INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 5/2009, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 19–26
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Andrzej Czerniak, Małgorzata Górna, Dariusz Kayzer

WPŁYW DROGI O DUŻYM NATĘŻENIU RUCHU NA CECHY FIZYCZNE IGIEŁ SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

IMPACT OF ROAD UNDER HEAVY TRANSPORTATION LOADS ON PHYSICAL PROPERTIES OF SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS L.) NEEDLE

Streszczenie

Ruch samochodowy generuje zanieczyszczenia chemiczne, które mogą mieć wpływ na stan zdrowotny drzewostanów. Jako czuły indykator stanu środowiska przyrodniczego uznaje się aparat asymilacyjny sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), którego jakość jest ściśle skorelowana ze stanem zdrowotnym drzewostanu. Kumulacja i biosorpcja metali ciężkich np. chromu może prowadzić do redukcji długości i powierzchni oraz deformacji igieł.

Jako miarę reakcji na negatywne oddziaływanie drogi przyjęto podstawowe cechy fizyczne igieł sosnowych (długość i masę). Badaniami objęto młodnik sosnowy rosnący w sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego. Igły (jednoroczne i dwuletnie) pobierano z drzewek rosnących w transektach oddalonych od drogi o 20 m, 40 m i 60 m. Badania morfometryczne wykonano na zeskanowanych igłach przy użyciu programu „DigiShape". Do analizy rezultatów badań zastosowano analizę wariancji dla modelu klasyfikacji dwuczynnikowej, w której uwzględniono rocznik igieł (czynnik A) oraz odległość transektu od drogi (czynnik B).

Badania wykazały, że igły pobrane z drzew rosnących w obrębie transektu oddalonego o 60 m od drogi charakteryzowały się istotnie większymi wartościami mas i długości od igieł pobranych z drzew rosnących w ramach transektów oddalonych o 40 m i o 20 m od drogi. Igły zebrane z drzewek rosnących na transektach oddalonych o 20 m i o 40 m od drogi różniły się od siebie nieznacznie. Istotny negatywny wpływ oddziaływania szlaku komunikacyjnego na masę i długość aparatu asymilacyjnego sosny zwyczajnej stwierdzono w pasie o szerokości ok. 40 m.

Słowa kluczowe: ruch samochodowy, sosna, igły, indykator

Summary

Road transportation causes chemical pollution which may affect health of forest stands. The assimilative organs of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) are usually considered as a sensitive indicator of the environment quality, since quality of pine needles is a factor strongly determining tree stand health as a whole. Accumulation and biosorption of toxic metal compounds e.g. chromium compounds concentration can often result in deformation of needle or shortening of needle length.

Length and weight of needles were assigned as the benchmark factor of reaction to pollution cased by road transportation. Experimental plots were placed in sapling stands growing along state road no. 5 crossing the National Park of Wielkopolska (located in the western part of the Polish Lowland). The needles (one- and two-year specimen) were extracted from transects set in range of 20, 40 and 60 m distance from the road. Morphometric measurements were performed on scanned needles with application of digShape software. Two-factor variance analysis was employed (factor A age of needle and factor B distance from the road).

The needles extracted from trees growing on transect located 60 m away from the road returned significantly higher mass and length values than the needles extracted from the transects spreading 40 or 20 m away from the road. The significant difference between measurement results acquired form the transects located 20 and 40 m away from the road was not identified. Thus, the zone of strong pollution impact was recognized as a strip stretching up to 40 m away from the road.

Key words: *Road transportation, Scots Pine, needles, indicator*

WSTĘP

W celu polepszenia warunków transportu sieć drogowa w krajach Europy Środkowej i Wschodniej musi być zmodernizowana. Budowane będą nowe trasy szybkiego ruchu i autostrady przebiegające także przez kompleksy leśne. Trasy szybkiego ruchu, które są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania komunikacji samochodowej, powodują na terenach przyległych ogólnie znane skutki negatywne. Szlaki komunikacyjne generują zanieczyszczenia chemiczne, oraz hałas i wibracje. Skutkiem wylesień pasów drogowych są zmiany mikroklimatu i stopnia nasłonecznienia leśnych stref ekotonowych. Szlaki komunikacyjne powodują niekorzystne zmiany fizjograficzne, zmiany stosunków wodnych oraz fragmentację kompleksów leśnych. Poważne skutki biogeochemiczne mogą wywoływać zanieczyszczenia chemiczne wymywane z podbudów i nawierzchni wykonanych z nieprzetworzonych odpadów przemysłowych. Wiele związków destabilizujących równowagę chemiczną środowiska generują środki transportu samochodowego [Kayzer, Czerniak 2007; Magiera, Strzyszcz 2000]. Tereny przydrożne narażone są na skażenie tlenkiem węgla, węglowodorami pierścieniowymi, tlenkami azotu i siarki, aldehydami, pyłami czerni węglowej, azbestem oraz pierwiastkami śladowymi: kadmem, ołowiem, cynkiem.

Spłukane z nawierzchni drogowych substancje ropopochodne (SR) przenikają do środowiska gruntowo-wodnego obszarów leśnych sąsiadujących z dro-

gami. W gruntach przepuszczalnych migracja SR odbywa się głównie w układzie pionowym. Po dotarciu do zwierciadła wód gruntowych substancje ropopochodne rozchodzą się poziomo w strefie wzniosu kapilarnego. Substancje ropopochodne hamują rozwój a nawet eliminują większość mikroorganizmów glebowych poprzez naruszenie warunków troficznych i tlenowych, a w mniejszym stopniu poprzez działanie toksyczne. Obecność SR ogranicza dopływ tlenu do gruntu i zakłóca obieg składników pokarmowych, wzrasta ilość węgla organicznego, maleje ilość azotu i fosforu, obniża się pH. Przyczyną zanieczyszczenia wód i gleb stref przydrożnych w lasach są również chemiczne środki stosowane do zwalczanie zimowej śliskości nawierzchni drogowych oraz herbicydy używane do usuwania roślinności ze skarp i poboczy.

W przypadku stwierdzenia istotnie silnego wpływu dróg na kondycję drzewostanów przydrożnych należy dążyć do ograniczenia migracji do środowiska leśnego zanieczyszczeń chemicznych generowanych przez ruch samochodowy poprzez zastosowanie geomembran, separatorów ropopochodnych, barier biogeochemicznych oraz remediacji gleb.

CEL BADAŃ

Zanieczyszczenia komunikacyjne mogą wywoływać u roślin zmiany fizjologiczne i morfologiczne utrwalające się genetycznie. Jako czuły indykator stanu środowiska przyrodniczego uznaje się aparat asymilacyjny sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), którego jakość jest ściśle skorelowana ze stanem zdrowotnym drzewostanu. W badaniach genetycznych sosna zwyczajna, pomimo pewnego zróżnicowania reakcji na stres antropogeniczny na poziomie osobniczym, rodowym i populacyjnym stosowana jest jako biomarker wykazujący zmiany biochemiczne, immunologiczne i genetyczne.

Ogólnym celem realizowanego przez autorów projektu badawczego jest ocena wpływu dróg publicznych o dużym natężeniu ruchu na stan zdrowotny środowiska leśnego [Poszyler-Adamska, Czerniak 2007]. Zakres badań obejmuje między innymi ocenę metodami geochemicznymi i magnetometrycznymi zasięgu migracji poziomej i pionowej zanieczyszczeń komunikacyjnych w glebie oraz ocenę predyspozycji wybranych gatunków drzew do badań monitoringowych.

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy było określenie efektu biologicznego u drzewek sosnowych rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego.

Ocenę wpływu dróg na aparat asymilacyjny młodników sosnowych oparto na następujących hipotezach badawczych:

– ruch samochodowy oraz podbudowy i nawierzchnie drogowe mogą stanowić źródło zanieczyszczeń chemicznych migrujących do gleb i roślin,

– największa koncentracja związków chemicznych generowanych przez szlaki drogowe występuje głównie w strefach przydrożnych,

– migrujące z odcinków doświadczalnych zanieczyszczenia mogą wpływać na aktywność mikrobiologiczną i odczyn gleb oraz skład chemiczny, a tym samym na kondycję drzewostanów wyrażoną jakością aparatu asymilacyjnego.

METODA BADAŃ

Jako miarę reakcji na negatywne oddziaływanie drogi przyjęto podstawowe cechy fizyczne igieł sosnowych (długość i masę). Igły (jednoroczne i dwuletnie) pobierano z drzewek rosnących w transektach oddalonych od drogi o 20 m, 40 m i 60 m. Badania morfometryczne wykonano na zeskanowanych igłach przy użyciu programu „DigiShape". Do analizy rezultatów badań zastosowano analizę wariancji dla modelu klasyfikacji dwuczynnikowej, w której uwzględniono rocznik igieł (czynnik A) oraz odległość transektu od drogi (czynnik B).

Aparat asymilacyjny pobrano z drzew rosnących wzdłuż 3 równoległych transektów badawczych wyznaczonych w odległości 20 m (transekt A), 40 m (transekt B) i 60m (transekt C) od korony drogi. Transekty wyznaczono metodami geodezyjnymi. Jakość aparatu asymilacyjnego w strefie oddziaływania dróg oceniono analizując:

– masy ok. 400 świeżych igieł jednorocznych i 400 świeżych igieł dwuletnich pobranych z 10 drzewek charakteryzujących się średnimi cechami dendrometrycznymi (dla każdego z trzech transektów),

– długości ok. 400 świeżych igieł jednorocznych i 400 świeżych igieł dwuletnich pobranych z 10 drzewek charakteryzujących się średnimi cechami dendrometrycznymi (dla każdego z trzech transektów).

Do analizy wyników: masy [g] i długości [mm] igieł zastosowano analizę wariancji dla dwuczynnikowego modelu liniowego [Ott 1984]. Przyjęto, że *i*, *j*, *k*-tą obserwację można zapisać w postaci:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

gdzie:

y_{ijk} – wartość obserwowanej cechy (długość, masa),

μ – średnia ogólna,

α_i – efekt *i* – tego transektu,

β_j – efekt *j* – tego rocznika igły,

$(\alpha\beta)_{ij}$ – efekt interakcji drugiego rzędu (effect of second order interaction),

e_{ijk} – błędy losowe.

Dla porównania średnich wartości zmierzonych cech skorzystano z procedury porównań wielokrotnych opartej na rozkładzie studentyzowanego rozstępu [Ott 1984].

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki analiz wariancji dotyczących mas i długości igieł pobranych z drzew rosnących w sąsiedztwie wytypowanej do badań drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego przedstawione zostały w tabelach 1 i 2. Uzyskane wyniki pozwalają z dużym prawdopodobieństwem uznać, że analizowane parametry biometryczne igieł zdeterminowane są położeniem drzew względem drogi. Długości i masy igieł zróżnicowane są także ze względu na rocznik aparatu asymilacyjnego. Szczegółowe wyniki porównań dla efektów interakcji drugiego rzędu zaprezentowano w tabelach 3 i 4.

Tabela 1. Analiza wariancji wyników mas igieł pobranych z drzew rosnących w sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego
Table 1. Analysis of variance for weight of Scots Pine needles extracted from trees growing in the neighborhood of state expressway no. 5 in the area of the National Park of Wielkopolska

Źródło zmienności	Stopień Swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka testowa	Empiryczny poziom istotności
transekt	2	0,2463	0,1232	568,11	0,000
rok	1	0,0389	0,0389	179,32	0,000
transekt*rok	2	0,0070	0,0035	16,09	0,000
Błąd	2417	0,5240	0,0002		
Ogółem	2422	0,8061			

Tabela 2. Analiza wariancji wyników długości igieł pobranych z drzew rosnących w sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego
Table 2. Analysis of variance for length of Scots Pine needles extracted from trees growing in the neighborhood of state expressway no. 5 in the area of the National Park of Wielkopolska

Źródło zmienności	Stopień swobody	Suma kwadratów	Średni kwadrat	Statystyka testowa	Empiryczny poziom istotności
transekt	2	540,8	270,4	1057,2	0,000
rok	1	118,7	118,7	464,2	0,000
transekt*rok	2	21,0	10,5	41,0	0,000
Błąd	2417	618,2	0,3		
Ogółem	2422	1283,9			

Tabela 3. Średnie masy igieł [g] zebranych z drzew rosnących w sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego
Table 3. Mean weight of Scots Pine needles [g] extracted from trees growing in the neighborhood of state expressway no. 5 in the area of the National Park of Wielkopolska

Wiek igieł	Transekt			Różnica		
	A	B	C	B - A	C - B	C – A
Igły jednoroczne	0,0639	0,0722	0,0861	0,0083**	0,0138**	0,0221**
Igły dwuletnie	0,0730	0,0757	0,0978	0,0027	0,0221**	0,0248**
Różnica	-0,0091**	-0,0035*	-0,0117**			

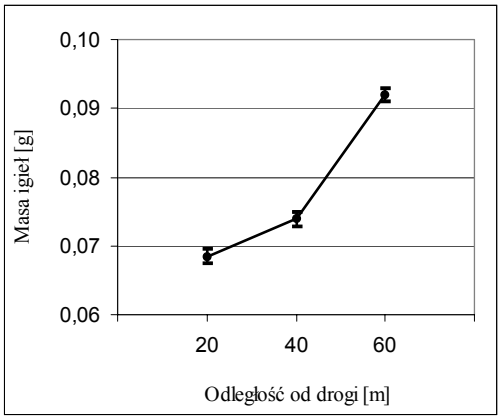
*różnica istotna na poziomie α=0,05
**różnica istotna na poziomie α = 0,01

Tabela 4. Średnie długości igieł [mm] zebranych z drzew rosnących w sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego
Table 4. Mean length of Scots Pine needles [mm] extracted from trees growing in the neighborhood of state expressway no. 5 in the area of the National Park of Wielkopolska

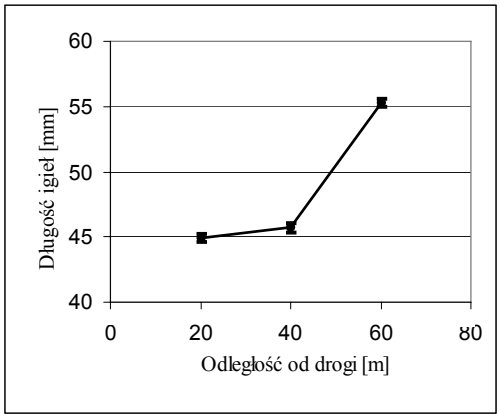
Wiek igieł	Transekt			Różnica		
	A	B	C	B - A	C - B	C - A
Igły jednoroczne	4,173	4,480	5,273	0,307**	0,793**	1,100**
Igły dwuletnie	4,813	4,668	5,784	-0,145**	1,116**	0,971**
Różnica	-0,640**	-0,188**	-0,511**			

**różnica istotna na poziomie α = 0,05

Przeprowadzone badania wykazały, że średnie masy i długości igieł jednorocznych i dwuletnich zebranych z drzew rosnących wzdłuż transektu C zlokalizowanego w odległości 60m od drogi, są istotnie większe od średnich mas igieł jednorocznych i dwuletnich zebranych z drzew rosnących wzdłuż transektów A (20 m od drogi) i B (40 m od drogi). Ponadto średnia masa igieł zebranych z drzew rosnących w obrębie transektu B jest istotnie większa od średniej masy igieł zebranych z drzew rosnących w obrębie transektu A (rys. 1), a w przypadku długości igieł takiej relacji nie zaobserwowano (rys. 2). Dodatkowo stwierdzono, że w obrębie każdego transektu średnie masy i długości igieł dwuletnich są istotnie większe od średnich mas i długości igieł jednorocznych.



Rysunek 1. Średnie ogólne masy igieł pobranych z drzew rosnących w sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego (odcinki pionowe oznaczają 95% przedziały ufności)
Figure 1. Grand mean value of needle weight for the needles extracted from trees growing in the neighborhood of state expressway no. 5 in the area of the National Park of Wielkopolska (95% confidence interval indicated by vertical segments)



Rysunek 2. Średnie ogólne długości igieł pobranych z drzew rosnących w sąsiedztwie drogi krajowej nr 5 na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego (odcinki pionowe oznaczają 95% przedziały ufności)
Figure 2. Grand mean value of needle length for the needles extracted from trees growing in the neighborhood of state expressway no. 5 in the area of the National Park of Wielkopolska (95% confidence interval indicated by vertical segments)

WNIOSKI

1. Wraz ze wzrostem odległości od drogi krajowej nr 5 przebiegającej przez Wielkopolski Park Narodowy wartości mas i długości zebranych igieł zwiększały się.

2. Igły pobrane z drzew rosnących wzdłuż transektu C (60m od drogi) charakteryzowały się największymi wartościami mas i długościami i istotnie różniły się od wyników uzyskanych dla drzew rosnących wzdłuż transektów A i B.

3. Istotny negatywny wpływ oddziaływania szlaku komunikacyjnego na masę i długość aparatu asymilacyjnego sosny zwyczajnej stwierdzono w pasie o szerokości ok. 40 m.

BIBLIOGRAFIA

Czerniak A., Rojewski Ł., Kayzer D. *Jakość aparatu asymilacyjnego sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) w zasięgu oddziaływania pola elektromagnetycznego generowanego przez linię elektroenergetyczną*. Acta Agrophysica 147, Vol 9(2). Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie, 2007, 333–343.

Giertych M. J., de Temmerman L.O., Rachwał L. *Distribution of elements along the length of Scots pine needles in a heavily polluted and a control environment*. Tree Physiology 17, 1997, 697–703.

Kayzer D., Czerniak A. *Wpływ dróg publicznych na cechy biometryczne aparatu asymilacyjnego w młodnikach sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.)*. Colloquium Biometryczne 37, 2007, 113–124.

Magiera T., Strzyszcz Z. *Ferrimagnetic minerals of anthropogenic origin in soils of some polish national parks*. Water, Air and Soil Pollution 124. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, 2000, 37–48.

Ott L. *An introduction to statistical methods and data analysis*. PWS Publishers, Boston, 1984.

Poszyler-Adamska A., Czerniak A. *Biological and chemical indication of roadside ecotone zones*. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, vol. XV, No 2. Vilnius Gediminas Technical University, 2007, 113–118.

Dr hab. inż. Andrzej Czerniak,
Mgr inż. Agata Poszyler-Adamska,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Inżynierii Leśnej
60-623 Poznań ul. Mazowiecka 41
aczerni@au.poznan.pl

Dr Dariusz Kayzer
Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych,
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu
60-637 Poznań, ul. Wojska Polskiego 28,
e-mail: dkayzer@au.poznan.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Wojciech Fiałkowski*