

Porównanie metod oceny zdrowotności upraw sosnowych w odnowieniach

Comparing methods for assessing the health of regeneration in Scots pine cultures

Zbigniew Sierota^{1*} , Monika Malecka¹ , Marta Damszel² 

¹Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Ochrony Lasu, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn, Polska;

²Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej, ul. Prawocheńskiego 17, 10-721 Olsztyn, Polska

Tel. +48 22 7153824, e-mail: z.sierota@ibles.waw.pl

Abstract. This study's aim was to describe the health condition of Scots pine cultures of up to 10 years old using and comparing various field assessment methods. Since forest districts report on the health of stands annually, we assumed that for a proper health analysis it is necessary to develop a simple and yet reliable assessment method that allows for determining the share of fungal pathogen infection in the stand (both foliar and root pathogens) and their differentiation from symptoms of abiotic factors such as drought. Six different methods of health assessment were tested in selected Forest Districts across Poland. We found that the most reliable assessment of the health condition of young stands is obtained with the surface method "MF" (phytopathological monitoring method) and the linear "Z" method, which uses transects of 30 meters in three rows in the shape of the letter Z.

Keywords: phytopathological monitoring, Scots pine cultures, field assessment, health status, pathogens

Słowa kluczowe: monitoring fitopatologiczny, uprawy sosny zwyczajnej, ocena zagrożenia chorobowego, stan zdrowotny, patogeny

1. Wprowadzenie i przesłanki pracy

Aktualna ocena stanu zdrowotnego i sanitarnego lasu jest jednym z istotnych punktów corocznych Raportów o stanie lasu (Raport 2018), przesyłanych do organów administracji rządowej, samorządowej i jednostek naukowych oraz danych dostępnych na stronach internetowych. Jest syntezą informacji corocznie zbieranych w terenie i przesyłanych przez nadleśnictwa do Zespołów Ochrony Lasu (ZOL), regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (RDLP), a po weryfikacji – do Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych (DGLP) oraz Instytutu Badawczego Leśnictwa (IBL) i przetwarzanych do formy „Krótkoterminowych prognoz występowania szkodliwych owadów leśnych i chorób infekcyjnych” (Krótkoterminowa 2019). Ocena taka zawiera nie tylko dane o czynnikach predyspozycyjnych lub inicjujących określone zjawiska czy zaburzenia w drzewostanach, lecz także informacje o zachodzących w czasie i przestrzeni zmianach areалу występowania wybranych owadów i grzybów w Polsce. Jest również próbą wnioskowania i prognozowania konsekwencji aktualnych i przewidywanych zagrożeń. Aby takie informacje były wiarygodne – gdyż zwykle służą podejmowaniu ważnych de-

cyzji zarówno o charakterze doraźnym, jak i strategicznym – muszą być oparte na metodycznych podstawach, zapewniających powtarzalność, weryfikację i wartość poznawczą danych. Na te fakty wskazywał Instytut Badawczy Lasów Państwowych już w 1935 r., a ich ważkość wynikała z wielu przesłanek, których podstawą był coroczny (od 1931 r.) Kwestionariusz występowania chorób wraz z poglądową Tablicą chorób lasu (Orłóś 1935).

Wiarygodność danych powinna wynikać z ich autorskiego charakteru, a zatem z deklarowanej odpowiedzialności Wykonawcy za rzetelność informacji uzyskanych na podstawie sprawdzonej metodyki. W tym właśnie kontekście w niniejszej pracy podjęto rozważania dotyczące procesu uzyskiwania informacji o stanie zdrowotnym lasu, a bliżej – o stanie zdrowotnym upraw w odnowieniach i zalesieniach. Zamierzaniem autorów jest wskazanie potencjalnych i rzeczywistych uwarunkowań kształtujących stan zdrowotny upraw, które zwykle nie są brane pod uwagę przy ich ocenie. Zachodzą one bowiem w trudnych lub wręcz niedostępnych do bezpośrednich obserwacji miejscach, mają charakter niespecyficzny, lub skłaniają do łatwych uproszczeń i pewnego schematyzmu.

Wpłynęło: 4.02.2020 r., zrecenzowano: 17.02.2020 r., zaakceptowano: 5.03.2020 r.

Przykładem takich informacji są dane zawarte w raportach o występowaniu huby korzeni w drzewostanach, na przykładzie trzech nadleśnictw, prezentowane przez autorów w prasie fachowej (Sierota, Małecka 2018; Sierota 2019). Oficjalne dane z różnych okresów oceny wskazują na trudne do interpretacji zmiany powierzchni zagrożenia – obniżenie z 1,7 tys. ha do 300 ha, w kolejnym okresie wzrost do 1,3 tys. ha, a następnie zmniejszanie wykazywanej powierzchni aż do zera (Sierota 2019). Skąd takie rozbieżności?

Interpretacja opisanego stanu, rzutującego przecież w roku oceny na ogólny obraz zagrożeń i podejmowane decyzje gospodarcze, wymaga doprecyzowania kilku faktów, które mogły zaistnieć pojedynczo lub łącznie w danym roku. Mogła zatem u wykonawcy oceny zawieść znajomość cyklu chorobowego, drzewostan mógł przejść do innej klasy wieku i podlegać innemu raportowaniu (do- i ponad 20 lat), wiek ocenianych drzew mógł wskazywać na różne fazy tempa przyrostu bieżącego, mogły być wykonane zręby lub przebudowa składu gatunkowego zakażonych drzewostanów – co przyjęto za „brak zagrożenia”, mogła nastąpić zmiana wykonawcy oceny i brak znajomości terenu, mogła nastąpić lokalna susza dająca obraz rudzenia drzew, i wreszcie – ocena ta wykonywana była w okresie czterokrotnych zmian metodyki w ostatnich wydaniach Instrukcji ochrony lasu (IOL). Wynika z tego, że dużo jest przesłanek wskazujących słabe punkty wizualnej oceny stanu zdrowotnego drzewostanu kształtowanego przez patogeny grzybowe, a zwłaszcza przez patogeny korzeni – sprawców huby korzeni i opieńkowej zgnilizny korzeni.

Huba korzeni jest groźną chorobą drzew, wywoływaną przez grzyby patogeniczne rodzaju *Heterobasidion*, występującą zwłaszcza w zalesieniach na tzw. gruntach porolnych (sprawca *H. annosum* (Fr.) Bref.) oraz w świerczynach (sprawca *H. parviporum* Niemelä & Korhonen) (Sierota 2001). Sposób zakażenia wymienionymi patogenami jest ukryty, gdyż zapoczątkowują je zarodniki podstawkowe i konidialne, kielkujące w korzeniach drzew, na powierzchni ran pionowych (uszkodzenia w szyi korzeniowej drzew) lub ran poziomych (pniaki po ścięciu drzewa) i tworzące grzybnię strzępkową. Strzępki grzybni, wydzielając enzymy niezbędne do pobierania związków odżywczych, blokują naturalne i indukowane związki obronne drzew oraz powodują rozkład komórek drewna. Drzewo – zależnie od gatunku, wieku, uwarunkowanych genetycznie zdolności obronnych, jak i od agresywności patogenu – zamiera w krótszym (drzewa młode, zwłaszcza sosna, modrzew, brzoza) lub dłuższym czasie (starsze drzewa, zwłaszcza świerk). Zamieranie uwidacznia się w pierwszej fazie obniżeniem turgoru pędów i liści/igieł, skróceniem lub zanikiem bieżącego przyrostu na wysokość, a także na grubość, następnie zmianą zabarwienia korony (przejaśnieniem, rudzeniem, brunatnieniem), przedwczesnym opadaniem liści/igieł, wreszcie zamieraniem miazgi i łyka oraz całego drzewa. W szyi korzeniowej lub na zranionych korzeniach wytwarzają się owocniki patogenu, które są wieloletnie i przez długi okres wytwarzają zarodniki podstawkowe gotowe

do kolejnych infekcji. Równocześnie korzenie porażonego (chorego) drzewa, stykając się lub zrastając z korzeniami drzew zdrowych, dotychczas nie zakażonych, dokonują tzw. infekcji wtórnych, w których grzybnia patogenu przetrasta stykające się korzenie i dokonuje kolejnych zakażeń. Powstają ogniska choroby, rozszerzające się z roku na rok (Żółciak et al. 2006).

Znajomość cyklu rozwojowego patogenu jest niezbędna aby zrozumieć istotę zagrożenia, jakie stanowią zainfekowane korzenie pozostające w glebie. Jak podają liczne źródła (Greig, Pratt 1976; Stenlid 1987; Piri 1996) grzybnia patogenów rodzaju *Heterobasidion* może w pełnej aktywności biologicznej pozostawać w glebie, w części twardej korzeni, przez dziesiątki (nawet ponad 60) lat. Stanowi rzeczywiste źródło zakażeń wtórnych dla kolejnych drzew w danym drzewostanie, a także dla kolejnych pokoleń lasu na tym terenie – zarówno dla odnowień naturalnych, jak i sztucznych. W tym kontekście wspomniane wyżej raportowanie danych nadleśnictwa A o braku zagrożenia ze strony patogenów staje się mało wiarygodne.

Metodyka oceny stanu zdrowotnego drzew i drzewostanów jest zapisana w dokumencie urzędowym Instrukcja ochrony lasu (IOL), zatwierdzanym kiedyś przez ministra leśnictwa, a obecnie będącym załącznikiem do Zarządzenia nr 57 Dyrektora Generalnego LP z 2011 r. Dotychczas ukazało się kilka wydań Instrukcji, pierwsze w 1954 r., kolejne w latach 1960, 1972, 1988, 1995 (dodruk), 1999, 2004, a ostatnie, aktualnie obowiązujące, w 2012. Jednym z rozdziałów w każdej z nich jest instrukcja wykonywania kontroli szkód powodowanych przez grzyby patogeniczne i inne czynniki chorobotwórcze, a także uszkodzeń powodowanych przez czynniki abiotyczne. W kolejnych wydaniach podawano różne progi szkodliwości patogenów, przy których obowiązywała konieczność raportowania o zagrożeniach lub szkodach. Przykładowo w IOL z 1999 r. patogeny korzeni wykazywano po przekroczeniu udziału 5% liczby porażonych drzew lub powierzchni luk. Z kolei w Instrukcjach z lat 2004 i 2012 za zdrowe uważano drzewostany, w których udział porażonych drzew nie przekraczał 10% ogólnej liczby drzew lub powierzchni luk, a zatem mógł wynosić np. 9,5%. Czy to był zdrowy drzewostan?

Instrukcja ochrony lasu z 2004 r. w części „Czynności obowiązkowe” II.3 (§67-80) oraz w – niestety – „Czynności nieobowiązkowe”, części III.A.2 (§177-185), zawierała podstawy metodyczne pozwalające na bonitowanie stopnia porażenia drzew i ocenę zagrożenia drzewostanów, a uzyskiwane dane umożliwiały przestrzenną wizualizację nasilenia choroby w Leśnej Mapie Numerycznej (LMN). Możliwości te nie zostały jednak wystarczająco wykorzystane, a pozorna trudność wykonania, choćby jednorazowo, takiej oceny prawdopodobnie skłoniła do uproszczenia metodyki. Aktualnie obowiązująca IOL z 2012 r. (Cz. III/B/6.1.8.1; Cz. IIB, p.2, §99, 101) zawiera uproszczone formuły oceny, zdaniem autorów nieodzwierciedlające istoty specyfiki rozwoju chorób infekcyjnych, skupiając się przede wszystkim na ocenie zagrożenia ze strony owadów. Zagrożenie drzewostanów ze strony patogenów określa się jako słabe przy 5–10% udziale drzew ocenionych jako

chore i/lub martwe, średnie przy 11–30% oraz katastrofalne powyżej 30%. Ocena taka służy do opracowania programu naprawczego i wyboru odpowiednich działań (punkt 4 §6.1.8.1). Raportowanie w formularzu nr 4 poziomu uszkodzenia i zagrożenia drzew w uprawach (Cz. II/B/2, §95-104) następuje po przekroczeniu 10% liczby drzew porażonych i zamartwych, stwierdzeniu co najmniej 3 ognisk choroby lub gdy łączna powierzchnia luk przekracza 10% powierzchni drzewostanu (§101). Brak jest przy tym precyzyjnych wyjaśnień odnośnie do określania objawów chorobowych (m.in. rozpoznawania oznak etiologicznych) i różnicowania zagrożenia, np. z symptomami suszy czy przymrozków, itp. Czy zatem formularz nr 1 (Karta sygnalizacyjna) wprowadza nowe czy dodatkowe informacje o aktualnym stanie lasu?

Nasuwa się pytanie, czy wyznaczone arbitralnie granice zagrożenia odzwierciedlają aktualny stan zdrowotny? A może tylko informują o areale stwierdzanych wzrokowo specyficznych symptomów, a nie oznak etiologicznych sprawców? Czy pozwalają na określenie potencjału infekcyjnego i prawdopodobnego kierunku rozwoju drzewostanu na danym terenie? Czy wspomagają podejmowanie decyzji odnośnie do intensywności i nawrotu cięć pielęgnacyjnych, cięć przygodnych, czy wreszcie stosowanych rębni oraz zakresu realizacji metod profilaktyczno-terapeutycznych?

Należy w tym miejscu przywołać opracowaną w IBL (Sierota, Lech 1996) metodykę, tzw. monitoringu fitopatologicznego (MF), adaptowanego z metody stosowanej pierwotnie w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej (Lech 2000; Woodall et al. 2011). Dotyczyła ona oceny drzew na czterech kołowych poletkach pomiarowych o określonych wymiarach, gdzie poletko zerowe lokowano w losowo wybranym, ale oznaczonym GPS punkcie drzewostanu (Sierota, Lech 1996, 1997, 1998; Sierota 1997a,b; Sierota et al. 1999). Poza oceną drzew wykonywano także ocenę stanu pniaków, co było nowością w badaniach monitoringowych (Sierota 1998), a później zostało wykorzystane w kolejnych metodykach Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu (WISL) (Michalak et al. 2004, 2010; Jabłoński et al. 2014). Metoda MF była z powodzeniem przetestowana przez Zespoły Ochrony Lasu i realizowana w Lasach Państwowych w latach 1996–2004, stając się podstawą wykonania kilku ocen stanu zdrowotnego drzewostanów (Sierota, Lech 1999; Lech, Żółciak 2006). Opracowane przez Sierotę i Lecha wskaźniki monitoringowe (łącznie 10) pozwalały na interpretację oceny drzewostanu w wielu aspektach – gospodarczym (ocena intensywności czyszczeń i trzebieży, zaległości w wykonywaniu zabiegów, przerzedzenia drzewostanu), fitopatologicznym (obecność patogenów, saprotrofów, udział drzew i pniaków zainfekowanych), jak i ekologicznym (ekspozycja pniaków na infekcje, obecność grzybów rozkładających drewno, zagrożenie drzewostanu). Metoda nie została jednak wdrożona i w ocenach stanu zdrowotnego wykonywano ją okazjonalnie (Lech, Sierota 1999; Małecka, Sierota 2000). Zdaniem autorów nadal stanowi ona doskonałe narzędzie monitorowania stanu zdrowotnego drzewostanów na poziomie nadleśnictwa – zapewnia po-

wtarzalność oceny, wiarygodność i może być wykonywana tylko raz np. na 10 lat. Ta metoda oraz inne oceny monitoringowe (Sierota et al. 2000) zostały szczegółowo opisane przez Sierotę i in. (2017).

Oceny fitopatologiczne stanu zdrowotnego upraw wykonywane były przez wielu autorów – w badaniach na terenach popożarowych z 1992 r. (Sierota, Małecka 1997; Hawryś et al. 2004), przy monitorowaniu zagrożenia skrętakiem sosny (Małecka 2008), w ocenach chorób systemów korzeniowych sosny (Łakomy 1998; Mańka, Janczyk 2000; Szewczyk, Mańka 2002; Szewczyk 2014), czy w analizach statusu mykoryzowego sosny na gruncie porolnym (Małecka, Hilszczańska 2015). Prezentowana praca stanowi kolejne rozwinięcie metodyczne realizowanych w IBL ocen stanu zdrowotnego drzew na kilkuletniej uprawie. Znajomość aktualnego stanu zdrowotnego uprawy stanowi niezbędne źródło informacji na temat przyszłości kolejnych faz rozwojowych drzewostanu. Może wyznaczać określone działania gospodarcze z zakresu hodowli i ochrony lasu, a także weryfikować zapisy urządzania lasu kreujące wykonywanie w przyszłości określonych cięć pielęgnacyjnych, wielkości pozyskania czy rodzaju rębni.

Wykorzystane w tej pracy dane są efektem wybranych ocen i pomiarów terenowych wykonanych w IBL oraz przez inżynierantów Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie na terenie kilku nadleśnictw w Polsce. Zrealizowano je na uprawach sosnowych, z uwagi na dominujący areal odnowień tego gatunku. Przyjęto hipotezę, że wynik oceny, tzn. udział poszczególnych czynników stresowych lub tzw. szkodotwórczych kształtujących stan zdrowotny uprawy, a oceniany na podstawie oceny wzrokowej, nie jest jednoznaczny. Zależy on bowiem od przyjętej metody oceny oraz jest determinowany przez zewnętrzne czynniki sprawcze (patogeny, owady) i środowiskowe (wiek uprawy, zajmowane siedlisko, obecność pniaków na powierzchni). W pracy przedstawiono wybrane wyniki pomiarów wykonanych na konkretnych uprawach, jak i dla łatwiejszej interpretacji i wizualizacji – uśrednione oceny dla ogółu upraw w danych nadleśnictwach. Odniesiono je do zapisów obowiązującej IOL w celu zobrazowania stopnia zgodności z danymi uzyskanymi przy wykorzystaniu różnych metod oceny.

2. Materiały i metody

Pomiary prowadzono w różnych latach w wybranych nadleśnictwach (tab. 1), w których sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. jest stosowana w odnowieniach sztucznych, z wykorzystaniem sadzonek pochodzących zarówno ze szkółek otwartych, jak i z produkcji kontenerowej oraz w odnowieniach naturalnych. Do oceny wybierano uprawy w zbliżonym wieku, sadzone po przygotowaniu gleby pługiem leśnym w jednakowej więźbie lub z samosiewu, na powierzchniach reprezentujących jeden lub dwa typy siedliskowe lasu (tab. 1).

W pracy zaprezentowano wyniki badań w zakresie wybranych grup chorób raportowanych zgodnie z obowiązującą IOL, wykonanych jedną, dwoma lub trzema metodami, spośród niżej wymienionych (ryc. 1a-f):

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni pomiarowych i zastosowanych wariantów oceny

Table 1. Characteristics of measuring areas and used assessment variants

Nadleśnictwo, Leśnictwo Forest District, Forest Subdistrict	TSL/liczba upraw Site type/No of cultures	Wariant oceny Variant of assessment					Wykonawcy, rok oceny Measurement, year of assessment
		MF	T100	Z	3x33+1	10 po 10	
Rudy Raciborskie Ruda Kozielska, Borowiec	BMśw/4	-	-	-	+	-	M. Małecka, 1997
Myszyniec, Warmiak, Rudne	BMśw/6	+	-	-	-	-	I. Miller, 2016
Potrzebowice Dziewanna, Osina	Bśw/3	-	+	-	+	-	M. Małecka, 1999
Spychowo	BMśw/2; Bśw/2	+	+	-	-	-	P. Bogumił, 2017
Miłomłyn-1, Bagieńsko	BMśw/2	+	-	-	+	-	R. Fil, 2015
Miłomłyn-2, Kaczory, Borsuki, Sarni Dół	LMśw/4	+	+	+	-	-	M. Krzaczek, 2017
Olsztyn Kośno	BMśw/2	-	-	+	+	+	J. Dębek, M. Damszel, 2019

Bśw – coniferous fresh site, BMśw – mixed coniferous fresh site, LMśw – mixed deciduous fresh site

a) Metoda monitoringu fitopatologicznego „MF” (Sierota, Lech 1996), zmodyfikowana, wykonywana była na 4 poletkach pomiarowych i polegała na losowym wytypowaniu środka poletka 0, usytuowanego przynajmniej 20 m od skrajnego rzędu drzew w uprawie, wytyczeniu okręgu o promieniu 5,65 m oraz na wyznaczeniu trzech kolejnych poletek o takich samych wymiarach odległych 20 m od środka poletka 0 na kierunkach 0°, 120° i 240°; łączna powierzchnia pomiarowa 4 poletek wynosiła 100 m².

b) Metoda transektu liniowego lub pasowego „T100” polegała na losowym wyborze jednego rzędu drzew w uprawie, usytuowanego w około 1/3 szerokości uprawy i wytyczeniu na długości 100 mb pasa o szerokości 1 m (Cieślak 2000); powierzchnia pomiarowa transektu wynosiła 100 m².

c) Metoda „10 po 10”, stosowana w badaniach Sieroty i in. (2000) oraz Hawrysia i in. (2004), polega na ocenie drzew w 10 losowo wybranych rzędach na długości 10 mb każdy; pierwszy rząd pomiarowy jest odległy od skraju uprawy o 3–4 rzędy, a kolejne od siebie odległe także o 2–3 rzędy, zależnie od szerokości uprawy; łączna powierzchnia pomiarowa pasów wynosi 100 m².

d) Metoda „3x33+1” polegała na wytyczeniu w losowo wybranym miejscu na uprawie, odległym o 3–4 rzędy od skraju uprawy, trzech transektów o długości odpowiednio: 33, 33 i 34 mb. i szerokości 1 m. Transekty były oddalone od siebie o 5–6 rzędów drzew, obejmując możliwie duży obszar

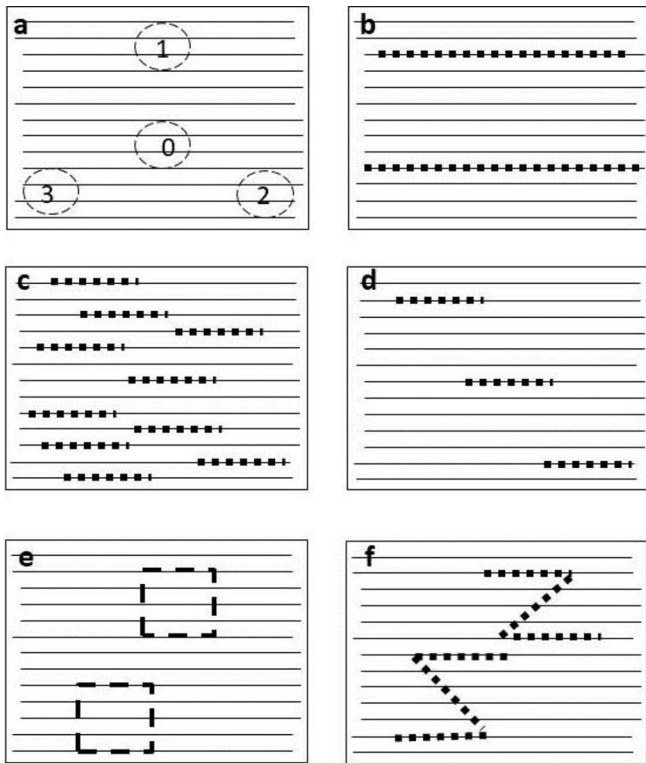
uprawy (modyfikacja metody c); łączna powierzchnia pomiarowa pasów wynosiła 100 m²;

e) Metoda „10×10” polegała na wytyczeniu w losowo wybranym miejscu na uprawie, odległym od skraju uprawy przynajmniej o 3 rzędy drzew, 2–3 poletek o wymiarach 10×10 m; powierzchnia pomiarowa jednego poletka wynosiła 100 m²;

f) Metoda „Z” polegała na losowym wyborze jednego z rzędów uprawy, odległego od skraju uprawy o 3–4 rzędy drzew i wytyczeniu pierwszego pasa o długości 33 mb i szerokości 1 m, następnie wytyczeniu drugiego pasa o długości 34 mb o szerokości 1 m „po przekątnej” w stosunku do rzędów (modyfikacja metody d) oraz wytyczeniu trzeciego pasa o długości 33 mb i szerokości 1 m, odległego od pierwszego pasa przynajmniej o 5–6 rzędów drzew; łączna powierzchnia pomiarowa 3 pasów wynosiła 100 m².

Ocena według każdej metody wykonywana była na każdej uprawie w dwóch lub trzech powtórzeniach (zależnie od wielkości uprawy), aby objąć pomiarem możliwie duży areał; na każdej z upraw poletka poszczególnych metod nie pokrywały się przestrzennie. Każdy pomiar był przeliczany na 1 ha i uśredniany.

Na każdym z poletek oceniano wszystkie drzewka i określano ich liczbę oraz liczbę wypadów powstałych do momentu oceny, a wynikających z więzby sadzenia. Notowano również pniaki występujące w obrębie poletka ocenianego



Rycina 1. Schemat usytuowania poletek pomiarowych na uprawie

Figure 1. Diagram of the location of measuring plots in the plantation

według danej metody. Pniaki znajdujące się częściowo na poletku (na granicy) włączano do oceny. Ocena polegała na rejestracji następujących cech na każdym z ocenianych drzew:

- stopnia przebarwienia igieł (i/lub przerzedzenia korony) w skali:
 - 0 – bez zmian;
 - 1 – przebarwione/przerzedzone do 30%;
 - 2 – przebarwione/przerzedzone do 60%;
 - 3 – przebarwione/przerzedzone powyżej 60%;
 - 4 – martwe, bez igieł (ryc. 2);
- oznak etiologicznych patogenów:
 - 1 – aparatu asymilacyjnego i/lub pędów;
 - 2 – systemów korzeniowych po wyrwaniu drzewka oraz ewentualnie deformacji korzenia; przy ocenie wykorzystywano klucz do rozpoznawania chorób infekcyjnych drzew leśnych (Sierota, Szczepkowski 2014);
- oznak żerowania owadów lub/i powodowanych uszkodzeń, o ile oznaki występowały;
- oznak żerowania zwierzyny, o ile powierzchnia nie była starannie ogrodzona;
- oznak etiologicznych grzybów (grzybni, owocników, ryzomorfi)
- oraz symptomów rozkładu drewna korzeni na pniakach.

Uzyskane wyniki dla każdego powtórzenia poletka pomiarowego sumowano, wyliczono średnie, a następnie przeliczono na 1 ha. Do oceny średnich dla metod, siedlisk czy powierzchni (upraw, leśnictw) stosowano testy chi-kwadrat oraz NIR_{ANOVA} po uprzedniej normalizacji rozkładu \log_{10} .



Rycina 2. Przykład drzewka ocenionego w skali przebarwienia igieł 3 oraz z równoczesnymi symptomami opieńkowej zgnilizny korzeni – na zdjęciu niewidoczne są ryzomorfy opieńki w szyi korzeniowej (fot. M. Krzaczek)

Figure 2. An example of a tree rated on the needle discoloration scale 3 and with symptoms of *Armillaria* root rot – the picture does not show the rhizomorfs in the root neck (photo M. Krzaczek)

Dla wybranych upraw wyliczono wskaźnik gęstości inokulum (GI), będący ilorazem liczby drzew na powierzchni do liczby pniaków; wskaźnik ten pośrednio wyznacza stopień zagrożenia systemów korzeniowych drzew znajdujących się w stoisku korzeni jednego pniaka ($GI = N_{\text{drzew}} / n_{\text{pniaków}}$).

Dla celów prezentowanej publikacji pominięto wyniki odnoszące się do oceny uszkodzeń drzew powodowanych przez owady i zwierzynę, również odnotowywane w trakcie wykonywania pomiarów według proponowanych metod.

3. Wyniki

3.1. Porównanie stanu upraw w tym samym wieku ocenianych jedną metodą

3.1.1. Ocena występowania chorób aparatu asymilacyjnego i pędów w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie

Powierzchnie zlokalizowano w czterech 4- i 5-letnich uprawach sosny zwyczajnej na terenie popożarowym z 1992 r. Oceny wykonane metodą „3x33+1” pozwalały nie tylko na stwierdzenie udatności odnowień w warunkach silnie zmienionego środowiska glebowego, ale także na uchwycenie zmian patologicznych w obrębie korony.

Wykonane oceny wykazały słaby stan zdrowotny badanych upraw (udział drzew chorych – 54,5–68,0%). Udział drzew, które zamarły do okresu oceny był niewielki i wynosił 10,1–17,0%, stosownie do wieku (tab. 2), jednak drzew

Tabela 2. Udział [%] drzew z oznakami etiologicznymi lub innymi symptomami chorobowymi

Table 2. Share [%] of trees with etiological signs or other disease symptoms

Wiek uprawy [lata] Age [years]	Udział drzew na badanych transektach (średnio) Share of trees on the transects studied [%]					
	bez objawów without symptoms	brak drzew/martwe lack or died trees	osutki needle cast	skrętałak pine twist rust	kilka chorób many diseases	choroby średnio diseases average
4	25,0	17,0	41,0	10,0	7,0	68,0
5	37,0	10,1	38,0	6,4	8,5	54,5

bez jakichkolwiek oznak patologicznych było odpowiednio tylko 25,0–37,0%. Głównymi sprawcami przebarwienia igieł oraz ich zamierania były patogeny wywołujące osutkę sosny (38,0–41,0%, odpowiednio) oraz w niewielkim stopniu sprawca skrętałaka sosny (6,4–10,0%). Nie oczekiwano występowania patogenów korzeni w tym wieku, nie tylko z uwagi na znaczne zniszczenie inokulum (zakazonych korzeni spalonych drzew), ale także na brak infekcji wtórnych w przypadku kontaktu korzeni drzew uprawy z głębiej położonymi korzeniami drzew poprzedniego pokolenia.

W świetle zapisów IOL (2012) uprawy te należałyby zakwalifikować jako bardzo silnie porażone.

3.1.2. Ocena występowania osutek sosny w Nadleśnictwie Myszyniec

Wizualna ocena stanu uprawy dotyczyła zagrożenia od osutek sosny, ocenianego na podstawie wyglądu koron drzew – zmian w przeżywalności (wypadki, drzewa martwe), obecności oznak etiologicznych sprawców oraz stopnia przebarwienia (przejaśnienia, rudzenia) i ubytku igliwia. Przebarwienie koron wiązano z występowaniem chorób osutkowych (oznaki etiologiczne) oraz różnicowano je (brak oznak etiologicznych) według zmian pod wpływem suszy (niedoboru opadów i insolacji). Taka wstępna ocena dotyczy większości upraw w Polsce, niejednokrotnie jest opisywana łącznie i często wykazywana w formularzu nr 4 IOL – pod względem osutki sosny bądź chorób abiotycznych.

Ocena w tym zakresie została przeprowadzona na terenie sześciu 4–5-letnich upraw sosny zwyczajnej zajmującej siedlisko boru mieszanego świeżego w Nadleśnictwie Myszyniec (oddz. 95g, 96g, 83k leśnictwo Rudne oraz 17b, 16d, 23f leśnictwo Warmiak). Trzy poletka reprezentowały uprawy z odnowienia sztucznego i trzy z odnowienia naturalnego. W celu zróżnicowania zależnie od wpływu otoczenia upraw zlokalizowano je zarówno w sąsiedztwie drzewostanów młodszych lub starszych klas wieku, jak i w bliskim sąsiedztwie drogi krajowej lub terenu zurbanizowanego. Pomiary wykonano w trzech powtórzeniach na każdej uprawie, na 4 poletkach monitoringu fitopatologicznego „MF” o promieniu 5,65 m każde.

W badanych uprawach przeważały drzewa zdrowe (75–90%), niewykazujące symptomów choroby osutkowej (brak typowych dla sprawców oznak etiologicznych), bądź

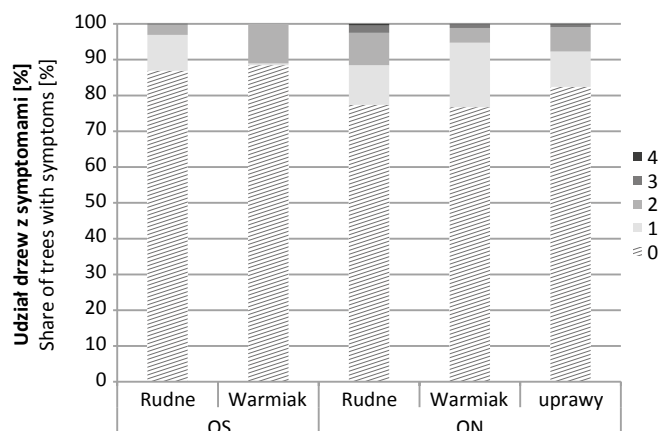
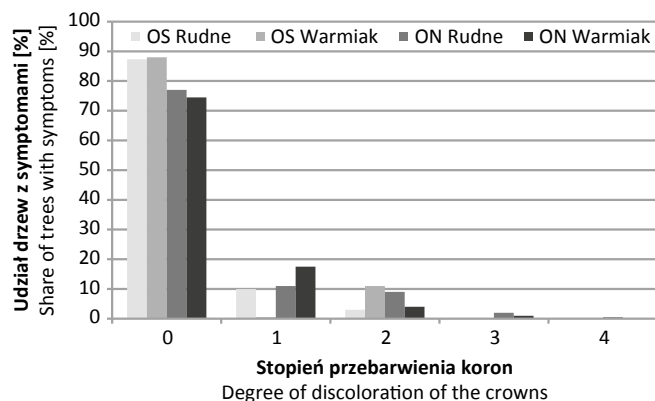
zmian będących efektem suszy (jednolite przejaśnienie lub rudzenie koron). Drzewa stanowiące 18–20% ich liczby na uprawie, ocenione w stopniu 1 (zmiany obejmują do 30% igieł w koronie), cechowała pewna zmienność wynikająca z lokalizacji upraw w drzewostanie, jak i rodzaju odnowienia (naturalne – sztuczne). Zmienność ta uległa odwróceniu proporcji w grupie drzew w 2 stopniu przebarwienia (stanowiących zaledwie 3–11% ogólnej liczby drzew) – w Leśnictwie Warmiak była znacznie wyższa w przypadku upraw z odnowienia sztucznego, a niższa w uprawach z odnowienia naturalnego (ryc. 3, z lewej).

Wyniki testu nieparametrycznego Chi-kwadrat potwierdziły, że drzewka pochodzące z odnowienia naturalnego pod względem średniej liczby drzew w poszczególnych stopniach przebarwienia charakteryzowały się gorszym stanem zdrowotnym niż drzewa z odnowienia sztucznego. Różnice pomiędzy średnimi dla wszystkich upraw jednak nie były duże, co potwierdzają wartości współczynnika zmienności V [%], nieprzekraczające 7% dla stopni 0 i 1 (ryc. 3, z prawej).

Raportowanie o stanie zdrowotnym upraw z punktu widzenia choroby osutkowej sosny lub czynników abiotycznych, wykonane na podstawie jednej uśrednionej oceny (tu jako „uprawy”), aczkolwiek w tym przypadku oparte na wnikliwym przeglądzie drzew na 72 poletkach kołowych o powierzchni 100 m² każde, jest informacją bardziej statystyczną niż merytoryczną. Nie opisuje bowiem stopnia intensywności zagrożenia (wielkość inokulum wynikająca z liczby drzew porażonych), czy stopnia podatności drzew na inne czynniki infekcyjne, wynikającego z liczby drzew w 3 i 4 stopniu przebarwienia (np. patogeny korzeni).

W przypadku wykonania rutynowego przeglądu upraw i ich oceny według zaproponowanej metody „MF” uzyskana zostałaby informacja, że średnio około 27% drzew w uprawach w wieku ok. 4–5 lat, zajmujących opisywane siedlisko, wykazuje symptomy choroby osutkowej. Powierzchnia tej uprawy zgodnie z §96 IOL dołączona byłaby do raportu o występowaniu chorób (>10%), ale oceniona jako średnio zagrożona (§6.1.8.1p.3)

Czy metoda „MF” lub metoda transektu „3x33” jest wiarygodna i jedyna do zaproponowania? Odpowiedź na to pytanie można uzyskać, wykonując porównawcze warianty oceny, opisane poniżej.



Rycina 3. Udział [%] drzew w uprawach z odnowienia sztucznego (OS) i odnowienia naturalnego (ON) w Leśnictwach Rudne i Warmiak – wg stopni przebarwienia koron (z lewej) oraz udział skumulowany i wartość współczynnika zmienności V [%] dla wszystkich upraw (z prawej)

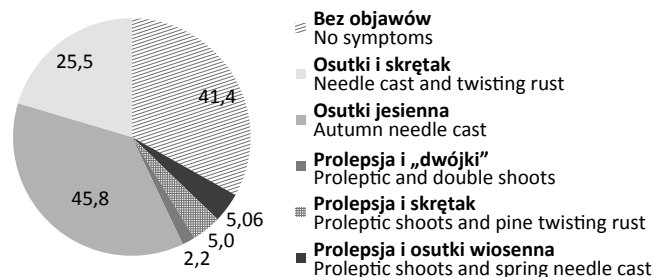
Figure 3. Share [%] of trees in artificial regeneration (OS) and natural regeneration (ON) cultures in Rudne and Warmiak Forests – according to the degree of discoloration of the crowns (left) and the cumulative share and value of the coefficient of variation V [%] for all crops (right)

3.2. Porównanie stanu upraw ocenianych dwiema metodami

3.2.1. Ocena występowania skrętała sosny w Nadleśnictwie Potrzebowice

Ocenę wykonano na terenie trzech upraw w wieku 5 lat zlokalizowanych na siedlisku Bśw na terenie popożarowym z 1992 r. Analizę przeprowadzono na tych samych powierzchniach metodą transektu liniowego „T100” oraz trzech krótszych transektów „3x33+1”. Z uwagi na powszechne występowanie w latach 1996–1997 skrętała sosny powodowanego przez dwudomowego grzyba rdzawnikowego *Melampsora populnea f.sp. pinitorqua* Boerema & Verh. oceniono przede wszystkim stopień występowania tej choroby pędów. Dodatkowo uwagę zwrócono na udział drzew z pędami proleptycznymi, deformującymi pokrój koron drzew. Ze względu na bardzo zbliżone wyniki oceny uzyskane obydwojema metodami liniowymi, o współczynniku zmienności dla poszczególnych cech nie przekraczającym 5%, wyniki uśredniono przyjmując, że w przypadku tej jednostki chorobowej każda z wykonanych metod daje analogiczny wynik.

Wykazano, że średnio, stan upraw na terenie popożarowym w Nadleśnictwie Potrzebowice był niezadowolający. Zaledwie 41,4% drzew nie wykazało żadnych cech koron wskazujących na odstępstwa od stanu uważanego za prawidłowy (ryc. 4). Obecność grzybów kompleksu osutkowego wraz z odkształceniami pędów odnotowano łącznie na 76,9% liczby badanych drzew, a obecność skrętała pędów sosny na 30,5% drzew. Metody liniowe, przy losowym usytuowaniu transektów pomiarowych, są łatwe do wykonania, zwykle dobrze opisują choroby o rozproszonym charakterze materiału infekcyjnego, a w mniejszym stopniu uwzględniają specyfikę chorób korzeni, o ogniskowym (skupiskowym) rozprzestrzenianiu się inokulum.



Rycina 4. Średni udział [%] drzew bez objawów oraz z deformacjami pędów i chorobami igieł w uprawach na terenie odnowień po pożarze lasu w Nadleśnictwie Potrzebowice

Figure 4. Average share [%] of trees without symptoms and with deformation of shoots and needle diseases in the area of regeneration after a forest fire in Potrzebowice Forest District

Ocena opisywanej jednostki chorobowej, zgodnie z IOL (2012), kwalifikuje badane uprawy jako bardzo silnie zagrożone skrętakiem sosny.

3.2.2. Ocena występowania patogenów korzeni w Nadleśnictwie Spychowo

Powierzchnie pomiarowe zlokalizowano na 4 uprawach stanowiących odnowienie sztuczne po usuniętym drzewostanie sosnowym z domieszką dębu, zajmujących siedliska BMśw (105m, 117d) i Bśw (163h, 93Ag), każda w wieku 5 lat (tab. 3). Z uwagi na ogniskowy charakter rozwoju chorób korzeni, związany także z obecnością pniaków w drzewostanie, w ocenie zastosowano metodę powierzchniową „MF” oraz dla porównania metodę transektu liniowego „T100”, w dwóch powtórzeniach dla każdej uprawy.

Liczba drzew na 1 ha informuje o występowaniu drzew zainfekowanych i skali ewentualnych poprawek i uzupełnień, natomiast udział procentowy patogenów i wskaźnik GI – o stopniu zainfekowania danej uprawy, pozwalający na ro-

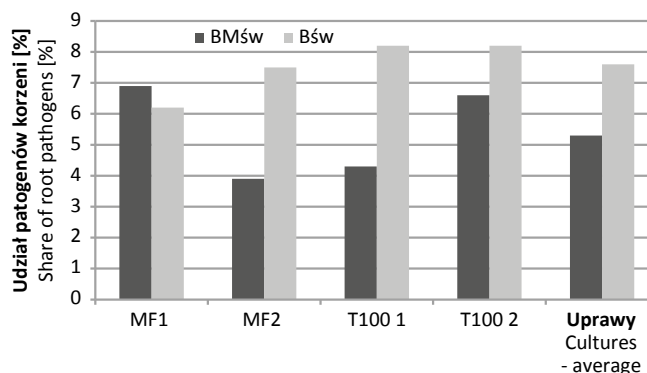
Tabela 3. Liczba drzew i pniaków w obrębie ocenianych powierzchni, wartość wskaźnika GI oraz łączny udział [%] patogenów
 Table 3. The number of trees and stumps within the evaluated areas, the value of the GI index and the total share [%] of pathogens

Wariant \ Variant	Liczba [szt./ha] Number per hectare		Wskaźnik gęstości inokulum GI index	Patogeny [szt./ha] Pathogens per hectare		Patogeny razem Pathogens average [%]
	drzewa trees	pniaki stumps		<i>Armillaria</i>	<i>Heterobasidion</i>	
Metoda monitoringu fitopatologicznego M / Phytopathological monitoring MF						
MF 1	7021	1630	4,3	251	251	5,8
MF 2	6394	1253	5,1	502	125	8,2
105m Średnio MF Average	6708	1442	4,6	376	188	6,9
MF 1	11158	627	17,8	502	125	5,3
MF 2	13666	501	27,3	251	125	2,7
117d Średnio MF Average	12412	564	22,0	376	125	3,9
MF na siedl. BMśw Average per site	9560	1003	9,5	376	157	5,0
MF 1	11158	376	29,7	376	125	3,9
MF 2	10281	250	41,1	376	501	8,3
163h Średnio MF Average	10720	313	34,2	376	313	6,2
MF 1	10281	501	20,5	502	125	5,8
MF 2	10406	626	16,6	627	376	9,1
93Ag Średnio MF Average	10344	564	18,3	564	251	7,5
MF na siedl. Bśw Average per site	10532	439	24,0	470	282	6,9
Średnio uprawy MF MF average	10046	721	13,9	423	220	6,0
Metoda transektu liniowego T100 / Linear transect T100						
T 1	9600	1000	9,6	200	0	1,9
T 2	9000	1200	7,5	400	300	6,8
105m Transekt Average	9300	1100	8,5	300	150	4,3
T 1	14300	800	17,9	600	300	6,0
T 2	12500	1200	10,4	900	100	7,3
117d Transekt Average	13400	1000	13,4	750	200	6,6
T 1	13400	1000	13,4	900	500	9,7
T 2	10300	1000	10,3	400	300	6,2
T100 na siedl. BMśw Average per site	11350	1050	10,8	525	225	5,5

Wariant \ Variant	Liczba [szt./ha] Number per hectare		Wskaźnik gęstości inokulum GI index	Patogeny [szt./ha] Pathogens per hectare		Patogeny razem Pathogens average [%]
	drzewa trees	pniaki stumps		<i>Armillaria</i>	<i>Heterobasidion</i>	
163h Transekt Average	11850	1000	11,9	650	400	8,2
T 1	13400	1000	13,4	900	500	9,7
T 2	10300	1000	13,4	400	300	6,2
93Ag Transekt Average	11850	1000	11,9	650	400	8,2
T100 na siedl. Bśw Average per site	11850	1000	11,9	650	400	8,2
Średnio uprawy T100 T100 average	11600	1025	11,3	588	313	6,9
Średnio 4 uprawy Four cultures average	10 823	873	12,6	506	267	6,5

kowanie dla danego drzewostanu. Porównanie tych samych upraw pod względem udziału patogenów (tab. 3) dwiema różnymi metodami dało zróżnicowane wyniki, co jest zrozumiałe z uwagi na sposób oceny, jak i na odmienne potencjalne zagrożenie drzew. Wynika ono z różnej gęstości inokulum (wskaźnik GI) w korzeniach pniaków na różnych siedliskach – a przez to możliwych infekcji wtórnych korzeni. Wartość tego wskaźnika była zróżnicowana w różnych miejscach badanych upraw – od GI=4,3 dla MF1 w 105m, do 41,1 dla MF2 w 163h, a nawet tej samej uprawy – w 117d od GI=10,4 dla T2 do 17,9 dla T1. Obecność patogenów korzeni na uprawie potwierdziły oceny osłabionych i zamaryłych drzew wykazujących oznaki etiologiczne sprawców i grzybów *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink i *H. annosum* (tab. 3). Średnio, na podstawie ocen wykonanych w 2 powtórzeniach na 4 badanych uprawach, obydwa stwierdzone patogeny odnotowano na 6,5% drzew, jednak ich udział w uprawach w obydwu metodach (MF i T100) był wyższy na siedlisku Bśw (6,9 i 8,2% odpowiednio) niż na siedlisku BMśw (5,0 i 5,5%). Inny był także udział patogenów w ocenie upraw na podstawie poszczególnych metod (ryc. 5).

Wyniki wskazują na duży rozrzut w ocenie zagrożenia upraw zajmujących różne siedliska, sięgający do 4% (MF2 i T100 1) w zależności od przyjętej metody oceny. Uśredniając wynik, charakteryzujący stan ocenianych upraw w jednakowym wieku w Nadleśnictwie Sychowo, symulujący raportowanie zgodne z IOL (2012), należy stwierdzić, że pomimo udziału porażonych drzew w jednej z upraw na poziomie 9,6%, średnio nie przekracza on wyznaczonej granicy 10%. Informuje jednak o dużym potencjalnym zagrożeniu przyszłych drzewostanów, zwłaszcza ze strony opieńkowej zgnilizny korzeni.



Rycina. 5. Udział [%] patogenów korzeni razem zależnie od rodzaju siedliska (BMśw, Bśw) i metody oceny (MF i T100, w dwóch powtórzeniach) oraz uśredniona ocena dla czterech upraw w Nadleśnictwie Sychowo

Figure 5. Share [%] of root pathogens together depending on the type of habitat (BMśw, Bśw) and assessment methods (MF and T100, in duplicate) and averaged rating for four crops in Sychowo Forest District

3.2.3. Ocena zagrożenia chorobowego upraw w różnym wieku w Nadleśnictwie Miłomłyn (1)

Transekt liniowy o długości 100 m, nawet losowo wybrany, daje obraz niewielkiego wycinka uprawy i nie w pełni informuje o rzeczywistym zagrożeniu chorobowym, stąd oprócz metody powierzchniowej „MF”, zastosowano ocenę drzew w trzech krótszych rzędach o długości 33 m każdy, odległych o 5–6 m od siebie. Analizę zdrowotności drzew w kategorii „do 20 lat” (IOL 2012) wykonano w Leśnictwie Bagińsko na terenie Nadleśnictwa Miłomłyn, oceniając stan zdrowotny upraw na siedlisku boru mieszanego

świeżego pochodzących z odnowienia naturalnego głównie w wieku 4 i 11 lat.

Wykonane oceny potwierdzają przypuszczenie o różnej skali zagrożenia drzew w zależności od rodzaju zastosowanej metody, a niezależnie od wieku ocenianych upraw. Metoda powierzchniowa „MF” precyzyjnie informuje o występujących chorobach, zarówno o charakterze ogniskowym (patogeny korzeni), jak i powierzchniowym (grzyby osutkowe). Z kolei metoda krótszych transektów usytuowanych w trzech nieodległych rzędach, choć opisuje pewien wycinek uprawy, jednak przede wszystkim – drzewa sąsiadujące w rzędzie, co pozwala na śledzenie kierunku infekcji wtórnych oraz występowania chorób igieł i pędów, zwłaszcza w młodszym wieku. W omawianym przypadku (tab. 4) ocena metodą „MF” wykazała w młodszym uprawach średnio 9,3% drzew zainfekowanych, a metodą „3x33+1” – 11% (średnio 10,1%). Z kolei na uprawach starszych udział drzew chorych stanowi odpowiednio 6,6% i 7,0% (średnio 6,8%).

Uśredniając zbliżone wyniki obydwu metod w celu ich raportowania (IOL 2012) uzyskuje się teoretyczny wynik zagrożenia drzewostanów do 20 lat na poziomie 8,5% – a zatem „brak zagrożenia”. Czy jest to zgodne z rzeczywistym stanem i dobrze rokuje dla tych drzewostanów?

3.3. Porównanie stanu upraw ocenianych trzema metodami

3.3.1. Uprawy w różnym wieku w Nadleśnictwie Miłomłyn (2)

Powierzchnie pomiarowe zlokalizowano na 4 uprawach w Nadleśnictwie Miłomłyn (2), zajmujących siedlisko LMśw, w wieku odpowiednio 4 lata i 8 lat. Z uwagi na żyzne siedlisko oraz skład gatunkowy poprzedniego drzewostanu, w którym udział gatunków liściastych był znaczny, oczekiwano oznak etiologicznych grzyba *A. ostoyae*, sprawcy opieńkowej zgnilizny korzeni.

Ocenę stanu zdrowotnego drzew wykonano trzema metodami: „MF”, „T100” oraz „Z”. Zgodnie z oczekiwaniami patogen ten dominował wśród drzew osłabionych i martwych, osiągając wg oceny metodami „MF” i „Z” liczbę 250 szt./ha, co wskazuje na znaczną skalę planowanych poprawek i uzupełnień. Na tych samych powierzchniach odnotowano także korzeniowca wieloletniego, który występował w większym nasileniu według metody „MF” niż „Z” (ryc. 6).

Skala zagrożenia badanych 4 upraw wskazuje na zróżnicowany, pomimo iż uśredniony, obraz ich stanu zdrowotnego (ryc. 7). W tych zróżnicowanych wiekowo uprawach, a) młodszym (4-letnich) i b) starszych (8-letnich), udział patogenów korzeni średnio nie przekraczał 5%, jednak lokalnie był zróżnicowany – najwyższy w uprawie starszej 75d, gdzie wynosił 6,8% (dane nieprezentowane).

Na wszystkich powierzchniach dominowała opieńkowa zgnilizna korzeni. Symptomy tej choroby stwierdzano na 2–4,5% liczby drzew z oznakami etiologicznymi, podczas gdy korzeniowca wieloletniego odnotowano na 0,9–2,3% drzew. Zgodnie z metodyką IOL (2012) uprawy te zakwalifikowane byłyby jako „zdrowe”.

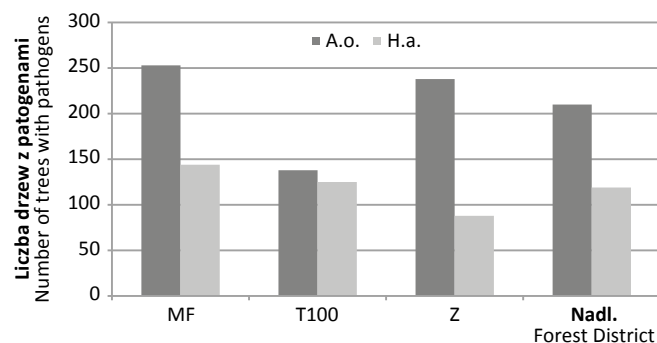
Tabela 4. Udział [%] drzew zainfekowanych w uprawach z odnowienia naturalnego ocenianych metodą „MF” oraz metodą „3x33+1” w poszczególnych powtórzeniach oceny

Table 4. Share [%] of infected trees in crops from natural regeneration assessed using the "MF" method and the "3x33+1" method in individual repetition of the assessment

Wiek uprawy [lata] Age [years]	Metoda monitoringu fitopatologicznego MF MF method		Metoda transektów liniowych (3x33+1) Linear method (3x33+1)		
	numer poletka plot No.	patogeny pathogens [%]	numer transektu transect No.	patogeny pathogens [%]	
4 lata / 4 years	grupa 1 / repetition 1	0	7,0		
		1	12,0	1	12,1
		2	5,7	2	14,7
		3	12,9	3	6,1
		średnio average	9,7	ogółem average	11,0
	grupa 2 / repetition 2	0	5,1		
		1	13,4		
		2	12,0		
		3	7,6		
		średnio average	8,8		
Ogółem uprawa Average cultures		9,3			
11 lat / 11 years	grupa 3 / repetition 3	0	3,7		
		1	3,5	4	6,1
		2	0	5	8,8
		3	9,3	6	6,1
		średnio average	4,2	ogółem average	7,0
	grupa 4 / repetition 4	0	12,1		
		1	6,9		
		2	10,2		
		3	6,8		
		średnio average	9,0		
Ogółem uprawa Average cultures		6,6			

3.3.2. Uprawy w jednakowym wieku, ocena ogólna drzew w Nadleśnictwie Olsztyn

Obserwacje zdrowotności odnowienia sztucznego w uprawach 4-letniej sosny na terenie Nadleśnictwa Olsztyn przeprowadzono w oddziałach 436d i 437h, zajmujących siedlisko BMśw. Na każdej z ocenianych powierzchni drzewa analizowano dwukrotnie w trzech powtórzeniach dla każdej z trzech przyjętych metod (3x33+1, 10x10, N). Uwzględniano stan igieł, oznaki etiologiczne na drzewach oraz stan systemu

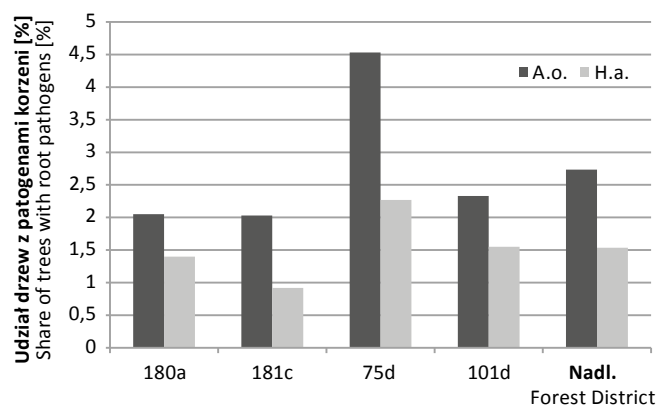


Rycina 6. Średnia liczba [szt./ha] drzew z oznakami etiologicznymi opieńki (*A.o.*) i korzeniowca (*H.a.*) w badanych uprawach na podstawie oceny trzema metodami (MF, T100, Z) oraz wartość uśredniona dla Nadleśnictwa Miłomłyn

Figure 6. Average number (pcs/ha) of trees with etiologic signs of the *Armillaria ostoyae* (*A.o.*) and *Heterobasidion annosum* (*H.a.*) in the studied cultures based on evaluation by three methods (MF, T100, Z), and averaged for Miłomłyn Forest District

korzeniowego drzew porażonych, a także innych uszkodzeń aparatu asymilacyjnego, wynikających z czynników biotycznych (np. żer owadów), a wpływających na ogólną kondycję drzew.

W zależności od lokalizacji powierzchni oraz przyjętej metody oceny uzyskano zróżnicowane wyniki nasilenia objawów chorób igieł i korzeni (tab. 5). W analizie stopnia porażenia igieł sosny ze strony sprawców choroby osutkowej uzyskano najmniejsze odchylenia błędu oceny (wsp. zmienności $V=8,6\%$), co wskazuje na dość stabilny poziom



Rycina 7. Średni udział [%] drzew z oznakami etiologicznymi opieńki (*A.o.*) i korzeniowca (*H.a.*) na 4 badanych powierzchniach oraz stan upraw w Nadleśnictwie Miłomłyn

Figure 7. The average share [%] of trees with etiologic signs of *A. ostoyae* (*A.o.*) and root rot (*H.a.*) on 4 examined areas and the average for cultures in Miłomłyn Forest District

Tabela 5. Ocena uszkodzenia sosny (% drzew z symptomami) na badanych uprawach

Table 5. Assessment of damages (% of trees with symptoms) in the studied Scots pine cultures

Uprawy Plots	436di			437h			Średnio uprawy Average [%]	Wsp. zmienności Coefficient of variation V [%]
	metoda oceny / assessment method							
Objawy Symptoms	3x33+1	10x10	Z	3x33+1	10x10	Z		
Brak objawów No symptoms	45,8	59,1	63,4	67,0	68,2	57,8	60,2	9,9
Niespecyficzne rudzenie igieł Non-specific needle discoloration	18,8	23,7	11,8	12,2	11,1	15,8	15,6	24,8
Osutki Needle cast	12,8	10,5	11,9	15,5	12,0	12,6	12,6	8,6
Choroby korzeni Root diseases	22,6	15,7	12,9	5,3	8,2	13,8	13,1	32,7
Inne czynniki Other	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	-
Dominacja symptomów Place of symptom dominance		korze- nie roots	korona crown	ko- rzenie roots	igły needles	igły needles	korona crown	

Czcionką pogrubioną oznaczono udział chorób >10% / Bold – dominance > 10%

zagrożenia, związany bardziej z wielkością inokulum sprawców i podatnością drzew niż z przyjętą metodą oceny. Istotne zróżnicowanie oceny, zależne od przyjętej metody, uzyskano w analizie występowania patogenów korzeni *H. annosum* i *A. ostoyae*. Zakres ocen wyrażających porażenie przez patogeny korzeni różnił się między powierzchniami nawet o od 5,3% do 22,6%. Przy uwzględnieniu cyklu życiowego sprawców chorób korzeni oraz form ich występowania w środowisku tak wyraźny rozstęp danych w ocenie może skutkować nie tylko brakiem właściwej diagnozy i określania potencjalnych długoterminowych zaburzeń, ale także niewłaściwym planowaniem prac hodowlanych.

Wszystkie trzy testowane metody oceny zdrowotności *Pinus sylvestris* były użyteczne w szacowaniu stopnia porażenia upraw, jednak najmniejsze różnice odchyień pomiarów pomiędzy uprawami odnotowano, stosując metodę Z ($V=8,5\%$), przy wyznaczeniu transektów po przekątnej powierzchni badawczej. Każda z metod wskazała inne, dominujące zagrożenia obydwu upraw, co jest wskazówką do indywidualnego traktowania obiektu oceny i unikania uproszczeń (tab. 5).

4. Podsumowanie

Pod względem udziału symptomów przebarwienia koron na uprawach młodszych zwraca uwagę duża zgodność ocen zagrożenia, niezależnie od stosowanej metody. Natomiast na uprawach starszych odnotowano pewne zróżnicowane ilościowe takich drzew zależnie od metody oceny – najniższe przy ocenie metodą Z, a najwyższe przy ocenie metodą MF. Przebarwienie koron drzew nie może jednak być wiarygodnym symptomem stanu zdrowotnego bez wskazania najbardziej prawdopodobnej przyczyny. Rudzenie koron jest bowiem symptomem, który uwidocznia się zarówno po spalowaniu, okołokambialnych żerach owadów, żerowaniu pędaków w korzeniach, w wyniku chorób infekcyjnych – osutek czy chorób korzeni, jak i wskutek suszy (Sierota 1988b). Metodyka oceny powinna zatem uwzględniać specyfikę powstawania i rozwoju danego zjawiska i umożliwić dokładniejsze różnicowanie symptomów. Inne są bowiem konsekwencje obecności patogenów korzeni w glebie (w tym także w pniakach pozostających w uprawie), a inne choroby osutkowej czy suszy.

W przypadku ocen występowania patogenów korzeni, zakładając możliwość stwierdzenia wszystkich oznak etiologicznych sprawców bez analiz genetycznych, z całą pewnością można twierdzić, że przyszłość (trwałość) drzewostanu jest zagrożona. Czas pozostający do zastosowania odpowiedniej rębni lub konieczności przedwczesnego wyrębu zależy od stopnia zagrożenia już w wieku kilkuletniej uprawy. Stąd właściwa ocena tego stanu, poprzedzona dobrą znajomością i zrozumieniem zagadnień z zakresu fitopatologii i rozwoju chorób lasu, jest nieodzowna.

W pracy zaprezentowano przykładowe wyniki różnych metod oceny zastosowanych w różnym wieku upraw, przy różnym zagrożeniu ze strony różnych patogenów. Takie są

bowiem realia ocen wykonywanych w terenie. Aby były wiarygodne i powtarzalne, pozbawione oceny szacunkowej i wyrywkowej, powinny być oparte na odpowiedniej metodyce – z jednej strony dość uniwersalnej i prostej w wykonaniu, z drugiej zaś wiarygodnej, dostosowanej do aktualnego i dobrze rozpoznanego stanu zdrowotnego.

Zaprezentowane wyniki wskazują na konieczność elastycznego dostosowania sposobu oceny do aktualnego, lokalnego zagrożenia. Stosując jedną metodę, można uzyskać inne wyniki w przypadku oceny występowania chorób części nadziemnych drzew, a inne chorób korzeni. Zgodnie z metodyką IOL (2012) wiele ocenianych tu upraw byłoby raportowanych jako „wolne od sprawców chorób”. Uzyskane wyniki potwierdzają konieczność indywidualnego analizowania ocenianych powierzchni, zarówno pod względem zajmowanego siedliska, jak i zagrożenia infekcyjnego.

Uogólniając, uzyskane wyniki pod kątem rekomendacji jednolitej oceny stanu zdrowotnego upraw, zapewniającej możliwie dużą wiarygodność oraz wskazania niezbędnych uwarunkowań jej przeprowadzenia (różny wiek, siedliska, sposób założenia, itp.), można stwierdzić, że:

- stan zdrowotny upraw (na przykładzie badanych nadleśnictw) jest różnicowany głównie według udziału patogenów korzeni, czemu sprzyja tradycyjny sposób przygotowywania gleby, obecność pniaków oraz sposób sadzenia pod kostur;
- przebarwienia i przerzedzenie koron jest dodatkowym wskaźnikiem zachodzących zmian w systemach korzeniowych – należy je różnicować zależnie od obecności oznak etiologicznych chorób igieł (osutki) i pędów (*Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton, *Gremmeniella abietina* (Lagerberg) Morelet, *Melampsora pinitortqua*) oraz od zmian wywołanych przez suszę (przy braku oznak etiologicznych patogenów);
- w badanych uprawach sosny zwyczajnej na terenie nadleśnictw RDLP w Olsztynie głównym zagrożeniem dla przyszłych drzewostanów jest opieńkowa zgnilizna korzeni, której udział na żyzniejszych siedliskach przekracza 5% liczby drzew, a lokalnie wraz z korzeniowcem nawet 20%;
- obecność opieńki ciemnej na badanych powierzchniach tłumaczy stosunkowo duża liczba pniaków pozostających po poprzednim drzewostanie (prawdopodobnie niezabezpieczanych metodą biologiczną), wykonywanie orki pługiem (co stymuluje rozwój ryzomorf patogenu w glebie) oraz wprowadzenie na tym żyznym siedlisku sosny o dużym udziale;
- ocena upraw według metody monitoringu fitopatologicznego „MF” oraz metody „Z” w większym stopniu wskazuje na obecność zmian patologicznych drzew niż pozostałe oceniane metody, zwłaszcza metoda transektu T100.

Podobne badania należałoby wykonać w innych warunkach fizjograficzno-geograficznych, przy różnym składzie gatunkowym upraw i różnym zagrożeniu infekcyjnym w celu potwierdzenia uzyskanych wyników rekomendujących metody „MF” i „Z” jako najbardziej wiarygodne i powtarzalne metody oceny i monitorowania stanu zdrowotnego lasu na poziomie nadleśnictwa.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródło finansowania badań

W pracy wykorzystano wyniki badań Instytutu Badawczego Leśnictwa finansowanych ze środków Lasów Państwowych oraz ocen realizowanych w ramach działalności statutowej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Literatura

- Greig B.J.W., Pratt J.E. 1976. Some observations on the longevity of *Fomes annosus* in conifer stumps. *European Journal of Forest Pathology* 6: 250–253.
- Hawryś Z., Zwoliński J., Kwapis Z., Małecka M. 2004. Rozwój sosny zwyczajnej na terenie pożarysk leśnych z 1992 roku w Nadleśnictwach Rudy Raciborskie i Potrzebowice. *Leśne Prace Badawcze* 2: 7–20.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 1954. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 1960. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 1972. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 1988. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 1995. Oficyna Wydawnicza Wydawnictwo Świat, Warszawa (dodruk), ISBN 83-85597-31-X.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 1999. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa
- Instrukcja Ochrony Lasu. 2004. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa. ISBN 83-88478-45-1.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 2004. Tom I, II. Wyd. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa. ISBN 978-83-61633-64-8.
- Jabłoński M., Budniak P., Lech P., Mionskowski M., Przypaśniak J., Broda J., Neroj B., Karolewski P., Lorenc-Plucińska G. 1993. Zaburzenia w procesach fizjologicznych i metabolizmie pod wpływem gazowych zanieczyszczeń powietrza, w: *Biologia sosny zwyczajnej* (red. S. Białobok, A. Boratyński, W. Bugała). PAN Instytut Dendrologii, Sorus, Poznań -Kórnik, 193–208. ISBN 83-85599-21-5.
- Krótkoterminowa 2019. Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2019 r. Instytut Badawczy Leśnictwa, Analizy i Raporty nr 31. ISBN 978-83-62830-76-3.
- Lech P.M. 2000. Reliability assessment of selected indicators of tree health, in: Hansen M., Burk Th. (eds.) *Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century*. Proc. IUFRO Conf. 1998; Boise, ID. Gen. Tech. Rep. NC–212. St. Paul, MN: U.S.D.A., For. Serv., NCRS, 377–384. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/15876> [10.10.2019].
- Lech P., Sierota Z. 1999. Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych. IV. Ocena stanu zdrowotnego lasów w 1998 r. na terenie krain przyrodniczo-leśnych. *Sylwan* 12: 51–58.
- Lech P., Żółciak A. 2006. Uwarunkowania występowania opieńkowej zgnilizny korzeni w lasach Beskidu Żywieckiego. *Leśne Prace Badawcze* 2: 33–49.
- Łakomy P. 1998. Monitoring huby korzeni i opieńkowej zgnilizny korzeni w wybranych uprawach sosnowych Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy Naukowe* 283.
- Małecka M. 2008. Szkodliwość *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr., sprawcy skrętaka sosny. *Leśne Prace Badawcze* 69(2): 127–132.
- Małecka M., Hilszczańska D. 2015. Wpływ odłogowania i dodatku trocin iglastych do gleby porolnej na jej właściwości chemiczne i zbiorowisko grzybów ektomykoryzowych 15-letniej sosny. *Leśne Prace Badawcze* 76(3): 265–272. DOI 10.1515/frp-2015-0026.
- Małecka M., Sierota Z. 2000. Znaczenie monitoringu fitopatologicznego w drzewostanach gospodarczych i Parku Narodowego „Bory Tucholskie”, w: Lisiewska M., Ławryniewicz M. (red.). *Monitoring grzybów*. Polskie Towarzystwo Botaniczne, Poznań–Łódź, 143–152. ISBN 83-86292-31-8.
- Mańka M., Janczyk J. 2000. Monitoring chorób korzeni w uprawach sosnowych. I. Opieńkowa zgnilizna i huba korzeni na różnych siedliskach borowych w Nadleśnictwie Olesno. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu; Ogrodnictwo* 30: 85–92.
- Michalak R., Broda J., Głaz J., Jabłoński M., Lech P., Smykała J., Wawrzoniak J., Zajączkowski S. 2004. Instrukcja wykonywania Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Michalak R., Broda J., Głaz J., Jabłoński M., Mionskowski M., Lech P., Smykała J., Wawrzoniak J., Zajączkowski S. 2010. Instrukcja wykonywania wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Orłowski H. 1935. Sprawozdanie z działalności Instytutu Badawczego w dziedzinie fitopatologii za rok 1933. Instytut Badawczy Lasów Państwowych Seria A. Rozprawy i Sprawozdania 11.
- Piri T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology* 26: 193–204.
- Raport o stanie lasów 2018. 2019. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa.
- Sierota Z. 1988. Kryteria wczesnego wykrywania zmian w stanie zdrowotnym drzew rosnących w warunkach stresu. *Sylwan* 32(11-12): 53–61.
- Sierota Z. 1997a. An analysis of the root rot spread in a Scots pine stand growing in post-agricultural land. *Folia Forestalia Polonica Series A Forestry* 39: 27–37.
- Sierota Z. 1997b. Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych. III. Ocena drzewostanów na podstawie wskaźników monitoringowych. *Sylwan* 7: 5–16.
- Sierota Z. 1998. Stumps as complementary source of information about the forest in biological monitoring and inventory. *Archives für Naturschutz und Landschaftsoekologie* 37: 33–44.
- Sierota Z. 2001. Choroby lasu. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 156 s. ISBN 83-88478-18-4.
- Sierota Z. 2019. Huba korzeni w zalesieniach porolnych: stary – nowy problem. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 146: 7–13.
- Sierota Z., Lech P. 1996. Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych. I. Założenia i zakres oceny. *Sylwan* 3: 5–16.
- Sierota Z., Lech P. 1997. Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych. II. Ocena zmienności pierścni drzew i zasiedlenia pniaków przez grzyby. *Sylwan* 1: 35–47.
- Sierota Z., Lech P. 1998. Phytopathological monitoring in managed forests, In: Grodzki W., Kniżek M., Forster B. (eds.) Proc. First Workshop of the IUFRO WP 7.03.10 „Methodology of forest insect and disease survey in Central Europe”, Ustroń-Jaszowiec, Forest Research Institute, Warsaw: 49–58.

- Sierota Z., Lech P. 1999. Ocena zagrożenia chorobowego drzewostanów gospodarczych w świetle wyników monitoringu fitopatologicznego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie* 348: 153–166.
- Sierota Z., Lech P., Małecka M., Żółciak A. 1999. Możliwości zastosowania kryteriów fitopatologicznych do oceny stanu zdrowotnego lasu. Dokumentacja, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Sierota Z., Małecka M. 1997. Zagrożenie chorobowe upraw założonych na terenach wielkich pożarów leśnych w Polsce. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa Seria B* 31: 5–22.
- Sierota Z., Małecka M. 2018. Jaki jest rzeczywisty stan zdrowotny naszych drzewostanów? *Las Polski* 23: 8–9
- Sierota Z., Małecka M., Żółciak A., Lech P., Oszako T. 2017. Monitoring fitopatologiczny w lasach gospodarczych, w: M. Mańka (red.) Karol Henryk Mańka i fitopatologia leśna. Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne, Poznań, 193–207. ISBN 978-83-948769-1-3.
- Sierota Z., Oszako T., Dmyterko E., Małecka M., Hilszczańska D., Żółciak A. 2000. Opracowanie nowej metodyki oceny zagrożenia chorobowego drzewostanów. Dokumentacja D-3698, Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Sierota Z., Szczepkowski A. 2014. Rozpoznawanie chorób infekcyjnych drzew leśnych. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 120 s. ISBN 978-83-63895-37-2.
- Stenlid, J. 1987. Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 187–198.
- Szewczyk W. 2010. Zagrożenie drzewostanów sosnowych chorobami infekcyjnymi. *Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach* 4: 168–172.
- Szewczyk W. 2014. Skala zniekształceń systemów korzeniowych sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* (L.) w uprawach leśnych. *Sylwan* 158(10): 754–760.
- Szewczyk W., Mańka M. 2002. Z badań nad występowaniem opieńkowej zgnilizny korzeni drzew w młodych drzewostanach sosnowych Nadleśnictwa Zielonka. *Acta Agrobotanica* 55(1): 319–324.
- Woodall Ch.W., Amacher M.C., Bechtold W.A., Coulston J.W., Jovan S., Perry Ch.H., Randolph K.D.C., Schulz B.K., Smith G.C., Tkacz B., Will-Wolf S. 2011. Status and future of the forest health indicators program of the USA. *Environmental Monitoring and Assessment* 177: 419–436. DOI 10.1007/s10661-010-1644-8.
- Żółciak A., Sierota Z., Małecka M. 2006. Przebieg choroby w uprawie sosny zwyczajnej w następstwie sztucznej inokulacji pniaków grzybnią korzeniowca wieloletniego. *Leśne Prace Badawcze* 1: 37–55.

Wkład autorów

Z.S. – koncepcja pracy (100%), prace terenowe (20%), pisanie tekstu (60%), przygotowanie grafiki (20%); M.M. – prace terenowe (50%), pisanie tekstu (20%), przygotowanie grafiki (80%); M.D. – prace terenowe (30%), pisanie tekstu (20%).