

Jerzy ZAWADA

Zakład Gospodarki Leśnej Regionów Górskich, Instytut Badawczy Leśnictwa,  
ul Fredry 39, 30-605 Kraków  
e-mail: zxzawada@cyf-kr.edu.pl

## **ŻYWOTNOŚĆ DRZEWOSTANÓW ŚWIERKOWYCH REGLA DOLNEGO W KOMPLEKSIE ROMANKI I LIPOWSKIEJ A ZAWARTOŚĆ MAKRO- I MIKROELEMENTÓW W IGŁACH DRZEW ORAZ WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE WIERZCHNICH WARSTW GLEB**

VITALITY OF THE MOUNTAIN SPRUCE STANDS IN ROMANKA AND  
LIPOWSKA FOREST COMPLEX VERSUS MACRO- AND MICRO-ELEMENTS  
IN TREE NEEDLES AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE TOP LAYERS  
OF MINERAL SOILS

**Abstract.** *The results of analyses of chosen micro- and macroelements concentrations in spruce needles were presented in the paper. The article also presents the results of the analyses of chosen elements of the top layers of mineral soils from spruce stands of different vitality growing on varied altitudes and slopes in the mountain area. The comparison of these results of analyses with stand vitality based on the estimation of their actual increment dynamics admits better understanding of the relations. It was found that the acidity of the top layers of mineral soils increased in the last years, what can be related with the emission decrease and simultaneous improvement of stand vitality.*

**Key words:** *spruce stands, increment dynamics, vitality, needles analyses, upper mineral soil analyses.*

## 1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Praca jest kontynuacją badań\* rozpoczętych w latach siedemdziesiątych w drzewostanach jodłowych. Badano zmiany stosunków przyrostowych, wyrażających pośrednio stan drzewostanów, i wpływ na nie wybranych czynników ekologicznych na tle oddziaływania emisji przemysłowych.

W pracy podjęto próbę oceny wyników analiz zawartości wybranych mikro- i makroelementów w igłach świerków oraz wyników analiz wybranych elementów wierzchnich warstw gleb. Badaniom poddano drzewostany świerkowe o zróżnicowanej żywotności rosnące na terenach górskich na różnych wysokościach nad poziomem morza i ekspozycjach. Żywotność ta oceniana jest na podstawie zmian zachodzących w przyroście w okresach dziesięcioletnich i określana liczbowo za pomocą tzw. współczynników przyrostowych.

Przedstawione badania mają charakter monitoringu biologicznego, którego celem jest lepsze poznanie procesów aktualnie zachodzących w środowisku leśnym.

## 2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Masyw Romanki i Lipowskiej leży w centralnej części Beskidu Żywieckiego. Najwyższe wzniesienia masywu to szczyty Romanki (1366 m n.p.m.) i Lipowskiej (1323 m n.p.m.). Masyw w całości zbudowany jest ze skał fliszu karpackiego, tzw. serii magurskiej. Głównym składnikiem budowy geologicznej są piaskowce magurskie, przekładane cienkimi na ogół warstwami łupków (SIKORA i ŻYTKO, 1960).

Tereny leśne zaczynają się od wysokości ok. 600 m n.p.m. i znajdują się w zasięgu trzech nadleśnictw: Jeleśnia, Ujszoły i Węgierska Górka. W lasach dominującym gatunkiem jest świerk z niewielką domieszką buka i jodły.

Lasy kompleksu Romanki i Lipowskiej nie znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł emisji, niemniej zaznaczają się tu szkodliwe wpływy zanieczyszczeń przemysłowych. Ich źródłem jest uprzemysłowiona stolica województwa Bielsko-Biała, znajdująca się w odległości ok. 30 km oraz znajdujące się w odległości ok. 60 km dwa duże zagłębia przemysłowe – śląskie i ostrawsko-karwińskie w Czechach. Wiatry wiejące często z kierunku północnego i północno-zachodniego przenoszą stamtąd zanieczyszczenia.

---

\* Praca wykonana w ramach tematów 15.3.2.0/5.01 oraz BLP 473 na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych

### 3. METODYKA I PRZEBIEG BADAŃ

W kompleksie Romanki i Lipowskiej w drzewostanach świerkowych znajdujących się w klasach wieku od IVb do VI (głównie Vb), przeważnie o zwarciu umiarkowanym, wybrano 14 stanowisk na ekspozycjach Pn, W i Z na wysokości ok. 800, 900, 1000 i 1100 m n.p.m. Na stoku południowym z braku odpowiednich drzewostanów wybrano tylko 2 stanowiska na wysokości ok. 1000 i 1100 m n.p.m. Ogólną charakterystykę tych stanowisk przedstawiono w tabeli 1. W położeniach wyższych od 1100 m n.p.m. i niższych od 800 m n.p.m. nie znaleziono odpowiednich drzewostanów.

Na każdym stanowisku ścięto po 2 drzewa panujące (II klasa wg Krafta), różniące się aktualnym przyrostem, co sprawdzano przy pomocy świdra Presslera. Z koron tych drzew, na wysokości ok. 1/3 licząc od wierzchołka zebrano gałęzie, z których później do analiz pobrano osobno igły jednoroczne i dwuletnie. Ogółem ścięto 28 drzew. Ponadto z drzew tych wycięto krążki do pomiaru przyrostu metodą analizy strzał. Wyniki tych pomiarów stanowiły podstawę do określenia

Tabela 1  
Table 1

Ogólna charakterystyka badanych drzewostanów  
General characteristics of stands used in the study

Nadleśnictwo Forest division	Oddział i pododdział Cutting section, subsection of cutting	Wystawa i wysokość m n.p.m. Direction of slope and altitude (in m above sea level)	Siedliskowy typ lasu Forest site type	Klasa wieku Age class	Współczynniki przyrostowe Increment coefficients	Stadium żywności drzewostanu Stand vitality stage
Jeleśnia	228 a	Pn – 800	LG	V b	0.68/1.02	II
	227 b	Pn – 900	LG	V b	0.83/1.01	IV
	232 a	Pn – 1000	LMG	V b	0.76/1.09	III
	231 c	Pn – 1100	BMG	V b	0.59/0.98	II
	199 a	W – 800	LG	IV b	0.89/0.89	IV
	209 a	W – 900	LMG	V b	0.90/0.94	IV
	213 b	W – 1000	LMG	VI	0.98/0.94	IV
	213 d	W – 1100	BMG	V b	0.67/0.99	II
Węgierska Górka	39 a	Z – 800	LMG	V b	0.75/1.06	III
	46 a	Z – 900	LMG	V b	0.63/1.00	II
	57 b	Z – 1000	BMG	VI	0.67/1.00	II
	57 a	Z – 1100	BMG	VI	0.60/1.23	III
Ujsoly	5 f	Pd – 1000	LMG	VI	1.03/1.04	IV
	5 c	Pd – 1100	BMG	VI	0.88/0.94	IV

dynamiki przyrostowej poszczególnych drzew, wyrażanej za pomocą miąższościowych współczynników przyrostowych (ZAWADA 1983).

Spod każdego drzewa w zasięgu rzutu koron, z miejsc o charakterystycznej dla danego stanowiska pokrywie, pobrano próbkę gleby z jej wierzchniej warstwy do ok. 20 cm głębokości, po usunięciu ścióły i warstwy nierozłożonej próchnicy. W leśnym kompleksie Romanki i Lipowskiej był to poziom próchniczny gleb brunatnych kwaśnych i wyługowanych oznaczany symbolem A<sub>1</sub> (ZAWADA 1974).

Prace te wykonano jesienią 1989 r. Ponownie pobrano próbki z tych samych stanowisk w cztery lata później, przy końcu okresu wegetacyjnego 1993 r. (z wyjątkiem stanowiska w oddz. 57 b, na którym znajduje się drzewostan bardzo silnie przeredzony o pokrywie zachwaszczonej).

Otrzymane wyniki stały się powodem powtórnej analizy stosunków przyrostowych, tym razem nie na ściętych drzewach, lecz na podstawie odwiertów pobranych świdrem Presslera po 15 z drzew panujących, znajdujących się na tych stanowiskach. Prace te wykonano w latach 1994-95. Metoda oceny żywotności drzewostanów świerkowych użyta obecnie przez autora polega na stosowaniu tzw. współczynników przyrostowych w postaci dwuczłonowej (ZAWADA 1994, 1995). Pierwszy człon, to iloraz przyrostu przeciętnego promieni pierśnic okresów 1971-80 oraz 1951-60, tj. czasu w którym szkody pochodzące od zanieczyszczeń przemysłowych na stanowiskach oddalonych od źródeł emisji nie miały jeszcze większego znaczenia. Drugi człon jest ilorazem przyrostu przeciętnego okresu od 1981 do roku wykonania pomiarów oraz okresu 1971-80, w którym straty na przyroście były przypuszczalnie największe.

Autor zaproponował orientacyjną charakterystykę żywotności drzewostanów świerkowych:

I – pierwszy człon o wielkości poniżej 0,85, drugi znacznie poniżej 1,0 – pogłębianie się sytuacji kryzysowej;

II – pierwszy człon o wielkości poniżej 0,85, drugi zbliżony do 1,0 – stabilizacja sytuacji kryzysowej;

III – pierwszy człon poniżej 0,85, drugi powyżej 1,0 – początek rewitalizacji.;

IV – pierwszy człon o wielkości zbliżonej lub wyższej od 0,85, drugi o wielkości podobnej lub wyższej – drzewostany o normalnej żywotności.

Pomiary przyrostu na odwiertach wykonywane były przyrostomierzem firmy Codima z dokładnością do 0,01 mm. Obliczone wielkości współczynników przyrostowych dla poszczególnych stanowisk znajdują się w tabeli 1.

Analizy gleb wykonano w Pracowni Gleboznawstwa i Nawożenia Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie następująco:

- pH metodą potencjometryczną,
- C<sub>org.</sub> według zmodyfikowanej metody Tiurina,
- N<sub>og.</sub> według zmodyfikowanej metody Kjeldahla,
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> przyswajalny metodą Egnera-Riehma,

– K, Ca, Mg (kationy wymienne w 1n octanie amonu) spektrofotometrem absorpcji atomowej,

–  $H_{\text{hydr}}$  według zmodyfikowanej metody Kappena,

–  $Al_{\text{wym}}$  metodą Sokołowa.

Na podstawie wyników analiz określano pojemność sorpcyjną  $Th$  oraz stopień nasycenia zasadami  $Vh$ .

Analizy zawartości pierwiastków w igłach wykonano następująco:

– N przez destylację po spaleniu w stężonym kwasie siarkowym,

– P po spaleniu w stężonym kwasie nadchlorowym metodą wanado-molibdenową,

– K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe po spaleniu w stężonym kwasie nadchlorowym (na spektrofotometrze absorpcji atomowej).

Analizy zawartości S na analizatorze siarki SC-132 firmy LECO wykonano w Zakładzie Gospodarki Leśnej Rejonów Przemysłowych Instytutu Badawczego Leśnictwa w Katowicach.

Stwierdzone przy obliczeniach różnice w otrzymanywanych średnich weryfikowano testem Studenta.

## 4. WYNIKI BADAŃ

### 4.1. Żywotność drzewostanów

W latach siedemdziesiątych w ślad za świerczynami Sudetów zaczął się też pogarszać stan świerczyn beskidzkich. W związku z tym opracowano ekspertyzę, której celem było określenie zasad zagospodarowania drzewostanów Beskidu Śląskiego i Żywieckiego w warunkach zagrożeń przemysłowych (SMYKAŁA i in. 1987). Wyróżniono w niej dwie grupy drzewostanów, w których występują negatywne zjawiska. Są to drzewostany położen najwyższych, w których występuje osłabienie i zamieranie drzew, oraz drzewostany położen najniższych, w których rozszerza się szkodliwa działalność opieńki miodowej. Duże zagrożenie drzewostanów świerkowych wyższych położen Beskidów rozpoczyna się od ok. 1000 m n.p.m. (ZAWADA 1986, 1987).

W tabeli 1 przedstawiono wielkości współczynników przyrostowych wynikające z aktualnych pomiarów. Wielkości pierwszych członów tych współczynników potwierdzają poprzednio przedstawione opinie: w wyższych położeniach, 1000 i 1100 m n.p.m. ich wartości są znacznie niższe od požądanych, co uwidocznilo się w stanie drzewostanów. Wartości drugich członów zbliżone do liczby 1 wskazują jednak, że procesy destrukcyjne w drzewostanach zostały na ogół powstrzymane, a niekiedy nastąpiła wyraźna poprawa.

Drzewostany niższych położzeń stoków północnych i wschodnich, a także drzewostany z wysokości 1000 i 1100 m n.p.m. rosnące na stoku południowym nie wykazywały dotąd oznak osłabienia. Gorszy stan drzewostanów niższych położzeń stoków zachodnich wynika częściowo z faktu, że są to stoki nawietrzne (ZAWADA 1974), a na stan drzewostanu w oddz. 228, rosnącego na stoku północnym na wysokości 800 m n.p.m., może mieć wpływ szkodliwa działalność opieńki miodowej. Działalność ta nie uległa w ostatnim okresie zahamowaniu, a na niektórych terenach mamy do czynienia z jej dalszym wzmożeniem (CAPECKI 1994).

## 4.2. Zawartość wybranych makro- i mikroelementów w igłach

W analizowanym materiale badawczym nie znaleziono bezpośrednich współzależności pomiędzy dynamiką przyrostową ściętych drzew a zawartością wybranych makro- i mikroelementów w igłach. Nie znaczy to oczywiście, że zawartość ta nie ma wpływu na stan drzewostanów. Wpływ ten należałoby rozpatrywać łącznie z innymi czynnikami, gdyż np. różne będzie oddziaływanie tego samego elementu w warunkach stresu klimatycznego i w warunkach korzystnych.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analiz igieł jednorocznych i dwuletnich, pogrupowanych w układy w zależności od wysokości nad poziomem morza i ekspozycji. Zamieszczono dane przeciętne oraz rzeczywisty zakres zawartości poszczególnych elementów w igłach. Wynika z nich, że zawartość azotu w igłach świerków pochodzących z ekspozycji wschodniej jest znacznie wyższa niż u pozostałych. Mieści się ona, biorąc pod uwagę wszystkie ścięte drzewa, w granicach od 2,61 do 2,88% w igłach jednorocznych i od 2,45 do 3,01% w igłach dwuletnich. Zawartość azotu w pozostałych próbkach (z jednym wyjątkiem) mieści się w przypadku igieł jednorocznych w granicach od 1,05 do 1,65%, a u igieł dwuletnich od 1,1 do 1,45%. Wynika z tego, że zawartość azotu w igłach świerków rosnących na stoku wschodnim jest około dwukrotnie większa niż w igłach świerków z pozostałych stoków. Być może wiąże się to z tym, że stok ten znajduje się w osłoniętej, zamkniętej dolinie, a pozostałe to ekspozycje otwarte. HAMBUCKERS i REMACLE (1991), a także i inni autorzy, traktują zwiększoną zawartość azotu w igłach jako efekt oddziaływania emisji przemysłowych. Równocześnie jednak w materiale badawczym z kompleksu Romanki i Lipowskiej brak jest widocznych oznak wpływu tej zawartości na dynamikę przyrostową ściętych drzew.

Na ekspozycji wschodniej igły świerków zawierają też kilkakrotnie więcej żelaza niż na pozostałych ekspozycjach, z wyjątkiem wyższych położzeń na stoku północnym (tab. 2).

Podobnie jak w przypadku zawartości azotu, nie ma bezpośredniego związku zwiększonej zawartości żelaza z dynamiką przyrostu wynikającą z pomiarów wykonanych na ściętych drzewach. Przy tak dużej rozpiętości tej zawartości i kilkakrotnie większej akumulacji w igłach drzew wyższych położzeń nie wydaje

Tabela 2

Table 2

Zawartość wybranych makro- i mikroelementów w igłach świerków w kompleksie Romanki i Lipowskiej w zależności od wystawy i wysokości nad poziomem morza (ZAWADA 1990)

Contents of chosen macro- and micro-elements in the spruce needles in Romanka and Lipowska forest complex according to the mountainside exposure and the altitude (Zawada 1990)

Wystawa i wysokość próbek n.p.m. (m) Exposure and altitude(m)	Liczba próbek Number of samples	Igły jednoroczne 1-year-old needle									Igły dwuletnie 2-year-old needle										
		N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Mn	Fe	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Mn	Fe		
		%									ppm		%								
Pn N	8	1.56	0.17	0.54	0.20	0.10	0.00	0.150	471	306	1.56	0.15	0.44	0.45	0.11	0.00	0.163	695	308		
Pd S	4	1.18	0.17	0.51	0.10	0.07	0.02	0.124	472	119	1.23	0.14	0.44	0.25	0.06	0.02	0.136	693	188		
W E	8	2.75	0.16	0.40	0.13	0.09	0.00	0.146	399	788	2.76	0.13	0.48	0.33	0.09	0.01	0.158	662	919		
Z W	8	1.30	0.15	0.57	0.19	0.10	0.01	0.144	372	133	1.30	0.13	0.48	0.40	0.10	0.01	0.155	527	181		
1100	8	1.84	0.16	0.46	0.15	0.09	0.01	0.135	497	443	1.89	0.14	0.43	0.37	0.10	0.01	0.147	754	476		
1000	8	1.61	0.15	0.50	0.15	0.09	0.01	0.144	364	331	1.63	0.13	0.45	0.34	0.09	0.02	0.156	550	362		
900	6	1.82	0.17	0.51	0.17	0.11	0.01	0.142	341	320	1.80	0.14	0.50	0.42	0.10	0.01	0.159	524	403		
800	6	1.86	0.17	0.57	0.19	0.09	0.01	0.154	482	364	1.82	0.14	0.49	0.38	0.09	0.01	0.163	711	483		
1000-1100	16	1.72	0.16	0.48	0.15	0.09	0.01	0.140	430	387	1.76	0.13	0.44	0.35	0.09	0.01	0.151	652	419		
800-900	12	1.84	0.17	0.54	0.18	0.10	0.01	0.148	411	342	1.81	0.14	0.49	0.40	0.10	0.01	0.161	618	443		
Średnia ogólna Total average	28	1.77	0.16	0.50	0.16	0.09	0.01	0.143	422	367	1.78	0.14	0.46	0.37	0.09	0.01	0.155	637	429		
Zakres wyników analiz Range of the results from the analysis	28	1.05- -2.88	0.11- -0.21	0.25- -0.73	0.08- -0.39	0.05- -0.12	-	0.117- -0.166	220- -680	100- -885	1.1- -3.01	0.11- -0.16	0.37- -0.59	0.11- -0.86	0.05- -0.13	-	0.125- -0.182	300- -1110	125- -1335		
Zakres zawartości Fe: Range of the contents Fe:																					
W E	8	560-885									560-1335										
Pn N(1000-1100)	4	200-660									200-810										
Pn N(800-900)	4	125-200									175-200										
Pd i Z S and W	12	100-150									125-250										

się jednak, by nie wywierała wpływu na osłabienie drzew w drzewostanach tam rosnących.

Na stokach północnych i zachodnich występuje większa niż na pozostałych zawartość wapnia w igłach. W igłach jednorocznych jest ona prawie dwukrotnie wyższa, natomiast u igieł dwuletnich różnica ta jest nieco mniejsza.

### 4.3. Wybrane właściwości wierzchnich warstw gleb

W tabeli 3 przedstawiono wybrane właściwości chemiczne wierzchnich warstw gleb określone z próbek pobranych dwukrotnie w tych samych fragmentach drzewostanów świerkowych w kompleksie Romanki i Lipowskiej w latach 1989 i 1993 oraz porównawczo wyniki analiz próbek gleby z regla górnego pobranych przy okazji innych badań (ZAWADA 1994).

W tabeli tej znajdują się wyniki analiz 25 próbek z 1989 r. i 26 próbek z 1993 r. Powinno być ich po 28 (tyle ile zostało ściętych drzew), ale nie zostały uwzględnione wyniki analiz próbek ze stanowiska 1000 m n.p.m. na stoku zachodnim oraz wyniki analiz 1 próbki pobranej w 1989 r. na tym samym stoku na wysokości 1100 m n.p.m. W pierwszym przypadku próbki pochodziły z drzewostanu o zwarcu luźnym i zachwaszczonej pokrywie, co budziło obawy o porównywalność wyników i analiz w 1993 r. ponownie nie wykonano. W drugim przypadku analizy nie uwzględniono z powodu przypadkowo ekstremalnie dużej zawartości wapnia.

Podobnie jak w przypadku zawartości wybranych makro- i mikroelementów w igłach, nie znaleziono bezpośrednich współzależności pomiędzy dynamiką przyrostową ściętych w 1989 r. drzew a wybranymi właściwościami wierzchnich warstw gleb.

Stwierdzono natomiast znacznie większą zawartość azotu w glebach wyższych położeniach, tzn. na wysokościach 1000 i 1100 m n.p.m. w porównaniu z pozostałymi. Zawartość ta jest także przeciętnie wyższa na stoku północnym w porównaniu ze stokami wschodnim i zachodnim. Zwiększonej zawartości azotu w wyższych położeniach towarzyszy zmniejszona żywotność znajdujących się tam drzewostanów.

Poprawa żywotności drzewostanów świerkowych stwierdzona m. in. w reglu dolnym Sudetów, a także zahamowanie postępu szkodliwych procesów destrukcyjnych w wyższych położeniach Beskidów i Sudetów (ZAWADA 1990, 1994) były powodem ponownego pobrania próbek gleby w tych samych fragmentach drzewostanów kompleksu Romanki i Lipowskiej.

Porównanie danych z lat 1989 i 1993 wskazuje na zmiany zachodzące w wierzchnich warstwach gleb (tab. 3). Najbardziej zauważalne zmiany to:

Tabela 3

Table 3

Właściwości chemiczne wierzchnich warstw gleby w drzewostanach świerkowych w kompleksie Romanki i Lipowskiej w latach 1989 i 1993 (ZAWADA 1990, 1995) oraz w reglu górnym (ZAWADA 1994).

Chemical properties of the top layers of mineral soils in the spruce stands in Romanka and Lipowska forest complex in the years 1989 and 1993 (Zawada 1990, 1995) and in the upper the same mountain region (Zawada 1984)

Wystawa i wysokość n.p.m. (m) Exposure and altitude (m)	Liczba próbek Number of samples	pH		C	N	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Na	Al	Hh	Th	Vh
		w H <sub>2</sub> O	w KCl												
mg/100 g gleby mg/100 g of soil															
me/100 g gleby me/100 g of soil															
%															
I – 1989															
Średnia ogólna Total average	25	3.9	3.5	5.97	0.377		0.5	9.5	24.2	5.4	2	140.5	27.4	29.4	7
Wystawa Exposure															
Pn N	8	3.8	3.5	6.99	0.444		0.6	9.5	27.1	5.5	2.2	105.6	26.4	28.5	7.5
Pd S	4	3.9	3.5	6.39	0.405		0.4	10.7	15.6	5.2	2.2	191.3	31.5	33.1	4.8
W E	8	3.9	3.5	5.02	0.324		0.3	8.2	26	5	1.9	133.4	26.1	28.1	7.1
Z W	5	4.1	3.7	4.52	0.332		0.3	10.7	23.8	5.9	1.8	167.4	27.9	29.9	6.8
Wys. n.p.m. Altitude (m)															
1100	7	3.8	3.5	5.61	0.379		0.4	9.7	21.6	6	1.8	158.7	29.6	31.5	6.1
1000	6	3.8	3.4	8.13	0.451		0.6	11	24.7	5.3	2.3	135.9	29.6	31.6	6.5
900	6	4	3.7	4.83	0.358		0.4	8.7	27.4	5.5	1.9	135.9	26.2	28.3	7.5
800	6	4	3.6	4.36	0.306		0.4	9.1	23.2	4.7	2.2	134.3	23.8	25.7	7.3
1000-1100	13	3.8	3.5	6.87	0.415		0.5	10.3	23.1	5.7	2	147.3	29.6	31.6	6.3
800-900	12	4	3.6	4.60	0.332		0.4	8.9	25.3	5.1	2	135.1	25	27	7.4
II – 1993															
Średnia ogólna Total average	26	3.7	3	5.5	0.335	0.038	0.6	16.9	20.7	10.9	2.3	228.2	34.1	36.6	7.1
Wystawa: Exposure															
Pn N	8	3.6	3	7.11	0.439	0.058	0.7	19.4	20.5	11	2.4	231.7	41	43.5	5.9
Pd S	4	3.7	3	5.51	0.324	0.033	0.5	17.3	20.1	10.4	2.1	189	29.6	32	7.5
W E	8	3.6	2.9	5.13	0.284	0.028	0.6	14.9	19.8	10.8	2.1	265	35.2	37.5	6.3
Z W	6	3.8	3.1	4.75	0.31	0.031	0.7	16.9	22.8	11.4	2.6	236.3	32.3	34.9	7.5
Wys. n.p.m. (m) Altitude															
1100	8	3.7	3	5.5	0.331	0.038	0.7	16.6	21.5	11.1	2.5	191.2	31.7	34.2	7.4
1000	7	3.6	2.8	6.37	0.362	0.04	0.5	15.8	20.4	11.3	2.2	258.8	38.2	40.6	6.1
900	6	3.8	3.1	6.08	0.377	0.045	0.6	19.4	20.9	11.4	2.3	265.5	36.7	39.3	6.6
800	6	3.9	3.3	4.06	0.27	0.027	0.7	15.8	19.6	9.9	2	209.5	30.8	33.1	6.9
1000-1100	13	3.6	2.9	5.93	0.346	0.039	0.6	16.2	21	11.2	2.3	225	34.9	37.4	6.7
800-900	12	3.8	3.2	5.07	0.323	0.036	0.6	17.6	20.2	10.7	2.2	237.5	33.7	36.2	6.8
III – Regiel górny III – upper mountain region															
	9	3.5	2.9	7.96	0.494	0.066	2.8	11.5	15.6	6.7	2.1	106.8	29.2	30.9	5.9
t Studenta – porównanie średnich z lat 1989 - 1993 Student's t – comparison of the average values from the years 1989-1993															
t		3.38	7.77	-	1.54	-	-	8.29	2.21	14.4	1.62	6.31	3.36	3.57	-

t krytyczne przy poziomach ufności u - 0.91 = 2.01 oraz u-0.90 = 1.68 critical t with confident level u - 0.9 = 2.01 and u- 0.90 = 1.68

– wzrost średniej kwasowości; pH w H<sub>2</sub>O z 3,9 do 3,7, pH w KCl z 3,5 do 3,0, przy czym wzrost ten, dotyczy wszystkich wymienionych w tabeli pozycji (wszystkie wystawy i wymienione poprzednio wysokości n.p.m.),

– wzrost średniej zawartości glinu (Al<sub>wym.</sub>) z 140,5 mg do 228,2 mg/100 g gleby,

– dwukrotny wzrost średniej zawartości magnezu i prawie taki sam potasu; odpowiednio z 5,4 do 10,9 i 9,5 do 16,9 mg/100 g gleby (wzrost ten dotyczy też wszystkich pozycji),

– spadek zawartości wapnia,

– spadek zawartości azotu na ekspozycjach Pd, W i Z, a zwłaszcza w położeniach 1000 i 1100 m n.p.m.

Zmiany te wzajemnie się rekompensują (wzrost kwasowości i zawartości glinu przy równoczesnym wzroście zawartości elementów o charakterze zasadowym), tak że stopień nasycenia zasadami *Vh* pozostaje praktycznie bez zmian.

Na stoku północnym, gdzie zanotowano w 1989 r. najwyższą zawartość azotu, nie stwierdzono większych zmian. Z analiz zawartości siarki wykonanych w 1993 r. (w 1989 r. analiz tych nie zrobiono) wynika również jej wyższa zawartość na tym stoku w porównaniu z ekspozycjami pozostałymi.

U dołu tabeli znajdują się wyniki analiz 9 próbek pobranych w latach 1991 i 1992 w reglu górnym w ok. 200-letnim drzewostanie świerkowym stanowiącym rezerwat (ZAWADA 1994). Zauważyć tu można większą niż w niższych położeniach zawartość siarki i azotu.

W tabeli 4 przedstawiono porównanie kwasowości wierzchnich warstw gleb według średnich wyników analiz próbek (ZAWADA 1995), które były pobrane dwukrotnie w tych samych drzewostanach świerkowych na terenach górskich: w Beskidach (Nadl. Sucha Beskidzka, obręb Zawoja i Nadl. Ujsoły w latach 1987 i 1995), w Sudetach (Nadl. Bystrzyca Kłodzka w latach 1989 i 1995) i w Tatrzańskim Parku Narodowym w latach 1990 i 1995 oraz w drzewostanach jodłowych Bieszczadów (Nadl. Lutowiska i Bieszczadzki Park Narodowy w latach 1988 i 1993).

Wyniki analiz 60 próbek świadczą o tym, że zwiększenie kwasowości gleb w poziomach znajdujących się bezpośrednio pod ściolą występuje na całym obszarze gór. Wzrost ten jest wyraźniejszy i statystycznie bardzo istotny w przypadku kwasowości wymiennej (pH w KCl), natomiast jeśli chodzi o pH w H<sub>2</sub>O, to wyraźny jej wzrost zaznacza się w próbkach pochodzących z Sudetów i ze znajdujących się w stadium początku rewitalizacji drzewostanów jodłowych Bieszczadów (tab. 4).

Porównanie pozostałych analiz próbek z tych terenów nie daje tak wyraźnego obrazu jak w przypadku kompleksu Romanki i Lipowskiej. Podobnie jak i tam spadła nieco zawartość azotu w Beskidach, zaś spadek zawartości wapnia i wzrost zawartości glinu wykazuje analiza próbek pochodzących z Bieszczadów.

Tabela 4  
Table 4

**Kwasowość wierzchnich warstw gleby według próbek pobranych dwukrotnie w drzewostanach świerkowych i jodłowych w latach 1987-1995 (ZAWADA 1990, 1995)**  
Acidity of the top layers of mineral soils in the samples from the chosen spruce and fir stands from the other regions in the years 1987-1995 (Zawada 1990,1995)

Wyszczególnienie Specification	Drzewostany świerkowe Spruce stands			Drzewostany jodłowe Fir stands	
	Beskidy	Sudety	Tatry	Bieszczady	
<b>Termin pierwszych badań</b> Date of the first investigation	1987		1989	1990	1988
pH <sub>H2O</sub> – pH <sub>KCl</sub>	4.1   3.5	4.4   4.1	4.2   3.6	4.5   3.8	
<b>Termin drugich badań</b> Date of the second investigation	1995		1995	1995	1993
pH <sub>H2O</sub> – pH <sub>KCl</sub>	4   3.2	3.7   3	4.1   3.2	4.3   3.5	
<b>Liczba próbek</b> Number of samples	10		5	9	6
<b>t Studenta – porównanie średnich z dwóch okresów badań</b> t-test – comparison of average values from the two research periods					
t	–   3.33	3.56   4.75	–   3.97	1.96   4.79	
<b>t przy u: 0.9</b> t with u: 0,9	1.73	1.86	1.75	1.81	
<b>t przy u: 0.95</b> t with u: 0,95	2.1	2.31	2.12	2.23	

## 5. DYSKUSJA WYNIKÓW

Szkodliwy wpływ emisji przemysłowych na drzewa leśne zaznacza się między innymi poprzez ponadnaturalną zawartość niektórych elementów w igłach wskutek osadzania się tam szkodliwych substancji. Stąd też wielu autorów podaje wielkości optymalne zawartości poszczególnych pierwiastków, celem dokonania oceny stanu konkretnych drzewostanów.

Według BONNEAU (1991) optymalna procentowa zawartość poszczególnych pierwiastków w igłach świerka wynosi: S – 0,11-0,13; N – 1,5-1,6; P – 0,17-0,20; K – 0,5-0,6; Ca – 0,3-0,4; Mg – 0,08-0,11.

KWAPIS (1990) cytuje austriackie normy graniczne procentowej zawartości pierwiastków w suchej masie jednorocznych igieł świerka: S – 0,11; N – 2,2; P – 0,3; K – 0,85; Ca – 0,9; Mg – 0,2. Autor ten podaje na podstawie swoich badań, prowadzonych na terenach dotkniętych klęską ekologiczną w Nadleśnictwie Świeradów, że siarka w suchej masie jednorocznych igieł świerka w 1983 r. znajdowała się w przedziale 0,140-0,234%, a w 1984 r. – 0,148-0,202 %.

ZÖTTL i MIES (1983) w wyniku badań prowadzonych w południowym Szwarzwaldzie określili zawartość manganu podobną do otrzymanej w niniejszej pracy (tab. 2), przy czym wyższą zawartość miały igły zdrowe, zaś niższą igły z objawami przebarwień. Natomiast zawartość żelaza jest według nich ok. 10 razy niższa i nie ma ona związku ze stanem igieł.

Wartości przedstawione w tabeli 2, z wyjątkiem tych dla siarki, azotu i prawdopodobnie żelaza (na ten temat mamy w literaturze bardzo mało danych), nie odbiegają od normy. Pewne przekroczenie zawartości wymienionych trzech pierwiastków może stanowić dodatkowy czynnik osłabiający drzewostany w wyższych położeniach górskich.

Wiadomo, że wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza wzrasta ilość opadów, które przynoszą większość zanieczyszczeń, zwłaszcza siarki i azotu (HICKS 1989). Nadmiar azotu w glebie jest przez wielu autorów uważany za jeden z podstawowych czynników szkodliwych w lasach wyższych położeniach górskich i na terenach nadmiernie zawilgoconych (NIHLGARD\* 1985; DRISCOLL, SCHAEFER 1989; EVERS, HÜTTL 1990/91; FABISZEWSKI, WOJTUŃ 1994; GUNDERSEN 1991; HEINSDORF 1988; KÜHLI 1985; LOCHMAN 1993; ULRICH 1989). Dotychczasowe badania autora również wykazują w podłożu drzewostanów bardzo osłabionych i zamierających często zwiększoną zawartość azotu (ZAWADA 1992). Występuje ona również w wyższych położeniach kompleksu Romanki i Lipowskiej.

W wierzchnich warstwach gleb na zboczu północnym występuje większa niż na pozostałych zboczach zawartość siarki. Więcej jest jej także w reglu górnym na Romance. Podobnie jest w Gorczańskim Parku Narodowym w poziomie organicznych gleb na stokach północnych (NIEMTUR 1997). Ponieważ zawartość siarki na całym stoku jest podobna, a odnosi się do drzewostanów o różnych stadiach żywotności, zagrożenie to jest trudne w ocenie (tab. 1).

Zatrzymaniu procesów destrukcyjnych w drzewostanach świerkowych kompleksu Romanki i Lipowskiej, a także poprawie ich żywotności towarzyszy wzrost kwasowości gleby, przy równoczesnym wzroście zawartości glinu ruchomego. Zmiany w glebie mogą wynikać ze zmniejszenia nasilenia i zmian składu chemicznego zanieczyszczeń przemysłowych dochodzących do tych terenów. Może to być związane ze zmniejszeniem się alkalicznych zanieczyszczeń pyłowych i budzić, mimo ogólnej poprawy, pewien niepokój. Zgodnie bowiem ze znaną teorią ULRICHA (1981) o toksycznym wpływie jonów glinu sytuacja może się pogorszyć, jeżeli proces zakwaszania się gleb będzie dalej postępował. Być może w warunkach fliszu karpackiego nie jest to groźne zjawisko, gdyż jak pisze ADAMCZYK (1986) gleby te oznaczają się na ogół wysoką stabilizacją jeśli chodzi o możliwość większych zmian w zakresie ich chemizmu. Nawet przy

---

\* autor hipotezy o dominującym szkodliwym wpływie nadmiaru azotu w glebie

stosunkowo dużej zawartości toksycznego glinu ruchomego nie stwierdza się jego ujemnego wpływu na wzrost roślin zasiedlających te tereny. Tego rodzaju wątpliwości mogą przemawiać za potrzebą kontynuowania badań.

Z przedstawionych danych wynika jednak, że zwiększenie kwasowości wierzchnich warstw gleb zauważane jest też na innych terenach w górskich drzewostanach świerkowych i jodłowych, a zjawisku temu często towarzyszy poprawa ich żywotności.

Omawianym procesom w drzewostanach świerkowych kompleksu Romanki i Lipowskiej towarzyszy także zmniejszenie się ilości azotu w wierzchnich warstwach gleb, zwłaszcza na wysokościach 1000 i 1100 m n.p.m., co może również wynikać ze zmniejszenia ilości emisji przemysłowych.

## 6. PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

W lasach kompleksu Romanki i Lipowskiej w ostatnim czasie ma miejsce zatrzymanie procesów destrukcyjnych, które rozpoczęły się w latach siedemdziesiątych w wyższych położeniach górskich, a miejscami także poprawa żywotności drzewostanów.

Procesy destrukcji w drzewostanach świerkowych powstają tu przede wszystkim w wyższych położeniach górskich, gdzie do naturalnego stresu klimatycznego dołączają się szkodliwe wpływy zanieczyszczeń pochodzących z emisji przemysłowych.

Z przeprowadzonych badań wynika, że tymi szkodliwymi czynnikami mogą być: zwiększona zawartość żelaza, siarki i azotu w igłach świerków oraz zwiększona zawartość azotu i siarki w wierzchnich warstwach gleb.

Zmianom zachodzącym w drzewostanach świerkowych kompleksu Romanki i Lipowskiej towarzyszą następujące zmiany właściwości występujących tam gleb:

- wzrost średniej kwasowości, przy czym wzrost ten dotyczy wszystkich wystaw i wysokości nad poziomem morza, na których prowadzono badania,
- znaczny wzrost średniej zawartości glinu,
- dwukrotny wzrost średniej zawartości magnezu i prawie taki sam potasu,
- spadek zawartości wapnia,
- spadek zawartości azotu na ekspozycjach Pd, W i Z, a zwłaszcza w położeniach 1000 i 1100 m n. p. m.

Zwiększenie kwasowości wierzchnich warstw gleb zauważalne jest też na innych terenach w górskich drzewostanach świerkowych oraz jodłowych. Zjawisku temu towarzyszy często poprawa żywotności drzewostanów, z czego można wnioskować, że przynajmniej na razie jest to zjawisko korzystne.

## VITALITY OF THE MOUNTAIN SPRUCE STANDS IN ROMANKA AND LIPOWSKA FOREST COMPLEX VERSUS MACRO AND MICRO-ELEMENTS IN TREE NEEDLES AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE TOP LAYERS OF MINERAL SOILS

### Summary

In Romanka and Lipowska forest complex, processes of forest decline which started in 1970's in the higher mountain stations, have now stopped and the local improvements of stand vitality have been noticed. The process of spruce stand decline usually occurs in the higher mountain locations where the natural climatic stresses exacerbate the harmful influence of air pollution.

The research carried out revealed that harmful factors attributed to air pollution might be:

- increased contents of iron, sulphur and nitrogen in spruce needles and – increased contents of nitrogen and sulphur in the top layers mineral soils.

Accompanying the ceasing of decline in spruce stands of Romanka and Lipowska complex and their vitality improvement were changes of the following soil property:

- increase of average acidity on all the exposures and altitudes where samples were taken;

- doubling of magnesium and potassium;

- decrease of calcium;

- decrease of nitrogen in south-east and south-west exposures particularly on altitudes of 1000 and 1100 m

Increased acidity of the top layers of mineral soils was also noticed in the other mountain spruce and fir stands too along with improvement of their vitality. The methods described here could be used to estimate the changes in the vitality of stands and the other connected factors.

(transl. T. O. with author's verif.)

## PIŚMIENNICTWO

- ADAMCZYK B. 1986: Gleboznawcze aspekty obumierania lasów górskich. *Sylvan*, 2/3: 25-35.
- BONNEAU M. 1991: French research into forest decline. W: Remedies for forest decline (ed. G. Landmann). DEFORPA Programme – 2nd report École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts; Nancy, France.
- CAPECKI Z. 1994: Rejony zdrowotności lasów zachodniej części Karpat. Pr. Inst. Bad. Leśn., 781: 61-125.
- DRISCOLL C. T., SCHAEFER D. A. 1989: Overview of nitrogen process. The role of nitrogen in the acidification of soils and surface waters. Nordic Council of Ministers. Miljoraport, 10: 495-507.
- EVERS F. H., HÜTTL R. F. 1990/91: A new fertilization strategy in declining forests. *Water, Air, Soil Poll.*, 54: 61-125.
- FABISZEWSKI J., WOJTUŃ B. 1994: Zjawiska ekologiczne towarzyszące wymieraniu lasów w Sudetach. Pr. Inst. Bad. Leśn. S. B, 21/2: 195-210.
- GUNDERSEN P. 1991: Nitrogen deposition and the forest nitrogen cycle: role of denitrification. *For. Ecol. Manag.*, 44: 15-28.

- HAMBUCKERS A., REMACLE J. 1991: Nutritional status of declining spruce (*Picea abies* L. Karst.): Effect of soil organic matter turnover rate. *Water, Air, Soil Poll.*, 59: 96-106.
- HEINSDORF D. 1988: Ergebnisse boden- und nadelanalytischer Untersuchungen in durch Fremdstoffeinflüsse vitalitätsgeminderten Fichten- und Kiefernbeständen und Folgerungen für Dünge- maßnahmen. *Sozialistische Forstwirtschaft.*, 11: 33-335.
- HICKS B. B. 1989: Overview of deposition process. The role of nitrogen in the acidification of soils and surface waters. Nordic Council of Ministers. Miljoraport, 10.
- KÜHLI C. 1985: Düngung des Waldes – den Teufel mit dem Beelzebub austreiben. *Schweiz. Natursch.* 3: 5.
- KWAPIS Z. 1990: Wpływ emisji przemysłowych na górskie drzewostany świerkowe. Sprawozdanie naukowe Inst. Bad. Leśn. Warszawa.
- LOCHMAN V. 1993: Pollutant fall-out into forest ecosystems as related to changes in forest soils. *Lesnictvi – Forestry*, 2: 58-72.
- NIEMTUR S. 1996: Skażenie Gorczańskiego Parku Narodowego związkami S, N i Pb na podstawie analizy organicznego poziomu gleby. Materiały z III Krajowego Sympozjum pt. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. Instytut Dendrologii PAN Kórnik.
- NIHLGARD B. 1985: The ammonium hypothesis – an additional explanation of the forest dieback in Europe. *AMBIO* 14.
- SIKORA W., ŻYTKO K. 1960: Budowa geologiczna Beskidu Wysokiego na południe od Żywca. *Biuletyn Państwowej Służby Geologicznej*, 141: 61-204.
- SMYKAŁA J., STRZELECKI W., CAPECKI Z., HANAK B., HAWRYŚ Z., ZAWADA J., ZWOLIŃSKI A. 1987: Tymczasowe zasady zagospodarowania lasów Beskidu Śląskiego i Żywieckiego w warunkach zagrożeń przemysłowych. Ekspertyza. Naczelny Zarząd Lasów Państwowych, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- ULRICH B. 1981: Eine ökosystemare Hypothese über die Ursachen des Tannensterbens (*Abies alba* Mill.). *Forstw. Cbl.*, 3/4: 228-236.
- ULRICH B. 1989: Depositionsbedingte Veränderungen von Waldboden. *Österr. Forstztg.* 3: 38-40.
- ZAWADA J. 1974: Typologiczna charakterystyka lasów Romanki jako przyrodnicza podstawa zagospodarowania lasów Beskidu Żywieckiego. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, 489: 31-83.
- ZAWADA J. 1983: Metoda oceny stanu zdrowotnego drzewostanów znajdujących się pod wpływem emisji przemysłowych. *Las Pol.* 10: 19-20.
- ZAWADA J. 1986: Ocena zagrożenia świerczyn górskich przez zanieczyszczenia powietrza na podstawie badań przyrostowych w wybranych rejonach kraju. Sprawozdanie naukowe Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- ZAWADA J. 1987: Ocena zagrożenia świerczyn górskich wynikająca z aktualnych tendencji przyrostowych. *Las Pol.*, 7: 18-20.
- ZAWADA J. 1990: Badania wpływu wybranych czynników siedliskowych na żywotność drzewostanów jodłowych i świerkowych pozostających pod wpływem emisji przemysłowych w górach. Sprawozdanie naukowe Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- ZAWADA J. 1992: Żywotność drzewostanów świerkowych i jodłowych oraz zawartość azotu w wierzchnich warstwach gleb w wybranych rejonach Polski. *Las Pol.*, 15/16: 20-21.
- ZAWADA J. 1994: "Małe Sudety" na Radziejowej. *Las Pol.* 8: 10-11.
- ZAWADA J. 1994: Przyrostowa ocena żywotności drzewostanów świerkowych Sudetów. *Prace Inst. Bad. Leśn. S. B.* 21/2: 299-310.
- ZAWADA J., KOWALSKI S., OBŁOZA E., KWIATKOWSKI G. 1995: Porównawcze badania wybranych właściwości chemicznych i biologicznych wierzchnich warstw gleb w warunkach obniżonej żywotności drzewostanów iglastych. Cz. A. Sprawozdanie naukowe Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- ZÖTTL H. W., MIES E. 1983: Die Fichtenerkrankung in Hochlagen des Südschwarzwaldes. *Allg. Forstz.*, 6/7: 110-114.