

ZBIGNIEW SIEROTA

## Przerzedzenie koron drzew jako efekt stresu i źródło stresu

Tree Crown Transparency as an Effect and Source of a Stress

*Stres — czynniki zewnętrzne, które utrudniają lub uniemożliwiają zaspokojenie potrzeb i wykonywanie zamierzonych zadań, zagrażają czymś jednostce lub wpływają na obniżenie poczucia własnej wartości.*

*Encyklopedia Powszechna PWN, Warszawa 1976*

### Wprowadzenie

**P**rzerzedzenie korony jest powszechnie uważane za jeden z istotnych symptomów choroby lub uszkodzenia drzewa. Stanowi podstawowe kryterium w europejskim monitoringu lasów (ICP-ECE), monitoringu biologicznym SPO, inwentaryzacji wielkopowierzchniowej czy przy wyznaczaniu stref uszkodzenia lasów (3, 14, 19, 21). W ocenach tych przerzedzenie korony drzewa przyjmowane jest głównie jako obraz niekorzystnych oddziaływań ze strony emisji przemysłowych. Traktowanie przerzedzenia koron jako informacji o aktualnym stanie uszkodzenia drzew — niezależnie od rodzaju oraz nasilenia wystąpienia czynnika szkodliwego (biotycznego, abiotycznego lub antropogenicznego) — ma nie tylko istotne znaczenie interpretacyjne, lecz również przy podejmowaniu decyzji gospodarczych.

Przerzedzenie (prześwietlenie) korony jest wynikiem pewnego zdarzenia w rozwoju osobniczym drzewa. Może być ono uwarunkowane genotypem lub fenotypem organizmu; sprzyjają temu również pewne okoliczności — czynniki lub sytuacje stresowe (16). Aktualny stan korony drzewa może być efektem wpływu jednego lub wypadkową oddziaływania wielu takich czynników stresowych.

Pojęcie “stresu” jest również utożsamiane ze “stanem mobilizacji sił organizmu, jako reakcji na negatywne bodźce fizyczne i psychiczne (stresory), mogącym doprowadzić do zaburzeń czynnościowych a nawet schorzeń organicznych” (kon. cyt. Słownik Języka



---

FOT. 1. Fragment korony obficie kwitnącej sosny w Nadleśnictwie Płock (fot. Z. Sierota)

Polskiego, Warszawa: PWN 1992). A zatem sytuacje stresowe mogą również stać się **początkiem** kolejnego stresu, inicjując procesy chorobowe drzew, prowadząc do odwracalnych lub nieodwracalnych zmian nawet na poziomie populacji (5).

Częściowa utrata igieł czy liści prowadząca do przerzedzenia koron drzew jest zjawiskiem naturalnym (39). W najmłodszym wieku drzewek głównym źródłem uszkodzeń z tego

powodu jest zgryzanie pędów przez zwierzynę płową czy zające. Rolę defoliatorów pełnią również owady. Przy masowych pojawach mogą one przyczynić się nawet do całkowitej utraty liści. Utrata lub redukcja aparatu asymilacyjnego może jednakże nastąpić w wyniku innych zjawisk, najczęściej nie mających tak nagłego przebiegu, jak defoliacja powodowana przez zwierzęta, owady czy gradobicie. Do takich zjawisk należy długotrwała susza, oddziaływanie przemysłowych zanieczyszczeń powietrza, rozwój patogenów grzybowych powodujących choroby aparatu asymilacyjnego. Symptomy przerzedzenia koron występują również jako reakcja na infekcyjne choroby systemu korzeniowego, jak również przy bardzo obfitym kwitnieniu, zwłaszcza drzew iglastych (30, 52).

Drzewa o koronach przerzedzonych w wyniku oddziaływania wymienionych czynników wtórnie stają się wrażliwe na atak organizmów patogenicznych rozwijających się w koronach, pniach i w korzeniach. Następuje wzrost dynamiki populacji owadów, wzrasta podatność drzew na działanie mrozu, wiatru i śniegu. Następuje samoistne nakręcanie się mechanizmu choroby lasu i narastanie zagrożeń mogących doprowadzić do destrukcji ekosystemu (14, 20, 38).

Kiedy zatem przerzedzenie koron drzew przestaje być naturalną reakcją drzewa na sytuację stresową a staje się zjawiskiem patologicznym? Kiedy defoliacja koron przestaje być zjawiskiem przyrodniczym a staje się problemem gospodarczym? Czy pomimo podobieństwa sytuacji, określenia “przerzedzenie” — “defoliacja” oznaczają to samo zjawisko, o takim samym mechanizmie oddziaływania na drzewo i drzewostan?

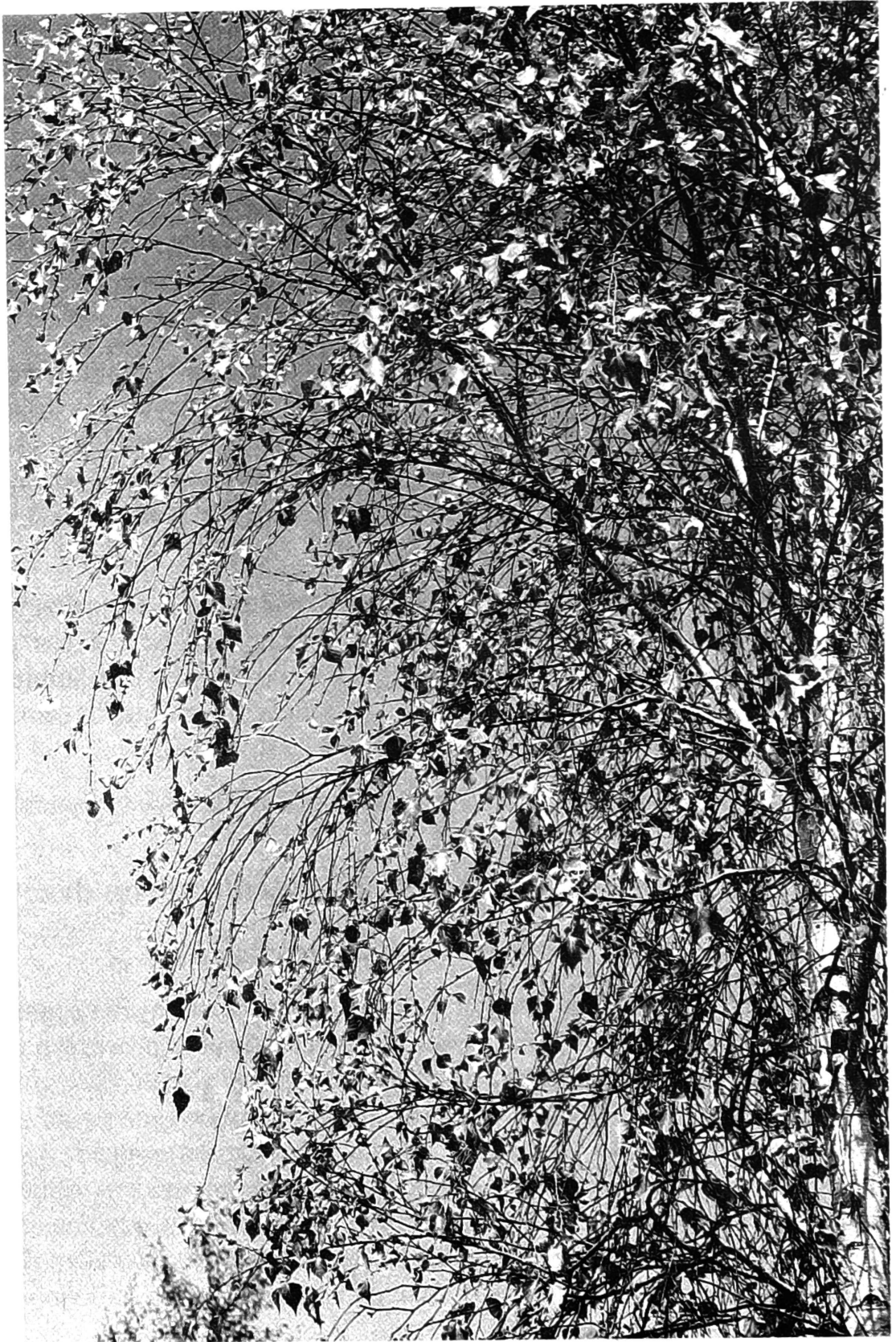
Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie zagadnień związanych z tą tematyką.

## **Czynniki wpływające na przerzedzenie koron drzew**

### **Oddziaływanie imisji przemysłowych**

Przemysłowe skażenia powietrza, wody i gleby są jednym z istotnych czynników szkodliwych pochodzenia antropogenicznego, biorących udział w procesach chorobowych drzew i drzewostanów. Ich oddziaływanie na rośliny opisane zostało szczegółowo w wielu opracowaniach (30, 35, 51, 52). Przypomnieć należy, że wpływ zanieczyszczeń powietrza jako źródło stresu na drzewa wyraża się zmianami makroskopowymi, dającymi obraz przerzedzenia (uszkodzenia) korony — biorącymi jednak początek w zmianach “mikroskopowych”, na poziomie aparatów szparkowych, chloroplastów czy tkanek przewodzących (35). Toksyczne oddziaływanie imisji przemysłowych doprowadza do stopniowej utraty równowagi fizjologicznej drzew i zaburzeń w prawidłowym funkcjonowaniu.

Bezpośrednie oddziaływanie dwutlenku siarki czy tlenków azotu może powodować nieodwracalne zmiany aparatu asymilacyjnego. Pod ich wpływem następuje degeneracja wosków kutykularnych (u gatunków iglastych), destrukcja aparatów szparkowych i ich delignifikacja oraz degeneracja chloroplastów. Prowadzi to do zmian intensywności fotosyntezy, oddychania i transportu asymilatów (17, 18, 22, 40, 51). W koronach drzew stan taki wyraża się utratą aparatu asymilacyjnego, deformacjami liści i igieł, zmianą ich zabarwienia, skróceniem przyrostów rocznych.



FOT. 2. Korona brzozy rosnacej w warunkach oddziaływania emisji przemysłowych w Nadleśnictwie Świerklaniec ( fot. Z. Sierota)

Wskutek zaburzeń w gospodarce węglowodanowej i syntezie związków azotowych tworzą się rozpuszczalne cukry proste i wolne aminokwasy, zaburzeniu ulega gospodarka enzymatyczna, następuje obniżenie tolerancji drzew na niską temperaturę i suszę, wzrasta podatność roślin na infekcje grzybowe, bakteryjne i zasiedlanie przez owady (1, 5, 16, 28).

## Defoliacja powodowana przez owady

Defoliacja koron przez owady liściożerne związana jest z częściową lub całkowitą utratą aparatu asymilacyjnego drzew. Stan taki powoduje również wyczerpanie rezerw energetycznych a tym samym silne osłabienie fizjologiczne drzew. Taka sytuacja stresowa sprzyja rozwojowi owadów kambio- i ksylofagicznych z grupy tzw. szkodników wtórnych oraz szkodników technicznych drewna (6, 25, 26). Z drugiej strony, owady liściożerne powodując przerzedzenie koron zwiększają tym samym dostęp światła do koron, co z kolei prowadzi do zwiększania zawartości cukrów w liściach. Wspomniane zmiany w biochemizmie roślin wtórnie uatrakcyjniają je dla owadów leśnych, co może przejawiać się w ich wzmożonym występowaniu i rozrodzie (4). W przypadku zaistnienia zjawisk o charakterze gradacyjnym całkowita defoliacja drzew może doprowadzić do nieodwracalnych zmian w drzewostanie, zmuszając gospodarza do usunięcia drzew.

Niektóre z gatunków drzew, np. dęby mają pewne mechanizmy pozwalające na zmniejszenie skutków żerowania owadów na ich aparacie asymilacyjnym. Polegają one na braku zgodności terminu wylęgania się larw a rozwojem liści tych drzew. Drzewa później wykształcające liście (same pączki nie stanowią dobrej bazy pokarmowej) stwarzają barierę pokarmową dla żerujących gąsienic, a także zawierają toksyczną taninę, która obniża znacznie wartość odżywczą pokarmu (4).

## Stres wodny

Jest oczywiste, że deficyt wody ma podstawowy wpływ na przebieg procesów fizjologicznych drzewa jako układu biologicznego (5, 6). Powoduje zmiany — często nieodwracalne — w pasywnym (ssące działanie transpiracji) i aktywnym (ciśnienie korzeniowe) mechanizmie pobierania i przewodzenia wody. Wpływ suszy (podobnie jak defoliacji koron przez owady) wyraża się w pierwszej kolejności zmianami aktywności enzymatycznej w tkankach korzeni i przewodzie procesów rozkładu nad procesami syntezy (28, 29). Długotrwały niedobór wody może hamować przenoszenie i akumulację cukrów redukujących i fenoli. Procesy te z kolei mogą wpływać na mechanizmy obronne drzew. Następuje aktywizacja patogenów grzybowych i w krótkim czasie (2–6 miesięcy) istotny wzrost nasilenia choroby i rozmiaru uszkodzeń (29, 44, 46, 48).

Dane eksperymentalne wskazują na możliwość kumulowania się efektów defoliacji i suszy (4, 10, 28). Badania prowadzone w związku z zamierania drzewostanów dębowych w latach osiemdziesiątych wykazały istotny związek między warunkami wilgotnościowymi drzew a ich kondycją zdrowotną (25, 26, 44). Wzmożone przerzedzanie się koron oraz zamieranie drzew obserwowano głównie w drzewostanach na glebach biologicznie płytkich o wysokim poziomie wód gruntowych, na glebach wilgotnych, słabo przepuszczalnych, gliniastych, gdzie w przypadku suszy pojawiał się deficyt wody powierzchniowej (25, 26).

Wskutek suszy i przyspieszonej mineralizacji następuje zakwaszenie gleb, co z uwagi na wzrost ilości jonów w roztworze glebowym prowadzi do toksycznego oddziaływania na systemy korzeniowe (43). Następują niekorzystne zmiany pH gleb, zwiększa się niedobór wapnia i magnezu, następuje zmiana stosunku molarnego Ca/Al i Mg/Al. Toksyczna rola glinu — przez zjawisko antagonizmu jonowego — polega na zaburzeniu przyjmowania przez korzenie składników odżywczych (35, 43, 52).



FOT. 3. Sosna o koronie częściowo zdefoliowanej przez owady w Nadleśnictwie Lipusz (fot. Z. Sierota)

### **Choroby grzybowe aparatu asymilacyjnego i systemów korzeniowych**

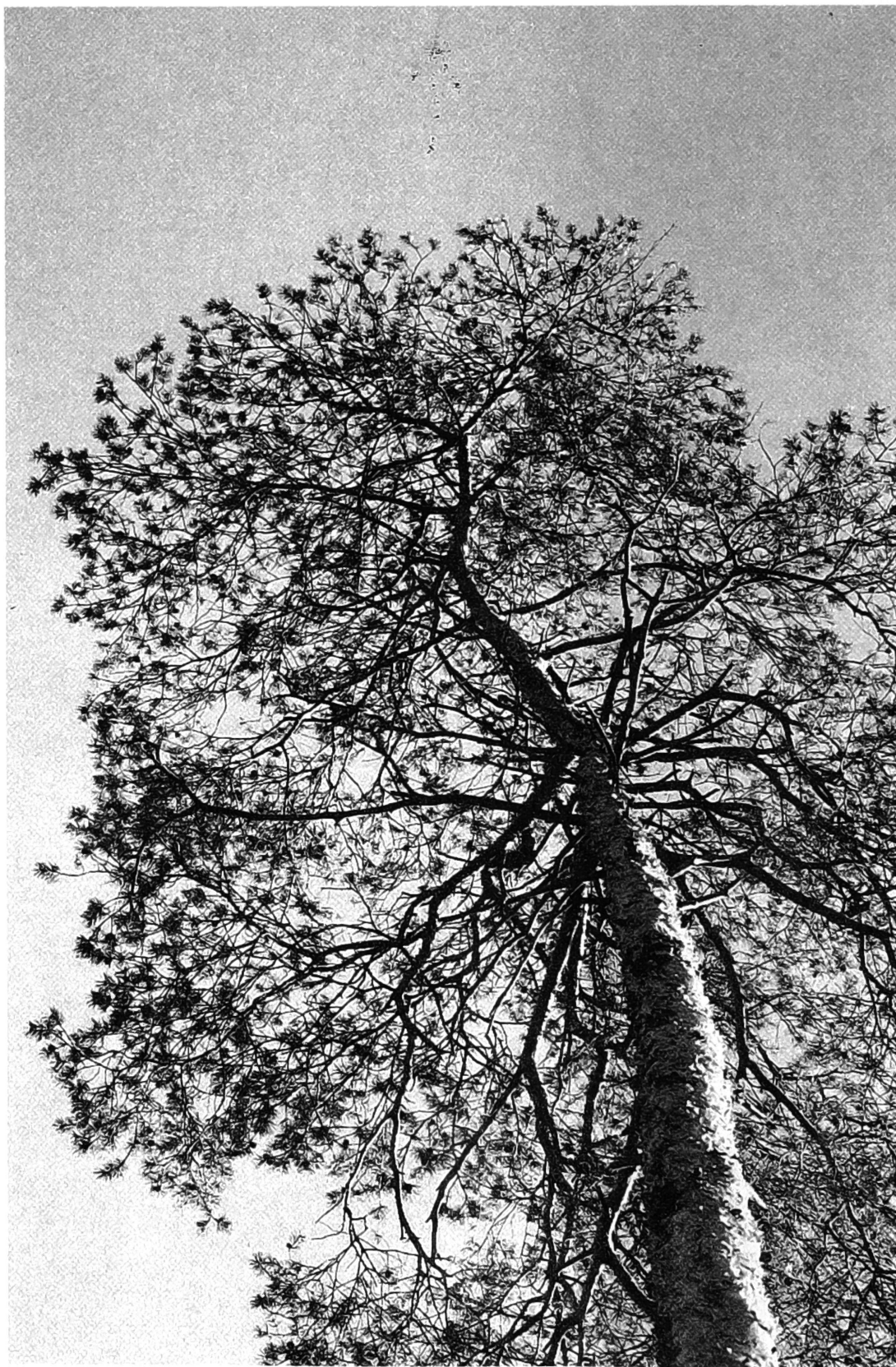
Zgodnie z teorią choroby spiralnej (20), grzyby patogeniczne stanowią czynnik współuczestniczący, są jednym z ostatnich ogniw w procesie zamierania lasu. Jednakże w warunkach podwyższonej predyspozycji chorobowej drzew, wynikającej np. z faktu wzrostu drzewo-



---

FOT. 4. Korona świerka po obniżeniu się dotychczasowego poziomu wód podziemnych w Nadleśnictwie Brynek (fot. Z. Sierota)

stanu na niewłaściwym dla niego siedlisku, obecność patogenów grzybowych może stać się czynnikiem stresowym, inicjującym procesy degradacji drzewostanu. Przykład huby korzeni na gruntach porolnych, czy choroby opieńkowej w drzewostanach świerkowych, zwłaszcza w rejonach górskich, są tego potwierdzeniem (38).



FOT. 5. Korona sosny z zainfekowanym systemem korzeniowym przez *Heterobasidion annosum* w Nadleśnictwie Chojnów (fot. Z. Sierota)

U drzew osłabionych, o przerzedzonych koronach, rosnących w warunkach stresowych, zanikają mikoryzy ektotroficzne, zmienia się skład mikroorganizmów zasiedlających tkanki korzeni (7). Związane z defoliacją drzew zmiany w zawartości cukrów (glukozy i fruktozy) i aminokwasów (asparaginy i alaniny) w korzeniach drzew, wpływają zarówno



na zmniejszenie aktywności enzymów litycznych dla grzybni patogenów (np.  $\beta$ -1,3 glukanazy, chitynazy), jak i stymulują zmiany ilościowe i jakościowe w zespołach mikroorganizmów ryzosferowych (7, 46, 47). Wpływa to na zwiększoną podatność korzeni na infekcje ze strony patogenów korzeni — *Heterobasidion annosum* powodującego hubę korzeni lub *Armillaria spp.* wywołującą zgniliznę opieńkową (27, 28, 30, 45, 48).

Nawet u drzew wzrastających w warunkach bezstresowych występują gatunki grzybów egzystujące jako epifity lub endofity. One jako pierwsze zasiedlają organy roślinne i bytują w nich nie powodując objawów chorobowych (8, 9). Do wnętrza tkanek grzyby te przedostają się przez naturalne otwory oraz pęknięcia i urazy. Uszkodzenia takie powstają zwykle jako efekt zakłóceń w gospodarce wodnej roślin, na skutek działalności owadów, ptaków lub w wyniku mechanicznych uszkodzeń spowodowanych przez ludzi lub zwierzęta. Grzyby te stanowią istotny potencjał infekcyjny, uruchamiany z chwilą zaistnienia warunków sprzyjających ich rozwojowi lub niekorzystnych dla roślin (9, 25). Zaburzenia w gospodarce wodno-elektrolitowej drzew aktywizują również procesy patologiczne z udziałem grzybów zasiedlających tkanki naczyniowe — “grzybów naczyniowych” z rzędu *Ophiostomatales* (9, 26). Z kolei warunki pogodowe (wilgotność, temperatura powietrza) w istotny sposób wpływają na rozwój procesów chorobowych z udziałem grzybów zasiedlających liście — powodujących osutki, rdze, mączniaka i wpływających na przedwczesne opadanie liści czy igieł (8).

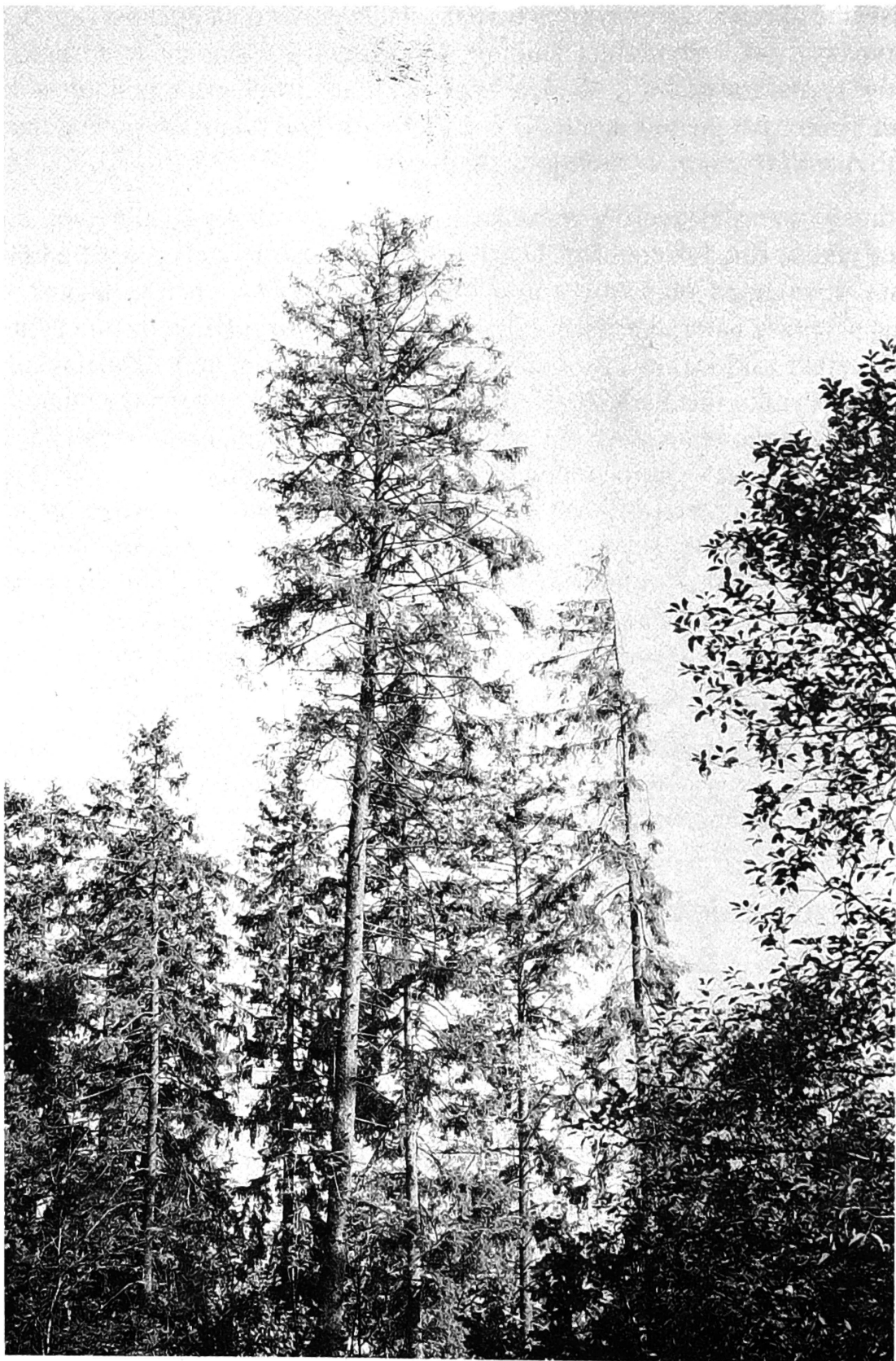
Zaobserwowano również związek pomiędzy przymrozkami późnymi i uszkodzeniami młodych pędów przez grzyby. W wyniku infekcji zamieranie pędów i przerzedzanie koron przesuwano się od ich wierzchołków ku nasadzie.

## **Przerzedzenie korony a zmiany w funkcjonowaniu korzeni — układ naczyń połączonych**

Korzenie stanowią pomost między częścią nadziemną rośliny a glebą, korona zaś — między atmosferą a strzałą i korzeniami drzewa. Ten uproszczony model wskazuje na istotę i stopień komplikacji sprzężeń zwrotnych zachodzących pomiędzy rośliną–gospodarzem a środowiskiem jej rozwoju. Prawidłowe funkcjonowanie rośliny jest uzależnione od wielu czynników, jednak głównymi ich “receptorami” są korzenie i liście.

Wpływ defoliacji koron drzew przez owady, oddziaływanie imisji przemysłowych, deficyt wody, obecność patogenów grzybowych, wyraża się w konsekwencji zakłóceniami w translokacji asymilatów i pobieraniu z gleby biogenów — podstawowych składników pokarmowych, a zwłaszcza azotu, fosforu i potasu. Wywołuje to stan niedożywienia korzeni i powoduje zamieranie ich części chłonnej. Następują zaburzenia w prawidłowym funkcjonowaniu procesów życiowych całego drzewa. Ich konsekwencją, poza deformacją przebiegu procesów metabolicznych, jest obniżenie naturalnej odporności drzew na ataki patogenów grzybowych, na mróz, a także wzrost “atrakcyjności” dla zasiedlania drzew przez owady (5, 6, 16, 30, 33, 38, 52).

Utrata nawet części aparatu asymilacyjnego powoduje wiele zmian w procesach biochemicznych. Jedną z nich jest obniżanie poziomu skrobi korzeniowej (źródło energii), niezależnie od naturalnych sezonowych wahań poziomu różnych cukrów w korzeniach drzew.



FOT. 6. Świerki zaatakowane przez kornika drukarza w Nadleśnictwie Suwałki (fot. R. Wolski)

Obniżenie poziomu skrobi jest związane z naturalnym procesem odtworzenia liści w krótkim czasie po ich utracie, na skutek uruchamiania dodatkowych zapasów energii (w dalszym ciągu skrobi korzeniowej). Doświadczenia przeprowadzone przez Wargo i in. na klonie (45, 47, 48) wykazały, że całkowite pozbawienie drzew liści na początku sezonu wegetacyjnego spowodowało obniżenie poziomu skrobi korzeniowej już po 2–3 tygo-

dniach, co wpłynęło na słabszy przebieg procesów regeneracji drzew przy wystąpieniu kolejnego stresu. Poziom pozostającej w korzeniach skrobi może zatem określać żywotność drzew, z uwagi na funkcyjną zależność zawartości skrobi od stopnia utraty aparatu asymilacyjnego (48).

Wpływ nagłego przeredzenia koron drzew na skutek ich defoliacji — ogołocenia przez piędzika przedzimka (*Operophtera brumata* L.) — został opisany przez Gradwell'a na podstawie obserwacji drzewostanu dębowego Wytham's Wood (4, 39). Defoliacja drzew wkrótce po otwarciu pączków nie miała dla drzew istotnego znaczenia i aparat asymilacyjny został odnowiony już po trzech tygodniach. Jednak kolejna defoliacja drzew w tym samym sezonie wegetacyjnym wpłynęła na zmniejszenie przyrostu pędów, zmniejszenie liczby otwartych pączków i opóźnienie w rozwoju liści. Efekty defoliacji ulegają zatem zsumowaniu. Potwierdzają to badania Benoit'a i Blais'a nad modrzewiem (2) z których wynika, że utrata igliwia w jednym roku około 80% powoduje 52% spadek przyrostu promieniowego. Modrzew defoliowany dwukrotnie rok po roku — odpowiednio w 60% i 70%, w pierwszym roku wykazuje 48% spadek przyrostu promieniowego, a w następnym już 70%. Również w innych badaniach, cytowanych przez Oszako (26) oraz Sierotę i in. (39), wykazany został wzrost śmiertelności drzew pod wpływem dwukrotnej w ciągu sezonu wegetacyjnego defoliacji koron.

Redukcja aparatu asymilacyjnego pociąga za sobą redukcję korzeni, co jest warunkiem zachowania równowagi fizjologicznej całego drzewa jako systemu biologicznego. Zarówno w koronie jak i w korzeniach pojawiają się martwe lub fizjologicznie osłabione tkanki. Zwiększa się podatność organów i tkanek na choroby grzybowe (7, 8, 9, 25, 31). W korzeniach następuje dysfunkcja układów mikoryzowych, zamieranie korzeni aktywnych. Powoduje to określone zaburzenia w gospodarce wodnej całej rośliny. Następuje uszkodzenie mechanizmu pobierania wody z solami mineralnymi przez korzenie i jej transportu do korony, zaś przez uszkodzenie aparatów szparkowych — nadmierna utrata wody wskutek ciągłej transpiracji (18).

Liście drzew są atakowane przez bytujące w tkankach grzyby endofitowe oraz przez patogeny, np. dęby przez mączniaka (*Microsphaera alphitoides*), sosna przez grzyby powodujące tzw. przedwczesny opad igieł. Dodatkowo zmniejsza to powierzchnię asymilacyjną liści, wpływa na efektywność fotosyntezy i prowadzi do zmniejszenia przyrostów rocznych. Progresja infekcji letalnych oraz postępująca kolonizacja powoduje dalsze osłabienie fizjologiczne, predysponując drzewa do jeszcze głębszych stresów i uszkodzeń przy kolejnych anomaliach pogodowych i defoliacjach owadzi (5, 16).

Ubytek liści w koronie i zamieranie pędów może być zatem wynikiem sytuacji stresowej, jak i źródłem stresu dla drzew. Jednakże zmienność cech morfologicznych pędów i igieł, dających obraz przeredzenia korony, jest związana nie tylko z rodzajem czynnika stresującego, lecz również uwarunkowana genotypem rośliny, stanowiskiem biosocjalnym drzew, miejscem w koronie, rocznikiem igieł (14, 36).



---

FOT. 7. Korona dębu o symptomach typowych dla zjawiska "zamieranie dębów" — Nadleśnictwo Krotoszyn  
(fot. T. Oszako)

## **Przerzedzenie korony — objaw choroby, uszkodzenia czy subiektywne wrażenie?**

Czy nawet znaczne przerzedzenie korony zawsze jest “nieszczęściem” dla drzewa, oznacza występowanie choroby lub uszkodzenia i kwalifikuje je do wcześniejszego zamarcia? Obraz drzewa o przerzedzonej — zdaniem oceniającego — koronie nie zawsze musi świadczyć o jego złym stanie zdrowotnym. Muszą być znane uwarunkowania wpływające na dotychczasowy rozwój tego drzewa (13, 14, 38).

Jak podaje Sierota (36), dla sosny — niezależnie od kwalifikacji drzew do określonych stopni przerzedzenia — zmienność cech biometrycznych igieł w obrębie korony (góra — środek) jest związana z rodzajem warunków stresowych wpływających na te drzewa. Jest ona wyraźniejsza w przypadku drzew rosnących w warunkach oddziaływania imisji przemysłowych, niż drzew będących pod wpływem stresu biotycznego z powodu huby korzeni. Z kolei wpływ uszkodzenia korzeni przez patogena na kształtowanie się długości i masy igieł sosny był większy, niż wpływ imisji przemysłowych. Igle z drzew rosnących w warunkach “choroby przemysłowej”, o różnym stopniu przerzedzenia korony, miały zbliżoną długość i bardzo różną masę, co oznacza, że były grubsze lub cieńsze. Igle drzew z hubą korzeni były z kolei zróżnicowane pod względem długości i masy, zależnie od stopnia zainfekowania systemu korzeniowego (32). W cytowanej pracy Sieroty (35) średnią suchą masę 1 mm igły przyjęto jako pośrednie kryterium stanu fizjologicznego drzewa (Sierota 1991). Dla igły dwuletniej, pobranej ze środkowej części korony bardzo silnie przerzedzonych (defoliacja ponad 60%) sosen rosnących w warunkach imisji masa 1 mm igły była większa, niż igły z drzew określonych jako “nie przerzedzone, zdrowe” (defoliacja do 10%). Była ona również znacznie większa, niż masa 1 mm igły jednorocznej, co wskazywałoby np. na większą w nich kumulację materiałów zapasowych (17, 33).

W przypadku igieł świerków rosnących w warunkach oddziaływania imisji przemysłowych analizy regresji i korelacji nie wykazały istotności związków między defoliacją korony a badanymi parametrami aparatu asymilacyjnego (12, 14, 36). Lech (13), za jedną z istotnych przyczyn tego faktu uznaje małą wiarygodność szacunkowej oceny stopnia defoliacji drzew.

Zatem nie wygląd korony, lecz parametry igieł (mogące pośrednio wyrażać miąższość warstwy mezofilu igły, różną liczbę chloroplastów, itp.) mogą być bardziej wiarygodnym wyznacznikiem zróżnicowania aktywności fizjologicznej — a zatem wyrażać również stan zdrowotny drzew (14, 35). Równie wiarygodnym kryterium kondycji życiowej drzew — i bardziej obiektywnym niż szacunkowa ocena stopnia przerzedzenia koron — może być ocena aktywności, żywotności i stopnia mikoryzacji korzeni aktywnych (35) czy też wskaźniki przyrostowe miąższości drzew (14).

U dębu i innych drzew gatunków liściastych defoliacja drzew (przez owady lub wywołana sztucznie) jest silnym stresem w przebiegu procesów życiowych. Wpływ defoliacji całkowitej jest niekiedy wyraźniejszy niż wpływ suszy i wyraża się zwykle bardzo silnym osłabieniem drzew. W przypadku dodatkowego wystąpienia innych sytuacji stresowych (infekcje pasożytnicze, zaburzenia w gospodarce hormonalnej z powodu imisji przemysłowych), może wyrazić się przedwczesnym zamarciem drzewa (20, 28).



FOT. 8. Regeneracja koron sosen uszkodzonych w wyniku żerowania borecznika sosnowca w Nadleśnictwie Biała Podlaska (fot. M. Malczewska)

O tym, że wygląd korony nie w pełni informuje o rzeczywistej kondycji życiowej drzew przekonują zarówno przykłady zamierania drzew o koronach nieuszkodzonych (38), jak i rewitalizacji drzew nawet silnie zdefoliowanych (6, 41, 42). Istnienie uwarunkowanych genetycznie oraz stymulowanych przez korzystniejsze warunki środowiskowe zdolności

regeneracyjnych roślin i mechanizmów kompensacyjnych, pozwala na odtwarzanie utraconych lub uszkodzonych organów lub ich części. Mechanizmy te przeciwdziałają również utracie homeostatycznych zdolności sterowniczych ekosystemu (11, 37).

Oto przykłady takich sytuacji:

- Drzewa częściowo zdefoliowane w wyniku jesiennego żeru barczatki sosnówki, mają większą szansę regeneracji utraconych igieł z uwagi na preferowanie w menu igieł dwuletnich oraz nie uszkodzenie przez gąsienice pączków. Żer wiosenny jest bardziej groźny dla drzew ze względu na objadanie pędów majowych i pączków. Śliwa (42) podaje, że w przypadku żeru częściowego po pięciu latach może nastąpić całkowita regeneracja drzew — o ile nie wystąpią inne czynniki stresowe.
- W przypadku intensywnego żerowania owadów do dna lasu dostarczane są duże ilości fragmentów igieł oraz ekskrementy, bogate m.in. w związki azotowe. Śliwa (41) podaje, że przy “rozrzućnym” żerowaniu brudnicy mniszki na dno lasu spada 40–70% całej masy uszkodzonych igieł. O ilości spożywanego pokarmu i wytwarzanych odchodów może świadczyć wzrost masy ciała jednej gąsienicy brudnicy mniszki z 2 do 1000 mg pod koniec żerowania (41). Lech (11) wykazał, że przy zwalczaniu strzygony choinówki w fazie gradacji w obieg materii w ekosystemie włączana jest masa ok. 75 t ciał gąsienic na 1 tys. ha. Wpływa to znakomicie na regenerację uszkodzonych drzew i szybkie uzupełnienie utraconej biomasy.
- Zwiększony dostęp światła do koron (w wyniku cięć pielęgnacyjnych lub sanitarnych w drzewostanie) w istotny sposób wpływa na wzrost aktywności fizjologicznej drzew (24, 32). Także u drzew przerzedzonych w wyniku częściowej defoliacji lub działania imisji przemysłowych, na skutek zwiększonej insolacji wykształcane są igły zdolne do “uzupełnienia” ubytku aparatu asymilacyjnego większą aktywnością fotosyntezy (32, 36, 52). Obecność tych igieł (igły jednoroczne uważane są zresztą za bardziej tolerancyjne (52) na zanieczyszczenia powietrza) oraz wzrastający z wiekiem udział w produkcji biomasy drewna igieł z wnętrza korony (15, 52) sprzyjają regeneracji drzew i powrotowi do stanu poprzedniego (o ile nie wystąpią niekorzystne dla roślin warunki, np. susza).
- W drzewostanach uszkodzonych w wyniku huby korzeni, drzewa — choć zwykle przerzedzone — mogą funkcjonować wiele lat dzięki wytwarzaniu dodatkowych korzeni bocznych, rekompensując ubytek części systemu korzeniowego porażonego przez patogena. Uważane za bardziej odporne drzewa pozostające w centrach luk hubowych — pojedyncze egzemplarze lub biogrupy — charakteryzują się nawet lepszymi cechami hodowlanymi od drzew z wnętrza drzewostanu (33). U świerka, w przeciwieństwie do sosny, choroba z powodu patogenów korzeni może nie uzewnętrznić się przerzedzeniem korony przez cały okres życia drzew (co wynika głównie z zasiedlania przez te grzyby części twardej drewna).
- Korzenie brzoź rosnących w warunkach stresu wodnego lub zabite przez wysoką temperaturę gleby są w stanie wytworzyć korzenie w głębszych warstwach gleby i zapewnić przetrwanie niekorzystnych warunków — o ile nie nastąpią inne okoliczności, np. przemrożenie gleby czy występowanie toksycznego poziomu glinu w glebie (31, 43).



FOT. 9. Sosny pozostające wewnątrz luki hubowej w drzewostanie na terenie Nadleśnictwa Chojnów  
(fot. Z. Sierota)

- ☐ Prześwietlenie drzew powoduje większy dostęp światła do gleby, sprzyja naturalnemu odnowieniu drzew (w przerzedzonych drzewostanach pojawiają się siewki) oraz zwiększa możliwości życiowe dla roślin stanowiących niższe piętra lasu.



Podane przykłady wskazują, że przy braku permanentnych, masywnych lub ekstremalnych zagrożeń, przerzedzenie koron drzew nie musi oznaczać trwałych, negatywnych zmian w drzewostanie. Występujące prześwietlenie korony — z różnych przecież przyczyn — nie musi być przesłanką do podejmowania zbyt szybkich decyzji nakierowanych na odtwarzanie uszkodzonych — z gospodarczego punktu widzenia — struktur ekosystemu leśnego.

## Literatura

1. **Altühoff J. von:** Zur Disponierung von Immissionsgeschädigten Fichtenbeständen gegenüber den Buchdruckerbefall. "Allg. Forstz." 1985, H. 13.
2. **Benoit P., Blais R.:** The effect of defoliation by the Larch casebarer on the radial growth of tamarack. "For. Chron" 1988, v.64(3), 190-192.
3. **Dmyterko E.:** Metodyka określania stopnia uszkodzenia drzewostanów sosnowych przez imisje przemysłowe. "Prace IBL s. A" 1994, nr 782.
4. **Gradwell G.R.:** The effect of defoliators on tree growth. "The British Oak" 1973, 182-193.
5. **Kacperska A.:** Odporność roślin na stresowe abiotyczne czynniki środowiska i metody jej oceny. "Post. Nauk Roln." 1991, nr 1.
6. **Koehler W.:** Zarys hylopatologii. PWRiL Warszawa 1981.
7. **Kowalski S.:** Badania wpływu zbiorowisk grzybów glebowych w uprawach sosny, brzozy, dębu i olszy na wzrost grzyba patogenicznego *Armillaria* i *Heterobasidion annosum*. "Zesz. Nauk. AR Kraków — Leśn." 1989, nr 17.
8. **Kowalski T.:** Mikoflora chorych i zamierających igieł *Pinus sylvestris* w drzewostanach Polski południowej. "Zesz. Nauk. AR Kraków — Leśn." 1987, Z. 17, nr 212.
9. **Kowalski T.:** Oak decline: I. Fungi associated with various disease symptoms on overground portions of middle-aged and old oak (*Quercus robur* L.). "Eur. J. For. Path" 1991; 21(3): 136-151.
10. **Kozlowsky T.T. ed.:** Water deficit and plant growth. Acad.Press N.Y. 1978, v.5.
11. **Lech A.:** Opracowanie modelu cybernetycznej regulacji liczebności strzygonii choińówki (*Panolis flammea* Schiff.) na przykładzie wybranych nadleśnictw. Warszawa: IBL 1991.
12. **Lech P.:** Biometryczna analiza niektórych cech aparatu asymilacyjnego świerka o różnym stopniu defoliacji pod wpływem imisji przemysłowych. "Prace IBL" 1993, nr 754.
13. **Lech P.:** Przydatność szacunkowej metody określania defoliacji drzew do badań stanu zdrowotnego lasu. "Sylwan" 1995, nr 8.
14. **Lech P., Sierota Z., Małecka M.:** Metody diagnozowania i prognozowania stanu zagrożenia środowiska leśnego. Warszawa: IBL 1994.

15. **Lemke J., Woźniak A.:** Szacowanie masy igieł nasłonecznionej i ocienionej części korony sosny zwyczajnej. "Sylwan" 1991, nr 2.
16. **Levitt J.:** Responses of plants to environmental stresses. London, N.Y.; Acad. Press 1980.
17. **Lorenc-Plucińska G.:** Effects of sulphur dioxide on the partitioning of assimilates in Scots pine seedlings of different susceptibility to this gas. "Eur.J. For. Path." 1986, No. 14
18. **Majernik O., Mansfield T.A.:** Stomatal responses to raised atmospheric CO<sup>2</sup> concentrations during exposure of plants to SO<sup>2</sup> pollution. "Environm. Pollut." 1972, No. 3.
19. **Małachowska J., Wawrzoniak J.:** Ocena uszkodzenia lasu na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu biologicznego w 1993 r. Warszawa: IBL 1994.
20. **Manion P.D.:** Tree disease concepts. Prentice Hall Inc. New Jersey 1981
21. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests. PCC ICP. Global Environm. Monitoring System. UN-ECE 1988.
22. **Młodzianowski F., Białobok S.:** The effect of sulphur dioxide on ultrastructural organisation of larch needles. "Acta Soc. Bot. Pol." 1977, v.40(4).
23. **Mozgawa J. i in.:** Ocena stanu lasów Polski na podstawie badań monitoringowych. Bibl. Monit. Środ. Warszawa: PIOŚ 1993.
24. **Nowak J.:** Physiological responses of sun and shade foliage in thinned and unthinned ten-year-old loblolly pine stand. M.Sc. Thesis Blacksburg Univ., Virginia 1991.
25. Oak decline in Europe. Ed.: Siwecki R., Liese W. Proc. of Int. Symp. Kórnik, 1990. Poznań: PWRiL 1992.
26. **Oszako T.:** Badanie przyczyn masowego zamierania drzew liściastych ze szczególnym uwzględnieniem dębu i buka oraz próby zapobiegania. Warszawa: IBL 1991.
27. **Parker J.:** Effects of defoliation, girdling and severing of Sugar maple trees on root starch and sugar levels. USDA "For. Serv. Res. Papers" 1974, No. 306.
28. **Parker J., Patton R. L.:** Effects of drought and defoliation on some metabolites in roots of Black oak seedlings. "Can. J. For. Res." 1975, v.5, 457-463.
29. **Pusey P.L.:** Influence of water stress on susceptibility of nonwounded peach bark to *Botyosphaeria dothidea*. "Plan. Dis." 1989, 73 (12).
30. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. Red. R. Siwecki. Mat. II Kraj. Sympozjum. Poznań 1987.
31. **Redmond D.R.:** Rootlets, mycorrhiza and soli temperatures in relation to birch dieback. "Can. J. Bot." 1955, No. 33.

32. **Rykowski K., Sierota Z.:** Zmienność niektórych cech morfologicznych i chemicznych igieł sosny w ogniskach porażenia przez hubę korzeni (*Heterobasidion annosum*). "Prace IBL" 1988, nr 667.
33. **Rykowski K., Sierota Z., Lech P., Żółciak A., Łozińska A., Zalewska-Gorzelska E.:** Stan fizjologiczny tkanek przykambialnych oraz igliwia jako wyraz predyspozycji chorobowej drzew w zależności od stopnia uszkodzenia drzewostanów pod wpływem imisji. Warszawa: IBL 1990.
34. **Sierota Z.:** Hipotezy dotyczące naturalnych (i antropogenicznych) przyczyn zamierania lasu w Europie. "Sylwan" 1988, nr 9 (i nr 10).
35. **Sierota Z.:** Kryteria wczesnego wykrywania zmian w stanie zdrowotnym drzew rosnących w warunkach stresu. "Sylwan" 1988, nr 11.
36. **Sierota Z.:** Biometryczne cechy aparatu asymilacyjnego jako pośrednie kryterium oceny kondycji życiowej sosny rosnącej w warunkach stresu. "Sylwan" 1991, nr 4–6.
37. **Sierota Z.:** Biometrical features of needles of Scots pine and Norway spruce under air pollution — a trial of verification of field assessment of crown transparency. W: "Proc. Expertentag. Waldschadenforsch.im Östlichen Mitteleur. und in Bayern" München: GSF Bayern 1990.
38. **Sierota Z.:** Zdrowotność z żywotność - próba definicji. "Sylwan" 1995, nr 2
39. **Sierota Z., Zalewska-Gorzelska E., Oszako T.;** 1992: Defoliacja jako fizjologiczny czynnik predyspozycji chorobowej drzew. Warszawa: IBL 1992.
40. **Starzecki W.:** Effect of environmental factors on the structure and function of assimilative organs. "Pol. Ecol. Stud." 1981, Vol.7, No. 3-4.
41. **Śliwa E.:** Brudnica mniszka. Bibl. Leśn. Warszawa 1987.
42. **Śliwa E.:** Barczatka sosnowka. Bibl. Leśn. Warszawa 1992
43. Ulrich B., Pankrath J. ed.: Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. Dordrecht: D.Reidel Publ. Co. 1983.
44. **Vannini A.:** Water stress: a predisposing factor in the pathogenesis of *Hypoxylon mediterraneum* on *Quercus cerris*. "Eur. J. For. Path." 1991, H. 21.
45. **Wargo P.M.:** Defoliation-induced changes in Sugar maple roots stimulate growth of *Armillaria mellea*. "Phytopathology" 1972, v.62(11).
46. **Wargo P.M.:** Lysis of the cell wall of *Armillaria mellea* by enzymes from forest trees. "Physiol. Plant Path." 1975, No.5
47. **Wargo P.M., Houston D.:** Infection of defoliated Sugar maple trees by *Armillaria mellea*. "Phytopathology" 1974, v. 64(6), 817-822.
48. **Wargo P.M., Parker J., Houston D.R.:** Starch content in roots of defoliated Sugar maple. "For. Sci" 1972., v. 18(3), 203-204.

49. **Witowski J.:** Porównanie wiązania CO<sub>2</sub> przez ocienioną i nasłonecznioną część korony. "Prace LBL — s.A." 1994, nr 779.
50. Wyniki inwentaryzacji wielkopowierzchniowej stanu lasu. Warszawa: BULiGL 1991.
51. **Zalewska-Gorzelska E.:** Oddziaływanie SO<sub>2</sub> na aparat asymilacyjny drzew iglastych. "Sylwan" 1991, nr 11.
52. Życie drzew w skażonym środowisku. Red. S. Białobok. Warszawa–Poznań: PWN 1989.

*Z Zakładu Fitopatologii  
Instytutu Badawczego Leśnictwa*

## **Summary**

### **Tree crown transparency as an effect and source of a stress**

Considerations on the impact of tree crown transparency as the result of abiotic and anthropogenic stress, as well as that caused by defoliation on the health condition of trees were presented in the report. Interrelations between the state of crowns and that of roots were identified, as well as the deal of stress factors on the shape of health conditions. Examples were given indicating that the appearance of a crown need not necessarily reflect a bad health state of trees.