

BARBARA MALISZEWSKA-KORDYBACH

WPŁYW POZIOMU WILGOTNOŚCI GLEBY PIASKOWEJ NA ZAKRES  
I SZYBKOŚĆ ROZKŁADU FLUORENU, ANTRACENU I PIRENU

Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów IUNG w Puławach

## WSTĘP

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) zaliczane są ze względu na swe rakotwórcze i mutagenne własności do grupy związków najbardziej szkodliwych z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego [13]. Dostają się one do gleby wraz z zanieczyszczeniami atmosferycznymi, a także z osadami ściekowymi lub przygotowanymi z nich kompostami wykorzystywanymi w rolnictwie do celów nawozowych [6, 12, 16]. Pewien wzrost stężenia WWA w glebie może nastąpić również na obszarach rolniczych o bardzo intensywnym wykorzystaniu nawozów organicznych [6]. Duże, jednorazowe dawki tych węglodorów mogą także być wprowadzane do gleby przypadkowo, np. w wyniku awaryjnych wylewów ropy naftowej lub innych produktów karbo- i petrochemicznych [12]. Na podstawie badań przeprowadzonych na terenie Szwajcarii [6] oszacowano, iż 44% WWA dostających się do gleb uprawnych na terenach rolniczych pochodzi z zanieczyszczeń atmosferycznych, 38% wprowadzanych jest z osadami ściekowymi, 17% z nawozami organicznymi, a 1% z nawozami mineralnymi i środkami ochrony roślin. W przypadku gleb uprawnych położonych w strefie zurbanizowanej WWA pochodzące z atmosfery stanowią 80% ogólnego zanieczyszczenia gleby tymi związkami, 14% pochodzi z osadów ściekowych, a 6% dostaje się do gleby z nawozami organicznymi.

Przy wyższych stężeniach WWA (około 1000 ppb) część z tych związków może być pobierana z gleby przez niektóre rośliny, wchodząc tym samym do łańcucha żywnościowego [8, 9, 16]. Toksyczny wpływ WWA zależy zarówno od stężenia, jak i od czasu, podczas którego organizmy przebywające w danym ekosystemie narażone są na działanie tych związków. Znajomość szybkości degradacji WWA jest więc niezbędnym warunkiem oszacowania ich trwałości, szkodliwości i toksyczności w środowisku glebowym. W praktyce kinetykę rozkładu ksenobiotyków w

glebie określa się przeważnie na podstawie ich strat z gleby w funkcji czasu bez uwzględniania mechanizmów tych strat [3, 10]. Do ilościowego opisu tego typu procesów stosowane są na ogół proste modele empiryczne [16]; w przypadku WWA badania laboratoryjne i polowe wykazały, że rozkład większości z nich w układzie glebowym może być zadowalająco opisany równaniem kinetycznym I rzędu [3, 4, 16].

Ponieważ biodegradacja przez prokariotyczne i eukariotyczne mikroorganizmy glebowe jest podstawowym mechanizmem rozkładu WWA w glebie [13, 14, 16], w badaniach podejmowanych w celu przyspieszenia usuwania tych związków z zanieczyszczonego środowiska glebowego brane są głównie pod uwagę czynniki zwiększające poziom aktywności mikrobiologicznej, takie jak dodatek substancji odżywczych lub utrzymanie właściwego poziomu wilgotności.

Praca niniejsza miała na celu ocenę szybkości i zakresu rozkładu trzech węglowodorów z grupy WWA (fluorenu, antracenu i pirenu) w nie zanieczyszczonej glebie piaskowej z terenów rolniczych w zależności od jej wilgotności.

#### MATERIAŁY I METODYKA

W doświadczeniu zastosowano glebę piaskową (rdzawą) pobraną z poziomu orno-próchniczego z terenów rolniczych oddalonych od źródeł emisji WWA o następującej charakterystyce:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  — 6,4, zawartość próchnicy — 1,24%, P (przyswajalny) — 4,1 mg/100 g, K (przyswajalny) — 6,7 mg/100 g. Przeprowadzono 4 serie doświadczeń modelowych przy różnych poziomach wody w glebie: I — 0,9% pełnej pojemności wodnej (ppw), II — 37% ppw, III — 65% ppw, IV — 100% ppw. Wszystkie badania wykonano w dwu powtórzeniach. Naważki 40 g powietrznie suchej gleby (0,9% ppw) przesianej przez sito o  $\phi$  2 mm wsypywano do zlewek o pojemności 100 ml i dodawano do nich wody destylowanej w ilościach odpowiadających podanym poziomom wilgotności. Po 12 godzinach do każdej próbki dodawano 1 ml roztworu fluorenu, antracenu i pirenu w cykloheksanie, uzyskując zawartość każdego z tych związków w glebie po 5  $\mu\text{g/g}$ , co odpowiada ich stężeniom na terenach wysoce zanieczyszczonych [12, 16]. Po odparowaniu rozpuszczalnika (12 godzin) zlewki zamykano nakrywkami z folii aluminiowej i inkubowano w termostacie w temperaturze  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Po upływie 7, 14, 28, 42 i 56 dni z każdej serii pobierano po 2 równoległe próbki gleb, które suszono w temperaturze  $40^\circ\text{C}$  przez 8 godzin, a następnie ekstrahowano cykloheksanem (uprzednio podwójnie destylowanym) w aparacie Soxhleta przez 6 godzin. Określona doświadczalnie wydajność ekstrakcji wynosiła: dla fluorenu — 40%, dla antracenu — 48% i dla pirenu 50%. Otrzymane ekstrakty zagęszczano na wyparce próżniowej w tempera-

turze 40°C do objętości 0,5 - 1,0 ml i analizowano metodą chromatografii gazowej na aparacie Chrom 5 z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym i integratorem mikroprocesorowym typ CJ-100. Stosowano kolumnę o długości 2,5 m z wypełnieniem 5% fazy SE-30 na Chromosorbie WAW DMCS 80 - 100 mesh. Warunki analizy: program temperatury 100 - 160°C 10°/min, 160 - 200°C 7,5°/min, izoterma 200° 10 min., gaz nośny N<sub>2</sub> — 30 ml/min, H<sub>2</sub> — 25 ml/min, powietrze 500 ml/min, objętość próbki 0,5 - 1,0 μl.

W celu opisu kinetyki rozkładu badanych węglowodorów w glebie o różnej wilgotności zastosowano równanie kinetyczne I stopnia [3, 44, 10]. Pozorną stałą szybkości ( $k$ ) wyznaczano z wykresu  $\ln C_t/C_o = f(t)$ , gdzie:  $C_o$  — stężenie początkowe,  $C_t$  — stężenie po czasie,  $t$ ,  $t$  — czas.

Równania odpowiednich prostych wyznaczano metodą analizy regresji liniowej [7] przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , uzyskując dla większości danych zadowalające wartości współczynników korelacji (0,84 - 0,98). Współczynniki regresji uzyskanych prostych odpowiadają ujemnym wartościom stałych szybkości  $k$ . Czas połowicznego rozkładu obliczano ze wzoru  $T_{1/2} = \ln 2/k$  [10]. Przedziały ufności czasów półtrwania określano na podstawie wartości przedziałów ufności odpowiednich stałych szybkości przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Różnice między stałymi szybkości (współczynnikami regresji) badano testem  $F$  [7]. Jako istotne przyjęto różnice, dla których poziom istotności  $\alpha \leq 0,05$ .

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Na rysunkach 1 - 3 przedstawiono przebieg rozkładu fluorenu, antracenu i pirenu w czasie 56 dni w glebie piaskowej o różnym poziomie wilgotności. Wyniki te analizowano stosując równanie kinetyczne I stopnia. Przykłady uzyskanych zależności dla gleby o 65% ppw przedstawiono na rysunku 4, a obliczone parametry kinetyczne dla gleby o różnej zawartości wody podano w tabeli 1. (Dane charakteryzujące rozkład pirenu w glebie suchej nie spełniają równania ani rzędu I, ani zerowego). Wpływ struktury WWA na szybkość ich rozkładu w glebie przedstawiono w tabeli 2.

Najmniej intensywny rozkład badanych węglowodorów zachodzi w glebie suchej: w pierwszym miesiącu inkubacji straty fluorenu i pirenu nie przekraczają 11% (rys. 1 i 3); po dwóch miesiącach zawartość pirenu w glebie pozostaje praktycznie na niezmiennym poziomie, ale stężenie fluorenu obniża się do 41%. Natomiast ilość antracenu w glebie maleje systematycznie przez cały czas trwania doświadczenia i po 56 dniach wynosi 32% wartości początkowej (rys. 2). Podniesienie poziomu wody w glebie kolejno do 37 i 65% ppw powoduje kilkakrotny wzrost ilości rozłożonych WWA (rys. 1 - 3) i istotne zwiększenie szybkości ich

Tabela 1

Wpływ poziomu wilgotności gleby na szybkość rozkładu fluorenu, antracenu i pirenu  
Effect of the soil moisture level on the fluorence, anthracene and pyrene degradation rate

WWA PAH	Nr serii prób Experimental number	Zawartość wody w glebie (% ppw) Water content in soil (% fwc)	Stała szybkości $k$ (dzień <sup>-1</sup> ) Rate constant $k$ (day <sup>-1</sup> )	Czas półtrwania $T$ (dni) Half-life $T$ (days)	Współczynnik korelacji równania kinetycznego I rzędu Coefficient of correlation for the 1st order kinetic equation	Poziom istotności testu $F$ względem: Significance level $F$ test in relation to:		
						I	II	III
Fluoren Fluorene	I	0,9	0,0136	51/+19/-11/	0,87	—	—	—
	II	37	0,0313	22/+4/-3/	0,96	0,016	—	—
	III	65	0,0410	17/+3/-2/	0,96	0,005	0,235	—
	IV	100	0,0233	30/+6/-5/	0,94	0,118	—	0,042
Antracen Anthracene	I	0,9	0,0178	39/+5/-6/	0,98	—	—	—
	II	37	0,0150	46/+11/-7/	0,93	0,448	—	—
	III	65	0,0398	18/+4/-2/	0,94	0,017	0,012	—
	IV	100	0,0209	33/+7/-5/	0,94	0,474	—	0,045
Piren Pyrene	I	0,9	—	—	—	—	—	—
	II	37	0,0098	71/+32/-17	0,84	—	—	—
	III	65	0,0249	28/+6/-4/	0,94	—	0,023	—
	IV	100	0,0161	43/+10/-7/	0,93	—	0,190	0,138

Tabela 2

Wpływ właściwości WWA na szybkość ich rozkładu w glebie o różnej wilgotności  
Effect of PAH properties on their degradation rate in soil with different moisture level

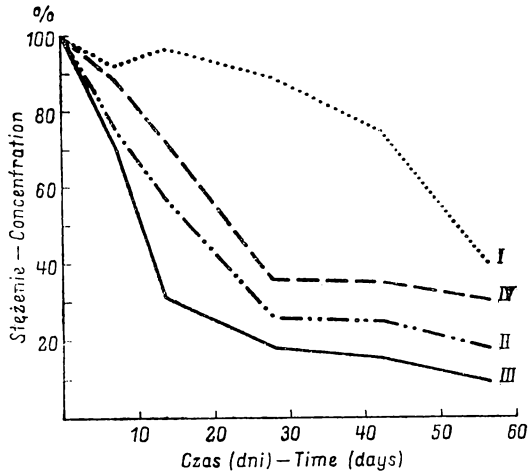
Zawartość wody w glebie (% ppw) Water content in soil (% field water capacity)	WWA PAH	Stała szybkości $k$ (dzień <sup>-1</sup> ) Rate constant $k$ (day <sup>-1</sup> )	Poziom istotności testu $F$ względem $k$ fluorenu Significance level $F$ test in relation to fluorene $k$ values
37	fluoren	0,0313	—
	fluorene		
	antracen	0,0150	0,016
	anthracene		
	piren	0,0098	0,004
65	pyrene		
	fluoren	0,0410	—
	fluorene		
	antracen	0,0398	0,909
	anthracene		
100	piren	0,0249	0,062
	pyrene		
	fluoren	0,0233	—
	fluorene		
	antracen	0,0209	0,669
	anthracene		
	piren	0,0161	0,200
	pyrene		

WWA — wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

PAH — polycyclic aromatic hydrocarbons

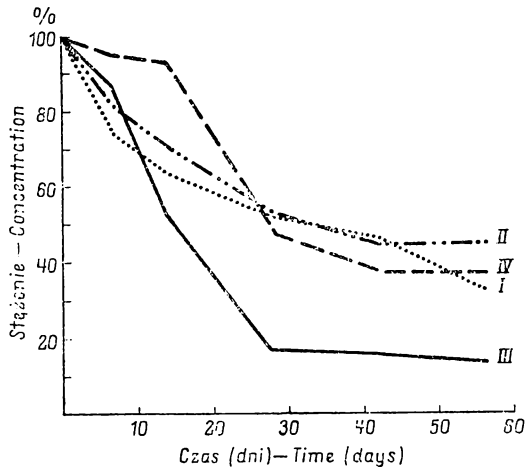
rozkładu (tab. 1). Przy 65% ppw straty wszystkich trzech węglowodorów są największe: po 56 dniach w glebie pozostaje 9,2% fluorenu, 13,3% antracenu i 31,1% pirenu. Przy dalszym wzroście zawartości wody w glebie do pełnej pojemności wodnej następuje powtórne zmniejszenie zakresu rozkładu wszystkich trzech badanych WWA, a szybkości ich degradacji maleją do poziomu odpowiadającego glebie suchej (w przypadku pirenu — glebie o 37% ppw). Wpływ wilgotności gleby na stopień rozkładu badanych WWA uwidoczni się najwyraźniej po 28 - 56 dniach doświadczenia: dla próbek analizowanych po 7 dniach różnice stężeń poszczególnych związków w glebie o różnej zawartości wody są niewielkie.

Zaobserwowane zależności pozostają w zgodzie z wynikami prac [1, 13, 14, 16] stwierdzających, iż przemiany WWA w glebie powodowane są głównie procesami mikrobiologicznymi (zastosowane w niniejszej pracy stężenia WWA nie są toksyczne dla mikroorganizmów glebowych [2, 3]). Zahamowanie rozkładu badanych węglowodorów w glebie



Rys. 1. Wpływ poziomu wilgotności gleby na przebieg rozkładu fluorenu: I — gleba powietrznie sucha, II — 37% ppw, III — 65% ppw, IV — 100% ppw

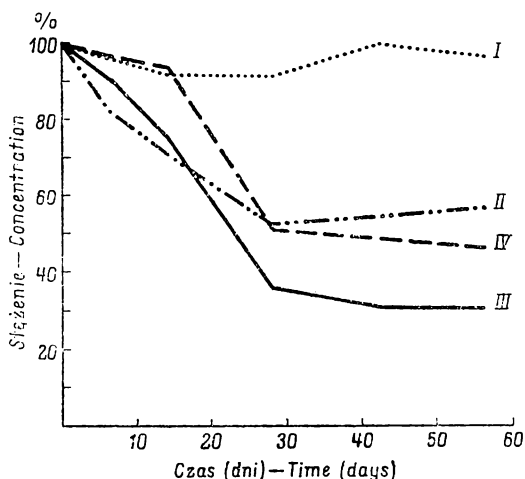
Fig. 1. Effect of the soil moisture level on the fluorene degradation: I — air-dry soil, II — 37% fwc, III — 65% fwc, IV — 100% fwc



Rys. 2. Wpływ poziomu wilgotności gleby na przebieg rozkładu antracenu. Oznaczenia jak na rys. 1

Fig. 2. Effect of the soil moisture level on the anthracene degradation. Explanations see Fig. 1

suchej (rys. 1 - 3) wiąże się więc najprawdopodobniej z brakiem właściwych warunków rozwoju drobnoustrojów glebowych, które przy braku wody giną lub przechodzą w formy przetrwalnikowe [15]. Względnie wysokie straty antracenu (rys. 2) i straty fluorenu w drugim miesiącu inkubacji gleby suchej (rys. 1) powodowane są przypuszczalnie ułatwianiem [1, 16]. Proces ten może odgrywać istotną rolę w ogólnym bilansie



Rys. 3. Wpływ poziomu wilgotności gleby na przebieg rozkładu pirenu. Oznaczenia jak na rys. 1

Fig. 3. Effect of the soil moisture level on the pyrene degradation. Explanations see Fig. 1

strat lżejszych WWA, takich jak fluoren i antracen zaliczanych przez Lymana i wsp. [11] do grupy związków o umiarkowanej lotności (ich stałe Henry'ego zawarte są w granicach  $10^{-5} < H < 10^{-3}$  atm/mol/m<sup>3</sup>). Znaczny udział procesów ulatniania się w ogólnych stratach trójpierścieniowych WWA podczas ich inkubacji w glebie zaobserwowano również w pracach innych autorów [2, 3]. Wilgotności rzędu 50 - 65%, stwarzające optymalne warunki rozwoju mikroflory glebowej [15], odpowiadają największym szybkościom usuwania WWA ze środowiska glebowego (tab. 1). Natomiast nadmiar wody i związany z tym niedobór tlenu, wpływające hamująco na rozwój większości mikroorganizmów glebowych [5, 15], powodują obniżenie szybkości i zmniejszenie zakresu rozkładu wszystkich trzech badanych węglowodorów (rys. 1-3, tab. 1). Ujemny wpływ spadku zawartości tlenu w próbkach osadów morskich na stopień mineralizacji naftalenu i antracenu zaobserwowano również w pracach Bauera i Capone'a [1] oraz De Luane'a i wsp. [5]; w warunkach anaerobowych degradacja obu związków ulegała całkowitemu zahamowaniu.

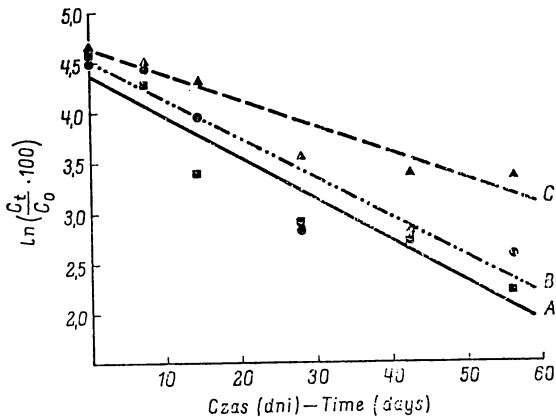
Przebieg rozkładu fluorenu, antracenu i pirenu w próbkach gleby wilgotnej (37 - 100% ppw) jest nierównomierny: znaczne straty w okresie pierwszego miesiąca (47 - 83% strat) i wyraźnie mniejszy spadek stężenia w drugim okresie inkubacji (43 - 92% strat po 56 dniach). Można więc przypuszczać, iż czynniki sprzyjające intensywnym stratom tych związków w początkowym okresie doświadczenia nie odgrywają już istotnej roli w czasie drugiego miesiąca inkubacji, gdy tempo roz-

kładu jest znacznie wolniejsze. Podobne prawidłowości zaobserwowano podczas rozkładu naftalenu i antracenu w osadach morskich [1] oraz benzo(a)pirenu w glebie piaskowej z terenów rolniczych [4]. Być może pewne znaczenie ma tu wyczerpywanie zasobów składników odżywczych dla mikroorganizmów [13]. Na niektórych krzywych przedstawionych na rysunkach 2 i 3 można wyróżnić dodatkowo wstępny okres 7 - 14 dni, gdy rozkład badanych węglowodorów jest mniej intensywny: szczególnie wyraźny jest on w przypadku antracenu i pirenu dla gleby o pełnej pojemności wodnej. Najprawdopodobniej w warunkach mniej sprzyjających rozwojowi mikroflory glebowej (nadmiar wody) wymagany jest okres przystosowania (*lag-faza*) konieczny do wzrostu populacji drobnoustrojów rozkładających WWA lub indukcji enzymów niezbędnych w tym procesie [13].

Wyznaczone w niniejszej pracy czasy połowicznego rozkładu fluorenu, antracenu i pirenu (tab. 1) mieszczą się w granicach danych podawanych przez Simsa i Overcasha [16]: fluoren 2 - 64 dni, antracenu 17 - 175 dni i piren 3 - 73 dni, są natomiast znacznie niższe od wyników uzyskanych dla antracenu i pirenu przez Coovera i Simsa [3] wynoszących odpowiednio 260 i 1900 dni. Bardzo duże różnice w trwałości pirenu w zależności od rodzaju substancji, z jakimi związek ten został wprowadzony do gleby, zaobserwowano także w pracy Boosert i Bartha [2]. Trudności w dokładniejszym określeniu szybkości rozkładu WWA w glebie związane są z wpływem wielu czynników środowiskowych, chemicznych i mikrobiologicznych [12, 13, 16] na przebieg tych procesów: niewielkie nawet zmiany warunków mogą w znaczący sposób zmienić trwałość danego węglowodoru w środowisku glebowym. Ze względu na brak większej ilości danych porównawczych dotyczących przebiegu tych zjawisk wskazane wydaje się więc, aby w konkretnych przypadkach dla każdego układu warunków przeprowadzać badanie indywidualne określające szybkość rozkładu WWA. Analiza danych przedstawionych na rysunkach 1 - 3 oraz rysunku 4 sugerują również, że należy zachować dużą ostrożność przy przenoszeniu wyników krótkoterminowych doświadczeń modelowych na procesy zachodzące w dłuższym czasie. Bezwzględne ilości fluorenu, antracenu i pirenu pozostające w glebie są bowiem znaczne i wielokrotnie przekraczają wartości uznane za dopuszczalne [11, 13, 16]: przy sumarycznym stężeniu początkowym 15 mg/kg po 2 miesiącach inkubacji w glebie wilgotnej (65% ppw) pozostaje nadal 2,6 mg/kg tych związków, a w glebie suchej — aż 8,5 mg/kg (rys. 1 - 3).

Jak można było się spodziewać, zakres i szybkość rozkładu badanych WWA pozostają w ścisłym związku z ich własnościami (tab. 2), aczkolwiek korelacja ta wydaje się być również uzależniona od warunków środowiskowych. W glebie o optymalnej dla rozwoju mikroorganizmów wilgotności (37 - 65% ppw) szybkości rozkładu pirenu i an-





Rys. 4. Zależność kinetyczna I rzędu dla procesów rozkładu WWA w glebie (65% ppw): A — fluorene, B — antracene, C — piren

Fig. 4. First order kinetic relationship for PAH degradation in soil (65% fwc): A — fluorene, B — anthracene, C — pyrene

tracenu różnią się istotnie od szybkości rozkładu fluorenu (tab. 2), a w glebie o pełnej pojemności wodnej, gdzie procesy rozkładu przebiegają mniej intensywnie, różnice między poszczególnymi szybkościami są nieistotne statystycznie. Wpływ własności WWA na ich podatność na biodegradację zaobserwowano również w pracach innych autorów [2, 3, 16]. Sims i Overcash [16], opracowując ogólne wnioski dotyczące kinetyki rozkładu niektórych WWA w glebie, stwierdzili, że początkowa szybkość przemiany tych związków maleje wraz ze wzrostem ilości pierścieni benzenowych w cząsteczce. Do podobnego wniosku doszli Bossert i Bartha [2], którzy zauważyli, że w odróżnieniu od 3-pierścieniowych WWA rozkładających się łatwo, wysokocząsteczkowe węglowodory poliaromatyczne wykazują odporność na degradację zwiększającą się wraz z wzrostem liczby pierścieni i stopniem ich skondensowania.

#### WNIOSKI

1. Zakres i szybkość rozkładu fluorenu, antracenu i pirenu w glebie piaskowej uzależnione są od poziomu jej wilgotności; nadmierne wysuszenie lub nadmierna wilgotność gleby zwiększają znacznie trwałość tych związków.

2. Największe ilości 3- i 4-pierścieniowych WWA ulegają rozkładowi w glebie o 37 - 65% pełnej pojemności wodnej.

3. W warunkach optymalnej wilgotności odporność WWA na rozkład wzrasta wraz ze wzrostem ich ciężaru cząsteczkowego.

## LITERATURA

- [1] Bauer J. E., Capone D. G. Degradation and mineralization of the Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Anthracene and Naphthalene in Intertidal Marine Sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 1985, 50 s. 81 - 90.
- [2] Bossert I. D., Bartha R. Structure-Biodegradability Relationships of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soil. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1986, 37 s. 490 - 495.
- [3] Coover M. P., Sims R. C. The Effect of Temperature on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Persistence in an Unacclimated Agricultural Soil. *Hazardous Waste and Hazardous Materials*, 1987, 4, s. 69 - 81.
- [4] Coover M. P., Sims R. C. The Rate of Benzo(a)pyrene Apparent Loss in a Natural and Manure Amended Clay Loam Soil. *ibidem* 1987, 4 s. 151 - 157.
- [5] De Laune R. D., Hambrick G. A., Patrick W. H. Jr. Degradation of Hydrocarbons in Oxidized and Reduced Sediments. *Marine Poll. Bull.* 1980, 11 s. 103 - 106.
- [6] Diercxsens P., Wegmann M., Daniel R., Haeni H., Tarradellas J. Apport par les boues d'épuration de micropollutants organique dans les sols et les cultures. *Gas—Eaux—Eaux usées*, 1987, 67 s. 123 - 132.
- [7] Eckschlager K. Błędy w analizie chemicznej. PWN, Warszawa 1974.
- [8] Edwards N. T. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH's) in Terrestrial Environment — A Review. *J. Environ. Qual.* 1983 12 s. 427 - 441.
- [9] Fritz W. Investigation of the Behavior of Benzo(a)pyrene in the Soil and Migration from Soil into Crops. *Zbl. Mikrobiol.* 1983 138 s. 605 - 616.
- [10] Jury W. A., Spencer W. F., Farmer W. J. Behavior Assessment Model for Trace Organics in Soil. I. Model Description. *J. Environ. Qual.* 1983 12 s. 558 - 564.
- [11] Lyman W. J., Rechl W. F., Rosenblatt D. H. Chemical Property Estimation Methods. McGraw-Hill, New York 1982. (cyt. wg [3]).
- [12] Maliszewska-Kordybach B. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym. *Wiad. Ekolog.* 1986, 32 s. 47 - 66.
- [13] Maliszewska-Kordybach B. Mikrobiologiczne przemiany wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w środowisku glebowym. *Post. Mikrob.* 1987, 26 s. 233 - 248.
- [14] Maliszewska-Kordybach B., Masiak D. Kinetyka rozkładu fluorenu w glebie piaskowej. *Rocz. Glebozn.* 1988 34 s. 187 - 199.
- [15] Marszewska-Zięmięcka J. Mikrobiologia gleby i nawozów organicznych. PWRiL, Warszawa 1969.
- [16] Sims R. C., Overcash M. R. Fate of Polynuclear Aromatic Compounds (PNAs) in Soil-Plant Systems. *Res. Rev.* 1983, 88 s. 1 - 68.

Б. МАЛИШЕВСКА-КОРДЫБАХ

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ВЛАЖНОСТИ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ НА ПРЕДЕЛЫ  
И СКОРОСТИ ДЕГРАДАЦИИ ФЛУОРЕНА, АНТРАЦЕНА И ПИРЕНА

Институт агротехники, удобрения и почвоведения в Пулавах

## Резюме

Проводились модельные лабораторные исследования, целью которых было определение влияния уровня влажности песчаной почвы на пределы и скорость деградации углеводородов из группы ПАУ. Образцы содержащие по 5 мг/кг флуорена, антрацена и пирена инкубировали в температуре 25°C в период 56 дней. Концентрацию ПАУ определяли в известных промежутках времени анализируя почвенные экстракты методом ГС. Установлено, что чрезмерное увлажнение или осушение почвы значительно повышают прочность исследуемых углеводородов, причем их наивысшие количества подвергаются деградации в почве с 37—65% полной влагоемкости. В этих условиях устойчивость ПАУ к деградации повышается по мере повышения молекулярного веса указанных соединений. Через 56 дней в почве с 65% полной влагоемкости остается 9,2% начального содержания флуорена, 13,2% антрацена и 31,1% пирена. Определенные на основании кинетических зависимостей первого порядка времени полураспада (флуорен 17—51 день, антрацен 17—46 дней и пирен 28—71 день) зависят от уровня влажности почвы.

E. MALISZEWSKA-KORDYBACH

EFFECT OF SANDY SOIL MOISTURE LEVEL ON THE RANGE AND  
RATE OF FLUORENE, ANTHRACENE AND PYRENE DEGRADATION

Institute of Soil Science and Plant Cultivation at Puławy

## Summary

Model laboratory investigations were carried out concerning the effect of sandy soil moisture level on the rate and range of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degradation. Soil samples (spiked with 5 µg/g of each of three PAHs: fluorene, anthracene and pyrene) were incubated at 25°C for 56 days. The PAHs concentration in soil was determined periodically by the GC analysis. It was found that excessive moistening or drying of soil markedly increased persistence of all the PAHs investigated: their greatest amounts underwent degradation in soil at 37 - 65% of full water capacity. Under these conditions a positive correlation between the molecular weight of PAHs and their persistence in soil was observed. After 56 days the amounts of fluorene, anthracene and pyrene remained in the soil with 65% of full water capacity amounted to 9.2, 13.2 and 31.1%, respectively, of their initial concentration. The half-lives estimated on the basis of the first-order kinetic rate coefficients (fluorene 17 - 51 days, anthracene 17 - 46 days and pyrene 28 - 71 days) depended on the soil water content.

Dr Barbara Maliszewska-Kordybach  
Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów  
IUNG w Puławach  
24-100 Puławy, Osada Pałacowa

Praca wpłynęła do redakcji w grudniu 1988 r.

