

ADAM DOLNICKI, LESZEK KUCHCIŃSKI

Wstępne badania nad mrozoodpornością jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Górach Świętokrzyskich

Preliminary studies on frost-hardiness in silver fir (*Abies alba* Mill.) from the Holy Cross Mountains

ABSTRACT

Preliminary studies on frost-hardiness of the current year shoots of silver fir were conducted between the autumn of 1999 and the spring of 2000 on the 20-25 year old saplings, collected in 13 sample plots distributed throughout the Świętokrzyski National Park. The diffusion of electrolytes from shoots and needles kept in a freezer at the temperature of -33°C was analysed using the Dexter's (1932) method. The highest degree of frost-hardiness of shoots and needles was found in February. In spring the resistance to low temperatures declined faster in shoots than in needles. The investigations showed significant differences in the frost-hardiness of young silver firs from different sample plots.

KEY WORDS

frost-hardiness, silver fir

Wstęp

W Górach Świętokrzyskich jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) jest jednym z głównych gatunków lasotwórczych. Gatunek ten odznacza się wysoką produkcją biomasy oraz ma duże znaczenie ekologiczne [Białobok 1983, Jaworski 1973]. Niestety jodła jest bardzo wrażliwa na wpływ niekorzystnych warunków środowiska, zwłaszcza na niską temperaturę i niedobór wody [Krysztofik 1963, Jaworski, Zarzycki 1983].

Celem opisanych w niniejszej pracy badań było określenie dynamiki zmian mrozoodporności jodły pospolitej od jesieni do wiosny oraz jej zależności od warunków środowiska na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Metodyka

W sezonie zimowym 1999/2000 wykonano wstępne badania mrozoodporności jednorocznych pędów 20-25-letnich podrostów jodły z 13 powierzchni próbnych zlokalizowanych w Świętokrzyskim Parku Narodowym, na terenie masywu Miejska Góra i doliny rzeki Czarna Woda. Powierzchnie różniły się warunkami środowiska: wysokością lokalizacji nad poziom morza (290-415 m), składem i zwarciem drzewostanu, rodzajem gleby, typem siedliskowego lasu (tab. 1).

Na każdej powierzchni trwale oznaczono po 24 drzewa. W okresie od jesieni 1999 r. do wiosny 2000 roku (20.X., 25.XI.1999, 24.II., 13.IV.2000) z analogicznych miejsc w koronie

ADAM DOLNICKI

Zakład Fizjologii Drzew Leśnych
Akademia Rolnicza
31-425 Kraków
Al. 29 Listopada 46
rldolnic@cyf-kr.edu.pl

LESZEK KUCHCIŃSKI

Zakład Fizjologii Drzew Leśnych
Akademia Rolnicza
31-425 Kraków
Al. 29 Listopada 46

(tj. z okółków na wysokości około 1,5 m od strony północnej) pobierano po kilka jednorocznych przyrostów do oznaczeń mrozoodporności metodą Dexter [Dexter i wsp. 1932]. Gałązki przemrażano w komorze stopniowo obniżając temperaturę do -33°C , którą utrzymywano przez 24 godziny. Po rozmrożeniu materiału odważano 1 g próbki (osobno igieł i osobno pędów pociętych na 5 mm odcinki), zalewano je w probówkach 20 ml podwójnie destylowanej wody i po 24 godz. przetrzymywania w temperaturze pokojowej konduktometrycznie oznaczano elektroprzewodnictwo uzyskanego roztworu, które było wprost proporcjonalne do ilości elektrolitów dyfundujących z przemrażanych tkanek. Następnie materiał zabijano przez umieszczenie próbek na dwie godziny w temperaturze 120°C , uzupełniano roztwór wodą do początkowej objętości i po następnych 24 godz. ponownie oznaczano elektroprzewodnictwo roztworu. Analogicznie postępowano z materiałem kontrolnym do określenia wielkości dyfuzji elektrolitów z nieprzemrażanych tkanek (tzw. tło). Na podstawie uzyskanych wyników obliczano wskaźniki uszkodzeń mrozowych przy zastosowaniu wzoru Pearce'a [Pearce 1985]. Dokładny opis metody znajduje się w poprzednich pracach [Dolnicki, Kraj 1996, 1998]. W tabelach wyników podano wskaźniki uszkodzeń w procentach, zaznaczając grupy jednorodne a, b... na podstawie najmniejszych istotnych różnic obliczonych na wartościach kątowych φ (fi). Do określenia wpływu poszczególnych czynników środowiska na mrozoodporność jodełek obliczono średnie wartości uszkodzeń igieł i pędów (w %) po przemrażaniu dla grup powierzchni o zbliżonym poziomie danego czynnika. W tabeli 3 podano wyniki w odchyleniach od średniej z wszystkich grup.

Wyniki

Procent dyfuzji elektrolitów z nieprzemrażanych gałązek jodły (tzw. tło) w jesieni (20.X i 25.IX) wynosił średnio dla igieł ok. 9%, a dla pędów ok. 30%, przy oznaczaniu w zimie (24.II) i na wiosnę (13.IV) zwiększał się dla igieł do 24%, zaś dla pędów pozostawał na niezmiennym poziomie.

Przemrażanie jednorocznych gałązek jodły w komorze mroźniowej do temperatury -33°C , we wszystkich czterech terminach pomiaru, od jesieni 1999 r. do wiosny 2000 r., wykazało istotne zróżnicowanie materiału z 13 powierzchni próbnych pod względem stopnia zahartowania igieł oraz (tylko w jesieni i na wiosnę) pędów, o czym świadczyły wielkości wskaźników uszkodzeń mrozowych (tab. 2).

W jesieni 1999 r., w okresie między pierwszym i drugim terminem pobierania prób proces hartowania igieł i pędów podrośniętych jodły w badanym rejonie Gór Świętokrzyskich przebiegał intensywnie, na co wskazują dwa razy mniejsze wskaźniki uszkodzeń po sztucznym przemrażaniu do -30°C 25. XI, w stosunku do uszkodzeń po przemrażaniu 20. X. W zimie proces hartowania trwał nadal, dzięki czemu przy końcu lutego (24.II) przemrażanie do -33°C spowodowało jedynie nieznaczne uszkodzenia igieł i pędów. Wczesna i ciepła wiosna 2000 r. (średnia temperatura marca wynosiła $2,5^{\circ}\text{C}$, zaś temperatura maksymalna dochodziła do 19°C) sprzyjała szybkiemu rozhartowywaniu, tak, że w połowie kwietnia (13. IV) mrozoodporność igieł była zbliżona do odporności z października, zaś odporność pędów o wiele mniejsza (tab. 2).

Analizując dynamikę zmian mrozoodporności jednorocznych gałązek jodły na poszczególnych powierzchniach próbnych stwierdzono, że największą odpornością od jesieni do wiosny odznaczały się pędy i igły podrośnięte z powierzchni nr 5. Ponadto z początku jesieni (październik) większą mrozoodpornością od średniej z całego doświadczenia odznaczały się igły i pędy z powierzchni nr 2, 4, 7 oraz tylko pędy z powierzchni nr 3, 8 i 10. Najmniejszą względną mrozoodporność w jesieni obserwowano u jodełek z powierzchni 11 i 12, a zwłaszcza 13. W pełni zimy (24. II) po przemrożeniu do -33°C nie uzyskano istotnego zróżnicowania w stopniu

Tabela 1.

Charakterystyka powierzchni badawczych (wiek badanego podrostu jodłowego 20-25 lat)
Description of the study site (fir advance growth age 20-25)

Nr powierzchni	Wysokość nad poziomem morza	Gleba	Skład granulometryczny	Typ siedliska lasu	Zbiorowisko roślinne	Zwarcie górniego piętra	Drzewostan ostonowy	wiek
1	395	Rw	pył	WśN	Ap D	luźne	8So, 2Jd	110
2	355	Rw	pył	WśZ	PQ A	przerywane	So	80
3	305	Rw	pg	WśZ	PQ A	przerywane	4So, 2Db, 4Jd	165
4	290	OG	pz	MWwiN	PQ A	umiarkowane	7So, 2Jd, 1Md	65
5	290	GB	glp	MWwiN	PQ A	umiarkowane	7So, 1Jd, 2Md	65
6	295	GB	glp	MWwiN	PQ A	umiarkowane	7So, 1Jd, 2Md	65
7	325	BK	pgsg	MW N	Ap t	przerywane	8Jd, 2Db	100
8	330	BK	pgsg	MWśN	Ap r	przerywane	2So, 7Jd, 1Brz	75
9	335	BK	pgsg	MWśN	PQ A	umiarkowane	6So, Md, Db, Brz	65
10	415	BK	pył	WśZ	PQ A	luźne	8So, 2Jd	170
11	405	BK	pył	WśZ	Ap t	luźne	5So, 5Jd	120
12	380	BK	pył	WśN	PQ A	przerywane	3So, 6Jd, Db	155
13	375	BK	pył	WśZ	PQ A	umiarkowane	5So, 2Jd, 3Db	75

Gleba: Rw-rdzawa właściwa, OG – opadowo-glejowa, GB – glejowo-bielicowa, BK – brunatna kwaśna typowa
Skład: pg – piasek gliniasty, pz – piasek zwykły, glp – gлина lekka piaszczysta, pgsg – piasek gliniasty średnio glęboki
Typ siedliska: W – las wyżynny, M – mieszany, ś – świeży, wi – wilgotny, N – naturalny, Z – żnieliszczakowy
Zbiorowiska: Ap – *Abietum polonicum*, D – var. *Dryopteris austriaca*, PQ – *Pinus-Quercetum*, A – var. *Abies alba*, t – var. typowy, r – var. *Rubus hirtus*
Soil: Rw – rusty soil, OG – opadowo-glej soil, GB – gley-podsolic, BK – typical acidic brown
Composition: pg – loam sand, pz – sand, glp – light sandy loam, pgsg – moderately deep loam sand
Habitat type: W – upland broadleaved forest, M – mixed, ś – fresh, wi – wet, N – natural, Z – deformed
Forest communities: Ap – *Abietum polonicum*, D – var. *Dryopteris austriaca*, PQ – *Pinus-Quercetum*, A – var. *Abies alba*, t – var typical, r – var. *Rubus hirtus*

uszkodzeń mrozowych pędów, natomiast istotnie największą odpornością odznaczyły się igły jodełek z powierzchni nr 5 i 6, a najmniejszą z powierzchni 1, 7, 10 i 12. Na wiosnę proces utraty mrozoodporności wolniej przebiegał u igieł aniżeli u pędów, o czym świadczy mniejszy wskaźnik uszkodzeń po przemrażaniu w połowie kwietnia (igły średnio 38,5% wobec 55,9% uszkodzeń pędów). W tym okresie największą mrozoodpornością odznaczały się igły jodełek z powierzchni 4 oraz pędy z powierzchni 6 i 9 (tab. 2).

Tabela 2.

Wskaźniki uszkodzeń mrozowych (w %) po przemrażaniu jednorocznych przyrostów jodły do -33°C (obliczone według wzoru Pearce'a (1985) na podstawie oznaczeń dyfuzji elektrolitów metodą Dextera (1932))
 Frost injury indices [in %] after the freezing of 1-year fir shoot at a temperature of -33°C (calculated according to Pearce's formula (1985) on the basis of the electrolyte diffusion measurement with the Dexter method (1932))

Numer powierzchni	Termin pobierania prób							
	20.X.1999		25.XI.1999		24.II.2000		13.IV.2000	
	Igły	Pędy	Igły	Pędy	Igły	Pędy	Igły	Pędy
1	41,6 ^{d,e,f}	32,7 ^{b,c,d}			18,7 ^e	11,2 ^a	43,5 ^c	69,9 ^b
2	36,6 ^{b,c,d}	29,1 ^{a,b,c,d}	15,8 ^{ab}	15,7 ^a	14,3 ^{d,e}	8,3 ^a	44,0 ^c	59,2 ^{ab}
3	44,0 ^{e,f}	23,3 ^{ab}	21,8 ^{c,d,e}	13,4 ^a	10,1 ^{b,c}	11,1 ^a	35,9 ^{b,c}	48,8 ^a
4	35,3 ^{ab}	27,7 ^{ab}	17,7 ^{ab,c,d}	17,9 ^a	13,4 ^{d,e}	7,1 ^a	25,9 ^a	57,7 ^{ab}
5	29,9 ^a	18,7 ^a	15,0 ^a	16,1 ^a	0,0 ^a	5,7 ^a	34,9 ^{ab}	47,8 ^a
6	36,3 ^{ab,c}	41,7 ^{d,e}	16,2 ^{ab,c}	9,5 ^a	0,0 ^a	9,6 ^a	37,7 ^{b,c}	41,8 ^a
7	38,8 ^{b,c,d,e}	26,4 ^{ab,c}	17,2 ^{ab,c,d}	15,2 ^a	22,1 ^c	6,0 ^a	40,2 ^{b,c}	59,2 ^{ab}
8	42,6 ^{d,e,f}	25,9 ^{ab,c}	23,3 ^{d,e}	12,0 ^a	14,8 ^{d,e}	9,8 ^a	41,6 ^{b,c}	55,7 ^{ab}
9	37,7 ^{b,c,d,e}	33,2 ^{b,c,d}	24,3 ^{e,f}	14,7 ^a	14,9 ^{d,e}	2,2 ^a	37,9 ^{b,c}	45,2 ^a
10	41,4 ^{b,c,d,e,f}	25,2 ^{ab,c}	25,5 ^{e,f}	15,8 ^a	18,7 ^e	4,3 ^a	44,9 ^c	63,9 ^b
11	44,2 ^{e,f}	37,7 ^{c,d}	30,1 ^f	17,9 ^a	8,6 ^{b,c,d}	3,1 ^a	34,5 ^{ab}	55,0 ^a
12	48,1 ^f	38,4 ^{c,d}	22,7 ^{d,e}	13,8 ^a	20,1 ^e	10,9 ^a	36,6 ^{b,c}	64,4 ^b
13	55,6 ^g	52,2 ^e	21,1 ^{b,c,d,e}	14,7 ^a	6,2 ^{b,c}	13,8 ^a	42,6 ^{b,c}	58,5 ^{ab}
średnio	40,9	31,7	20,9	14,7	12,5	7,9	38,5	55,9

a, b, c, ... – grupy jednorodne obliczone na wartościach φ
 a, b, c, ... – homogeneous groups calculated on values φ

Analiza statystyczna wykazała, że istnieje wyraźna zależność mrozoodporności podrostów jodłowych od:

- wysokości położenia powierzchni próbnych,
- zwarcia górnego piętra drzewostanu,
- rodzaju gleby,
- typu siedliskowego lasu.

Te czynniki silniej wpływały na mrozoodporność igieł, natomiast oddziaływanie na odporność pędów było obserwowane głównie na początku jesieni i na wiosnę (tab. 3).

Największą mrozoodpornością jednorocznych przyrostów od jesieni do wiosny odznaczały się jodełki z powierzchni najniższej położonych (tj. w dolinie przy ciekach wodnych). Wraz ze zwiększeniem wysokości położenia odporność jodełek malała tak, że jodełki z powierzchni najwyższej położonych (ponad 355 m.) były istotnie najsilniej uszkodzone podczas przemrażania w komorach (tab. 3A). Również zwarcie górnego piętra drzewostanu wyraźnie oddziaływało na dynamikę mrozoodporności jodełek znajdujących się pod jego osłoną. We wszystkich terminach pomiarów, od jesieni do wiosny, największą odporność stwierdzono u jodełek przy największym z badanych (umiarkowanym) zwarciu drzewostanu, najmniejszą przy zwarciu najmniejszym (luźnym). Różnice te na ogół (zwłaszcza w zimie i na wiosnę) były istotne (tab. 3B).

Jodełki rosnące na glebie opadowo-glejowej i glejowo-bielicowej charakteryzowały się większą odpornością na niską temperaturę (od jesieni do wiosny) aniżeli na glebie rdzawej

Tabela 3.

Zależność wskaźników uszkodzeń mrozowych jednorocznych przyrostów jodły (po przemrażaniu do -33°C) od czynników środowiska (w odchyleniach od średniej wartości w %o uszkodzeń)

Relationship between frost injury indices of 1-year fir shoots after freezing to -33°C) and environmental factors (deviation from the mean value in %o of injuries)

Warunki	Termin pobierania prób do przemrażania							
	20 X 1999		25 XI 1999		24 II 2000		13 IV 2000	
	igły	pędy	igły	pędy	igły	pędy	igły	pędy
A. Wysokość nad poziom morza położenia powierzchni								
poniżej 300 m	-6,2 ^a	-2,0 ^a	-4,4 ^a	-0,3 ^a	-6,9 ^a	-0,4 ^a	-4,7 ^a	-5,9 ^a
301-355 m	0,0 ^b	-3,8 ^a	-0,1 ^{a,b}	-0,5 ^a	3,8 ^b	-0,4 ^a	1,7 ^b	-1,4 ^a
powyżej 355 m	6,2 ^b	5,8 ^b	4,3 ^b	0,8 ^a	3,1 ^b	0,8 ^a	3,0 ^b	7,3 ^b
B. Zwarcie górnego piętra drzewostanu								
umiarkowane	-2,2 ^a	3,0 ^a	-3,4 ^a	-0,5 ^a	-6,0 ^a	0,0 ^a	-3,1 ^a	-6,6 ^a
przerywane	0,9 ^a	-3,2 ^a	-2,1 ^a	-1,2 ^{a,b}	3,5 ^b	1,5 ^a	0,9 ^a	0,6 ^a
luźne	1,3 ^a	0,2 ^a	5,5 ^b	1,7 ^b	2,5 ^b	-1,5 ^a	2,2 ^a	6,0 ^a
C. Rodzaj gleby								
opadowo-glejowa i glejowo-bielicowa	-5,6 ^a	-1,0 ^a	-3,2 ^a	-0,1 ^a	-7,0 ^a	-0,7 ^a	-5,1 ^a	-6,0 ^a
rdzawa	1,4 ^b	-2,0 ^a	-0,6 ^{a,b}	-0,1 ^a	3,0 ^b	2,1 ^a	3,2 ^a	4,2 ^a
brunatna kwaśna	4,2 ^b	3,0 ^a	3,8 ^b	0,2 ^a	4,0 ^b	-1,2 ^a	1,9 ^a	1,8 ^a
D. Typ siedliskowy lasu								
Las wyżynny:								
naturalny	4,1 ^c	3,8 ^b	1,8 ^b	-0,6 ^a	6,2 ^c	2,8 ^a	1,8 ^a	10,5 ^b
wilgotny naturalny	3,8 ^c	1,8 ^{a,b}	2,0 ^b	1,0 ^a	-1,6 ^{a,b}	0,0 ^a	2,1 ^a	0,4 ^{a,b}
mieszany naturalny	-1,0 ^b	-3,2 ^a	0,8 ^b	-0,4 ^a	4,1 ^{b,c}	-2,3 ^a	1,6 ^a	-3,3 ^a
mieszany zniekształcony	-6,9 ^a	-2,4 ^a	-4,6 ^a	0,0 ^a	-8,7 ^a	-0,5 ^a	-5,5 ^a	-7,6 ^a

i brunatnej kwaśnej (tab. 3C). Co do mrozoodporności jodełek lepszym typem siedliska wydaje się las wyżynny mieszany, aniżeli las wyżynny (tab. 3D). Obserwacje te należy traktować jedynie jako orientacyjne zdając sobie sprawę z kompleksowego oddziaływania czynników środowiska na mrozoodporność drzew.

Analiza statystyczna korelacji między mrozoodpornością jednorocznych gałązek podrostu jodłowego z badanych powierzchni w Górach Świętokrzyskich a wielkością przyrostów rocznych pędu szczytowego, pędów okółka szczytowego oraz pędów bocznych pobieranych do przemrażania, wykazała istotną zależność jedynie między wielkością uszkodzeń igieł po przemrażaniu we wszystkich terminach badań odporności, a długością pędów bocznych (20.X. $r=0,7639$; 25.XI. $r=0,7097$; 13.V. $r=0,4933$), zaś dla pędów tylko przy przemrażaniu na wiosnę (13.IV. $r=0,5093$).

Dyskusja

Wielowiekowa selekcja naturalna spowodowała, że rosnące w Polsce gatunki drzew leśnych odznaczają się stosunkowo dużą mrozoodpornością. Ostre zimy powodujące wyraźne uszkodzenia mrozowe występują co kilka – kilkanaście lat. Częściej obserwuje się uszkodzenia drzew pod wpływem spóźnionych wiosennych przymrozków. Warunki termiczne w drzewostanach są zależne od wielu czynników, takich jak ukształtowanie terenu, wystawa, skład gatunkowy, zwarcie itp. [Kryzstofik 1963, Švidenko 1980, Puchalski, Prusinkiewicz 1990]. Na skutek tego obserwowane w terenie uszkodzenia mrozowe nie muszą świadczyć o różnicach w mrozoodporności między osobnikami czy zespołami, oraz o wpływie środowiska na odporność drzew. Dlatego do określenia stopnia zahartowania drzew i dynamiki zmian mrozoodporności niezbędne jest stosowanie metod laboratoryjnych i przemrażanie w kontrolowanych warunkach w komorach mrożeniowych [Hüber, Kohn 1963, Larcher 1978, Dolnicki, Kraj 1996].

Zima 1999/2000 była stosunkowo łagodna. Najniższa temperatura zanotowana w pobliskiej stacji IMGiW w Bodzentynie wynosiła $-17,3^{\circ}\text{C}$. Dzięki temu w rejonie badań nie obserwowano oznak uszkodzeń mrozowych u podrostów jodłowych. Również zbliżony od jesieni do wiosny procent dyfuzji elektrolitów z kontrolnych, nie przemrażanych pędów (tzw. tło) świadczy o braku uszkodzeń. W tych warunkach trudne do wytłumaczenia są przyczyny zwiększenia dyfuzji z kontrolnych igieł w zimie i na wiosnę w stosunku do poziomu z jesieni.

Oznaczanie mrozoodporności jednorocznych przyrostów drzew jodły pospolitej rosnących na 13 powierzchniach próbnych w Górach Świętokrzyskich od jesieni do wiosny wykazały prawidłową dynamikę zmian odporności. Mianowicie w jesieni stopniowe obniżenie temperatury i skrócenie dnia wpłynęło na znaczne zwiększenie mrozoodporności podrostu jodłowego (tab. 2). Proces ten przebiegał z różnym nasileniem w zależności od warunków środowiska, o czym świadczą istotne różnice w uszkodzeniach igieł i pędów spowodowane przemrażaniem w komorach materiału z różnych powierzchni (tab. 2). Warunki zimowe w sezonie 1999/2000 sprzyjały dalszemu hartowaniu, dzięki czemu w lutym przemrażanie do -33°C powodowało mniejsze uszkodzenia niż w jesieni. Na wiosnę podniesienie temperatury i zwiększenie długości dnia oraz procesy biofizyczne i biochemiczne towarzyszące gotowości drzew do rozwoju obniżało stopień ich mrozoodporności. Proces rozhartowywania przebiegał wolniej w igłach aniżeli w pędach, o czym świadczy fakt, że przemrażanie do -33°C w połowie kwietnia powodowało u igieł podobne uszkodzenia jak w październiku, natomiast u pędów wyraźnie większe (tab. 2). Jak się wydaje mogło to być spowodowane tym, że w pędach na wiosnę szybko zwiększa się uwodnienie tkanek i obniża zawartość asymilatów na skutek odprowadzania ich do rozwijających się pączków.

Stwierdzona większa mrozoodporność jodełek z powierzchni niżej położonych, tj. w dolinie nad ciekim wodnym (tab. 3A) mogła być spowodowana m.in. większą wilgotnością gleby. W miarę zwiększenia wysokości położenia powierzchni, wraz z pogarszającymi się stosunkami wodnymi mrozoodporność jodełek malała.

Wśród drzew leśnych jodła jest gatunkiem najsilniej reagującym osłabieniem żywotności na obniżenie poziomu wody gruntowej i niedobór wilgoci [Jaworski, Zarzycki 1983, Puchalski, Prusinkiewicz 1990] oraz wahań w uwilgoceniu gleby [Sierpiński 1977]. Rejon Gór Świętokrzyskich charakteryzuje się stosunkowo małymi opadami. W roku 1998 suma rocznych opadów wynosiła 654 mm, zaś w roku 1999 jedynie 526 mm (dane ze stacji meteorologicznej w Bodzentynie). Według literatury optymalne dla jodły są opady powyżej 700 mm, zaś na terenach o opadach poniżej 600 mm jodła na ogół nie występuje. Nawet przy średnich opadach na glebach o dużej przepuszczalności brak jest jodły [Jaworski, Zarzycki 1983].

Drugim czynnikiem środowiska wpływającym na mrozoodporność podrostu jodłowego było zwarcie górnego piętra drzewostanu (tab. 3B). Wystąpiła wyraźna tendencja (na ogół statystycznie udowodniona) zwiększenia odporności jodełek wraz ze wzrostem osłonięcia przez drzewostan. Zjawisko to można tłumaczyć dodatnim wpływem na żywotność jodełek większej stabilności mikroklimatu, większej wilgotności powietrza, słabszego nasłonecznienia i mniejszych wahań temperatury [Jaworski 1979]. O lepszym hartowaniu jodeł na obszarach o dużej wilgotności powietrza może świadczyć fakt mniejszych uszkodzeń mrozowych obserwowanych na tych terenach [Švidenko 1980]. Jak stwierdził Miller (1959) u jodły intensywność fotosyntezy jest wprost proporcjonalna do wilgotności powietrza, dzięki czemu wiązanie CO₂ (a więc i gromadzenie cukrów – substancji ochronnych dla plazmy) pod okapem drzewostanu jest większe niż na otwartej przestrzeni. Ponadto umiarkowane zwiększenie ocienienia młodych jodeł sprzyja ich przeżyciu [Bellon i wsp. 1983]. Według obserwacji Krysztofika [1963] w Górach Świętokrzyskich po surowej zimie 1928/1929 największe uszkodzenia mrozowe jodeł wystąpiły w drzewostanach silnie przerzedzonych, tam gdzie przerwano zwarcie, przez co naruszono swoisty mikroklimat i zaburzono równowagę biologiczną. Również Ukleja-Dobrowolska [1989] zmniejszenie zwarcia drzewostanu uważa za czynnik niekorzystny dla podrostów jodły ze względu na zwiększenie działania wiatrów.

W niniejszych badaniach tendencję do większej mrozoodporności jodełek obserwowano na glebach glejowo-bielicowych i opadowo glejowych, natomiast najmniejszą na niektórych powierzchniach (nr 12, 13) o glebie brunatnej kwaśnej (tab. 2, tab. 3C).

Według Jaworskiego i Zarzyckiego [1983] w Beskidzie Sądeckim i Tatrach największą żywotnością odznaczają się jodły rosnące na glebach brunatnych wylugowanych (na ogół oglejonych) i bielicowych oglejonych. Boratyński i Filipiak [1997] podają, że w Sudetach jodła zachowała się głównie na glebach brunatnych, głębokich, zasobnych, wilgotnych. Badania Podlaskiego [2001] w Górach Świętokrzyskich wykazały najlepszą żywotność jodły na głębokich, wilgotnych glebach z osadów pleoceńskich.

Doświadczenie wykazało istotną zależność między mrozoodpornością jodełek z różnych powierzchni w Świętokrzyskim Parku Narodowym, a procesami wzrostowymi. Igły jodełek z powierzchni, na których przyrost bocznych gałązek (pobieranych do przemrożeń) był większy, miały od jesieni do wiosny mniejszą mrozoodporność (większe uszkodzenia po przemrażaniu) aniżeli jodełek o mniejszych przyrostach. Zjawisko niekorzystnego wpływu szybkiego wzrostu roślin na ich mrozoodporność, jest często obserwowane w odniesieniu do osobników danego gatunku drzew, wegetujących w różnych warunkach środowiska, jak i osobników różnych proveniencji [Sułakadze 1960, Lines 1979, Kranenborg 1986, Steinhoff 1986, Günzl 1992,

Dolnicki, Kraj 1998, Larsen 1998]. Na temat mechanizmów tego zjawiska istnieje obszerna literatura [Tumanov, Trunova 1958, Dolnicki, Zalasieński 1976, Jankiewicz 1984].

Literatura

- Bellon S., Żyburka H., Andrzejczyk T. 1983. Wzrost i rozwój odnowień jodły, buka, dębu i lipy pod okapem drzewostanu modrzewiowego o różnym stopniu przeredzenia. Sylwan 127, 9-10: 29-40.
- Białobok S. 1983. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) PWN. 5-7.
- Boratyński A., Filipiak M. 1997. Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) w Sudetach – rozmieszczenie, warunki występowania, stan zachowania drzewostanów. Arboretum Kórnickie 42: 149-183.
- Dexter S., Tottingham M., Graber L. 1932. Investigations of the hardness of plants by measurement of electrical conductivity. Plant Physiol. 7: 63-77.
- Dolnicki A., Kraj W. 1996. Przydatność metody Dextera do oznaczania dynamiki mrozoodporności drzew iglastych. W: Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych. PAN, Kraków. 137-144.
- Dolnicki A., Kraj W. 1998. Dynamics of frost resistance in various provenances of *Abies grandis* Lindl. Acta Soc. Bot. Polon. 67, 1: 51-58.
- Dolnicki A., Zalasieński J. 1976. Procesy wzrostowe a mrozoodporność roślin drzewiastych. Post. Nauk Roln. 23, 2: 19-28.
- Hüber B., Kohn H. 1963. Zur Frage der Unterscheidbarkeit physiologischer Rassen bei *Abies alba*. Forstw. Cbl. 82, 7/8: 207-220.
- Jankiewicz L. 1984. Fizjologia roślin sadowniczych. PWN, Warszawa.
- Jaworski A. 1973. Odnawianie naturalne jodły (*Abies alba* Mill.) w wybranych środowiskach leśnych parków narodowych. Cz.I. Acta. Agr. et Silv., Ser. Silv. 13: 21-58.
- Jaworski A. 1979. Odnawianie naturalne jodły (*Abies alba* Mill.) w drzewostanach o różnej strukturze na przykładzie wybranych powierzchni w Karpatach i Sudetach. Acta Agr. et Silv., Ser. Silv. 18: 61-79.
- Jaworski A., Zarzycki K. 1983. Ekologia W: Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.). PWN, Warszawa-Poznań. 317-430.
- Kranenburg K. 1986. *Abies grandis* IUFRO provenances in the Netherlands 1976-77 series. Nursery results. Forestry Commis. Research 139: 99-125.
- Kryzstofik E. 1963. Refleksje na temat jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.). Sylwan 107, 4: 47-54.
- Larcher W. 1978. Ekologia roślin. Izd-vo Mir, Moskwa.
- Larsen J. 1998. Geograficzna zmienność jodły białej (*Abies alba* Mill.). Rozwój, wzrost i odporność na mróz. Kom. Leś. Banku Genów Kostrzyca z 1, t. 1: 91-107.
- Lines R. 1979. Natural variation within and between the silver firs. Scott. For. 33, 2: 89-101.
- Miller R. 1959. Assimilationsuntersuchungen an Tannen und Fichten einer Naturverjüngung im Bayerischen Wald. Forstwiss. Cbl. 78: 297-317.
- Podlaski R. 2001. Wpływ wybranych właściwości gleb na żywotność jodły (*Abies alba* Mill.), buka (*Fagus sylvatica* L.) i sosny (*Pinus sylvestris* L.) w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Sylwan 145, 6: 79-86.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1990. Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL.
- Pearce R. 1985. A freeze-fracture study of the cell membranes of wheat adapted to extracellular freezing and to growth at low temperature. J. Exper. Bot. 36, 164: 369-381.
- Sierpiński Z. 1977. Przyczyny zamierania jodły w Górach Świętokrzyskich. Sylwan 121, 11: 29-41.
- Steinhoff R. 1986. Nursery performance of grand fir provenance collections in North Idaho. Forestry Commission Researches 139: 145-151.
- Śvidenko A. 1980. Pichtovyje lesa Ukrainy. Izd-vo Lvov. Gosud. Univ. Lvov.
- Ukleja-Dobrowolska D. 1989. Problemy obumierania jodły w aspekcie hodowlanym. Sylwan 133, 7: 37-44.
- Tumanov I., Trunova T. 1958. Vlijanie rostovych processov na sposobnost k zakalivaniju tkaniej ozimych rastenij. Fizjol. Rast. 5, 2: 112-122.

SUMMARY

Preliminary studies on frost-hardiness in silver fir (*Abies alba* Mill.) from the Holy Cross Mountains

Preliminary studies on frost-hardiness of the current year shoots of silver fir were conducted between the autumn of 1999 and the spring of 2000 on the 20-25 year old saplings, collected in 13 sample plots distributed throughout the Świętokrzyski National Park. Sample plots differed in many respects: in elevation (from 290 to 415 m), in species composition and density of tree

stand, soils type and forest habitat type (table 1). The diffusion of electrolytes from shoots and needles kept in a freezer at the temperature of -33°C was analysed using the Dexter's [1932] method on October 20 and November 25 in the year 1999, and on February 24 and April 13 in the year 2000. The indices of frost injury were calculated according to the formula of Pearce [1985]. The results were analysed statistically, and the uniform groups were marked in tables. The highest degree of frost-hardiness of shoots and needles was found in February. In spring the resistance to low temperatures declined faster in shoots than in needles (table 2). The investigations showed essential differences in the frost-hardiness of young silver firs from different sample plots. The highest degree of frost-hardiness was ascertained in trees growing in a valley close to the watercourse (table 2, table 3A). A low density of upper forest canopy adversely affected the frost hardiness of silver firs growing in the understory (table 3B). One-year old needles from the sample plots, where the current year shoot increment of the side branches was larger than the average, displayed (from autumn till spring) a lower level of frost-hardiness than the needles taken from plots, where the current year shoot increment was lower ($r=0.4933$ -0.6639).