

**Magdalena Trojankiewicz**

*Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy,*

*e-mail: trojankiewicz@ukw.edu.pl*

## **EFEKTYWNA WIELKOŚĆ POPULACJI – ZNACZENIE W OCHRONIE ZASOBÓW GENOWYCH**

### *EFFECTIVE POPULATION SIZE - IMPORTANCE IN THE PROTECTION OF GENE RESOURCES*

**Słowa kluczowe: efektywna wielkość populacji, ochrona zasobów genowych, leśnictwo**

*Key words: Effective population size, conservation biology, forestry*

**Abstract.** The paper describes the effective population size and its importance in the protection of gene resources in conservation biology. The concept of effective population size has been introduced as a mathematical model, which is enriched with many additional factors that can affect the change of the gene pool of the next generation. Depending on the type of effective population size, the results obtained may vary, for example, the inbreeding effective population size and the variance effective population size.

### **WSTĘP**

Bioróżnorodność i ochrona zasobów genowych stała się ważnym elementem polityki międzynarodowej, co zaowocowało podpisaniem Konwencji o różnorodności biologicznej sporządzonej w Rio de Janeiro 5.06.1992 roku. Główne cele konwencji to ochrona różnorodności biologicznej, sprawiedliwy podział korzyści wynikających z wykorzystania zasobów genetycznych, w tym dostęp do zasobów genetycznych, odpowiedni transfer technologii z uwzględnieniem wszystkich praw do tych zasobów i technologii oraz właściwe finansowanie (Konwencja 1992). Kraje przystępujące do konwencji chroniły swoje zasoby genowe wcześniej, realizując ochronę gatunkową, zarówno w odniesieniu do hodowli roślin czy zwierząt jak i ważną dla wszystkich hodowlę drzew leśnych. W Polsce pierwsze regulacje prawne dotyczące ochrony gatunkowej pojawiły się tuż po II wojnie światowej w roku 1946 rozporządzeniem Ministra Oświaty z dnia 29 sierpnia 1946 r. wydanym w porozumieniu z Ministrem Rolnictwa i Reform Rolnych i z Ministrem Leśnictwa w sprawie wprowadzenia gatunkowej ochrony roślin (Dz.U. 1946 nr 70 poz. 384). Wydawane w kolejnych latach akty prawne i pozycje książkowe, począwszy od Polskiej czerwonej księgi zwierząt (Głowaciński 1992) poprzez ustawę o ochronie przyrody (Dz. U. 2004 Nr 92

poz. 880) różne dyrektywy, czy opracowane i przyjęte strategie unijne, a w tym „Strategię ochrony różnorodności biologicznej na okres do 2020” pozwalają na coraz lepszą ochronę zasobów genowych rodzimych gatunków roślin i zwierząt.

Szczególnie ważnym elementem dla gospodarki kraju jest ochrona zróżnicowania genetycznego drzew leśnych, która od 1991 roku realizowana jest na szeroką skalę w Lasach Państwowych w „Programie zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew leśnych w Polsce na lata 2011-35”. Program ten zakłada istotne poszerzenie zadań w zakresie ochrony leśnego zróżnicowania genetycznego. Autorzy postulują włączenie do ochrony większej liczby gatunków drzew i roślin krzewiastych, a także zagrożonych taksonów roślin zielnych występujących w zbiorowiskach leśnych (Chałupka i in., 2011). Zróżnicowanie genetyczne roślin drzewiastych w lasach jest istotną częścią ogólnego zróżnicowania genetycznego przyrody ożywionej (Matras, 2013). Współczesna genetyka dostarcza wielu parametrów pozwalających na określanie zmienności genetycznej populacji, natomiast w przypadku szacowania wielkości populacji, w celu chronienia jej zasobów genowych może być wykorzystana koncepcja efektywnej wielkości populacji.

## **EFEKTYWNA WIELKOŚĆ POPULACJI**

Pojęcie efektywnej wielkości populacji zostało wprowadzone przez Wrighta i Fishera już w latach 30 ubiegłego wieku. Koncepcja Wrighta (1931) była pionierskim badaniem dziedziczności i zmienności, która miała doprowadzić do głębszego wglądu w proces ewolucyjny. Efektywna wielkość populacji odnosi się do takiej liczebności wyidealizowanej populacji, w której tempo dryfu genetycznego, czyli fluktuacji genów, byłoby takie samo jak w rzeczywistej populacji. Wright rozważał różnice, nie tylko w wielkości populacji, ale również w ilości osobników męskich i żeńskich biorących udział w procesie reprodukcji oraz mogące z tego wynikać konsekwencje widoczne w zmianach frekwencji alleli występujących w puli genowej danej populacji. O potencjale zmienności genetycznej następujących po sobie pokoleń decydować będzie przede wszystkim liczba osobników biorących udział w aktywnym rozrodzie. Wright opierał się na wcześniejszych pracach Smith'a (1926) i Caldera (1927), którzy szacowali minimalną liczbę osobników populacji oraz zmiany współczynnika wsobności w badaniach trzody chlewnej.

Populacje charakteryzujące się wysokim stopniem różnorodności genetycznej posiadają znacznie większe szanse na przetrwanie oraz przekazywanie korzystnych kombinacji genów potomstwu (Ledig 1988).

W rozważaniach z zakresu genetyki populacyjnej bierze się pod uwagę faktyczną liczbę osobników biorących udział w przekazywaniu informacji genetycznej pokoleniu potomnemu, a nie rzeczywistą liczbę osobników tworzących daną populację. W celu określenia ogólnego rozkładu częstotliwości

genów, należy rozważyć udział poszczególnych genów w populacji, by móc wnioskować o zmianach, jakie mogą wystąpić w populacji (efekt wąskiego gardła, efekt założyciela, migracja genów).

## EFEKTYWNA WIELKOŚĆ POPULACJI - RODZAJE

Współczesna genetyka dysponuje odpowiednimi narzędziami pozwalającymi na określenie zmienności osobnika oraz populacji na poziomie DNA, wykorzystując i rozwijając modele teoretyczne sprzed lat. Falconer (1974) definiuje efektywną wielkość populacji jako teoretyczną liczbę osobników, które kojarząc się w wyidealizowanej mendlowskiej populacji, doprowadziłyby do takiego wzrostu wsobności lub wariacji częstości genów jak w populacji badanej. Opierając się na tej definicji można stwierdzić, że istnieje kilka sposobów tłumaczenia oraz szacowania efektywnej wielkości populacji, co otwiera możliwości zbadania i rozwiązania problemu demograficznego zagrożonych populacji oraz gatunków, którym grozi wyginięcie. Genetyka populacyjna staje przed ogromnym wyzwaniem, jakim jest określanie losów gatunków chronionych przez człowieka.

W zależności od sposobu szacowania można wyróżnić wsobną, efektywną wielkość populacji, którą ocenia się na podstawie wzrastającej wsobności z pokolenia na pokolenie oraz wariacyjną efektywną wielkość populacji liczoną na podstawie wariacji częstości alleli (Crow i Deniston 1988). Zarówno wsobna jak i wariacyjna efektywna wielkość populacji teoretycznie powinny dawać te same wyniki, jednakże niektórzy badacze podają, że należy odnosić wsobną efektywną wielkość populacji do populacji rodzicielskiej, natomiast wariacyjna efektywną wielkość populacji do pokolenia potomnego (Burczyk 1996). Według Crowna i Kimury (1970) wsobna efektywna wielkość populacji wymaga najczęściej oceny udziału osobników rodzicielskich w powstawaniu pokolenia potomnego. W przypadku wariacyjnej efektywnej wielkości populacji porównywane są częstości genów w populacji rodzicielskiej i potomnej (Waples 1989).

Określenie efektywnej wielkości populacji daje możliwość oszacowania i przewidzenia zmienności genetycznej populacji potomnej, a tym samym dokonania oceny wielkości populacji rodzicielskiej wymaganej do chronienia zmienności jej zasobów genowych. Szacowanie efektywnej wielkości populacji jest niezwykle istotne w przypadku hodowli drzew leśnych na plantacjach nasiennych. Zredukowanie liczby osobników biorących udział w sukcesie reprodukcyjnym może doprowadzić do zawężenia puli genowej i wzroście wsobności. Prosta metoda liczenia, która bazuje na zmiennej liczbie niespokrewnionych ze sobą klonów, została opracowana przez Kanga i in. (2000). Na podstawie rzeczywistej liczby osobników tworzących daną populację można oszacować, jaka ich część będzie brała efektywny udział w powstawaniu nowego

pokolenia i jego puli genowej. Jest to szczególnie istotne, ponieważ w przypadku małej, efektywnej liczby klonów, skład genetyczny potomstwa może odbiegać od spodziewanego (Trojankiewicz, Burczyk 2005).

Efektywna wielkość populacji zależy od wielu czynników. W przypadku ochrony zasobów genowych i szacowania efektywnej wielkości populacji elementem mającym istotny wpływ na kształtowanie puli genowej populacji potomnych jest przepływ genów wewnątrz populacji jak również między populacjami. Determinuje on sposób przestrzennego rozmieszczenia genotypów, poziom heterozygotyczności poszczególnych osobników i całych populacji oraz efektywnej wielkości populacji (Adams 1992). Opracowano szereg metod oceny przepływu genów, a wiedza na temat przepływu genów u drzew leśnych oparta jest przede wszystkim o badania imigracji pyłku do populacji izolowanych gatunków nagonasiennych (Smith i Adams 1983) i okrytonasiennych (Burczyk i Chybicki 2004). Badania dotyczące intensywności przepływu genów na plantacjach nasiennych uwzględniające zanieczyszczenie obcym pyłkiem są głównym źródłem informacji o dynamice procesów zachodzących w tych obiektach (Burczyk 1998). Wykorzystanie posiadanej wiedzy i zastosowanie jej w praktyce, w ochronie zasobów genowych poprzez zakładanie plantacji nasiennych, zarządzanie już istniejącymi plantacjami, opracowywanie strategii ochronnych polegających na przesiedlaniu określonych populacji czy też opracowaniu i wprowadzeniu programów hodowlanych jest istotnym elementem selekcyjnej gospodarki leśnej. Ocena efektywnej wielkości populacji osobników ojcowskich czy matecznych wnosi wiele do zasad prowadzenia hodowli i zabezpieczania materiału rozmnożeniowego. Profesor Lindgren ze Szwecji jest autorem wielu prac dotyczących genetyki i hodowli drzew leśnych opisujących poruszany temat. Varghese i in. (2004) opisują ten problem dla rzewni. Efektywna wielkość populacji daje możliwości szacowania liczby osobników na podstawie danych genetycznych (Pudovkini in. 1996). Z osobnikami funkcjonalnie matecznymi czy ojcowskimi (osobniki, z których zbieramy materiał rozmnożeniowy np. w postaci szyszek czy owoców mogą być jednocześnie donorami pyłku) wiąże się sukces reprodukcyjny, który uzależniony jest od udziału poszczególnych klonów w produkcji potomstwa.

## PODSUMOWANIE

Mając do dyspozycji współcześnie dostępne narzędzia molekularne, szacowanie efektywnej wielkości populacji pozwala nie tylko na powiększanie zasobu wiedzy teoretycznej, ale również na praktyczne zastosowanie efektywnej wielkości populacji w ochronie zasobów genowych i badaniach procesów demograficznych zachodzących w populacjach. Szacowanie efektywnej wielkości populacji w ochronie zasobów genowych różnych gatunków roślin i zwierząt daje szansę, dzięki metodom molekularnym, na właściwy wybór, teoretycznie najbardziej zróżnicowanych genetycznie osobników zdolnych do rozrodu i zachowania cennych genotypów.

## LITERATURA

- Adams W.T., (1992). Gene dispersal within forest tree populations. *New Forest* 6: 217-240
- Burczyk J., Chybicki IJ., (2004). Cautions on direct gene flow estimation in plant populations. *Evolution* 58: 956-963
- Burczyk J., (1998). System kojarzenia drzew iglastych. Bydgoszcz Wyd. Uczelniane WSP
- Burczyk J., (1996). Variance effective population size based on multilocus gamete frequencies in coniferous populations: an example of a Scots pine clonal seed orchard *Heredity* Vol. 77, iss. 1, pp. 74-82
- Calder A., (1927). The role of inbreeding in the development of the Clydesdale breed of horse. *Proc. Roy. Soc. Edinb.* 47: 118-140
- Chałupka W., Barzdajn W., Blonkowski S., Burczyk J., Wojciech F., Grądzki T., Gryzło Z., Kacprzak P., Kowalczyk J., Koziół C., Matras J., Pytko T., Rzońca Z., Sabor J., Szelaż Z., Tarasiuk S. (2011). Program zachowania leśnych zasobów genowych i hodowli selekcyjnej drzew w Polsce na lata 2011-2035. CILP, Warszawa,.
- Crow J. F., Kimura M., (1970). An Introduction to population genetics theory. Harper and Row New York
- Crow J.F., Denniston C., (1988). Inbreeding and Variance Effective Population Numbers. *Evolution*, Vol. 42, No. 3 (May, 1988), pp. 482-495
- Falconer D.S., (1974). Dziedziczenie cech ilościowych. PWN, Warszawa
- Fisher R.A., (1930). The Genetical Theory of Natural Selection Dover Publications INC., New York
- Głowaciński Z. (red) (1992). Polska Czerwona księga zwierząt PWRiL, Warszawa
- Kang K. S., (2000). Clonal and annual variation of flower production and composition of gamete gene pool in a clonal seed orchard of *Pinus densiflora*. *Can. J. For. Res.* 30: 1275–1280.
- Ledig F.T., (1988). The conservation of diversity in forest trees. Why and how should genes be conserved? *BioScience* 38:471-479.
- Matras J., (2013). Ochrona różnorodności genetycznej drzew leśnych, *Polish Journal of Agronomy* 14, 22–36
- Pudovkin A. I., Zaykin, D. V., Hedgecock D., (1996) On the Potential for Estimating the Effective Number of Breeders From Heterozygote-Excess in Progeny *GENETICS* September 1, vol. 144 no. 1 383-387
- Smith D.B., Adams W.T., (1983). Measuring pollen contamination in clonal seed orchards with the aid of genetic markers. W: *Proceedings of the 20th Southern Forest Tree Improvement Conferences* 60-77 Athens
- Smith A. D. B., (1926). Inbreeding in cattle and horses. *Eugen. Rev.* 14: 189-204.
- Trojankiewicz M., Burczyk J., (2005). Efektywna liczba klonów na plantacjach nasiennych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylwan* nr 11: 50–58
- Waples R.S., (1989). A generalized approach for estimating effective population size from temporal changes in allele frequency. *GENETICS* nr 121. 2 379-391
- Wright S., (1931). Evolution in mendelian populations. *Genetics* 16 :97–259.
- Varghese M., Lindgren D., Nicodemus A., (2004) Fertility and Effective Population Size in Seedling Seed Orchards of *Casuarina equisetifolia* and *C. junghuhniana*. *Silvae Genetica* 53-4, 164-168
- Dz.U. 1946 nr 70 poz. 384 Rozporządzenie Ministra Oświaty z dnia 29 sierpnia 1946 r. wydane w porozumieniu z Ministrem Rolnictwa i Reform Rolnych i z Ministrem Leśnictwa w sprawie wprowadzenia gatunkowej ochrony roślin.
- Konwencja o różnorodności biologicznej 1992.06.05 Rio de Janeiro

## STRESZCZENIE

Genetyka populacji dostarcza cennych informacji wykorzystywanych w ochronie zagrożonych gatunków. Zachowanie zasobów genowych oraz utrzymanie różnorodności biologicznej organizmów jest ważnym zagadnieniem. Poszukiwane są narzędzia pozwalające na określenie, jaka powinna być wielkość populacji, by nie dochodziło do niekorzystnych zmian w populacji takich jak wzrost wsobności czy zubożenie puli genowej. Efektywna wielkość populacji jest parametrem pozwalającym na śledzenie zmian demograficznych w populacjach, zwłaszcza populacjach małych, gdzie dynamika zmian jest szczególnie widoczna. Możliwość obserwowania i przewidywania fluktuacji genów daje ogromne nadzieje na ochronę cennych genotypów.

## SUMMARY

The protection of gene resources as well as the preservation of biological diversity of organisms is a key problem. The methods are sought to determine the proper size of the population, and also to ensure no adverse changes in the population, such as an increase in the inbred or depletion of the gene pool. The effective size of the population is a parameter allowing to track demographic changes in populations, especially the small ones, where the dynamics of change is particularly visible. The ability to observe and predict gene fluctuations gives great hope for the protection of valuable genotypes.