UNIWERSYTET PRZYRODNICZY
W POZNANIU
WYDZIAŁ LEŚNY I TECHNOLOGII DREWNA

Maciej Hałuszczak

Skuteczność wybranych metod ochrony przed osutką wiosenną sosny w nalotach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na terenie Nadleśnictwa Skwierzyna

Effectiveness of selected control methods against spring needle cast in the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Skwierzyna Forest District

Autoreferat rozprawy doktorskiej

Promotor:
prof. UPP dr hab. Jolanta Behnke-Borowczyk
Katedra Entomologii i Fitopatologii Leśnej
Wydział Leśny i Technologii Drewna
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Recenzenci:
prof. URK dr hab. inż. Robert Jankowiak
Katedra Ochrony Ekosystemów Leśnych
Wydział Leśny
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

prof. dr hab. Tomasz Oszako
Zakład Ochrony Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym

POZNAŃ 2022

SPIS TREŚCI

1. Wstęp …….… 3
2. Cel badań i hipotezy badawcze …….. 4
3. Materiał i metody ……..…5
3.1. Charakterystyka powierzchni badawczych ……..… 5
3.2. Prace terenowe ……..…6
3.3. Analiza zbiorowisk grzybów zasiedlających igły ……7
3.4. Analiza statystyczna …….. 7
4. Wyniki …….… 7
4.1. Cechy odnowienia naturalnego w roku wykonania zabiegu (I)……... 7
4.1.1. Wysokość …….. 7
4.1.2. Średnica szyi korzeniowej …. …….. 8
4.2. Wpływ metod ochrony odnowienia naturalnego na parametry nalotu ……. 9
4.2.1. Przeżywalność …….. 9
4.2.1.1. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II) ……... 9
4.2.1.2. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III) ……... 10
4.2.2. Wysokość …….. 11
4.2.2.1. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II) ……... 11
4.2.2.2. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III) ……... 12
4.2.3. Średnica szyi korzeniowej …….. 13
4.2.3.1. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II) ……... 13
4.2.3.2. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III) ... ……... 14
4.3. Zbiorowisko grzybów i lęgniowców igliwia sosny zwyczajnej ……..15
4.3.1. W roku wykonania zabiegu (I) …….. ……...15
4.3.2. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II) ... ……...17
4.3.3. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III) ... ……... 20
5. Wnioski …….… 23
Literatura …….… 24

1. Wstęp

Według Raportu o stanie lasów w Polsce (2019) drzewostany sosnowe pokrywają 58% powierzchni ogólnej lasów kraju. Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest gatunkiem dominującym w gospodarce leśnej. Najczęstszym sposobem odnowienia lasu jest odnowienie sztuczne, z przewagą sadzenia nad siewem, jednak coraz bardziej na znaczeniu zyskuje naturalne odnowienie lasu. Odnowienia naturalne w 2019 roku stanowiły 8625 ha (13,7%) (Raport o stanie… 2019). Są one aktualnie preferowane i promowane (DŁUGOSIEWICZ i IN. 2019). Zwiększający się udział odnowień naturalnych wynika także z realizacji zaleceń obowiązujących w Zasadach hodowli lasu (ZHL 2012), jak również obecnych wytycznych Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych (DGLP) (ZARZĄDZENIE NR 58 z dn. 31.08.2012).

Poważnym zagrożeniem dla przeżywalności odnowienia naturalnego *P. sylvestris* w pierwszych latach jego istnienia jest wiosenna osutka sosny (STOCKA 2000). Sprawcami choroby są grzyby rodzaju *Lophodermium*, przede wszystkim *L. seditiosum* Minter, Staley et Millar oraz *L. pinastri* (Schrad.) Chévall. (SIEROTA i IN. 2020). Powoduje ona żółknięcie, brunatnienie, wreszcie zamieranie i przedwczesne opadanie ubiegłorocznych igieł sosen (STOCKA 2010a, b). Przebieg choroby, powtarzający się co roku, silnie skraca przyrosty i prowadzi do osłabienia roślin, które stają się podatne na inne patogeny czy uszkodzenia ze strony owadów. Powtarzające się co roku infekcje powodowane wiosenną osutką sosny, mogą doprowadzić do zamierania młodych pędów lub śmierci całych roślin, a w konsekwencji do zamierania upraw pochodzących z samosiewu. Najbardziej narażone na wiosenną osutkę sosny są uprawy do 5 roku życia (GRZYWACZ 1993), a zwłaszcza odnowienia naturalne (SIEROTA i SZCZEPKOWSKI 2014). Jak podaje STOCKI (2010) w 1952 roku na Kurpiach zaobserwowano pierwszy udokumentowany masowy pojaw osutki na sośnie. W Polsce epifitozyjny przebieg osutki zaobserwowano w latach 1959, 1964 i 1973, kiedy to opanowane szkółki i uprawy objęły powierzchnię ponad 114 tys. ha. STOCKI (2010) prezentuje powierzchnie występowania osutki sosny w Polsce w latach 1972-2008. Poziom zagrożenia w tym okresie wynosił średnio 16723 ha: od 114491 ha w 1973 roku do 2870 ha w 2004 roku. Zasadniczo najwięcej szkód notowano w młodych stadiach rozwojowych sosny. W ostatnich latach w Polsce osutka występowała na 2100 ha szkółek (MAŁECKA i SZMIDLA 2017). W Raporcie o stanie lasów (2019) podano, iż w 2018 roku odnotowano 87% spadek areału występowania tej groźnej choroby sosny zwyczajnej w porównaniu do roku poprzedniego. Natomiast dane z „Krótkoterminowej prognozy występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2021 roku” (2021) wskazują, że w 2020 roku odnotowano istotne szkody z powodu osutek sosny, które wystąpiły na powierzchni trzykrotnie większej niż w roku 2019 (areał występowania 3 111,29 ha i wzrost

o 120,14% w stosunku do 2019 roku). Według cytowanej prognozy występowanie osutek w uprawach i młodnikach od 2014 roku wzrastał od 1,7 tys. ha do 3,0 tys. ha w 2019 roku, po czym w 2020 prognozowano spadek tej powierzchni do 2,5 tys. ha. Ponadto autorzy „Krótkoterminowej prognozy występowania…" (2021) sugerują, że występowanie osutek porażających sosnę zwyczajną wynika z ilości inokulum patogenów i zmian w przebiegu pogody w okresie wiosny (marzec-maj). Zdaniem autorów opracowania pierwszorzędną rolę odgrywają tu opady i wilgotność powietrza, a drugorzędną temperatura.

Zwalczanie wiosennej osutki sosny jest bardzo trudne. Powszechnie stosowanym sposobem ochrony sadzonek przed wiosenną osutką sosny są opryski chemiczne. Zabiegi te zalecane są przede wszystkim w szkółkach leśnych (IOL 2012, SIEROTA i SZCZEPKOWSKI 2014). Od kilku lat kładzie się nacisk na ograniczenie stosowania chemicznych środków ochrony roślin w gospodarce leśnej. Poszukiwanie alternatywnych, niechemicznych metod ochrony roślin, zgodne jest z ideą integrowanej metody ochrony roślin (GŁOWACKA 2014, SUŁKOWSKA i IN. 2014), będącej multidyscyplinarnym systemem działania, łączącym wszystkie metody ochrony roślin przed zagrożeniami wynikającymi z obecności patogenów i szkodników, bazując na zasadach ekologicznych i ekonomicznych (GLASS 1975). Nie bez znaczenia jest wdrażanie przez Unię Europejską ograniczeń w dostępności asortymentu środków pozwalających na walkę ze szkodnikami i chorobami roślin, w ramach Europejskiego Zielonego Ładu (CHOLAJDA i IN. 2021, KALISZEWSKI i IN. 2021). Uwzględniając rosnące zainteresowanie wykorzystaniem odnowienia naturalnego sosny zwyczajnej ważne jest podjęcie badań skupiających się na metodach ochrony nalotów przed wiosenną osutką sosny.

2. Cel badań i hipotezy badawcze

Celem badań była ocena skuteczności wybranych metod ochrony nalotów sosny zwyczajnej przed wiosenną osutką sosny. W pracy testowano cztery metody ochrony nalotów sosnowych: hylotechniczną, zabieg przeprowadzony broną talerzową w międzyrzędach (B), mechaniczną, zabieg wykonany przez ręczne przerywanie w rzędach (R), mieszaną, zabieg przeprowadzony broną talerzową w międzyrzędach i ręcznym przerywaniem w rzędach (B+R) i chemiczną, zabieg wykonany poprzez oprysk fungicydem (O). Ich skuteczność została określona na podstawie przeżywalności nalotów i cech biometrycznych sosen (wysokość i średnica szyi korzeniowej). Określono również bioróżnorodność zbiorowisk grzybów zasiedlających igły sosen zwyczajnych w każdym wariancie doświadczenia oraz zmian w nim zachodzących w kolejnych latach trwania eksperymentu. Nadrzędnym celem niniejszej pracy było wypracowanie założeń i metod ochronnych, które zracjonalizują

dotychczas stosowane metody ochrony nalotów sosnowych przed wiosenną osutką sosny oraz skutecznie ograniczą występowanie tej choroby.

Postawiono następujące hipotezy: i) zastosowanie różnych metod ochronnych wpływa na obecność *L. seditiosum* w igłach nalotu sosnowego a metoda hylotechniczna będzie zmniejszała obecność tego patogenu w igłach równie skutecznie co chemiczna metoda ochrony; ii) mykobiota igieł samosiewu sosnowego zależy od: a) rodzaju wykonanego zabiegu ochronnego, b) rodzaju badanych igieł (igły martwe i igły bezobjawowe), c) siedliska; iii) zabiegi ochronne przeprowadzone w nalotach sosnowych spowodują zwiększenie przeżywalności oraz polepszą cechy biometryczne drzewek poddanych zabiegom.

3. Materiał i metody

3.1. Charakterystyka powierzchni badawczych

Doświadczenie założono w Nadleśnictwie Skwierzyna (RDLP w Szczecinie) w leśnictwach: Trzebiszewo w oddziałach 447-c (N: 52.5970, E: 15.3633) i 447-j (N: 52.5950, E: 15.3633) i Stary Dworek w oddziałach 440-g (N: 52.5970, E: 15.4030) i 480-j (N: 52.5882, E: 15.4032). W tych oddziałach dominującym typem siedliskowym lasu był bór mieszany świeży (BMśw). Powierzchnie doświadczalnie założono również na gruntach leśnych, dla których typ siedliskowy lasu określono jako bór świeży (Bśw). Poletka dla tego wariantu siedliska wyznaczono na terenie leśnictw: Stary Dworek w oddziałach 440-h (N: 52.5966, E: 15.4031) i 516-c (N: 52.5866, E: 15.3912), Jeleniec w oddziale 521-d (N: 52.5815, E: 15.3639) i Pniewo w oddziale 497-d (N: 52.5870, E: 15.3077). Powierzchnie doświadczalne założono na gruntach leśnych, na których gospodarczy drzewostan sosnowy został usunięty rębnią IB w latach 2016-2017, a powierzchnie zrębowe pozostawiono do naturalnego odnowienia. Przygotowanie gleby obejmowało wyoranie bruzd dwuodkładnicowym pługiem leśnym LPz w ostępach co 1,5 m.

Doświadczenie prowadzono w ośmiu blokach, po cztery dla każdego z przyjętych typów siedliskowych lasu (TSL). Blok stanowiło jedno wydzielenie. W każdym bloku testowano cztery metody ochrony nalotów sosnowych: hylotechniczną – brona talerzowa w międzyrzędach (B), mechaniczną – ręczne przerywanie w rzędach (R), mieszaną – brona talerzowa w międzyrzędach i ręczne przerywanie w rzędach (B+R), chemiczną – oprysk fungicydem (O) oraz wyznaczono powierzchnie kontrolne (K) – brak zabiegów ochronnych. Zabiegi ochronne wykonano tylko raz, na początku eksperymentu. Przyjęto liczbę ośmiu powtórzeń każdej z metod ochrony w ramach każdego z bloków. Poletka w łącznej liczbie 40 szt. i powierzchni 4,0 m^2 oraz wymiarach 2,0 x 2,0 m każde, wyznaczono w odległości

7,5 m od wschodniej ściany sąsiadującego drzewostanu. Schemat rozmieszczenia wariantów doświadczenia na gruncie ilustruje rycina 1.

macierzysty drzewostan	BLOK 1	BLOK 2	BLOK 3	BLOK 4	BLOK 5	BLOK 6	BLOK 7	BLOK 8	N ↑ S
	497-d	**447-c**	**447-j**	**521-d**	**516-c**	**480-j**	**440-g**	**440-h**	
	B	O	R	K	B+R	K	O	B	
	B+R	K	O	B	K	O	R	B+R	
	O	R	K	B+R	B	R	B+R	K	
	R	B+R	B	R	O	B+R	B	O	
	K	B	B+R	O	R	B	K	R	

Ryc. 1. Schemat powierzchni doświadczalnych w Nadleśnictwie Skwierzyna. Kolorem żółtym zaznaczono powierzchnie założone na siedlisku BMśw

Na powierzchniach badawczych prowadzono stały monitoring temperatury i wilgotności względnej powietrza przy gruncie, za pomocą wyłożonych w lipcu 2017 roku termohigrometrów oraz posiłkowano się danymi dostępnymi z punktu pomiarowego zlokalizowanego w sąsiednim Nadleśnictwie Międzyrzecz, w ramach systemu Traxelektronic.

3.2. Prace terenowe

W maju 2017 roku wyznaczono powierzchnie pod doświadczenie. Na potrzeby hylotechnicznej i mieszanej metody ochrony w czerwcu 2017 roku wykonano bronowanie międzyrzędzi broną talerzową Nizińskiego. Na początku lipca 2017 roku wykonano ręczne przerywanie siewek w rzędach na potrzeby mechanicznej i mieszanej metody ochrony. Przerywanie (przerzedzanie wschodów), wykonano schematycznie, pozostawiając siewki w odstępach minimum 5 cm między sobą. Przy przerywaniu nalotów pozostawiano rośliny z dobrymi cechami fenotypowymi, pełną zdrowotnością i dobrze rozwiniętą częścią nadziemną (bez krzywizn, nie rozwidlające się).

W drugiej połowie lipca 2017 roku na poletkach przeznaczonych do testowania oprysku fungicydem wykonano zabieg chemiczny fungicydem Starpro 430 SC - 0,75 $dm^3 \cdot m^{-2}$ środka na 200 $dm^3 \cdot m^{-2}$ wody. Mieszaninę i oprysk wykonano zgodnie z protokołem producenta. Wykonano maksymalną liczbę zabiegów w sezonie wegetacyjnym (2), zachowując 14 dniowy odstęp między terminami zabiegów. Zabieg prowadzono z wykorzystaniem ręcznego opryskiwacza ogrodniczego.

Skuteczność stosowanych metod ochronnych została określona na podstawie przeżywalności i pomiaru wysokości i średnicy szyi korzeniowej w trzech terminach: jesienią w roku założenia doświadczenia (I), rok od (II) i dwa lata od założenia doświadczenia (III).

3.3. Analiza zbiorowisk grzybów zasiedlających igły

Do badań różnorodności zbiorowisk grzybów igliwia sosny zwyczajnej w ramach każdego z wariantów doświadczenia, aparat asymilacyjny pobierano między drugim a trzecim tygodniem października, przez cały okres trwania eksperymentu. Pobierano igły z 15 sosen z każdego wariantu doświadczenia. Dodatkowo kontrolę (Kz) dla całego doświadczenia stanowiły igły bez widocznych objawów choroby zebrane z drzewostanów bezpośrednio sąsiadujących z powierzchnią badawczą.

Z każdej sadzonki pobrano igły, które następnie posegregowano na igły zielone (Z) oraz igły zamarłe (z widocznymi objawami choroby) (M) – po pięć z każdego wariantu. Analizy zbiorowisk grzybów zasiedlających igły dokonano w oparciu o system Illumina (A&A Biotechnology), a identyfikację taksonomiczną przeprowadzono w oparciu o bazy danych sekwencji referencyjnych NCBI (CAPORASO i IN. 2010). Nomenklaturę łacińską przyjęto za Index Fungorum (www.indexfungorum.org/names/names.asp) oraz MycoBank (https://www.mycobank.org/), a funkcje zidentyfikowanych tasonów grzybów w zbiorowisku określono na podstawie bazy danych GlobalFungi (http://globalfungi.com) i dostępnych danych literaturowych (BEHNKE-BOROWCZYK i IN. 2019, 2021).

3.4. Analiza statystyczna

Wyniki pomiarów w niniejszej pracy opracowano statystycznie z wykorzystaniem programu R (R Studio). Każdorazowo przed przystąpieniem do analiz statystycznych wszystkie dane sprawdzono pod kątem ich rozkładu i spełnienia założeń analizy wariancji (test Shapiro-Wilka; test Bartletta). Wykorzystywanym testem statystycznym w niniejszych badaniach był test nieparametryczny χ^2. W razie potrzeby, kiedy wynik spełniał założenie testu post-hoc ($P<0,05$) stosowano porównania nieparametryczne dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona ($\alpha = 0,05$), w celu określenia różnic między średnimi.

Dla każdego zbiorowiska określono bioróżnorodność gatunkową z wykorzystaniem wskaźników różnorodności: indeksu Margalefa, wskaźnika różnorodności Shannona, wskaźników równości Shannona, Simpsona i Bergera-Parkera (MAGURRAN 1988).

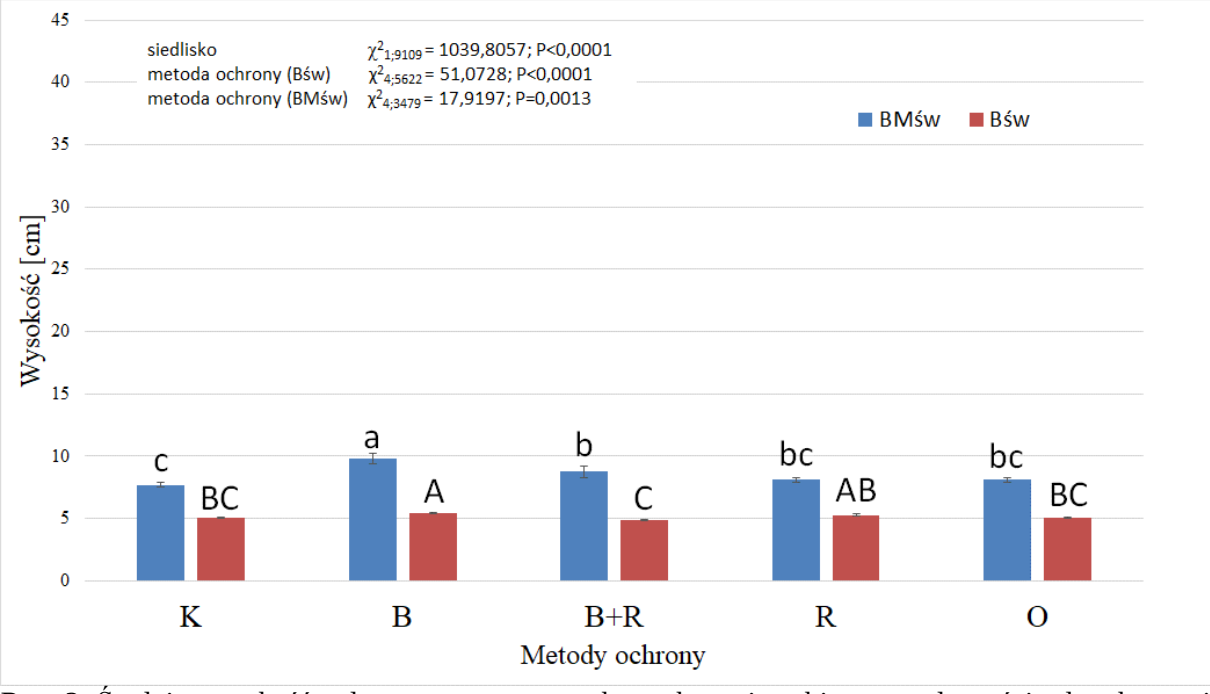
4. Wyniki

4.1. Cechy odnowienia naturalnego w roku wykonania zabiegu (I)

4.1.1. Wysokość

Wykazano statystycznie istotne różnice w średniej wysokości nalotów sosnowych w poszczególnych typach siedliskowych lasu w roku wykonania zabiegów ochronnych $P<0,0001$ (ryc.2). W terminie I w warunkach boru mieszanego świeżego najniższą średnią

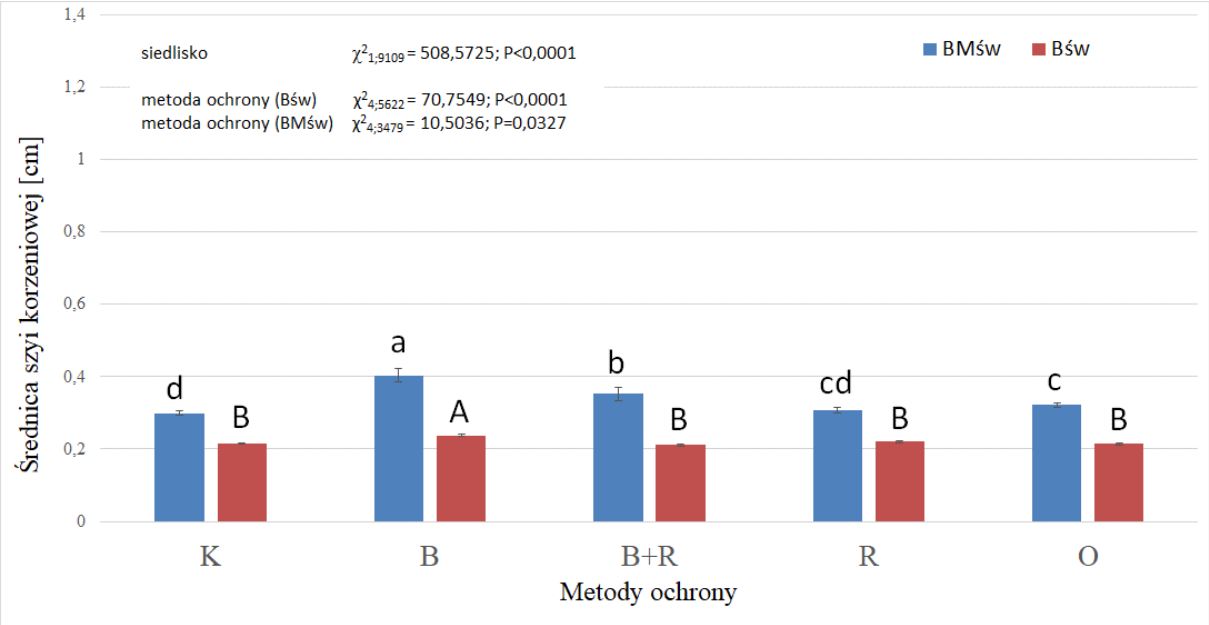
wysokość posiadały siewki wariantu kontrolnego (K, 7,69 cm). Najwyższą średnią wysokością charakteryzowały się naloty sosny w metodzie hylotechnicznej (B, 9,79 cm).



Ryc. 2. Średnia wysokość nalotu sosnowego w roku wykonania zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw natomiast małymi dla BMśw

4.1.2. Średnica szyi korzeniowej

Wykazano statystycznie istotne różnice w wielkości przeciętnej średnicy szyi korzeniowej sosen w poszczególnych typach siedliskowych lasu w terminie I (ryc. 3). W warunkach boru mieszanego świeżego najmniejszą przeciętną średnicę szyi korzeniowej posiadały siewki z kontroli doświadczenia (K, 0,30 cm). Najgrubszą przeciętną średnicą szyi korzeniowej charakteryzowały się naloty sosny chronione metodą hylotechniczną (B, 0,4 cm). W przypadku uboższego siedliska nie wykazano różnic pomiędzy metodami chemiczną (O), mechaniczną (R) i mieszaną (B+R) oraz wariantem kontrolnym (K).



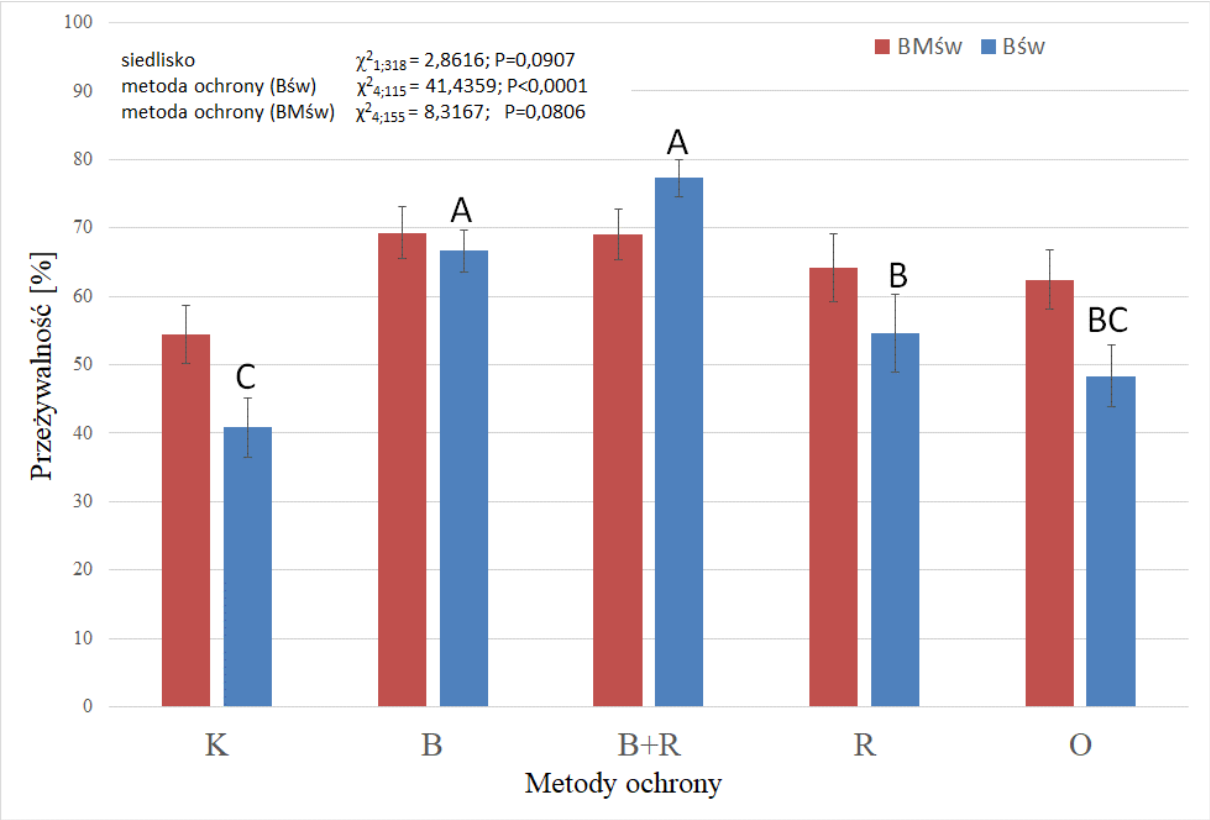
Ryc. 3. Średnia średnica szyi korzeniowej nalotu sosnowego w roku wykonania zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw natomiast małymi dla BMśw

4.2. Wpływ metod ochrony odnowienia naturalnego na parametry nalotu

4.2.1. Przeżywalność

4.2.1.1. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II)

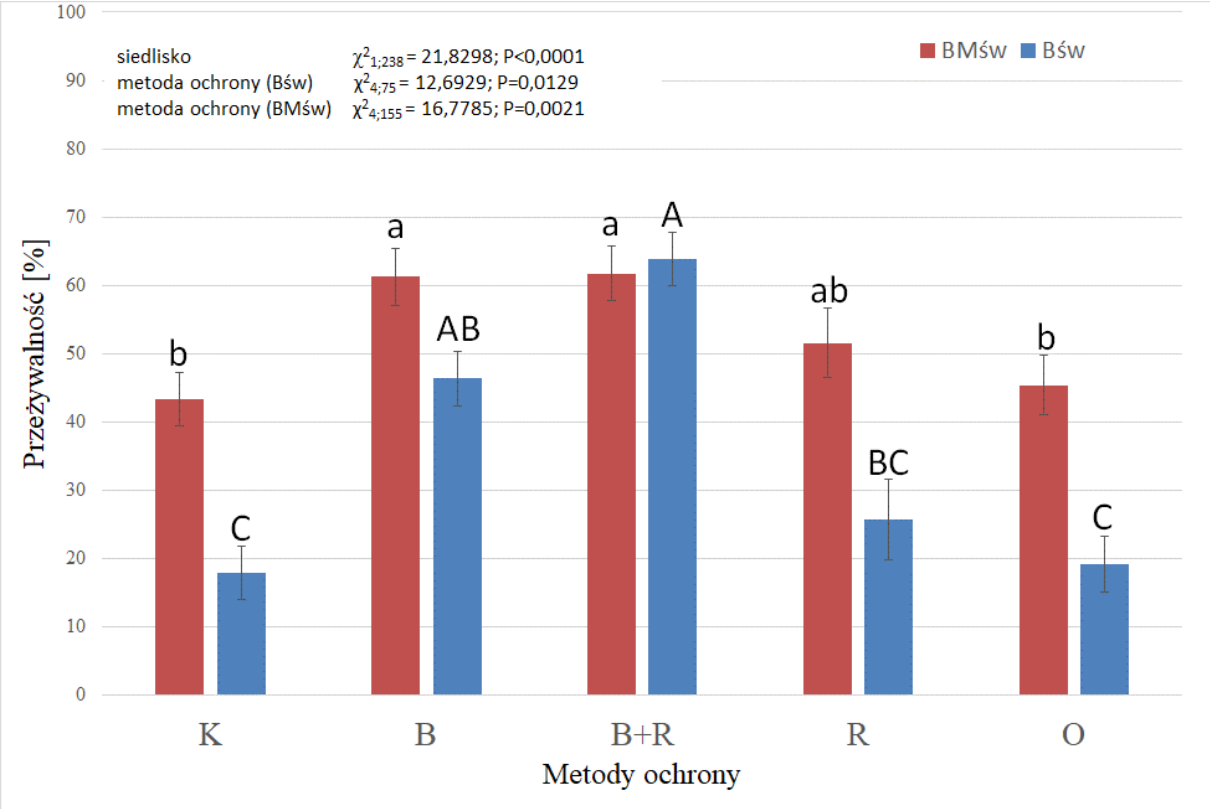
Nie udowodniono wpływu wybranych w doświadczeniu metod ochrony przeciw wiosennej osutce sosny na przeżywalność nalotów sosny zwyczajnej rok po zastosowaniu metod ochrony dla boru mieszanego świeżego. Udowodniono ten wpływ dla nalotu na borze świeżym (P>0,0001) (ryc. 4). Wpływ zastosowanych metod ochronnych stwierdzono tylko na siedlisku boru świeżego. W analizowanym okresie na tym siedlisku najniższą przeżywalnością charakteryzowały się rośliny z poletek kontrolnych (K, 40,79%). Nie stwierdzono różnic w przeżywalności nalotu na poletkach, gdzie zastosowano metodę hylotechniczną (B) i mieszaną (B+R).



Ryc. 4. Średnia przeżywalność nalotu sosnowego w pierwszym roku po zastosowaniu zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw

4.2.1.2. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III)

Analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice w przypadku przeżywalności nalotów sosny zwyczajnej w terminie III w zależności od typu siedliskowego lasu (ryc.5). Na borze świeżym najniższą przeżywalność uzyskano w wariance kontroli doświadczenia (K) i zabiegu chemicznym (O).

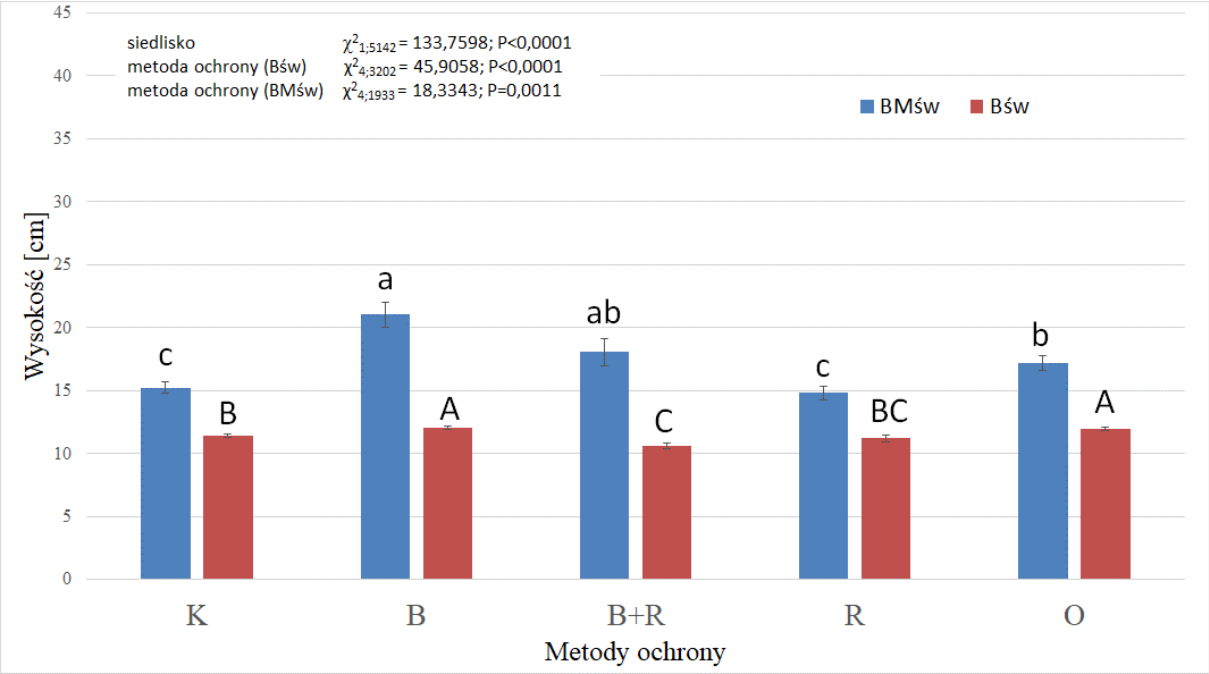


Ryc. 5. Średnia przeżywalność nalotu sosnowego w drugim roku po zastosowaniu zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw natomiast małymi dla BMśw

4.2.2. Wysokość

4.2.2.1. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II)

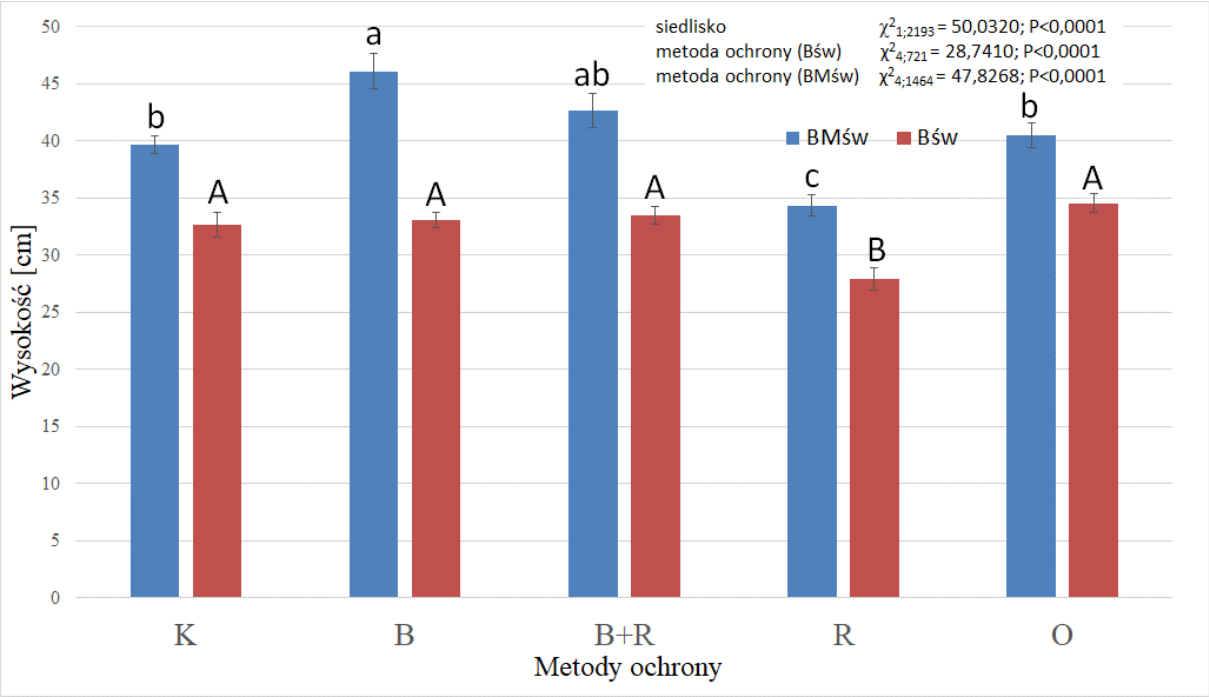
Analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice w średniej wysokości samosiewów sosnowych rosnących na różnych siedliskach (ryc. 6). W warunkach boru mieszanego świeżego tylko w przypadku wykonania ręcznego przerywania siewek (R), średnia wysokość była zbliżona do wysokości drzew na poletkach kontrolnych (K, różnice statystycznie nieistotne). Jedynie w metodzie mieszanej (B+R) na borze świeżym średnia wysokość sosen był niższa niż w przypadku kontroli (K).



Ryc. 6. Średnia wysokość nalotu sosnowego w pierwszym roku po zastosowaniu zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw natomiast małymi dla BMśw

4.2.2.2. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III)

Zarówno na borze mieszanym świeżym i borze świeżym, jak również pomiędzy tymi siedliskami, stwierdzono statystycznie istotne różnice w średniej wartości wysokości nalotów sosny zwyczajnej w terminie III (ryc. 7). W tym terminie najwyższą średnią wysokość osiągnęły sosny rosnące na borze mieszanym świeżym w wariancie wykorzystującym bronę talerzową Nizińskiego (B).

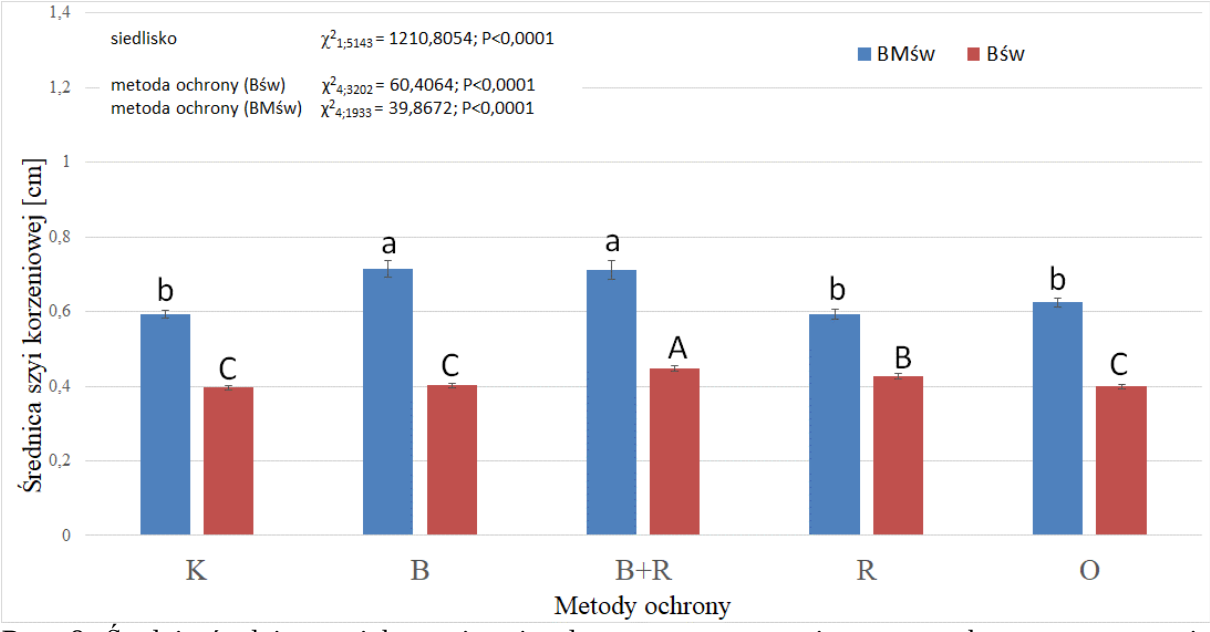


Ryc. 7. Średnia wysokość nalotu sosnowego w drugim roku po zastosowaniu zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw natomiast małymi dla BMśw

4.2.3. Średnica szyi korzeniowej

4.2.3.1. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II)

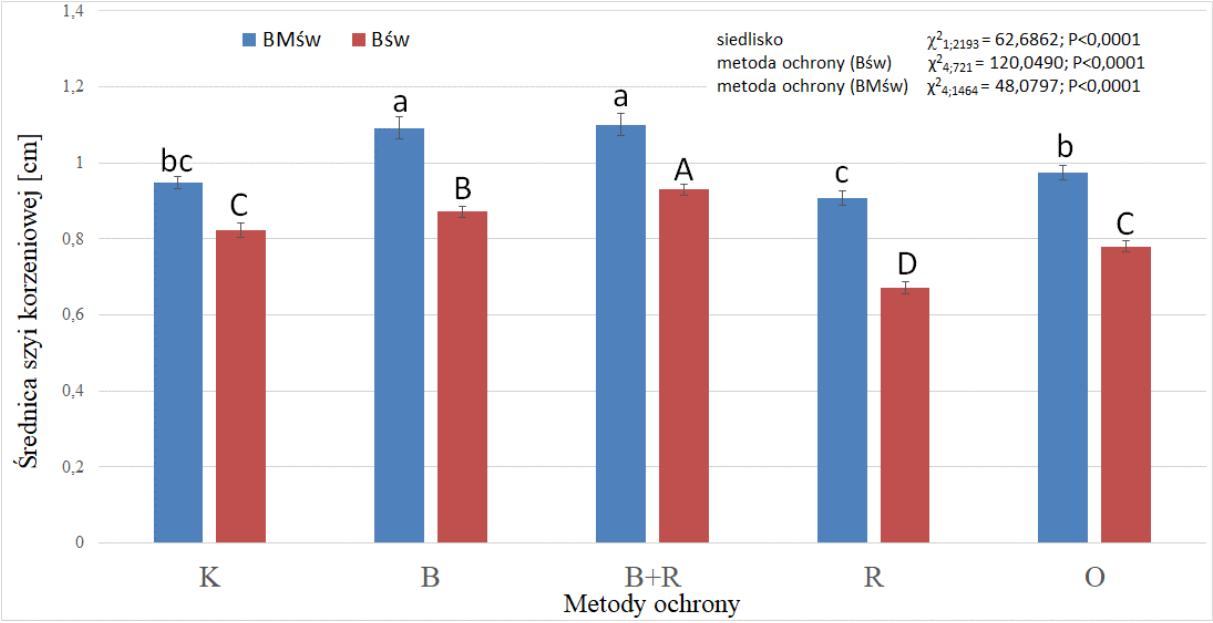
Analiza wariancji wykazała istnienie statystycznie istotnych różnic w przypadku wielkości średnic szyi korzeniowych samosiewów sosnowych rosnących na różnych siedliskach, badanych w doświadczeniu (ryc. 8). W nalotach sosny zwyczajnej rosnących w borze mieszanym świeżym w metodzie hylotechnicznej (B) i mieszanej (B+R) przeciętne wartości średnic szyi korzeniowych były istotnie większe niż w przypadku pozostałych metod (R i O) i kontroli doświadczenia (K). W warunkach uboższego siedliska przeciętne wartości średnic szyi korzeniowych w metodzie chemicznej (O) i hylotechnicznej (B) nie różniły się istotnie od przeciętnych średnic sosen w partii kontrolnej (K). Istotnie większe od kontroli były przeciętne średnice sosen rosnące na borze świeżym w wariancie zastosowania brony talerzowej wraz z ręcznym przerywaniem siewek (B+R) oraz ręcznego przerywania siewek w rzędach (R).



Ryc. 8. Średnia średnica szyi korzeniowej nalotu sosnowego w pierwszym roku po zastosowaniu zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw natomiast małymi dla BMśw

4.2.3.2. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III)

Zarówno na borze mieszanym świeżym i borze świeżym stwierdzono statystycznie istotne różnice w średniej wartości średnicy szyi korzeniowej u nalotów sosny (ryc. 9). Najwyższą średnią wartość średnicy szyi korzeniowej uzyskano dla sosen rosnących na borze mieszanym świeżym po użyciu brony talerzowej, zarówno w metodzie hylotechnicznej (B, 1,09 cm) i mieszanej (B+R, 1,10 cm). Z pozostałych metod wyższe wartości tej cechy w porównaniu do kontroli doświadczenia (K) uzyskano u roślin w metodzie chemicznej (O), a niższe – w metodzie mechanicznej (R). Różnice te były istotne statystycznie. Przeciętne średnice szyi korzeniowej nalotów były wyższe w borze mieszanym świeżym, w porównaniu do siedliska uboższego, przy stosowaniu analogicznych metod ochronnych.



Ryc. 9. Średnia średnica szyi korzeniowej nalotu sosnowego w drugim roku po zastosowaniu zabiegu w zależności od wykonanej metody ochrony. Na rycinie zamieszczono wyniki testów nieparametrycznych i wartości P. Pionowymi odcinkami zaznaczono wartości błędów standardowych (±SE). Ta sama litera oznacza brak istotnych różnic przy porównaniu nieparametrycznym dla każdej pary przy użyciu metody Wilcoxona (α=0,05). Wielkimi literami zaznaczono różnice dla siedliska Bśw natomiast małymi dla BMśw

4.3. Zbiorowisko grzybów i lęgniowców igliwia sosny zwyczajnej

4.3.1. W roku wykonania zabiegu (I)

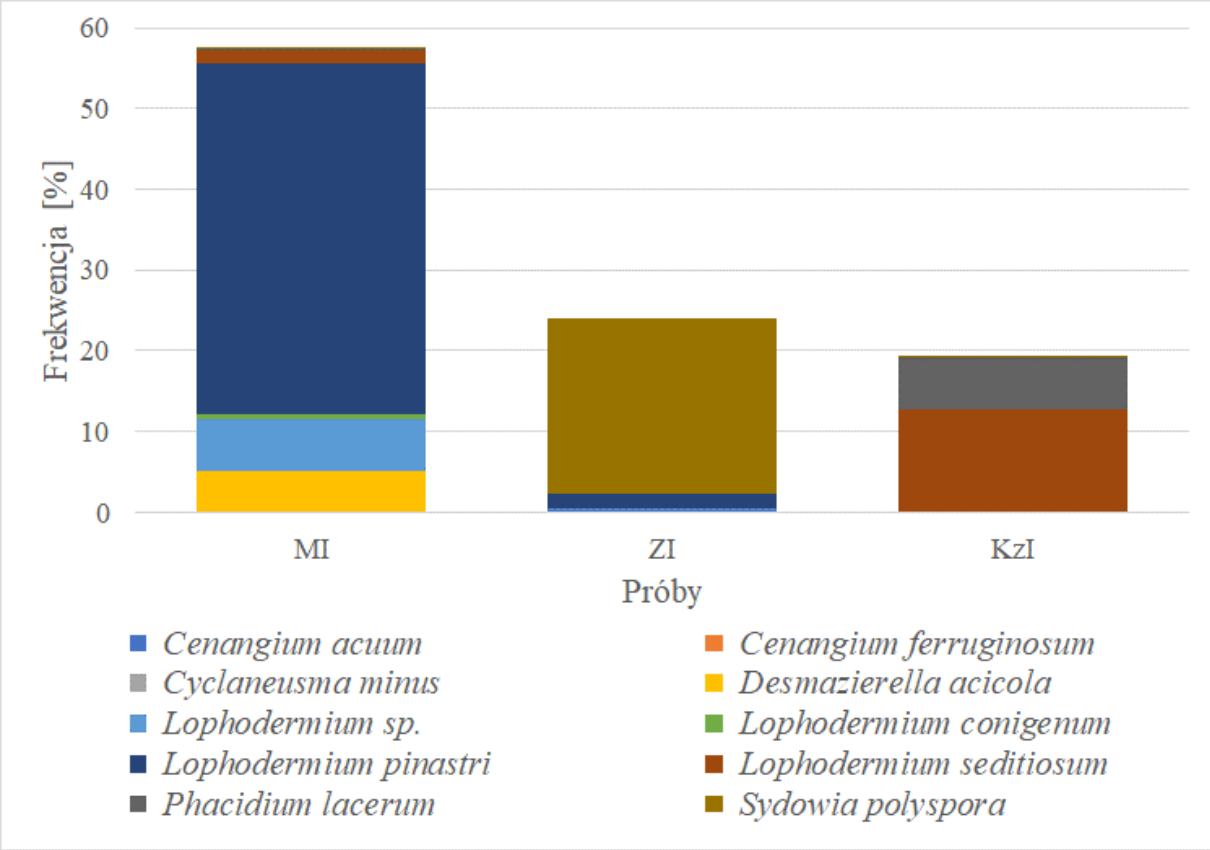
Średnia liczba otrzymanych sekwencji grzybów i lęgniowców we wszystkich próbach wynosiła 239713, w tym grzybów 162959 (67,98%). Największy udział w zbiorowisku grzybów hodowalnych odnotowano w próbie igieł z powierzchni kontrolnych, zebranych poza powierzchniami doświadczalnymi (KzI, 95,48%). Wśród zbiorowiska grzybów frekwencja taksonów należących do *Ascomycota* wynosiła 78,76-95,50%, *Basidiomycota* 4,50-20,10%, *Mucoromycota* 0-1,06% oraz *Oomycota* 0- 0,09%.

Zbiorowisko grzybów pochodzących z igieł martwych (MI) liczyło 124 taksony. W tym 70 z nich należało do *Ascomycota*, 53 do *Basidiomycota*, a 1 do *Mucoromycota*. Zbiorowisko pochodzące z igieł zielonych (ZI) liczyło 137 taksonów. Obejmowało ono 85 taksonów należących do *Ascomycota*, 49 do *Basidiomycota*, 2 do *Mucoromycota* oraz 1 należący do *Oomycota*. W próbie kontrolnej (KzI) otrzymano 49 taksonów, z czego 29 należało do gromady *Ascomycota*, a pozostałe do *Basidiomycota*.

W zbiorowiskach prób w roku wykonania zabiegu najwyższą frekwencją wyróżniały się: *Cladosporium* sp. 0,02-5,43%, *Clonostachys rosea* 0-7,78%, *Desmazierella acicola* 0-5,04%, *Gymnopus androsaceus* 3,60-13,10%, *Helotiales* 0,08-71,15%, *Hypoxylon fragiforme* 0-5,92%, *Leotiomycetes* 0-8,01%, *Lophodermium* sp. 0-6,37%, *L. pinastri* 0,02-43,49%, *L. seditiosum* 0,01-12,75%, *Malassezia globosa* 0-2,50%, *M. restricta* 0-5,05%, *Meyerozyma*

guilliermondii 0-11,36%, *Petriella sordida* 0-3,90%, *Phacidium lacerum* 0,04-6,34%, *Sydowia polyspora* 0,01-21,71%.

Wśród taksonów zasiedlających igły, w tym organizmy chorobotwórcze: *Cenangium acuum* 0-0,24%, *C. ferruginosum* 0-0,01%, *Cyclaneusma minus* 0-0,05%, *D. acicola* 0-5,04%, *Lophodermium* sp. 0-6,37%, *L. conigenum* 0-0,69%, *L. pinastri* 0,02-43,49%, *L. seditiosum* 0,02-43,49%, *P. lacerum* 0,04-6,34%, *S. polyspora* 0,01-21,71% (ryc. 10).



Ryc. 10. Frekwencja [%] taksonów grzybów zasiedlających igły, w tym tych, które powodują infekcje aparatu asymilacyjnego drzew w terminie I (w roku wykonania zabiegów)

W zbiorowisku zasiedlających igły martwe (MI) takson *L. pinastri* występował najliczniej (43,92%), podczas gdy w pozostałych próbach jego udział nie przekraczał 2%. Wysoką frekwencją (>5%) charakteryzowały się taksony *Lophodermium* sp. (6,37%) oraz *D. acicola* (5,04%). Z kolei w zbiorowisku igieł zielonych (ZI) najliczniej występował *S. polyspora* (21,78%) oraz *L. pinastri* (1,84%). W próbie kontrolnej (KzI) *L. seditosum* występowało najliczniej (12,75%). Drugim pod względem frekwencji był gatunek *P. lacerum* (6,34%). Takson *C. minus* w roku wykonania zabiegu obserwowany był wyłącznie na igłach martwych (MI, 0,05%).

Najwyższą wartością indeksu Margalefa (DMg) wyróżniało się zbiorowisko próby igieł zielonych (ZI, 11,21), najmniejszą – kontroli (KzI, 5,69). Najwyższe wartości indeksu Shannona (H') uzyskano dla próby igieł zielonych (ZI, 3,25), a najniższe – dla partii

kontrolnej (KzI, 1,07). Wskaźnik równości Shannona (E) najwyższe wartości osiągnął w zbiorowiska igieł zielonych (ZI, 0,66), a najniższe – igieł kontrolnych (KzI, 0,26). Wartość wskaźnika Simpsona (D) wskazuje, że najmniejszą różnorodnością charakteryzowały się zbiorowiska grzybów w próbie igieł kontrolnych (KzI, 0,53). Wskaźnik dominacji Bergera-Parkera (d) przyjął najwyższe wartości dla zbiorowiska grzybów w próbie igieł kontrolnych (KzI, 0,71), natomiast najniższe – dla igieł zielonych (ZI, 0,22).

4.3.2. Rok po zastosowaniu metody ochrony (II)

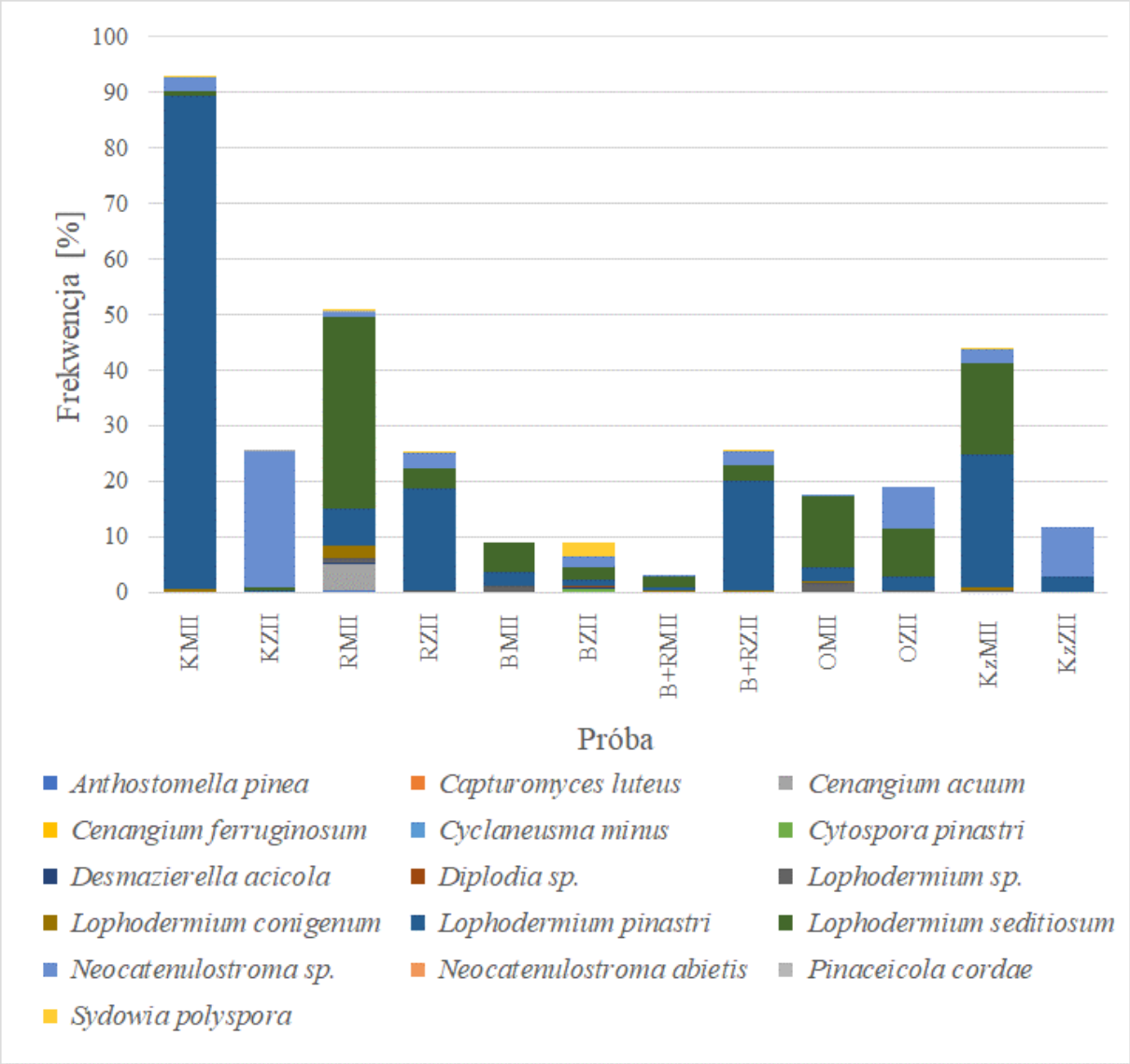
Średnia liczba otrzymanych sekwencji grzybów i lęgniowców w badanych próbach wynosiła 55177, w tym grzybów 42591 (71,18%). Największy udział w zbiorowisku grzybów zaobserowano w igłach martwych pochodzących z powierzchni bez prowadzonych zabiegów ochronnych (KMII, 94,5%). Wśród zbiorowisk grzybów frekwencja taksonów należących do *Ascomycota* wynosiła 52,10-98,09%, *Basidiomycota* 1,91-47,75%, *Glomeromycota* 0,0-0,13%, *Mucoromycota* 0-27,11% oraz *Oomycota* 0-2,32%.

Najwięcej taksonów otrzymano w próbie igieł zielonych, gdzie wykonano zabieg mechaniczny (RZII, 333), następnie igieł zielonych, gdzie stosowano metodę mieszaną (B+RZII, 318), igieł martwych zabezpieczanych metodą chemiczną (OMII, 267) oraz igieł zielonych pochodzących z poletek bez prowadzonych zabiegów ochronnych (KZII, 225). Natomiast najmniej z wariantów doświadczenia z igieł zielonych pochodzących z zewnętrznych powierzchni kontrolnych (KzII, 13), igieł martwych nie zabezpieczanych żadną z metod (KMII, 133) oraz igieł zielonych z roślin zabezpieczanych metodą chemiczną (KOII, 154). Taksonów należących do gromady *Ascomycota* w badanych próbach było 10-250, *Basidiomycota* 3-124, *Glomeromycota* 0-1, *Mucoromycota* 0-6 oraz *Oomycota* 0-2.

W próbie igieł martwych z roślin pochodzących z powierzchni bez przeprowadzonego zabiegu ochronnego (KMII) najliczniej występowały taksony: *L. pinastri* 88,69%, *L. seditiosum* 0,73%, *Microsphaeropsis* sp. 2,59%, *Neocatenulostroma* sp. 2,55%, *N. microsporum* 0,66%, podczas gdy w próbie igieł zielonych z roślin w tym samym wariancie (KZII) były to *Capronia* sp. 14,61%, *Microsphaeropsis* sp. 2,52%, *Neocatenulostroma* sp. 24,19%, *N. microsporum* 37,87%, *Orbiliales* 3,19%. W próbie igieł martwych zabezpieczanych metodą hylotechniczną (BMII) dominowały *Helotiales* 6,40%, *Komagataella pastoris* 6,38%, *L. seditiosum* 5,10%, *Microsphaeropsis* sp. 5,20%, *Phellinopsis* sp. 16,47% w tym samym wariancie zastosowanej metody ochrony, ale w igłach zielonych (BZII) najliczniej występowały *Hypholoma lateritium* 27,82%, *Wynnea americana* 9,42%, *Didymella macrostoma* 7,60%, *Amylostereum areolatum* 5,62%, *Coprinellus disseminates* 2,73%. W próbie igieł martwych z nalotów zabezpieczanych metodą mieszaną

(B+RMII) dominowały *Linnemannia elongata* 22,92%, *Fusarium oxysporum* 10,38%, *Saitozyma podzolica* 4,84%, *Fusarium* sp. 4,47%, *Mortierella* sp. 3,88%, podczas gdy w próbie igieł zielonych z nalotów, gdzie zastosowano tą samą metodę ochrony (B+RZII) *Microsphaeropsis* sp. 28,69%, *L. pinastri* 19,69%, *N. microsporum* 4,84%, *Epicoccum nigrum* 4,49% oraz *L. seditiosum* 2,86%. W próbie igieł martwych z sosen chronionych metodą mechaniczną (RMII) dominowały *L. seditiosum* 34,41%, *Microsphaeropsis* sp. 18,09%, *Xenopolyscytalum* sp. 7,21%, *L. pinastri* 6,80%, *C. acuum* 4,97%, a igłach zielonych w tym wariancie (RZII) *Microsphaeropsis* sp. 31,64%, *L. pinastri* 18,30%, *N. microsporum* 5,37%, *E. nigrum* 5,04%, *L. seditiosum* 3,58%. Najwyższy udział w próbie igieł martwych, z poletek na których wykonano zabieg fungicydem (OMII) miały *L. seditiosum* 12,76%, *K. pastoris* 12,67%, *Microsphaeropsis* sp. 9,11%, *Penicillium fellutanum* Biourge 7,79%, *Coniochaeta* sp. 3,75% oraz w igłach zielonych w tym samym wariancie (OZII) dominowały *Microsphaeropsis* sp. 52,54%, *L. seditiosum* 8,61%, *Neocatenulostroma* sp. 7,49%, *K. pastoris* 3,44%, *N. microsporum* 3,40%. W próbach pochodzących z igieł martwych z powierzchni kontrolnych spoza nalotu (KzMII): *Microsphaeropsis* sp. 42,45%, *L. pinastri* 24,10%, *L. seditiosum* 16,33%, *Neocatenulostroma* sp. 2,57%, *E. nigrum* 1,73% oraz w igłach zielonych z tej samej powierzchni (KzZII): *Ceratocystis pilifera* 29,41%, *Microsphaeropsis* sp. 14,71%, *M. olivacea* 14,71%, *Neocatenulostroma* sp. 8,82%, *Cryptococcus* sp. 5,88%, *Candida* sp. 5,88%.

Wśród taksonów powodujących choroby aparatu asymilacyjnego drzew iglastych, rok po wykonaniu zabiegów ochronnych (termin II), zidentyfikowano: *Anthostomella pinea* (0-0,34%), *Capturomyces luteus* (0-0,06%), *C. acuum* (0-4,97%), *C. ferruginosum* (0-0,02%), *C. minus* (0-0,20%), *Cytospora pinastri* (0-0,44%), *D. acicola* (0-0,24%), *Diplodia* sp. (0-0,51%), *Lophodermium* sp. (0-1,71%), *L. conigenum* (0-2,33%), *L. pinastri* (0,53-88,69%), *L. seditiosum* (0-34,41%), *Neocatenulostroma* sp. (0-24,19%), *Pinaceicola cordae* (0-0,09%), *S. polyspora* (0-2,62%) (ryc. 11).



Ryc. 11. Frekwencja [%] taksonów grzybów zasiedlających igły, w tym tych, które powodują infekcje aparatu asymilacyjnego drzew w terminie II (rok po wykonaniu zabiegów)

W zbiorowisku igieł martwych z poletek, gdzie nie wykonywano zabiegów ochronnych (KMII) *L. pinastri* występował najliczniej (88,69%), podczas gdy w pozostałych próbach jego udział nie przekraczał 1%. W zbiorowisku igieł zielonych pochodzących z tych samych poletek (KZII) identyfikowano *L. pinastri* (0,53%) i *L. seditiosum* (0,56%). W próbie igieł martwych zabezpieczanych metodą mechaniczną *L. seditosum* występowało najliczniej (RMII, 34,41%). Drugim pod względem frekwencji był *L. pinastri* (6,80%). W igłach zielonych na poletkach, gdzie wykonano ręczne przerywanie siewek (RZII) frekwencją ponad 18% wyróżniał się *L. pinastri*. Igliwie martwe z próby metody hylotechnicznej (BMII) wyróżniało się ponad 5% frekwencją *L. seditiosum*. Igły zielone z tego wariantu charakteryzowało się wysokim udziałem *S. polyspora* (2,62%) oraz *L. seditiosum* (2,05%). W zbiorowisku igieł martwych z metody mieszanej (B+RMII) wśród taksonów związanych z igłami najliczniej występował *L. seditiosum* (2,16%). W próbie igieł zielonych z poletek

zabezpieczanych tą samą metodą (B+RZII) *L. pinastri* występowało najliczniej (19,69%). Drugim pod względem frekwencji w tej próbie był *L. seditiosum* (2,86%). W wariancie igieł martwych traktowanych fungicydem (OMII) ponad 12% frekwencją wyróżniał się *L. seditiosum.* Igliwie zielone z poletek, gdzie wykonano oprysk (OZII) charakteryzowało się ponad 8% frekwencją tego gatunku grzyba. Igliwie martwe z powierzchni kontrolnych ulokowanych poza nalotem (KzMII) charakteryzowało się wysokim udziałem *L. pinastri* (24,10%) oraz *L. seditiosum* (16,33%), natomiast w igłach zielonych (KzZII) zidentyfikowano wyłącznie *L. pinastri* (2,94%).

Najwyższą wartością indeksu Margalefa (DMg) wyróżniało się zbiorowisko próby igieł zielonych z poletek, gdzie nalot zabezpieczano metodą mieszaną (B+RZII, 31,39), natomiast najmniejszą – igły zielone z zewnętrznych powierzchni kontrolnych (KzZII, 3,12). Najwyższe wartości wskaźnika różnorodności Shannona (H') uzyskano dla igieł zielonych zabezpieczonych metodą chemiczną (OZII, 3,77), a najniższe dla igieł martwych z roślin pochodzących z powierzchni bez przeprowadzonego zabiegu ochronnego (KMII, 0,67). Wskaźnik równości Shannona (E) najwyższe wartości osiągnął dla zbiorowiska igieł zielonych z powierzchni kontrolnych (KZII, 0,88), a najniższe – igieł martwych nie zabezpieczanych którąkolwiek z metod ochronnych (KMII, 0,14). Wartość wskaźnika Simpsona (D) wskazuje, że najmniejszą różnorodnością charakteryzowały się zbiorowiska grzybów w próbie igieł martwych z roślin pochodzących z powierzchni bez przeprowadzonego zabiegu ochronnego (KMII, 0,79). Wskaźnik dominacji Bergera-Parkera (d) przyjął najwyższe wartości dla zbiorowiska grzybów również w tym wariancie doświadczenia (KMII, 0,89), natomiast najniższe dla igieł martwych zabezpieczanych metodą chemiczną (OMII, 0,13).

4.3.3. Dwa lata po zastosowaniu metody ochrony (III)

Średnia otrzymanych sekwencji grzybów w analizowanej próbie wyniosła 133284, w tym grzybów hodowalnych i grzybopływek było 95615 (71,74%). Największy udział grzybów stwierdzono w próbach, gdzie zastosowano bronowanie międzyrzędzi wraz z ręcznym przerywaniem siewek (B+RIII, 90,66%). Wśród zbiorowiska grzybów hodowalnych i lęgniowców frekwencja taksonów należących do *Ascomycota* wynosiła 24,35-98,68%, *Basidiomycota* 1,32-36,87%, *Mucoromycota* 0-0,27% oraz *Oomycota* 0-0,55%.

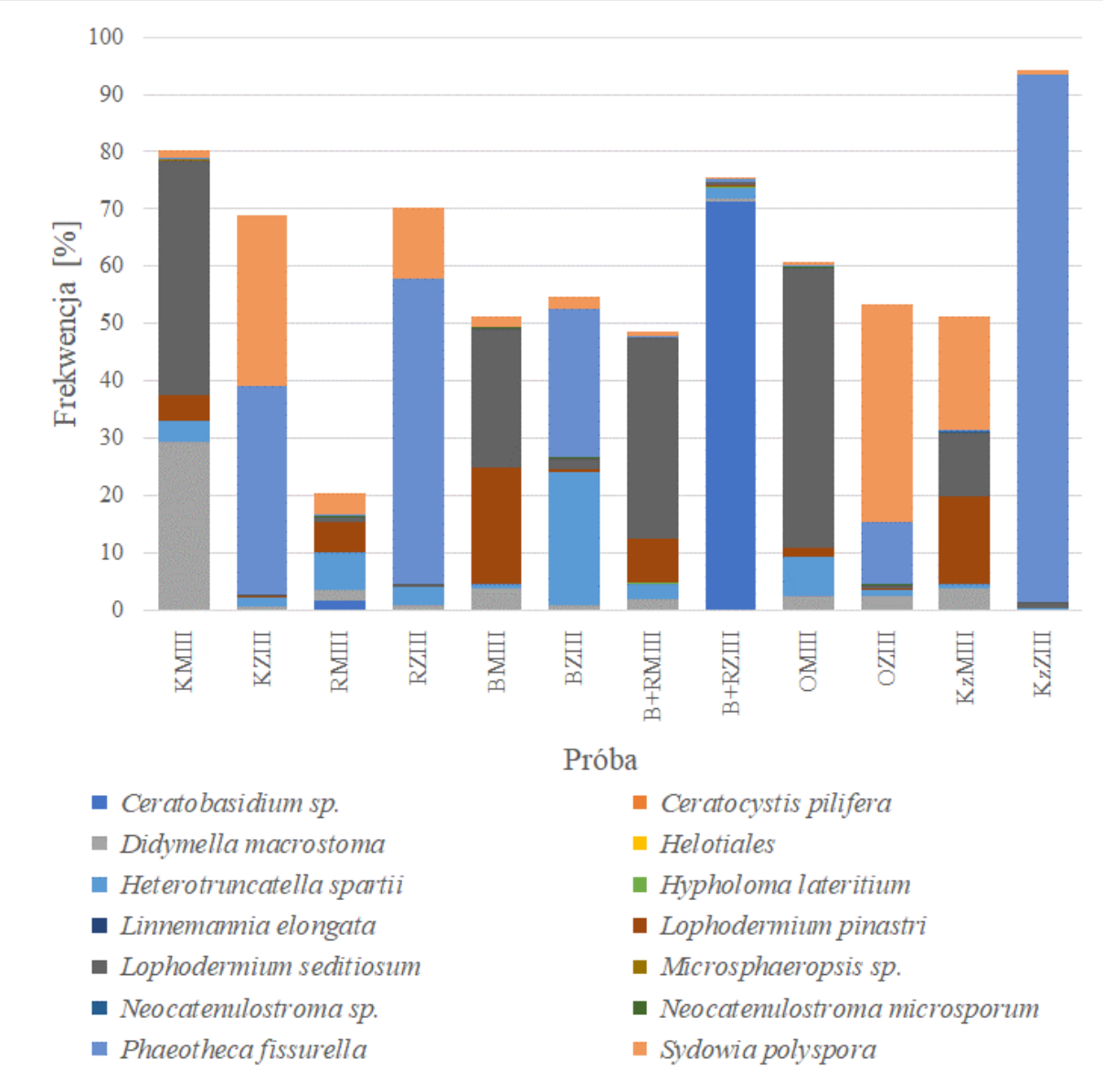
Najwięcej taksonów zidentyfikowano w próbach, które pochodziły z poletek, na których zastosowano: oprysk fungicydem – igły zielone (OZIII, 323), ręczne przerywanie siewek – igły zielone (RZIII, 311) oraz w tym samym wariancie w przypadku igieł martwych (RMIII, 274), natomiast najmniej w próbach, gdzie: nie stosowano zabiegów ochronnych –

igły zielone (KZIII, 197), wykonano oprysk – igły martwe (OMIII, 199) oraz w próbach pochodzących z poletek, gdzie nie stosowano zabiegów ochronnych – igły martwe (KMIII, 203). Taksonów należących do gromady *Ascomycota* w badanych próbach było 116-200, *Basidiomycota* 73-130, *Mucoromycota* 1-5 oraz *Oomycota* 0-2.

W próbie igieł martwych z poletek, na których nie stosowano żadnych metod ochrony (KMIII) najliczniejszymi taksonami były: *L. seditiosum* 41,06%, *D. macrostoma* 29,27%, *Phoma herbarium* 6,06%, *L. pinastri* 4,55%, *Trimmatostroma salicis* 4,15%, w próbie igieł zielonych w tym samym wariancie doświadczenia (KZIII) dominowały: *Phaeotheca fissurella* 36,45%, *S. polyspora* 29,65%, *H. fasciculare* 13,52%, *Cladosporium* sp. 6,80%. W próbie igieł martwych, gdzie wykonano bronowanie (BMIII) dominowały *L. seditiosum* 24,26%, *L. pinastri* 20,29%, *C. minus* 7,73%, *Phacidium* sp. 4,04%, *T. salicis* 3,74%. W tym samym wariancie zastosowanej metody ochrony, ale w igłach zielonych (BZIII) najliczniej występowały: *P. fissurella* 26,08%, *Heterotruncatella spartii* 23,15%, *Perusta inaequalis* 6,21%, *Cladosporium* sp. 6,09%, *Psiloglonium pusillum* 5,46%. W próbie igieł martwych z poletek, gdzie wykonano bronowanie i ręczne przerywanie siewek (B+RMIII) dominowały: *L. seditiosum* 34,94%, *Phacidium* sp. 8,91%, *L. pinastri* 7,81%, *Thelephora* sp. 7,46%, *Dactylaria acicularis* 7,21%, podczas gdy w próbie igieł zielonych pochodzących z tych samych poletek (B+RZIII) najliczniej występowały *Ceratobasidium* sp. 71,40%, *Acephala* sp. 7,69%, *Rhizosphaera macrospora* 4,79%, *H. spartii* 2,09%, *Infundichalara microchona* 1,59%. W próbie igieł martwych, w wariancie ręcznego przerywania nalotu (RMIII) dominowały *C. minus* 12,34%, *Filobasidium wieringae* 11,51%, *Aureobasidium* sp. 6,91%, *H. spartii* 6,47%, *L. pinastri* 5,44%, a w igłach zielonych (RZIII) *P. fissurella* 53,29%, *S. polyspora* 12,32%, *Cladosporium* sp. 5,96%, *H. spartii* 3,01%, *Symmetrospora gracilis* 2,95%. Największy udział w igłach martwych z wariantu, gdzie stosowano oprysk fungicydem (OMIII) miały taksony: *L. seditiosum* 48,88%, *Curvibasidium pallidicorallinum* 7,02%, *H. spartii* 6,69%, *Vishniacozyma globispora* 4,57%, *Phacidium* sp. 3,76% oraz w igłach zielonych tego wariantu (OZIII): *S. polyspora* 38,01%, *Cladosporium* sp. 15,79%, *P. fissurella* 10,98%, *Alternaria* sp. 5,18%, *Sporobolomyces roseus* 3,76%. W próbach pochodzących z powierzchni sąsiednej w zbiorowisku igieł martwych (KzMIII) dominowały: *S. polyspora* 19,83%, *L. pinastri* 15,32%, *L. seditiosum* 11,16%, *C. pallidicorallinum* 5,32%, *V. globispora* 5,23% oraz w igłach zielonych (KzZIII): *P. fissurella* 92,06%, *Cladosporium* sp. 1,36%, *Beauveria* sp. 0,99%, *S. polyspora* 0,96%, *L. seditiosum* 0,90%.

Wśród taksonów zasiedlających igły, w tym te, które powodują choroby aparatu asymilacyjnego drzew iglastych, dwa lata po wykonaniu zabiegów ochronnych (termin III), zidentyfikowano: *A. pinea* (0-0,26%), *C. luteus* (0-0,01%), *C. acuum* (0-2,35%),

C. ferruginosum (0-0,05%), *C. minus* (0,01-12,34%), *C. pinastri* (0-0,05%), *D. acicola* (0-0,88%), *Diplodia* sp. (0-3,66%), *L. conigenum* (0-4,40%), *L. pinastri* (0,09-20,29%), *L. seditiosum* (0,28-48,88%), *Neocatenulostroma* sp. (0-0,04%), *N. abietis* (0-0,01%), *P. cordae* (0-0,94%), *P. pini* (0-0,02%), *S. polyspora* (0,34-38,01%) (ryc. 12).



Ryc. 12. Frekwencja [%] taksonów grzybów zasiedlających igły, w tym tych, które powodują infekcje aparatu asymilacyjnego drzew w terminie III (dwa lata po wykonaniu zabiegów)

Grzyby zasiedlające igły, a w tym te, które powodują choroby igieł, najliczniej występowały w igłach martwych z wariantu, gdzie wykonano bronowanie (BMIII). W próbach pochodzących z tego wariantu dominował *L. seditiosum* (24%) i *L. pinastri* (ponad 20%). Najwyższą frekwencję we wszystkich badanych próbach osiągnął *L. seditiosum*. Występował on najliczniej w zbiorowisku grzybów martwych z poletek, na których wykonano oprysk fungicydem (OMIII, 48,88%). W zbiorowisku igieł martwych z powierzchni, na których nie wykonywano zabiegów ochronnych (KMIII) dominował

L. seditiosum (41,06%). *S. polyspora* najliczniej występowała w zbiorowisku igieł zielonych z tego samego wariantu doświadczenia (KZIII, 29,65%). W igłach martwych z wariantu, gdzie ręcznie przerywano nalot sosnowy (RMIII) zidentyfikowano *C. minus* (ponad 12%), natomiast w igłach żywych stwierdzono ponad 12% udział *S. polyspora*. Zbiorowisko igieł zielonych pochodzących z nalotów, gdzie zastosowano bronowanie (BZIII) charakteryzowało się wysokim udziałem *S. polyspora* (2,00%) oraz *L. seditiosum* (1,78%). W zbiorowisku igieł martwych, z poletek, gdzie wykonywano bronowanie wraz z ręcznym przerywaniem nalotu (B+RMIII) znaczny udział miał *L. seditiosum* (34,94%), natomiast w przypadku igieł zielonych (B+RZIII) frekwencja grzybów osutkowych nie przekraczała 1%. W igłach zielonych, z wariantu, gdzie wykonano oprysk (OZIII) ponad 38% frekwencją wyróżniała się *S. polyspora*. Igliwie martwe z kontroli zewnętrznej (KzMIII) charakteryzowało się wysokim udziałem gatunków *S. polyspora* (19,83%) oraz *L. pinastri* (15,32%), podczas gdy w igłach zielonych w tym wariancie (KzZIII) frekwencja tych grzybów przekraczała 1%.

Najwyższą wartością indeksu Margalefa (DMg) wyróżniało się zbiorowisko igieł zielonych, z wariantu, gdzie ręcznie przerywano nalot (RZIII, 28,08), natomiast najmniejszą igieł martwych z poletek, gdzie nie wykonywano żadnych zabiegów ochronnych (KMIII, 17,01). Najwyższe wartości wskaźnika różnorodności Shannon'a (H') uzyskano dla igieł martwych z nalotu, króry był przerywany (RMIII, 3,55), a najniższe dla igieł zielonych z kontroli zewnętrznej (KzZIII, 0,53). Wskaźnik równości Shannona (E) najwyższe wartości wskazywał dla zbiorowisk grzybów igieł martwych z poletek z ręcznym przerywaniem nalotów (RMIII, 0,64), a najniższe dla igieł zielonych z kontroli zewnętrznej (KzZIII, 0,10). Wartość wskaźnika Simpsona (D) wskazuje, że najmniejszą różnorodnością charakteryzowały się zbiorowiska grzybów w próbie igieł zielonych z kontroli zewnętrznej (KzZIII, 0,85). Wskaźnik dominacji Bergera-Parkera (d) przyjął najwyższe wartości dla zbiorowiska grzybów w próbie igieł zielonych z kontroli zewnętrznej (KzZIII, 0,92), natomiast najniższe dla igieł martwych, z poletek, gdzie ręcznie przerywano nalot (RMIII, 0,12).

5. Wnioski

1. Z punktu widzenia hodowlanego i prowadzenia profilaktyki chorób drzew leśnych (połączenie zabiegów hodowlanych wraz z zabiegami ochronnymi), zaleca się stosowanie bronowania broną Nizińskiego jako zabiegu poprawiającego wzrost i rozwój samosiewów, ograniczającego konkurencję ze strony chwastów i zwiększający przeżywalność i dymensję nalotów sosnowych.
2. Zastosowanie bronowania może stać się substytutem chemicznej ochrony sosen przed wiosenną osutką sosny. Zaleca się ponadto podjęcie badań nad innymi,

niechemicznymi metodami ochrony nalotów sosnowych przed tą chorobą w ramach integrowanej ochrony roślin.

3. Mając na uwadze słabnący wpływ ochronny zastosowanych metod, należy podjąć się kolejnych badań, uwzględniających częstotliwość oraz termin i technikę powtarzalności wykonania wybranych metod ochrony przed wiosenną osutką sosny ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystania bronowania.
4. Z uwagi na znaczenie dla praktyki leśnej, ocena skuteczności wybranych metod ochrony przed wiosenną osutką sosny w nalotach sosny zwyczajnej powinna być podejmowana w kolejnych badaniach i w dłuższej perspektywie czasu. Z racji dużego znaczenia gospodarczego sosny zwyczajnej należy dokonać analizy ekonomicznej opłacalności wybranych metod ochronnych nalotów sosnowych.

Literatura

BEHNKE-BOROWCZYK J., KWAŚNA H., KULAWINEK B.J. (2019): Fungi associated with *Cyclaneusma* Needles cast in Scots pine in the West of Poland. For. Pathol. 49(2): e12487.

BEHNKE-BOROWCZYK J., KWAŚNA H., KARTAWIK N., SIJKA B., BEŁKA M., ŁAKOMY P. (2021): Effect of management on fungal communities in dead wood of Scots pine. For. Ecol. Man. 479.

CAPORASO J.G., KUCZYNSKI J., STOMBAUGH J., I IN. (2010): QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. Nat. Methods. 7(5): 335-336.

CHOLAJDA K., MATYSIAK K., KIERZEK R., KRZYMIŃSKA J. (2021): Biologiczne zwalczanie chwastów – perspektywy i ograniczenia. Prog. Plant Prot. 61(2): 103-112.

DŁUGOSIEWICZ J., ZAJĄC ST., WYSOCKA-FIJOREK E. (2019): Ocena naturalnego i sztucznego odnowienia drzewostanów sosnowych *Pinus sylvestris* L. w Nadleśnictwie Nowa Dęba. Leś. Pr. Bad. 80(2): 105-116.

GLASS E.H. (1975): Integrated pest management: rationale, potential, needs and improvement. Entomol. Soc. Am. Spec. Publ. 75(2): 141.

GŁOWACKA B. (2014): Stosowanie integrowanej ochrony roślin w leśnictwie. Las Pol. 4: 14-15.

GRZYWACZ A. (1993): Ważniejsze choroby infekcyjne. W: Białobok S. i in. Biologia sosny zwyczajnej. Wyd. Sorus. Poznań-Kórnik: 345-346.

KALISZEWSKI A., TALARCZYK A., JABŁOŃSKI M., MICHORCZYK A., KARASZKIEWICZ WŁ. (2021): Polityczne i prawne ramy opracowania oraz przyjęcia kryteriów i wskaźników trwale zrównoważonej gospodarki leśnej w Polsce. Sylwan 165(3): 233-244.

MAGURRAN A.E. (1988): Ecological diversity and its measurement Princeton. Princeton University Press, NJ.

MAŁECKA M., SZMIDLA H. (2017): Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2017 roku. IBL, Analizy i Raporty 19: 131-154.

Opracowanie zbiorowe (2012): Instrukcja Ochrony Lasu. Tom I. CILP Warszawa: s. 68.

Opracowanie zbiorowe (2012): Zasady hodowli lasu. CILP Warszawa: 16-17, 39, 72, 68.

Opracowanie zbiorowe (2016): Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Skwierzyna na lata 2016-2025. Krameko Kraków: 11-12, 35-41.

Opracowanie zbiorowe (2021): Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych w Polsce w 2021 roku. IBL Sękocin Stary: 8-11, 68-70, 140-143.

SIEROTA Z., SZCZEPKOWSKI A. (2014): Rozpoznawanie chorób infekcyjnych drzew leśnych. CILP Warszawa: 53-56.

SIEROTA Z., MAŁECKA M., DAMSZEL M. (2020): Porównanie metod oceny zdrowotności upraw sosnowych w odnowieniach. Leś. Pr. Bad. 81(2): 51-64.

STOCKA T. (2000): Chemiczna ochrona przed osutką sosny w odnowieniach naturalnych. W: Chemiczna metoda ochrony roślin drzewiastych przed chorobami – pozytywne aspekty i zagrożenia, red. Mańka M., Siwecki R., Bielenin A. Materiały z konferencji 5-7.07.2000 Rogów-Skierniewice: 77-80.

STOCKA T. (2010a): Najważniejsze choroby w szkółkach, uprawach i młodnikach. Post. Tech. w Leś. 109: 28-30.

STOCKA T. (2010b): Choroby grzybowe występujące w uprawach leśnych na gatunkach iglastych. Biblioteczka Leśniczego 305: 3-5.

STOCKI J. (2010): Najważniejsze choroby grzybowe w lasach Polski. Post. Tech. w Leś. 109: 7-16.

SUŁKOWSKA M.K., NOWAKOWSKA J.A., OSZAKO T. (2014): Możliwości poprawy integrowanej ochrony roślin przed szkodnikami. Leś. Pr. Bad. 75(4): 429-430.

https://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/publikacje/informacje-statystyczne-i-raporty/raport-o-stanie-lasow/raport-o-stanie-lasow.pdf/view [data dostępu: 20.07.2021 r.]

https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-resortowe/zalecenia-w-zakresie-uznawania-ewidencjonowania-i-oceny-odnowien-34692105 [data dostępu: 23.07.2021 r.]