

Jan KOWALCZYK¹, Roman GOUT²

WPLYW WIELKOŚCI PRÓBY NA DOKŁADNOŚĆ OCENY WARTOŚCI HODOWLANEJ RODÓW Z WOLNEGO ZAPYLENIA W DOŚWIADCZENIACH TESTUJĄCYCH

THE INFLUENCE OF SUBSAMPLING ON ESTIMATION ACCURACY
OF HALF SIB FAMILIES BREEDING VALUE IN PROGENY TESTS

***Abstract.** The aim of the study was to examine how many trees per progeny have to be measured in order to assure enough precision of testing in particular environmental conditions where the experiments were located. The measurements and observations were made in two experimental plots with 10 years old halfsib of Scots pine progeny. DBH was measured and stem straightness, branch diameter and branch angle were accessed for all trees. The results indicated that the measuring 35 trees per progeny for trials established in single tree plot design, gives nearly the same precision as measurements of all the plots.*

***Key words:** Scots pine, half sib family, breeding value, statistical efficiency.*

¹ Instytut Badawczy Leśnictwa, ul. Bitwy Warszawskiej 1920 Roku nr 3, 00-973 Warszawa
e-mail: j.kowalczyk@ibles.waw.pl

² Ukraiński Państwowy Uniwersytet Leśno-Techniczny, Wydział Leśny, Lwów, Ukraina

1. WSTĘP

Efektywność testowania zależy w dużej mierze od metod, modeli i technik wykorzystywanych do analizy danych. Wszystkie metody wymagają bardzo pracochłonnych pomiarów i obserwacji. Głównym założeniem testów genetycznych jest przyjęcie wartości hodowlanej za czynnik losowy w modelach analizy danych (Lindgren 1991). Jednym z najważniejszych zadań w analizie wyników doświadczenia jest określenie składników zmienności (komponentów wariancji). Właściwe ich określenie jest podstawowym warunkiem wiarygodnej oceny wartości hodowlanej badanych populacji i genotypów. Przy interpretacji wyników zawsze należy mieć na względzie to, że komponenty wariancji i kowariancji genetycznej w dużym stopniu zależą od lokalizacji powierzchni doświadczalnych, proveniencji, stosowanych zabiegów hodowlanych, badanych cech, wieku itd. Dlatego parametrów genetycznych obliczanych na podstawie komponentów zmienności nie można generalizować, lecz trzeba je odnosić do konkretnych warunków.

W przypadku doświadczeń rodowych, w których testujemy zwykle większą liczbę obiektów, w literaturze zalecane jest zakładanie powierzchni testujących w układzie poletek jednodrzewowych. Ten układ doświadczalny jest statystycznie najefektywniejszy i najlepiej pozwala ocenić zmienność środowiskową, a także znacznie zredukować wielkość powierzchni doświadczalnej (McCutchan i in. 1987). Na podstawie symulacji komputerowych ustalono, że wiarygodną ocenę rodu można zapewnić, gdy na jednej powierzchni doświadczalnej rośnie co najmniej 20 drzew z jednego rodu (Cotterill, James 1984). Ustalenia te wymagają jednak praktycznego sprawdzenia w warunkach konkretnego doświadczenia. Wielkość próby zależy bowiem od układu doświadczalnego, zmienności środowiska, więzby sadzenia, wieku mierzonych drzewek itp. Spośród proponowanych w literaturze metod oceny rodów należy wybrać te, które są wystarczająco dokładne, a jednocześnie jak najmniej pracochłonne.

Doświadczenia testujące prowadzone są zwykle na wielu powierzchniach doświadczalnych, których założenie i prowadzenie wymaga dużych nakładów finansowych. W celu redukcji tych kosztów powierzchnie te powinny być jak najmniejsze. W praktyce trudno jest jednak określić optymalną wielkość poletek doświadczalnych. Z jednej strony liczba powtórzeń powinna być dostatecznie duża, aby można było precyzyjnie ocenić wartość hodowlaną testowanego materiału, z drugiej zaś – zbyt duża liczba powtórzeń powoduje znaczne powiększenie wielkości powierzchni doświadczalnej. Skutkuje to zwiększeniem pracochłonności prac pomiarowych i kosztów badań.

Aby wiarygodnie ocenić leśny materiał podstawowy, należy wyhodować jego potomstwo i ocenić jego wzrost i rozwój. Pierwsza wiarygodna ocena może być wykonana dopiero w wieku 10 lat, a jej dokładność wzrasta wraz z wiekiem, najbardziej interesująca bowiem jest wartość hodowlana testowanego materiału w wieku rębności. Powierzchnie testujące należy zakładać sadząc drzewka w więźbie,

która umożliwi im szybkie dojście do zwarcia, analogicznie jak przy zakładaniu upraw leśnych. Wraz z wiekiem konieczne jest przersedzanie tak założonych doświadczeń, co skutkuje zmniejszeniem liczby powtórzeń. Konieczne jest więc wysadzenie takiej liczby osobników, aby w wieku dokonywania oceny, była ona wiarygodna statystycznie. Następnym czynnikiem, który wpływa na potrzebę zwiększenia początkowej wielkości powierzchni doświadczeń testujących jest niemożliwość do przewidzenia poziom śmiertelności w pierwszych latach po posadzeniu na skutek niekorzystnych warunków środowiska, np. długotrwałych susz. W związku z tym zwykle planuje się nieco większe doświadczenia, niż wynika to z czysto statystycznych założeń. Koszty tak prowadzonych badań mogą być w części zmniejszone przez dokładne zaplanowanie pomiarów. Pomiar tylko części powierzchni mogą bowiem dostarczyć prawie tak samo dokładnych informacji, jak pomiary całego doświadczenia. Celem niniejszej pracy* jest praktyczne sprawdzenie, jak dalece – bez szkody dla wiarygodności wyników testowania, można zredukować liczbę drzew mierzonych w rodzie.

2. MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na dwóch powierzchniach doświadczalnych z rodami z wolnego zapylenia sosny zwyczajnej w Mierkach w Nadleśnictwie Nowe Ramuki i w Chrośnie w Nadleśnictwie Kutno. Lokalizacja i charakterystyka powierzchni doświadczalnych przedstawiona jest w tabeli 1. Na powierzchniach tych testowane są rody z wolnego zapylenia, głównie z regionu nasiennego 205. Obie powierzchnie założono w układzie poletek jednodrzewowych w więźbie 1,5×1,5 m (4444 szt./ha). Jako standardu użyto sadzonek sosny zwyczajnej z Nadleśnictwa Syców oznaczonej numerem 72 (próbka z populacji). Na powierzchni w Mierkach dodatkowo zastosowano standard lokalny (oznaczony jako numer 74). Szczegółowe opisy powierzchni doświadczalnych oraz dokładny opis testowanych rodów zawarte są w dokumentacji IBL (Kowalczyk i in. 2000).

W 2004 r. po zakończeniu przyrostu pomierzono pierśnicę wszystkich drzew oraz wykonano szacunkową ocenę prostości strzały oraz grubości i kąta wyrastania gałęzi. Cechy jakościowe, tj. jakość strzały, grubość gałęzi i kąt wyrastania gałęzi oceniano w 5-stopniowej skali (1 – ocena najgorsza, 5 – najlepsza). Grubość gałęzi i kąt wyrastania gałęzi oceniano na podstawie gałęzi w trzecim okółku od wierzchołka.

* Pracę wykonano w ramach tematu 12-U-32 na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Tabela 1. Lokalizacja powierzchni doświadczalnych i ich podstawowa charakterystyka
 Table 1. Localization and basic characteristic of experimental plots

Powierzchnia Experimental plot	Nadleśnictwo Nowe Ramuki Nowe Ramuki Forest District	Nadleśnictwo Kutno Kutno Forest District
Lokalizacja Location	Mierki	Chrosno
Szerokość geograficzna Latitude	N 53°35'13"	N 52°18'11"
Długość geograficzna Longitude	E 20°19'11"	E 19°19'14"
Leśnictwo Forest range	Zielonowo	Strzelce
Powierzchnia Area (ha)	4,19	3,2
Liczba rodów No. of families	173	158
Liczba sadzonek No. of seedlings	13840	11448
Data założenia Year of establishment	1994	1995
Rodzaj materiału sadzeniowego Type of planting material	1/0	2/0
Typ siedliskowy lasu Forest site type	BMśw	BMśw

Wyniki pomiarów i obserwacji analizowano według następującego modelu doświadczenia:

$$\text{wartość cechy} = \mu + B_k + R_m + E_n \quad (1)$$

gdzie:

μ – średnia ogólna dla doświadczenia

B_k – wpływ bloku k

R_m – wpływ rodu m

E_n – wpływ drzewa n w rodzie m

Ponieważ założono, że efekt bloku nie ma charakteru zmiennej losowej, dlatego nie wchodzi on do wzorów na odziedziczalność, gdyż komponent jego wariancji wynosi 0. Na podstawie obliczonych komponentów wariancji obliczono odziedziczalność rodową i indywidualną według wzorów przedstawionych poniżej (Giertych, Mąka 1994).

Źródło zmienności Source of variability	Stopnie swobody Degrees of freedom	Oczekiwany średni kwadrat Expected mean square	F
Razem Total	$N-1$		
Rody Families	$R-1$	$\sigma_E^2 + n\sigma_R^2 = A$	A/B
Resztowa Error	$(N-1)-(R-1)$	$\sigma_E^2 = B$	

N – ogólna liczba drzew,

R – liczba rodów,

$n = (\sum s_i - \sum s_i^2 / \sum s_i) / (R - 1)$ – średnia liczba drzew w rodzie,

s_i – liczba drzew w rodzie i ,

σ_E^2 – komponent wariancji dla błędu,

σ_R^2 – komponent wariancji rodowej,

$$h_r^2 = \sigma_R^2 / \left(\frac{\sigma_E^2}{n} + \sigma_R^2 \right) = (A - B) / A - \text{odziedziczalność rodowa.} \quad (2)$$

Do obliczenia składników wariancji zastosowano procedurę varcomp, stosując metodę „reml” programu statystycznego s-plus (S-PLUS 2000 Guide to Statistics^{*}).

Najmniejszą istotną różnicę pomiędzy średnimi dla rodu *LSD* obliczono według wzoru (Haapanen 1995):

$$LSD = \sqrt{\frac{2(t_a + t_b)^2 \sigma_E^2}{k}} \quad (3)$$

Przyjęto następujące oznaczenia:

k – liczba bloków,

σ_E^2 – wariancja błędu, z analizy wariancji,

t_a i t_b – wartość rozkładu *t* Studenta obliczona dla $2(k-1)$ stopni swobody oraz prawdopodobieństwa 0,05 (t_a) i 0,02 (t_b).

Celem porównania wartości *LSD* dla różnych cech i dla powierzchni w Mierkach i Chrośnie, obliczone wartości zostały przeliczone na skalę procentową.

Aby zbadać wpływ ograniczenia wielkości próby na dokładność analiz, takie same analizy jak dla całej powierzchni przeprowadzono również dla danych uzyskanych z około 25%, 50% oraz 75% powierzchni doświadczenia. Wpływ ograniczenia wielkości próby na dokładność oceny wartości hodowlanej rodów był analizowany pod względem najmniejszej istotnej różnicy pomiędzy średnimi dla rodu *LSD* (wzór 3), odziedziczalności rodowej (wzór 2) oraz korelacji pomiędzy średnimi wartościami analizowanych cech dla rodów obliczonymi na podstawie wszystkich pomiarów oraz analizowanej próby (Kung 1977).

3. WYNIKI I DYSKUSJA

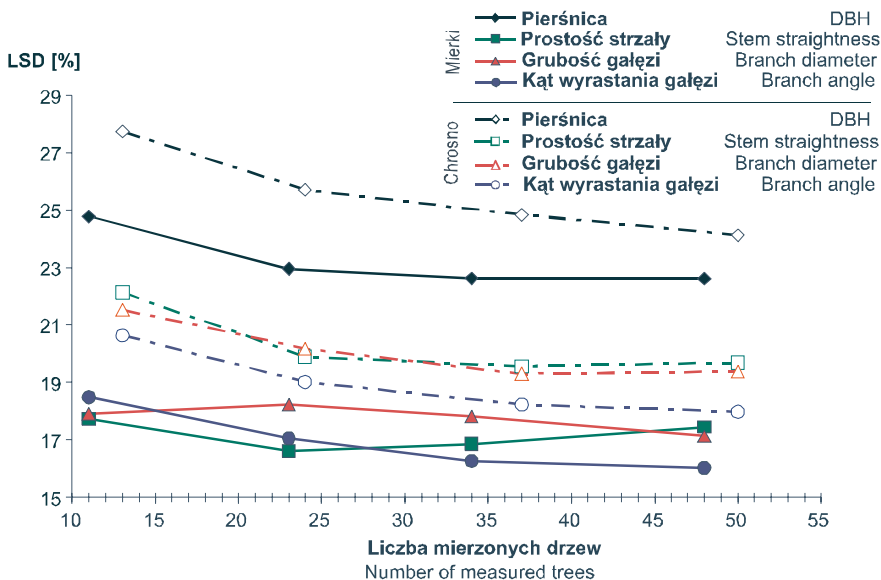
Wyniki pomiarów na powierzchni w Chrośnie przedstawiono w tabeli 2. Analiza wariancji wykazała istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami dla rodów dla wszystkich analizowanych cech i wariantów pomiarów na poziomie prawdopodobieństwa $p=0,001$, z wyjątkiem prostości strzały przy pomiarze 25% drzew na powierzchni, gdy prawdopodobieństwo wyniosło $p=0,01$.

^{*} S-PLUS 2000 Guide to Statistics, Volume 1, Data Analysis Products Division, MathSoft, Seattle, WA.

Tabela 2. Charakterystyka mierzonych i ocenianych cech na powierzchni w Chroście na podstawie pomiarów częściowych oraz wszystkich drzew

Table 2. Values of calculated parameters for measured and estimated traits on experimental plot in Chrosno, on the base of some and all trees measurements

Cecha Trait	Komponent wariancji rodowej Family variance component	Komponent wariancji błędu Error variance component	Najmniejsza istotna różnica (%) <i>LSD</i> The lowest signifi- cant difference	Odziedziczalność rodowa Family heritability
Pomiar 25% powierzchni – 1832 drzew Measurements of 25% of experimental plots i.e. 1832 trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów –153, bloków – 5, średnia liczba drzew w rodzie – 12,83				
Degrees of freedom for: families – 153, blocks – 5, average number of trees in family – 12,83				
Pierśnica DBH	26,7929	494,9794	27,74	0,41
Prostość strzały Steam straightness	0,0077	0,4457	22,14	0,18
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0282	0,4080	21,54	0,47
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0112	0,4305	20,63	0,25
Pomiar 50% powierzchni – 3564 drzew Measurements of 50% of experimental plots i.e. 3564 trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów –153, bloków – 9, średnia liczba drzew w rodzie – 24,03				
Degrees of freedom for: families –153, blocks – 9, average number of trees in family – 24,03				
Pierśnica DBH	28,4422	468,6590	25,72	0,59
Prostość strzały Steam straightness	0,0090	0,3959	19,89	0,35
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0175	0,3937	20,17	0,52
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0100	0,4027	19,02	0,37
Pomiar 75% powierzchni – 5626 drzew Measurements of 75% of experimental plots i.e. 5626 trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów –153, bloków – 13, średnia liczba drzew w rodzie – 37,35				
Degrees of freedom for: families –153, blocks – 13, average number of trees in family – 37,35				
Pierśnica DBH	29,4552	452,7661	24,83	0,71
Prostość strzały Steam straightness	0,0105	0,3968	19,56	0,50
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0146	0,3738	19,30	0,59
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0086	0,3839	18,24	0,46
Pomiar całej powierzchni – 7514 drzew Measurements of all experimental plots i.e. 7514 trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów –153, bloków – 19, średnia liczba drzew w rodzie – 49,56				
Degrees of freedom for: families –153, blocks – 19, average number of trees in family – 49,56				
Pierśnica DBH	27,9633	437,8043	24,12	0,76
Prostość strzały Steam straightness	0,1413	0,4120	19,69	0,94
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0160	0,3863	19,38	0,67
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0079	0,3829	17,99	0,50

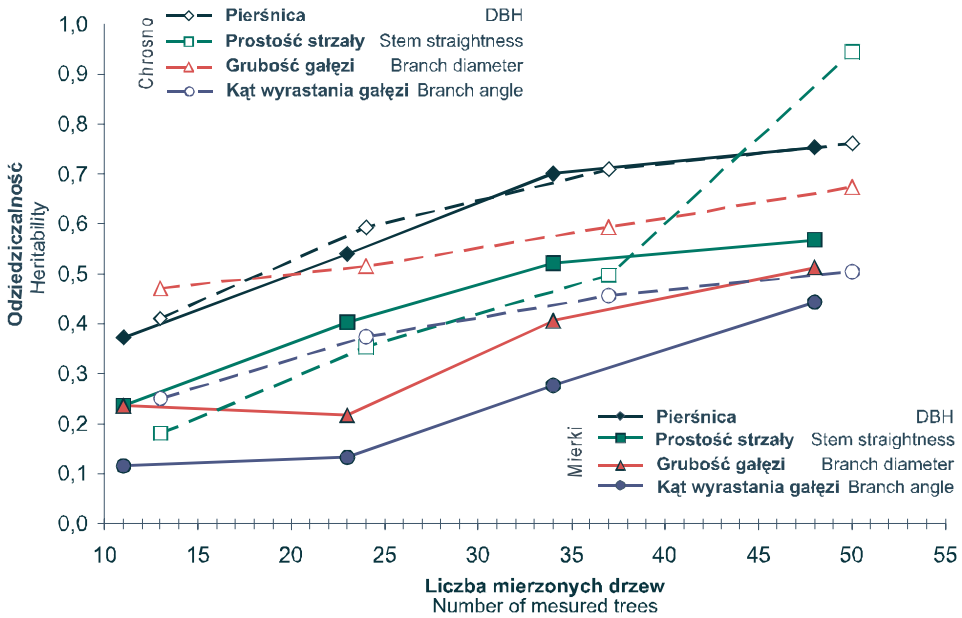


Ryc. 1. Wartości najmniejszej istotnej różnicy pomiędzy rodami dla analizowanych cech na powierzchniach w Chrośnie i Mierkach

Fig 1. The LSD (%) value for analyzed traits on experimental plots in Chrosno and Mierki

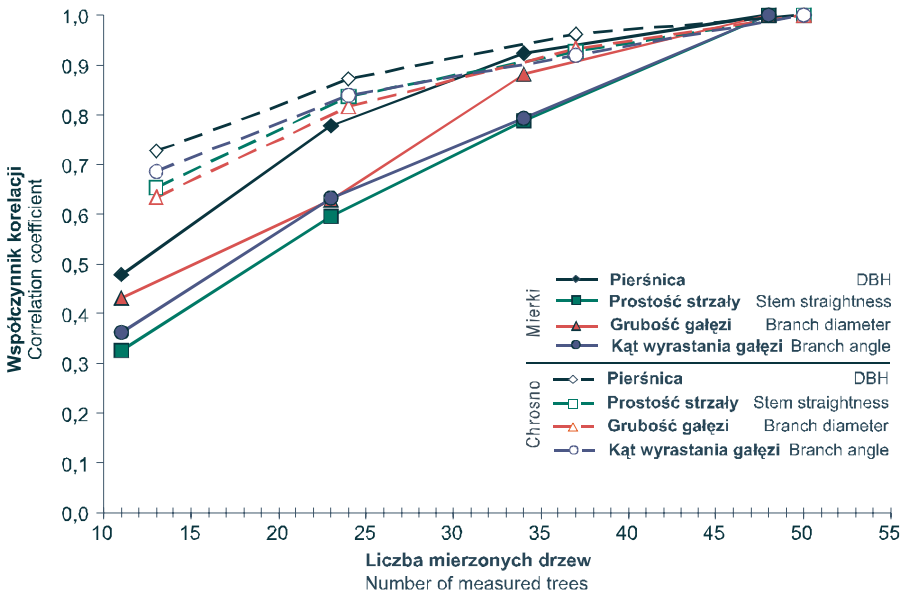
Wartość najmniejszej istotnej różnicy wyrażonej w procentach średniej ogólnej dla doświadczenia obliczonej z pomiarów wszystkich drzew na powierzchni zmniejsza się wraz ze wzrostem liczby drzew. Jedynie w przypadku prostości strzały i grubości gałęzi wartości *LSD* nieznacznie zwiększają się, gdy pomiary obejmują całą powierzchnię (ryc. 1). Wartość odziedziczalności analizowanych cech zwiększają się wraz ze wzrostem liczby mierzonych drzew (ryc. 2). Przy wzroście liczby mierzonych drzew w rodzie z 37 do 50 najbardziej spośród badanych cech zwiększa się odziedziczalność prostości strzały. Wartość współczynnika korelacji pomiędzy średnimi wartościami obliczonymi dla części powierzchni w stosunku do średnich obliczonych po pomiarze wszystkich drzew wzrasta wraz ze zwiększeniem liczby mierzonych drzew (ryc. 3).

Wyniki uzyskane na powierzchni w Mierkach przedstawiono w tabeli 3. I w tym wypadku analiza wariancji wykazała istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami analizowanych cech dla poszczególnych rodów. Jedynie grubość gałęzi przy pomiarze 25% drzew na powierzchni doświadczalnej, tj. średnio 10 drzew w rodzie, nie wykazała różnic istotnych statystycznie. Pozostałe cechy różniły się na poziomie istotności $p=0,001$. Komponent wariancji rodowej stanowi tu podobną część zmienności jak na powierzchni w Chrośnie. Również pozostałe zależności są podobne. Wartości najmniejszej istotnej różnicy *LSD* na powierzchni w Mierkach są o 3–4% mniejsze niż na powierzchni w Chrośnie (ryc. 1). Odziedziczalność analizowanych cech zwiększa się wraz ze wzrostem próby. Wskaźniki korelacji wykazują podobną zależność jak dla powierzchni w Chrośnie, lecz są nieco niższe.



Ryc. 2. Odziedziczalności mierzonych i ocenianych cech na powierzchniach w Chrosnie i Mierkach

Fig 2. Family heritability value for analyzed traits on experimental plots in Chrosno and Mierki



Ryc. 3. Wartość współczynnika korelacji pomiędzy średnimi dla rodzaju mierzonych i ocenianych cech w zależności od liczby mierzonych drzew

Fig 3. Correlation between average values for analyzed trait on experimental plots in Chrosno and Mierki in relation to number of measured trees

Tabela 3. Charakterystyka mierzonych i ocenianych cech na powierzchni w Mierkach na podstawie pomiarów częściowych oraz wszystkich drzew

Table 3. Values of calculated parameters for measured and estimated traits on experimental plot in Mierki on the base of partial and full experiment measurements

Cecha Trait	Komponent wariancji rodowej Family variance component	Komponent wariancji błędu Error variance component	Najmniejsza istotna różnica (%) <i>LSD</i> The lowest signifi- cant difference	Odziedziczalność rodowa Family heritability
Pomiar około 25% powierzchni – 1784 drzew Measurements of 25% of experimental plot i.e. – 1784 trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów – 170, bloków – 4, średnia liczba drzew w rodzie – 11,45				
Degrees of freedom for: families – 170, blocks – 4, average number of trees in family – 11,45				
Pierśnica DBH	16,5755	319,7468	24,77	0,37
Prostość strzały Steam straightness	0,0076	0,2802	17,75	0,24
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0076	0,2802	17,91	0,24
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0039	0,3412	18,49	0,11
Pomiar około 50% powierzchni – 3697 drzew Measurements of 50% of experimental plot i.e. – 3697 trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów – 170, bloków – 9, średnia liczba drzew w rodzie – 22,66				
Degrees of freedom for: families – 170, blocks – 9, average number of trees in family – 22,66				
Pierśnica DBH	16,5755	319,7468	22,96	0,54
Prostość strzały Steam straightness	0,0085	0,2854	16,60	0,40
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0042	0,3385	18,25	0,22
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0023	0,3377	17,04	0,13
Pomiar około 75% powierzchni – 5966 drzew Measurements of 75% of experimental plot i.e. 5966 – trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów – 170, bloków – 14, średnia liczba drzew w rodzie – 35,96				
Degrees of freedom for: families – 170, blocks – 14, average number of trees in family – 35,96				
Pierśnica DBH	21,0395	323,8458	22,63	0,70
Prostość strzały Steam straightness	0,0093	0,3064	16,85	0,52
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0064	0,3371	17,84	0,41
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0034	0,3202	16,26	0,28
Pomiar całej powierzchni – 8072 drzew Measurements of all experimental plot i.e. – 8072 trees				
Liczba stopni swobody dla: rodów – 170, bloków – 19, średnia liczba drzew w rodzie – 48,30				
Degrees of freedom for: families – 170, blocks – 19, average number of trees in family – 48,30				
Pierśnica DBH	20,7687	329,9910	22,62	0,75
Prostość strzały Steam straightness	0,0091	0,3354	17,45	0,57
Grubość gałęzi Branch diameter	0,0069	0,3169	17,13	0,51
Kąt wyrastania gałęzi Branch angle	0,0052	0,3169	16,02	0,44

Prezentowaną tematykę podejmowano w wielu pracach. Badania możliwości ograniczenia liczby mierzonych drzew na poletku w doświadczeniach założonych w mniej efektywnym statystycznie układzie bloków losowych prowadził m.in. Happanen (1992, 1995). Uzyskane wyniki wskazują, że już pomiar 10–15 drzew wystarcza do określenia średniej dla poletka. Nie można jednak tych wyników odnieść do badanego tutaj układu doświadczalnego poletek jednodrzewowych. W doświadczeniach, które analizował Happanen, na całej powierzchni powinno być mierzonych po 10 drzewek, w co najmniej 4 blokach, czyli łącznie 40 drzewek na powierzchni.

Dla powierzchni zakładanych w układzie doświadczalnym poletek jednodrzewowych badania nad liczbą drzew w rodzie i związaną z tym dokładnością wyników prowadzili Cotterill i James (1984). Autorzy ci wykazali, że pomiar 20 osobników z rodu pozwoli z prawdopodobieństwem 95% wskazać najlepsze rody. Powstaje pytanie, czy taka dokładność jest wystarczająca. Przy planowaniu doświadczeń testujących, Cotterill i James (1984) zalecają wysadzanie od 10 do 20 osobników w rodzie. Autorzy ci sprawdzili w praktyce wyniki teoretycznych rozważań na dwóch powierzchniach doświadczalnych z *Pinus radiata*. Analizowano pierśnicę i wysokość 25 rodów na pierwszej powierzchni doświadczalnej, a 44 rodów na drugiej. Uzyskane wyniki były zgodne z teoretycznymi założeniami. Jednak sami autorzy wskazują na to, że wynik może być obciążony błędem, który wynika z tego, że do różnych grup w kolejnych wariantach wybierano drzewa z tej samej powierzchni; w ten sposób te same drzewa były wybierane do różnych grup w kolejnych powtórzeniach.

Wielkość próby, którą należy mierzyć w testach zakładanych w układzie poletek jednodrzewowych była przedmiotem badań Apiolazy i in. (1999). Autorzy postulują analizę minimum 15 osobników w rodzie, wskazując na to, że wybór wielkości próby jest funkcją kosztów pomiaru jednego osobnika, ekonomicznej wartości ocenianej cechy, możliwego do uzyskania zysku genetycznego i fazy rozwoju badanego materiału.

W niniejszej pracy zalecane jest mierzenie minimum 35 drzew w rodzie. Uzyskane wyniki wskazują, że zwiększenie mierzonej liczby drzew dla rodu powyżej 35 jedynie nieznacznie zmienia wartości najmniejszej istotnej różnicy dla analizowanych cech (ryc. 2). Liczba 35 drzew w rodzie jest większa niż zalecana w przytoczonych pracach. Wynika to ze zmienności, jaka istnieje w analizowanych doświadczeniach. Uzyskane wyniki jednak wskazują na to, że można ograniczyć liczbę mierzonych osobników w rodzie tak, aby nie mierzyć drzew na całej powierzchni. To ograniczenie pomiarów w początkowym okresie trwania doświadczenia na powierzchniach zakładanych w układzie jednodrzewowym może przynieść wymierne oszczędności finansowe, jeżeli zostanie wdrożony opracowany już program testowania wyłączonych drzewostanów nasiennych drzew doborowych, plantacji nasiennych i plantacyjnych upraw nasiennych i zostaną założone wielohektarowe powierzchnie doświadczalne wymagające pracochłonnych pomiarów. Wielkość tych powierzchni nie może być jednak ograniczana już na etapie planowania doświadczeń. Testowanie leśnego materiału podstawowego

powinno być prowadzone przynajmniej do połowy okresu rębności, zatem aby zachować minimalną liczbę powtórzeń, powierzchnia doświadczenia musiałaby wraz z wiekiem być coraz większa.

4. PODSUMOWANIE

Prezentowane w niniejszej pracy wyniki potwierdzają regułę, że im więcej osobników w rodzie się mierzy, tym wyniki są dokładniejsze. Wyniki uzyskane na dwóch powierzchniach doświadczalnych w Chrośnie i w Mierkach są podobne. Świadczą one o tym, że pomiar 35 drzew w rodzie wystarcza do tego, aby możliwy był wybór rodów najlepszych pod względem wartości hodowlanej. Należy jednak podkreślić, że jeżeli przedmiotem badań jest nie tylko wybór najlepszych rodów, lecz także analiza korelacji pomiędzy cechami i innymi właściwościami wzrostowymi, takich jak odporność na choroby grzybowe itp., powinno mierzyć się wszystkie drzewka na powierzchni.

Autorzy dziękują Narodowemu Funduszowi Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej za sfinansowanie badań.

Praca została złożona 21.12.2004 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 4.03.2005 r.

THE INFLUENCE OF SUBSAMPLING ON ESTIMATION ACCURACY OF HALF SIB FAMILIES BREEDING VALUE IN PROGENY TESTS

Summary

The breeding value of 10 years old half sib Scots pine families was the objective of investigations. The study was conducted on two experimental plots in Mierki and Nowe Ramuki Forest District and in Chrosno and Kutno Forest District. Experiments were established using single tree plots design. The bare root seedlings were planted in spacing 1,5×1,5 m (4444/ha). Scots pine from Syców was used as standard. For all trees, the measurements of DBH were done and the stem straightens, branch thickness and branch angle were estimated using the 5 step scale (1 – the worst score, 5 – the best one). To study the influence of test size limitation on precision of analyses, the same analyses how for all plots were carried out for the data delivered from about 25, 50 as well as 75% area of experimental plots. The data were used to determine the effect of subsampling on the magnitude of statistically detectable differences between families, family heritability and correlation of family means based on different sample sizes.

On both plots in different environmental conditions the results were similar. In summary, increasing the subsampled intensity gave benefit, with little effect over 35 trees.

LITERATURA

- Apiolaza L. A., Burdon R. D., Garrick, D. J. 1999: Effect of univariate subsampling on the efficiency of bivariate parameter estimation and selection using half-sib progeny tests. *For. Gen.*, 6: 79-87.
- Cotterill P. P., James J. W. 1984: Number of offspring and plot sizes required for progeny testing. *Silvae Gen.*, 33: 203-209.
- Giertych M., Mąka A. 1994: Ocena indeksowa dziewięcioletnich rodów sosny (*Pinus sylvestris* L.) z kontrolowanych krzyżówek na plantacji nasiennej. *Arboretum Kórnickie*, 33: 87-107.
- Haapanen M. 1992: Effect of plot size and shape on the efficiency of progeny tests. *Silva Fen.*, 26: 201-209.
- Haapanen M. 1995: Within-plot subsampling of trees for assessment in progeny trials of Scots pine. *Silva Fen.*, 29: 13-19.
- Kowalczyk J., Matras J., Żybura H., Sabor J., Barzdajn W. 2000: Zmienność sosny pospolitej i hodowlana wartość jej proveniencji. Dokumentacja Inst. Bad. Leś., 1-164.
- Kung F. H. 1977: Adjustment and interpretation of progeny tests when only the best tree in each plot is measured. *Silvae Gen.*, 26: 117-119.
- Lindgren D. 1991: Progeny testing in Genetics of Scots pine. [W:] Genetics of Scots pine (eds: M. Giertych, C. Matyas). Akademiai Kiado. Budapest: 191-203.
- McCutchan B. G., Namkoong G., Giesbrecht F. G. 1989: Design efficiencies with planned and unplanned balance for estimating heritability in forestry. *For. Sci.*, 35: 801-815.