

STANISŁAW MIŚCICKI

**Poszukiwanie optymalnej wielkości losowej  
powierzchni próbnej, dla potrzeb inwentaryzacji uszkodzeń  
spowodowanych przez zwierzynę płową  
w drzewostanach I klasy wieku**

Поиски оптимальной величины опытной площади, выбранной по жеребьевке для потребностей инвентризации повреждений вызванных промысловыми животными в насаждениях I класса возраста

Search for the optimum size of random sample plot for the needs of inventory of damage caused by deer in stands of 1st age class

I. WSTĘP. PRZEDMIOT I CEL BADAŃ

**W**wielu krajach Europy w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat wzrasta areal drzewostanów — zwłaszcza najmłodszych klas wieku — uszkodzanych przez zwierzynę płową. Stosowane dotychczas szacunkowe metody określenia wielkości uszkodzeń coraz mniej zadowolają gospodarzy i administratorów lasu. Z tego powodu coraz większe nadzieje pokłada się w statystycznej metodzie inwentaryzacji, którą w odniesieniu do uszkodzeń łowieckich próbuje się stosować od końca lat pięćdziesiątych. W porównaniu z metodą szacunkową dostarcza ona danych wiarygodnych, rozleglejszych tematycznie i określonych z pożądaną dokładnością.

W dotychczasowych inwentaryzacjach uszkodzeń spowodowanych przez zwierzynę płową poszczególni autorzy stosowali dość szeroki zakres wielkości powierzchni próbnych. Korzystali przy tym z najpowszechniejszych powierzchni kołowych, ale także z innych kształtów lub z rodzaju powierzchni zawierających stałą liczbę drzew. K a m m e r l a n d e r (7) do inwentaryzacji zgryzania stosował kwadratowe powierzchnie 4 m<sup>2</sup>, a do inwentaryzacji spałowania i osmykiwania prostokąty 10-arowe (50 × 20 m); P a d a j g a (12) prostokąty 10 m<sup>2</sup> (1 × 10 m); B r a g i e l (1) powierzchnie kwadratowe 25 m<sup>2</sup>; K o r j a k i n (12) prostokąty 50 m<sup>2</sup> (7 × 7,15 m); F e d o r o v (4) powierzchnie kołowe 50 m<sup>2</sup>; K u r t (8) powierzchnie kołowe 78 m<sup>2</sup>; H i l d e b r a n d t (6) powierzchnie kołowe 4-arowe; K a l e c k a j a (12) 100-arowe prostokąty 10 × 1000 m); R a m l a v (12) kwadraty 25-arowe. Posługując się powierzchnią próbną ze stałą liczbą drzew poszczególni autorzy stosowali: P a d a j g a (11, 12) 25 drzew i 100 drzew; G a d o l a i S t i e r l i n (5) 50

drzew; Podkorykin i Wojcehovic (13) 300 drzew. Wymienione wyżej prace nie dają odpowiedzi jaka wielkość i jaki rodzaj powierzchni próbnej są optymalne. Znajomość tej wielkości jest ważna, by móc przeprowadzać inwentaryzację na szeroka skalę. Pomiar wykonany na powierzchni próbnej optymalnej wielkości dostarczą wynik z założoną dokładnością przy najmniejszym nakładzie kosztów lub najdokładniejszy wynik przy założonych kosztach.

W niniejszej pracy podjęto poszukiwanie optymalnej wielkości losowej powierzchni próbnej dla potrzeb inwentaryzacji uszkodzeń spowodowanych przez zwierzynę płową w drzewostanach I klasy wieku. Kryterium optymalizacji było osiągnięcie założonej dokładności dla cechy głównej, tj. ogólnej liczby drzew na jednostce powierzchni, przy najmniejszym nakładzie czasu prac pomiarowych. Obliczenie tej wielkości podjęto dla dwóch rodzajów powierzchni próbnych: dla powierzchni kołowych o stałym areale, z których każda może zawierać inną liczbę drzew i dla powierzchni zawierających stałą liczbę drzew, z których każda może mieć inny areal.

## II. TEORETYCZNE PODSTAWY POSZUKIWANIA OPTYMALNEJ WIELKOŚCI LOSOWEJ POWIERZCHNI PRÓBNEJ

Inwentaryzacja z reguły dostarcza informacji o ilościowym występowaniu wielu cech. Wyniki dla każdej z cech określone są z różnym błędem. Zgodnie z twierdzeniem, że dla większej średniej wariancja jest większa (3), dla cechy najliczniejszej błąd wyrażony liczbą bezwzględną będzie największy. Należy zaznaczyć, że błąd procentowy dla populacji stanowiącej pewną część populacji głównej (najliczniejszej) będzie większy niż dla populacji głównej (9). Poza specjalnymi przypadkami nie oczekuje się jednak małej wartości błędu procentowego dla cechy nie-licznej, w zupełności zadowalając się faktem niewielkiej wartości błędu bezwzględnego. Ponieważ w inwentaryzacji uszkodzeń główna jej część dotyczy określenia liczby osobników drzew z daną cechą (np. liczby drzew spalowanych, liczby drzew z jedną raną itp.), cechą główną — najliczniejszą — jest liczba drzew na jednostce powierzchni. Z tego powodu projektując inwentaryzację uszkodzeń zakłada się najwyższą dokładność względną dla określenia ogólnej liczby drzew.

Ze wzoru na dokładność (błąd oceny) wyrażonego w postaci:

$$S^* = t_{n-1}; \beta \cdot s_a^* \cdot \sqrt{1/n - a/F} \quad (1)$$

lub

$$S = t_{n-1}; \beta \cdot s_a \cdot \sqrt{1/n - a/F} \quad (2)$$

gdzie:  $S^*$  — względna dokładność (błąd) oceny średniej,

$S$  — bezwzględna dokładność (błąd) oceny średniej,

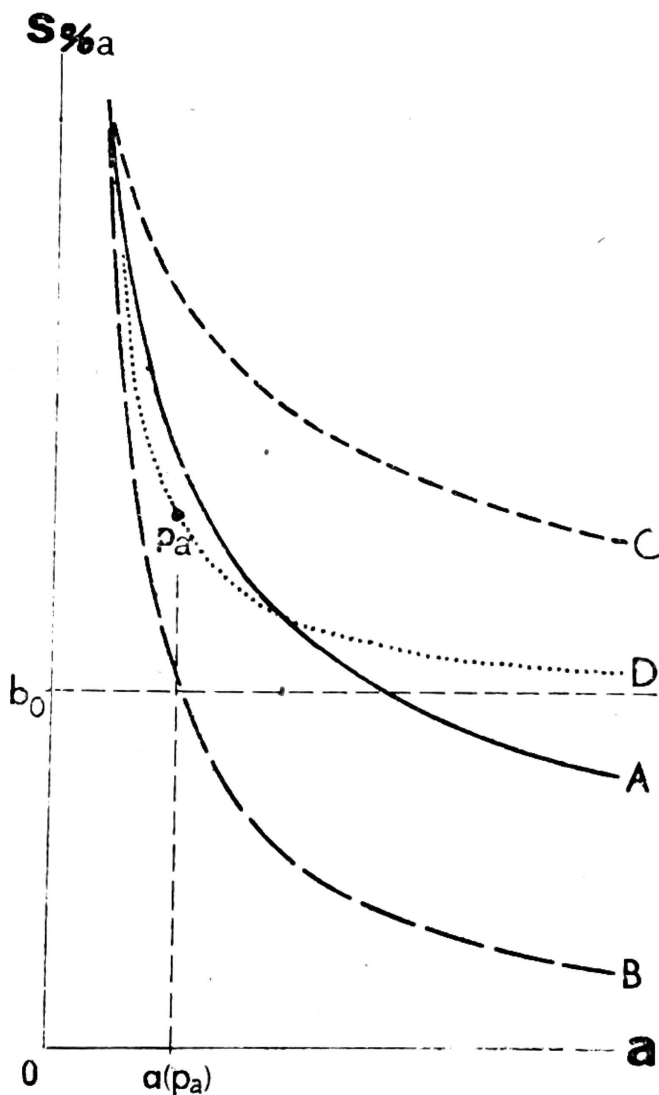
widać, że zależy ona od liczby powierzchni próbnych ( $n$ ), od współczynnika zmienności danej cechy ( $s_a^*$ ) lub od odchylenia standardowego ( $s_a$ ) na powierzchni próbnej wielkości ( $a$ ), od przyjętego poziomu ufności ( $\beta$ )

wpływającego na wartość kwantyla rozkładu t-Studenta ( $t_{n-1}; \beta$ ) oraz w niewielkim stopniu od wielkości drzewostanu (F).

Istotnym faktem jest nieprostoliniowa zależność wartości współczynnika zmienności i odchylenia standardowego liczebności cechy od wielkości powierzchni próbnej<sup>1)</sup>. Na podstawie koncepcji Bruchwalda (2) można przyjąć, że na zmienność liczebności danej cechy na jednostce powierzchni wpływa jej makro- i mikrozmianowanie w drzewostanie. Stąd zależność wartości współczynnika zmienności ( $s\%_a$ ) od wielkości powierzchni próbnej (a) przebiega według wzoru:

$$s\%_a = b_0 + b_1 a^i \quad (3)$$

gdzie:  $b_0, b_1$  — współczynniki równania,  $i$  — wykładnik potęgowy; ( $b_0, b_1$  mają wartości nieujemne). W drzewostanie bez makrozmianowania, które można pominąć w obiekcie homogenym i z bardzo dokładnie przeprowadzoną granicą wyłączenia, wartość  $b_0 = 0$ . W zależności od wartości wykładnika ( $i$ ) drzewostany bez makrozmianowania można podzielić na trzy typy (ryc. 1):



Ryc. 1. Teoretyczna zależność współczynnika zmienności ilości cechy  $x$  na powierzchni próbnej ( $s\%_a$ ) od wielkości tej powierzchni ( $a$ ) w różnych typach drzewostanów

<sup>1)</sup> prześledzenie tej zależności jest znacznie łatwiejsze dla miary względnej, dlatego dalsze rozważania będą oparte o wsp. zmienności

A) w którym  $i=0,5$ , a stosunek wariancji do średniej  $s^2/\bar{x}$  jest stały niezależnie od wielkości powierzchni próbnych; ten typ drzewostanu uważany jest za modelowy w badaniach powierzchni próbnych,

B) w którym  $i<0,5$ , a  $s^2/\bar{x}$  wraz ze wzrostem powierzchni próbnych maleje; ten typ jest charakterystyczny dla plantacji,

C) w którym  $i>-0,5$ , a  $s^2/\bar{x}$  wraz ze wzrostem powierzchni próbnych rośnie; ten typ jest charakterystyczny dla drzewostanów o skupiskowej strukturze.

W drzewostanach z makrozróznicowaniem wartości  $b_0>0$  i z reguły  $i<-0,5$ . Śledząc przebieg zależności współczynnika zmienności danej cechy od wielkości powierzchni próbnej można zauważyć, że wraz ze wzrostem ich wielkości wartość współczynnika początkowo maleje szybciej niż w drzewostanie typu A, a od wielkości  $p_a$  zmiana ta staje się wolniejsza niż w drzewostanie typu A i dąży do wartości  $b_0$ . Taki drzewostan określono jako typ D (ryc. 1).

Dla drzewostanów typu A nie można określić optymalnej wielkości losowej powierzchni próbnej przy założonej wielkości błędu. Wynika to z dwóch przesłanek: przy równej sumie wielkości powierzchni próbnych, niezależnie od wielkości powierzchni losowej, otrzymuje się jednakową wielkość błędu; dla powierzchni próbnych coraz większych udział czasu tyczenia, czynności nie wpływającej na dokładność pomiarów, jest coraz mniejszy. W rezultacie sumaryczny czas pracy potrzebny na założenie i pomiar powierzchni próbnych dających założoną dokładność maleje wraz ze wzrostem ich wielkości.

Na podstawie tych samych przesłanek dochodzi się do wniosku, że dla drzewostanów typu B optymalna wielkość powierzchni próbnej także jest nieokreślona.

W drzewostanach typu C można ustalić optymalną wielkość losowej powierzchni próbnej. Ze względu na wielkość błędu, potrzebna do pomiarów liczba powierzchni próbnych jak najmniejszych miałyby najmniejszy sumaryczny areał. Ponieważ jednocześnie przy zakładaniu powierzchni coraz mniejszych wzrasta udział czasu tyczenia, więc istnieje taka wielkość powierzchni losowej, przy której suma czasu zużytego na pomiary dające założoną wielkość błędu jest najmniejsza.

W drzewostanie z makrozróznicowaniem (typu D) również można ustalić optymalną wielkość powierzchni próbnej. Na podstawie kształtowania się zależności współczynnika zmienności od wielkości powierzchni próbnej można stwierdzić, że wielkość optymalna jest większa niż wielkość odpowiadająca położeniu punktu  $p_a$  (ryc. 1). Należy podkreślić, że drzewostany z makrozróznicowaniem stanowią w naszych warunkach zdecydowaną większość.

### III. OBIEKT BADAŃ

Badania przeprowadzono na terenie uroczyska Głuchów LZD Rogów. Ten kompleks, którego powierzchnia leśna wraz z przyległymi lasami prywatnymi liczy ok. 1200 ha, jest stale zamieszkiwany przez sarnę, a od początku lat siedemdziesiątych również przez jelenia. Dokładna liczba

osobników zwierząt nie jest znana, choć wiadomo, że podlega sezonowym wahaniom. Według własnych szacunków liczba jeleni wynosi ok. 40 osobników, a saren ok. 120.

Do badań wybrano pięć drzewostanów z typu siedliskowego LMśw w wieku: 2 lata (pow. 2,27 ha), 5 lat (pow. 3,77 ha), 8 lat (pow. 2,68 ha), 14 lat (pow. 4,20 ha) i 20 lat (pow. 4,22 ha). Głównym gatunkiem w każdym drzewostanie była sosna, stanowiąca 60—80% liczby drzew; domieszkami były: świerk, modrzew, dąb, brzoza, osika, jarzębina, wierzba, sosna wejmutka i sosna wydmowa; sporadycznie występowały: jodła, grab, buk, olcha, lipa i jesion.

#### IV. METODYKA BADAŃ

Zadanie badawcze sformułowano następująco: przy jakiej wielkości losowej powierzchni próbnej w każdym badanym drzewostanie sumaryczny czas pracy, potrzebny na założenie i pomiar odpowiedniej liczby powierzchni próbnych dających założoną dokładność (błąd) określenia liczebności cechy głównej, jest najmniejszy.

Uznano, że zadanie to można zrealizować poszukując minimum funkcji  $T_{a.sum} = f(a)$ , określającej zależność sumarycznego czasu pracy ( $T_{a.sum}$ ) od wielkości pow. próbnej ( $a$ ). Funkcja ta ma postać:

$$T_{a.sum} = n_a \sum_{a,i} \quad (4)$$

gdzie:  $n_a$  — wymagana liczba powierzchni próbnych wielkości ( $a$ ), którą oblicza się na podstawie przekształconego wzoru (1):

$$n_a = (s^{20}_0 \cdot t^2_{n(a)-1}; \beta) S^{20}_0 = s^2 + a \cdot t^2_{n(a)-1} \beta \cdot a/F$$

$\sum T_{a,i}$  — suma czasu założenia i pomiaru jednej powierzchni próbnej wielkości ( $a$ ). W związku z tym konieczna jest znajomość empirycznej zależności od wielkości powierzchni próbnej ( $a$ ) współczynnika zmienności liczby drzew na powierzchni próbnej ( $s^{20}_0$ ) i czasu wykonania wszystkich rodzajów czynności ( $T_{a,i}$ ).

Przyjęto, że zakres prac na powierzchni próbnej jest następujący: określenie gatunku drzewa, jego roli w strukturze pionowej drzewostanu, jakości hodowlanej, pomiar pierśnicy i wysokości (przy użyciu 5-metrowej tyczki, a w wyższych drzewostanach hipsometru Christena), określenie rodzaju uszkodzenia i jego parametrów (długości i szerokości rany, obwodu pnia w miejscu maksymalnej szerokości rany, wysokości położenia, przy wielu ranach także długości uszkodzonej części pnia). Środek powierzchni próbnej wyznaczono przy użyciu taśmy parcianej i busoli. Granice powierzchni kołowych określono stosując jako promień koła drewnianą tyczkę odpowiedniej długości. Powierzchnie próbne o stałej liczbie drzew zakładano w formie wycinka kołowego. W zakres prac przy wyznaczaniu takiej powierzchni wchodziły trzy czynności: wytyczenie promienia północnego będącego początkiem wycinka, wyznaczenie

granic wycinka zawierającego określoną liczbę drzew, pomiar cięciwy potrzebnej do późniejszego obliczenia powierzchni wycinka kołowego.

Dokonano pomiaru czasu trwania następujących czynności pomiarowych przeprowadzanych przez 2-osobowy zespół: przejścia i wyznaczenia środka następnej powierzchni próbnej, wyznaczenia granicy powierzchni, pomiaru drzew na powierzchni.

Dla obliczenia współczynnika zmienności liczby drzew na powierzchni, a także dla ustalenia czasu potrzebnego na wyznaczenie i pomiar drzew na powierzchni próbnej założono w każdym drzewostanie po 36 powierzchni kołowych o wielkości: 5, 7,5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 i 80 m<sup>2</sup> oraz również po 36 powierzchni próbnych o stałej liczbie drzew zawierających: 5, 10, 15 i 20 drzew. Aby ujednoczyć wpływ makrozróznicowania struktury drzewostanu, dla każdego rodzaju i dla każdej wielkości powierzchni próbnych przyjęto te same ich środki. Dla ustalenia funkcji łącznego czasu obejmującego przejście i lokalizację powierzchni próbnych od odległości między ich środkami, pomierzono w każdym drzewostanie czas przejścia i wytyczania 36 odcinków w zakresie wielkości 10—120 m.

Dla rodzaju powierzchni próbnych o stałym areale zależność współczynnika zmienności liczby drzew na powierzchni od wielkości powierzchni próbnej ujęto funkcyjnie wg wzoru (3). Natomiast dla rodzaju powierzchni próbnych o stałej liczbie drzew przyjęto inne rozwiązanie. Ponieważ dla tego rodzaju powierzchni zmienna jest wielkość ich arealu, obliczono dla każdej z nich zagęszczenie drzew na jednostce powierzchni. Na tej podstawie dla każdej badanej wielkości powierzchni próbnej obliczono współczynnik zmienności zagęszczenia drzew na jednostce powierzchni, a jego zależność od wielkości powierzchni próbnej wyrównano również wg wzoru (3). W związku z tym, że przy małych wielkościach powierzchni próbnych rozkład liczebności w próbie ma asymetrię dodatnią, przed wyrównaniem ww. zależności dokonano korekty współczynników zmienności wg wzoru:

$$s'_{\%a} = s_{\%a} \cdot (t_{n(a)-1}; \beta; \text{asym}) / (t_{n(a)-1}; \beta_{\text{norm}}) \quad (5)$$

gdzie:  $t_{n(a)-1}; \beta; \text{norm}$  — kwantyl rozkładu t-Studenta,  
 $t_{n(a)-1}; \beta; \text{asym}$  — kwantyl obliczony przy zastosowaniu aproksymacji log-normalnej wykorzystującej procedurę Moshmana (10).

Dla każdego drzewostanu obliczono następujące funkcje: ( $T_1$ ) czasu przejścia i wyznaczenia miejsca założenia powierzchni próbnej od odległości między punktami, ( $T_2$ ) czasu wyznaczenia granicy powierzchni próbnej od wielkości powierzchni próbnej i liczby drzew znajdujących się na niej, ( $T_3$ ) czasu pomiaru powierzchni próbnej od znajdującej się na niej liczby drzew i liczby ran spowodowanych przez zwierzynę płową<sup>2)</sup>.

Krzywe regresji opisujące ww. zależności funkcyjne poddano standardowemu badaniu (3).

Po ustaleniu potrzebnych funkcji można było określić zależność czasu wykonania wszystkich pomiarów, potrzebnych do osiągnięcia założonej dokładności, od wielkości losowej powierzchni próbnej, a następnie usta-

<sup>2)</sup> przy obliczaniu tych funkcji dla powierzchni kołowych wykorzystano wyniki pomiaru powierzchni o wielkościach: 10, 20, 30 i 40 m<sup>2</sup>

lic minimum tej funkcji. Wyodrębnienie każdej czynności pomiarowej stworzyło dodatkową możliwość modelowania przebiegu prac inwentaryzacyjnych (łącznie z różnymi schematami lokalizacji powierzchni próbnych). Na podstawie (8) przyjęto, że powierzchnie próbne zakłada się w małych grupach (gronach) lokowanych systematycznie, a niektóre parametry mierzy się tylko na jednej powierzchni z każdej grupy (grona). Prowadzi to do zmniejszenia czasochłonności pomiarów. Obliczenia optymalnej wielkości powierzchni próbnej przeprowadzono dla następującego schematu lokalizacji i pomiarów: trzy powierzchnie próbne tworzą grono, z czego jedna, zwana główną, służy do określenia wszystkich założonych parametrów, a dwie, zwane pomocniczymi, położone w odległości 2,5 ich promienia na N i S od środka powierzchni głównej, służą do określenia gatunku, roli drzewa w strukturze drzewostanu i rodzaju uszkodzenia. Założono, że wielkość błędu przy poziomie ufności  $\beta=0,95$  wynosi  $S^* = \pm 10\%$ . Obliczenia wykonano dla danych wielkości 5 drzewostanów oraz przyjęto do badań wielkości  $F=2,5$  ha oraz  $F=10,0$  ha. Ustalenia optymalnej wielkości powierzchni próbnej, będącej równoznaczną z minimum funkcji sumarycznego czasu pomiarów od wielkości powierzchni próbnej, dokonano metodą kolejnych przybliżeń.

## V. WYNIKI

### 1. Badania dotyczące kołowych powierzchni próbnych

a. Empiryczna zależność współczynnika zmienności liczby drzew na powierzchni próbnej ( $s^*_a$ ) od jej wielkości ( $a$ ) wykazuje przebieg typowy dla drzewostanów z makrozróżnicowaniem (ryc. 2). Wraz ze wzrostem wielkości powierzchni próbnej obserwuje się w zakresie 5—10 m<sup>2</sup> szybkie zmniejszanie wartości ( $s^*_a$ ), w zakresie 10—40 m<sup>2</sup> zmiana ta staje się wolniejsza, a dla wielkości powyżej 40 m<sup>2</sup> wzrost wielkości powierzchni próbnej nie wpływa zauważalnie na zmniejszanie wartości ( $s^*_a$ ). Nie stwierdzono, by różnice wartości współczynników zmienności liczby drzew w drzewostanach spowodowane były ich wiekiem lub zagęszczeniem drzew.

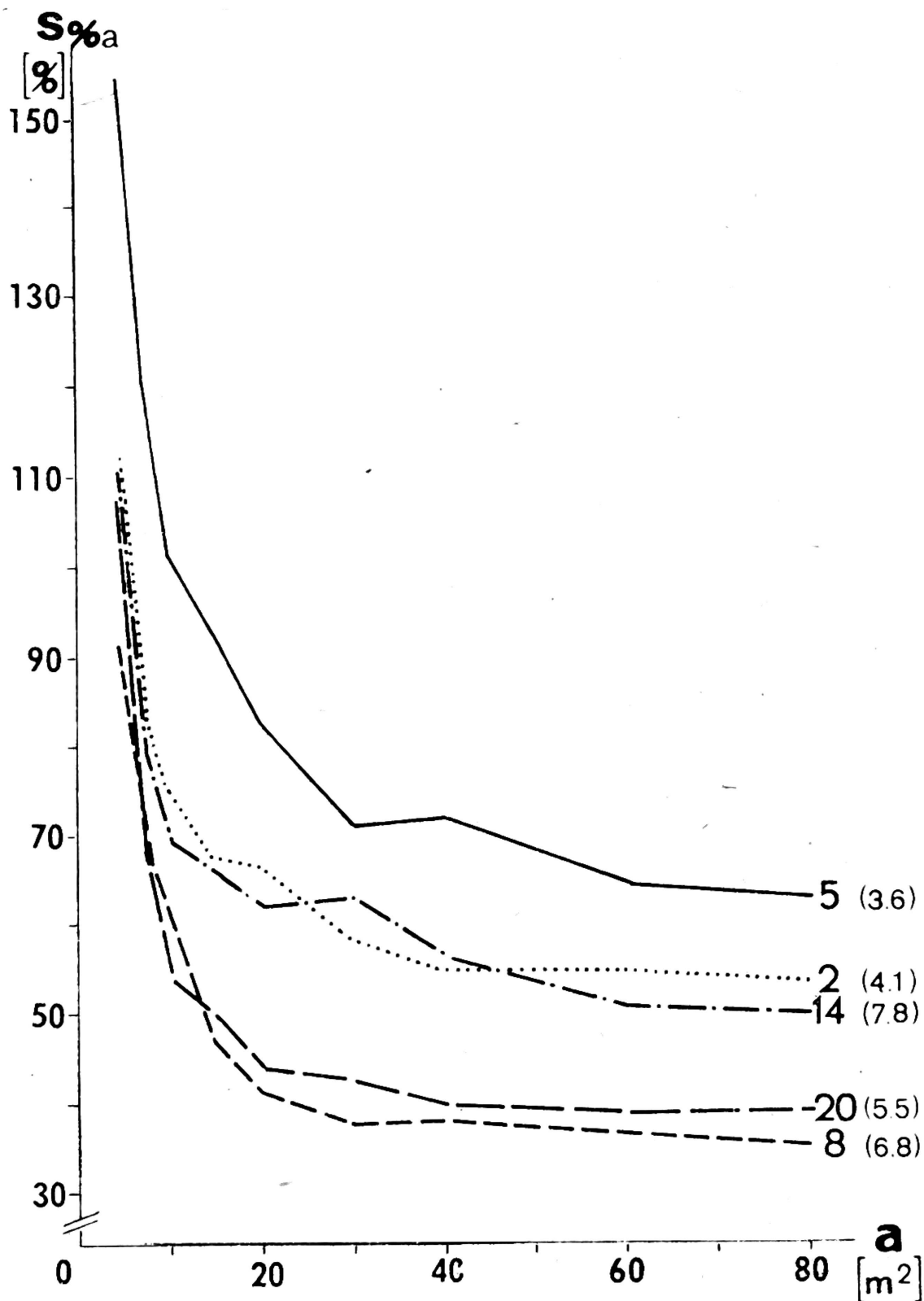
b. Funkcja podająca zależność pracochłonności pomiarów potrzebnych do osiągnięcia założonej dokładności od wielkości kołowej powierzchni próbnej przyjęła postać (ryc. 3):

$$T_{a.sum} = n_a (b_0 + b_1 \sqrt{F/n_a} + b_2 \sqrt{F/n_a} + b_3 K \sqrt{a} + b_4 \sqrt{a} + b_5 a K + b_6 a Z_g)$$

gdzie:  $n_a = (c_0 + c_1 a^{c_2})^2 t^2_{n(a)-1; \beta} / (S^{20\%} + (c_0 + c_1 a^{c_2})^2 t^2_{n(a)-1; \beta} \cdot a(F))$

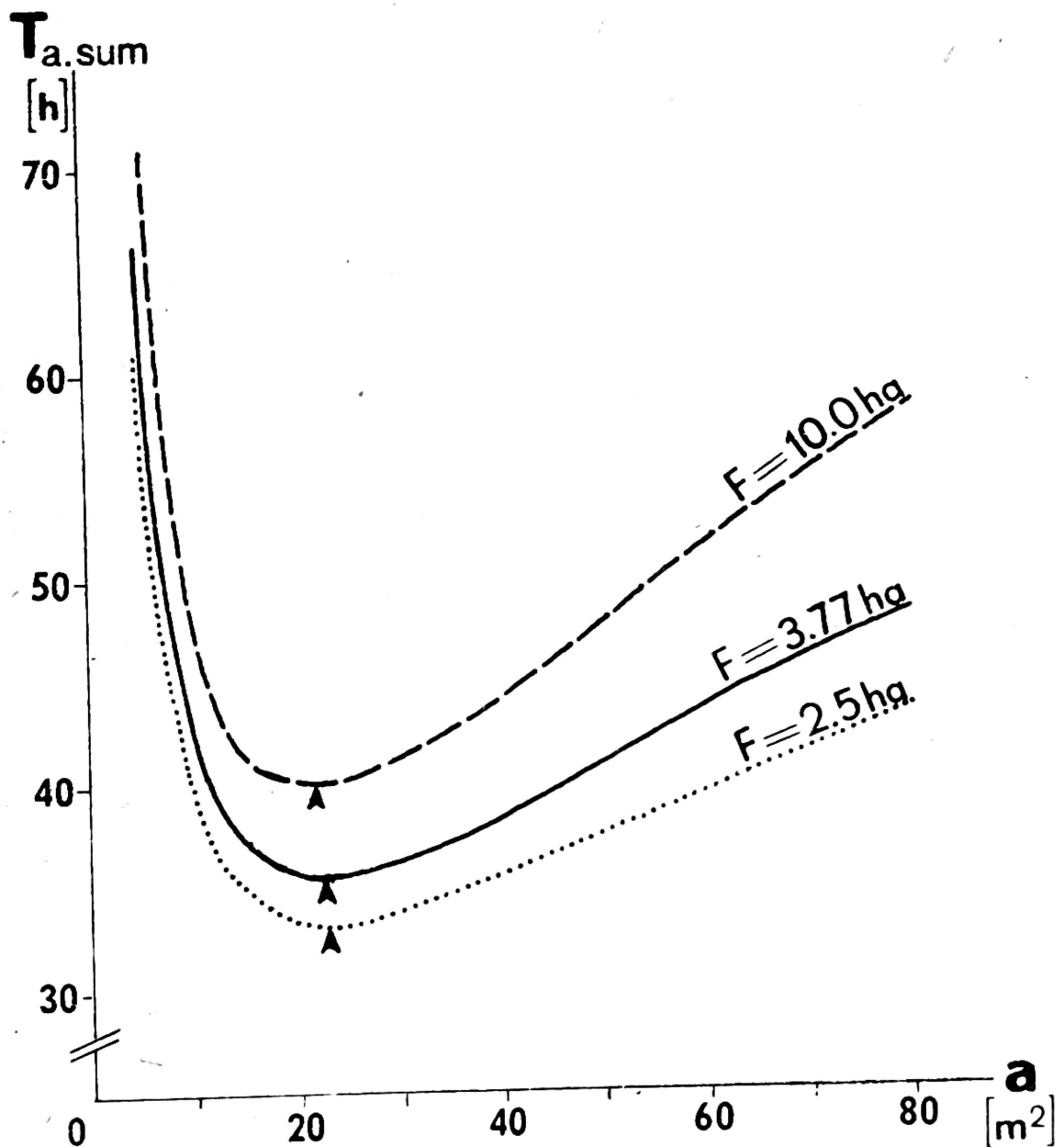
$b_0 \dots b_6, c_0 \dots c_2$  — współczynniki równania zależne od badanego drzewostanu,  $F$  — powierzchnia drzewostanu,  $K$  — liczba drzew na jednostce powierzchni,  $Z_g$  — liczba ran spowodowanych przez zwierzynę płową na jednostce powierzchni,  $S^*$  — założony błąd procentowy,  $a$  — wielkość powierzchni próbnej. Funkcja ta posiada minimum i w tym punkcie wielkość powierzchni próbnej jest optymalna. W miarę wzrostu wielkości

powierzchni próbnej, poczynając od wielkości najmniejszych, następuje gwałtowny spadek sumarycznej pracochłonności, a po przekroczeniu optymalnej wielkości następuje jej wzrost charakteryzujący się wolniejszym tempem (ryc. 3). W miarę wzrostu powierzchni drzewostanu optymalna wielkość powierzchni próbnej ulega niewielkiemu zmniejszeniu. Jest to związane ze wzrostem udziału czasu przeznaczanego na wyznaczenie środków powierzchni próbnych.



Ryc. 2. Empiryczna zależność, skorygowanego ze względu na asymetrię rozkładu, współczynnika zmienności liczby drzew na kołowej powierzchni próbnej ( $S\%a$ ) od wielkości tej powierzchni ( $a$ ); (cyframi oznaczono wiek drzewostanów, w nawiasach podano liczbę drzew w tys./ha)





Ryc. 3. Funkcje sumarycznego czasu prac pomiarowych ( $T_{a:sum}$ ), potrzebnych na osiągnięcie błędu  $S_{\%} = \pm 10\%$ , od wielkości kołowej powierzchni próbnej ( $a$ ) i przy różnych wielkościach drzewostanu ( $F$ ), (na przykładzie drzewostanu 5-letniego)

c. Przytoczona funkcja pozwoliła na obliczenie optymalnej wielkości powierzchni próbnych w każdym badanym drzewostanie. Zakres tych wielkości zawiera się w granicach 14—23 m<sup>2</sup> i wynosi średnio 19 m<sup>2</sup>. Nie zaobserwowano zależności tej wielkości ani od wieku, ani od liczby drzew na jednostce powierzchni w drzewostanie.

## 2. Badania dotyczące powierzchni próbnych ze stałą liczbą drzew

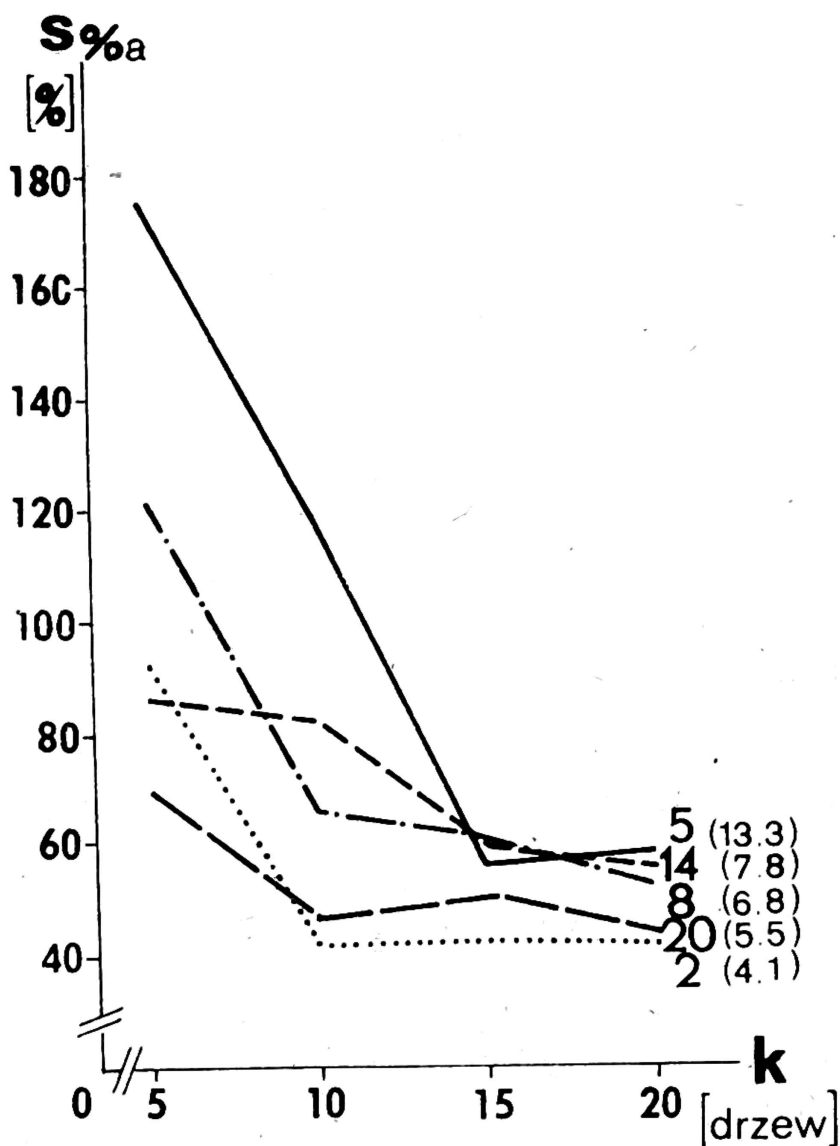
a. Dla powierzchni próbnych ze stałą liczbą drzew nie udało się ustalić ich optymalnej wielkości. Przyjęty zakres (5—20 drzew) i ilość (4) badanych wielkości uniemożliwił wyrównanie do odpowiednich matematycznych postaci, osobno dla każdego drzewostanu, empirycznej zależności

współczynnika zagęszczenia drzew na jednostce powierzchni ( $s\%_a$ ) od wielkości tej powierzchni ( $k$ ) (ryc. 4). Brak tego obliczenia uniemożliwił ustalenie, na podstawie przyjętej metodyki, optymalnej wielkości powierzchni próbnej o stałej liczbie drzew.

b. Obliczona, wspólna dla 5 drzewostanów, krzywa wyrównująca omawianej wyżej zależności przyjęła postać  $s\%_a = 239,6k^{-0,54}$  ( $R = 0,72$  — korelacja istotna przy  $\alpha = 0,01$ ). Rozważania zawarte w części II określają, że przy wykładniku  $i < 0,5$  nie można obliczyć optymalnej wielkości powierzchni próbnej. Tak więc i tu dla badanego zakresu nie można jej ustalić.

c. Zwraca uwagę fakt, że dla powierzchni próbnych o wielkości 5—10 drzew występuje znaczne zróżnicowanie wartości współczynnika zmienności zagęszczenia drzew na jednostce powierzchni (ryc. 4). Natomiast przy wielkości 15—20 drzew następuje jego wyraźne ujednoczenie. Można zaobserwować, że wartość współczynnika ( $s\%_a$ ) jest wyższa w drzewostanach o większej liczbie drzew (przeliczonej na 1 ha). Potwierdza to wynik badania wielorakiej regresji określającej zależność współczynnika zmienności zagęszczenia drzew na jednostce powierzchni ( $s\%_a$ ) od liczby drzew stanowiących powierzchnię próbną ( $k$ ) i od liczby drzew w drzewostanie ( $K$ ) w tys./ha):

$s\%_a = 86,5k^{-0,54}K^{0,54}$  ( $R = 0,90$  — korelacja istotna przy  $\alpha = 0,01$ ; regresje cząstkowe między ( $s\%_a$ ) a ( $K$ ) są istotne przy  $\alpha = 0,01$ ;  $t_k = 6,66$ ,  $t_K = 6,54$ ).



Ryc. 4. Empiryczna zależność, skorygowanego ze względu na asymetrię rozkładu, współczynnika zmienności zagęszczenia drzew na jednostce powierzchni ( $s\%_a$ ) od wielkości powierzchni próbnej ze stałą liczbą drzew ( $k$ ); (cyframi oznaczono wiek drzewostanów, w nawiasach podano liczbę drzew w tys./ha)

## VI. WNIOSKI

1. Dla rodzaju powierzchni próbnych o stałym areale opracowana oryginalna metodyka pozwoliła na obliczenie optymalnej wielkości powierzchni próbnych dla potrzeb inwentaryzacji uszkodzeń spowodowanych przez zwierzynę płową w drzewostanach I klasy wieku. Kryterium optymalizacji była najmniejsza pracochłonność pomiarów dających założoną dokładność określenia liczebności głównej cechy inwentaryzacji. Dla 5 drzewostanów optymalna wielkość zawiera się w granicach 14—23 m<sup>2</sup>, średnio 19 m<sup>2</sup>. Dla potrzeb praktycznych można przyjąć 20 m<sup>2</sup>. Wydaje się celowe powtórzenie badań w innych obiektach leśnych, co umożliwiłoby uzyskanie wiarygodniejszych wyników.

2. Wprawdzie dla powierzchni próbnych o stałej liczbie drzew nie udało się ustalić ich optymalnej wielkości, to jednak uzyskane rezultaty wskazały dalszy kierunek badań. Tak więc należy się skoncentrować na problemie zależności współczynnika zmienności zagęszczenia drzew na jednostce powierzchni od wielkości powierzchni próbnej. Wydaje się, że do poprawnego ustalenia tej zależności potrzebne są badania zakresu wielkości powierzchni próbnych obejmującego 1—30 drzew, odstopnianego tak, by ilość badanych wielkości wyniosła ponad 10.

Z Katedry Urządzania Lasu  
i Geodezji Leśnej SGGW-AR

## LITERATURA

1. Braġiel W.: Szkody wyrządzone przez jelenie *Cervus elaphus* L. na stokach Wołoszyna w Tatrach Wysokich. Sylwan 1976 R. 120 nr 5.
2. Bruchwald A.: Ocena przydatności dla praktyki gospodarczej sposobów określania miąższości drzewostanu. Zesz. Nauk. SGGW Rozpr. Nauk. 1973 nr 25.
3. Elandt R.: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. Warszawa: PWN 1964.
4. Fedorov F.F.: Izbiratelnyj charakter povreżdenij nanosimych losem kulturam sosny. Les. Choz. 1979 nr 12.
5. Gadola C., Stierlin H.R.: Die Erfassung von Verbiss- und Fegeschäden in Jungwaldflächen. Schweiz. Z. Forstw. 1978 Jg. 129 Nr. 9.
6. Hildebrandt G.: Beobachtungen über die Verteilung der Schältschäden in Fichtenbeständen. Allg. Forst. u. Jagdztg. 1959 Jg. 130 H. 8.
7. Kammerlander H.: Aufbau, Verjüngung und Verbissgefährdung der Plenterwälder im Raum Kufstein (Triol). Schweiz. Z. Forstw. 1978 Jg. 129 Nr. 9.
8. Kurt A.: Wildschadenermittlung im Kanton Schwyz. Schweiz. Z. Forstw. 1964 Jg. 115 Nr. 1—2.
9. Loetsch F., Haller K.E.: Forest inventory. BLV München, Basel, Wien 1964.
10. Moshman J.: Critical values of the log-normal distribution. J. of the Am. Statis. Assoc. 1953 Vol. 48.
11. Padajga V.: Lesochozjajstvennaja ocenka povreždenija lesa oleniami. Darbai 1970 T. 13.

12. Padajga V.: Metody izučeniya vlijanija olonej na lesovozobnovlenie. Lesovedenie 1974 nr 1.
13. Podkovyrkin B.A., Vojesechovič A.N.: Vlijanie losej na sosnovye molodnjaki v Leningradskoj oblasti. Mežv. Sb. Zasc. Lesa 1979 vyp. 4.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 28 grudnia 1983 r.

### Краткое содержание

Для двух видов опытных площадей: постоянного ареала с изменяющимся количеством деревьев и изменчивого ареала с постоянным количеством деревьев, принято задание определения оптимальной величины этих площадей для нужд инвентаризации повреждений вызванных промысловыми животными в насаждениях I класса возраста. Критерием оптимализации была самая талая срудоемкость измерительных работ необходимых для достижения задуманной точности для определения численности главной особенности инвентаризации (общего количества деревьев). Учитывая ход зависимости коеффициента изменчивости свойства  $X$  на опытной площади ( $S_{\%a}$ ) от её величины ( $a$ ) выделено четыре типа насаждений, у которых в двух: С и Д (рис. 1) можно искать оптимальную величину опытной площади. Для вида площади с постоянным ареалом (круглых) на основании эмпирических данных вычислена функция суммарной срудоемкости полевых работ, необходимых для достижения задуманной точности ( $T_{a.sum}$ ) от величины опытной площади ( $a$ ) и определено их оптимальную величину (яис. 3). Равняется она, в зависимости от насаждения, 14—23 м<sup>2</sup>, в среднем 19 м<sup>2</sup>. Для вида площади с постоянным количеством деревьев, из-за слишком небольшого материала, не достигнута цель работы. Результаты показали необходимость более обширных исследований зависимости коеффициента изменчивости плотности деревьев на единице площади от величины опытной площади.

### Summary

For two kinds of sample plots, i.e. of constant acreage with changing number of trees and of changing acreage with constant number of trees, the author tried to find the optimum size of these plots for the needs of inventory of damage caused by deer in stands of 1st age class. As criterion of the optimization, the author used the least labour consumption of measurement work necessary for obtaining the adopted exactness of determination of the number of the main inventory feature (total number of trees). Taking into account the relation between the variation coefficient of the feature  $X$  in a sample plot ( $s_{\%a}$ ) and the size ( $a$ ) four types of stands were distinguished. In two of them, C and D (fig. 1), one can search for the optimum size of sample plot. For the kind of (circular) plot of constant acreage, on the base of empirical data, the functions of total labour consumption of field work necessary for obtaining the adopted exactness ( $T_{a.sum}$ ) of the size of sample plot ( $a$ ) were conducted and their optimum size was determined (fig. 3). It amounts, in dependence on the stand, to 14—23 m<sup>2</sup>, on the average to 19 m<sup>2</sup>. For the kind of plot with constant number of trees, because of too scanty material, the aim of the work was not obtained. The studies showed the necessity of more comprehensive studies on the dependence of the variation coefficient of the density of trees on an area unit on the size of the sample plot.