

ZDZISŁAW PRZYBYLSKI

*Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu**Terenowa Stacja Doświadczalna w Rzeszowie*

## TOKSYKOLOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI LINDANU A PROBLEM OCHRONY ŚRODOWISKA CZŁOWIEKA

Ministerstwo Rolnictwa podjęło decyzję wycofania z ochrony roślin uprawnych preparatu DDT ze względu zarówno na jego słabą skuteczność jak również na właściwości kumulowania się w środowisku. Z tego powodu wprowadzone zostały w 1972 roku w szerszym zakresie preparaty zastępcze. Obok insektycydów importowanych pojawiły się również w dużej ilości preparaty owadobójcze produkcji polskiej. Do nich należą między innymi gamakarbatox do opryskiwania oraz ten sam preparat do opylania. Jednym ze składników aktywnych tego insektycydu obok karbarylu jest lindan, a więc związek chemiczny należący do grupy węglowodorów chlorowanych, który wchodził również w skład takich insektycydów jak ditox oraz tritox, tj. preparatów wycofywanych systematycznie ze środków chemicznych ochrony roślin. W tej sytuacji mogą nasuwać się wątpliwości co do celowości dalszego używania lindanu w grupie preparatów owadobójczych.

Obecnie służba ochrony roślin otrzymując do szerokiego stosowania nowy pestycyd, stawia producentowi dwa podstawowe pytania — jakie są: 1) właściwości toksyczne preparatu i jego wpływ na biocenozę, 2) właściwości persystentne pestycydu oraz długość utrzymywania się śladów preparatu w produktach rolnych.

Ponieważ przeprowadzone dotychczas doświadczenia przez Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu (5) nad gammakarbatoxem jak i szersze zastosowanie w 1973 r. w zwalczaniu stonki ziemniaczanej wykazało jego dobrą skuteczność, należy zatem sądzić, iż insektycyd ten będzie w najbliższych latach jednym z głównych preparatów stonkobójczych. W tej sytuacji pragnę podać szereg najnowszych danych dotyczących właściwości lindanu z punktu widzenia wpływu na środowisko oraz jego pozostałości w produktach rolno-spożywczych.

Lindanowi poświęcone było Międzynarodowe Sympozjum w Wiedniu w czerwcu 1972 r. Organizatorem tego sympozjum było Międzynarodowe Centrum Badań Lindanu w Brukseli (Centre International d'études du Lindane Bruxelles — Belgique). Z obszernych i interesujących materiałów

można przedstawić trzy zasadnicze problemy jakie szczególnie dominowały w czasie Sympozjum na temat lindanu.

1. Lindan a sprawa ochrony środowiska.
2. Właściwości toksykologiczne lindanu.
3. Pozostałości lindanu w środowisku życia człowieka.

### *Lindan a sprawa ochrony środowiska*

Temu tematowi poświęcony został referat Berana z Austrii (1). Nawiązując na wstępie do sprawy stosowania chemicznych metod ochrony roślin a szczególnie do różnych, często negatywnych opinii jakie coraz częściej budzą te metody również wśród naukowców, Beran zacytował zdanie E. Borlauga, które wygłosił on w czasie Generalnego Zgromadzenia FAO występując w obronie zwolenników DDT i innych pestycydów mówiąc: „Zakaz stosowania DDT jest jasny i nie po raz pierwszy wysuwany przez organizację zajmującą się ochroną środowiska. Z chwilą gdy uda się wycofać DDT, przeforsowywać będą rezygnacje ze wszystkich związków na bazie węglowodorów chlorowanych by następnie przejść do ataku na związki organofosforowe, jak również na insektycydy z grupy karbaminianów. Po wycofaniu insektycydów przejdą do ataku na herbicydy i w końcu na fungicydy”. ... „Wystarczyło np., że znaleziono rtęć w organizmie ryb żyjących w wodach południowych rzek i jezior Stanów Zjednoczonych a następnie w mleczu tuńczyków by zakazano stosowania organicznych związków rtęci do zaprawiania nasion oraz jako preparatu antyseptycznego w fabrykach papieru. Niedawno jeden z uczonych badał tuńczyka, który został złowiony 90 lat wcześniej i stwierdził, że znajduje się w nim w przybliżeniu tyle samo rtęci co w próbach pobranych do badania obecnie. Należy dodać, że próby pobrane obecnie pochodzą z miejsc oddalonych od siebie o setki mil morskich o różnych kontaminacjach przemysłowych a w mleczu rybim znajduje się zawsze rtęć w ilości od 1, do 2 ppm. W związku z powyższym stwierdzono, że zawarte ilości rtęci w mleczu rybim są częścią łańcucha pokarmowego pobranego przez tuńczyka metalu, który znajduje się w morzu do dnia dzisiejszego”.

Reasumując to Borlaug przypomniał, iż „w Stanie Wisconsin — USA przebadano próbki gleby pobranych w latach 1909—1911 i następnie zakonserwowanych w pojemnikach szklanych szczelnie zamkniętych. Spośród 34 prób — 20 prób dało piki charakterystyczne dla aldryny i dla HCH, a więc związków, które nie były wówczas w użyciu”.

„Rezultaty te wyprowadzają na światło dzienne problem analityki, stosowanych metod badawczych oraz używanych aparatów a szczególnie chromatografów gazowych. Do tego można jeszcze dodać np. interpretacje

rezultatów otrzymanych przez niespecjalistów przy identyfikacji DDT u dwóch pingwinów arktycznych na 16 zbadanych”.

Jak wiadomo obok szkodników glebowych również zimujące stadia rozwojowe stonki ziemniaczanej zwalczano w Polsce przy użyciu HCH. Z tego względu właściwości toksyczne lindanu interesują zarówno specjalistę ochrony roślin uprawnych jak i zwolenników ochrony środowiska.

Należy stwierdzić, że insektycyd ten działa w dużo słabszych dawkach niż DDT, co niekorzystne jest dla środowiska, lecz dawki lindanu stosowane na 1 ha stanowią 1/5—1/10 przyjętych dla DDT. Wynika to z faktu, że omawiane insektycydy mają różną aktywność. Podczas gdy  $LD_{50}$  lindanu dla muchy domowej wynosi 1,8 mg/kg wagi muchy, to dla DDT 180 mg/kg (drogą kontaktową). Dla pszczoł  $LD_{50}$  lindanu wynosi 1 mg/kg (per os) i 1,8 mg/kg (kontakt), podczas gdy dla DDT wynoszą one odpowiednio 102 i 92 mg/kg. Można więc stwierdzić, że kompozycja lindanu stosowana obecnie zawiera w sobie duży potencjał najwyższej aktywności owadobójczej w związku z czym studia nad możliwością zmniejszenia dawek są bardzo interesujące i korzystne z punktu widzenia ochrony środowiska.

Dla przykładu podam, że w 1973 r. wyprodukowano w Polsce nową wersję gamakarbatoxu pylistego obniżając zawartość lindanu z 1% do 0,5%.

Wiadomo że persystencja określonego insektycydu zależna jest w dużym stopniu od środowiska i aktualnych warunków. Ódnośnie HCH można ogólnie stwierdzić, że w glebie następuje szybkie jego zanikanie. Przeprowadzone badania przy pomocy chromatografii cienkowarstwowej wykazały, że po upływie jednego miesiąca w stosunku do początkowej ilości stwierdzono 1,39% lindanu, 95,6% dla DDT, 5,2% dla parationu i 1,03% dla aldryny. Można jednak stwierdzić, że w glebie suchej HCH jest znakomicie trwałe. Świadczą o tym rezultaty uzyskane w doświadczeniach wykonanych w piasku suchym. Po jednym miesiącu stwierdzono 93,2% HCH, 90% DDT, 74% aldryny i 40% parationu. Stabilność HCH maleje w miarę wzrostu ilości humusu w glebie. Zawsze jednak HCH gwarantuje dobre działanie po 6 miesiącach i daje dobry obraz na płycie szklanej.

Obecnie badania nad nowym insektycydem nie ograniczają się jedynie do jego właściwości owadobójczych ale prowadzone są również obszernie studia nad ewentualną akumulacją danego pestycydu w tkankach ludzi i zwierząt. Jeśli chodzi o akumulację lindanu w organizmach stałocieplnych to jest ona mniejsza niż dla DDT.

W tkankach tłuszczowych ludzi poddanych badaniom na obecność lindanu stwierdzono, że zawartości tego insektycydu są mniejsze od DDT

np. 0,48 ppm w USA, 0,07 ppm w Kanadzie i 0,3 ppm w Belgii. Według badań angielskich pozostałości lindanu w mleku ludzkim wynoszą 0,013 ppm i krowim 0,003 ppm. Badania pozostałości w produktach żywnościowych w USA dały wartości możliwe do przyjęcia. Znalezione np. maksymalne ilości lindanu w zbożach — 0,03 ppm i 0,15 ppm w pomidorach. W Wielkiej Brytanii i Kanadzie stwierdzono również sytuację korzystną tj. 0,03 ppm w zbożach i 0,15 ppm w warzywach.

Obserwacje nad wpływem żywienia roślin a możliwością penetracji i translokacji lindanu w roślinach są bardzo interesujące. Telekar, Lichtenstein i Madison stwierdzili np. obecność deficytu azotu, siarki i boru przy równoczesnej absorpcji lindanu z gleby przez korzenie roślin bulwiastych.

### *Właściwości toksykologiczne lindanu*

Osobnym lecz niezmiernie ważnym zagadnieniem jest zjawisko toksyczności pestycydów. Interesuje nas nie tylko toksyczność ostra, ale również zatrucia przewlekłe, które związane są często z pozostałościami tych związków na i w roślinie uprawnej w wyniku niewłaściwego zastosowania pestycydu. Zatrucia te nie wywołują wyraźnych objawów patologicznych często przez szereg lat, choć w konsekwencji takiego stanu wywoływać mogą różnorodne działanie toksyczne (4).

Mimo że w przedstawionych referatach sprawy te nie zostały poruszone, to jednak można z nich było uzyskać szereg ciekawych danych dotyczących oceny stopnia toksyczności lindanu. Szczególnie interesujące rezultaty badań znalazłem w referacie M. Herbsta, H. Trohberga i G. Bodensteina z NRF (2).

W świetle uzyskanych wyników doświadczeń nad zwierzętami autorzy ci uważają, że dla toksykologii jest bardzo istotne, czy lindan można uważać za produkt czysty, jeśli zawiera on 99,5% izomeru gamma. Działanie farmakologiczne poszczególnych izomerów HCH jest jak wiadomo różne.

Dla określenia toksyczności użytkowej podjęto doświadczenia nad zwierzętami stosując dawkę, z jaką spotykają się ludzie zawodowo stykający się z tym preparatem. Próby były wykonane na różnych gatunkach zwierząt pod różnymi formami aplikacji i przy różnych tolerancjach. Dla określenia toksyczności ostrej oznaczono  $LD_{50}$ . Obserwacje prowadzono bezpośrednio po zastosowaniu preparatu oraz po 14 dniach, w wyniku czego otrzymywali oni informacje o działaniu systemów zatrucia, działaniu farmakologicznym i stosowanej terapii.  $LD_{50}$  nie jest stałą fizyczną lecz zależy w dużym stopniu od warunków eksperymentu. Oto niektóre uzyskane rezultaty dotyczące zatrucia szczurów drogą inhalacji.

Dziesięć zwierząt doświadczalnych poddano w ciągu 6 godzin działaniu parom lindanu w ilości  $120 \text{ mg/m}^3$ . Zginęły one po 2 do 7 dniach od zakończenia doświadczenia. Natomiast dwukrotna 5-godzinna ekspozycja w parach lindanu w ilości  $1000 \text{ mg/m}^3$  spowodowała śmierć 2 szczurów na ogólną ilość 9 sztuk. Żadnej śmiertelności nie stwierdzono wśród szczurów przebywających w atmosferze, w której rozpylano wodną zawiesinę w ciągu 5 godzin, zawierającą maksymalną koncentrację w ilości  $127 \text{ mg/m}^3$ . Najczęstsze objawy zatrucia to odrętwienie, niepokój motoryczny, trwoga, skurcze i utrata przytomności. W dawkach letalnych śmierć następuje najczęściej w śnie, przez zatrzymanie oddechu — zwykle po 24 godzinach od pobrania trucizny. Objawy kliniczne mogą występować już po 30 do 60 minutach, ponieważ lindan jest szybko resorbowany, gdy zostanie podany doustnie.

Zatrucia sygnalizowane u ludzi spowodowane są albo brakiem higieny albo niewłaściwym stosowaniem lindanu. Jako dawkę toksyczną podaje się od 100 do 200 mg/kg. Zatem dawka niebezpieczna dla człowieka znajduje się między 10 a 20 mg/kg i 0,5 do 2,4 mg/kg przy podaniu doustnym. Objawy zatrucia to uczucie niepewności, nudności, biegunka i zawroty głowy. Dzieci wykazują szczególną wrażliwość. Nie istnieje antidotum specyficzne. Stosuje się barbiturany, płukanie żołądka, następnie daje się węgiel lekarski. Należy zaznaczyć, iż nie należy podawać środków przeczyszczających, mleka, morfiny, noradrenaliny, alkoholu, eteru.

Reasumując uważa się, że lindan jest pestycydem o średniej toksyczności, zarówno u ludzi jak i zwierząt nie wywołuje alergii.

Sprawa również ważna to toksyczność zawodowa — przewlekłe inhalacje, tj. pobieranie stałych dawek maksymalnych w środowisku pracy tzw. Valeur MAK (Threshold limit value = TLV) — po polsku NDS — najwyższe dopuszczalne stężenie. Pod nazwą tą rozumie się stężenie środka aktywnego w formie gazu, pary, proszku, któremu dziennie w ciągu 8 godzin jest poddawany człowiek i przeciętnie 45 godzin w ciągu tygodnia. Do 1954 r. wartość ta wynosiła  $0,5 \text{ mg/m}^3$  dla wszystkich krajów zachodnich. Dla krajów należących do RWPG ustalona wartość wynosi od  $0,1$ — $0,05 \text{ mg/m}^3$ .

Z innych wykonanych doświadczeń zasługujących na uwagę to 24-godzinna ekspozycja szczurów w ciągu 655 dni, w którym to okresie koncentracja lindanu w powietrzu wynosiła  $0,2 \text{ mg/m}^3$ . Uzyskane wyniki obserwacji nie wykazały zmian w zachowaniu lub długości życia szczurów. Również nie stwierdzono żadnych zmian histopatologicznych w 193 i 362 dniu od rozpoczęcia doświadczenia. W tym samym czasie inna grupa szczurów poddana była działaniu parom lindanu w koncentracji  $0,78 \text{ mg/m}^3$  7 godzin dziennie i 5 dni tygodniowo na przestrzeni 180 dni. Badania histologiczne tej grupy szczurów z wyjątkiem powiększenia kilku

wątroób nie wykazały innych zmian (Leland 1952). Z tej samej serii prób dwóm z dwudziestu zwierząt poddano działaniu pyłom lindanu 3% w czasie 218 dni. Przeprowadzone badania wykazały poważne uszkodzenia nerwów i wątroby. Przy 100 mg/m<sup>3</sup> pestycydu, w ciągu 127 dni stwierdzono podrażnienie oskrzeli lub początek pneumonii. Natomiast gdy zwierzęta poddane zostały działaniu preparatu w stężeniu 1000 mg/m<sup>3</sup> w tym samych warunkach w ciągu 1 lub 5 godzin dziennie spowodowało to śmierć 50% szczurów (Shirakowa 1958).

Zatrucia zawodowe są relatywnie małe. Większość autorów uważa, że absorpcja małych ilości pestycydu w czasie pracy przy równoczesnym przestrzeganiu środków bezpieczeństwa, nie daje żadnych ostrych lub chronicznych efektów chorobowych (Fabre — Truchaut 1958 — Wolfe Col. 1969, Hayes 1969). W dużych zakładach produkcji lindanu badano sprawozdania lekarzy zakładowych z okresu prawie dwudziestu lat zgromadzając rezultaty przeprowadzonych badań lekarskich w tym okresie. Z wyjątkiem jednego podejrzanego przypadku w pozostałych sprawozdaniach nie stwierdzono danych świadczących o zmianach patologicznych u osób pracujących w zakładach produkcji lindanu. Na Węgrzech stwierdzono u robotników zwiększenie zawartości lindanu we krwi. Przyczyną tego było jednak nieprzestrzeganie higieny pracy. Niektórzy autorzy przyjmują 0,02 ppm lindanu we krwi jako granicę w wystąpieniu objawów zaburzeń klinicznych a szczególnie zmian w obrazie EKG.

W Centrum Badań Huntingdon (1971) 3 grupy szczurów karmionych było żywnością zawierającą 25,50 i 100 ppm lindanu, natomiast czwarta grupa szczurów stanowiła grupę kontrolną. Wyniki badań trzech generacji szczurów nie dały żadnych wskazówek co do właściwości mutagennych lindanu i jego metabolitów. Test mutagenny wykazywano na modelu adoptowanym dla ssaków. Należy jednak stwierdzić, że dotychczasowe wiadomości w zakresie działania mutagennego produktów chemicznych nie upoważniają do transponowania uzyskanych rezultatów na ssaki w ogóle, a w szczególności na ludzi.

Badania w tym zakresie są jednak bardzo interesujące ponieważ  $\gamma$  HCH od dłuższego czasu znany jest jako czynnik mutagenny dla roślin (między innymi Nybon i Knutson 1947, Sass 1951, Dosedý i Rhodes 1951).

### *Pozostałości lindanu w środowisku życia człowieka*

Wieloletnie i na dużą skalę stosowanie HCH w ochronie roślin uprawnych a także w zoohigienie nasunęło również pytanie dotyczące stopnia i znaczenia pozostałości lindanu w środowisku życia człowieka. Temat ten został obszernie przedstawiony w pracy H. Maiera-Bode z Niemieckiej Republiki Federalnej (3).

Lindan znaleźć można w płodach jak i produktach rolnych pochodzenia roślinnego. W dniu 30 listopada 1966 r. Niemiecka Republika Federalna ogłosiła raport i przepisy w sprawie pozostałości lindanu w produktach żywnościowych pochodzenia roślinnego, gdzie ilość ta w zależności od danego produktu nie może przekraczać od 0,03 do 2,0 ppm. Decyzję tę podjęto z uwagi na stosowanie tego preparatu na terenie NRF w dużych koncentracjach i ilościach do 1966 r.

Obowiązujące tolerancje w NRF bazują na maksymalnych zawartościach tych substancji aktywnych w innych krajach (np. w USA). Stawiane zatem żądania dla produktów żywnościowych są w konsekwencji wyższe dla NRF niż dla USA.

Tabela 1

*Tolerancje pozostałości niektórych substancji aktywnych dla jabłek w NRF i USA (1971 r.)*

Rodzaj pestycydu	USA w mg/kg	NRF w mg/kg
Kaptan	25,0	15,0
Karbaryl	10,0	5,0
Lindan	5,0	2,0
Malation	8,0	0,5
Zineb	7,0	3,0
DDT	7,0	1,0
Daration Paration	1,0	0,5

Pozostałości lindanu w produktach żywnościowych mogą pochodzić nie tylko z używania lindanu do ochrony roślin uprawnych, lecz również w wyniku zwalczania szkodników magazynowych, impregnacji materiałów (np. opakowań), dezynsekcji pomieszczeń, zwalczania pasożytów i roznosicieli chorób ludzkich itp.

#### *Pozostałości lindanu w glebie*

Dobra rozpuszczalność lindanu w wodzie oraz jego podatność na reakcje degradacji chemicznej i biochemicznej w glebie jest przyczyną zmniejszenia zawartości lindanu w warstwie powierzchniowej gleby. Szybkość zmniejszania się ilości lindanu w glebie zależy przede wszystkim od właściwości gleby, tj. zawartości humusu, gliny, odczynu glebowego, temperatury gleby itp. Lindan uwalniany jest z gleby bądź to w postaci gazowej przenikając do atmosfery, bądź przechodzi do wód powierzchniowych bądź też spłukiwany jest w głębsze warstwy gleby. Duża jednak ilość lin-

danu wyparowuje do atmosfery z gleby lub z opryskanej roślinności. W wodzie opadowej można spotkać obok lindanu i inne insektycydy stosowane w ochronie roślin uprawnych. W różnych rejonach Anglii stwierdzono w wodzie od 0,01—0,2 ppb (= 1/100000 do 2/10000 ppm) lindanu.

Pozostałości lindanu w wodzie opadowej są na tyle słabe, iż nie można myśleć o kontaminacji przez nią powierzchni roślin uprawnych. Ilość lindanu w wodzie powierzchniowej jest wyższa niż jego zawartość w wodzie pitnej.

Wody powierzchniowe w rejonach eksploatacji rolniczej i leśnej nie zawierały średnio więcej lindanu niż rzeki, kanały i morza rejonu uważanego za obszar skażony.

W jednej z prób wody z rowu w rejonie produkcji lindanu znaleziono 1700 ppb = 1,7 ppm lindanu (Herzel 1970).

Lindan obecny w wodzie może być absorbowany przez ryby, który dostaje się do organizmu poprzez skrzelą, skórę i z żywnością. Jednak za każdym razem kiedy badano ponad 500 ryb z 50 różnych rejonów USA, pozostałości lindanu znaleziono jedynie w małej liczbie prób (w 10 na 500 ryb w ilości od 0,1—0,5 ppm lindanu) Hendersen 1969.

Małe ilości lindanu znajdujące się w wodzie opadowej lub podskórnej są eliminowane w drodze absorpcji lub ulegają dekompozycji z chwilą kiedy woda przechodzi przez przestwory naturalne gleby.

### *Pozostałości lindanu w roślinach*

Lindan może przenikać do roślin przez ich powierzchnię. Jest on również absorbowany z powietrza lub gleby bądź to w formie gazowej, pary lub z wody znajdującej się w glebie. Lindan może być transportowany w tkankach roślinnych w wyniku absorpcji insektycydu przez korzenie. Zastosowany zgodnie z przepisami na rośliny uprawne, ulega rozkładowi w okresie karencji (21 dni dla warzyw i 30 dni dla owoców — NRF) aż do wartości tolerancji tj. najczęściej do 0,003 ppm. Przeprowadzone doświadczenia na jabłkach wykazały, że przy pozostałości lindanu w ilości 46 ppm w chwili zastosowania pestycydu, została ona zmniejszona o połowę po trzech dniach od zabiegu doświadczalnego. Na pomidorach nie uzyskano pozostałości insektycydu po dwóch dniach od zastosowania lindanu (dzień 0 = 0,28 ppm, FAO/WHO 1968).

Jeśli więc kontrola w sklepach i targowiskach stwierdzi w tych owocach pozostałości wyższe od średniej wartości tolerancji świadczy to o stosowaniu środka chemicznego niezgodnie z przepisami.

Po zastosowaniu do gleby insektycydu pozostałości lindanu w roślini-

nach mogą być wyższe, jednak zawsze w dolnych granicach 0,3 ppm, tj. w granicach tolerancji.

Na powierzchniach zielonych części rośliny lindan jest rozkładany szybko. Istnieje zatem małe niebezpieczeństwo wprowadzenia z paszą zieloną dla bydła większej ilości lindanu.

Tabela 2

*Rozkład lindanu i DDT na powierzchni zielonej rośliny*

Ilość dni po opryskaniu	DDT pozostałość w %	Lindan pozostałość w %
1	100	40
10	38	1,9
20	18	0,2
30	10	—
40	8	—
50	7	—
60	6	—

Przeprowadzone badania zbóż magazynowanych na terenie NRF w ostatnich kilku latach wykazały, iż w prawie 3/4 próbach znaleziono pozostałości lindanu aż do wysokości kilku ppm.

Mielone zboża traktowane lindanem zawierają od 2 do 4 razy więcej tego związku niż zboża nie mielone, a np. mąka zawiera 1,8 ppm lindanu. Zrozumiała jest zatem ważność zakazu stosowania lindanu w magazynach zbożowych i ich przetworów w NRF (Zarządzenie z dnia 23 lipca 1971 r.).

#### *Pozostałości lindanu w organizmach zwierzęcych*

Badania w zakresie pozostałości insektycydów z grupy węglowodorów chlorowanych w produktach żywnościowych pobieranych z mlekiem, produktach mlecznych, mięsa, ryb i drobiu tj. w produktach żywnościowych pochodzenia zwierzęcego wykazały, iż stanowią one podwójną ilość tej pozostałości jaka pobierana jest przy konsumpcji owoców i warzyw.

Ilość lindanu dostającego się do organizmu człowieka z produktami żywnościowymi pochodzenia zwierzęcego jest zatem bardzo mała ( $\leq 0,001$  mg/dzień/człowiek).

Pozostałości substancji aktywnych w produktach żywnościowych pochodzenia zwierzęcego są często wynikiem stosowania pestycydów do zwalczania owadów w pomieszczeniach inwentarskich jak i ektopasożytów zwierzęcych. Po ich zaabsorbowaniu w organizmie i ich rozprowadzeniu

przez krew substancje aktywne zwracane są w małych ilościach do mięśni, tj. do tych organów, które zawierają lipoidy (mózg, wątroba, nerki); lecz przede wszystkim do tkanki tłuszczowej. Lindan znajdujący się w tkance tłuszczowej zwierząt jest następnie szybko rozkładany i eliminowany.

Tabela 3

*Ilości pestycydów pobieranych w różnych produktach przez człowieka*

Rodzaj produktu	Rodzaj pestycydu w mg/dzień/człowiek		
	DDT + metabolity	dieldryna + aldryna	lindan
Produkty mleczne	0,009	0,002	<0,001
Mięso, drób, ryby	0,024	0,001	0,001
Produkty zbożowe	0,001	0,001	0,004
Warzywa, owoce	0,015	<0,001	<0,001

Insektycydy na bazie węglowodorów chlorowanych zaabsorbowanych przez ssaki znaleźć można nie tylko w organach zawierających lipidy i tkanki tłuszczowe, lecz również w tłuszczu znajdującym się w mleku. Badania wykonane w Danii, prowadzone w ciągu 5 lat wykazały, iż w 750 próbach mleka i masła znaleziono większość insektycydów z grupy węglowodorów chlorowanych w ilości przeważnie od 0,02—0,10 ppm obliczoną dla tłuszczu masła (Bro-Rasmussen 1968).

Tabela 4

*Zawartość insektycydów w tłuszczu mleka w ppm  
(Frank i Smith 1970)*

Insektycyd	USA 1963—66	Ontano 1967—1968
DDT + metabolity	0,134	0,134
Dieldryna	0,043	0,031
Heptachlor epoxyd	0,083	0,001
Lindan	0,011	0,005

Pozostałości lindanu były najniższe w mleku.

Można cytować inne przykłady, że rozkład lindanu w tłuszczu zwierzęcym jest stosunkowo szybki. Badania wykonane np. na drobiu wykazały, iż po miesiącu od czasu zakończenia podawania lindanu do paszy w daw-

kach 0,05, 0,15 i 0,45 ppm, tłuszcz drobiu był prawie pozbawiony insektycydu.

Tabela 5

Maksymalne ilości pozostałości insektycydów w tłuszczu drobiu. Analizy wykonane przez Stanowy Instytut Badań Chemicznych w Augsburgu 1969 r.

Kraj	Ilość prób	Mg pozost./kg tłuszczu drobiu			
		DDT	lindan	HCH	dieldryna
Belgia	5	0,46	0,09	0,26	0,20
NRF	2	—	0,02	—	0,06
Holandia	10	0,93	0,03	0,04	0,23
Węgry	1	0,65	0,05	—	0,27
Anglia	1	0,13	0,20	—	0,10

### Pozostałości lindanu w organizmie ludzkim

Lindan do organizmu ludzkiego dostaje się z żywnością, w małych ilościach z powietrza i ewentualnie przez kontakt ze skórą. Podobnie jak u zwierząt znajduje się go również w tkance tłuszczowej. Ze względu na małą zawartość lindanu w produktach żywnościowych w porównaniu z DDT jak i ze względu na szybki jego rozkład w organizmie, zawartość lindanu w tkance tłuszczowej ludzi jest znacznie niższa niż zawartość DDT. Rezultaty badań 282 prób tłuszczu ludzkiego wykonanego w latach 1962—1963 w USA wykazały średnią zawartość 0,57 ppm lindanu i średnią zawartość 10,3 ppm DDT + metabolity. Badania wykonane w innych szerokościach geograficznych potwierdziły obecność relatywnie małych ilości lindanu w organizmie ludzkim.

Tabela 6

Zawartość insektycydów w tkance tłuszczowej ludzi w różnych krajach (wg Wünscher i Acher 1969)

Region	Rok	Ilość prób	Średnie wartości w ppm		
			lindan	DDT + metabolity	dieldryna
USA	1962—63	282	0,56	11,1	0,11
Francja	1963	10	1,19	6,7	—
Anglia	1963—64	64	0,42	3,3	0,26
Australia Zach.	1965—66	12	0,25	9,2	0,67
Belgia	1966	20	0,09	3,3	—
NRF	1967	15	0,03	4,1	0,18

Nie ma żadnych wskazówek dotyczących zmian w zdrowiu ludzi w związku z zawartością lindanu w tkance tłuszczowej. Stwierdzone zawartości węglowodorów chlorowanych w mleku ludzkim dotyczą między innymi  $\beta$ -HCH lecz nie lindanu.

Tabela 7

Zawartość węglowodorów chlorowanych w mleku ludzkim w porównaniu z zawartością w tkance tłuszczowej ludzi (wg Acher i Schulte 1970), średnie ilości w ppm

Mleko ludzkie 43 prób	DDT+DDE	$\beta$ -HCH	PCB*)	HCB**)
Zawartość w mleku	0,112	0,018	0,103	0,153
Zawartość w tłuszczu mleka	3,8	0,54	3,5	5,3
Tkanka tłuszczowa ludzka 20 prób	3,3	0,45	5,7	6,3

\*) polichlorodwufenyle

\*\*\*) sześciochlorobenzen

Obecność  $\beta$ -CHC przy równoczesnej nieobecności lindanu nie można na razie wyjaśnić. Należy wspomnieć, że badacze belgijscy interpretując to zjawisko wspominają o tzw. „pseudo  $\beta$ -HCH” o nie znanej strukturze, prawdopodobnie jednak identyczne z  $\beta$ -HCH otrzymanego w analizach za pomocą chromatografii gazowej (Dejonckkere i Kips 1968).

Tabela 8

Relacje między rezultatami analiz „całkowitej diety” a zawartościami ADI dla insektycydów z grupy węglowodorów chlorowanych (Duggan i Corneliussen 1972 r.)

Insektocyd	ADI	1965 r.	1966 r.	1967 r.	1968 r.	1969 r.	1970 r.
DDT + metabolity							
mg/kg/dzień	0,005	0,0009	0,001	0,0008	0,0007	0,0005	0,0004
% ADI		18	20	16	14	10	8
Aldryna + diel- dryna							
mg/kg/dzień	0,0001	0,00009	0,0001	0,00006	0,00006	0,00007	0,00007
% ADI		90	100	60	60	70	70
Lindan							
mg/kg/dzień	0,0125	0,00007	0,00006	0,00007	0,00004	0,00002	0,00002
% ADI		0,56	0,48	0,56	0,32	0,16	0,16

Reasumując należy stwierdzić, że dzięki właściwościom fizycznym i chemicznym a szczególnie dzięki stosunkowo wysokiej prężności parowania i rozpuszczalności w wodzie, ilości pozostałości lindanu w produktach żywnościowych i paszach w większości przypadków są poniżej tolerancji. Dane te potwierdzają prowadzone od kilku lat badania w USA nad całkowitą zawartością pozostałości pestycydów w dziennej diecie człowieka.

Na zakończenie należy z całym naciskiem podkreślić, iż szczególne znaczenie w zabezpieczeniu ludzi przed zatruciami przewlekłymi odgrywa prawidłowe i rozumne stosowanie pestycydów w ochronie roślin uprawnych. Zrezygnowanie bowiem ze stosowania chemicznych metod ochrony roślin byłoby pogodzeniem się z faktem zmniejszenia plonów o 30% a nawet więcej wskutek zniszczenia ich przez choroby, szkodniki i chwasty.

#### LITERATURA

1. Beran F. — Historique du lindane et contribution au débat sur l'environnement (referat Austria)
2. Herbst M., Froberg H., Bodenstein G. — Contribution á l'étude de la toxicologie du Lindane, á la lumiere des résultats expérimentaux obtenus récemment sur animaux (referat NRF)
3. Maier-Bode H. — Propriétés du Lindane corportement de ses résidus (referat NRF)
4. Rusiecki W. — Znaczenie pozostałości pestycydów w życiu człowieka. Biuletyn Instytutu Ochrony Roślin Nr 41, str. 9—20, 1968
5. Witkowski W. — Wyniki badań polowych nad nowymi insektycydami do zwalczania stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Biuletyn Instytutu Ochrony Roślin Nr 52, str. 249—279, 1971.