

Joanna Jurewicz¹, Wojciech Hanke^{1,2}
Wojciech Sobala¹, Danuta Ligocka³
Małgorzata Gawora-Ziółek⁴

ZAWODOWA EKSPOZYCJA NA WYBRANE PESTYCYDY ROLNIKÓW Z TERENÓW ROLNICZYCH WOJEWÓDZTWA ŁÓDZKIEGO

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO PESTICIDES AMONG FARMERS OF THE ŁÓDŹ VOIVODESHIP AGRICULTURAL AREA

¹ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź; Zakład Epidemiologii Środowiskowej

² Uniwersytet Medyczny, Łódź; Zakład Informatyki i Statystyki Medycznej

³ Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź; Zakład Bezpieczeństwa Chemicznych

⁴ Niepubliczny Zakład Opieki Zdrowotnej „Sanitas”, Bielawy koło Łowicza

STRESZCZENIE

Wstęp: Mimo postępującej mechanizacji produkcji rolnej populacja osób, które podlegają narażeniu na pestycydy nadal jest znacząca. Celem badania była ocena ekspozycji zawodowej rolników indywidualnych na wybrane pestycydy (MCPA i 2,4-D) — najczęściej stosowane w ich gospodarstwach rolnych. **Materiał i metody:** Model badania zakłada ocenę narażenia 24 rolników zamieszkujących tereny rolnicze województwa łódzkiego na 71 oprysków wykonywanych w ich gospodarstwach rolnych. Ocena narażenia na wybrane pestycydy została wykonana za pomocą badania materiału biologicznego (mocz) — rano, przed opryskiem (próbka A), wieczorem, po oprysku (próbka B) i następnego dnia (próbka C). **Wyniki:** Stężenie badanych pestycydów w moczu wzrastało w próbce moczu pobranej następnego dnia (C) do próbki moczu pobranej rano (A). Najniższe stężenie znaleziono w moczu A, natomiast najwyższe w moczu C. Czynniki warunkujące narażenie były: czas pobrania próbki (mocz C w stosunku do B) ($p = 0,002$), stężenie pestycydów w próbce moczu A ($p = 0,012$) oraz ilość preparatu stosowana do oprysku ($p = 0,021$). Stosowanie środków ochrony osobistej związane było natomiast z narażeniem badanych osób na granicy istotności statystycznej ($p = 0,059$). Wykazano, że rozróżnienie między narażeniami poszczególnych osób tylko w niewielkim stopniu wyjaśniają badane predyktory narażenia. **Wnioski:** Prezentowane badanie wykazało, że rolnicy indywidualni są ekspozowani na pestycydy w związku z opryskami stosowanymi w ich gospodarstwie, oraz pozwoliło określić wielkość tej ekspozycji. Jest to szczególnie istotne zwłaszcza w Polsce, gdzie praktycznie nie przeprowadza się badań ekspozycji na pestycydy wśród rolników indywidualnych, które opierałyby się na metodzie monitoringu biologicznego. Przedstawione predyktory nie pozwoliły do końca wyjaśnić różnic w narażeniu, więc konieczne wydaje się przeprowadzenie badania większej populacji, które pozwoliłoby zapoznać się z rzeczywistymi predyktorami narażenia. Med. Pr. 2011;62(1):9–16

Słowa kluczowe: ekspozycja na pestycydy, rolnicy, monitoring biologiczny

ABSTRACT

Background: Pesticides are widely used in agriculture for the crop protection. Despite advanced mechanization of the agricultural production, the population's exposure to these chemicals is still significant. The objective of the study was to evaluate farmers' occupational exposure to two most frequently used pesticides: MCPA and 2,4-D. **Material and Methods:** Pesticide exposure was assessed in 24 farmers, living in the Łódź voivodeship agriculture area, for 71 sprayings performed on their arable areas. The exposure assessment methods were used to estimate workers' exposure to selected pesticides (MCPA and 2,4-D). The analysis covered the biological material (urine) collected on the day of pesticides spraying: in the morning before spraying (Sample A), in the evening after spraying (Sample B) and on the next day (Sample C). **Results:** The level of pesticides found in farmers' urine was growing from sample A to sample C. The highest level of pesticides was found in sample C and the lowest in sample A. The predictors of the pesticide level were: sample collection time (urine concentration of pesticides in sample C compared with sample B) ($p = 0.002$), concentration of pesticides in sample A ($p = 0.012$) and the amount of products used during spraying ($p = 0.021$). The use of protective equipment was at the border of statistical significance ($p = 0.059$). The differences in exposure between farmers can be only partly explained by the analyzed exposure predictors. **Conclusions:** The study not only confirmed the presence of occupational exposure but also showed the level of exposure among farmers under study. This is very important because in Poland the level of exposure among farmers is unknown and studies using the biological monitoring are very rare. Med Pr 2011;62(1):9–16

Key words: exposure to pesticides, farmers, biological monitoring

Adres autorów: Zakład Epidemiologii Środowiskowej, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera,
ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź; e-mail: joannaj@imp.lodz.pl

Nadesłano: 30 czerwca 2010

Zatwierdzono: 26 sierpnia 2010

WSTĘP

Pestycydy są związkami chemicznymi zarówno pochodzenia naturalnego, jak i syntetycznego szeroko stosowanymi w dzisiejszych czasach. Narażenie na pestycydy jest związane głównie z pracą w rolnictwie. Z jednej strony trudno się nie zgodzić z tezą, że współczesne rolnictwo nie mogłoby istnieć bez chemicznych środków ochrony roślin. Z drugiej strony ekspozycja na te związki wywołuje niebezpieczeństwo negatywnych skutków zdrowotnych. Skutki takiego narażenia manifestują się zatruciami ostrymi i przewlekłymi, w tym również (jak sugerują liczne badania epidemiologiczne) odległymi następstwami w postaci zaburzeń płodności (1) — m.in. mogą wpływać na jakość nasienia (2,3).

Pestycydy mogą odgrywać również rolę w powstawaniu nowotworów. Wiele badań epidemiologicznych sugeruje, że zawodowe narażenie na pestycydy może zwiększać ryzyko występowania nowotworów złośliwych, m.in. białaczki czy chłoniaka niezłośliwego (4,5). Mimo postępującej mechanizacji produkcji rolnej, nadal znacząca jest populacja osób, które podlegają takim narażeniom.

W polskim rolnictwie dominują indywidualne gospodarstwa rodzinne. Większość z nich prowadzi hodowlę roślinną i zwierzęcą. W gospodarstwach tych nie ma wyraźnej różnicy między miejscem pracy a miejscem zamieszkania. Niektóre czynności związane z produkcją rolną, w tym także przygotowanie preparatów służących do oprysku, wykonywane są w domu lub jego najbliższym sąsiedztwie. Poza tym sprzęt przeznaczony do oprysku zwykle jest w nie najlepszym stanie, czasami też rolnicy stosują nieefektywne środki ochrony osobistej, co w głównej mierze wynika z poziomu wiedzy użytkownika na temat możliwości zabezpieczenia się przed narażeniem (6).

W Polsce niewiele jest badań poświęconych ekspozycji zawodowej rolników indywidualnych, zwłaszcza pomiaru ekspozycji metodami monitoringu biologicznego, nie istnieje również system monitorowania narażenia osób pracujących w gospodarstwach rolnych na środki ochrony roślin. Z tego powodu tak istotna wydaje się zarówno ocena narażenia osób pracujących w ekspozycji na pestycydy, jak i poznanie wielkości tego narażenia.

Celem pracy jest ocena ekspozycji zawodowej rolników indywidualnych na wybrane pestycydy — MCPA (kwas 2-metylo-4-chlorofenoksyoctowy) i 2,4-D (kwas dichlorofenoksyoctowy) — stosowane w gospodarstwach indywidualnych badanych osób.

METODYKA BADAŃ

Model badania zakładał ocenę narażenia 24 rolników zamieszkujących tereny rolnicze województwa łódzkiego na 71 oprysków wykonanych w ich gospodarstwach rolnych (tab. 1). Informacje na temat czynności wykonywanych na stanowisku pracy i w gospodarstwie były zbierane za pomocą wywiadu. Ocena narażenia na wybrane pestycydy została wykonana za pomocą badania materiału biologicznego (mocz).

Tabela 1. Liczba oprysków wykonanych przez osoby biorące udział w badaniu

Table 1. Number of sprayings per person

| Opryski Sprayings n | Badani Farmers under study (N = 24) | |
|---------------------------|---|----|
| | n | % |
| 1 | 7 | 29 |
| 2 | 7 | 29 |
| 3 | 3 | 12 |
| 4 | 4 | 17 |
| 6 | 3 | 12 |

Identyfikacja i wybór pestycydów do badania

Pestycydy były identyfikowane na podstawie analizy stosowanych substancji czynnych pestycydów w gospodarstwach osób mieszkających na terenie woj. łódzkiego we wcześniejszym badaniu prowadzonym przez Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi (7).

Analiza składu środków ochrony roślin stosowanych w gospodarstwach pozwoliła wyodrębnić rodzaj najczęściej stosowanych pestycydów. Z listy jednych z najczęściej stosowanych związków wybrano do analizy 2 pestycydy — MCPA (kwas 2-metylo-4-chlorofenoksyoctowy) i 2,4-D (kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy). Są to powszechnie stosowane herbicydy.

Ocena narażenia na pestycydy rolników

Ocena narażenia przeprowadzona została za pomocą analizy próbek moczu pobieranego od rolników:

- próbka A — pobrana rano, przed rozpoczęciem pracy, w celu wykluczenia wpływu ewentualnej wcześniejszej ekspozycji na pestycydy (niezwiązanej z danym opryskiem),
- próbka B — pobrana wieczorem, po zakończeniu pracy,

- próbka C — pobrana następnego dnia w celu obserwowania ewentualnego zmniejszenia się poziomu danego pestycydu.

Metoda oznaczania MCPA i 2,4-D

w materiale biologicznym

Specjalnie na potrzeby badania opracowano metodykę, dla której przeprowadzono walidację zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

Kwas 2-metylo-4-chlorofenoksyoctowy (2-methyl-4-chlorophenoxyacetic — MCPA) i kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy (2,4-D) oznaczano w moczu metodą chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas z wprowadzaniem próbki w trybie ujemnej jonizacji w elektrospreju (LC-MS/MS-ESI).

Badane związki ekstrahowano z próbki moczu dichlorometanem.

Do rozdziału chromatograficznego zastosowano kolumnę analityczną XTerraC18 MS, 3,5 μ m, 150×21 mm (Waters), w temperaturze 25°C z fazą ruchomą: metanol — 0,01M kwas octowy (60:40) o przepływie 0,2 ml/min.

Do analizy ilościowej i jakościowej oznaczanych związków wykorzystano tryb MRM pracy detektora mas. Monitorowano następujące przejścia mas: 199,2*141,0 (ilościowo) i 199,2*105,0 (potwierdzenie tożsamości) dla MCPA, oraz 219,0→161,0 (ilościowo); 219,0→124,9 (potwierdzenie tożsamości) dla 2,4-D. Stężenia nadanych związków obliczono na podstawie krzywej wzorcowej.

Parametry walidacyjne opracowanych metod analitycznych wyniosły dla:

- MCPA — LOD = 0,06 ng/ml, LOQ = 0,2 ng/ml, zakres: 0,2–300 ng MCPA/ml moczu, wydajność ekstrakcji: 94%, precyzja: 0,77,
- 2,4-D — LOD = 0,06 ng/ml, LOQ = 0,8 ng/ml, zakres: 0,8–200 ng 2,4-D/ml moczu, wydajność ekstrakcji: 56%, precyzja: 3,8.

Analiza statystyczna

W celu wskazania czynników warunkujących poziom narażenia badanych osób zastosowano model regresji liniowej z efektami losowymi. W modelu uwzględniono dwa poziomy — osobę i oprysk. Zastosowany model regresji pozwolił ocenić, jaka jest zmienność narażenia w badanej grupie rolników oraz jak bardzo zmienia się ocena narażenia ze względu na czas pobrania próbki (różnice między stężeniami w badanych próbkach w dniu oprysku). Stężenie pestycydu zostało poddane transformacji logarytmicznej. Do estymacji parametrów modelu regresji liniowej z efektami losowymi użyto pakietu nlme w wersji 3.1-96 (8).

WYNIKI

Badana populacja

Badaniem objęto 24 rolników indywidualnych zamieszkujących teren województwa łódzkiego. Przeprowadzono ocenę narażenia tych osób na 71 oprysków wykonanych w ich gospodarstwach rolnych (tab. 1). U około 30% badanych osób przeprowadzono ocenę narażenia na jeden lub dwa opryski. W czterech opryskach uczestniczyło 17% rolników, natomiast w trzech lub sześciu opryskach brało udział po 12% rolników (tab. 1).

Większość badanych rolników miało wykształcenie zawodowe i średnie. Średni wiek badanych rolników wynosił 33 lata (tab. 2). Większość rolników pracowała wyłącznie w rolnictwie, a pracę poza nim wykonywało tylko około 29% rolników. Średnia wielkość ich gospodarstw wynosiła 17,5 hektara (tab. 2). Około 46% badanych rolników paliło papierosy, średnio dziennie około 30 sztuk (tab. 2).

Tabela 2. Charakterystyka osób uczestniczących w badaniu

Table 2. Characteristics of the study group

| Charakterystyka Characteristics | Średnia \pm SD Mean \pm SD (N = 24) | Badani Respondents (N = 24) n (%) |
|------------------------------------|---|--|
| Wiek [w latach] / Age [years] | 32,67 \pm 3,04 | – |
| Wykształcenie / Education | | |
| podstawowe / primary | – | 5 (20,83) |
| zawodowe / vocational | | 10 (41,67) |
| średnie / secondary | | 7 (29,17) |
| wyższe / higher | | 2 (8,33) |

Tabela 2. Charakterystyka osób uczestniczących w badaniu — cd.
Table 2. Characteristics of the study group — cont.

| Charakterystyka Characteristics | Średnia ±SD Mean ±SD (N = 24) | Badani Respondents (N = 24) n (%) |
|--|-------------------------------------|--|
| Praca poza rolnictwem / Work outside agriculture | | |
| kierowca / driver | – | 3 (12,50) |
| murarz / bricklayer | | 2 (8,33) |
| piekarz / baker | | 2 (8,33) |
| Obecne palenie papierosów / Current smoking | | |
| tak / yes | – | 11 (45,83) |
| nie / no | | 13 (54,17) |
| Wielkość gospodarstwa [ha] / Arable area [ha] | | 17,54±9,43 |

Charakterystyka oprysków wykonywanych w badanych gospodarstwach

W badanych gospodarstwach oceniono narażenie 24 rolników na wybrane do badania pestycydy — MCPA i 2,4-D. Osoby biorące udział w badaniu wykonały 52 opryski MCPA i 19 oprysków 2,4-D.

W badanych gospodarstwach rolnych preparatem stosowanym do ochrony roślin uprawnych, a zawierającym jako substancję czynną MCPA i 2,4-D, opryskiwano zboża. W przypadku MCPA stosowanym preparatem był Chwastox (D 179 SL, Extra 300 SL, Turbo 340 SL, Trio 340, 500 L). Z kolei 2,4-D zawierały takie stosowane preparaty, jak: Aminopielik (Gold 450 EC, 720 SL, D450 SL, P450 SL).

Większość badanych rolników wykonywała oprysk po południu. Czas jego trwania wynosił śred-

nio 134±83,47 min. Średnia ilość zużytego preparatu zawierającego MCPA wynosiła około 73±165,95 litrów. W przypadku 2,4-D średnia ilość zużytego preparatu zawierającego tę substancję czynną wynosiła 48,92±118,31 litrów (tab. 3). Rolnicy podczas oprysku pracowali w ubraniach roboczych (koszule i spodnie). Środki ochrony osobistej podczas oprysku były stosowane w przypadku 39% oprysków i były nimi głównie rękawiczki (64,29%), maski (46,43%) i fartuchy (42,86%) (tab. 3).

Ocena narażenia rolników na MCPA i 2,4-D podczas oprysków

Stężenie badanych pestycydów w moczu wzrastało w próbce moczu pobranej następnego dnia (C) w stosunku do próbki pobranej rano (A). Najniższe

Tabela 3. Charakterystyka oprysków wykonanych w badanych gospodarstwach
Table 3. Characteristics of spraying performed on farmers' arable area

| Charakterystyka Characteristics | Średnia ±SD Mean ±SD (N = 71) | Opryski Sprayings (N = 71) n (%) |
|---|-------------------------------------|---|
| Nazwa produktu / Product name | | |
| Chwastox D 179 SL | | 8 (11,26) |
| Chwastox Extra 300 SL | | 21(29,58) |
| Chwastox Turbo 340 SL | | 14 (19,71) |
| Chwastox Trio 340 SL | | 7 (9,86) |
| Chwastox 500 SL | | 2 (2,82) |
| Aminopielik 720 SL | | 3 (4,23) |
| Aminopielik D450 SL | | 13 (18,31) |
| Aminopielik Gold 530 EW | | 2 (2,82) |
| Aminopielik P450 SL | | 1 (1,41) |
| Stosowana substancja aktywna / Active ingredient used | | |
| MCPA | | 52 (73,24) |
| 2,4-D | | 19 (26,76) |

Tabela 3. Charakterystyka oprysków wykonanych w badanych gospodarstwach — cd.
Table 3. Characteristics of spraying performed on farmers' arable area — cont.

| Charakterystyka Characteristics | Średnia ±SD Mean ±SD (N = 71) | Opryski Sprayings (N = 71) n (%) |
|--|-------------------------------------|---|
| Ilość zużytego preparatu do oprysku [litr] / Amount of product used for spraying [liter] | | |
| MCPA | 73±165,9 | |
| 2,4-D | 48,92±118,31 | |
| Czas trwania oprysku / Duration of spraying [min] | 134±83,47 | – |
| Rozpoczęcie oprysku po południu / Start of spraying in the afternoon | | |
| tak / yes | | 47 (66,20) |
| nie / no | | 24(33,80) |
| Stosowanie środków ochrony osobistej podczas oprysku / Use of protective equipment during spraying | | |
| tak / yes | | 28 (39,44) |
| nie / no | | 43 (60,56) |
| Środki ochrony osobistej / Protective equipment used during spraying (N = 28) | | |
| maski / masks | | 13 (46,43) |
| rękawiczki / gloves | | 18 (64,29) |
| fartuch / apron | | 12 (42,86) |

SD — odchylenie standardowe / standard deviation.

stężenie stwierdzono w moczu A, czyli w moczu pobranym przed opryskiem. W przypadku 2,4-D wynosiło ono 2,53±7,24 µg/g kreat. (średnia arytmetyczna) i 0,30±5,89 µg/g kreat. (średnia geometryczna). W przypadku MCPA stężenia w moczu porannym wynosiło 2,89± 11,10 µg/g kreat. (średnia arytmetyczna) i 0,53±5,00 µg/g kreat. (średnia geometryczna) (tab. 4).

Najwyższe stężenie zarówno MCPA, jak i 2,4-D znaleziono w próbce moczu C pobranej w następnym dniu po oprysku. W przypadku 2,4-D wynosiło ono 32,93±40,87 µg/g kreat. (średnia arytmetyczna) i 9,83±9,00 µg/g kreat. (średnia geometryczna), natomiast w odniesieniu do MCPA — 10,76±16,84 µg/g

kreat. (średnia arytmetyczna) i 4,15±4,75 µg/g kreat. (średnia geometryczna) (tab. 4).

Zakres stężeń badanych pestycydów w przypadku 2,4-D i moczu porannego wynosił 0,006–26,39 µg/g kreat., wieczornego (próbka B) — 0,008–168,00 µg/g kreat. a pobranego następnego dnia (próbka C) — 0,06–131,21 µg/g kreat. Zakres stężeń w przypadku oprysków wykonanych przy użyciu MCPA dla moczu A wynosił 0,06–77,43 µg/g kreat., moczu B — 0,09–33,94 µg/g kreat. i moczu C — 0,10–82,44 µg/g kreat. (tab. 4).

W celu zapoznania się z czynnikami wpływającymi na narażenie danej osoby zastosowano model regresji liniowej z efektami losowymi. W przypadku modelu

Tabela 4. Stężenie MCPA i 2,4-D w moczu badanych osób po każdym oprysku (µg/g kreat.)
Table 4. Urine MCPA and 2,4-D levels in farmers after each spraying (µg/g creat.)

| Parametry Parameters | Oprysk 2,4-D 2,4-D spraying (N = 13) | | | Oprysk MCPA MCPA spraying (N = 51) | | |
|---|--|-------------|-------------|--|------------|-------------|
| | A | B | C | A | B | C |
| Średnia arytmetyczna ±SD / Arithmetic mean ±SD | 2,53±7,24 | 28,74±47,72 | 32,93±40,87 | 2,89±11,10 | 5,26±6,53 | 10,76±16,84 |
| Średnia geometryczna ±SD / Geometric mean ±SD | 0,30±5,89 | 5,83±10,61 | 9,83±9,00 | 0,53±5,00 | 2,48±4,17 | 4,15±4,75 |
| Zakres / Range | 0,06–26,39 | 0,08–168,00 | 0,06–131,21 | 0,06–77,43 | 0,09–33,94 | 0,10–82,44 |

A — próbka moczu pobrana rano (przed opryskiem) / Morning urine sample (before spraying).

B — próbka moczu pobranego wieczorem (po oprysku) / Evening urine sample (after spraying).

C — próbka moczu pobranego następnego dnia / Next day urine sample.

jednoczynnikowego takimi czynnikami wskazującymi na związek z narażeniem był: czas pobrania próbki moczu (mocz C w stosunku do B; $p = 0,0002$), stężenie pestycydów w próbce moczu pobranej rano (próbka A; $p = 0,026$) i na granicy istotności statystycznej rozpoczęcie oprysku w godzinach popołudniowych ($p = 0,055$).

Na stężenia po oprysku nie wpływał rodzaj stosowanych substancji czynnych ($p = 0,30$), ilość użytego preparatu ($p = 0,078$) czy stosowanie środków ochrony osobistej ($p = 0,11$) (tab. 5). W przypadku modelu wieloczynnikowego predyktorami narażenia, podobnie jak w modelu jednoczynnikowym, były: czas pobrania próbki ($p = 0,002$), stężenie pestycydów w próbce moczu A ($p = 0,012$) oraz ilość preparatu stosowana do oprysku ($p = 0,021$). Z kolei stosowanie środków ochrony osobistej związane było z narażeniem badanych osób na granicy istotności statystycznej ($p = 0,059$) (tab. 6).

Aby ocenić narażenie rolników na pestycydy stosowane do oprysków w ich gospodarstwach, zastosowano

dwupoziomowy model regresji liniowej z efektami losowymi, w którym jeden z poziomów stanowi rolnik (osoba narażona), natomiast drugi — czas pobrania próbki (różnice między stężeniami w badanych próbkach w dniu oprysku).

Odchylenie standardowe dla efektów losowych z modelu bez predyktorów w przypadku poziomu 'osoba wykonująca oprysk' wynosiło 1,49, natomiast z modelu z predyktorami — 1,39. Można więc stwierdzić, że rozrzut między narażeniami poszczególnych osób tylko w niewielkim stopniu wyjaśniają badane czynniki, ponieważ wciąż w tym modelu występuje znaczny rozrzut między otrzymanymi wartościami. Za niewyjaśnione zróżnicowanie może odpowiadać np. indywidualny metabolizm danej osoby.

Gdy brano pod uwagę poziom 'oprysk, czas pobrania próbki', rozrzut pomiędzy próbkami moczu C i B w modelu bez predyktorów wynosił 0,57, a w modelu z predyktorami — 0,53. Również w tym przypadku predyktory nie wyjaśniały różnic między stężeniami w próbkach C i B pobranymi po oprysku.

Tabela 5. Stężenie MCPA i 2,4-D w moczu i ich predyktory — analiza jednoczynnikowa
Table 5. Urine MCPA i 2,4-D levels and their exposure predictors — univariate analysis

| Zmienna Variable | β | SE | p |
|---|---------|-------|--------|
| Stężenie pestycydu w próbce B w stosunku do próbki C / Level of pesticides in sample B compared with sample C | 0,53 | 0,130 | 0,0002 |
| Stosowana substancja czynna MCPA / MCPA active substance used | -0,46 | 0,440 | 0,3000 |
| Stężenie pestycydów w moczu A / Concentraion of pesticides in sample A | 0,18 | 0,078 | 0,0260 |
| Ilość preparatu zużytego do oprysku / Amount of product used for spraying | 0,50 | 0,280 | 0,0780 |
| Rozpoczęcie oprysku po południu / Start of spraying in the afternoon | -0,58 | 0,300 | 0,0550 |
| Stosowanie środków ochrony osobistej / Protective equipment used | -0,80 | 0,490 | 0,1100 |

Objaśnienia jak w tabeli 4 / Abbreviations as in Table 4.

β — współczynnik / coefficient.

SE — błąd standardowy / standard error.

Tabela 6. Stężenie MCPA i 2,4-D w moczu i ich predyktory narażenia — analiza wieloczynnikowa
Table 6. Urine MCPA and 2,4-D levels and their exposure predictors — multivariate analysis

| Zmienna Variable | β | SE | p |
|---|---------|-------|--------|
| Stężenie pestycydu w próbce B w stosunku do próbki C / Level of pesticides in sample B compared with sample C | 0,53 | 0,130 | 0,0002 |
| Stężenie pestycydów w moczu A / Concentraion of pesticides in sample A | 0,20 | 0,075 | 0,0120 |
| Ilość zużytego preparatu do oprysku / Amount of product used for spraying (in liter \pm SD) | 0,64 | 0,260 | 0,0210 |
| Stosowanie środków ochrony osobistej / Protective equipment used | -0,90 | 0,460 | 0,0590 |

Objaśnienia jak w tabeli 4 i 5/ Abbreviations as in Tables 4 and 5.

Różnice niewyjaśnione, dotyczące zmienności wśród osób i w czasie pobrania próbek, które mogą wpływać na narażenie badanych, w przypadku modelu bez predyktorów wynosiły 0,82, natomiast w przypadku modelu z predyktorami — 0,73. Różnice te mogą wynikać z błędu związanego z oznaczeniem (tab. 7). Czynniki nieznanne i/lub nieuwzględnione w analizie mogły wpływać na narażenie badanych osób w zakresie dużo większym niż zaproponowane predyktory.

oprysku i czyszczeniem sprzętu wykorzystywanego do niego. Ważne było więc nie tylko potwierdzenie istnienia zawodowej ekspozycji na pestycydy, ale również zapoznanie się z jej wielkością za pomocą metod monitoringu biologicznego. Pozwala on bowiem uwzględnić wszystkie drogi narażenia.

Różnice między stężeniem MCPA a 2,4-D w moczu u osób biorących udział w badaniu mogą wynikać z indywidualnej różnicy we wchłanianiu, metabolizmie,

Tabela 7. Efekty losowe z modelu bez predyktorów i modelu wieloczynnikowego
Table 7. Random effects estimates from model without predictors and multivariate model

| Model | Sigma między osobami σ between persons* | Sigma między różnymi opryskami dla danej osoby σ between days of spraying for a given person** | Sigma rezidualna σ within*** |
|---------------------------------|---|--|--|
| Bez predyktorów / Constant only | 1,49 | 0,57 | 0,82 |
| Wieloczynnikowy / Multivariate | 1,39 | 0,53 | 0,73 |

* Różnice między narażeniem osób biorących udział w oprysku / Differences between exposure of farmers.

** Różnice między różnymi opryskami dla danej osoby / Differences between different sprayings for the same person.

*** Pozostała zmienność / Other differences.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badanie pozwoliło na zapoznanie się z wielkością narażenia rolników indywidualnych na wybrane pestycydy. Stężenie badanych substancji aktywnych pestycydów w moczu wzrastało i było większe w próbce pobranej następnego dnia (C) niż pobranej rano (A).

Najniższe stężenie znaleziono (zgodnie z oczekiwaniami) w moczu A, czyli pobranym przed opryskiem, natomiast najwyższe w moczu C. Jak wykazują badania, pobór moczu również następnego dnia jest dobrym sposobem oceny narażenia badanych osób ze względu na to, że duża część dawki pestycydów wchłoniętej podczas oprysku może zostać wydalona następnego dnia (9).

Na ekspozycję rolników indywidualnych wpływa nie tylko oprysk wykonywany w ich gospodarstwie, ale również opryski wykonywane w ich obszarze zamieszkania, co potwierdza znalezienie badanych pestycydów w moczu porannym pobranym przed opryskiem w danym gospodarstwie. Mieszkanie na terenach wiejskich powoduje więc narażenie na pestycydy, nawet jeśli dana osoba nie jest bezpośrednio zaangażowana w wykonywanie oprysków. Podobne wyniki uzyskano w innych badaniach, gdzie narażenie na pestycydy powodowane było jedynie przez zamieszkiwanie na terenach wiejskich (10).

Poza wykonywaniem oprysku badani rolnicy zajmowali się również przygotowaniem mieszanki do

rozprzestrzenianiu się pestycydów w organizmie czy ich wydalaniu. Jeśli dana osoba ma kontakt ze środkiem ochrony roślin, na jego stężenie w organizmie może wpływać wiele czynników, m.in. aktywność fizyczna, długość trwania narażenia czy uszkodzenia skóry (11). Innymi czynnikami mogącymi mieć wpływ na różnicę w stężeniu badanych pestycydów w moczu mogą być wilgotność powietrza, ilość substancji czynnej w produkcie stosowanym do oprysku czy inne czynniki chemiczne obecne w organizmie (12).

Niewątpliwą zaletą niniejszego badania było zastosowanie metod monitoringu biologicznego w celu oceny narażenia zawodowego rolników indywidualnych. Pomiar poziomu pestycydów wykrytych w moczu w przeciwieństwie do stosowania próbników bawełnianych czy pomiaru strefy oddechowej pracownika jest dokładniejszym sposobem szacowania ekspozycji, ponieważ dotyczy wielu dróg narażenia (dermalnej, oddechowej czy pokarmowej). Inne metody badania obejmują tylko jedną drogę (13).

Czynniki warunkującymi narażenie były: czas pobrania próbki (mocz C w stosunku do B) ($p = 0,002$), stężenie pestycydów w próbce moczu A ($p = 0,012$) oraz ilość preparatu stosowana do oprysku ($p = 0,021$). Stosowanie środków ochrony osobistej związane było z narażeniem badanych osób na granicy istotności statystycznej ($p = 0,059$).

Zastosowanie dwupoziomowego modelu regresji liniowej z efektami losowymi, w którym jeden z poziomów stanowił rolnik (osoba narażona), natomiast drugi — oprysk (czas pobrania próbki) pozwoliło odpowiedzieć na pytanie, czy zmienność między narażeniem badanych osób a czasem pobrania próbek może być wyjaśniona przez analizowane predyktory. Wykazano, że rozrzut między narażeniami poszczególnych osób tylko w niewielkim stopniu wyjaśniają badane czynniki, ponieważ wciąż w modelu występuje znaczna różnica między otrzymanymi wartościami. Podobne dane uzyskano w przypadku czasu pobrania próbki.

Zmienność niewyjaśniona przez predyktory może wynikać np. z błędu związanego z oznaczeniem lub indywidualnego metabolizmu danej osoby, albo niewzięcia pod uwagę niektórych zmiennych z powodu braku informacji o nich — np. osoby biorące udział w badaniu mogły zapomnieć, czy rzeczywiście stosowały środki ochrony osobistej. Innym czynnikiem wpływającym na ekspozycję może być wcześniejszy kontakt z zanieczyszczonymi powierzchniami, np. rękawiczek czy masek (14).

Prezentowane badanie wykazało, że rolnicy indywidualni są ekspozowani na pestycydy w związku z opryskami stosowanymi w ich gospodarstwie, oraz pozwoliło określić wielkość tej ekspozycji. Jest to szczególnie istotne zwłaszcza w Polsce, gdzie praktyczne nie przeprowadza się badań ekspozycji rolników indywidualnych na pestycydy opierających się na metodzie monitoringu biologicznego. Przedstawione predyktory nie do końca wyjaśniają czynniki wpływające na narażenie, dlatego konieczne wydaje się przeprowadzenie badań na większej populacji, które pozwoliłoby zapoznać się z rzeczywistymi predyktorami narażenia. Przedmiotem kolejnych badań powinny być wielkość ekspozycji i potencjalne zagrożenie dla osób jej podlegających.

PIŚMIENNICTWO

1. Hanke W., Jurewicz J.: The risk of adverse reproductive and developmental disorders due to occupational pesticide exposure — overview of current epidemiological evidence. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2004;17(2):223–243
2. Yucra S., Gasco M., Rubio J., Gonzales G.F.: Semen quality in Peruvian pesticide applicators: association between urinary organophosphate metabolites and semen parameters. *Environ. Health* 2008;7:59. DOI: 10.1186/1476-069X-7-59
3. Swan S., Kruse R., Liu F., Barr D.B., Drobnis E., Redmon J. i wsp.: Semen quality in relation to biomarkers of pesticide exposure. *Environ. Health Perspect.* 2003;111(12):1478–1484
4. Van Balen E., Font R., Cavalle N., Garcia-Villanueva M., Benavente Y., Brennan P. i wsp.: Exposure to non-arsenic pesticides is associated with lymphoma among farmers in Spain. *Occup. Environ. Med.* 2006;63:663–668
5. De Roos A.J., Blair A., Rusiecki J.A., Hoppin J.A., Svec M., Dosemeci M. i wsp.: Cancer incidence among glyphosate-exposed pesticide applicators in the Agricultural Health Study cohort. *Environ. Health Perspect.* 2005;113(1):49–54
6. Tokarski S.: Uwarunkowania zdrowia ludności wiejskiej w okresie transformacji ustrojowej w Polsce (na przykładzie Regionu Środkowo-Wschodniego). Instytut Medycyny Wsi, Lublin 1999, ss. 51–52
7. Gawora-Ziółek M., Jurewicz J., Hanke W.: Ekspozycja na pestycydy kobiet w ciąży pracujących w rolnictwie. *Med. Pr.* 2005;56(3):197–204
8. Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D.: *Nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models* [program komputerowy]. Wersja 3.1-96. Adres: <http://cran.rproject.org/web/packages/nlme/index.html>
9. Arbuckle T.E., Burnett R., Cole D., Teschke K., Dosemeci M., Bancej C. i wsp.: Predictors of herbicide exposure in farm applicators. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 2002;75:406–414
10. Lu C., Fenske R.A., Simcox N.J., Kalman D.: Pesticide exposure of children in an agricultural community: evidence of household proximity to farmland and take home exposure pathways. *Environ. Res.* 2000;84:290–302
11. Moody R.P., Wester R.C., Melenders H.I.: Dermal absorption of the phenoxy herbicide 2,4-D dimethylamine in humans: effect of DEET and anatomic site. *J. Toxicol. Environ. Health* 1992;36(3):241–250
12. Harris S.A., Solomon K.R.: Percutaneous penetration of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 2,4-D dimethylamine salt in human volunteers. *J. Toxicol. Environ. Health* 1992;36(3):233–240
13. Hines C.J., Deddnes J.A., Tucker S.P., Hornung R.W.: Distribution and determinants of pre-emergent herbicide exposures among custom applicators. *Ann. Occup. Hyg.* 2001;45:227–239
14. Acquavella J.F., Alexander B.H., Mandel J.S., Gustin C., Baker B., Chapman P. i wsp.: Glyphosate biomonitoring for farmer-applicators and their families: results from the Farm Family Exposure Study. *Environ. Health Perspect.* 2004;112:321–326