

ZBIGNIEW SIEROTA

## **Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych**

### **III. Ocena drzewostanów na podstawie wskaźników monitoringowych**

Phytopathological Monitoring in Managed Forests.  
III. Stand Estimation Based on Monitoring Indices

#### **Wprowadzenie**

**P**rezentowany artykuł jest kontynuacją cyklu opracowań dotyczących wykorzystywania kryteriów fitopatologicznych w ocenie stanu zdrowotnego lasu. W części pierwszej (Sylwan nr 3/1996) przedstawiono założenia i możliwości wykorzystania wskaźników fitopatologicznych, jako uzupełnienia monitoringu biologicznego (12). W części drugiej (Sylwan 1/1997) uzasadniono, że poletko SPO monitoringu biologicznego nie stanowi próby reprezentatywnej dla całego drzewostanu pod względem wielu cech i parametrów. Określono, że najbardziej obiektywną charakterystykę zapewnia ocena wykonana na większej liczbie poletek — jako optymalny sugerowano w cytowanej pracy układ czterech poletek (13). Stwierdzenia takie były podstawą do wykorzystania kryteriów monitoringu fitopatologicznego w ocenie stanu zdrowotnego drzewostanu z uwzględnieniem większej liczby poletek oraz rozszerzenia takiej oceny kolejnymi, proponowanymi wskaźnikami monitoringowymi.

Jak podkreślono w poprzednich pracach, patogeny korzeni są użytecznymi wskaźnikami stanu zdrowotnego lasu, między innymi z uwagi na stałość zasiedlania podłoża (pniaków i korzeni drzew) i długotrwałość procesu chorobowego. Ich obecność zarówno określa obszar o podwyższonej predyspozycji na różne szkodliwe czynniki stresowe i szkodotwórcze, jest wyrazem istniejącego stanu patologicznego w drzewostanie, jak i wskazuje zmiany o charakterze ekosystemowym. W wyniku masowego występowania patogenów korzeni może bowiem dojść nie tylko do istotnych szkód gospodarczych, lecz i do zmian w prawidłowym funkcjonowaniu biocenoz, prowadząc do degradacji drzewostanu, obniżenia produktywności siedlisk a nawet wylesień. Z drugiej strony, na przykład w drzewostanach

powstałych w wyniku zalesień gruntów porolnych, wzmożona obecność patogena korzeni — korzeniowca wieloletniego *Heterobasidion annosum* — może być traktowana jako wskaźnik zachodzącej transformacji pod wpływem sił przyrody, korygującej narzucone wskutek działań gospodarczych obce dla środowiska układy — np. istniejące na powierzchni ponad 1 mln ha monokultury sosnowe i świerkowe (8, 10). Obecność i nasilenie występowania grzybów saprofitycznych, a zwłaszcza grzybów konkurencyjnych w stosunku do patogenów korzeni, ma korzystny wpływ na ograniczenie infekcji systemów korzeniowych oraz może być traktowana jako miara intensywności procesu chorobowego (3, 6, 8). Występowanie gatunków grzybów z podgromady *Basidiomycotina* — zarówno patogenów korzeni, jak i grzybów saprofitycznych — może być zatem uznane za swoisty wyraz dojrzałości ekologicznej drzewostanu gospodarczego, zaś ich brak — za przejaw zmniejszenia procesów biocenotycznych, typowych dla ekosystemu leśnego (10).

Zaproponowany przez Sierotę i Lecha (12) system monitoringu fitopatologicznego, uwzględniający ocenę pniaków pozostających na powierzchni, stanowi istotne uzupełnienie ocen stanu zdrowotnego lasów cechami i wskaźnikami określającymi rozmiar występowania patogenów korzeni i ich wpływ na drzewostan. Ocena ilościowa pniaków, relacje w stosunku do liczby drzew na powierzchni oraz analiza stopnia zasiedlenia pniaków przez grzyby, wraz z szacunkową analizą okresu ich powstawania, pozwala na określenie wielu cech drzewostanu, nieosiągalnych w dotychczasowych ocenach inwentaryzacyjnych i monitoringowych. Do informacji takich, prócz diagnozy zagrożenia infekcyjnego drzewostanu ze strony patogenów korzeni (zastosowanie tzw. wskaźników zagrożenia), informujących o obecności patogenów, o relacjach ilościowych między patogenami a saprofitami oraz wskaźników infekcyjności, określających możliwość kolonizacji pniaków niezasiedlonych i drzew (9, 11, 12, 13, 14), proponuje się nowe wskaźniki monitoringowe — umownie nazwane jako wskaźniki gospodarcze oraz wskaźniki drzewostanowe. Proponowane wskaźniki gospodarcze umożliwiają *ex post* analizę wykonywanych w drzewostanie czynności o charakterze hodowlanym — częstości i intensywności trzebieży oraz ich wpływu na stan zdrowotny drzew. Wskaźniki drzewostanowe z kolei, w intencji tej oceny, określają stopień zagrożenia drzew, wyznaczają stopień dyspersji choroby w drzewostanie i informują o stopniu adaptacyjności drzewostanu gospodarczego do warunków charakteryzujących ekosystem leśny (tu: pod względem udziału grzybów *Basidiomycotina*).

Autor w sposób świadomy zastosował uproszczenia w konstrukcji proponowanych wzorów (1-3 i 7-9), pragnąc przekazać pewien sposób rozumowania, wskazujący na możliwość opisu drzewostanu dla potrzeb inwentaryzacyjnych i monitoringowych. Nie było zadaniem tej pracy tworzenie algorytmów ilustrujących poszczególne stany lub procesy w drzewostanie, będące pochodnymi wykonywanych zabiegów gospodarczych, naturalnych procesów chorobowych, czy zakłóceń zewnętrznych o charakterze probabilistycznym itp., które powinny być przedmiotem innych studiów.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie informacji o drzewostanie w wykorzystaniu proponowanych wskaźników i próba oceny ich przydatności na potrzeby monitoringu. W pracy wykorzystano częściowo wyniki pomiarów wykonanych w czasie badań wpływu emisji przemysłowych na środowisko leśne (temat IBL 530-950/94 finansowany ze środków Rządu Japonii) (4, 14).

## Obiekty i metodyka badań

Ocenę zróżnicowania drzewostanów pod względem opisywanych cech ukazano na przykładzie 23 drzewostanów sosnowych w wieku powyżej 40 lat, na siedlisku boru mieszanego świeżego, usytuowanych na wyznaczonym transekcie skażeń środowiska leśnego (4). Wytypowane drzewostany reprezentują grupy homogeniczne nadleśnictw, zróżnicowane stopniem oddziaływania emisji przemysłowych, położeniem w krainach przyrodniczo-leśnych, wartościami średniej wieloletniej współczynnika pogodowego i wiekiem (4, 13).

W każdym z drzewostanów oceniano 5 grup po 20 drzew (poletko centralne SPO i cztery odległe od niego o 50 m na kierunkach stron świata poletka dodatkowe) oraz wszystkie pniaki znajdujące się w obrębie każdego poletka pomiarowego. Metodyka wyboru poletek oraz oceny fitopatologicznej drzew i pniaków została przedstawiona w cytowanych już opracowaniach. Określano także szacunkowo okres powstania pniaków, wyróżniając pniaki starsze — powstałe przed około 7-10 laty i młodsze — powstałe 1-3 lata wstecz. Do oceny drzewostanów przyjęto następujące wskaźniki monitoringowe:

- ☐ wskaźniki gospodarcze:
  - wskaźnik intensywności zabiegów:  $IZ = p \cdot 100 / (d+p)$  (%) [1]
  - wskaźnik zaległości pod względem wykonywania zabiegów:  $ZZ = ps/pm$  [2]
  - wskaźnik przerzedzenia drzewostanu:  $PD = p/d$  [3]
- ☐ wskaźniki fitopatologiczne (12, 13, 14)
  - wskaźnik zainfekowania pniaków przez patogeny korzeni:  $Wi = (H+A) \cdot 100/p$  (%) [4]
  - wskaźnik obecności saprofitów:  $Wa = (P+B) \cdot 100/p$  (%) [5]
  - wskaźnik dominacji patogenów:  $Wp = (H+A)/(P+B)$ ; [6]
- ☐ wskaźniki drzewostanowe:
  - wskaźnik ekspozycji pniaków:  $EP = (H+A) \cdot 100/pw$  [7]
  - wskaźnik zagrożenia drzewostanu:  $ZD = (H+A+pw)/d$  [8]
  - wskaźnik dojrzałości ekologicznej drzewostanu, określony udziałem grzybów podgromady *Basidiomycotina*:  $DE = (ps+H+A+P) \cdot 100/d$  [9]

gdzie :

$H, A, P, B$	— liczba pniaków zasiedlonych przez: <i>Heterobasidion annosum</i> ( $H$ ), <i>Armillaria</i> spp. ( $A$ ), <i>Phlebiopsis gigantea</i> ( $P$ ), inne grzyby <i>Basidiomycotina</i> ( $B$ );
$p$	— całkowita liczba pniaków;
$pw$	— liczba pniaków nie zasiedlonych przez patogeny i grzyby saprofityczne $pw = p - (A+H+P+B)$ ;
$ps$	— liczba pniaków starszych — powstałych przed około 7-10 laty;
$pm$	— liczba pniaków młodszych powstałych przed 1-3 laty;
$d$	— liczba drzew żywych na powierzchni.

O ile w mianowniku wzorów 2, 6 i 7 występuje zero, co oznacza brak pniaków danej kategorii, wskaźnika nie wylicza się, zaś interpretacja wyniku oznacza dużą (lub bardzo dużą) wartość wskaźnika.

Oceniono 115 poletek pomiarowych w 23 obiektach, wykonując analizy fitopatologiczne 2300 drzew i 1475 pniaków. Wyniki zestawiono w tabeli 1; niektóre analizy statystyczne dla wybranych zmiennych wg poletek i grup homogenicznych zostały przedstawione w pracy Sieroty i Lecha (13).

## Wyniki

### Wskaźniki gospodarcze

Na wartości poszczególnych wskaźników decydujący wpływ miały: wiek drzewostanów, liczba drzew przed wykonanymi 7-10 lat wstecz cięciami pielęgnacyjnymi i/lub sanitarnymi oraz liczba drzew usuniętych w wyniku tych cięć (tab. 1). Oceniane drzewostany jeszcze przed wykonaniem zabiegów hodowlano-sanitarnych były zróżnicowane między sobą pod względem liczby drzew ( $d + p$ ). Najmniejszą ich liczbą w przeliczeniu na 1 ha charakteryzował się wówczas 65-letni drzewostan w Nadl. Augustów — średnio 504 drzewa, największą zaś 55-letni drzewostan w Nadl. Mińsk Mazowiecki — średnio 2622 drzewa. Zmienność w liczbie usuniętych drzew wynikała zarówno ze zróżnicowanego wówczas zagrożenia ze strony grzybów i owadów (7), jak i z nasilenia wykonywanych w tym okresie cięć. W roku oceny liczba drzew ( $d$ ) na poszczególnych powierzchniach wynosiła od 369 szt./ha w Nadl. Augustów, do 1583 szt./ha w Nadl. Świerklaniec. Stwierdzone różnice pod względem tej cechy były niewątpliwie związane z warunkami wzrostu drzew i stopniem oddziaływania emisji przemysłowych (co było m.in. powodem wyróżnienia grup homogenicznych).

Określona wartością współczynnika  $IZ$  [1] intensywność cięć kształtowała się od 20% w Nadl. Puławy i Olkusz, do 56% w Nadl. Łagów, przy średniej dla wszystkich ocenianych nadleśnictw  $IZ=39\%$  (tab. 2). W drzewostanach w przedziale wiekowym 40-60 lat, wartości wskaźnika  $IZ$  zawierały się w przedziale 20-50%, zaś w drzewostanach starszych (ponad 60-letnich) — w zbliżonym przedziale 26-56%. Przykładowe porównanie dwóch grup homogenicznych ( $II$  i  $VI$ ) nadleśnictw w tej samej kategorii wiekowej, lecz o odmiennych warunkach środowiska (klimatycznych, fizjograficznych i położenia na transekcie skażeń powietrza), określa zróżnicowanie wartości tego wskaźnika w przedziałach, odpowiednio:  $IZ_{II}$  26-44% i  $IZ_{IV}$  32-56% (tab. 2).

Zaległości pod względem wykonywania cięć w drzewostanie określono ilorazem liczby pniaków starszych, powstałych przed 7-10 laty, i pniaków młodszych, powstałych do 3 lat wstecz, jako wskaźnik  $ZZ$  [2]. Liczba pniaków obydwu kategorii wieku zawierała się w przedziałach: dla pniaków starszych ( $ps$ ) od 78 szt./ha w Nadl. Ciechanów do 1124 szt. w Nadl. Garwolin, zaś dla pniaków młodszych ( $pm$ ) od 0 szt./ha w Nadl. Puławy do 522 szt. w Nadl. Mińsk Mazowiecki (tab. 1). Wynikające stąd zróżnicowanie nadleśnictw pod względem wartości wskaźnika zaległości zawierało się w przedziale od  $ZZ = 0,3$  w Nadl. Ciechanów do  $ZZ = 19,7$  w Nadl. Garwolin (i nie wyliczanej z uwagi na brak pniaków młodszych, bardzo wysokiej wartości wskaźnika w Nadl. Puławy) (tab. 2).

Wskaźnik przerzedzenia drzewostanu  $PD$  [3], określa relacje ilościowe między pniakami ( $p$ ) a drzewami ( $d$ ) na powierzchni. W ocenianych drzewostanach najmniejszym przerzedzeniem cechowały się drzewostany w Nadl. Puławy i Olkusz:  $PD = 0,3$ , podczas gdy

największe prześwietlenie cechowało drzewostany w Nadl. Jabłonna, Garwolin, Mińsk Mazowiecki:  $PD \geq 0,9$  (tab. 2).

### Wskaźniki fitopatologiczne

Pniaki powstające w wyniku zabiegów hodowlano-sanitarnych były systematycznie kolonizowane przez różne grzyby. Od strony korzeni i od strony ścięcia pniaka infekowały je patogeny korzeni: głównie *Heterobasidion annosum* (*H*) lub *Armillaria* spp. (*A*), zaś od czoła pniaka zasiedlane były przez liczne grzyby saprofityczne (*S*), przede wszystkim zaś przez *Phlebiopsis gigantea* (*P*) — niejednokrotnie w wyniku sztucznego zakażenia pniaków preparatem typu PgIBL. Patogen *H. annosum* najliczniej występował w Nadl. Jabłonna — średnio w 100 pniakach/ha ( w niektórych nadleśnictwach nie był notowany), zaś występowanie opieńki *Armillaria* spp. stwierdzono w kilku zaledwie drzewostanach, gdzie grzybnię lub ryzomorfy tego patogena zidentyfikowano w 5 do 67 pniakach/ha (tab. 1).

Największe wartości wskaźnika zagrożenia  $W_i$  [4], z powodu obecności pniaków zainfekowanych przez patogeny, cechowało drzewostany w Nadl. Rajgród:  $W_i = 21,4\%$  i Ostrów Maz.:  $W_i = 20,7$ ; dla kilku nadleśnictw wskaźnik przyjął wartość 0 (tab. 2).

Grzyby saprofityczne ( $P+B$ ) — konkurencyjne względem patogenów korzeni — w niektórych drzewostanach występowały w bardzo ograniczonym zakresie (Nadl. Puławy, Jabłonna, Włoszczowa, Browsk), w innych zaś ich udział przekraczał liczbę 300 pniaków/ha (Nadl. Garwolin, Mińsk Mazowiecki) (tab. 1). Wartości określonego na tej podstawie wskaźnika obecności saprofitów  $W_a$  [5] zawierały się w przedziale od 0,4% (Nadl. Puławy) do 85,4% (Nadl. Ciechanów) liczby wszystkich pniaków (tab. 2).

Wskaźnik dominacji patogenów  $W_p$  [6], określający relacje między liczbą pniaków zasiedlonych przez patogeny a saprofity, przyjęto jako indyktor potencjału infekcyjnego sprawców chorób systemów korzeniowych. Pozwoliło to na wskazanie ocenianych drzewostanów w nadleśnictwach Płaska, Łochów, Kozienice, Puławy, Ruda Maleniecka, Koszęcin jako wolnych od chorób korzeni ( $W_p = 0$ ), zaś w nadleśnictwie Jabłonna — jako najbardziej zagrożonych hubą korzeni ( $W_p = 9,09$ ). W wielu drzewostanach udział patogenów i saprofitów był zbliżony, co określono wartościami współczynnika  $W_p$  bliskimi 1,0 (tab. 2).

### Wskaźniki drzewostanowe

Zagrożenie drzewostanu określa obecność patogenów korzeni i możliwości kolonizacji przez nie wolnych nisz ekologicznych — niezasiedlonych korzeni i pniaków. Część pniaków na ocenianych powierzchniach nie była zajęta przez grzyby z podgromady *Basidiomycotina* ( $p_w$ ), a przez to potencjalnie zagrożona infekcją przez wyspecjalizowane w tym względzie patogeny. Wykorzystując dane zawarte w tabeli 1 wyliczono, że najmniejsza liczba pniaków wolnych od grzybów *Basidiomycotina* cechowała drzewostany w Nadl. Ciechanów ( $p_w = 23$  pniaki/ha) i Łochów ( $p_w = 36$ ), największa zaś drzewostany w Nadl. Jabłonna ( $p_w = 883$ ), ( $p_w = 822$ ).

Możliwość rozwoju grzybów *Basidiomycotina* w pniakach nie zasiedlonych — a przez to zwiększanie zagrożenia chorobowego w przypadku patogenów (dyspersja choroby), lub jego zmniejszenie przy kolonizacji przez saprofity (skuteczne bariery biologiczne) —

TABELA 1  
Charakterystyka ocenianych drzewostanów na podstawie średniej liczby drzew i pniaków (szt.) w przeliczeniu na 1 ha, według oceny 5 poletek

Nr pol. SPO	Nadleśnictwo	Grupa homo- geniczna	Liczba drzew d	Pniaki		starsze ps	młodsze pm	zasiedlone (grzyby)				wolne pw	
				razem p	drzew d			H	A	P	S	H	S
80	Plaska	I*	903	526	435	91	0	0	0	0	56	470	
170	Szczebra	II+	553	447	330	117	65	0	25	83	274		
3	Augustów	II+	369	135	85	50	11	0	27	42	55		
92	Rajgród	II+	544	196	109	87	42	0	0	27	127		
11	Browsk	II+	588	244	190	54	19	5	0	20	200		
117	Ciechanów	III+	404	301	78	243	13	8	121	136	23		
127	Ostrów Maz.	IV+	562	295	152	143	5	56	11	92	131		
13	Łochów	IV+	788	401	155	246	0	0	112	193	36		
134	K.P.N.	IV+	823	520	212	308	15	0	35	183	287		
22	Kozienice	IV+	1056	802	644	158	0	0	12	49	741		
20	Mińsk Maz.	V*	1370	1252	730	522	46	15	0	460	731		
9	Jabłonna	V*	958	994	482	512	100	0	0	11	883		
6	Garwolin	V*	1175	1181	1124	57	40	0	0	319	822		
31	Puławy	V*	1025	268	268	0	0	0	0	1	267		
39	Ruda Mal.	VI+	881	426	335	91	0	0	0	38	388		
52	Włoszczowa	VI+	684	478	386	92	10	0	0	10	458		
27	Łagów	VI+	698	908	574	334	62	23	170	288	365		
36	Chmielnik	VI+	685	342	123	219	29	0	30	111	172		
21	Konieczpol	VI+	625	402	227	175	0	67	34	48	253		
60	Złoty Potok	VII*	875	605	467	138	0	44	0	80	481		
79	Koszęcin	VII*	739	366	330	36	0	0	0	14	352		
28	Olkusz	VII*	1212	320	253	67	32	9	0	27	252		
103	Świerkianiec	VII*	1583	784	717	67	30	0	0	20	734		
średnio			830	530	365	165	25	10	25	96	374		

\* — gwiazdką oznaczono drzewostany w wieku 40-60 lat

+ — plusem oznaczono drzewostany w wieku powyżej 60 lat

TABELA 2  
Charakterystyka drzewostanów na podstawie przyjętych wskaźników monitoringowych

Nr SPO	Nadleśnictwo	Grupa homog.	Wskaźniki gospodarcze			Wskaźniki fitopatologiczne			Wskaźniki drzewostanowe		
			IZ	ZZ	PD	Wi	Wa	Wp	EP	ZD	DE
80	Płaska	I*	36	4,8	0,6	0	10,6	0	0	0,5	48
170	Szczebra	II+	44	2,8	0,8	14,5	24,2	0,59	24	0,6	76
3	Augustów	II+	27	1,7	0,4	8,1	51,1	0,15	20	0,2	33
92	Rajgród	II+	26	1,3	0,4	21,4	13,8	1,55	33	0,3	28
11	Browsk	II+	29	3,5	0,4	9,8	8,2	1,20	12	0,4	36
117	Ciechanów	III+	42	0,3	0,7	7,0	85,4	0,08	91	0,1	25
127	Ostrów Maz.	IV+	34	1,1	0,5	20,7	34,9	0,59	47	0,3	40
13	Łochów	IV+	33	0,6	0,5	0	76,1	0	0	0,1	34
134	K.P.N.	IV+	39	0,7	0,6	2,9	41,9	0,06	5	0,4	32
22	Kozienice	IV+	43	4,1	0,8	0	7,6	0	0	0,7	62
20	Mińsk Maz.	V*	47	1,4	0,9	4,9	36,7	0,13	8	0,6	58
9	Jabłonna	V*	50	0,9	1,0	10,1	1,1	9,09	11	1,0	61
6	Garwolin	V*	50	19,7	1,0	3,4	27,0	0,12	5	0,7	99
31	Puławy	V*	20	#	0,3	0	0,4	0	0	0,3	26
39	Ruda Mal.	VI+	32	3,7	0,5	0	8,9	0	0	0,4	38
52	Włoszczowa	VI+	41	4,2	0,7	2,1	2,1	1,00	2	0,7	58
27	Łągów	VI+	56	1,7	1,3	9,4	50,4	0,18	23	0,6	119
36	Chmielnik	VI+	33	0,6	0,5	8,5	41,2	0,20	17	0,3	27
21	Konieczpol	VI+	39	1,3	0,6	16,7	20,4	0,81	26	0,5	52
60	Złoty Potok	VII*	40	3,4	0,7	7,3	13,2	0,55	9	0,6	58
79	Koszęcin	VII*	33	9,2	0,5	0	3,8	0	0	0,5	45
28	Olkusz	VII*	20	3,8	0,3	12,8	8,4	1,52	16	0,2	24
103	Świerklaniec	VII*	33	10,7	0,5	3,8	2,6	1,46	4	0,5	47
średnio			39	2,2	0,6	6,6	22,8	0,28	9	0,5	51

# — bardzo wysokie wartości wskaźnika

określono wartościami wskaźnika eksponencji pniaków  $EP$  [7]. Największe wartości tego wskaźnika, wskazujące na możliwość infekcji pniaków niezasiadlonych przez patogeny korzeni ( $pat.$ ), określono dla drzewostanów w Nadl. Ciechanów ( $EP_{pat.}=91$ ) i Ostrów Maz. ( $EP_{pat.}=43$ ), najniższe zaś w Nadl. Płaska, Łochów, Kozienice, Puławy, Ruda Maleniecka, Koszęcin ( $EP_{pat.}=0$ ).

Stopień zagrożenia systemów korzeniowych drzew na drodze infekcji wtórnych — przez kontakt z korzeniami pniaków zasiedlonych lub potencjalnie możliwych do zasiedlenia przez patogeny — określono wartościami wskaźnika  $ZD$  [7]. Były one najniższe dla drzewostanów w Nadl. Ciechanów i Łochów ( $ZD = 0,1$ ), zaś najwyższe w Nadl. Jabłonna ( $ZD = 1,0$ ) (tab. 2). Przyjmując wartość wskaźnika  $ZD = 0,3$  jako graniczną (14), oznacza to znaczny stopień zagrożenia chorobowego drzewostanów w wielu z ocenianych nadleśnictw (tab. 2).

Ocena na podstawie wskaźnika dojrzałości ekologicznej drzewostanu gospodarczego  $DE$  wykazała, że najmniejsze jego wartości cechowały drzewostany w Nadl. Olkusz, Ciechanów, Puławy ( $DE = 2426$ ), największe zaś w Nadl. Łągów ( $DE = 119$ ) i Garwolin ( $DE = 99$ ) (tab. 2).

## Dyskusja wyników i wnioski

Drzewostany cechuje indywidualny charakter warunków wzrostu drzew - wynikający z ich lokalizacji w Krainach Przyrodniczo-leśnych, wieku, intensywności wykonywanych cięć pielęgnacyjnych i sanitarnych, zróżnicowanego zagrożenia infekcyjnego czy zmiennego wpływu skażeń powietrza (4). Wykonywane dotychczas oceny stanu zdrowotnego drzewostanów odnosiły się zwykle do wartości bonitowanych liczebnością spostrzeżeń lub udziału procentowego w przyjętej klasie uszkodzenia czy choroby — najczęściej na podstawie stopnia defoliacji koron drzew (1, 5, 15). Porównanie tak zróżnicowanych środowiskowo drzewostanów pod względem cech zdrowotnościowych i ich związku z wykonanymi zabiegami hodowlanymi, możliwe jest dzięki proponowanym wskaźnikom monitoringowym. Wskaźniki te, odnosząc się do powierzchni 1 ha drzewostanu pod względem liczby drzew i pniaków (których cechy, z uwagi na stałość posadowienia w terenie, są weryfikowalne), mogą być traktowane jako obiektywne indykatory zachodzących zmian i procesów (9, 11, 12, 14).

Teza ta znajduje potwierdzenie w analizie wpływu zabiegów hodowlano-ochronnych na drzewostan, ocenianych *ex post* na podstawie liczby i wieku pniaków. Dzięki wskaźnikowi intensywności zabiegu  $IZ$  możliwe jest określenie stopnia przerzedzenia drzewostanu (określanego liczbą drzew, nie miąższością grubizny — choć — jak podaje Bruchwald (2) — i taka ocena na podstawie wymiarów pniaka byłaby możliwa). Porównanie uzyskanych wyników wskazuje na zróżnicowanie poszczególnych nadleśnictw pod względem intensywności cięć nawet w obrębie tej samej grupy homogenicznej (tożsamy pod względem wieku, skażeń powietrza, warunków środowiskowych, itp.). Porównanie Nadl. Szczebra i Rajgród w II grupie, czy Ruda Mal. i Łągów w VI grupie, może potwierdzać konieczność zróżnicowanego traktowania drzewostanów pod względem hodowlanym, często odmiennego od przyjętych zasad dla drzewostanów zdrowych, ze względu na istotny wpływ zagrożenia infekcyjnego, czy innych czynników biotycznych (np. owadów).



Wartość wskaźnika  $ZZ < 1$  oznacza większy udział pniaków młodszych niż starszych, co wskazuje na odrabianie zaległości w zabiegach pielęgnacyjnych w ostatnim okresie. Z kolei wysokie wartości wskaźnika określają przewagę liczby pniaków starszych nad młodszymi, co może wskazywać na konieczność nadrobienia zaległości pielęgnacyjnych. Zaległości te mogły utrzymywać się od lat, lub były zaniechane, być może wskutek zbyt dużej początkowo ich intensywności, jak w Nadl. Garwolin, gdzie wartość wskaźnika intensywności wyniosła  $IZ = 50\%$ .

Wartość  $PD < 0,5$  określa nieznaczne odsłonięcie powierzchni w wyniku zabiegów pielęgnacyjnych (intensywność cięć mniejsza niż  $30\%$ ), zaś wartość  $PD \geq 0,5$  wskazuje na znaczne odsłonięcie, a przez to możliwość zadarnienia i uaktywnienie procesów degradacyjnych w drzewostanie. Z drugiej jednakże strony, większe odsłonięcie powierzchni może także oznaczać warunki sprzyjające naturalnemu odnawianiu się i procesom sukcesji wtórnej. Te alternatywne możliwości kierunku procesów biocenotycznych determinowane są występowaniem lub nieobecnością patogenów i/lub saprofitów w drzewostanie — co wyznaczają wskaźniki fitopatologiczne [4-6].

Interpretacja wartości wskaźnika  $EP$  wymaga równoczesnej oceny wartości wskaźnika  $Wp$ . W przypadku Nadl. Ostrów Maz., wysoka wartość wskaźnika ekspozycji ( $EP_{pat.} = 47$ ), przy wysokiej wartości wskaźnika  $Wp = 0,59$ , oznacza wzrost podatności drzewostanu na infekcję (gotowość do choroby). Z kolei w przypadku Nadl. Ciechanów, przy niskiej wartości wskaźnika  $Wp = 0,08$ , wysoka wartość wskaźnika ekspozycji ( $EP_{pat.} = 91$ ) wskazuje na skuteczność biologicznej ochrony drzewostanu przez saprofityczne *Basidiomycotina* (wskaźnik  $Wa = 85,4\%$ ) (tab. 2).

Jako indyktor dojrzałości ekologicznej drzewostanu, proponuje się w niniejszej pracy wskaźnik względny  $DE$ , określający relacje między pniakami zasiedlonymi przez **wszystkie** grzyby podgromady *Basidiomycotina* (grzyby decydujące o tempie zmian w przebiegu procesów obiegu materii i przepływu energii w ekosystemach leśnych) a liczbą drzew na powierzchni. Obecność pniaków silnie rozłożonych przez grzyby ( $ps$ ) i pniaków młodszych, zasiedlonych przez patogeny korzeni i *Phlebiopsis gigantea* ( $H+A+P$ ) może wskazywać na stopień adaptacyjności drzewostanu gospodarczego do warunków określanych w ekosystemach leśnych przebiegiem procesu lasotwórczego. W prezentowanej pracy przyjęto jako punkt odniesienia wartość  $DE = 50$ , odpowiadająca średniej dla wszystkich ocenianych nadleśnictw (co oznacza liczbę 50 zasiedlonych przez *Basidiomycotina* pniaków na 100 drzew/ha, czyli udział  $33\%$ ). W drzewostanie gospodarczym wartość wskaźnika  $DE > 50$  wskazuje na znaczny udział grzybów *Basidiomycotina* w rozkładzie materii organicznej (korzeni, pniaków) — a zatem na zaawansowanie przebiegu procesów ekologicznych.

Proponowane w pracy wskaźniki pozwalają nie tylko na określenie cech poszczególnych pniaków, czy zagrożenia drzew. Porównanie przytoczonych wyników (z 5 poletek pomiarowych) z danymi cytowanymi przez Sierotę i in. (14), opisującymi te same drzewostany na podstawie jednego tylko poletka SPO, wskazuje na możliwość uzyskania bardziej reprezentatywnej inwentaryzacji drzew i pniaków — a przez to wiarygodnej oceny stanów i zmian zachodzących w drzewostanach gospodarczych.

Przydatność tych wskaźników w ocenach monitoringowych i inwentaryzacyjnych lasu wynika także z możliwości **równoczesnego** określenia wpływu wykonywanych zabiegów pielęgnacyjnych na drzewostan (wskaźniki gospodarcze) i określenia stopnia zagrożenia infekcyjnego (wskaźniki fitopatologiczne). Są one pomocne do oceny intensywności cięć pielęgnacyjnych i sanitarnych, opóźnień w ich realizacji oraz do oceny stopnia przerzedzenia drzewostanu wynikającego z wykonanych zabiegów. Dzięki nim możliwe jest wskazanie potrzeby pilnego wykonania zabiegów pielęgnacyjnych lub uzasadnienie konieczności stosowania zabiegu biologicznej ochrony pniaków z biopreparatem PGIBL (przy braku saprofitów). Proponowane wskaźniki określają równocześnie kierunek procesów ekologicznych z udziałem grzybów *Basidiomycotina* w drzewostanie gospodarczym — konkurencji, sukcesji, przemiany pokoleń. Uwzględnianie przebiegu procesu chorobowego w postępowaniu hodowlanym oznacza równocześnie możliwość bardziej ekonomicznego zarządzania gospodarstwem przez właściciela lasu.

Przykładowy opis 86-letniego drzewostanu na gruncie porolnym w Nadl. Ciechanów (12) na podstawie wartości wskaźników monitoringowych zawartych w tabelach 1 i 2 jest następujący:

*w drzewostanie usunięto 42% liczby drzew (IZ); przede wszystkim w okresie ostatnich 2-3 lat (ZZ = 0,3), co spowodowało dalszy wzrost prześwietlenia drzewostanu i znaczne odstąpienie powierzchni (PD = 0,7). Stan taki może się wyrazić nasileniem procesów zniekształcających siedlisko i wzrostem zachwaszczenia. W drzewostanie stwierdza się występowanie w pniakach zarówno huby korzeni, jak i opieńki (Wi = 7,0%), co było prawdopodobną przyczyną znacznego przerzedzenia tego drzewostanu jeszcze przed zabiegami (d+p = 705 drzew/ha). Powstałe pniaki (pm) w większości zostały zasiedlone przez grzyby saprofityczne (Wa = 85,4%), być może w wyniku sztucznego ich zakażenia preparatem typu PgIBL (P = 121 szt./ha), co powoduje, że przewaga patogenów w pniakach jest znikoma (Wp = 0,08). Z uwagi na małą liczbę pniaków nie zasiedlonych (pw = 23) możliwa byłaby ich kolonizacja przez patogeny w drodze infekcji pierwotnej lub wtórnej (EP = 91), co jest jednak mało prawdopodobne z uwagi na bardzo wysoki potencjał infekcyjny grzybów saprofitycznych (Wa = 85,4%) i stwarzania skutecznej bariery biologicznej w systemach korzeniowych, co dobrze rokuje drzewom kolejnej generacji lasu na tym terenie (ZD = 0,1). Stosunkowo mała wartość wskaźnika dojrzałości ekosystemowej DE = 25 wskazuje na ograniczoną dotychczas aktywność grzybów *Basidiomycotina* w drzewostanie (ps = 78; H+A = 21).*

*Spostrzeżenia te oznaczają, że oceniany drzewostan w chwili obecnej nie wykazuje cech drzewostanu stabilnego; jest zbyt gwałtownie przerzedzony — co w tej klasie wieku, przy występowaniu patogenów osłabiających systemy korzeniowe, może wyrazić się wzrostem podatności na szkodniki owadzie i oddziaływanie czynników atmosferycznych (np. silnych wiatrów).*

Prezentowana praca jest propozycją syntetycznego opisu drzewostanów gospodarczych na podstawie obiektywnych i mierzalnych indykatorów, wynikających z łatwiej do wykonania oceny pniaków pozostających na powierzchni. Przyjęte wskaźniki kwantyfikują las na różnych jego poziomach — od opisu pojedynczego pniaka, przez charakterystykę czynności gospodarczych dotyczących drzew oraz oceny zjawisk chorobowych w drzewostanie — do próby syntetycznego zwaloryzowania niektórych procesów ekologicznych cechują-

cych poziom ekosystemu leśnego. Stosowanie wymienionych wskaźników monitoringowych może okazać się również jednym z niewielu użytecznych i wiarygodnych działań w ocenach stanu gospodarki w **lasach prywatnych** w Polsce, nie podlegających jak dotychczas ocenie wykonywanych tam działań z zakresu pozyskania drewna i hodowli lasu, jak i ocenie zagrożenia chorobowego ze strony czynników biotycznych.

*Z Zakładu Fitopatologii Leśnej  
Instytutu Badawczego Leśnictwa  
w Warszawie*

*Podziękowanie*

*Pani mgr Monice Małeckiej i Panu mgr. Pawłowi Lechowi serdecznie dziękuję za pomoc w trakcie zbierania materiałów w terenie i przy realizacji projektu badawczego.*

## **Literatura**

1. **Borecki T.:** Metodyczne podstawy wielkoobszarowej inwentaryzacji zdrowotnego stanu lasu dla nadleśnictwa. Prace IBL ser. B 1993 nr 18; 7-11.
2. **Bruchwald A.:** Empirical formula for determining stump diameter of Scots pine trees. Ann. WAU-For. 1984 Nr 32, 13-14.
3. **Koehler W.:** Zarys hylopatologii. Warszawa, PWRiL 1981.
4. **Lech P., Sierota Z., Małecka M.:** Ocena zróżnicowania warunków środowiska leśnego w strefie gradientu zanieczyszczeń powietrza. Prace IBL ser. B nr 24, 1995; 5-16.
5. **Małachowska J., Wawrzoniak J.:** Ocena uszkodzenia lasu na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych monitoringu biologicznego w 1993 roku. IBL, Warszawa 1994.
6. **Orłoś H.:** Grzyby leśne na tle środowiska. Warszawa, PWRiL 1966.
7. Ocena występowania szkodliwych owadów leśnych i chorób infekcyjnych w Polsce w 1983 roku oraz prognoza ich pojawu w 1984 r. Warszawa, IBL 1984.
8. **Rykowski K.:** Problemy ochrony lasu na gruntach porolnych. Sylwan 134 (3-12), 1990; 75-88.
9. **Sierota Z.:** Ecological aspect of biological control of *Heterobasidion annosum*. W: Proc. 18th IUFRO World Congress. Ljubljana. D2 v. 1; 1986; 214-227.
10. **Sierota Z.:** Rola grzyba *Phlebiopsis gigantea* (Fr.: Fr.) Jülich w ograniczaniu huby korzeni w drzewostanach sosny zwyczajnej (*P. sylvestris* L.) na gruntach porolnych. Prace IBL ser A nr 810, 1995; 180 s.
11. **Sierota Z.:** Określanie zagrożenia infekcyjnego ze strony *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. w uprawach sosny zwyczajnej jako 2 generacji lasu na gruncie porolnym. W: Mat. Symp. "Nowe Kierunki w Fitopatologii", Kraków 1996: 147-152.
12. **Sierota Z., Lech P., 1996:** Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych. I. Założenia i zakres oceny. Sylwan 1996 nr 3: 5-16.

13. **Sierota Z., Lech P.:** Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych. II. Ocena zmienności pierśnic drzew i zasiedlania pniaków przez grzyby Sylwan 1977, nr 1, 35-47.
14. **Sierota Z., Małecka M., Lech P.:** Charakterystyka zagrożenia drzewostanów sosnowych przez grzyby patogeniczne w przyjętym gradiencie skażeń środowiska leśnego. Prace IBL ser. B 1995, nr 24; 99-115.
15. **Zajączkowski S.:** Ocena zdrowotnego i sanitarnego stanu lasów w praktyce urzędniczej. Prace IBL ser. B nr 18; 1993, 48-54.

## Summary

### Phytopathological monitoring in managed forests III. Stand estimation based on monitoring indices

It was assumed that using an analysis of:

- numbers of trees and stumps on the area under assessment,
- the time span since their origin, and
- degree of colonization by fungi from the *Basidiomycotina* subtribe, when using the indices proposed [1–9], one can receive new information on forest, unattainable at inventory and monitoring estimations made up till now.

The use of "management" indices [1–3], and phytopathology indices [4–6], describing relations between respective stump and tree groups, makes possible to record and analyze tending measures made in stands and an assessment of the intensity of infection risk from root pathogens. "Stand indices" [7–9] take into account the occurrence of *Basidiomycotina* subtribe fungi and the share of stumps non-colonized by fungi, in relation to the number of trees per area. This makes possible to assess the degree of root disease development in a stand, it allows to describe the forest disease risk, and it may be a specific index [9] of "ecosystem maturity" of a managed stand.

The work presents the results of the indices estimations mentioned above, expressed as a mean form the analysis of five measurement plots of the phytopathological monitoring in pine stands growing on moderately humid forest sites in 23 forest districts. Those stands were differentiated by climatic conditions, age, threat from root pathogens and industrial immissions (3, 11, 12, 13). The utility of proposed indices was proven, enabling evaluation of objects in view of features under assessment and a diagnosis of current disease phenomena.