądowych, jak

i morskich. Jak wskazują Hallmann, Foppen, van Turnhout, de Kroon i Jongejans (2014), zakazane pestycydy są zastępowane nowymi, które także przyczyniają się do niekorzystnych zmian w ekosystemach.

Zwalczanie szkodników upraw za pomocą pestycydów powoduje zanikanie również nieszkodliwych gatunków bezkręgowców, które stanowią podstawę żywienia ptaków wielu gatunków. Badania Brühla, Schmidta, Piepera i Alschera (2013) wskazały, iż np. płazy są bardzo wrażliwe na toksyczne działanie pestycydów, nawet w stężeniu dopuszczalnym przez normy międzynarodowe, co skutkuje tym, iż ta grupa zwierząt obecnie jest najbardziej zagrożona wyginięciem.

Brak zdecydowanych działań może zatem spowodować w niedalekiej przyszłości znaczne zmiany w ekosystemach i przyczynić się do wyginięcia wielu gatunków zwierząt z terenów rolniczych. W Europie obserwuje się wyraźny spadek liczby siedlisk dzikich zwierząt w okolicach gospodarstw, na co niewątpliwie w dużym stopniu oddziałuje rozpowszechnienie przemysłowych metod uprawy roślin. Szybkie zmiany powodowane przez ten sposób uprawy roślin nie pozwalają na zaadoptowanie się gatunkom zwierząt przystosowanych do bytowania w warunkach tworzonych przez rolnictwo tradycyjne.

Wpływ stosowania pestycydów w rolnictwie na zdrowie człowieka

W literaturze przedstawionych jest wiele mechanizmów negatywnego działania pestycydów na organizm człowieka. Nie ma wątpliwości, iż efekt epigenetyczny odgrywa decydującą rolę w rozwoju, starzeniu się, a nawet patogenezie złośliwych nowotworów. Najnowsze badania wskazują, iż nieprawidłowe zmiany epigenetyczne mogą być przekazywane na kolejne pokolenia.

Udowodnienie, iż dana choroba została spowodowana przez styczność z określonym pestycydem, jest wciąż poważnym wyzwaniem dla naukowców. Jak wskazują Meyer-Baron, Knapp, Schäper i van Thriel (2015), w całej populacji ludzkiej nie da się znaleźć grupy ludzi, która nigdy nie zetknęła się z pestycydami. Wiele chorób wywoływanych jest przez oddziaływanie różnych czynników, co utrudnia jednoznaczne określenie ich przyczyn. Większość chorób ma poza tym złożoną etiologię, ponieważ czynniki środowiskowe i genetyczne są połączone przez mechanizmy epigenetyczne. Ich wpływ na komórki organizmów żywych jest znany już od kilku lat, ale dopiero od niedawna naukowcy zrozumieli, jak szeroki jest ich zasięg. Epigenetyka jest dziedziną nauki wyjaśniającą zmiany oddziaływania ekspresji genów, które nie łączą się ze zmianami sekwencji DNA. Czynniki epigenetyczne wpływają na aktywność genów, ale relacje pomiędzy genomem i epigenomem nie są do końca wyjaśnione. Wiadomo jednakże, iż przy podziale komórek znaczniki epigenetyczne w jej chromosomach przekazywane są do chromosomu komórki potomnej.

Człowiek jest narażony na kontakt z pestycydami na wiele sposobów:

- bezpośrednio w pracy lub domu,
- przez spożywany pokarm,

- poprzez oddychanie skażonym powietrzem na terenach rolniczych w trakcie i po zakończeniu oprysków pestycydami,
- przez picie wody skażonej pestycydami,
- poprzez pestycydy obecne w cząstkach kurzu (Greenpeace, 2015).

Niemożliwe jest całkowite wyeliminowanie sztucznych związków chemicznych zawartych w żywności dostarczonej konsumentom, więc ze względu na to wprowadzono dla określonych pestycydów dopuszczalne dawki tolerowane przez organizm (Potocki, 2006). Przez dawkę tolerowaną należy rozumieć maksymalną pozostałość pestycydów po czasie karencji, jaka pozostaje w surowcach i produktach. Należy jednak zwrócić uwagę, iż nie wszyscy producenci surowców rolnych i ich przetwórcy, dążąc do zwiększenia plonów, a co się z tym wiąże także dochodów, przestrzegają obowiązujące normy.

Różne skutki dla organizmów zwierzęcych wywierają substancje zawarte w środkach ochrony roślin w zależności od okresu ich rozwoju, a szczególnie niebezpieczne skutki powodują pestycydy w okresie płodowym i niemowlęcym. Badania Anwaya i współpracowników (2006) potwierdziły wyniki badań innych naukowców, wskazując, iż szczurze zarodki narażone w życiu płodowym na działanie winklozolini wykazywały w życiu dorosłym wady rozwojowe narządów płciowych. Także jeden ze składników środków owadobójczych, metosychlor, wpływał negatywnie na przebieg ciąży, procesy rozrodcze, jak i rozwój jąder u samców (Okazaki, Nishimura, Nakamura i Kitamura, 2001). Kolejnym pestycydem wpływającym na wzrost metyzacji jest DDT, potocznie nazywany Azotoxem. Powoduje on zmiany w genach odpowiedzialnych za otyłość.

Tabela 1

<i>Wpływ pestycydów na zmiany epigenetyczne</i>		
Nazwa pestycydu	Typ modyfikacji epigenetycznej	Choroba
Arsen		
DDT		Alkoholizm
Diazinon		Demencja
Metoksychlor	Zmiany metylacji DNA	Schizofrenia
Permetryna		Nowotwór: mózgu, płuc, wątroby, nerek, jajników, szyjki macicy, prostaty
TCDD		
Winklozolina		
Dieldryna		
Parakwat	Modyfikacja histonów	Białaczka
Propoksur		
Dichlorvus		
Fipronil	Zmiana profilu ekspresji miRNA	Choroby serca
Furgicydy		Nowotwór prostaty

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: (Rzeszutek i in., 2014).

Badania Sciandrello, Caradonna, Mauro i Barbata (2004) wskazały na transformację nowotworową pod wpływem podawania zarodkom myszy arsenu – jednego z najczęściej stosowanych elementów składowych środków ochrony roślin. Naukowcy stwierdzili również zmiany w metylacji DNA w przypadku diazinonu, czyli znanego środka insektobójczego, co w konsekwencji też może odgrywać rolę w rozwoju nowotworów różnego typu (Zhang i in., 2012).

Negatywny wpływ takich związków składowych pestycydów, jak dieldryna, parakwat i propoksur, wchodzących w skład powszechnie używanych środków owadobójczych, wykazały ich wpływ na modyfikację histonów, co w konsekwencji skutkowało odkładaniem się w centralnym układzie nerwowym. Wykazywały także znaczną endotoksyczność dla komórek ssaczych (Wang, Chiou, Chang i Hu, 1998). Badania były przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych, w których zwierzęta były jednak poddawane oddziaływaniu znacznie większych dawek pestycydów niż powszechnie wchłanianych przez człowieka z powodu skażenia środowiska.

Inne badania, przedstawione przez Skinera (2014) wskazały na transpokoleniowe efekty spowodowane dawkami znacznie bardziej zbliżonymi do tych, na jakie narażony jest człowiek. Ponadto są grupy osób szczególnie narażone na negatywny wpływ pestycydów – należy do nich zaliczyć rolników i ich rodziny, w szczególności osoby przeprowadzające opryski i pracowników szklarni. Badania przeprowadzone we Włoszech na osobach pracujących w rolnictwie wskazały na podwyższony poziom pestycydów w ich organizmach. Większy poziom szkodliwych substancji wykryto w organizmach rolników niezależnie od rodzaju wykonywanej pracy, co mogło być spowodowane długotrwałą ekspozycją na bardzo trwałe pestycydy chloroorganiczne (Schummer, Salquebre, Briand, Millet i Appenzeller, 2012). Przestrzeganie zasad bezpieczeństwa związanego ze stosowaniem środków ochrony roślin może jednak ograniczyć negatywne oddziaływanie charakteryzowanych środków.

Pestycydy mogą mieć również negatywny wpływ na przyszłe pokolenia. Z badań doświadczalnych wynika, iż niektóre substancje zawarte w pestycydach mogą powodować dziedziczenie chorób poprzez międzypokoleniowe dziedziczenia epigenetyczne. Narażenie kobiet ciężarnych na kontakt z niektórymi pestycydami może zwiększać prawdopodobieństwo wystąpienia choroby nie tylko u nich, ale również w kolejnych pokoleniach, nawet jeżeli nie miały one bezpośrednich kontaktów z tymi substancjami. Badania laboratoryjne Anwaya i Skinnera (2006) udowodniły, że ekspozycja szczurów na winklozolinę ma znaczący, niekorzystny wpływ na potomstwo w czterech kolejnych pokoleniach (np. u zwierząt, którym wstrzykiwano DDT, ponad 50% ich czwartego pokolenia było otyłe, mimo iż pokolenie drugie miało normalne rozmiary. Podobny proces możliwy jest u ludzi. W USA w latach 40. i 50. DDT było powszechnie stosowane. Trzecie pokolenie po okresie stosowania DDT w USA ma obecnie problemy z otyłością. Przyczyn tego zjawiska można doszukiwać się w epigenetyce.

Wiele syntetycznych środków ochrony roślin powoduje trwałe i wszechobecne zanieczyszczenia środowiska naturalnego, co sprawia, iż każdy człowiek narażony jest na oddziaływanie tych substancji. Dane wskazują, iż wiele stosowanych substancji występuje w formie mieszanin, których niekorzystne efekty są nieznane, zwłaszcza w długim horyzoncie czasu (Reffstrup, Larsen i Meyer, 2010).

Podsumowanie

Początkowo nie dostrzegano negatywnego wpływu stosowania pestycydów na środowisko naturalne. Uważano, że ułatwią one rozwiązanie problemu niedostatku. Jednakże bezkrytyczne stosowanie tych środków przyczyniło się do nieodwracalnych zmian w środowisku naturalnym i zaczyna wywierać niekorzystny wpływ na zdrowie kolejnych pokoleń ludzi.

Wiele składników chemicznych stosowanych obecnie w rolnictwie stało się trwałymi i wszechobecnymi zanieczyszczeniami środowiska naturalnego. Składniki te znajdują się zarówno w wodzie, którą pijemy, jak i w żywności, którą jemy na co dzień. Sytuacja ta naraża ludzi na oddziaływanie mieszanin różnych substancji, których wpływ na populację ludzką, jak i na całe środowisko nie jest zbadany. Skutki oddziaływań różnych substancji można dostrzec dopiero po upływie wielu lat. Przyszłe pokolenia, choć same nie będą narażone na działanie poszczególnych pestycydów, pozostaną zagrożone występowaniem powodowanych przez nie chorób, z powodu międzypokoleniowych mechanizmów dziedziczenia epigenetycznego. Oddziaływanie pestycydów prowadzące do zaburzeń epigenetycznych może zakłócać prawidłowe funkcjonowanie organizmu, co skutkuje rozwojem wielu chorób.

Z analizy wynika, iż zużycie środków ochrony roślin w Polsce wykazywało tendencję rosnącą. Dopiero w kilku ostatnich latach rolnicy – m.in. ze względu na zwiększenie popytu na produkty ekologiczne – zaczęli dostrzegać konieczność ochrony środowiska. Wzrasta także liczba badań potwierdzających negatywny wpływ środków chemicznych stosowanych w rolnictwie na środowisko naturalne oraz bezpośrednio lub pośrednio na zdrowie ludzi. Powszechne stosowanie pestycydów i mało poznane długofalowe efekty ich oddziaływania na środowisko stanowią zagrożenie dla wszystkich organizmów żywych, jak i przyszłych pokoleń.

Można mieć nadzieję, że wzrost świadomości społeczeństwa wymusi zastosowanie odpowiednich środków zapobiegawczych, zwłaszcza przez rolników i ich rodziny, które są najbardziej narażone na oddziaływanie dużo większych dawek pestycydów niż reszta społeczeństwa.

Wydaje się zatem, że największym wyzwaniem współczesnego rolnictwa jest odnalezienie równowagi pomiędzy koniecznością wyżywienia ciągle zwiększającej się populacji ludzi a uwolnieniem jej od zagrożeń wynikających z wad modelu rolnictwa industrialnego. Możliwe, że odbędzie się to nie poprzez

zwiększanie chemizacji rolnictwa, a przez postęp biologiczny, ukierunkowany na powstawanie nowych odmian roślin odpornych na choroby, szkodniki oraz niekorzystne warunki klimatyczne. Również w produkcji zwierzęcej konieczny jest postęp biologiczny, polegający na wprowadzaniu nowych ras zwierząt odporniejszych na choroby, odznaczających się szybkością rozwoju osobniczego (wzrostem i masą ciała), większą zawartością białka lepszej jakości oraz zdolnościami przystosowawczymi do niekorzystnych czynników środowiskowych.

Mając na względzie wyniki badań epigenetycznych, należy liczyć się z głęboką zmianą technologii produkcji w rolnictwie. Przyszłość rolnictwa powinna być oparta na zrównoważonym rozwoju, uwzględniającym zaspokojenie podstawowych potrzeb wszystkich ludzi, a jednocześnie dbającym o ochronę i możliwość odnowy środowiska naturalnego bez ryzyka, że potrzeby przyszłych pokoleń nie będą mogły być zapewnione ze względu na nieodwracalne zmiany w środowisku naturalnym, spowodowane niewłaściwą działalnością człowieka.

Bibliografia:

- Anway, M.D., Memon M., Uzumcu M., Skinner M.K. (2006). Transgenerational Effect of the Endocrine Disruptor Vinclozolin on Male Spermatogenesis. *Journal of Andrology*, vol. 27(6), s. 868-879.
- Anway, M.D., Skinner, M.K. (2006). Epigenetic transgenerational Actions of Endocrine Disruptors. *Endocrinology (Supplement) 147(6)*, s. 43-49. DOI: 10.1210/en.2005-1058.
- Bollati, V., Baccarelli, A. (2010). Environmental Epigenetics. *Heredity*, s. 105-112. DOI: 10.1038.
- Brühl, C.A., Schmidt, T., Pieper, S., Alscher, A. (2013). Terrestrial pesticide exposure of amphibians: An underestimated cause of global decline? *Scientific Reports 3*. DOI: 10.1038/srep01135
- Freinch Garrido A., Vidal Martinez J.L., Frias Moreno M., Olea-Serrano F., Olea N., Rodriguez Cuadros L. (2003). Determination of Organochlorine Pesticides by GC-ECD and GC-MS-MS Techniques Including an Evaluation of the Uncertainty Associated with the Results. *Chromatographia*, vol. 57, nr 3/4, s. 213-220.
- Greenpeace (2015). Raport. Negatywny wpływ pestycydów na zdrowie. Rosnący problem. Pobrane z: [http://www.greenpeace.org/poland/pl/press-centre/dokumenty-i-raporty/\(dostęp 15.09.2015 r.\)](http://www.greenpeace.org/poland/pl/press-centre/dokumenty-i-raporty/(dostęp%2015.09.2015%20r.)), s. 8.
- Halamska, M. (2014). Rolnictwo rodzinne dzisiaj. W: A. Babczyńska, M. Nakonieczny (red.). *Problemy środowiska i jego ochrony. Część 22, Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem* (s. 23-42). Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Hallmann, C.A., Foppen, R.P.B., Turnhout, C.A.M. van, Kroon, H. de, Jongejans, E. (2014). *Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations*. DOI: 10.1038/nature13531.
- Kajdan-Zysnarska, I., Matuszak, E., Nowak, D., Matuszewski, J., Oryś, A., Raczkowska, E., Ratajczak, J. (2010). *Ochrona środowiska w gospodarstwie rolnym*. Poradnik dla doradcy, Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Poznań. Pobrane z: www.cdr.gov.pl/pol/wydawnictwa/ochrona_srod.pdf (dostęp 15.09.2015 r.), s. 18.
- Köhler, H.R., Triebskorn, R. (2013). Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond? *Science 341*, s. 759-765.
- Meyer-Baron, M., Knapp, G., Schäper, M., Thriel, C. van (2015). Meta-analysis on occupational exposure to pesticides. Neurobehavioral impact and dose-response relationships. *Environmental Research 136*, s. 234-245.
- Okazaki, S.K., Nishimura, S., Nakamura, H., Kitamura, Y. (2001). A repeated 28-day oral dose toxicity study of methoxychlor in rats, based on the 'Enhanced OECD Test Guideline 407' for screening endocrine-disrupting chemicals. *Arch Toxicol 75(9)*, s. 513-521.
- Potocki, A. (2006). Czynniki chemiczne i biologiczne obecne w żywności, glebie, wodzie, powietrzu atmosferycznym środowiska bytowania. W: E. Kolarzyk (red). *Wybrane problemy higieny i ekologii człowieka* (s. 66-93). Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Reffstrup, T.K., Larsen, J.C., Meyer, O. (2010). Risk assessment of mixtures of pesticides. Current approaches and future strategies. *Regulator Toxicology and Pharmacology 56*, s. 174-192.
- Rocznik statystyczny rolnictwa (2007-2014)*. GUS, Warszawa.

- Rzeszutek, J., Popek, S., Matysiak, M., Czajka, M., Sawicki, K., Kruszewski, M., Kapka-Skrzypczak, L. (2014). Zmiany epigenetyczne spowodowane ekspozycją na pestycydy. *Probl Hig Epidemiol* 95(3), s. 561-567.
- Schummer, C., Salquebre, G., Briand, O., Millet, M., Appenzeller, B.M. (2012). Determination of farm workers exposure to pesticides by hair analysis. *Toxicology Letters*, s. 203-210.
- Sciandrello, G., Caradonna, F., Mauro, M., Barbata, G. (2004). Arsenic-induced DNA hypomethylation affects chromosomal instability in mammalian cells. *Carcinogenesis*, vol. 25 (nr 3), s. 413-417.
- Skiner, M.K. (2014). Nowy rodzaj dziedziczenia. *Świat Nauki*, nr 9(277), s. 35-41.
- Twardy, S., Smoroń, S., Nadolna, L. (2013). Sposoby gospodarowania na obszarach niżowych i urzeźbionych w gospodarstwach ekologicznych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t. 13. z. 4(44), s. 163-173.
- Wang, T.C., Chiou, J.M., Chang, Y.L., Hu, M.C. (1998). Genotoxicity of propoxur and its N-nitroso derivative in mammalian cells. *Carcinogenesis*, vol. 19, (nr 4), s. 623-629.
- Woś, A., Zegar, J. (2002). *Rolnictwo społecznie zrównoważone*. Warszawa: IERiGŻ, s. 32.
- Zhang, X., Wallace, A.D., Du, P., Lin, S., Baccarelli, A.A., Jiang, H., Jafari, N., Zheng, Y., Xie, H., Soares, B.M., Kibbe, A.W., Hou, L. (2012). Genome-wide study of DNA methylation alterations in response to Diazinon exposure in vitro. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 34(3), s. 959-968.

AGATA ŻAK

Institute of Agricultural and Food Economics
– National Research Institute
Warsaw

PLANT PROTECTION PRODUCTS VERSUS CHANGES
IN THE NATURAL ENVIRONMENT AND THEIR IMPACT
ON THE HUMAN HEALTH

Abstract

Farmers wanting to meet the global competition increasingly often use chemical agents to increase yields. However, more and more research confirms the assumptions of scientists on the negative impact of pesticides on life forms. Research points to a significant statistical linkage between the use of plant protection products and higher risk of developmental disorders, neurological disorders and certain forms of cancer. These disorders might be transferred to the next generations through changes in the gene expression, which are not connected to changes in the DNA sequence. The paper is to present the risks for the natural environment following from the use of pesticides in agriculture, which is also linked to human health.

Key words: agriculture, pesticides, changes in the environment, wildlife habitats, epigenetics, human health.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 04.03.2016.