

MARIA MAGDALENA BORKOWSKA, ANDRZEJ DUKWICZ, ARTUR STRUSIŃSKI

WPLYW TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO NA ZAWARTOŚĆ BENZO/A/PIRENU W GLEBIE I ROŚLINACH*

Z Zakładu Higieny Komunalnej Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie
Kierownik: doc. dr hab. *S. Maziarka*

Z Zakładu Diagnostyki Laboratoryjnej Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego
w Warszawie

Kierownik: prof. dr hab. *J. Krawczyński*

Zbadano zawartości benzo/a/pirenu w próbkach gleby i trawy pobieranych w różnych odległościach od tras komunikacyjnych.

Szybki wzrost przemysłu i transportu zwiększa zanieczyszczenie środowiska wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi [WWA], których rakotwórczym przedstawicielem jest benzo/a/piren [BaP]:

Suess [11] podaje, że do atmosfery naszego globu w wyniku działalności człowieka dostaje się w ciągu roku 5000 ton BaP. Zaś według *Selkirka* [9, 10] roczna emisja tej substancji tylko w USA wynosi 1300 ton.

BaP emitowany przez różne źródła razem z innymi WWA pozostaje przez pewien czas w atmosferze, a następnie zaadsorbowany na cząstkach pyłu, opada zanieczyszczając wodę, glebę, rośliny oraz pośrednio także produkty żywności.

Zawartość BaP w glebie jest bardzo różna i zależy od jej rodzaju oraz stężenia tej substancji w atmosferze. Stężenie BaP w glebie piaszczystej obszarów nieuprzemysłowionych wynosi 0,8–40 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a w glebie ogrodowej piaszczysto-próchnicowej 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [2].

W pobliżu ulic o intensywnym ruchu pojazdów substancja ta występuje w ilości od 1,0 do 1,5 mg/kg gleby. W pobliżu parowozowni od 0,076 do 1,600 mg/kg gleby. Maksymalne stężenie BaP 650 mg/kg i 1000 mg/kg stwierdzono w rejonie zakładów produkujących sadzę [1, 2, 6, 7, 8, 12, 13, 14].

Zawartość BaP w glebie na terenie Polski badali *Górska* i *Górski* [3]. Najniższe stężenie — 3,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ stwierdzili w próbkach gleby z woj. białostockiego, z terenu nie zanieczyszczonego, a najwyższe w próbkach gleby pobranych z terenów zanieczyszczonych spalinami różnych środków transportu, szczególnie w sąsiedztwie parowozowni 8,0 mg/kg i asfaltowni 0,734 mg/kg oraz niektórych zakładów chemicznych — 0,515 mg/kg . [3]

Wielu autorów zwraca uwagę na wpływ uprzemysłowienia terenu na zawartość BaP i innych WWA w roślinach uprawianych na tych terenach. *Grimmer* i *Hildebrand* [5] stwierdzili zawartość BaP w zbożu uprawianym na terenie uprzemysłowionym — 1,44 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i w zbożu z terenu rolniczego — 0,68 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Owoce pochodzące z rejonów uprzemysłowionych i tras komunikacyjnych zawierają także większe ilości WWA niż z rejonów rolniczych. [2, 4].

* Praca wykonana w ramach problemu MR-12.

I tak w jabłkach zebranych z drzew rosnących przy ulicy o intensywnym ruchu stwierdzono 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.m., a z rejonów przemysłowych — 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.m. W rejonach oddalonych od ośrodków przemysłowych zawartość BaP w jabłkach wynosiła 0,5—3,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.m. Sałata z obszarów przemysłowych zawiera 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.m., a z terenów rolniczych — 23 μg BaP/kg s.m. W kapuście znajdowano BaP w ilościach 15,6—24,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.m., a w pomidorach 0,22 $\mu\text{g}/\text{kg}$ s.m.

Wszystcy cytowani wyżej autorzy zwracają uwagę na różnice w zawartości BaP w glebie i roślinach pochodzących z terenów uprzemysłowionych i z terenów o intensywnym ruchu samochodowym w porównaniu do obszarów rolniczych.

Niewiele jest publikacji o zasięgu wpływu transportu samochodowego na zawartość WWA zarówno w glebie jak i w roślinach.

W związku z powyższym autorzy niniejszej pracy oznaczając BaP w glebie i roślinach w różnych odległościach od jezdni o intensywnym ruchu, podjęli próbę określenia zasięgu rozprzestrzeniania się benzo/a/pirenu pochodzącego ze spalin samochodowych.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Do badań wybrano 3 odcinki tras o dużym natężeniu ruchu, wiodących z Warszawy w kierunku: Pruszkowa, Katowice i Gdańska.

Materiał do badań stanowiła gleba oraz trawa. Stanowiska pomiarowe wyznaczono w odległości: 1; 3; 10; 30 i 100 m od krawędzi po obu stronach jezdni. Na wszystkich stanowiskach w pięciu miejscach na każdej z tych odległości pobierano około 500 g gleby i trawy. Próbkę gleby pobierano trzykrotnie w maju, lipcu i wrześniu 1979 r., natomiast trawy dwukrotnie: w maju i lipcu 1980 r.

Oznaczono również BaP w próbkach gleby pobranych w rejonie elektrociepłowni Żerań, z terenów leśnych, działek pracowniczych przy ulicach: Buczka, Odyńca, Łazienek, parku Skaryszewskiego, Ogrodu Saskiego, trawników przy ulicy Komarowa i rejonu Pałacu Kultury i Nauki, z terenu zakładu przemysłowego na Służewcu oraz z pola uprawnego poza rejonem Warszawy.

BaP w glebie

Próbki gleby pobierano na głębokości do około 5 cm. Po pobraniu suszono w temperaturze 60°C do stałej masy, następnie rozdrobniono i przesiewano przez sito o średnicy oczek 1,25 mm. Z przygotowanego w ten sposób materiału glebowego odważono 100 g próbki, które ekstrahowano benzenem w aparatach *Soxhleta* w temp. 80°C w ciągu 10 h. Po ukończeniu ekstrakcji, ekstrakt przenoszono ilościowo do uprzednio zważonych parownic, odparowywano benzen w temp. pokojowej, a pozostałość, tzw. substancje smołowe suszono 2 h w temp. 40°C, po czym ważono. Następnie rozpuszczano je w chloroformie. Odpowiednią objętość chloroformowego roztworu substancji smołowych наносono na tlenek glinu, odparowywano rozpuszczalnik i наносono na kolumnę chromatograficzną wypełnioną tlenkiem glinu i florisilem. Eluując kolumnę 100 cm^3 cykloheksanu dokonywano rozdziału WWA na frakcje. We frakcji benzopirenowej, którą zagęszczano do 10 cm^3 oznaczano ilościowo BaP na spektrofotofluorymetrze *Aminco-Bowman* przy długości fali wzбудzającej $\lambda = 384$ nm, mierząc emisję przy długości fali $\lambda = 406$ nm wobec próby kontrolnej wykonanej z odczynników analogicznie jak próby badane.

Zawartość benzo/a/pirenu w próbie określano posługując się krzywą wzorcową dla BaP w zakresie stężeń 0,01—10,0 (μg)BaP w 1 cm^3 cykloheksanu. Wyniki zawartości w glebie przeliczano na kg suchej masy gleby.

BaP w roślinach

Pobrane próbki trawy płukano 3-krotnie 5-cio dm^3 porcjami wody destylowanej, po czym suszono w suszarce w temp. 60°C. Wyszuszoną trawę sproszkowano w mikserze.

20 g porcje sproszkowanej trawy hydrolizowano etanolowym roztworem KOH, dodając 300 cm^3 etanolu i 37,5 g KOH. Hydrolizę prowadzono pod chłodnicą zwrotną w ciągu 10 h, ogrzewając przez pierwsze 2 h do temp. 50°C.

Zhydrolizowaną próbkę przenoszono ilościowo za pomocą 50 cm³ wody destylowanej do rozdzielacza poj. 2 dm³. Zawartość rozdzielacza ekstrahowano dwukrotnie 400 cm³ cykloheksanu, wytrząsając każdorazowo 3 minuty. Połączone warstwy cykloheksanowe płukano 3-krotnie 400 cm³ wody destylowanej.

Tak przygotowaną próbkę zagęszczano pod zmniejszonym ciśnieniem do 30 cm³. Zagęszczony cykloheksanowy ekstrakt zadawano dwukrotnie 60 cm³ wodnego roztworu dwumetyloformamidu (DMF:H₂O=9:1) i wytrząsano każdorazowo 3 minuty. Po rozdzieleniu oba ekstrakty dwumetyloformamidowe łączono, rozcieńczano 120 cm³ wody destylowanej, dodawano 240 cm³ cykloheksanu i ponownie ekstrahowano wytrząsając przez 3 minuty. Zebrany ekstrakt cykloheksanowy przemywano 2-krotnie 100 cm³ wody destylowanej, po czym zagęszczano w temp. pokojowej do objętości około 0,5 cm³.

W celu wyodrębnienia BaP ekstrakt cykloheksanowy w ilości 0,5 cm³ nanoszono na kolumnę chromatograficzną wypełnioną tlenkiem glinu i florisilem. Dalej postępowano jak przy oznaczaniu BaP w glebie.

Wyniki zawartości BaP w roślinach przeliczano na kg suchej masy trawy.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki badań zawartości BaP w glebie i roślinach pobieranych na różnych odległościach od krawędzi tras komunikacyjnych przedstawiono w tabelach I i II. W tabeli III podano zawartość BaP w próbkach gleby, pobranych w różnych punktach na terenie m.st. Warszawy.

Tabela I. Zawartość BaP w glebie w różnych odległościach od tras komunikacyjnych w µg na kg suchej gleby

Odległość od jezdni w m	Trasa wylotowa w kierunku Pruszkowa	
	strona południowo-wschodnia	strona północno-zachodnia
1	1425,0	954,0
3	756,3	929,0
10	198,2	159,0
30	197,5	84,0
100	196,3	80,0

Trasa wylotowa w kierunku Katowic

	strona wschodnia	strona zachodnia
1	2950,0	1325,0
3	365,7	375,2
10	255,2	137,8
30	107,5	120,5
100	85,2	103,2

Trasa wylotowa w kierunku Gdańska

	strona zachodnia	strona wschodnia
1	1203,4	2481,9
3	151,4	235,4
10	133,2	151,5
30	59,9	96,6
100	42,7	69,1

Tabela II. Zawartość BaP w trawie pobranej w różnych odległościach od tras komunikacyjnych w µg na kg suchej trawy

Odległość od jezdni w m	Trasa wylotowa w kierunku Pruszkowa	
	strona południowo-wschodnia	strona północno-zachodnia
1	17,4	16,7
3	14,2	9,4
10	6,5	7,5
30	6,7	7,5
100	8,2	7,3

Trasa wylotowa w kierunku Katowic

	strona wschodnia	strona zachodnia
1	9,3	10,5
3	10,0	43,5
10	32,9	7,9
30	6,4	6,8
100	10,9	9,6

Trasa wylotowa w kierunku Gdańska

	strona zachodnia	strona wschodnia
1	9,2	45,5
3	10,1	7,9
10	7,5	3,6
30	23,1	34,5
100	7,1	25,1

Tabela III. Zawartość BaP w glebie w różnych punktach Warszawy

Lp.	Miejsce pobrania próbek	BaP w $\mu\text{g}/\text{kg}$ suchej gleby
1	Zerań — 500 m od elektrociepłowni	175,0
	— 1000 m od elektrociepłowni	55,0
2	Śłużewiec — teren zakładu przemysłowego	200,1
3	Działki pracownicze — 1 m od jezdni	8100,0
	przy ul. M. Buczka — 10 m od jezdni	392,9
	— 30 m od jezdni	107,5
4	Działki pracownicze — 1 m od jezdni	2812,5
	przy ul. Odyńca — 10 m od jezdni	136,4
	— 30 m od jezdni	125,3
5	Rejon Pałacu Kultury — 10 m od jezdni	500,0
	przy Al. Jerozolimskich — 30 m od jezdni	338,9
6	Park Skaryszewski	175,0
7	Ogród Saski	362,5
8	— pomnik Chopina	60,0
	Łazienki: pałac Łazienkowski	62,5
	pomarańczarnia	275,0
9	— 1 m od jezdni	220,5
	Ul. W. Komarowa — 10 m od jezdni	425,0
	— 30 m od jezdni	287,0
10	Buchnik — las mieszany	142,0
	las iglasty	156,7
11	Komorów — pole uprawne	55,0

Podane w tabelach wartości są średnimi w przypadku gleby z 3 pomiarów, natomiast w przypadku trawy z 2 pomiarów.

Wyniki badań wskazują istnienie wyraźnej zależności pomiędzy zawartością BaP w glebie, a odległością od jezdni. Świadczy to o wpływie transportu samochodowego na skażenie środowiska BaP.

Zanieczyszczenie gleby BaP utrzymywało się na największym poziomie w bezpośrednim sąsiedztwie jezdni, szczególnie w odległości do 3 m. Wyraźny spadek stężeń BaP zaznaczał się do 10 m odległości od jezdni. Powyżej 10 m spadek ten był mniej wyraźnie zaznaczony. Wartości stężeń BaP w próbkach pobieranych na różnych odległościach powyżej 10 m nie wiele się różniły. Otrzymane wyniki badań w wielu przypadkach są zbliżone z danymi *Górskiej* i *Górskiego* [3]. Oceniając otrzymane wyniki badań gleby (tab. III) należy stwierdzić, że obszar Warszawy w bardzo znacznym stopniu zanieczyszczony jest benzo/a/pirenem. Stosunkowo małe zanieczyszczenie występuje tylko w rejonach usytuowanych z dala od zakładów przemysłowych i tras komunikacyjnych.

Znacznym poziomem benzo/a/pirenu stwierdzono również w roślinach, natomiast nie stwierdzono zależności zawartości BaP w roślinach od stężenia tego związku w glebie i różnic w zależności od odległości od jezdni.

Trudna jest ocena badanego materiału z punktu widzenia higienicznego, ponieważ dotychczas brak jest norm dopuszczalnej zawartości BaP w glebie i trawie.

WNIOSKI

1. Transport samochodowy powoduje wyraźne skażenie benzo/a/pirenem terenów przyległych do dróg.

2. Istnieje zagrożenie zdrowia człowieka wskutek zanieczyszczenia BaP jadalnych upraw roślinnych oraz wykorzystywania traw zebranych z pobocza dróg jako paszy dla bydła.

3. Należałoby wyznaczyć strefy wzdłuż ruchliwych szlaków komunikacyjnych, w których nie powinno się uprawiać roślin jadalnych.

M. M. Борковска, А. Дуквич, А. Струсиньски

ВЛИЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕНЗ/А/ПИРЕНА В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ

Резюме

Были проведены исследования содержания бенз/а/пирена (BaП) в пробах почвы и травы, взятых на разном расстоянии (1, 3, 10, 30 и 100 м) от шоссе, с обеих его сторон. Анализировались также пробы почвы взятые в разных точках города Варшавы.

Максимальная концентрация BaП в почве, а именно 8100 мкг/кг сухой почвы, была установлена на расстоянии 1 м от края шоссе, в то время как самая низкая — 55 мкг/кг сухой почвы — в местах далеко расположенных от промышленных предприятий и улиц.

Наблюдалось постепенное уменьшение концентрации BaП в почве по мере расстояния от шоссе.

Содержание BaП в траве находилось в пределах от 3,6 до 43,5 мкг/кг сухой травы, причём не наблюдалась зависимость между содержанием BaП в траве и концентрацией этого соединения в почве а также расстоянием от шоссе.

M. M. Borkowska, A. Dukwicz, A. Strusiński

EFFECT OF AUTOMOBILE TRAFFIC ON THE LEVEL OF BENZO/A/PYRENE IN THE SOIL AND PLANTS

Summary

The level of benzo/a/pyrene (BaP) was determined in soil and grass samples taken in the areas of traffic roads at distances of 1,3,10,30 and 100 m from the border of the road. The level of BaP was determined also in soil samples taken in various parts of the City of Warsaw.

The highest BaP level in the soil, that is 8100 µg/kg of dry soil was found at the distance of 1 m from the road, while the lowest one — 55 µg/kg of dry soil, was found in the regions far from factories and traffic roads.

A steep fall was observed in the soil BaP concentrations with increasing distance from the roads.

The level of BaP in the grass was from 3.6 to 43.5 µg/kg of dry grass and no correlation was found between BaP level in the grass and the concentration of this substance in the soil and differences in the distance from the road.

PIŚMIENNICTWO

1. Borneff J., Kunte F.: Kancerogene Substanzen in Wasser und Boden. Mit. XIV. Arch. Hyg. Bact. 1963, 147, 401. — 2. Engst R., Fritz W.: Zanieczyszczenie żywności węglowodorami rakotwórczymi pochodzącymi ze środowiska. Roczn. PZH 1975, 26, 113. 3. Górski E., Górski T.: Benzo/a/piren w glebie i ziemiakach na obszarze Polski. Problemy Higieny. Warszawa 1979. — 4. Gräf W.: Über natürliches Vorkommen und Bedeutung der Kancerogenen polyzyklischen

aromatischen Kohlenwasserstoffe. Med. Klin. 1965, 15, 561. 5. *Grimmer G., Hildebrandt A.*: Kohlenwasserstoffe in der Umgebung des Menschen. III. Der Gehalt polycyclischer Kohlenwasserstoffe in verschiedenen Gemusesorten und Solaten. Dtsch. Lebensm. Rudsch. 1965, 8, 237. — 6. *Kancerogennyje wiszczestwa wo wniesznej srede*. Red. *Szabad L.M.*, Moskwa 1971. — 7. *Mallet L.*: Pollutions des milieux vitaux par les hydrocarbures cancerigenes. Librairie *Malloine S.A.* Editeur, Paryż 1972. — 8. *Mallet L., Heros M.*: Pollution des terres, vegetales par les hydrocarbures polybenseniques du type benzo-3,4-pyrene. Compt.-rend. Acad. Sci. 1962, 254, 958. — 9. *Problemy Higieny*. Warszawa 1979. Materiały z konferencji naukowej z udziałem ekspertów krajów członkowskich RWPG w problemie „Karcynogeneza chemiczna”, Warszawa 24—27.IV.1979 r. — 10. *Selkirk J.K.*: Benzo[a]pyrene carcinogenesis a biochemical selection mechanism. *J. Toxicol. Environ. Health*. 1977, 2, 1245.

11. *Suess H.J.*: The environmental load and cycle of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Sci. Total Environment*. 1976, 6, 239. — 12. *Szczerbak N.P.*: Ob obnarużenii 3,4-benzopirena w poczwie. *Wopr. Onkol.* 1967, 13, 77. — 13. *Szczerbak N.P.*: Wlijanije wybrosov predpriatiji po pererobotkie nefteproduktow na zagrazniennost poczwy i rastitelnosti 3,4-benzopirencm. *Gig. Sanit.* 1968, 7, 93. 14. *Zdrzil I., Picha F.*: The occurrence of the carcinogenic compounds 3,4-benzopyrene and arsenic in the soil. *Neoplasma* 1966, 13, 49.

Dn. 14.X. 1981 r.

00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24.