

JÓZEF CURZYDŁO

**Wpływ lasów i zadrzewień przydrożnych  
na rozprzestrzenianie się  
toksycznych składników spalin samochodowych**

Влияние лесов и придорожных озеленительных посадок на распространение токсических компонентов выхлопных газов автотранспорта

Influence of forests and roadside shelter belts on the spread of toxic components of car exhaust gas

WSTĘP

**W** Akademii Rolniczej w Krakowie od 1972 r. prowadzone są badania dotyczące wpływu motoryzacji i ruchu drogowego na środowisko przyrodniczo-rolnicze. W niniejszej pracy autor przedstawia niektóre wyniki badań dotyczących wpływu różnych zadrzewień przydrożnych na rozprzestrzenianie się spalin samochodowych.

Rozwój motoryzacji i transportu samochodowego niesie ze sobą ujemne skutki w postaci skażenia powietrza, roślin i gleby oraz wód toksycznymi składnikami spalin. Szczególnie niebezpieczne są związki ołowiu, tlenek węgla, węglowodory, tlenki azotu i siarki oraz pyły azbestu powstające ze ścierania okładzin sprzęgieł i tarcz hamulcowych, a także pyły czerni węglowej powstałe ze ścierania opon. Większość tych związków stanowi substancje rakotwórcze, co zostało doświadczalnie stwierdzone na zwierzętach.

Badania przeprowadzone m.in. w Polsce, w Japonii, w Szwajcarii (6, 7, 8) oraz w wielu innych krajach wykazały, że istnieje ścisły związek między koncentracją w powietrzu spalin samochodowych, odległością zamieszkania od dróg i ulic, a ilością zgonów na choroby nowotworowe.

W ostatnim okresie, mimo kryzysu energetycznego w Polsce, co roku do atmosfery z rur wydechowych w bezpośrednim sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych emitowane jest około: 1 662 105 t tlenku węgla, 100 757 t węglowodorów, 154 409 t tlenków azotu, 50 302 t tlenków siarki, 7498 t aldehydów, 31 607 t sadzy oraz 2100 t ołowiu (3). Składniki te proporcjonalnie do natężenia ruchu samochodowego rozprzestrzeniane są wzdłuż dróg i ulic.

Szczególnie niebezpiecznym związkiem zawartym w spalinach jest ołów, który w formie czteroetylku ołowiu ( $Pb/C_2H_5/4$ ) w postaci tzw.

pływu etylowego dodawany jest do benzyny i służy jako skuteczny środek przeciwstukowy. W porównaniu do innych składników spalin, ołów występuje w najmniejszych ilościach, lecz jest on jednym z najbardziej niebezpiecznych związków dla zdrowia, gdyż na skutek łańcucha pokarmowego za pośrednictwem skażonych roślin (uprawianych m.in. wzdłuż dróg) dostaje się do organizmów ludzi i zwierząt, gdzie jest kumulowany (4, 5, 6, 7, 9).

Jak wykazały liczne badania (4, 5, 7, 9), gromadzenie się ołowiu w roślinach i glebach wzdłuż dróg jest obserwowane od dawna, a nasilenie tego zjawiska wzrasta proporcjonalnie do natężenia ruchu samochodowego i maleje wraz ze wzrostem odległości od drogi. W ostatnich latach zwrócono szczególną uwagę na związek między zanieczyszczeniem środowiska ołowiem i spalinami samochodowymi a zaburzeniami psychicznymi. Berg i Zapella (1) stwierdzili opóźnienie rozwoju psychicznego u dzieci żyjących w środowisku zanieczyszczonym ołowiem. Przy diecie ubogiej w magnez ołów wędruje do mózgu i uszkadza komórki glejowe, stając się przyczyną powstawania chorób psychicznych (encefalopatia), a spożywanie alkoholu dodatkowo wzmacnia ten proces, gdyż alkohol powoduje wzmożone wydalanie magnezu z organizmu (2).

#### MATERIAŁ I METODY BADANIA

Próbki roślin uprawnych pobierano w okresie ich dojrzałości konsumpcyjnej lub zbiorczej, natomiast liście z zadrzewień i lasów przydrożnych pobierano w okresie letnio-jesiennym.

Próbki kolejno suszono w temp. 50°C przez okres 12—16 godz., a następnie przez 8—12 godz. w temp. 90°C. Po wysuszeniu zostały one zmielone w szybkoobrotowym młynku młotkowym.

Analizę próbek na zawartość ołowiu wykonano w laboratorium Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, przy użyciu Cyklotronu C-48, tzw. metodą PIXE, ulepszoną przez zastosowanie pośredniego ciśnienia w komorze pomiarowej. Metoda ta pozwala na dokładne oznaczenie danego pierwiastka niezależnie od formy jego występowania w badanym materiale (10).

Pomiary koncentracji tlenków azotu i siarki oraz aldehydów przeprowadzono bezpośrednio w terenie za pomocą aparatów aspiracyjnych „AKZ”, a pomiary CO — po pobraniu próbek powietrza w terenie — wykonano w laboratorium Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Krakowie.

#### ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ OŁOWIU I INNYCH TOKSYCZNYCH SKŁADNIKÓW SPALIN NA OTWARTYCH I ZADRZEWIONYCH ODCINKACH DRÓG

Przy drogach bez zadrzewień, w terenach otwartych lub z zadrzewieniami azurowymi (pojedyncze drzewa na poboczach dróg) największe

skażenie roślin ołowiem, jak również największe koncentracje toksycznych składników spalin w powietrzu, notowano w najbliższym otoczeniu drogi, w odległości do 20—40 m od jezdni, a w miarę oddalania się od drogi koncentracja ołowiu i innych toksycznych składników spalin szybko się zmniejszała. Uwidacznia się to w akumulacji ołowiu w różnych roślinach uprawianych przy drogach (tab. 1). Ołów akumulowany jest głównie przez liście i słomę, natomiast ziarno i nasiona rzepaku, nie mając bezpośredniego kontaktu z opadającymi związkami ołowiu, nie ulegają skażeniu tym trującym metalem (4).

Tabela 1

**Akumulacja ołowiu w ppm suchej masy  
różnych roślin uprawnych wzdłuż dróg**

Odległość od drogi m	Droga E-16 Katowice—Częstochowa		Droga E-7 Kraków—Miechów		
	Żyto, zbiór 3 VIII 80		Rzepak, zbiór 16 VII 81		Liście buraków, zbiór 16 IX 80
	słoma	ziarno	liście i łodygi	nasiona	
10	21,3	0,78	12,50	0,84	21,8
20	16,2	0,81	8,20	0,72	20,3
30	10,6	0,72	5,81	0,80	20,2
40	5,8	—	6,12	0,68	17,3
50	6,1	0,62	3,28	0,50	12,1
70	4,6	0,52	3,10	0,52	9,8
90	2,3	0,70	2,32	—	8,3
110	3,1	0,51	1,80	0,53	6,7
130	1,2	0,53	1,20	0,56	7,1
150	1,3	0,49	1,32	0,48	4,3

W lasach dynamika rozprzestrzeniania się spalin jest zupełnie inna. Zagadnienie to zostało przedstawione na podstawie akumulacji ołowiu w liściach pobranych z podszycia leśnego (młode drzewa i krzewy) na wysokości ok. 1 m nad ziemią, na odcinkach dróg przebiegających przez lasy, m.in. przy ruchliwej szosie E-7 w rejonie Miechowa oraz dwupasmowej jezdni E-16 na odcinku Katowice—Częstochowa. Wyniki badań przedstawia tab. 2.

**Akumulacja ołowiu w suchej masie liści  
i krzewów pobranych z lasów przydrożnych  
na wysokości około 1 m nad ziemią (liście nie myte)**

Gatunek drzew miejscowość droga	Odległość od jezdni m	Data pobrania próbek		
		17 IX 80	25 IX 82	3 X 83
Zawartość ppm Pb				
Liście buka.	10	16,4	18,4	14,7
Las po obydwu stronach drogi.	20	21,3	20,8	17,8
Okolice Miechowa	30	32,8	35,2	26,3
droga E-7.	40	29,1	36,6	26,0
Srednioroczne	50	16,2	20,8	21,3
dobowe natężenie	60	18,6	16,4	14,7
ruchu samochodowego	80	—	10,3	8,6
około 4000	100	6,1	5,8	4,3
	120	4,8	4,1	5,2
	140	5,3	4,3	3,8
	160	3,2	2,9	3,9
15 VIII 81      27 IX 82      8 X 83				
Liście malin z podszycia leśnego.	10	24,8	21,5	26,4
Droga dwupasmowa E-16 Katowice — Częstochowa.	20	30,6	—	35,2
Srednioroczne	30	41,6	35,8	29,6
dobowe natężenie	40	40,3	36,9	38,0
ruchu samochodowego	60	42,1	26,4	26,4
około 4700	80	21,7	14,3	15,3
	100	12,4	8,4	7,2
	120	5,8	4,7	5,8
	140	6,1	5,2	3,6
	160	4,3	3,8	4,1

Rozprzestrzenianie się i koncentracje tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu, dwutlenku siarki i aldehydów przy drogach bez zadrzewień oraz przebiegających przez lasy przedstawia tab. 3. W pierwszych partiach lasu od strony drogi, w odległości 10—20 m od jezdni, notuje się wysokie akumulacje ołowiu w liściach, jak również wysokie koncentracje spalin w powietrzu. W miarę oddalania się od drogi na odległość 30—60 m od jezdni zawartość ołowiu w liściach nie spada, lecz przeciwnie — podnosi się. Podobnie rozprzestrzeniają się pozostałe składniki spalin w powietrzu. Zatem w lasach przydrożnych na odległość do 100—120 m od jezdni notuje się wyższe koncentracje spalin niż na terenach „otwartych” tych samych dróg, gdzie na skutek swobodnego ruchu powietrza (wiatru) następuje szybkie rozprzestrzenianie się spalin, a tym samym ich „rozcieńczenie” w powietrzu.



**Przeciętna koncentracja toksycznych składników spalin  
na odcinkach drogi przebiegającej  
przez tereny otwarte i przez lasy,  
wg pomiarów wykonanych w latach 1979—82  
przy średnim natężeniu ruchu 550 samochodów na godzinę**

Rodzaj badanego składnika	Koncentracja toksycznych składników spalin							
	Odcinek drogi otwarty bez drzew. Odległość stanowisk pomiarowych od krawężnika jezdni m				Droga przebiegająca przez las. Odległość stanowisk pomiarowych od krawężnika jezdni m			
	2—4	40—60	80—100	140—150	2—4	40—60	80—100	140—150
Tlenek węgla mg/m <sup>3</sup>	9,20	5,85	3,80	1,90	7,80	9,40	7,15	2,60
Węglowodory mg/m <sup>3</sup>	8,70	4,85	3,14	1,32	9,15	15,50	10,80	3,52
Tlenek azotu ng/m <sup>3</sup>	138	112	96	60	139	171	146	57
Dwutlenek siarki ng/m <sup>3</sup>	115	101	95	91	172	172	150	63
Aldehydy ng/m <sup>3</sup>	18	13	10	7	20	29	24	9

Lasy przydrożne stanowią pewnego rodzaju „magazyny” (skupiska) spalin w rejonach położonych przy jezdniach. Górne partie drzew spełniają rolę „przykrywki” tego „magazynu” spalin, a utrudniony ruch powietrza nie pozwala na szybkie rozprzestrzenianie się spalin, jak się to dzieje na otwartych, nie zadrzewionych odcinkach dróg.

W dni bezwietrzne lub przy małym wietrze ruch pojazdów samochodowych powoduje niejako wtlaczanie powietrza na pobocza jezdni, a tym samym i spalin w głąb lasu na odległość 30—60 m od jezdni i spaliny te, zwłaszcza przy braku przewiewu, utrzymują się tam przez dłuższy czas. Tym samym liście drzew i krzewów otoczone powietrzem o podwyższonej koncentracji związków ołowiu i innych składników spalin akumulują ołów i są czułymi bioindykatorami koncentracji Pb w różnych odległościach od jezdni.

#### WPŁYW ZWARTYCH PASOWYCH ZADRZEWIEŃ PRZYDROŻNYCH NA ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ SPALIN SAMOCHODOWYCH

W tabeli 4 zestawiono wyniki badań skażenia ołowiem liści pobranych z pasowych zadrzewień przydrożnych przy drodze E-16 w rejonie Kowala i E-8 na odcinku między Goliną a Słupcą. Znajdujące się tam zwarte pasowe zadrzewienia tworzą drzewa i krzewy różnej wysokości. Zajmują one pas gruntu o szerokości 10—13 m. Wewnątrz zadrzewienia

**Akumulacja ołowiu w ppm suchej masy różnych drzew  
zebranych ze zwartych pasowych zadrzewień przydrożnych**

Miejscowość, droga, data	Gatunek drzewa	Zawartość Pb w ppm	
		od strony drogi	od strony pól
Kowal, E-16 1 VIII 1980 29 VIII 1980	Lipa	19,0	5,5
	Dąb	13,4	4,1
	Olcha	28,4	7,3
	Klon	16,1	5,7
	Jesion	15,7	6,3
17 VIII 1982	Lipa	26,3	6,2
	Olcha	31,2	8,2
	Dąb	22,1	4,7
Wilczna, E-8 30 VIII 1980 30 IX 1982	Grab	21,3	5,1
	Topola	16,3	4,0
	Liguster	14,7	2,3
	Grab	35,8	8,1
	Tarnina	25,0	6,3
	Liguster	27,2	4,2
	Topola	19,3	3,2

te są względnie luźne, natomiast „ściany” zewnętrzne tych zadrzewień, dobrze oświetlone, są zagęszczone gałęziami i liśćmi, tworząc naturalny biologiczny filtr.

Wszelkie zanieczyszczenia motoryzacyjne unoszą się z powierzchni jezdni. Dlatego też, jeżeli między drogą a polami uprawnymi na poboczach drogi znajdują się zwarte pasowe zadrzewienia, zatrzymują one na powierzchni liści wszelkie pyły, a tym samym i związki ołowiu unoszące się z powierzchni jezdni. Średnia zawartość ołowiu w liściach od strony drogi w rejonie Kowala wynosiła 21,5 ppm Pb, a od strony pól tylko 6,0 ppm. Zatem ok. 70% ołowiu gromadziło się w obrębie pasa drogowego, natomiast w Wilcznej 22,8 ppm Pb, a od strony pól tylko 4,74 ppm. Pas ten wychwytywał więc ok. 80% związków ołowiu. Wspomniany pas zadrzewień jest szerszy i bardziej zagęszczony od zadrzewień w rejonie Kowala. Należy podkreślić, że w tej samej odległości od jezdni liście różnych gatunków drzew i krzewów zatrzymywały na swojej powierzchni rozmaite ilości ołowiu. Najbardziej sprawne w wychwytywaniu zanieczyszczeń były liście lipy i olchy. Tłumaczyć to należy przypuszczalnie tym, że liście lipy pokryte są często „spadzią”, a liście olchy lepką substancją, do której przyczepiają się zanieczyszczenia. Przy pobieraniu liści od strony drogi ręce bardzo szybko się brudziły. Tego rodzaju zwarte zadrzewienia zatrzymywały również w okresie wegetacji 80—90% substancji smolistych, które zawierają policykliczne węglowodory pierścieniowe, powodujące wzrost chorób nowotworowych.

Zadrzewienia te zatem spełniają ochronną rolę przed skażeniem ołowiem roślin uprawianych za nimi. W rejonie Kowala, tuż za pasem, stwierdzono o 75% mniejszą akumulację ołowiu w liściach buraków, a w dalszej odległości za pasem 50—100 m zawartość ołowiu w liściach była mniejsza o 70% w porównaniu z liśćmi buraków rosnących przy tej samej drodze, lecz na odcinku bez takich zadrzewień.

Na podstawie przytoczonych wyżej oznaczeń akumulacji Pb w liściach można by sądzić, że w obrębie pasa drogowego koncentracja spalin jest znacznie podwyższona, jednak tak nie jest. Autor przeprowadził liczne badania stężenia tlenu węgla, tlenków azotu i siarki oraz aldehydów. Pomiarzy przeprowadzono równocześnie w odległości 5 m od krawężnika jezdni:

a) na odcinku drogi bez zadrzewień,

b) przy tej samej drodze, lecz w obrębie pasowych zadrzewień na poboczach drogi.

Wyniki przedstawia tab. 5. Koncentracja spalin w obrębie zwartego pasa zieleni jest tylko nieznacznie podwyższona w porównaniu do otwartego nie zadrzewionego odcinka tej samej drogi. Podobnie nieznaczne różnice koncentracji spalin w obrębie pasa drogowego notowano na odcinku drogi „otwartej” — nie zadrzewionej i przebiegającej przez las (tab. 3).

Tabela 5

**Średnia koncentracja niektórych składników spalin  
na poboczach dróg mierzonych w odległości 5 m  
od krawężnika jezdni na odcinkach dróg  
bez zadrzewień i z zadrzewieniami pasowymi**

Odcinek drogi	Koncentracja toksycznego składnika spalin w mg/m <sup>3</sup>			
	CO	N <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	HCHO
Bez zadrzewień	6,05	0,116	0,0176	0,0050
Zadrzewienia pasowe	6,95	0,128	0,0190	0,0056

Jeżeli chcemy ochraniać przyległe tereny przed skażeniami motoryzacyjnymi, np. plantacje warzyw czy też użytki zielone, to należy je obsadzić tego rodzaju zadrzewieniami składającymi się z nasadzeń wartościowych drzew takich jak dąb, klon, jesion, modrzew, lipa, olcha, grab, buk. Zadrzewienia pasowe zlokalizowane tylko po jednej stronie drogi w ogóle nie zmieniają warunków panujących na poboczach jezdni, a chronią przyległe pola przed skażeniem. Zwarte zadrzewienia pasowe w okresie zimy chronią również drogi przed zaspami śnieżnymi. Tego rodzaju zadrzewienia przydrożne powinny być estetyczne, wkomponowane w otaczający teren, dostosowane do warunków glebowych i klimatycznych. Grunt zajęty pod takie zadrzewienia przydrożne nie będzie

rolą utraconą, gdyż tego rodzaju zadrzewienia spełniają jeszcze wiele innych pożytecznych funkcji dla przyległych pól uprawnych, m.in. poprawiają mikroklimat i podnoszą plony (11). Można zatem połączyć te wielorakie pożyteczne funkcje w odpowiednich zadrzewieniach przydrożnych.

## WNIOSKI

1. Wzdłuż dróg, na skutek ruchu samochodowego, roślinność ulega skażeniu ołowiem, a w powietrzu notuje się wysokie koncentracje toksycznych składników spalin.

2. W lasach przydrożnych w odległości 30—100 m od jezdni notuje się wyższe koncentracje spalin niż przy tych samych odległościach i drogach przebiegających przez tereny nie zadrzewione.

3. Tylko zwarte pasowe zadrzewienia przydrożne znacznie ograniczają rozprzestrzenianie się ołowiu i innych toksycznych składników spalin.

4. Zadrzewienia ażurowe (pojedyncze drzewa na poboczach dróg), jakie zazwyczaj spotyka się przy naszych drogach, nie chronią przyległych pól przed skażeniami motoryzacyjnymi.

Z Zakładu Przyrodniczych Podstaw  
Melioracji AR w Krakowie

## LITERATURA

1. Aleksandrowicz J.: Wiedza stwarza nadzieje. Warszawa: Omega WP 1976.
2. Aleksandrowicz J.: Tęsknota za nowym ładem — po raz drugi. Odra 1982 nr 12.
3. Centrala Produktów Naftowych, pismo HB-3/83 z dnia 15.03.1983 — zużycie benzyn silnikowych i olejów napędowych oraz silnikowych w kraju w latach 1980—82.
4. Curzydło J.: Skażenie roślin ołowiem spalin samochodowych przy drogach regionu krakowskiego. Acta Agr. Silv., Ser. Agr. 1979 Vol. 16/2.
5. Curzydło J.: Zawartość ołowiu i innych metali w liściach i owocach jabłoni w sadach przydrożnych w rejonie Grójca, Łowicza i Krakowa. Acta Agr. Silv., Ser. Agr. 1982 Vol. 21.
6. Gumowska I.: Mieszkając przy szosie. Aura 1982 nr 1—4.
7. Kabata-Pendias A., Pendias H.: Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Warszawa: WGI 1979.
8. Ochrona przyrodniczego środowiska człowieka (praca zbiorowa). Warszawa: PWN 1973.
9. Quinche J-P., Curzydło J.: La pollution des prairies riveraines de l'auto-route Lausanne-Genève par le plomb des gaz d'échappement des véhicules automobiles. Rev. Suisse d'Agriculture 1972 No. 6.
10. Szymczyk S., Kajfosz J., Hrynkiewicz A.Z., Curzydło J.: Pixe studies of pollutants in plants. Nuclear Instr. and Methods 1981 No. 181.

11. Instytut Badawczy Leśnictwa, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Materiały z konferencji nt. znaczenia zadrzewień w kształtowaniu przyrodniczego środowiska człowieka. Cz. 1 i 2, Sękocin, 13—15 wrzesień 1977.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 8 marca 1984 r.

### Краткое содержание

В работе представлены результаты исследований касающиеся влияния автотранспорта и дорожного движения на природно-сельскохозяйственную среду.

Вдоль некоторых главных дорог в Польше исследовалась аккумуляция свинца в разных растениях, а также концентрация окиси углерода, углеводов, окиси азота и серы, а также алдегидов на разных расстояниях от дороги. Исследования были проведены на полях с культурами, в придорожных лесах, а также на участках дорог обсаженных сомкнутыми полосами зелени.

На участках дорог без древесных насаждений или с ажурными посадками, самое большое заражение растений свинцом, а также самая высокая концентрация токсических компонентов выхлопных газов в воздухе, отмечалось в самом близком соседстве с дорогой, на расстоянии до 10—30 м от проезжей части дороги, а по мере удаления от дороги, концентрация свинца и других токсических компонентов выхлопных газов уменьшилась. В то же время в придорожных лесах самая большая аккумуляция свинца в листьях, а также самая большая концентрация выхлопных газов, отмечалась на расстоянии 30—70 м от проезжей части дороги.

Сомкнутые придорожные полосы деревьев задерживают в границах дорожных полос автотранспортные загрязнения, а особенно соединения свинца, содержание которого в листьях со стороны дороги равнялось в среднем 22 ppm, а со стороны полей только 5—6 ppm Pb. Растения выращиваемые за такими залесениями на 70—75% меньше заражены свинцом. Ажурные древесно-кустарниковые посадки не ограничивают распространения токсических компонентов выхлопных газов.

### Summary

In the paper, the author presents results of studies concerning the influence of motorization and road traffic on the natural and agricultural environment. The accumulation of lead in various plants and the concentration of carbon monoxide, hydrocarbons, nitric oxide, sulphur oxides and aldehydes in various distances from the roadway were studied along some main roads in Poland. The studies were carried out in fields, in forests adjacent to the roads and in road sections with dense green belts on the sides.

In road sections without green belts or with openwork green belts, the highest intoxication of plants with lead and the highest concentrations of components of exhaust gas in the air were observed in the nearest surroundings of the road, in distance up to 10—30 m and with increasing distance from the roadway the concentration of lead and other toxic components of exhaust gas was decreasing. On the contrary, in the forest adjacent to roads the highest accumulation of lead in the leaves and the highest concentration of exhaust gas were observed in distance from the roadway amounting to 30—70 m.



Dense roadside belts intercept the motorization pollution, especially of the lead compounds, within the road zone. In conducted studies, the content of lead in the leaves of the belt plants amounted from the road side on the average to 22 ppm and from the field side only to 5—6 ppm Pb. Plants cultivated behind such green belts contain by 70—75% less lead. The openwork green belts do not reduce the spread of the toxic components of exhaust gas.