

Występowanie zgnilizny odziomkowej drzew matecznych jodły pospolitej *Abies alba* Mill. i świerka pospolitego *Picea abies* (L.) z nadleśnictw karpackich

Butt rot occurrence in plus trees of Silver fir *Abies alba* Mill. and Norway spruce *Picea abies* (L.) from the Carpathians

Elżbieta Chomicz-Zegar*, Stanisław Niemtur, Mariusz Kapsa, Sławomir Ambroży

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Lasów Górskich, ul. Fredry 39, 30-605 Kraków

*Tel. +48 12 2528214, e-mail: E.Chomicz@ibles.waw.pl

Abstract. Due to its hidden character, butt rot occurrence is not commonly included in the assessment of plus trees' health status. Thus, the trees' varied susceptibility to wood decay is not a target of breeding efforts. The aim of the study was to determine the extent of butt rot in fir and spruce plus trees from Carpathian seed stands.

We employed the novel and non-invasive diagnostic method of sonic tomography to determine presence and severity of decay at the base of 110 plus trees of silver fir and 42 of Norway spruce.

Butt rot in various stages of development occurred in 63% of investigated fir trees and in 45% of spruce trees. The proportion of damaged wood on the tomogram ranged from 0–38% in fir and 0–47% in spruce with similar average proportions of solid wood in all forest districts. The vast majority of trees was in the range of 80–90% solid wood. Plus trees of fir and spruce were affected by butt rot to a similar extent and the degree of damage increased with age in both species.

However, a large variation in susceptibility to butt rot was found between individual trees leading to the conclusion that the identification of old trees, which wood is not decayed, may be the basis for further research on the resistance to butt rot.

Keywords: butt rot, sonic tomography, plus trees, resistance, *Abies alba*, *Picea abies*

1. Wstęp

Hodowla selekcyjna drzew leśnych w praktyce gospodarczej Lasów Państwowych opiera się na dwóch metodach: selekcji populacyjnej, bazującej na drzewostanach nasiennych oraz selekcji indywidualnej, obejmującej drzewa mateczne. Głównym celem prowadzonej selekcji jest intensyfikacja produkcji oraz ulepszenie cech jakościowych drzew. W mniejszym stopniu natomiast uwzględnione są kwestie odporności drzew na czynniki biotyczne. Jak wskazują badania, selekcję drzew pod kątem odporności należy skoncentrować raczej na poziomie osobniczym niż populacyjnym (Delatour et al. 1998). Zatem w przyjętym modelu hodowli selekcyjnej drzew leśnych przedmiotem zainteresowania hodowli odpornościowej powinny być przede wszystkim drzewa mateczne.

Warunkiem wyboru drzew matecznych jest ich dobry stan zdrowia (DGLP 2013). Jednakże zdrowotność drzew podlegających selekcji oceniana jest jedynie na podstawie zewnętrznych oznak obecności organizmów szkodliwych. Powodowana przez grzyby zgnilizna wewnętrzna, obejmująca

fizjologicznie nieczynne drewno twarde, może długo przebiegać bez naruszenia funkcji życiowych drzewa. W efekcie proces chorobowy często postępuje bez widocznych objawów czy zewnętrznych śladów obecności grzybów zgniliznowych, a drzewa mogą dożywać późnego wieku, pomimo zaawansowanego rozkładu drewna wewnątrz pnia. W związku z utajonym charakterem procesu rozkładu drewna, występowanie zgnilizny wewnątrz pni drzew zazwyczaj nie jest uwzględnione we wspomnianej ocenie stanu zdrowotnego drzew matecznych. Tym samym zróżnicowana podatność drzew na uleganie zgniliznie odziomkowej nie jest elementem prowadzonych prac selekcyjnych.

Świerk pospolity *Picea abies* (L.) H. Karst. i jodła pospolita *Abies alba* Mill. należą do głównych gatunków lasotwórczych w terenach górskich w Polsce. Świerk jest gatunkiem często opanowywanym przez sprawców zgnilizny korzeni i odziomkowej partii pnia, stąd temu gatunkowi poświęcona jest większość opracowań dotyczących występowania zgnilizny odziomkowej (Norokorpi 1980; Krzan 1985; Stenlid, Wästerlund 1986; Kohnle, Kändler 2007; Mattila, Nuutinen

2007). W przypadku jodły problem nie jest dokładnie rozpoznany. W literaturze wymienia się szereg grzybów powodujących zgniliznę drewna jodły (Siwecki, Krzan 1983), ale brak jest informacji na temat rozmiarów szkód, jakie wywołują one w drzewostanach jodłowych. Badania tomograficzne wskazują, że problem zgnilizny odziomkowej może dotyczyć w podobnym stopniu świerka, jak i jodły, szczególnie w starszym wieku (Niemtur et al. 2013; Niemtur et al. 2014).

Celem badań było określenie rozmiaru występowania zgnilizny odziomkowej drzew matecznych jodły i świerka w górskich drzewostanach nasiennych, z zastosowaniem nowej metody diagnostycznej – tomografii akustycznej. Metoda dostarcza precyzyjniejszych informacji na temat lokalizacji i rozmiaru zgnilizny wewnątrz pnia niż stosowane dotychczas tradycyjne metody diagnostyczne. Jednocześnie, ze względu na bezinwazyjny charakter pomiaru, jako jedyna umożliwia diagnozowanie szczególnie cennych obiektów, jakimi są drzewa mateczne, bez naruszania integralności wewnętrznych tkanek pnia.

Ideą badań było ogólne rozpoznanie problemu występowania zgnilizny odziomkowej wśród drzew matecznych jodły i świerka, jak również szczegółowe określenie różnicowania pomiędzy poszczególnymi drzewami w zakresie stopnia rozkładu drewna w odziomku. Identyfikacja drzew, których drewno nie uległo rozkładowi, może być wstępem do dalszych badań nad wyjaśnieniem podłoża tej odporności, ze szczególnym uwzględnieniem czynnika genetycznego.

Korzystając z informacji dostępnych w rejestrze drzew matecznych, określono także związek pomiędzy wiekiem drzew i rozmiarem zgnilizny w odziomkowej części pnia.

2. Metodyka

2.1. Obiekt badań

Obiektem badań były drzewa mateczne (DM) jodły pospolitej i świerka pospolitego (dawniej drzewa doborowe), rosnące na terenie górskich nadleśnictw RDLP Katowice, Kraków i Krosno.

Do badań tomograficznych wybrano 110 drzew matecznych jodły zlokalizowanych na terenie 10 nadleśnictw: Sucha, Ujsoły (RDLP Katowice), Gromnik, Łosie, Nawojowa, Piwniczna (RDLP Kraków), Bircza, Lesko, Stuposiany i Ustrzyki Dolne (RDLP Krosno) oraz 42 drzewa mateczne świerka z terenu 3 nadleśnictw: Wisła, Ujsoły (RDLP Katowice) i Nowy Targ (RDLP Kraków). W przypadku świerka były to wszystkie drzewa mateczne występujące na terenie badań (pozostałe, figurujące w różnych wykazach, uległy zniszczeniu przez wiatr lub obumarły w wyniku zasiedlenia przez owady).

2.2. Pomiar akustyczny

Występowanie zgnilizny odziomkowej na przekroju poprzecznym pnia badanych drzew matecznych określano za pomocą tomografu akustycznego Picus Sonic, firmy Argus

Electronic, Rostock, Niemcy. Urządzenie, wykorzystując zależność prędkości fali dźwiękowej od właściwości drewna, informuje o obecności zgnilizny, jej rozmiarze i lokalizacji na przekroju poprzecznym pnia. Działanie tomografu, ze względu na niską inwazyjność pomiaru, nie wpływa na pogorszenie stanu zdrowotnego badanych drzew. Dokładny opis i zasada działania tomografu zostały przedstawione w pracy Chomicz (2007).

Pomiaru tomograficznego dokonano na wysokości ok. 10 cm od powierzchni gruntu, mierząc od strony stoku. Na obwodzie drzewa zakładano od 8 do 10 punktów pomiarowych, w zależności od grubości drzewa, zgodnie z instrukcją obsługi aparatu. W każdym punkcie umieszczano elektrodę, zagłębiając ją do momentu zetknięcia się z drewnem, po czym łączono ją magnetycznie z czujnikiem. Impuls dźwiękowy na kolejnych punktach pomiarowych wzbudzano 3-krotnie, uderzając metalowym młotkiem wersji Lite. Geometria przekroju poprzecznego pnia odtwarzana była przez pomiar odległości pomiędzy punktami pomiarowymi za pomocą średnicomierza Picus Calliper. Po przesłaniu drogą radiową informacji z czujników do komputera tomogramy przekrojów poprzecznych pnia były generowane przez oprogramowanie Picus Expert wersji Q72.

2.3. Interpretacja tomogramów

Tomogram stanowi wizualizację stanu drewna na przekroju poprzecznym pnia w miejscu przeprowadzonego pomiaru. Poszczególne kolory na tomogramie oznaczają obszary drewna o różnym stopniu zaawansowania zgnilizny, powstałej w wyniku patogenicznej działalności grzybów. Na podstawie analizy barw na tomogramie drewno przekroju poprzecznego pnia każdego drzewa zostało przydzielone do jednej z 3 kategorii: drewno zdrowe (*Z*), bez śladu rozkładu – kolor ciemnobrązowy i jasnobrązowy na tomogramie, drewno uszkodzone (*U*) – kolor niebieski i fioletowy, drewno niezidentyfikowane (*N*) – kolor zielony. Znaczenie koloru zielonego na tomogramie zależy od rodzaju uszkodzenia i powinno być rozpatrywane indywidualnie dla każdego drzewa. Kolor zielony często oznacza obszar przejściowy pomiędzy drewnem zdrowym i uszkodzonym, ale może także wskazywać na wczesne stadia infekcji przez grzyby (dodatkowe informacje znajdują się w instrukcji obsługi tomografu). Udział drewna danej kategorii obliczany był automatycznie przez program Picus Expert jako procent powierzchni odpowiedniego koloru w stosunku do całej powierzchni tomogramu. Na tomogramie udział kategorii drewna został wygenerowany w formie legendy (kolorowy pasek na gorze tomogramu).

2.4. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną wyników badań tomograficznych przeprowadzono na podstawie udziału drewna zdrowego na tomogramie. Ze względu na charakter danych (wartość procentową), w celu ustabilizowania wariancji zastosowano transformację Bliss, zgodnie ze wzorem:

$$Z = \arcsin \sqrt{x},$$

gdzie:

Z – udział drewna zdrowego,

x – udział procentowy drewna zdrowego na tomogramie, wyrażony w formie ułamka dziesiętnego.

Za pomocą testu t-Studenta dla 2 grup niezależnych sprawdzono, czy istnieją istotne różnice pomiędzy jodłą i świerkiem w zakresie stopnia uszkodzenia drzew przez zgniliznę odziomkową. Analogiczne różnice pomiędzy nadleśnictwami testowano dla każdego gatunku za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA.

Przeanalizowano także wpływ wieku drzew na stopień uszkodzenia przez zgniliznę odziomkową. Wiek drzew określono na podstawie danych widniejących w rejestrze drzew matecznych prowadzonym przez Instytut Badawczy Leśnictwa. Wiek wpisany w rejestrze powiększono o różnice lat pomiędzy datą wyboru drzewa matecznego i rokiem bieżącym (2016). Badane drzewa mateczne jodły i świerka przydzielono do różnych grup wiekowych. Zakres wiekowy dla grupy ustalono w taki sposób, żeby zapewnić zbliżoną liczbę drzew w każdej grupie. Dla jodły wyróżniono 3 grupy wiekowe:

- 1 – drzewa w wieku od 91 do 122 lat (36 drzew),
- 2 – drzewa w wieku od 126 do 134 lat (39 drzew),
- 3 – drzewa w wieku 141 do 158 lat (35 drzew).

W przypadku świerka, ze względu na mniejszą liczbę badanych drzew matecznych, jak również mniejszą rozpiętość wieku (różnica między najstarszym i najmłodszym świerkiem wynosiła 51 lat, podczas gdy u jodły 67 lat) wyróżniono 2 grupy wiekowe:

- 1 – drzewa w wieku od 117 do 137 lat (18 drzew),
- 2 – drzewa w wieku od 141 do 168 lat (16 drzew).

Wyróżnione grupy wiekowe porównano pod względem średniego udziału drewna zdrowego na tomogramie. Dla jodły porównanie przeprowadzono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji, w przypadku świerka zastosowano test t-Studenta dla 2 grup niezależnych.

Wszystkie obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 9.0.

3. Wyniki

Drzewa mateczne jodły i świerka były w podobnym stopniu dotknięte zgnilizną odziomkową. Średni udział drewna zdrowego na tomogramie dla wszystkich badanych jodeł wynosił 84,7%, a dla świerków 85,9% (tab. 2). Różnica między gatunkami nie była istotna statystycznie ($p=0,205$). W przypadku najsilniej porażonej jodły drewno uszkodzone zajmowało 38% powierzchni tomogramu (drzewo mateczne nr 6201, Nadleśnictwo Lesko; tab. 1A), natomiast świerka 47% (drzewo mateczne numer 7992, Nadleśnictwo Nowy Targ; tab. 1B). Zanotowano więcej drzew matecznych świerka bez oznak zgnilizny (brak drewna uszkodzonego na tomogramie, 55% badanych świerków) niż jodły (37%). Jednakże udział drzew ze zgnilizną o niewielkich rozmiarach (od 0 do 10% drewna uszkodzonego na tomogramie) był zbliżony dla obu gatunków (jodła 72%, świerk 74% drzew).

Średni udział drewna zdrowego na tomogramie był podobny we wszystkich nadleśnictwach, w przeważającej większości mieścił się w przedziale 80–90% (tab. 1). W przypadku jodły najwyższy średni udział drewna zdrowego na tomogramie zaobserwowano w nadleśnictwach Nawojowa (90,5%) i Sucha (92,4%), a najniższy w nadleśnictwach Gromnik

Tabela 1. Udział drewna zdrowego (Z), uszkodzonego (U) oraz niezidentyfikowanego (N) na tomogramach oraz wiek badanych drzew matecznych (DM)

Table 1. The share of solid (S) damaged (D) and unidentified (U) wood on the tomograms and the age of investigated plus trees (PT)

A. Jodły pospolitej / Silver fir

Nadleśnictwo Forest District	Nr DM PT No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age		Nadleśnictwo Forest District	Nr DM PT No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age	
		Z	U	N					Z	U	N		
		S	D	U					S	D	U		
		[%]			[lata] [years]			[%]			[lata] [years]		
Bircza	4376	80	9	11	127	Nawojowa	7169	87	3	10	119		
Bircza	4377	67	13	20	127	Nawojowa	7170	92	0	8	119		
Bircza	4378	92	2	6	127	Nawojowa	7171	98	0	2	119		
Bircza	4379	65	11	24	127	Piwniczna	4150	68	19	13	153		
Bircza	6731	100	0	0	158	Piwniczna	4151	76	12	12	153		
Bircza	6732	53	32	15	158	Piwniczna	4152	88	3	9	153		
Bircza	6733	75	7	18	158	Piwniczna	4153	95	0	5	153		

Nadleśnictwo Forest District	Nr <i>DM</i> <i>PT</i> No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age	Nadleśnictwo Forest District	Nr <i>DM</i> <i>PT</i> No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age
		<i>Z</i>	<i>U</i>	<i>N</i>				<i>Z</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	
		<i>S</i>	<i>D</i>	<i>U</i>	[lata] [years]			<i>S</i>	<i>D</i>	<i>U</i>	[%]
Bircza	6734	56	29	15	158	Piwniczna	4154	93	1	6	153
Bircza	6736	77	8	15	158	Piwniczna	4155	76	7	17	153
Bircza	6737	91	2	7	158	Piwniczna	7177	100	0	0	134
Bircza	6738	90	2	8	158	Piwniczna	7178	69	9	22	134
Bircza	9314	100	0	0	130	Piwniczna	7179	70	11	19	134
Bircza	9315	97	0	3	130	Piwniczna	7180	79	0	21	134
Bircza	9316	98	0	2	130	Stuposiany	6078	89	5	6	153
Bircza	9317	81	10	9	130	Stuposiany	6079	67	23	10	153
Bircza	9318	79	3	18	130	Stuposiany	6080	100	0	0	153
Gromnik	3099	94	0	6	153	Stuposiany	6081	77	19	4	153
Gromnik	3100	74	19	7	153	Stuposiany	6082	62	27	11	153
Gromnik	3104	59	32	9	153	Stuposiany	6083	68	19	13	153
Gromnik	3105	77	13	10	153	Stuposiany	6084	59	22	19	153
Gromnik	3106	75	9	16	153	Stuposiany	6085	89	4	7	153
Gromnik	7122	100	0	0	104	Stuposiany	6086	84	9	7	153
Lesko	6199	95	0	5	131	Stuposiany	6087	73	11	16	153
Lesko	6201	53	38	9	131	Stuposiany	6089	100	0	0	154
Lesko	6204	74	13	13	131	Stuposiany	6090	74	16	10	154
Lesko	6207	83	0	17	131	Sucha	5454	77	7	16	126
Lesko	6210	100	0	0	141	Sucha	5456	100	0	0	126
Lesko	6211	94	1	5	129	Sucha	5457	98	0	2	126
Lesko	6213	87	5	8	129	Sucha	5458	89	1	10	126
Łosie	7150	88	4	8	122	Sucha	5459	100	0	0	126
Łosie	7151	100	0	0	122	Sucha	5460	100	0	0	126
Łosie	7152	67	22	11	122	Sucha	5461	91	2	7	126
Łosie	7153	82	8	10	122	Sucha	5465	71	16	13	126
Łosie	7154	100	0	0	122	Sucha	9521	100	0	0	103
Łosie	7155	75	16	9	122	Sucha	9523	89	2	9	103
Łosie	7156	77	16	7	122	Sucha	9524	100	0	0	103
Łosie	7157	100	0	0	122	Sucha	9525	100	0	0	103

Nadleśnictwo Forest District	Nr <i>DM</i> <i>PT</i> No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age	Nadleśnictwo Forest District	Nr <i>DM</i> <i>PT</i> No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age
		<i>Z</i>	<i>U</i>	<i>N</i>				<i>Z</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	
		<i>S</i>	<i>D</i>	<i>U</i>	[lata] [years]			<i>S</i>	<i>D</i>	<i>U</i>	[lata] [years]
Łosie	7158	100	0	0	122	Sucha	9526	86	5	9	103
Łosie	7159	73	16	11	122	Ujszoły	2956	72	22	6	157
Łosie	7160	97	0	3	122	Ujszoły	5491	80	9	11	108
Nawojowa	4160	89	1	10	148	Ujszoły	5496	70	17	13	148
Nawojowa	4161	100	0	0	148	Ustrzyki D.	4249	100	0	0	128
Nawojowa	4162	92	2	6	128	Ustrzyki D.	4250	70	18	12	128
Nawojowa	4163	100	0	0	128	Ustrzyki D.	4251	56	27	17	128
Nawojowa	4164	83	6	11	128	Ustrzyki D.	6218	88	1	11	107
Nawojowa	4165	69	7	24	128	Ustrzyki D.	6219	89	4	7	107
Nawojowa	4166	100	0	0	128	Ustrzyki D.	6220	78	12	10	112
Nawojowa	4167	63	33	4	128	Ustrzyki D.	6221	100	0	0	112
Nawojowa	7161	95	0	5	109	Ustrzyki D.	6222	100	0	0	112
Nawojowa	7162	92	0	8	119	Ustrzyki D.	6223	79	8	13	112
Nawojowa	7163	100	0	0	129	Ustrzyki D.	6224	97	0	3	112
Nawojowa	7164	86	3	11	134	Ustrzyki D.	6225	86	10	4	112
Nawojowa	7165	93	0	7	134	Ustrzyki D.	6226	88	1	11	107
Nawojowa	7166	100	0	0	114	Ustrzyki D.	6227	56	35	9	91
Nawojowa	7167	90	3	7	114	Ustrzyki D.	6228	100	0	0	91

B. Świerka pospolitego / Norway spruce

Nadleśnictwo Forest District	Nr <i>DM</i> <i>PT</i> No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age	Nadleśnictwo Forest District	Nr <i>DM</i> <i>PT</i> No.	Udział drewna The share of wood			Wiek Age
		<i>Z</i>	<i>U</i>	<i>N</i>				<i>Z</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	
		<i>S</i>	<i>D</i>	<i>U</i>	[lata] [years]			<i>S</i>	<i>D</i>	<i>U</i>	[lata] [years]
Nowy Targ	5303	100	0	0	134	Wisła	5187	100	0	0	141
Nowy Targ	5306	69	15	16	134	Wisła	5193	72	10	18	141
Nowy Targ	5307	100	0	0	134	Wisła	5197	87	3	10	141
Nowy Targ	5325	100	0	0	124	Wisła	5198	100	0	0	141
Nowy Targ	5332	65	23	12	119	Wisła	5201	73	20	7	136
Nowy Targ	7991	100	0	0	152	Wisła	5207	100	0	0	136

Nowy Targ	7992	45	47	8	152	Wisła	5214	100	0	0	136
Nowy Targ	7993	59	27	14	152	Wisła	5215	89	5	6	136
Nowy Targ	7994	86	0	14	-	Wisła	5216	81	7	12	136
Nowy Targ	7996	100	0	0	152	Wisła	5219	100	0	0	136
Nowy Targ	7997	63	17	20	152	Ujszoły	5483	68	12	20	128
Nowy Targ	7998	100	0	0	117	Ujszoły	5484	100	0	0	128
Nowy Targ	8200	100	0	0	117	Ujszoły	5485	62	28	10	128
Nowy Targ	8201	83	0	17	-	Ujszoły	5487	69	15	16	128
Nowy Targ	8202	86	2	12	-	Ujszoły	5492	74	10	16	168
Nowy Targ	8203	100	0	0	-	Ujszoły	5493	100	0	0	168
Nowy Targ	8205	55	24	21	-	Ujszoły	5494	100	0	0	168
Wisła	92	100	0	0	149	Ujszoły	2956	82	7	11	-
Wisła	2928	100	0	0	142	Ujszoły	2957	65	26	9	-
Wisła	2930	100	0	0	137	Ujszoły	5495	91	0	9	148
Wisła	5177	82	7	11	141	Ujszoły	5471	100	0	0	-

(79,8%), Stuposiany (78,5%) i Ujszoły (74%, ale to nadleśnictwo było reprezentowane tylko przez 3 drzewa mateczne). W odniesieniu do świerka najwyższy udział drewna zdrowego na tomogramie zanotowano w Nadleśnictwie Wisła (91,7%). Zaobserwowane różnice pomiędzy nadleśnictwami w zakresie średniego udziału drewna zdrowego na tomogramie okazały się nieistotne statystycznie, zarówno w przypadku jodły ($F=1,698$; $p=0,099$), jak i świerka ($F=1,006$; $p=0,375$). Największe różnice w zakresie obecności i rozmiarów zgnilizny występowały pomiędzy poszczególnymi drzewami w obrębie nadleśnictwa. Duże różnice dotyczyły także drzew występujących w jednym drzewostanie, o podobnym wieku i rosnących w zbliżonych warunkach siedliskowych (np. drzewa mateczne jodły nr 6731 i 6732 w Nadl. Bircza, drzewa mateczne świerka nr 7991 i 7992 w Nadl. Nowy Targ).

Średni udział drewna zdrowego na tomogramie zmniejszał się wraz z wiekiem drzew (ryc. 1). Zależność okazała się istotna statystycznie w przypadku jodły ($F=4,749$; $p=0,011$). Znaczące różnice stwierdzono pomiędzy grupami najmłodszych (1) i najstarszych (3) jodeł ($p=0,008$). W przypadku świerka różnice pomiędzy grupami nie były istotne statystycznie ($p=0,779$).

4. Dyskusja

Badane drzewa mateczne były w różnym stopniu dotknięte zgnilizną odziomkową. Udział drewna uszkodzonego na tomogramie wahał się od 0 do 38% u jodły oraz od 0 do 47% u świerka. Biorąc pod uwagę wyniki badań tomograficznych

przewodzonych w drzewostanach jodłowych i świerkowych w zaawansowanym wieku (Chomicz 2013; Niemtur et al. 2014), zwraca uwagę duży udział drzew zdrowych lub uszkodzonych tylko w niewielkim stopniu, jak również wysoki udział drewna zdrowego na tomogramach pośród drzew matecznych. Niemtur i in. (2014) badali występowanie zgnilizny odziomkowej w 15 drzewostanach jodłowych objętych ochroną prawną w parkach narodowych i rezerwach przyrody. W drzewostanach karpacczych, w wieku powyżej 100 lat (6 drzewostanów), udział jodeł bez oznak zgnilizny (100% drewna zdrowego na tomogramie) kształtował się w zakresie od 0 do 10% badanych drzew, a średni udział drewna zdrowego na tomogramie przyjmował wartości z przedziału 58–86%. Ponadto aż u 36 jodeł, na 180 zdiagnozowanych, zgnilizna obejmowała ponad połowę przekroju poprzecznego pnia (udział drewna zdrowego na tomogramie był mniejszy niż 50%). W tym kontekście, drzewa mateczne jodły, objęte diagnozą tomograficzną w niniejszym projekcie, charakteryzowały się lepszą kondycją zdrowotną. Określony w analogiczny sposób udział jodeł bez oznak zgnilizny wynosił 24% badanych drzew matecznych, a średni udział drewna zdrowego na tomogramie w poszczególnych nadleśnictwach przyjmował wartości z zakresu 74–92% (tab. 2A). Ponadto nie stwierdzono drzew, u których zgnilizna obejmowałaby więcej niż połowę powierzchni przekroju pnia (minimalny udział drewna zdrowego na tomogramie wynosił 53%; udział drewna zdrowego mniejszy niż 60% stwierdzono tylko u 6 jodeł na 110 badanych). W przypadku świerka, materiał porównawczy mogą stanowić wyniki badań Chomicz (2013), dotyczące występowania zgnilizny odziomkowej w 12 karpac-

Tabela 2. Średni udział drewna zdrowego (Z) i uszkodzonego (U) na tomogramach

Table 2. The share of solid (S) and damaged (D) wood on the tomograms

A. Jodły pospolitej / Silver fir

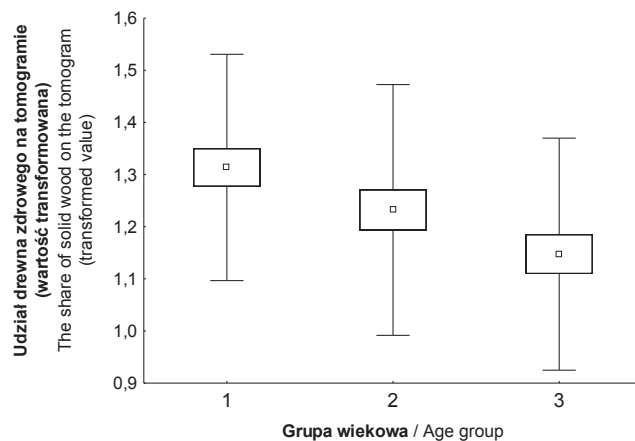
Nadleśnictwo Forest District	Średni udział drewna [%] Average share of wood [%]	
	Z / S	U / D
Bircza	81,3	8,0
Gromnik	79,8	12,2
Lesko	83,7	8,1
Łosie	87,2	7,5
Nawojowa	90,5	3,2
Piwniczna	81,4	6,2
Stuposiany	78,5	12,9
Sucha	92,4	2,5
Ujszoły	74,0	16,0
Ustrzyki D.	84,8	8,3
Jodla / Fir	84,7	7,4

B. Świerka pospolitego / Norway spruce

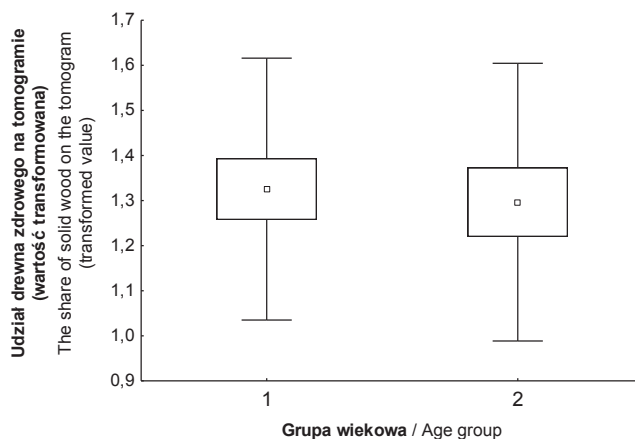
Nadleśnictwo Forest District	Średni udział drewna [%] Average share of wood [%]	
	Z / S	U / D
Nowy Targ	83,0	9,1
Wisła	91,7	3,7
Ujszoły	82,8	8,9
Świerk / Spruce	85,9	7,3

kich drzewostanach nasiennych, w wieku od 100 do 170 lat. Świerki w różnym stopniu dotknięte zgnilizną odziomkową (udział drewna uszkodzonego na tomogramie powyżej 6%) stanowiły od 47 do 87% drzew badanych w poszczególnych drzewostanach nasiennych. Na 360 diagnozowanych drzew udział drewna uszkodzonego na tomogramie mieścił się w zakresie 25–50% w przypadku 78 drzew, a u 10 drzew przekraczał 50%. Z kolei średni dla drzewostanu udział drewna uszkodzonego na tomogramie przyjmował wartości z zakresu 11–27%. Określony w analogiczny sposób udział drzew macecznych świerka ze zgnilizną wynosił 38%, przy czym tylko u 4 drzew, na 42 badane, udział drewna uszkodzonego na tomogramie przekraczał 25%. Ponadto nie stwierdzono obecności drzew, u których zgnilizna obejmowałaby ponad połowę powierzchni przekroju pnia. Średni udział drewna uszkodzonego na tomogramie w poszczególnych nadleśnictwach przyjmował wartości z zakresu 4–9% (tab. 2B).

A



B



Rycina 1. Średni udział drewna uszkodzonego na tomogramie w grupach wiekowych drzew macecznych A. jodły pospolitej, B. świerka pospolitego (znacznik oznacza średnią, ramka – błąd standardowy, wąsy – odchylenie standardowe)

Figure 1. The average share of damaged wood on the tomogram in age groups of plus trees of A. Silver fir, B. Norway spruce (tag means the average, box – the standard error, whiskers – the standard deviation)

Przedstawione powyżej porównania wskazują, że badane drzewa maceczne charakteryzują się lepszą niż przeciętna zdrowotnością, także w zakresie występowania zgnilizny odziomkowej. Może to świadczyć o trafności wyboru drzew macecznych, które z założenia mają być zdrowe i w pełni żywotne (DGLP 2013). Niemniej jednak trzeba zauważyć, że zgnilizna odziomkowa w różnym stadium rozwoju występuje w znacznej części badanych drzew macecznych (drzewa maceczne z obecnością drewna uszkodzonego na tomogramie stanowią 63% badanych jodeł oraz 45% badanych świerków). Jednocześnie, z uwagi na utajony przebieg procesu rozkładu, informacja ta nie jest obecna w krajowym rejestrze leśnego materiału podstawowego.

Drzewa maceczne jodły i świerka były w podobnym stopniu dotknięte rozkładem drewna odziomkowej części strzały. Co prawda stwierdzono nieco więcej drzew świerka bez oznak zgnilizny niż jodły (tab. 1). Trzeba jednak pamiętać, że obserwa-

cje świerka opierały się na mniejszej próbie, a jej wielkość była zdeterminowana liczbą drzew matecznych obecnych w terenie (w badaniach uwzględniono wszystkie drzewa mateczne występujące w określonym terenie badań). Znaczna część drzew matecznych świerka obumarła, podobnie jak inne drzewostany świerkowe w ostatnich latach na znacznych obszarach. Niewykluczone, że świerki ze zgnilizną obumarły w pierwszej kolejności, a badane egzemplarze drzew matecznych stanowią reprezentację drzew o lepszej kondycji zdrowotnej. Należy też podkreślić, że zaobserwowane różnice pomiędzy jodłą i świerkiem w zakresie częstości występowania zgnilizny odziomkowej nie okazały się istotne statystycznie.

Nie stwierdzono również istotnych statystycznie różnic w występowaniu zgnilizny odziomkowej w poszczególnych nadleśnictwach. Tym samym nie wykazano zależności pomiędzy nasileniem występowania zgnilizny a lokalizacją geograficzną drzewostanu w układzie 'wschód – zachód' (od Bieszczad po Beskid Śląski). Brak związku pomiędzy częstością występowania zgnilizny a rozmieszczeniem przestrzennym drzewostanów zaobserwował także Niemtur i in. (2014), prowadząc badania tomograficzne jodeł w wybranych rezerwatach i parkach narodowych.

Stwierdzono wzrost stopnia rozkładu drewna w odziomku wraz z wiekiem drzew, zarówno u jodły, jak i u świerka (ryc. 1). W przypadku jodły średni udział drewna zdrowego na tomogramie był znacząco wyższy w grupie drzew najmłodszych niż w grupie drzew najstarszych. Z kolei u świerka brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami wiekowymi może wynikać z mniejszej rozpiętości wieku badanych drzew (rozpiętość wieku świerka wynosiła 116–166 lat, a jodły 91–158 lat), jak również mniejszej liczby drzew uwzględnionych w analizie statystycznej (znany był wiek 26 świerków i 110 jodeł; tab. 1). Należy mieć też na uwadze, że wiek analizowanych drzew nie został określony w drodze precyzyjnego pomiaru (zliczenie liczby stojów na wywiercie pobranym świdrem Presslera), lecz poprzez oszacowanie w momencie wyboru drzewa matecznego. Ewentualna niedokładność określenia wieku drzew może być źródłem niedoszacowania wpływu wieku na rozmiar występowania zgnilizny odziomkowej badanych drzew matecznych.

Zwiększanie się rozmiaru występowania zgnilizny odziomkowej w drzewostanach wraz z wiekiem drzew był opisywany wielokrotnie (Bruchwald 1984; Krzan 1985; Rymer-Dudzińska 1986; Bernadzki 2003; Chomicz, Niemtur 2008; Chomicz 2013). Badania prowadzone w starodrzewach świerkowych w Finlandii pozwoliły sformułować wniosek, że problem zgnilizny odziomkowej pojawia się w świerczynach w wieku poniżej 100 lat i prawdopodobnie dotyczy wszystkich drzew w wieku 300–400 lat (Norokorpi 1980). Na podstawie tych obserwacji występowanie zgnilizny odziomkowej można uznać za zjawisko typowe dla starych drzew, związane z zaawansowaniem naturalnych procesów dekompozycji drewna. Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że nie ma drzew całkowicie odpornych na rozkład drewna powodowany przez grzyby i z czasem każde drzewo ulegnie zgniliznie. Badania wskazują jednak, że istnieje duże zróżnicowanie osobnicze w zakresie tempa rozkładu drewna jodły i świerka.

Natomiast to, czy drewno drzewa ulegnie zgniliznie w wieku 100 czy 160 lat, ma kolosalne znaczenie dla gospodarki leśnej, zarówno ze względów ekonomicznych, jak i przyrodniczych. Współcześnie zagadnienie to nabiera dodatkowego znaczenia w kontekście roli lasu w redukcji dwutlenku węgla w atmosferze. Jak pokazują badania, tempo wiązania węgla przez drzewa o dużych rozmiarach jest większe (Stephenson et al. 2014), stąd stare drzewostany mogą akumulować więcej węgla niż drzewostany młode (Luysaert et al. 2008). Z kolei pojawiająca się z wiekiem zgnilizna związana jest z produkcją dwutlenku węgla w procesie rozkładu związków chemicznych budujących drewno (Sierota 2012). W związku z tym im później drewno drzewa ulega zgniliznie, tym dłużej i skuteczniej pełni rolę magazynu węgla.

Stwierdzono duże zróżnicowanie osobnicze w zakresie podatności drzew na zgniliznę. Drzewa w tym samym wieku rosnące w zbliżonych warunkach siedliskowych (to samo wydzielenie) znacznie różniły się rozmiarem zgnilizny w odziomkowej części strzały. Podłoże zróżnicowanej odporności na zgniliznę, objawiające się wcześniejszym (drzewa podatne) lub późniejszym (drzewa odporne) wiekiem rozpoczynania się rozkładu drewna w pniu, wymaga wyjaśnienia. Większa odporność drzew na zgniliznę może wynikać z wewnętrznych, determinowanych genetycznie, właściwości drzewa, ale także być efektem działania odpowiedniego układu warunków zewnętrznych (np. lepszych warunków siedliskowych w skali mikro, lepszej jakości organizmów ryzosferowych, w tym mykoryz, braku mechanicznych uszkodzeń drewna, także w przeszłości). W dalszych badaniach warto zwrócić uwagę na najstarsze drzewa mateczne, których drewno nie uległo rozkładowi. W pierwszej kolejności należałoby się przyjrzeć wegetatywnemu potomstwu tych drzew na plantacjach nasiennych. Klony badanych drzew matecznych są prawdopodobnie zbyt młode, by obserwować wśród nich zróżnicowanie w zakresie stopnia zaawansowania zgnilizny odziomkowej. Istnieje jednak możliwość, że klony drzew matecznych, niewykazujących śladów rozkładu w badaniach tomograficznych, posiadają cechy predysponujące je do mniejszej podatności na zgniliznę w przyszłości i wyróżniają się na tle potomstwa pozostałych drzew. Cechy te mogą dotyczyć ogólnej kondycji czy cech przyrostowych drzew, ale także fizycznych i chemicznych właściwości drewna. Potwierdzenie tej hipotezy wskazywałoby na genetyczne uwarunkowanie cech drewna związanych z odpornością na zgniliznę, jako że klony reprezentują dokładnie ten sam genotyp co drzewa mateczne. Kolejnym etapem mogłyby wówczas być badania potomstwa generatywnego drzew matecznych w celu ustalenia sposobu dziedziczenia cech związanych z odpornością na zgniliznę odziomkową.

5. Podsumowanie i wnioski

- Zgnilizna odziomkowa w różnym stadium rozwoju występuje w znacznej części badanych drzew matecznych. Drzewa z drewnem uszkodzonym na tomogramie stanowią 63% jodeł oraz 45% świerków.

- Drzewa mateczne charakteryzują się większą niż przeciętna zdrowotnością w zakresie występowania zgnilizny odziomkowej. Zwraca uwagę duży udział drzew zdrowych lub uszkodzonych tylko w niewielkim stopniu, jak również wysoki udział drewna zdrowego na tomogramie.
- Drzewa mateczne jodły i świerka były w podobnym stopniu dotknięte rozkładem drewna w odziomkowej części pnia.
- Nie stwierdzono zależności pomiędzy częstością występowania zgnilizny a lokalizacją geograficzną drzewostanu w układzie 'wschód – zachód' (brak istotnych różnic pomiędzy nadleśnictwami w zakresie występowania zgnilizny odziomkowej drzew matecznych).
- Stopień zaawansowania zgnilizny odziomkowej wzrastał wraz z wiekiem drzew matecznych, zarówno jodły, jak i świerka.
- Stwierdzono duże zróżnicowanie osobnicze w zakresie podatności drzew na zgniliznę.
- Podłoże zróżnicowanej odporności na zgniliznę wymaga wyjaśnienia. W dalszych badaniach warto zwrócić uwagę na najstarsze drzewa mateczne, których drewno nie uległo rozkładowi. W pierwszej kolejności należałoby poświęcić uwagę wegetatywnemu potomstwu tych drzew na plantacjach nasiennych.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródło finansowania badań

Badania zrealizowano w ramach tematu 500403, finansowanego przez Dyрекcyję Generalną Lasów Państwowych w latach 2013–2016. Autorzy dziękują pracownikom nadleśnictw wymienionych w pracy za pomoc w zlokalizowaniu drzew matecznych.

Literatura

- Bernadzi E. 2003. Struktura wieku i zagrożenie zgnilizną drewna starych drzewostanów sosnowych. *Sylwan* 5: 3–12.
- Bruchwald A. 1984. Estimation of attacking spruce trees by root rot (*Fomes annosus* Fr.) in spruce-pine stands of Puszcza Rominka. *Annals of Warsaw Agricultural University SGGW-AR. Forestry and Wood Technology* 32: 7–11.
- Chomicz E. 2007. Bezinwazyjne metody wykrywania defektów wewnątrz pni drzew stojących (Tomograf PiCUS® Sonic i PiCUS Treetric®). *Leśne Prace Badawcze* 3: 117–122.
- Chomicz E. 2013. Incidence of butt rot in Norway spruce seed stands in Poland's mountain regions assessed with sonic tomography. *Folia Forestalia Polonica, series A* 55(4): 174–180.
- Chomicz E., Niemtur S. 2008. Występowanie zgnilizny odziomkowej w wybranych drzewostanach świerkowych Karpat Zachodnich. *Leśne Prace Badawcze* 69(3): 233–241.
- Delatour C., von Weissenberg K., Dimitri L. 1998. Host Resistance, w: *Heterobasidion annosum*. Biology, Ecology, Impact and

- Control (red. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann)], 195–211.
- Kohnle U., Kändler G. 2007. Is Silver fir (*Abies alba*) less vulnerable to extraction damage than Norway spruce (*Picea abies*)? *European Journal of Forest Research* 126: 121–129.
- Krzan Z. 1985. Występowanie zgnilizny odziomkowej świerków w drzewostanach regla dolnego Tatrzańskie Parku Narodowego. *Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody* 6(2): 5–16.
- Luyssaert S., Schulze E-D., Börner A., Knohl A., Hessenmöller D., Law B.E., Ciais P., Grace J. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature* 455: 213–215.
- Mattila U., Nuutinen T. 2007. Assessing the incidence of butt rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica* 41(1): 29–43.
- Niemtur S., Chomicz E., Kapsa M. 2013. Computer tomography in wood-decay assessment of silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in Polish part of Carpathians, in: Integrating Nature and Society towards Sustainability (J. Kozak, K. Ostapowicz, A. Bytnerowicz, B. Wyżga), Springer Verlag, ISBN 978-3-642-12724-3.
- Niemtur S., Chomicz E., Kapsa M. 2014. Występowanie zgnilizny odziomkowej jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w obszarach chronionych. *Leśne Prace Badawcze* 75(4): 343–352.
- Norokorpi Y. 1980. Old Norway spruce stands, amount of decay and decay causing microbes in northern Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 97(6): 1–7.
- Rymer-Dudzińska T. 1986. Udział świerków opanowanych przez hubę korzeniową (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) w miąższości i przyroście miąższości drzewostanów mieszanych Puszczy Knyszyńskiej i Puszczy Augustowskiej. *Folia Forestalia Polonica, seria A*: 28: 67–81.
- Sierota Z. 2012. Wpływ grzybów rozkładających korzenie drzew leśnych na uwalnianie CO₂ – próba waloryzacji. *Sylwan* 156(2): 128–136.
- Siwecki R., Krzan Z. 1983. Ważniejsze choroby i szkodniki, w: Jodła pospolita *Abies alba* Mill. (red. S. Białobok), Warszawa -Poznań, PWN. ISBN 83-01-04028-9.
- Stenlid J., Wåsterlund I. 1986. Estimating the frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 303–308.
- Stephenson N.L., Das A.J., Condit R., Russo S.E., Baker P.J. et al. 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature* 507: 90–93.

Materiały źródłowe

DGLP 2013. Zarządzenie nr 29 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 marca 2013 r. w sprawie ochrony leśnych zasobów genowych na potrzeby nasiennictwa i hodowli drzew leśnych (ZH-7132-7/2013). Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa.

Wkład autorów

E.Ch-Z. – koncepcja artykułu, wykonanie tomografii, opracowanie wyników, napisanie pracy; S.N. – koncepcja badań; M.K., S.A. – wykonanie tomografii.