

Dynamika defoliacji i zamierania świerczyn w Sudetach i Karpatach

Dynamics of defoliation and the decline of Norway spruce stands in the Sudety and Carpathian Mountains

Jerzy Modrzyński

Jerzy Modrzyński, Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny, Akademia Rolnicza w Poznaniu, 60-625 Poznań, ul. Wojska Polskiego 69; e-mail: jerzymod@au.poznan.pl

Abstract: The study presents the dynamics of defoliation and the decline of spruce stands, over 80 years old, in the Polish Sudety and Carpathian Mountains during 1989-1999. Defoliation was assessed at five-year intervals, using the agreed international scale (grades 0-4). Analysis of the relations between defoliation and climatic factors as well as emissions of SO₂ and NO_x was performed. It was found, that the defoliation of the studied stands was progressing, while the climatic conditions were favourable and the atmospheric pollution was reduced. It seems that the investigated spruce stands do not react positively to the improvement of environmental conditions because their self-regulation potential has been exhausted.

Key words: defoliation, forest decline, *Picea abies*, southern Poland.

Wstęp

Według danych Instytutu Badawczego Leśnictwa (Michalak i in. 2000, Wawrzoniak i in. 2000), w latach 1995-1999 tempo zamierania drzewostanów świerkowych w Polsce zmniejszyło się. Poprawę stanu naszych lasów w tym okresie tłumaczy się znaczną redukcją zanieczyszczeń atmosferycznych oraz stosunkowo wysokimi opadami (Wawrzoniak i in. 2000). W tym samym okresie autor zaobserwował nasilenie procesu defoliacji i zamierania świerczyn w parkach narodowych i krajobrazowych na południu kraju.

Praca ma na celu: (1) przedstawienie dynamiki procesu defoliacji starszych drzewostanów świerkowych w Sudetach Wschodnich i Karpatach Zachodnich w latach 1988/89-1998/99, (2) analizę zależności pomiędzy defoliacją tych drzewostanów i abiotycznymi czynnikami środowiska oraz (3) próbę wyjaśnienia mechanizmu zamierania badanych drzewostanów.

Material i metody

Badaniami objęto 29 drzewostanów świerkowych w Sudetach i 19 w Karpatach, w których w roku 1988 założono stałe powierzchnie próbnego wielkości 0,33 ha. Przynależność administracyjną, wzniesienie nad poziom morza, azymut stoku i średni wiek tych drzewostanów oraz liczbę drzew na powierzchniach próbnych podczas ich zakładania podano w tabeli 1. Wysokość nad poziom morza pomierzono za pomocą niwelatora

Tabela 1. Położenie powierzchni próbnych w Sudetach i Karpatach oraz średni wiek drzewostanów i całkowita liczba drzew na tych powierzchniach podczas ich zakładania

Table 1. Location of sample plots in the Sudetes (Sudety) and the Carpathians (Karpaty) as well as the average age of stands and the total number of trees on plots at time of their establishment

Jednostka administracyjna* i oddział Administration unit* and compartment	Wzniesienie (m n.p.m.) Elevation (m a.s.l.)	Azymut stoku Slope orientation (°)	Średni wiek (lata) Mean age (year)	Całkowita liczba drzew Total number of trees
SUDETY				
M ₁ 173c	652	25	105	41
L ₁ 128i	663	100	100	141
L ₁ 177f	708	240	95	138
L ₁ 318b	776	70	90	94
M ₁ 206d	801	340	95	62
L ₁ 300b	845	190	140	98
M ₁ 163c	857	280	125	85
L ₁ 354b	861	95	85	136
M ₁ 203a	917	50	90	128
L ₁ 175m	926	270	135	85
L ₁ 306d	948	310	95	101
L ₁ 358g	980	90	90	84
L ₁ 350f	999	315	155	53
L ₁ 336i	1037	90	155	71
L ₁ 279j	1041	120	135	56
L ₁ 348a	1056	60	145	47
L ₁ 352c	1065	330	135	110
M ₁ 18b	1083	290	105	123
L ₁ 343c	1095	0	155	62
L ₁ 344d	1100	300	155	48
L ₁ 342c	1118	330	95	130
M ₁ 198a	1172	320	80	170
L ₁ 301c	1176	355	150	83
M ₁ 217a	1185	280	165	60
M ₁ 251b	1203	145	165	89
M ₁ 223a	1218	350	145	91
M ₁ 221c	1228	330	155	60
M ₁ 1a	1272	50	165	55
L ₁ 290d	1286	30	145	114
KARPATY				
J 132g	785	90	95	63
T 30i	839	310	85	193
B 4c	933	25	85	138
T 235j	981	270	80	208
T 173o	1001	330	135	95
B 10c	1006	45	90	107
T 236g	1009	260	85	170
J 110a	1051	105	95	130
T 12g	1091	350	135	119
T 187a	1180	360	80	136
T 243h	1202	330	140	95
J 111c	1229	85	190	114
T 46c	1250	330	125	260
B 23a	1282	345	200	83
B 24a	1314	40	200	117
J 107c	1315	60	190	125
T 189d	1433	330	155	212
T 239l	1461	240	195	201
T 46g	1468	320	195	147

* Jednostki administracyjne: L₁ – Nadleśnictwo Łądek Zdrój, Obręb Strachocin; L₂ – Nadleśnictwo Łądek Zdrój, Obręb Stronie Śląskie; M₁ – Nadleśnictwo Międzyzlesie, Obręb Międzygórze; M₂ – Nadleśnictwo Międzyzlesie, Obręb Międzyzlesie; B – Babiogórski Park Narodowy; J – Nadleśnictwo Jeleśnia; T – Tatrzański Park Narodowy.

* Administration units: L₁ – Łądek Zdrój District, Part Strachocin; L₂ – Łądek Zdrój District, Part Stronie Śląskie; M₁ – Międzyzlesie District, Part Międzygórze; M₂ – Międzyzlesie District, Part Międzyzlesie; B – Babia Góra National Park; J – Jeleśnia District; T – Tatra National Park.

ciśnieniowego, azymut za pomocą busoli, a wiek drzewostanów podano na podstawie operatów urządzeniowych. Systematyczną ocenę defoliacji rozpoczęto w latach 1988/1989 i powtórzono ją dwukrotnie w odstępach pięcioletnich, tzn. w latach 1993/1994 i 1998/1999. Obserwacje dotyczyły wszystkich drzew o pierśnicy powyżej 7 cm. Zastosowano następującą skalę ubytku aparatu asymilacyjnego: 0 – do 10%, 1 – od 11 do 25%, 2 – od 26 do 60%, 3 – od 61 do 99%, 4 – 100% (drzewa martwe). Należy podkreślić, że obserwacje były wykonywane zawsze o tej samej porze roku (sierpień) i przez tę samą osobę. Liczba drzew zakwalifikowanych do poszczególnych stopni defoliacji, odniesiona do całkowitej liczby drzew w drzewostanie pozwala obliczyć wskaźnik udziału tych stopni w danym drzewostanie. Dane do analizy przebiegu opadów i temperatury oraz emisji SO_2 i NO_x dla badanych regionów w latach 1979-1998 zaczerpnięto z Roczników Głównego Urzędu Statystycznego (GUS 1980-1999). Wartości czynników meteorologicznych i emisji dla poszczególnych powierzchni były wyliczone z gradientów tych czynników, a więc są pochodną ich wysokości n.p.m. Współczynnik hydrotermiczny obliczono dzieląc roczne sumy opadów przez średnią roczną temperaturę. Analizując ewentualny wpływ wymienionych czynników, brano pod uwagę zarówno pięcioletni, jak i dziesięcioletni okres ich oddziaływania, poprzedzający poszczególne oceny defoliacji. Korelacje między stopniami defoliacji, stwierdzonymi w danych drzewostanach, a czynnikami położenia oraz czynnikami meteorologicznymi i emisją zanieczyszczeń obliczono przy użyciu standardowych metod matematyczno-statystycznych, posługując się programem Microsoft Excel. Ponieważ liczba badanych drzewostanów wynosiła 19 w Karpatach i 29 w Sudetach (liczba stopni swobody 17 i 27), wszystkie współczynniki korelacji o wartości powyżej 0,455 są w niniejszej pracy istotne na poziomie $P = 0,05$ (Elandt 1964). Komentując wyniki przedstawione na wykresach (ryc. 1 i 2), współczynniki korelacji podano nie dla wszystkich trzech (okresy 5-letnie) lub dwóch (okresy 10-letnie) terminów obserwacji oddzielnie, ale jako średnie, co powinno ułatwić prześledzenie samej istoty analizowanych zależności. Dla uproszczenia, w tabelach i na wykresach rok 1989 oznacza okres 1988/1989, rok 1994 – okres 1993/1994, a rok 1999 – okres 1998/1999.

Wyniki

W tabeli 2 przedstawiono średni udział stopni defoliacji dla trzech kolejnych pomiarów w Sudetach i Karpatach, a także tendencje w udziale poszczególnych stopni defoliacji dla tych regionów w pięcioleciach 1989-1994 i 1994-1999 oraz dziesięcioleciu 1989-1999.

Udział drzew zdrowych (stopień 0) był w roku 1989 w obu regionach górskich bardzo mały i wynosił w Sudetach 0,7%, a w Karpatach 1,3%. W ciągu kolejnych dziesięciu lat spadł on w Sudetach o dalsze 0,2%, podczas gdy w Karpatach wzrósł o 3,3%. Drzewa zdrowe, to zazwyczaj drzewa najmłodsze w drzewostanie, często z naturalnego odnowienia, których pierśnica przekroczyła przyjęty w badaniach próg 7 cm.

Udział drzew z koronami słabo uszkodzonymi (stopień 1) zmniejszył się w ciągu badanego dziesięciolecia z 27,0% do 13,2% w Sudetach i z 31,8% do 21,4% w Karpatach. Udział ten w obu regionach zmniejszył się wyraźniej w drugim pięcioleciu.

Tabela 2. Tendencje w udziale poszczególnych stopni defoliacji w pięcioleciach 1989-1994 i 1994-1999 oraz w dziesięcioleciu 1989-1999 w badanych drzewostanach świerkowych w Sudetach i Karpatach

Table 2. Trends in the proportion of defoliation grades in the 5-year periods: 1989-1994 and 1994-1999, and 10-year period 1989-1999, in the investigated spruce stands of the Sudetes (Sudety) and the Carpathians (Karpaty)

Region Region	Stopień defoliacji Defoliation grade	Udział stopni defoliacji w latach Proportion of defoliation grades in years			Tendencje w okresach Trends in periods		
		1989 (%)	1994 (%)	1999 (%)	1989-1994 %	1994-1999 %	1989-1999 %
Sudety	0	0,7	0,4	0,5	-0,3	0,1	-0,2
	1	27,0	21,6	13,2	-5,4	-8,4	-13,8
	2	52,8	54,2	43,7	1,4	-10,5	-9,1
	3	11,6	8,2	8,9	-3,4	0,7	-2,7
	4	7,9	15,6	33,6	7,7	18,0	25,7
Karpaty	0	1,3	4,1	4,6	2,8	0,5	3,3
	1	31,8	27,6	21,4	-4,2	-6,2	-10,4
	2	58,6	47,2	41,1	-11,4	-6,1	-17,5
	3	4,9	7,9	9,1	3,0	1,2	4,2
	4	3,4	13,2	23,8	9,8	10,6	20,4

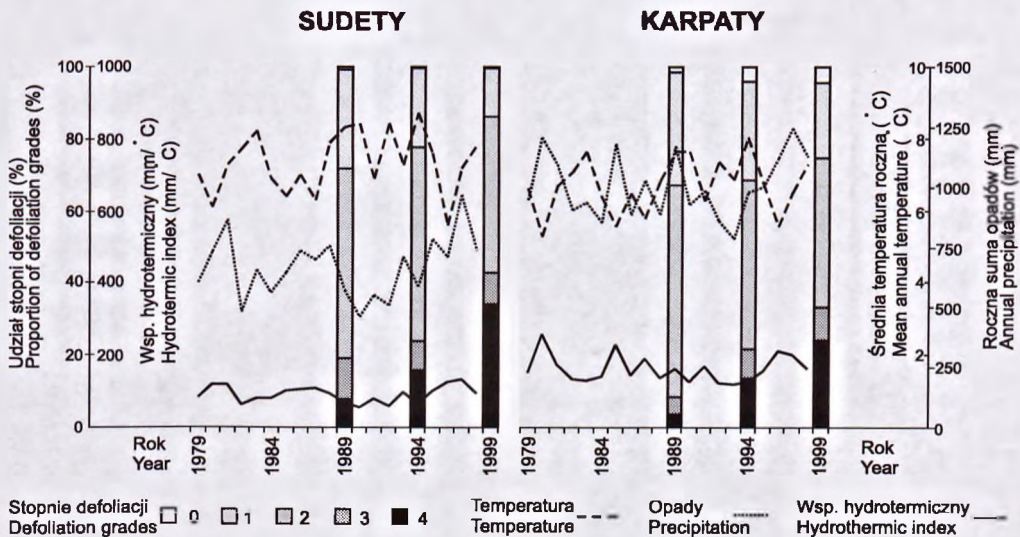
Pomiędzy rokiem 1989 a 1999 zaobserwowano gwałtowny spadek udziału drzew silnie uszkodzonych (stopień 2) w Karpatach, przy równoczesnym wyraźnym wzroście udziału wyższych stopni uszkodzenia. W rezultacie udział drzew o uszkodzeniach 2. stopnia w obu badanych regionach wyrównał się, wynosząc w Karpatach 41,1%, a w Sudetach 43,7%.

W obu regionach, pod koniec okresu badań zaobserwowano również podobny udział drzew bardzo silnie uszkodzonych (stopień 3): 9,1% w Karpatach i 8,9% w Sudetach. Jednakże udział drzew martwych (stopień 4) był w Sudetach cały czas wyższy niż w Karpatach. Wzrósł on w tym regionie o 7,7% w pierwszym i aż o 18,0% w drugim pięcioleciu, podczas gdy w Karpatach odpowiednio o 9,8% i 10,6%. Ostatecznie w roku 1999 udział drzew martwych w Sudetach wyniósł 33,6%, a w Karpatach 23,8%.

Pod koniec badanej dekady w Sudetach było o około 10% drzew martwych więcej niż w Karpatach, podczas gdy udział słabo uszkodzonych drzew był w Sudetach niższy o około 8%. Udział drzew zdrowych był w Sudetach również niższy (o około 4%). Podobny był natomiast w obu regionach udział drzew o uszkodzeniach stopnia 2 i 3.

Ani w Sudetach, ani w Karpatach żadne wartości współczynników korelacji między udziałem stopni defoliacji w drzewostanach a ich wzniesieniem nad poziom morza lub wystawą nie przekroczyły progu $r = 0,455$, co oznacza brak istotnej zależności między defoliacją badanych drzewostanów a omawianymi elementami ich położenia.

Średni udział stopni defoliacji w badanych regionach na tle przebiegu opadów, temperatur oraz współczynnika hydrotermicznego przedstawiono na rycinie 1. W przypadku opadów, korelacje obliczone dla Sudetów były zazwyczaj istotne (w odniesieniu do stopni defoliacji 1, 2, 3 i 4 współczynniki r , obliczone dla okresów pięcioletnich poprzedzających oceny defoliacji, wynosiły odpowiednio: -0,864, -0,999, -0,166 i 0,909, a dla okresów dziesięcioletnich: -0,533, -0,870, 0,308 i 0,614), natomiast korelacje ob-



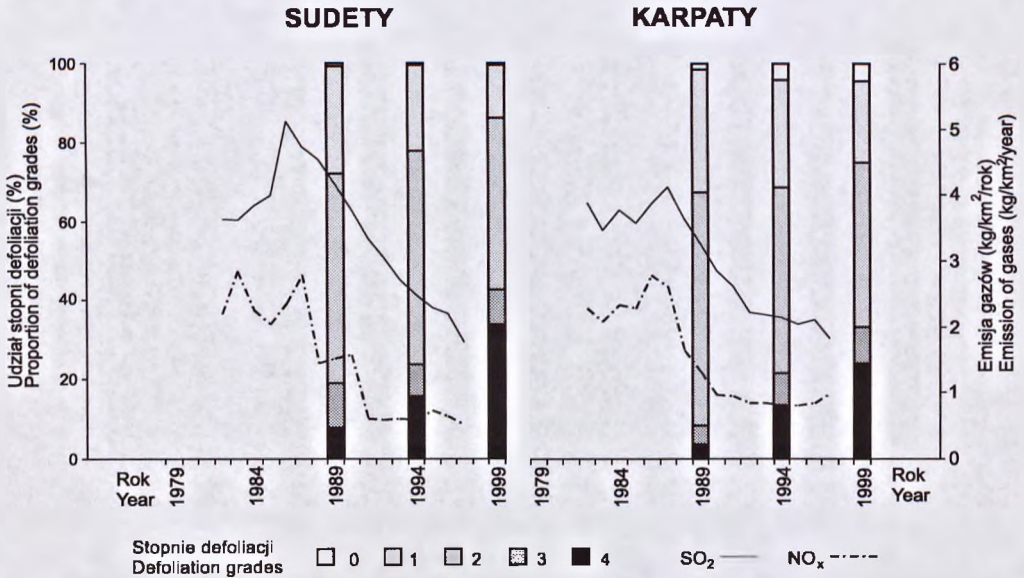
Ryc. 1. Przeciętny udział stopni defoliacji w drzewostanach świerkowych w Sudetach i Karpatach w latach 1989, 1994 i 1999, na tle średniej temperatury rocznej, rocznych sum opadów oraz współczynników hydrotermicznych w latach 1979-1998.

Fig. 1. Average proportion of defoliation grades in spruce stands in the Sudety and Carpathian mountains in years 1989, 1994 and 1999, against the background of annual temperatures, annual precipitation sums and hydrothermic indices in years 1979-1998.

liczone dla Karpat były zazwyczaj nieistotne (w odniesieniu do stopni defoliacji 1, 2, 3 i 4 współczynniki r , obliczone dla okresów pięcioletnich poprzedzających oceny defoliacji, wynosiły odpowiednio: -0,515, -0,219, 0,120 i 0,417, a dla okresów dziesięcioletnich: 0,121, 0,428, -0,516 i -0,230). Korelacje uzyskane w Sudetach sugerowałyby, iż wzrostowi opadów towarzyszy nasilenie zamierania świerczyn.

W przypadku temperatury, korelacje obliczone dla obu regionów były zazwyczaj istotne, sugerując, że wzrost temperatury nasila procesy defoliacji. Współczynniki korelacji r między stopniami defoliacji 1, 2, 3 i 4 a temperaturą, w Sudetach wynosiły odpowiednio: -0,557, -0,096, -0,995 i 0,472 dla okresów pięcioletnich oraz -0,999, -0,854, -0,680 i 0,988 dla okresów dziesięcioletnich, natomiast w Karpatach: -0,379, -0,651, 0,724 i 0,479 dla okresów pięcioletnich oraz -0,980, -0,993, 0,975 i 0,996 dla okresów dziesięcioletnich.

Współczynnik hydrotermiczny obliczony dla pięcioletnich okresów poprzedzających oceny defoliacji wykazywał na ogół korelacje nieistotne, podczas gdy dla dziesięcioletnich – istotne, co sugerowałoby, że defoliacja się nasila, gdy współczynnik ten się zmniejsza. Współczynniki korelacji r między stopniami defoliacji 1, 2, 3 i 4 a współczynnikiem hydrotermicznym w Sudetach wynosiły odpowiednio: -0,194, -0,636, 0,629 i 0,290 dla okresów pięcioletnich oraz 0,751, 0,384, 0,988, -0,682 dla okresów dziesięcioletnich, natomiast w Karpatach: -0,318, -0,002, -0,098 i 0,210 dla okresów pięcioletnich oraz 0,568, 0,799, -0,855 i -0,656 dla okresów dziesięcioletnich.



Ryc. 2. Przeciętny udział stopni defoliacji w drzewostanach świerkowych w Sudetach i Karpatach w latach 1989, 1994 i 1999, na tle emisji dwutlenku siarki i tlenków azotu w latach 1979-1998.

Fig. 2. Average proportion of defoliation grades in spruce stands in the Sudety and Carpathian mountains in years 1989, 1994 and 1999, against the background of sulfur dioxide and nitrogen oxides in years 1979-1998.

Na rycinie 2 przedstawiono średni udział stopni defoliacji w badanych regionach na tle przebiegu emisji SO_2 i NO_x . Emisja obu gazów, zarówno dla pięcioletnich, jak i dziesięcioletnich okresów poprzedzających oceny defoliacji wykazała silną korelację ze stopniami defoliacji w Sudetach i Karpatach, aczkolwiek spadkowi emisji towarzyszyło nasilenie defoliacji. Współczynniki korelacji r między emisją SO_2 a stopniami defoliacji 1, 2, 3 i 4, w Sudetach wynosiły odpowiednio: 0,987, 0,793, 0,756 i -0,966 dla okresów pięcioletnich oraz 0,978, 0,960, 0,466, i -0,994 dla okresów dziesięcioletnich, natomiast w Karpatach: 0,913, 0,995, -1,000 i -0,953 dla okresów pięcioletnich oraz 1,000, 0,944, -0,906 i -0,992 dla okresów dziesięcioletnich. Z kolei współczynniki korelacji r między emisją NO_x a stopniami defoliacji 1, 2, 3 i 4, w Sudetach wynosiły odpowiednio: 0,874, 0,539, 0,933 i -0,822 dla okresów pięcioletnich oraz 0,998, 0,851, 0,684, i -0,988 dla okresów dziesięcioletnich, a w Karpatach: 0,805, 0,951, -0,977 i -0,866 dla okresów pięcioletnich oraz 0,999, 0,962, -0,930 i -0,998 dla okresów dziesięcioletnich.

Dyskusja

W przeciwieństwie do optymistycznych prognoz odnośnie do regeneracji lasów w Polsce po 1995 roku (Michalak i in. 2000, Wawrzoniak i in. 2000), defoliacja badanych przez autora drzewostanów świerkowych w Sudetach i Karpatach w latach 1989-1999 (a szczególnie w pięcioleciu 1994-1999) pogłębiała się. Działo się to przy stosunkowo sprzyjających warunkach pogodowych oraz przy ewidentnym spadku

emisji SO₂ i NO_x. Nasuwa to przypuszczenie, iż wiele drzew w badanych drzewostanach utraciło zdolność pozytywnego reagowania na poprawę warunków środowiskowych, na skutek załamania się ich potencjału homeostaticznego pod wpływem chronicznych zaburzeń.

Grodzki i in. (1999) uważają, że drzewostany świerkowe w Sudetach odznaczają się małą różnorodnością biologiczną i tworzą niestabilne ekosystemy, wrażliwe na działanie szkodliwych czynników zarówno żywej, jak i nieżywej natury. Zdaniem tych autorów niebezpieczne gradacje owadów (*Zeiraphera griseana* i *Cephalcia* sp.) zostały wywołane w tych świerczynach głównie z powodu niedostatecznej liczebności zamieszkujących je owadów drapieżnych i pasożytniczych.

W ekosystemach leśnych południowej Polski w ciągu wielu dziesiątków lat skumulowały się duże ilości szkodliwych substancji. Kumulacja ta zresztą nadal postępuje, ponieważ imisja zanieczyszczeń wprawdzie zmalała, ale nie ustała (Kuhn i in. 1995, Adamski i Wawrzoniak 1998, Percy 2001). Tymczasem chroniczne działanie nawet niezbyt wysokich stężeń dwutlenku siarki, tlenków azotu, ozonu i innych zanieczyszczeń wywołuje poważne zakłócenia w metabolizmie drzew oraz osłabienie ich odporności m.in. na działanie suszy i mrozu (Zalewska-Gorzelska 1991, Schmieden i Wild 1995).

Kwaśne deszcze i kumulacja szkodliwych substancji w glebie powodują z kolei wymywanie tak ważnych pierwiastków, jak Mg, K i Ca, uaktywnienie toksycznych jonów glinu i metali ciężkich, czy obumieranie drobnych korzeni (Białobok 1989, Kuhn i in. 1995). W sytuacji skażenia gleby oraz osłabienia drzew, którego efektem są między innymi zakłócenia transportu węglowodanów do korzeni, następuje rozpad związków mikoryzowych, na co drzewa reagują zarówno redukcją wzrostu, jak i zwiększoną podatnością na infekcję patogenów (Zalewska-Gorzelska 1991, Kieliszewska-Rokicka 1998).

Wydaje się, że drzewa raz osłabione poniżej swego dla nich progu odporności nie mają już możliwości powrotu do stanu równowagi. Odbywa się to na zasadzie sprzężenia zwrotnego, pogłębiającego kryzys organizmu (Larcher 1995, Tesche 1989). Przykładem takiego sprzężenia jest nasilająca się defoliacja, którą Sierota (1995) słusznie traktuje zarówno jako wynik, jak też przyczynę stresu. Osłabiona w procesie defoliacji korona słabiej odżywia korzenie, które z kolei gorzej odżywiają koronę. Stopniowo osłabienie narasta i ostatecznie drzewo zamiera.

Vacek (1987) oszacował, że wewnętrzna równowaga świerka zostaje nieodwracalnie zachwiana po utracie około 50% aparatu asymilacyjnego. Dla starszych drzewostanów świerkowych, narażonych na działanie chronicznego stresu w stale degradowanych ekosystemach górskich, próg ten leży prawdopodobnie znacznie niżej. To wyjaśniałoby postępujące zamieranie badanych drzewostanów oraz brak ich pozytywnej reakcji na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, czy zwiększenie rocznych sum opadów.

Perspektywa wejścia starszych drzewostanów świerkowych w fazę przedwczesnego rozpadu jest w obu badanych regionach bardzo realna. Dlatego trzeba się liczyć z koniecznością odnowienia drzewostanów w najbliższej przyszłości. Należałoby przy tym maksymalnie wykorzystać możliwości naturalnego odnowienia oraz szansę przebudowy zbiorowisk leśnych pod kątem naturalizacji ich składu gatunkowego.

Podziękowania

Jacek Gid, Adam Grzelczak i Jarosław Góral pomagali mi przy zakładaniu powierzchni i pierwszej ocenie defoliacji w latach 1988/89, Andrzej Peter i Krzysztof Jakubiszak wspierali mnie podczas drugiej oceny w latach 1993/94, a Adam Ejchorst i Tomasz Kaczmarek towarzyszyli mi podczas trzeciej oceny w latach 1998/99. Dziękuję im za to i mam nadzieję, że nasze wyprawy dobrze wspominają.

Piśmiennictwo

- Adamski L., Wawrzoniak J. 1998. Zanieczyszczenia powietrza w czterech wybranych regionach Polski – Air pollution in four selected regions of Poland. *Prace IBL, ser. A*, 863: 5-34.
- Białobok S., 1989. Wpływ kwaśnych opadów atmosferycznych na drzewa i lasy. W: S. Białobok (red.). *Życie drzew w skażonym środowisku*. Inst. Dendr. PAN, PWN, Warszawa-Poznań: 169-193.
- Elandt R. 1964. *Statystyka macmatyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego*. PWN, Warszawa.
- Grodzki W., Kosibowicz M., Jachym M. 1999. Różnorodność biologiczna ekosystemów a problemy ochrony lasów górskich Biodiversity of ecosystems and the problems of protection of mountain forests. *Sylvan* 143, 3: 21-31.
- Kieliszewska-Rokicka B. 1998. Wpływ stresu na mikoryzy. W: A. Boratyński, W. Bugała (red.), *Biologia świerka pospolitego*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań: 287-302.
- Kuhn A. J., Bauch J., Schroeder W. H. 1995. Monitoring uptake and contents of Mg, Ca and K in Norway spruce as influenced by pH and Al, using microprobe analysis and stable isotope labeling. *Plant and Soil* 168-169: 135-150.
- Larcher W. 1995. *Physiological plant ecology*. Springer Verlag, Berlin Tokyo.
- Michalak R., Jabłoński M., Kolk A., Lech P., Małeczka M., Santorski Z., Wawrzoniak J., Woreta D. 2000. *Raport o stanie lasów w Polsce 1999*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa.
- Percy K. E. 2001. Wpływ zanieczyszczeń przemysłowych na stan zdrowotny lasu. W: *Streszczenia referatów – IV Krajowe Sympozjum „Reakcje Biologiczne Drzew na Zanieczyszczenia Przemysłowe”*, Poznań Kórnik, 29.05.-1.06.2001, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Rocznik Statystyczny 1980-1999*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Schmidten U., Wild A. 1995. The contribution of ozone to forest decline. *Physiol. Plant.* 94: 371-378.
- Sierota Z. 1995. Przerzedzenie koron drzew jako efekt stresu i źródło stresu – Thinning of tree-crowns as the result and source of stress. *Sylvan* 89, 8: 5-24.
- Tesche M. 1989. *Umweltstreß*. W: H. Schmidt-Vogt (red.), *Die Fichte II/2 – Krankheiten. Schäden. Fichtensterben*. Verl. Paul Parey, Hamburg-Berlin: 346-384.
- Vacek S. 1987. A mathematical model of defoliation dynamics of spruce forests due to immisions. *Communicationes Instituti Forestalis Čechosloveniae* 15: 55-73.
- Wawrzoniak J., Małachowska J., Solon J., Fałynowicz W., Zajączkowski S., Wyrzykowski S., Wójcik J., Adamski L., Kluziński L., Sierota Z., Lech P., Załęski A., Kolk A. 2000. Stan zdrowotny lasów Polski w 1999 roku. *Insp. Ochr. Środ., Bibl. Monitor. Środ.*, Warszawa.
- Zalewska-Gorzelska E. 1991. Oddziaływanie SO₂ na aparat asymilacyjny drzew iglastych – Impact of SO₂ on the assimilation apparatus of conifers. *Sylvan* 135, 11: 13-26.

Summary

In the study, the results of long-term observations, performed in 48 Norway spruce stands, between 80 and 200 years old, located in the Sudety and the Carpathian Mountains at altitudes ranging between 652 and 1468 m a.s.l. (Table 1), have been discussed. The systematic assessment of defoliation began in 1988/1989 and was repeated twice at 5-year intervals. In the investigated stands, sampling plots of 0.33 ha were established, on which all trees with a DBH over 7 cm were assessed.

The following scale was applied, based on the percentage of lost foliage: 0 – up to 10%, 1 – from 11 to 25%, 2 – from 26 to 60%, 3 – from 61 to 99% and 4 – 100% (dead). Analysis of the temperature and precipitation data as well as the SO₂ and NO_x emissions for the period 1979-1998 was also performed.

It was found that spruce stands in the Carpathian Mountains are still in better condition than those in the Sudety Mountains, although their condition during the decade of the study, in both regions worsened dramatically (Table 2). And all this in a situation when the meteorological factors were favourable (Fig. 1) and the emissions of SO₂ and NO_x were declining (Fig. 2).

It seems that many trees in the investigated stands lost their ability to react to the improvement of environmental conditions, as the result of exhaustion of their homeostatic potential, under the impact of chronic disturbances in unstable spruce ecosystems.

The prospective of the older spruce stands reaching the phase of disintegration too early, is in the both investigated regions very realistic. The necessity of their regeneration in the immediate future must be taken into account. In this situation, the potential for natural regeneration and the chance to convert these stands toward the natural species composition, should be encouraged to the maximum.