

Anna Justyna Kwiatkowska

Ewa Symonides

Zakład Fitosocjologii i Ekologii Roślin

Instytut Botaniki

Uniwersytet Warszawski

Al. Ujazdowskie 4

00-478 Warszawa



METODYKA

Wpływ skupiskowej struktury przestrzennej na ocenę zagęszczenia populacji roślinnych

**Influence of aggregated spatial
structure on estimations of density
of plant populations**

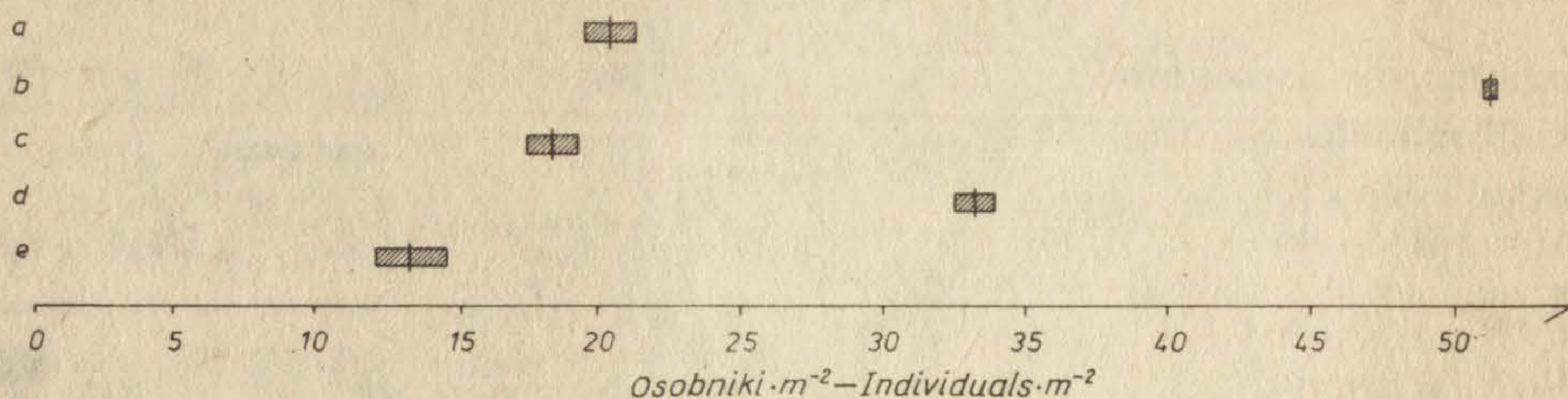
1. Wstęp

Przegląd literatury dotyczącej sposobów pomiaru zagęszczenia populacji roślin wyższych (K w i a t k o w s k a i S y m o n i d e s 1978a) prowadzi do dwóch zasadniczych wniosków: (1) Wobec dużej liczby różnorodnych metod odczuwa się brak badań porównawczych, przeprowadzonych dla tego samego obiektu w warunkach naturalnych, które miałyby na celu sprawdzenie wiarygodności uzyskanych za ich pomocą wyników. (2) W wielu sposobach oceny zagęszczenia pomija się istotną kwestię wpływu struktury przestrzennej obiektu badawczego na wynik pomiaru, przy czym uwaga ta dotyczy zwłaszcza metod bezpowierzchniowych.

Badania Cottama i Curtisa (1956) ugruntowały powszechne w literaturze przedmiotu przeświadczenie o jednakowej wartości i przydatności wszystkich metod bezpowierzchniowych. Należy jednak zaznaczyć, że przeprowadzona przez wymienionych autorów porównawcza analiza metod bezpowierzchniowych dotyczyła wyłącznie układu modelowego i to o losowym typie rozmieszczenia przestrzennego osobników, rzadko spotykanym w populacjach naturalnych. Dla naturalnej populacji „skupiskowej” wykazano natomiast (K w i a t k o w s k a i S y m o n i d e s 1978b) duże różnice wartości zagęszczenia, oszacowanego za pomocą kilku najczęściej stosowanych metod (rys. 1).

Ze względu na to, że tendencja do skupiania się osobników w naturalnych populacjach roślinnych jest raczej regułą niż wyjątkiem (S y m o n i d e s 1979), wybór właściwego schematu pobierania prób i odpowiedniej metody oceny zagęszczenia przy skupiskowej strukturze przestrzennej populacji nabiera szczególnego znaczenia.

Celem artykułu jest przedyskutowanie przyczyn rozbieżności w ocenie zagęszczenia tego samego obiektu przeprowadzonej różnymi metodami oraz wska-



Rys. 1. Przedziały ufności dla średniej wartości zagęszczenia (osobniki na 1 m²) populacji *Vaccinium myrtillus* L. oszacowanej metodami: a – powierzchniową (0,25 m²), b – powierzchniową (0,01 m²), c – punktową, d – najbliższego sąsiada, e – ruchomego kąta

Confidence intervals for the average density of *Vaccinium myrtillus* L. per 1 m² in the methods of: a – surface (basal unit of 0.25 m²), b – surface (basal unit of 0.01 m²), c – closedst individual, d – nearest neighbour, e – wandering quarter

zanie takich metod i schematów doświadczalnych, które w największym stopniu spełniają warunek reprezentatywności statystycznej i strukturalnej próby. Podstawą rozważań są wyniki wcześniejszej pracy (Kwiatkowska i Symonides 1978b) dotyczącej porównawczej analizy metod oceny zagęszczenia.

Obiektem badań była populacja *Vaccinium myrtillus* L. o skupiskowym typie rozkładu osobników, wykazanym za pomocą metod kartograficznych oraz testem χ^2 na zgodność rozkładu empirycznego z odpowiednim modelem rozkładu teoretycznego. W analizie porównawczej uwzględniono metody powierzchniowe (próby: 0,25 m² i 0,01 m²) oraz najbardziej różniące się między sobą metody bezpowierzchniowe: punktową (Cottam, Curtis i Hale 1953), najbliższego sąsiada (Clark i Evans 1954) i ruchomego kąta (Cattana 1963). We wszystkich zastosowano systematyczny schemat pobierania prób, a ocenę zagęszczenia oparto na reprezentatywnej statystycznie liczbie pomiarów: po 300 dla metod bezpowierzchniowych oraz 100 (0,25 m²) i 700 (0,01 m²) dla metod powierzchniowych¹.

2. Przyczyny rozbieżności ocen zagęszczenia

Dyskutując przyczyny rozbieżności w ocenach zagęszczenia przy różnych sposobach pomiaru należy podkreślić, że dla wszystkich metod został spełniony warunek reprezentatywności statystycznej próby; każdą metodą zostały zatem

¹Próby pobierano z powierzchni badawczej o kształcie kwadratu i wymiarach 10 × 10 m, zlokalizowanej w centrum biochory fitocenozy boru mieszanego. Na powierzchni wyznaczono co 1 m 10 transektów równoległe do jednego jej boku. Miejsca pobierania prób na transektach uzależnione były od metody pomiaru zagęszczenia: w metodzie powierzchniowej punkty pobierania prób (o kształcie koła i powierzchni 0,25 m²) wyznaczała sieć trójkątów. Próby o powierzchni 0,01 m² pochodziły z siedmiu jednometrowych krat o kształcie kwadratu, losowo rozmieszczonych na powierzchni badań. Każda krata podzielona była na 100 równych poletek podstawowych. W metodach: punktowej i najbliższego sąsiada pobierano próby z trzystu jednakowo odległych od siebie punktów, wytyczonych wzdłuż każdego transektu; w metodzie ruchomego kąta od losowo wyznaczonych na liniach granicznych punktów początkowych i w losowo wybranych kierunkach przeprowadzono pomiary w kilku seriach, tak by łączna ich liczba wynosiła 300.

oszacowane wiarygodne statystycznie przeciętne wartości zagęszczenia. Rozbieżności tych nie można także tłumaczyć wpływem sposobu pobierania prób, bowiem we wszystkich metodach zastosowano ten sam schemat systematyczny. Próby mogły zatem – niezależnie od metody – odzwierciedlać w podobnym stopniu przestrzenne relacje pomiędzy strefami skupień i „rozrzedzeń” osobników w obrębie biochory. W tej sytuacji przyczyną różnych ocen zagęszczenia może być niejednorodność zbiorowości generalnej.

Teoretycznie – zbiorowość generalną stanowią wszystkie osobniki populacji występujące w obrębie biochory. Zbiorowość ta charakteryzuje się określonymi wartościami liczebności i zagęszczenia, które jednak ze względów praktycznych nie mogą pełnić roli „wzorca dokładności” dla różnych metod. Ponieważ badania ekologiczne nie mogą być przeprowadzone zgodnie ze schematem indukcji zupełnej, rolę takiego wzorca pełni zazwyczaj duża powierzchnia badawcza o ściśle wytyczonych granicach, założona w centrum biochory. Wartość zagęszczenia uzyskana dla tej powierzchni stanowić będzie w dalszych rozważaniach punkt odniesienia przy ocenie dokładności metod i porównywaniu metod pomiędzy sobą. Praktycznie zatem zbiorowość generalną stanowią wszystkie osobniki występujące na powierzchni badawczej.

Pod względem liczby osobników przypadających na jednostkę powierzchni zbiorowość generalna z reguły jest niejednorodna. Można w niej wyróżnić co najmniej dwa podzbiory: o wyższej (w skupieniach) i niższej (w „rozrzedzeniach”) wartości średniego zagęszczenia. Z uwagi na tę niejednorodność należy przeanalizować: (1) czy we wszystkich metodach daje się zachować warunek reprezentatywności strukturalnej próby; (2) czy próba w każdej z metod reprezentuje tę samą zbiorowość generalną, czy też któryś z podzbiorów; w drugim przypadku istotne jest, jaki podzbiór uwzględniają poszczególne metody; wreszcie (3) w jakim stopniu poszczególne metody pomiaru odnoszą się do zbiorowości generalnej i z jaką dokładnością szacowana jest rzeczywista wartość zagęszczenia. Zastrzeżenia te należy uwzględniać przy rozpatrywaniu zakresu stosowalności poszczególnych metod oceny zagęszczenia populacji „skupiskowych”.

3. Zakres stosowalności metod oceny zagęszczenia

3.1. Metody powierzchniowe

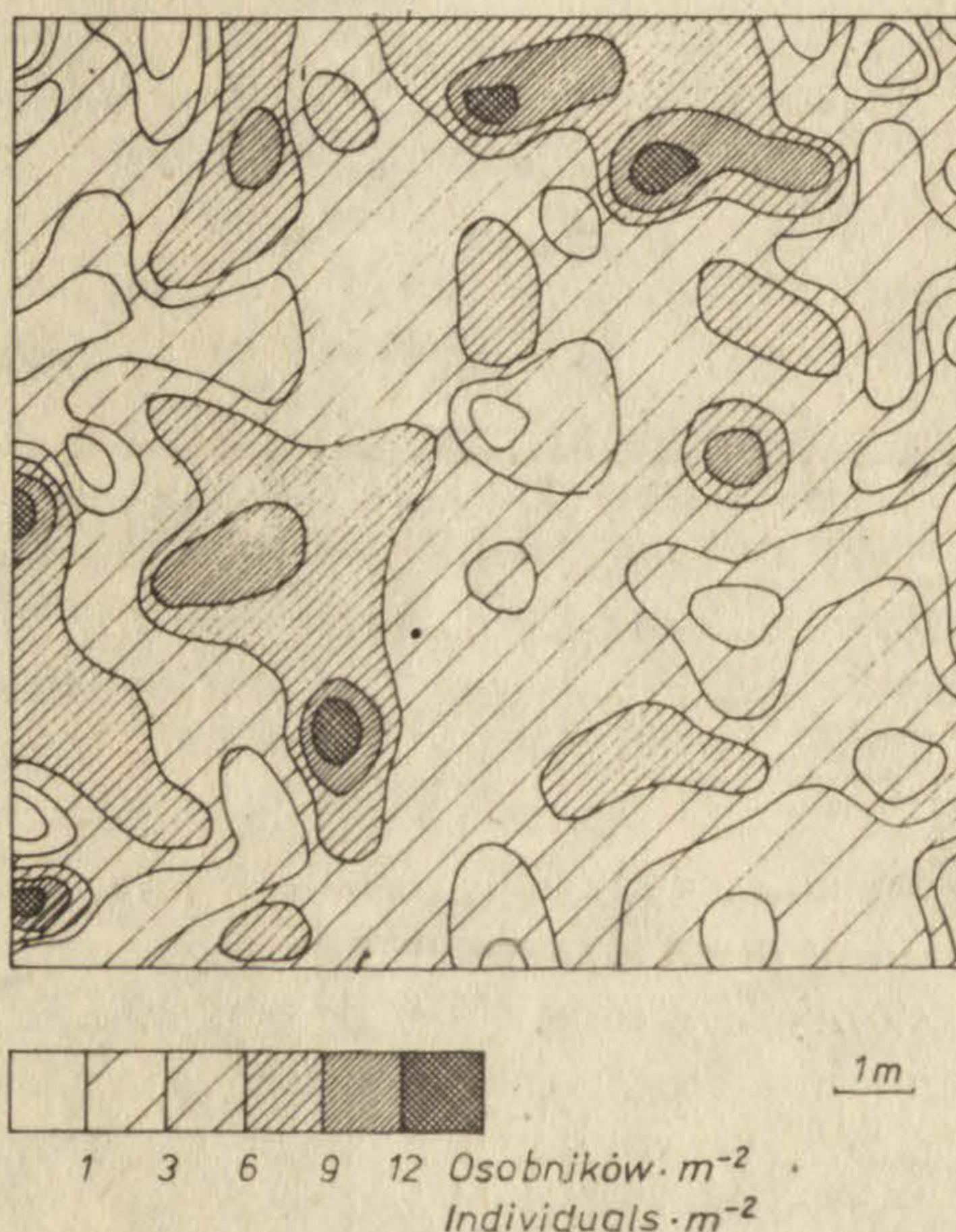
W metodach powierzchniowych miejsca pobrania prób powinny reprezentować wszystkie części biochory w jednakowym stopniu, przy czym stosunek całkowitej powierzchni próby do powierzchni biochory nie może być rażąco niski.

Zależnie od wielkości powierzchni podstawowej, liczebności próby oraz schematu jej pobierania ocena zagęszczenia odpowiada różnym skalom struktury przestrzennej populacji.

W przypadku małej powierzchni podstawowej (np. 0,01 m²) szczególnie istotną rolę odgrywa schemat pobierania prób. Przy tej samej liczebności próby można bowiem zastosować schemat: gronowej próby powierzchniowej (krata), systematyczno-losowy lub w układzie tzw. sieci (Kwiatkowska i Symonides 1978a).

W pierwszym przypadku jednostki obserwacyjne są od siebie zależne, a próby opisują łącznie jeden (lub kilka) określonych fragmentów biochory. Przy

niewielkiej liczbie krat i losowo wyznaczonym miejscu ich założenia ocena zagęszczenia populacji skupiskowej będzie w dużym stopniu przypadkowa, zależna od tego, czy kraty znajdują się w skupieniach, czy też w „rozrzedzeniach”. Wynik pomiarów będzie się zatem odnosił albo do podzbioru skupień, albo do podzbioru „rozrzedzeń”. Jeżeli w obrębie biochory przeważającą część powierzchni zajmują obszary „rozrzedzeń”, zaś obszary „przegęszczeń” są rozmieszczone losowo, to z dużym prawdopodobieństwem można oczekiwać, że wynik – reprezentatywny dla „rozrzedzeń” – będzie sztucznie obniżony w stosunku do średniej generalnej (rys. 2). W sytuacji, kiedy przeważają obszary „zagęszczone”, przy losowym rozmieszcze-

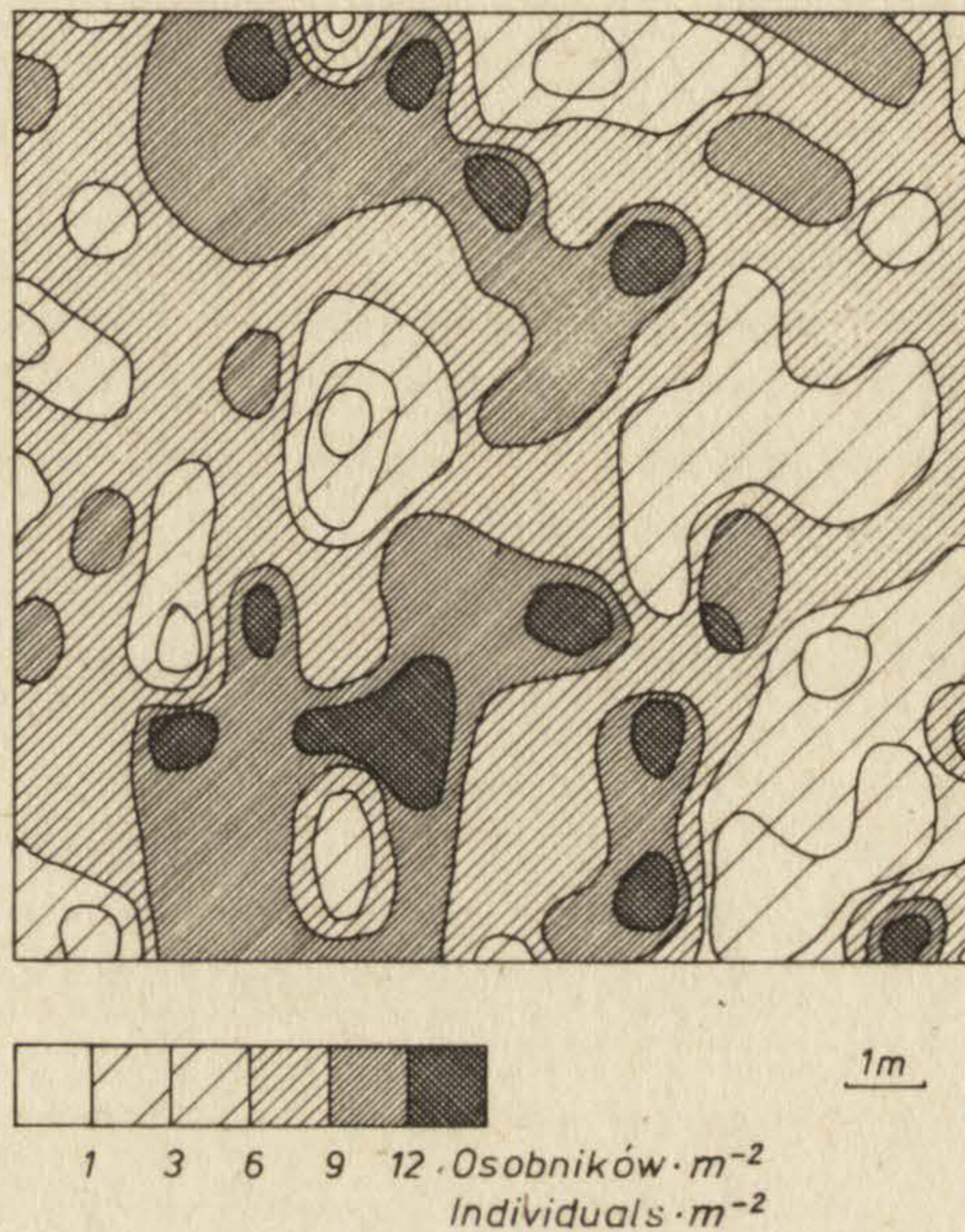


Rys. 2. Struktura przestrzenna populacji *Galeobdolon luteum* L. w płacie *Tilio-Carpinetum typicum*
Spatial structure of *Galeobdolon luteum* L. in the patch of *Tilio-Carpinetum typicum*

niu obszarów „rozrzedzonych” można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że wynik – reprezentatywny dla skupień – okaże się sztucznie podwyższony w stosunku do średniej generalnej (rys. 3). Jeżeli jednak skupienia nie są rozmieszczone w obrębie biochory losowo, nie można przewidzieć ani kierunku odchylenia wyniku od średniej, ani też zakresu reprezentatywności strukturalnej danych.

Przy schemacie systematyczno-losowym i sieciowym należy zwrócić uwagę na wielkość sumarycznej powierzchni prób, a zwłaszcza na stosunek tej wielkości do powierzchni biochory. Aby nie był on zbyt niski, trzeba najczęściej uwzględnić bardzo dużą liczbę jednostek obserwacyjnych. Liczebność próby ustala się empirycznie na podstawie estymacji punktowej (Vasilevič 1969, Kwiatkowska i Symonides 1978b) lub przedziałowej (Greń 1974), tak by spełniała warunek reprezentatywności statystycznej. Bardziej ekonomiczne (w sensie pracochłonności) jest jednak stosowanie większej powierzchni próbnej przy zmniejszonej liczebności,

niż mniejszej powierzchni próbnej przy odpowiednio większej liczebności prób². Wobec sygnalizowanego wielokrotnie w literaturze przedmiotu wpływu wielkości powierzchni podstawowej na ocenę zagęszczenia, optymalny rozmiar tej powierzchni trzeba ustalać empirycznie (Greig-Smith 1952, Greig-Smith i Kershaw 1958, Kershaw 1964).



Rys. 3. Struktura przestrzenna populacji *Galeobdolon luteum* w płacie *Ficario-Ulmetum typicum*
Spatial structure of *Galeobdolon luteum* in the patch of *Ficario-Ulmetum typicum*

Znaczne różnice w ocenie zagęszczenia uzyskanej metodami powierzchniowymi z dużą i małą powierzchnią podstawową (rys. 1) wynikają, po pierwsze, z potraktowania danych z powierzchni 0,01 m² jako prób niezależnych, po drugie zaś, z różnej wielkości jednostek podstawowych. Mimo pozornie wystarczającej liczby jednostek obserwacyjnych (700) zależność przestrzenna prób w układzie kraty powoduje, że analiza odnosi się do zaledwie kilku (7) „punktów” biochory. W ocenie wartości średniego zagęszczenia dla całej populacji należy zatem szacować wartość średniej dla liczebności próby równej liczbie krat, a nie liczbie jednostek podstawowych. W efekcie wartość przedziałów ufności zamknie się wówczas w szerokich granicach i znacznie wzrośnie wartość błędów średniej.

Przy gronowym układzie prób w kratce, stosunkowo małej sumarycznej powierzchni próby oraz losowym rozmieszczeniu krat nie ulega wątpliwości, że próba nie oddaje relacji przestrzennych zachodzących pomiędzy „skupieniami”

²Na przykład dla populacji *Vaccinium myrtillus* warunek reprezentatywności statystycznej i strukturalnej próby jest spełniony wówczas, gdy próba uwzględnia 100 punktów przy jednostce podstawowej 0,25 m² (Kwiatkowska i Symonides 1978b).

i „rozzrzedzeniami” na powierzchni badawczej. Nie jest tym samym reprezentatywna strukturalnie dla całej zbiorowości generalnej, zwłaszcza wówczas, gdy wielkość dużych „skupień” i „rozzrzedzeń” przekracza powierzchnię zastosowanej kraty.

3.2. Metody bezpowierzchniowe

W przeciwieństwie do metod powierzchniowych w metodach bezpowierzchniowych wartość zagęszczenia oblicza się pośrednio: z pomiarów odległości i modelowo ustalonych współczynników (D i c e 1952). Zrozumiałe są więc pewne różnice w wynikach uzyskanych za pomocą metod należących do jednej lub drugiej grupy, tym niemniej wartość zagęszczenia powinna być przynajmniej tego samego rzędu wielkości. Tymczasem wcześniejsze badania (K w i a t k o w s k a i S y m o n i d e s 1978b) wykazały, że mniejsze lub większe różnice przy wzajemnym porównaniu wyników każdej pary metod są niezależne od tego, czy metody te należą do jednakowej, czy też do różnych kategorii (rys. 1).

W obrębie metod bezpowierzchniowych – punktowa i ruchomego kąta dają wyniki tego samego rzędu wielkości (kilkanaście osobników na 1 m² w przypadku *Vaccinium myrtillus*), zdecydowanie natomiast odbiega od nich wartość zagęszczenia oszacowana metodą najbliższego sąsiada.

Metoda punktowa daje wynik najbliższy wartości uzyskanej za pomocą metody powierzchniowej o dużej jednostce podstawowej pod warunkiem, że zastosuje się identyczny schemat pobierania prób, tak by w obu przypadkach zachowany był warunek reprezentatywności strukturalnej. Różnice pomiędzy obu metodami prawdopodobnie wynikają wówczas z pośredniego – w jednej – i bezpośredniego – w drugiej – sposobu oceny zagęszczenia. Ze względu na bezpośredni sposób pomiaru (przy spełnionym warunku reprezentatywności próby) najbliższą rzeczywistej wartości średniej jest wartość \bar{x} z prób powierzchniowych o dużej jednostce obserwacyjnej (np. 0,25 m²).

Nieco bardziej różnią się zarówno od metody punktowej, jak też od powierzchniowej, wyniki uzyskane metodą ruchomego kąta. W porównaniu z innymi metodami bezpowierzchniowymi – pomiary w metodzie ruchomego kąta uwzględniają najszerszy zakres wartości, jakie może przyjmować zmienna losowa, przy czym jest tu największe prawdopodobieństwo uchwycenia dużych wartości odległości pomiędzy osobnikami. Schematu pobierania próby nie można sprowadzić do jakiegokolwiek regularnej siatki geometrycznej. Z istoty metody wynika bowiem, że miejsce kolejnych pomiarów wyznacza położenie samych osobników, którego nie można z góry przewidzieć. Sieć punktów – miejsc pobierania próby – tworzy się zatem empirycznie dopiero w trakcie wykonywania pomiarów; musi się więc różnić od wszelkich innych schematów pobierania prób. Z tego samego względu mimo wielu serii pomiarów poszczególne części biochory mogą być reprezentowane w niejednakowym stopniu. Wartość przeciętnego zagęszczenia w metodzie ruchomego kąta musi się zatem różnić, w większym lub mniejszym stopniu, od wyników metod operujących innym schematem pobierania prób.

Niepodważalną zaletą metody ruchomego kąta jest zachowanie rzeczywistego następstwa przestrzennego odległości pomiędzy osobnikami. Niejako automatycznie rejestruje się bowiem w pomiarach zarówno wielkość przekroju skupień i „rozzrzedzeń”, jak też wartość odległości pomiędzy osobnikami w skupieniach i „rozzrzedzeniach”. Do zalet metody należy także jej uniwersalność. Pozwala ona

nie tylko oszacować przeciętne zagęszczenie dla całej populacji, lecz także osobno dla skupień i „rozrzedzeń”. Pozwala ponadto przetestować typ rozkładu przestrzennego populacji, np. metodą nieparametrycznego testu serii w modyfikacji medianowej (Kwiatkowska 1972).

Metodą najbliższego sąsiada uzyskuje się zwykle wyższe niż w innych metodach wartości przeciętnego zagęszczenia, co związane jest z największym prawdopodobieństwem uchwycenia małych wartości odległości pomiędzy osobnikami populacji. Jednocześnie metoda ta charakteryzuje się najmniejszą zmiennością wartości zagęszczenia, o czym świadczą najniższe w porównaniu z innymi metodami wartości rozstępu i odchylenia standardowego. W porównaniu z innymi metodami bezpowierzchniowymi uwzględnia ze zbioru ogółu wartości przede wszystkim te, które zmienna losowa podporządkowuje zdarzeniom elementarnym należącym do obszaru skupień. Wynika to z założeń samej metody, według których mierzy się odległości wyłącznie między najbliższymi osobnikami. Sposób wyboru osobników, od których wykonuje się pomiary, odgrywa tu mniejszą rolę. Niezależnie od tego, czy osobnik będzie wybrany losowo, jak w metodzie najbliższego sąsiada, czy też będzie to osobnik pośrednio wyznaczony przez punkt, jak w metodzie par losowych, pomiar dotyczy w obu przypadkach odległości między nim a jego najbliższym „sąsiadem”.

Selektywność pomiaru powoduje, że w obu metodach szacunek zagęszczenia w stosunku do średniej generalnej będzie sztucznie podwyższony i to w tym większym stopniu, im większą powierzchnię będą zajmowały skupienia oraz im bardziej sposób rozmieszczenia tych skupień będzie bliższy losowego. W tych przypadkach wzrasta bowiem prawdopodobieństwo wykonania pomiarów w skupieniach.

W populacjach o hierarchicznie skupiskowej strukturze przestrzennej, charakterystycznej np. dla roślin tworzących polykormony, wartości średniego zagęszczenia oszacowane metodą najbliższego sąsiada są szczególnie wysokie. Wynika to z przestrzennej bliskości osobników pomnożonych wegetatywnie i połączonych ze sobą częściami podziemnymi. Bez względu na to, czy wyznaczony osobnik, od którego wykonujemy pomiary, znajduje się w skupieniu czy w „rozrzedzeniu”, jego najbliższy „sąsiad” musi znajdować się w niewielkiej odległości.

W metodzie najbliższego sąsiada trudno jest jednoznacznie określić, do jakiej zbiorowości generalnej odnoszą się uzyskane wyniki. Ze względu na założenia metody trzeba się bowiem liczyć z selektywnym wyborem wartości wyższych, spośród wszystkich wartości, jakie zmienna losowa przypisuje zdarzeniom elementarnym. Z drugiej zaś strony wynik odnosi się do zbioru wartości odpowiadających obszarowi mikroskupień. Selektywność metody najbliższego sąsiada jest zatem dwupłaszczyznowa: dotyczy zarówno zbioru wszystkich wartości, jakie może przyjmować zmienna, jak też podzbioru zdarzeń elementarnych, odpowiadającego skupieniom.

Reasumując w przypadku populacji skupiskowej spośród bezpowierzchniowych metod pomiaru zagęszczenia reprezentatywne wyniki dla całej zbiorowości generalnej dają metody: ruchomego kąta i punktowa, pod warunkiem odpowiedniego schematu pobierania prób. Szczególnie godna zalecenia jest metoda ruchomego kąta ze względów merytorycznych (uniwersalność) oraz praktycznych (łatwość i szybkość wykonania pomiarów). Metody najbliższego sąsiada i par losowych nie

dają wyników reprezentatywnych; ich stosowanie powinno być ograniczone do specyficznych, wybranych zagadnień.

Trzeba także podkreślić, że wartość współczynnika zmienności nie zawsze powinna być głównym kryterium przydatności metody. Wystarczy wskazać, iż tendencyjne zmniejszenie zmienności, jak w przypadku metody najbliższego sąsiada, jest jej istotnym mankamentem, w przeciwieństwie do metody ruchomego kąta. Metoda ruchomego kąta może rejestrować nawet zdarzenia rzadkie, a zatem dawać wysokie wartości współczynnika zmienności, co bynajmniej nie dyskwalifikuje jej przydatności i poprawności merytorycznej.

4. Podsumowanie

Podstawowa przyczyna rozbieżności wyników oceny zagęszczenia naturalnej populacji „skupiskowej” przy zastosowaniu różnych metod pomiaru polega na tym, że z założenia nie wszystkie spełniają warunek reprezentatywności strukturalnej próby. W konsekwencji uzyskiwane za ich pomocą wyniki nie zawsze odnoszą się do zbiorowości generalnej, charakteryzują natomiast jedynie któryś z podzbiorów: „skupień” lub „rozrzedzeń”.

Warunku strukturalnej reprezentatywności próby nie spełnia metoda powierzchniowa w przypadku stosowania małych powierzchni podstawowych w układzie systematycznej próby gronowej (kraty); daje ona wiarygodne wyniki oceny zagęszczenia jedynie w odniesieniu do mikroskali. W tym układzie przy niewielkiej liczbie krat dane są reprezentatywne dla wewnętrznej struktury przestrzennej populacji, a zatem charakteryzują wartości, jakie zmienna losowa przyporządkowuje zdarzeniom elementarnym w obrębie podzbiorów, odpowiadających „skupiskom” i „rozrzedzeniom”. Przy skupiskowej strukturze przestrzennej populacji rozmiar powierzchni podstawowej wywiera poważny wpływ na wynik pomiaru zagęszczenia (K w i a t k o w s k a i S y m o n i d e s 1978a).

W przypadku stosowania małych powierzchni podstawowych miejsca pobrania prób muszą reprezentować w jednakowym stopniu wszystkie części biochory. Liczebność próby powinna być przy tym możliwie duża, aby stosunek sumarycznej wielkości powierzchni próby do wielkości biochory nie był zbyt niski.

Spośród metod bezpowierzchniowych warunku strukturalnej reprezentatywności próby nie spełniają metody: najbliższego sąsiada i par losowych; nie powinno ich się zatem stosować do oceny zagęszczenia populacji skupiskowych.

We wszystkich pozostałych metodach można zachować warunek strukturalnej reprezentatywności próby poprzez odpowiedni schemat jej pobierania, uwzględniający w jednakowym stopniu wszystkie części biochory. Warto tu polecić schemat sieci (K w i a t k o w s k a i S y m o n i d e s 1978a), pokrywającej możliwie dużą część biochory. Zastosowanie takiego schematu w metodzie powierzchniowej przy dużej jednostce podstawowej pozwala uzyskać wyniki najbliższe rzeczywistej wartości średniego zagęszczenia. Dodatkową zaletą takiego postępowania jest możliwość kartograficznego przedstawienia przestrzennej zmienności zagęszczenia badanej populacji.

W kategorii metod bezpowierzchniowych najbliższe rzeczywistości wyniki pozwalają uzyskać metody: punktowa oraz ruchomego kąta; ostatnia jest szczegól-

nie godna zalecenia z uwagi na jej uniwersalność oraz szybkość i łatwość wykonywania pomiarów.

Piśmiennictwo

- Catana A. J. 1963 – The wandering quarter method of estimating population density – *Ecology*, 44: 741–757.
- Clark P. J., Evans F. C. 1954 – Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations – *Ecology*, 35: 445–453.
- Cottam G., Curtis J. T. 1956 – The use of distance measures in phytosociological sampling – *Ecology*, 37: 451–460.
- Cottam G., Curtis J. T., Hale B. W. 1953 – Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals – *Ecology*, 34: 741–747.
- Dice L. R. 1952 – Measure of the spacing between individuals within population – *Contr. Lab. vertebr. Biol. Univ. Mich.* 55: 1–23.
- Greig-Smith P. 1952 – The use of random and contiguous quadrats in the study of structure of plant communities – *Ann. Bot.* 16: 293–316.
- Greig-Smith P., Kershaw K. A. 1958 – The significance of pattern in vegetation – *Vegetatio*, 8: 189–192.
- Greń J. 1974 – *Statystyka matematyczna: modele i zadania* – PWN, Warszawa, ss. 362.
- Kershaw K. A. 1964 – *Quantitative and dynamic ecology* – Edward Arnold, London, ss. 183.
- Kwiatkowska A. J. 1972 – Analiza homogeniczności runa fitocenozy przy zastosowaniu nieparametrycznego testu serii – *Phytocenosis*, 1: 5–37.
- Kwiatkowska A. J., Symonides E. 1978a – Metody pomiaru zagęszczenia roślin wyższych – *Wiad. ekol.* 24: 127–143.
- Kwiatkowska A. J., Symonides E. 1978b – Some remarks on the methods of assessing the population density of higher plants in cases of aggregated spatial structure – *Acta Soc. Bot. Pol.* 47: 91–106.
- Morisita M. 1959 – Measuring the dispersion of individuals and analysis of the distributional pattern – *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, E, 2: 215–235.
- Symonides E. 1979 – The structure and population dynamics of psammophytes on inland dunes. IV. Population phenomena as a phytocenose-forming factor (a summing-up discussion) – *Ekol. pol.* 27: 259–281.
- Vasilevič V. I. 1969 – *Statističeskie metody v geobotanike* – AN SSSR, Leningrad, ss. 230.

Summary

The two main topics of the article are: (1) discussion of the divergence causes in the density estimation of natural aggregated populations, (2) indication of these experimental methods and schemes that fulfil the condition of statistical and structural representativeness. These considerations are based on results of comparative analysis of methods used for assessing the density of *Vaccinium myrtillus* L. population which aggregated spatial structure has been already confirmed (Kwiatkowska and Symonides 1978b) (Fig. 1).

These divergences in density estimation are mainly due to the fact that not all methods fulfil the condition of structural representativeness. Thus the results obtained do not always concern the whole

population but characterize its internal structures: „aggregations” or „dispersions” of individuals. From this point of view the following methods are not representative: (1) surface method with a small fundamental unit in a systematic cluster sample scheme (squares) and small number of squares, (2) non-surface methods: of the nearest neighbour and of random pairs.

The following methods fulfil the condition of structural representativeness: (1) surface method in the grid scheme (for a large fundamental unit), (2) non-surface methods of the closest individual and the wandering quarter. The last one is recommended because of its universal character and easiness with which the measurements are made.