UNIWERSYTET PRZYRODNICZY
W POZNANIU
WYDZIAŁ LEŚNY

KWIRYN NAPARTY

Czynniki wpływające na efekty podkrzesywania buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L.

How variations in artificial pruning affect quality of European beech *Fagus sylvatica* L.

Autoreferat pracy doktorskiej wykonanej pod kierunkiem

prof. UPP dra hab. Piotra Mederskiego

w Katedrze Użytkowania Lasu

Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

Poznań 2020

1. Wstęp i hipoteza robocza

Wykonując zabieg podkrzesywania możemy uzyskać duży wzrost wartości surowca drzewnego, co zadecydowało o podjęciu przez wielu autorów badań nad tym zagadnieniem. Z punktu widzenia ekonomii, podkrzesywanie jest najbardziej efektywnym zabiegiem spośród wszelkiego rodzaju prac, które mają na celu wyprodukowanie surowca drzewnego o najlepszej jakości. Przyrost cen drewna z drzew podkrzesywanych obserwowano np. w Niemczech i w porównaniu z surowcem pochodzącym z drzewostanów oczyszczonych naturalnie o identycznych parametrach miąższościowych w poszczególnych latach kształtował się od 282% w 1974 roku do 1200% w 1992 roku.

Następstwem podkrzesywania drzew jest znaczące skracanie długości sęków zalegających w drewnie i uzyskiwanie szerokiej strefy drewna bezsęcznego.

Praktyce leśnej trudno zaproponować efektywniejszy sposób poprawy jakości surowca drzewnego niż zabieg podkrzesywania drzew. Inne zabiegi podnoszące jakość surowca drzewnego takie jak: zabiegi pielęgnacyjne – czyszczenia i trzebieże, selekcja drzew leśnych, klonowanie, sztuczna mutacja i generatywne rozmnażanie wyselekcjonowanego materiału genetycznego nie są w stanie przyczynić się do wyprodukowania drewna o właściwościach podobnych do surowca pochodzącego z drzew podkrzesywanych. Niezwykle ważny jest utylitarny aspekt badań efektów podkrzesywania. Zabieg ten wpisuje się w intensyfikację gospodarki leśnej, która ostatecznie pozwala na samofinansowanie Lasów Państwowych. W Polsce w ostatnich latach obserwuje się duże zapotrzebowanie na drewno o wysokiej jakości i osiąganie wysokich cen sprzedaży na aukcjach i submisjach w kilku Regionalnych Dyrekcjach Lasów Państwowych. Ceny np. drewna dębowego niejednokrotnie przekraczają 5 000 zł/m³, np. podczas Aukcji drewna dębowego w Krotoszynie w roku 2019. Obok producentów oklein, istnieje również duża grupa producentów sklejek, mebli, beczek, stolarki budowlanej czy podłóg, dla których poszukiwanym surowcem używanym do produkcji swoich wyrobów jest drewno bezsęczne. W krajowej literaturze jest niewiele badań eksperymentalnych nad gatunkami liściastymi, za wyjątkiem topoli. W przypadku buka (gatunek uważany za wyjątkowo wrażliwy) nie ma pewności co do celowości podkrzesywania z punktu widzenia stanu zdrowotnego tego gatunku po zabiegu podkrzesywania. W polskich badaniach stosunkowo mało miejsca zajmują zagadnienia analizujące wpływ jednocześnie wielu czynników na efekty podkrzesywania. Stąd uznano za celowe podjęcie badań, które pogłębiłyby stan wiedzy na ten temat. Mimo iż obecnie szereg wyników badań nad podkrzesywaniem jest już dostępnych, są jeszcze pytania na które nie ma odpowiedzi, szczególnie w odniesieniu do podkrzesywania buka, np.: czy warto zabezpieczać rany powstałe po podkrzesaniu gałęzi? Czy jest jakaś szczególna pora roku do wykonania zabiegu podkrzesywania? Czy pozostawianie tylców jest uzasadnione? Mając na uwadze powyższe rozważania zaplanowano badanie efektów podkrzesywania buka z uwzględnieniem wielu czynników analizowanych jednocześnie.

2. Cel i zakres pracy

Celem rozprawy doktorskiej było szczegółowe zbadanie wpływu pory roku i zabezpieczenia ran (sęków) na efekty podkrzesywania buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) z żywych gałęzi. Badanie efektów podkrzesywania określono na podstawie obserwacji dynamiki zarastania ran z uwzględnieniem:

1) wielkości sęków;
2) grubości drzew podkrzesanych;
3) wysokości położenia sęka na pniu;
4) możliwości pojawienia się infekcji;
5) odcięcia gałęzi równo z pobocznicą pnia lub pozostawieniem tylca.

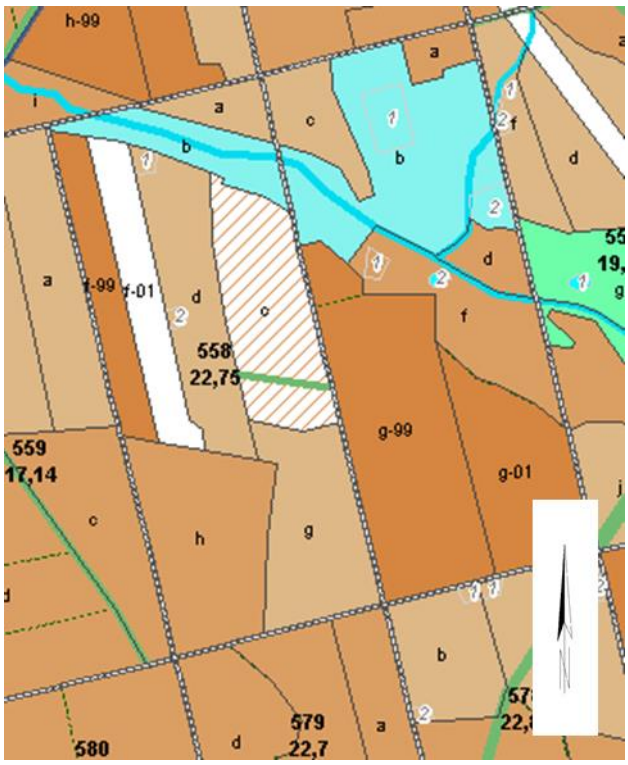
Zakres prac obejmował wykonanie podkrzesywania buków podrostowych w drzewostanie sosnowym na terenie Nadleśnictwa Oborniki. Do podkrzesywania wybrano buki rosnące na trzech fragmentach wydzielenia. W każdym fragmencie wydzielania wykonano podkrzesanie w innym terminie: wiosną (W) przed rozwojem liści, latem (L) w czasie pełnego ulistnienia, oraz zimą (Z) w styczniu podczas występowania mrozu.

Po podkrzesaniu, w każdym roku dokonywano pomiaru okluzji w celu określenia stopnia zarastania sęków. Dokonano również wyboru 30 drzew, które ścięto w celu oceny fitopatologicznej wyciętych z nich fragmentów drewna z zarastającymi sękami.

3. Materiał i metody

3.1. Materiał

Materiał do badań stanowiły 24 letnie drzewa buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) Do badań wybrano powierzchnię doświadczalną (ryc. 1.) zlokalizowaną w oddz. 558 c na terenie leśnictwa Marylówka w Nadleśnictwie Oborniki.



Ryc.1. Lokalizacja powierzchni badawczej, północny fragment pododdziału 558 c.

Buk przeznaczony do badań stanowił drugie piętro w drzewostanie, w którym pierwsze piętro stanowiła sosna. Według operatu planu urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Oborniki na lata 1992–2001, opis drzewostanu według stanu na dzień 01.01.1992 był następujący:

1) drzewostan: So, wiek 84 lata, zadrzewienie 0,9, bonitacja I,5;
2) podrost: Bk, wiek 20 lat, zadrzewienie 0,9, bonitacja II;
3) siedlisko las mieszany świeży (LMśw), powierzchnia 3,47 ha.

W momencie rozpoczęcia pierwszych badań nad podkrzesywaniem w 1996 roku, podrost bukowy był w wieku 24 lat. W ramach planowanej rębni IIa nastąpiła przebudowa drzewostanu, w którym według stanu na dzień 01.01.2012 roku (plan urządzenia lasu dla Nadleśnictwa Oborniki na lata 2012 -2021), podrzędny drzewostan bukowy stał się I piętrem o udziale 9, a drzewostan sosnowy o udziale 1.

3.2. Metody

Drzewa do doświadczeń wyznaczono na trzech działkach wydzielonych ze względu na prowadzenie podkrzesywania w trzech różnych terminach w zależności od pory roku. Drzewa podzielono na trzy grupy starając się je dobrać tak, aby dla każdego terminu pierśnice były podobne. Porównanie pierśnic dokonano testem Kruskala-Wallisa, który wykazał brak różnic istotnych statystycznie pomiędzy wielkościami pierśnic (tab. 1).

Tabela 1. Wyniki testu Kruskala-Wallisa: porównanie wielkości średniej pierśnicy pomiędzy grupami: W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe

Wartość dla porównań wielokrotnych (dwustronnych); d_1,3 Zmienna niezależna (grupująca): sezon Test Kruskala-Wallisa: H (2, N=98) = 1,7584, p=,4151			
Zależna: d_1,3	W R:45,085	L R:51,833	Z R:53,611
W		0,9698	0,6791
L	0,9698		1,0000
Z	0,6791	1,0000	

W pierwszym etapie, badaniom poddano drzewa podkrzesywane wiosną (W), w kwietniu 1996 roku, w okresie przed rozwojem liści. W drugim terminie wykonano zabieg latem (L), w lipcu 1996 roku, w okresie pełnej wegetacji drzew. Trzecim okresem był termin zimowy (Z), w styczniu 1997 roku, w którym drzewa były w stanie spoczynku oraz panowały ujemne temperatury powietrza.

Po wykonaniu podkrzesania i pomiarze wstępnym parametrów sęków przeprowadzono test statystyczny Kruskala-Wallisa wielkości sęków (średnica pozioma) po odciętych gałęziach, w celu upewnienia się, iż nie istnieją różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami sęków podkrzesywanymi w poszczególnych sezonach. Wykazano brak różnic istotnych statystycznie (tab. 2).

Tabela 2. Wyniki testu Kruskala-Wallisa: porównanie wielkości średniej średnicy poziomej sęków pomiędzy grupami: W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe

Wartość dla porównań wielokrotnych (dwustronnych); średnica pozioma sęka Zmienna niezależna (grupująca): sezon Test Kruskala-Wallisa: H (2, N=253) = ,9571, p=,6197			
Zależna: średnica pozioma sęka	W R:132,90	L R:123,40	Z R:123,73
W		1,0000	1,0000
L	1,0000		1,0000
Z	1,0000	1,0000	

Do analiz sęki podzielono na trzy grupy: małe (M) o średnicy do 2,0 cm, średnie (S) o średnicy od 2,1 cm do 4,0 cm, oraz duże (D) o średnicy 4,1 cm i więcej.

Podkrzesywanie wykonywano narzędziem ręcznym, użyto piłę BUSHMEN na wysięgniku rurowym SANDVIK długości 2 m. Zabieg podkrzesywania prowadzono do wysokości ok. 2,5 m ze względów praktycznych: w celu wykonania precyzyjnego cięcia oraz dokładnego pomiaru powstałych sęków, jak i dokonywania kolejnych pomiarów przez pięć lat zarastania. Pomiary sęków wykonywano suwmiarką mierząc średnicę poziomą oraz pionową z dokładnością do 1 mm. Zarastanie sęków mierzono szczękami do pomiaru wymiarów wewnętrznych.

W poszczególnych etapach łącznie podkrzesano 97 drzew, w tym:

1) 41 drzew wiosną (W), przed rozwojem liści (I okres);

2) 30 drzew latem (L), w czasie pełnego ulistnienia (II okres);

3) 26 drzew zimą (Z), w czasie spoczynku i ujemnych temperatur (III okres).

Dla każdego okresu podkrzesywania dokonano pomiaru początkowego wymiarów sęków, które zostały podzielone ze względu na wielkość średnic (tab. 3).

Tabela 3. Liczba powstałych sęków według okresów podkrzesywania w przedziałach średnic (średnia ze średnic poziomej i pionowej)

Termin podkrze-sywania	Liczba wybranych drzew	Liczba sęków	Sęki (M)	Sęki (S)	Sęki (D)
W	41	93	23	50	20
L	30	78	26	30	22
Z	26	82	23	37	22
razem	97	253	72	117	64

Na wszystkich podkrzesanych drzewach oznakowano sęki numerem kolejnym trwałą farbą (ryc. 2, 3) w celu dokładnej identyfikacji w kolejnych latach wykonywania pomiarów.

Ryc. 2. Widoczne ślady oznakowania sęków farbą po pierwszym roku od podkrzesania.

Ryc. 3. Zarośnięty sęk oraz jego oznakowanie farbą po dwudziestu latach od podkrzesania.

Dla celów porównawczych z każdego przedziału średnic zostało zabezpieczonych po minimum 10 sęków preparatem ochronnym Lac Balsam, razem 99 sęków (tab. 4).

Tabela 4. Liczba sęków ze wskazaniem sęków zabezpieczanych preparatem ochronnym Lac Balsam

Termin podkrze-sywania	Liczba wybranych drzew	Liczba sęków	W tym zabezpie-czonych	Sęki (M)	W tym zabezpie-czonych	Sęki (S)	W tym zabezpie-czonych	Sęki (D)	W tym zabezpie-czonych
W	41	93	31	23	10	50	10	20	11
L	30	78	30	26	10	30	10	22	10
Z	26	82	38	23	14	37	13	22	11
r-m	97	253	99	72	34	117	33	64	32

W okresie wegetacji (L) wykonano podkrzesywanie 30 drzew z pozostawieniem 62 tylców o długości ok. 10 cm.

Przed zabiegiem podkrzesywania wykonano pomiar:

- pierśnic podkrzesanych drzew na wysokości 1,30 m, dwukrotnie, drugi pomiar pod kątem prostym do pierwszego, pierwszy kierunek za każdym razem pod innym kątem do kierunku północnego, z dokładnością do 1 cm,

Po wykonaniu zabiegu podkrzesywania we wszystkich trzech okresach wykonano pomiary:

– wysokości położenia sęków na strzale z dokładnością do 1 cm,
– średnic powstałych sęków, 2 pomiary: poziomy i pionowy z dokładnością do 1 mm.

Po każdym sezonie wegetacyjnym od momentu podkrzesania dokonywano pomiarów wszystkich sęków w mm (2 pomiary: poziomy i pionowy) w celu określenia stopnia zarastania ran.

W trakcie zbioru danych z każdego etapu badań, oprócz wykonywania pomiarów zapisywano również informacje dotyczące innych zjawisk związanych z rekcjami drzew na podkrzesywanie.

Po pięciu sezonach wegetacyjnych dokonano ostatecznego pomiaru średnic wszystkich sęków (widocznych powierzchni sęków po zarośnięciu) i dokonano wyboru 30 drzew przeznaczonych do ścinki. Drzewa uszeregowano według średniej pierśnicy (z pomiaru na krzyż) od najmniejszej do największej, następnie z każdej grupy tych samych pierśnic wybrano proporcjonalną liczbę drzew o łącznej sumie 30 sztuk. Drzewa do ścinki w poszczególnych pierśnicach wybrano o największej liczbie sęków. Z liczby 30 proporcjonalnie wybranych drzew w odniesieniu do poszczególnych pierśnic, wybrano 9 drzew z I okresu (wiosna - W), 10 drzew z II okresu (lato - L) oraz 11 z III okresu podkrzesywania (zima - Z). Na drzewach z podkrzesywania wiosennego było zabezpieczonych preparatem Lac Balsam 12 sęków, z letniego 14 sęków oraz z zimowego 24 sęki.

Ze ściętych drzew wycięto krążki drewna o wysokości około 10 cm z sękami w ilości 121 sztuk. Wycięte fragmenty przekazano do Katedry Fitopatologii Leśnej na Wydziale Leśnym UP w Poznaniu w celu przeprowadzenia analizy fitopatologicznej określającej występowanie infekcji w drewnie (lub jej brak). Dodatkowo ścięto 4 drzewa z pozostawionymi tylcami, z których wycięto 20 krążków. Do badań fitopatologicznych przygotowano również partie drewna z sękami powstałymi podczas naturalnego oczyszczania się drzew w liczbie 23 krążków wyciętych z 30 wybranych wcześniej drzew.

Analiza statystyczna

Regresja liniowa

W celu przedstawienia relacji między średnim procentem stopnia zarośnięcia sęka w poziomie w kolejnych latach po przeprowadzeniu podkrzesywania z uwzględnieniem trzech terminów wykonania zabiegu (oraz innych czynników doświadczalnych takich jak: zastosowanie lub nie zabiegu zabezpieczania sęków, wysokość położenia sęka, pierśnica drzewa) wyznaczono odpowiednie równania regresji liniowej. Jako zmienną objaśniającą przyjęto kolejne lata po przeprowadzeniu zabiegu podkrzesywania. Wykresy umieszczono na tle punktowego diagramu korelacyjnego.

W celu stwierdzenia jakości dopasowania modelu dla każdego z równań regresji wyznaczono współczynnik determinacji R^2.

ANOVA

W celu zbadania wpływu terminu podkrzesywania (oraz zastosowania lub nie zabiegu zabezpieczania sęka, wysokości położenia sęka, pierśnicy drzewa) na stopień zarośnięcia sęka w kolejnych latach, przeprowadzono jednoczynnikową (lub dwuczynnikową) analizę wariancji poprzedzoną testem Bartletta. W przypadku stwierdzenia różnic istotnych dla badanego czynnika doświadczalnego wykonano wielokrotny test post-hoc Tukey'a (multiple Tukey's post hoc test).

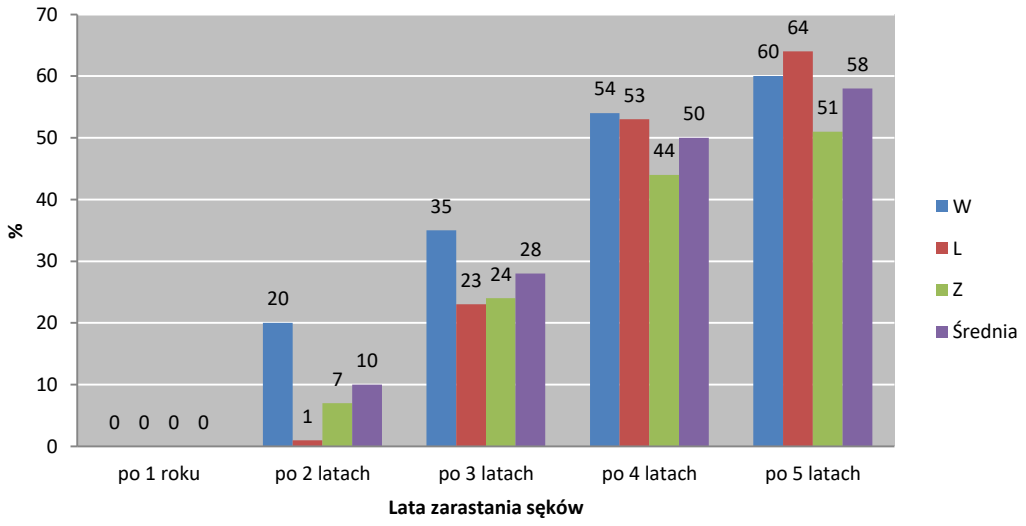
W przypadku gdy warunki konieczne do przeprowadzenia ANOVY nie były spełnione zastosowano podejście wykorzystujące tzw. wyrównaną transformację rang (ang. „aligned rank transform") dostępne w pakiecie ARTool dla oprogramowania R. W podejściu tym wyróżniono się dwa etapy analizy: w pierwszym dla każdego efektu głównego oraz dla interakcji dane były wyrównywane (aligned), a następnie dla danych wyrównanych dokonany został proces rangowania. W kolejnym etapie zastosowano analizę wariancji na danych tak przekształconych. Następnie, w przypadku odrzucenia hipotezy zerowej, przeprowadzono wnioskowanie post hoc przy pomocy testu Tukey'a dla odpowiednich kontrastów. Wnioskowanie prowadzono na poziomie istotności $\alpha=0.05$.

4. Wyniki

4.1. Zarastanie sęków w zależności od terminu podkrzesywania

Analizując zarastanie sęków buka w zależności od pory wykonania zabiegu podkrzesywania z żywych gałęzi ustalono, iż najwięcej sęków zarosło całkowicie z podkrzesywania letniego (L, II okres). Wyniki wskazują na niewielki wpływ pory przeprowadzenia zabiegu podkrzesywania na szybkość zarastania sęków. Nieznacznie szybsze zarastanie sęków w okresie pełnego ulistnienia (lato) oraz podobne wyniki uzyskane po podkrzesywaniu wiosennym (W, I okres), pozwalają na sformułowanie stwierdzenia, iż zarastanie ran powstałych przed rozwojem liści jak i w okresie pełnej wegetacji postępuje tylko nieco szybciej niż zarastanie ran powstałych w okresie zimowym (Z).

W zależności od okresu, w którym prowadzono podkrzesywanie, proces zarastania sęków w kolejnych latach po zabiegu wykazywał zróżnicowanie (ryc. 4). Choć najlepszy wynik uzyskano dla II okresu dopiero po piątym roku, to we wczesnej fazie najkorzystniejsze wyniki uzyskano z I okresu. Nie można jednoznacznie stwierdzić, iż najlepszą porą na wykonanie tego zabiegu jest okres II (L), pełnej wegetacji. Aby zmniejszyć prawdopodobieństwo infekcji rany, należy wybierać taki okres podkrzesywania, który gwarantuje najszybsze zarastanie rany.



Ryc. 4. Udział sęków całkowicie zrośniętych w badanych latach po podkrzesaniu.

4.2. Zarastanie sęków w zależności od ich wielkości

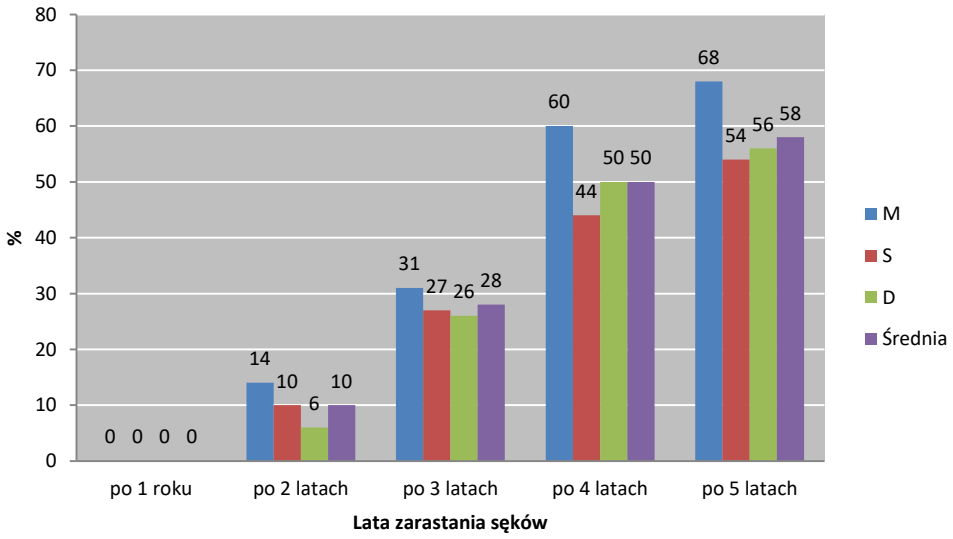
Badając dynamikę zarastania sęków, stwierdzono, iż po pięciu latach zarosło całkowicie 58% wszystkich sęków. Poszczególne sęki miały różny stopień zarośnięcia, od zerowego poprzez częściowe aż do całkowitego. W odniesieniu do wszystkich pomierzonych sęków stopień zarastania w poszczególnych przedziałach grubości sęków był zróżnicowany, wyniki dotyczą liczby sęków zarośniętych całkowicie po pięciu latach doświadczenia (powierzchnia sęka zarośnięta w 100%).

Analizując czas zarastania sęków w zależności od wielkości stwierdzono, iż całkowicie zarosło 68% sęków małych (M), czyli o średnicy do 2,0 cm. Sęki średnie (S) zarastały wolniej, podobnie jak duże (D), zarosło całkowicie odpowiednio 54 i 56%.

Taki rozkład zarastania sęków był wynikiem pięciu lat kształtowania się ran. Całkowite zarośnięcie 148 sęków z 253 świadczy o dość dużej dynamice zarastania.

W kolejnych latach od podkrzesania, przebieg całkowitego zarastania ran był bardzo zróżnicowany.

Zaobserwowano największą dynamikę zarastania sęków w przedziale grubości do 2 cm (M), co wydaje się być zgodne z oczekiwaniami, iż mała rana ze względu na małą powierzchnię powinna zarosnąć najszybciej. Choć jak zaobserwowano, były też przypadki, gdzie duże rany zarastały szybciej od małych. Ich tkanki kalusowe pobudzone uszkodzeniem w wyniku podkrzesania mogą bardzo szybko zalać całą ranę. Jednak tendencje ogólne wskazują na szybsze zarastanie małych ran, co należy traktować jako prawidłowość (ryc. 5). Po pierwszym roku nie stwierdzono żadnego sęka zarośniętego w 100%.



Ryc. 5. Dynamika zarastania sęków w ciągu pięciu lat obserwacji z podziałem na ich wielkość; M – sęki małe, S – sęki średnie, D – sęki duże.

Po drugim, trzecim, czwartym i piątym roku po zabiegu dynamika całkowitego zarastania sęków małych (M, do 2 cm) była znacząco większa w stosunku do sęków o większych średnicach (S, D).

Zarastanie sęków według średnicy poziomej

Analiza zarastania średnicy poziomej powstałych po podkrzesywaniu sęków bukowych wskazuje na dużą dynamikę zarastania w okresie doświadczenia. Po pięciu latach stwierdzono aż 81 % zarośnięcia sumy wszystkich średnic poziomych.

Mimo intensywnego zarastania sęków na przekroju poziomym (średnicy poziomej) na koniec doświadczenia, to w poszczególnych latach zarastanie kształtowało się zróżnicowanie. Największy przyrost zarośnięcia średnicy poziomej (22%) stwierdzono po pierwszym sezonie, a następnie zaobserwowano spadek zarastania w kolejnych latach.

Zarastanie sęków według średnicy pionowej

Suma średnic pionowych podkrzesywanych drzew z gałęzi po pięciu latach zarosła w 64% i zarastała nieco wolniej niż średnica pozioma. Największy przyrost roczny średnicy pionowej stwierdzono po czwartym sezonie: 16%.

Zarastanie sęków według średnic poziomej i pionowej - porównanie

Z porównania z uzyskanych pomiarów zarastania sęków według średnicy poziomej i pionowej wynika, iż szybciej przebiega zarastanie na szerokość tj. według średnicy poziomej. Najwyższą wartość rocznego przyrostu osiąga średnica pozioma po pierwszym roku. Średnica pozioma intensywnością rocznego zarastania przewyższa średnicę pionową do czwartym roku.

Zarastanie sęków według średnic poziomej i pionowej – dynamika zarastania (%) w latach analizy

Na podstawie pomiarów średnic - poziomej i pionowej, sęków powstałych po podkrzesaniu buków w kolejnych latach po zabiegu, ustalono sumy średnie średnic zarośnięcia sęków, które wyrażono w % w stosunku do wartości początkowych w momencie wykonywania zabiegu podkrzesywania. Z uzyskanych danych stwierdzono, iż zarastanie sęków według średnicy średniej po 5 latach osiągnęło 72%, natomiast najszybszy przyrost uzyskano już po pierwszym roku po zabiegu.

4.3. Zarastanie sęków w zależności od terminu wykonania zabiegu z uwzględnieniem wielkości sęków

Analizując zarastanie ran u podkrzesywanych buków w aspekcie wielkości sęków jak i czasu wykonania tego zabiegu stwierdzono, iż najszybciej nastąpiło całkowite zarośnięcie sęków powstałych w wyniku podkrzesywania w okresie pełnej wegetacji (L) i gałęzi o najmniejszej średnicy (M, tab. 5).

Tabela 5. Ocena zarastania sęków w zależności od wielkości sęków oraz od okresu wykonania zabiegu (% sęków zarośniętych całkowicie)

Pora roku	Sęki zarośnięte według średnic			Razem
	do 2,0 cm (M)	2,1-4,0 cm (S)	4,1 cm i powyżej (D)	
Wiosna	65	60	55	60
Lato	77	60	55	64
Zima	61	40	59	51
Ogółem	68	54	56	58

4.4. Zarastanie sęków zabezpieczanych preparatem ochronnym Lac Balsam

4.4.1. Zarastanie sęków zabezpieczanych z uwzględnieniem wielkości sęków

Na podstawie pomiarów sęków zabezpieczanych preparatem Lac Balsam stwierdzono, iż po pięciu latach doświadczenia w pełni zarosło najwięcej małych (M) sęków, w przedziale średnic do 2,0 cm (tab. 6).

Tabela 6. Zarastanie sęków zabezpieczanych Lac Balsamem

	Ogółem	Sęki całkowicie zarośnięte według średnic		
		do 2,0 cm (M)	2,1-4,0 cm (S)	4,1 cm i powyżej (D)
Zabezpieczane (szt.)	99	34	33	32
Zarośnięte (szt.)	64	26	18	20
%	65	76	55	63

Spośród wszystkich zabezpieczanych 99 sęków, po pięciu latach zarosło całkowicie 65%, przy czym sęków małych (M) zarosło aż 76%. Najmniejszą liczbę zarośniętych sęków odnotowano dla przedziału średnic 2,1 do 4,0 cm (S), tj. 55%.

Dla porównania przedstawiono wyniki zarastania sęków niezabezpieczanych, z których wynika, że największa liczba sęków zarosła w przedziale średnic do 2,0 cm (M; tab. 7). Jednak sęki we wszystkich przedziałach grubości zarosły tylko w 55% w stosunku do wszystkich sęków pozostałych po podkrzesaniu bez zabezpieczenia.

Tabela 7. Zarastanie sęków niezabezpieczanych

	Ogółem	Sęki całkowicie zarośnięte według średnic		
		do 2,0 cm (M)	2,1-4,0 cm (S)	4,1 cm i powyżej (D)
Niezabezpieczane	154	38	84	32
Zarośnięte	84	23	45	16
%	55	61	54	50

Sęki niezabezpieczane preparatem ochronnym, podobnie jak zabezpieczane, zarastały całkowicie najszybciej po pięciu latach w przedziale średnic do 2 cm (M; tab. 8).

Tabela 8. Porównanie zarastania sęków zabezpieczanych Lac Balsamem i niezabezpieczanych (% całkowicie zrośniętych sęków)

Sęki zarośnięte	Razem	Sęki całkowicie zarośnięte w przedziałach średnic		
		do 2,0 cm (M)	2,1-4,0 cm (S)	4,1 cm i powyżej (D)
Niezabezpieczane	55	61	54	50
Zabezpieczane	65	76	55	63
Ogółem	58	68	54	56

Z powyższych porównań wynika, iż najlepszy efekt zarastania występuje podczas podkrzesywania sęków do 2 cm, a skuteczność zarastania można poprawić przez stosowanie preparatu zabezpieczającego rany, choć nie stwierdzono zainfekowania drewna w obu przypadkach.

4.4.2 Zarastanie sęków zabezpieczanych preparatem ochronnym Lac Balsam w zależności od pory roku przeprowadzenia zabiegu podkrzesywania

W celu stwierdzenia różnicy pomiędzy zarastaniem sęków zabezpieczanych i niezabezpieczanych preparatem Lac Balsam w zależności od pory roku (tab. 9.) ustalono, iż w obu przypadkach najszybciej zarosły sęki pochodzące z II okresu podkrzesywania (L).

Tabela 9. Porównanie zarastania sęków zabezpieczanych i niezabezpieczanych w zależności od terminu podkrzesywania

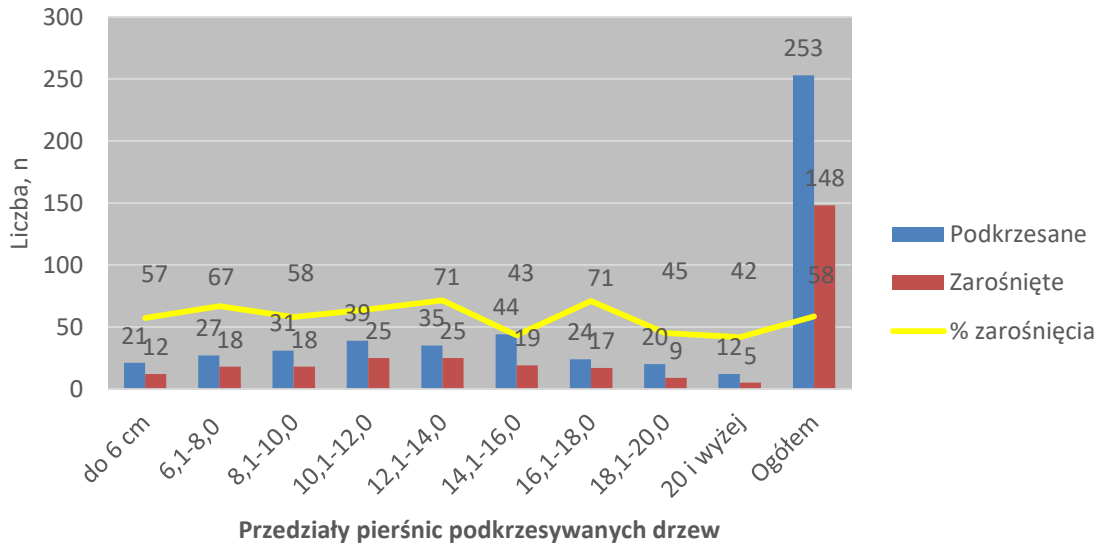
Sęki zarośnięte	Ogółem	Pora roku		
		I okres - W	II okres - L	III okres - Z
Zabezpieczane	65	65	67	63
Niezabezpieczane	55	58	63	41
Ogółem	58	60	64	51

Z uzyskanej analizy potwierdzono, iż bez względu na zastosowanie zabezpieczenia lub jego nie stosowanie, najlepsze wyniki uzyskano dla drugiego okresu podkrzesywania, przy czym zaobserwowano nieznacznie lepsze wyniki dla sęków zabezpieczanych.

4.5. Zarastanie sęków w zależności od pierśnicy podkrzesywanych drzew

Pierśnice podkrzesywanych drzew podzielono na 9 przedziałów grubości z odstopniowaniem co 2 cm. Zgodnie z tym podziałem ustalono procentowe zarastanie sęków (zarośnięcie sęka na całej powierzchni – 100%), dla każdego przedziału pierśnic.

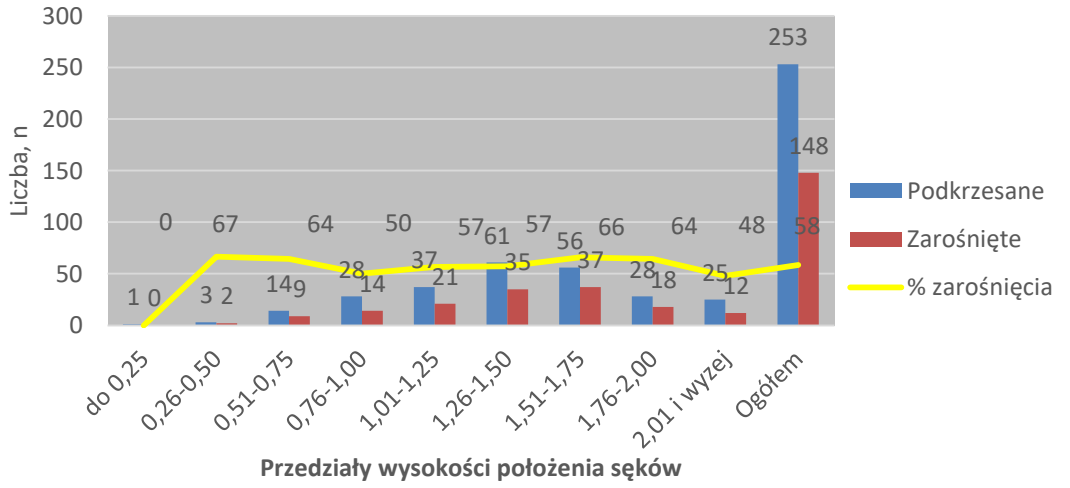
Po pięciu latach doświadczenia przebieg zarastania sęków w zależności od grubości drzewa nie był jednakowy (ryc. 6). Najlepsze wyniki pełnego zarośnięcia uzyskano dla pierśnic drzew od 6 do 14 cm. W przedziale od 14,1 do 18,0 cm nastąpił spadek i tylko 43% sęków zarosło całkowicie po pięciu latach. Dla drzew grubszych postępuje dalszy spadek efektywności zarastania, z wyjątkiem przedziału 16,1-18,0 cm gdzie zarosło w pełni 71% sęków.



Ryc. 6. Liczba (n) sęków całkowicie zarośniętych w zależności od grubości pierśnicy drzewa (cm).

4.6. Zarastanie sęków w zależności od wysokości położenia sęków

Wysokości rozmieszczenia sęków na strzale podzielono na 9 klas wysokości z odstopniowaniem co 25 cm. Wyniki zarastania dla każdej z klas wysokości były bardzo zróżnicowane.



Ryc. 7. Liczba (n) zarośniętych sęków w zależności od wysokości położenia sęka na pniu (m).

Uzyskany przebieg zarastania sęków w zależności od wysokości nie wskazuje na istotne zależności (ryc.7). Większość klas wysokości wskazuje na skuteczność zarastania w przedziale od 48 do 67%.

4.7. Tylce

Na podstawie obserwacji po pięciu latach doświadczenia podkrzesywanych drzew w okresie wegetacji (lipiec 1996), 30 drzew z pozostawieniem 62 tylców o długości ok. 10 cm, stwierdzono na 19 tylcach uaktywnienie pączków śpiących (ryc. 8) i wyrastanie z nich dodatkowych gałęzi.

Ryc. 8. Wyrastanie gałęzi z pączków śpiących na pozostawionym tylcu.

Po ocenie 20 sęków z ściętych 4 drzew, na których pozostawiono tylce, tylko na jednym krążku drewna stwierdzono widoczny początek procesu zgnilizny w drewnie sęka nr 72/2. W okresie badań żaden tylec samoczynnie nie odpadł. Aby przyspieszyć proces zarastania wymagane byłoby dodatkowe cięcie pozostawionych tylców, co wiązałby się z dodatkowymi kosztami.

4.8. Analiza fitopatologiczna

W celu stwierdzenia wpływu infekcji grzybów wywołujących zgniliznę drewna w wyniku podkrzesywania drzew z żywych gałęzi u buka, dokonano wyboru drzew przeznaczonych do ścięcia i następnie wycięcia z nich krążków z sękami po pięciu latach od podkrzesania.

Spośród 97 drzew wybrano 30 drzew, z których wycięto 121 krążków drewna z zarastającymi sękami. Próba zawierała różne warianty doświadczenia. Na każdym z plastrów drewna znajdował się tylko jeden sęk. Wycięte fragmenty drewna zostały opisane i wraz z wykazem przekazano je katedry Fitopatologii Leśnej ówczesnej Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego

w Poznaniu, gdzie została przeprowadzona analiza fitopatologiczna. Dodatkowo dostarczono 20 fragmentów drewna z 4 drzew z pozostawionymi tylcami, a także 23 próby z 5 drzew w ramach 30 ściętych drzew, u których powstały sęki na skutek naturalnego obumierania.

W wyniku analizy drewna sęków na obecność infekcji grzybów wywołujących zgniliznę drewna oraz identyfikacji grzybów pojawiających się na korze w okolicach blizn uzyskano następujące wyniki:

1. Stwierdzono tylko w pięciu przypadkach zgniliznę wewnątrz drewna, której przebieg dowodził, że doszło do infekcji poprzez rany. Sytuacja taka wystąpiła w próbach (numer drzewa/numer próby): 15/2, 15/3, 15/4, 109/5 i 117/3. Identyfikacja prób wskazuje na to, iż pierwsze trzy krążki pochodziły z tego samego drzewa (numer 15). Drzewo to po ścięciu cechowało się widocznymi na pniaku fragmentami zgnilizny wewnętrznej, przy czym nie stwierdzono aby jej pochodzenie miało związek z ranami powstałymi po podkrzesywaniu. W związku z powyższym próby 109/5 i 117/3 były tylko dwoma przypadkami sęków w całym doświadczeniu, gdzie stwierdzono infekcję drewna wewnątrz pnia przez rany. Sęki 15/2 oraz 117/3 były zabezpieczane preparatem Lacbalsam. Sęk 117/3 pochodził z drzewa podkrzesywanego w III okresie, posiadał średnicę 20 mm i zarósł po drugim roku od podkrzesywania. Sęk 109/5 pochodził również z III okresu tj. podkrzesywania w czasie mrozów. Sęk ten miał średnicę 27,5 mm i nie zarósł w analizowanym okresie. Na 121 sęków poddanej analizie fitopatologicznej, dwa były zainfekowane, co stanowi zaledwie 1,65%.
2. Na krążku 72/2 widoczny był początek procesu zgnilizny w drewnie sęka. Próba ta pochodziła z drzewa z pozostawionym tylcem.
3. We wskazanych przypadkach w drewnie obecny był grzyb powodujący zgniliznę białą jednolitą drewna drzew liściastych: *Chondostereum purpureum* (Pers. Ex Fr.) Pouzar.
4. Na korze, w pobliżu ran stwierdzono obecność 20 gatunków grzybów. Nie stwierdzono różnic w składzie gatunkowym grzybów na dostarczonych próbach doświadczenia.
5. Stwierdzono brak zasiedleń grzybów w drewnie sęków jak i w drewnie bezpośrednio przylegającym do sęka na próbach pochodzących z drzew o naturalnym procesie obumierania gałęzi. Jednocześnie zaobserwowano tylko 2 przypadki zasiedleń grzybów w drewnie pochodzącym z drzew podkrzesywanych z żywych gałęzi (III okres).

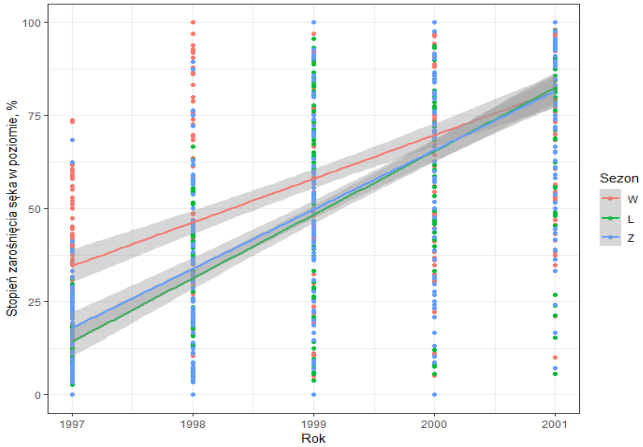
4.9. Statystyczna analiza wyników

Analiza statystyczna wykazała różnice dynamiki zarastania sęków podczas pierwszych trzech lat procesu. W okresie późniejszym, tj. od czwartego roku po podkrzesywaniu proces zarastania nie różnicował się, tzn. zarówno sezon jak i inne badane parametry nie wpływały na tempo zarastania.

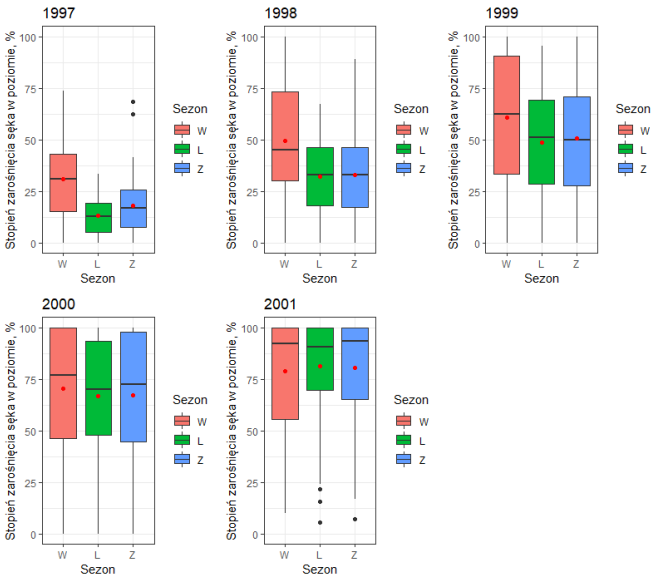
Sezon

Dokładna analiza statystyczna wykazała, iż w początkowej fazie zarastania sęków proces ten przebiegał najbardziej dynamicznie po podkrzesywaniu wiosennym. W pierwszym roku z podkrzesywania I terminu zarosło przeciętnie 31% średnicy poziomej sęków, a po podkrzesywaniu letnim i zimowym zarosło odpowiednio 13% i 18%. Różnice istotne statystycznie wystąpiły pomiędzy dynamiką zarastania po podkrzesywaniu wiosennym w porównaniu z zarastaniem po podkrzesywaniu letnim i zimowym. Podobna sytuacja miała miejsce w drugim roku po podkrzesywaniu. W czwartym i piątym roku po podkrzesywaniu nie wystąpiły różnice istotne statystycznie pod względem dynamiki zarastania sęków podkrzesanych w różnych sezonach.

Opisany proces dobrze ilustruje przebieg krzywych zarastania sęków. Krzywe te zbiegają się w czwartym roku po podkrzesywaniu (ryc. 9,10).



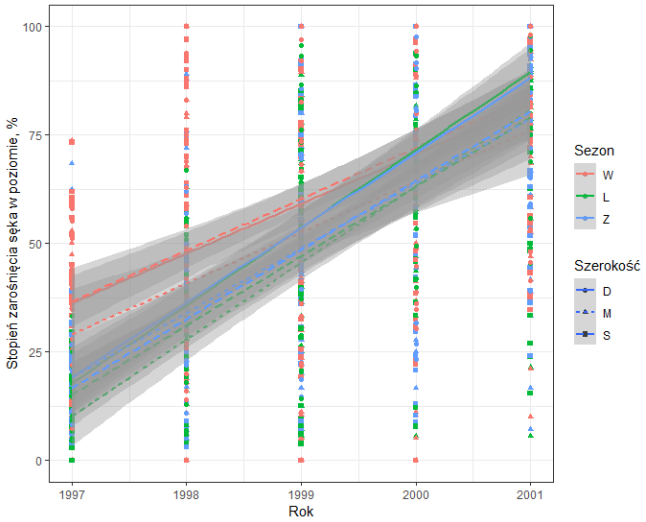
Ryc. 9. Krzywe dynamiki zarastania sęków z podziałem na sezony; W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe.



Ryc. 10. Graficzne przedstawienie statystyk pozycyjnych dynamiki zarastania sęków w zależności od sezonu, w latach 1997-2001 (średnia zaznaczona czerwoną kropką); W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe.

Szerokość sęka

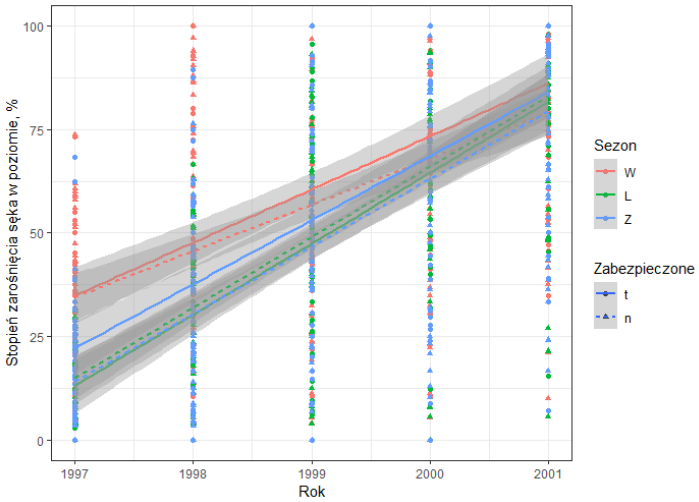
Dynamika zarastania sęków nie była zależna od wielkości sęka, innymi słowy sęki duże zarastały w podobnym czasie w porównaniu z sękami małymi, nie obserwowano różnic istotnych statystycznie. Jednakże, po podkrzesywaniu wiosennym sęki duże i średnie zarastały szybciej w porównaniu z małymi (ryc.11), po podkrzesywaniu letnim: im większe sęki tym zarastanie szybsze.



Ryc. 11. Krzywe dynamiki zarastania sęków z podziałem na wielkość sęka (średnica w poziomie): M – małe, S – średnie, D – duże; w sezonach: W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe;

Zabezpieczenie

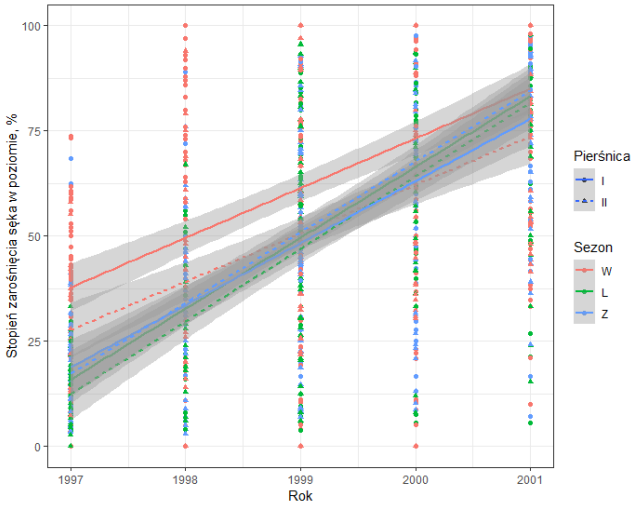
Mając na uwadze średnie wartości tempa zarastania, zabezpieczone miały tendencję do szybszego zarastania po podkrzesywaniu letnim i zimowym. Po podkrzesywaniu wiosennym nieco szybciej zarastały sęki niezabezpieczone (ryc. 12). Generalnie jednak nie obserwowano różnic statystycznie istotnych.



Ryc. 12. Krzywe dynamiki zarastania sęków z podziałem na zabezpieczenie (t – tak, n - nie) w sezonach: W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe.

Pierśnica

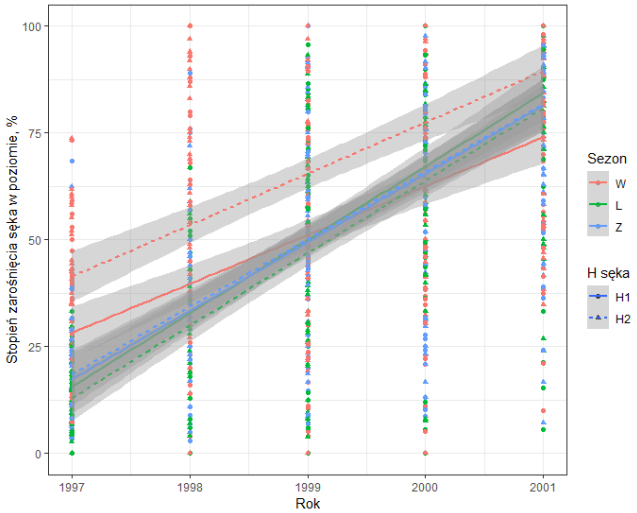
Szybsze tempo zarastania sęków na drzewach cieńszych obserwowano w pierwszych dwóch latach po podkrzesaniu, przy czym zasadniczo dotyczy to podkrzesywania wiosennego, po którym już w drugim roku różnice nie były istotne statystycznie. Ogólnie grubość drzew nie wpływa istotnie na proces zarastania sęków po podkrzesywaniu, choć pewną tendencję na korzyść drzew cieńszych po podkrzesywaniu wiosennym można obserwować (ryc. 13).



Ryc. 13. Krzywe dynamiki zarastania sęków z podziałem na pierśnice (I do 14,5 cm, II od 15 cm) i sezony podkrzesywania: W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe.

Wysokość położenia sęka

Pewne różnice obserwowano przez pierwsze trzy lata zarastania sęków, tj. sęki położone wyżej zarastały dynamiczniej. Po podkrzesywaniu letnim zarastanie było zwykle dynamiczniejsze na niższej wysokości (ryc. 14).



Ryc. 14. Krzywe dynamiki zarastania sęków z podziałem na wysokość położenia sęka (H1 do 147 cm, H2 od 148 cm) i sezony podkrzesywania: W – podkrzesywanie wiosenne, L – podkrzesywanie letnie, Z – podkrzesywanie zimowe.

5. Stwierdzenia i wnioski

Stwierdzenia

1. Po pięciu latach od podkrzesywania buków zarosło 58% wszystkich sęków będących przedmiotem doświadczenia.
2. Najlepsze efekty podkrzesywania buków po pięciu latach doświadczenia uzyskano z letniego okresu podkrzesywania – pełnego ulistnienia; zarosło wówczas w pełni 64% sęków, natomiast z podkrzesywania wiosennego – przed rozwojem liści, zarosło 60% sęków. Najmniej zarosło sęków pochodzących z okresu zimowego – zarosło wówczas całkowicie 51% sęków.
3. W kolejnych czterech pierwszych latach, najwięcej zarastało sęków pochodzących z podkrzesywania w okresie wiosennym – przed rozwojem liści. Po pięciu latach nie obserwowano różnic statystycznie istotnych.
4. Termin wiosenno-letni wydaje się najlepszym okresem podkrzesywania w celu uzyskania najszybszego efektu zarośnięcia ran.
5. Po pięciu latach najszybciej zarosły sęki małe o średnicy do 2,0 cm; całkowicie zarosło 68% sęków.
6. Badając dynamikę zarastania sęków w zależności od wielkości sęka i okresu podkrzesywania – nie stwierdzono istotnych różnic statycznych, sęki małe zarastały w podobnym czasie z dużymi.
7. Zarastanie ran najszybciej następuje w poziomie (suma szerokości lewej i prawej strony zarastającej tkanki). Pionowe zarastanie ran jest wolniejsze, przy czym znaczniejsze przyrosty obserwowano z góry rany w porównaniu z dolną częścią rany.
8. Stosowanie zabezpieczeń ran preparatem Lac Balsam nie wykazało mniejszego występowania infekcji w porównaniu z sękami bez zabezpieczeń.
9. Preparat zabezpieczający może przyspieszać zarastanie ran, gdyż sęki zabezpieczane zarosły szybciej: całkowicie zarosło 65% sęków w porównaniu z 55% sęków bez zabezpieczenia. Sęków małych czyli o średnicy do 2 cm i zabezpieczonych Lac Balsamem zarosło całkowicie 76%, a niezabezpieczonych zarosło 61%.
10. Zarastanie sęków u buków o mniejszych pierśnicach było szybsze niż u drzew o większych pierśnicach.
11. Analiza statystyczna nie wskazała istotnych różnic między szybkością zarastania sęków pochodzących z podkrzesywania buków o różnych pierśnicach. Choć zauważalne były tendencje do szybszego zarastania drzew cieńszych.
12. Nie zaobserwowano różnic w zarastaniu sęków w zależności od wysokości położenia sęków na strzale. Badania statystyczne nie wskazały różnic istotnych statystycznie w dynamice zarastania ran w zależności od wysokości położenia sęków na strzale i terminu wykonania podkrzesywania. Jednakże, zaobserwowano iż w ciągu pierwszych trzech lat sęki położone wyżej zarastały szybciej.

13. Sęki po podkrzesywaniu letnim dynamiczniej zarastały w dolnej części pnia.
14. Żaden z pozostawionych tylców nie odpadł po pięciu latach od zabiegu.
15. Po pięciu latach wystąpiła tylko jedna zgnilizna na 20 przebadanych tylców.
16. Wpływ podkrzesywania buka na możliwość infekcji drewna w tym doświadczeniu był mało istotny. Analiza fitopatologiczna wykazała tylko 2 przypadki zasiedleń patogenem na 121 przebadanych prób pochodzących z drzew bez pozastawiania tylców, w tym jeden przypadek z raną zabezpieczaną preparatem ochronnym oraz jeden sęk bez zabezpieczania.
17. Uzyskane wyniki badań po pięciu latach doświadczenia wskazują na bardzo małe prawdopodobieństwo powstania infekcji na skutek podkrzesania buków z żywych gałęzi.

Wnioski

Podkrzesywanie buka należy przeprowadzać w okresie wiosenno-letnim. Stosowanie Lac Balsamu do zabezpieczania ran po odciętych żywych gałęziach buka nie jest konieczne do zabezpieczania przed infekcjami grzybowymi. Środek ten można stosować jedynie w celu przyspieszenia zarastania sęków. Podkrzesywać można gałęzie żywe, o różnych grubościach i na różnych wysokościach w analizowanym zakresie, na drzewach o różnej pierśnicy. Podkrzesywanie miało niewielki wpływ na pojawienie się infekcji grzybowych w ranach, zarówno na sękach niezabezpieczonych jak i zabezpieczonych. Nie należy pozostawić tylców.