

MACIEJ GIERTYCH

Zysk genetyczny a metoda produkcji nasion drzew leśnych

Генетическая выгода и методы продукции семян лесных деревьев

Genetic gain and methods of seed production of forest trees

W leśnictwie polskim, oprócz tradycyjnych metod zbioru nasion coraz więcej mówi się o ich pozyskiwaniu z drzewostanów nasiennych, czy też z plantacji nasiennych założonych z siewek bądź ze szczepów, w celu ulepszenia genetycznej jakości materiału sadzeniowego. Niejednokrotnie spotkać się można z pytaniem jak wielkie ulepszenie genetyczne te różne metody dadzą i od czego to zależy.

Celem niniejszego artykułu jest wykazanie na podstawie teoretycznych obliczeń jaki zysk genetyczny przyniosą różne metody produkcji nasion.

DEFINICJE

Na wstępie konieczne jest wprowadzenie kilku terminów z zakresu genetyki populacyjnej.

Przeprowadzając selekcję, na podstawie wyglądu poszczególnych drzew, mamy do czynienia ze zmiennością fenotypową. Stopień w jakim zmienność genotypowa uwidacznia się w fenotypach nazywamy odziedziczalnością (h^2). Odziedziczalność jest to miara z jaką zmienność danej cechy w populacji jest kontrolowana przez czynniki genetyczne w stosunku do zmienności ogólnej.

Na zmienność ogólną składa się zmienność powstała w wyniku czynników środowiskowych (V_s) oraz zmienność genetyczna (V_G). A zatem odziedziczalność (h^2) definiujemy jako:

$$h^2_{sl} = \frac{V_G}{V_s + V_G}$$

W pracach hodowlanych rozróżnia się dwa typy odziedziczalności, odziedziczalność *sensu lato* (h^2_{sl} — jak wyżej) oraz odziedziczalność *sensu stricto* (h^2_{ss}). Na wariancję genetyczną składa się wariancja kumulatywna (V_K), rządona genami, których działanie jest niezależne od innych genów oraz wariancja powstała na skutek dominancji (V_D) i epi-

stacji (V_E) rządzonych genami, których efekt każdorazowo zależny jest od zestawu innych genów w genotypie.

$$V_G = V_K + V_D + V_E$$

Przy hodowli gatunków rozmnażanych wegetatywnie (*Populus*, *Tectonia*, *Cryptomeria*) operuje się odziedziczalnością *sensu lato*, ponieważ ważne jest otrzymanie genetyczne wartościowego osobnika, a nie stopień w jakim te wartości są przekazywane z pokolenia na pokolenie. Przy hodowli drzew rozmnażanych generatywnie stosuje się odziedziczalność *sensu stricto*, którą definiuje się jako:

$$h^2_{ss} = \frac{V_K}{V_G + V_s}$$

Tak rozumiana odziedziczalność dotyczyć będzie tylko tej wariacji genetycznej, która w całości jest przekazywana potomstwu generatywnemu. Szczegóły obliczania odziedziczalności znaleźć można w artykule Siweckiego i Giertycha (3).

Druga wartość stale używana w obliczeniach przy pracach hodowlanych to ostrość selekcji (i), którą się zwykle wyraża w jednostkach odchylenia standardowego (σ).

$$i = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

($x - \bar{x}$) oznacza różnicę między wybranym osobnikiem, a średnią dla populacji odnośnie danej cechy. Ostrość selekcji (i) jest funkcją procentu wyselekcjonowanych osobników z populacji. W tabeli 1 podaje za Wrightem (4) przykładowe wartości tej funkcji.

Tabela 1

Przeliczenie ostrości selekcji z jednostek procentowych na jednostki odchylenia standardowego

Procent wyselekcjonowanych osobników z populacji	50	25	10	5	1	0,5	0,1
i w jednostkach σ	0,80	1,27	1,76	2,06	2,64	2,90	3,48

Zysk genetyczny (Δ_G) jaki otrzymamy w jednym pokoleniu hodowlanym w wyniku przeprowadzenia selekcji i przekrzyżowaniu wyselekcjonowanych osobników równać się będzie iloczynowi odziedziczalności *sensu stricto* i ostrości selekcji:

$$G = ih^2_{ss}$$

Oznacza to, że o ile wyselekcjonowanie np. 50% najwyższych drzew z populacji podniesie średnią wysokość o 0,80 σ (tab. 1), to średnia wysokość potomstwa generatywnego tych wyselekcjonowanych drzew zwiększy się zaledwie o 0,80 h^2 (h^2 jest wartością od 0 do 1).

METODY HODOWLANE

Za punkt wyjściowy przyjąć należy drzewostan normalny, z którego w praktyce leśnej regularnie zbiera się nasiona do odnowień. W takich warunkach populacja pochodna będzie dalszym ciągiem populacji wyjściowej i z generatywnego punktu widzenia się nie zmieni, nie będzie

więc zysku genetycznego ($\Delta G = 0$). Zbieranie nasion z drzewostanów genetycznie gorszych niż normalnie uważać należy za szkodliwe dla gospodarki leśnej ponieważ powoduje obniżenie jakości naszych lasów, a zysk genetyczny staje się negatywny ($\Delta G < 0$). Metod genetycznego ulepszenia nasion jest wiele. Oto kilka (tabela 2).

Tabela 2

Zysk genetyczny w jednostkach odchylenia standardowego w wyniku różnych metod hodowlanych

Metody hodowlane	Zysk genetyczny teoretyczny	$h^2 = 0,1$ pierśnica	$h^2 = 0,25$ wysokość
0. Drzewostan normalny	0	0	0
1. Drzewostan nasienny 50% trzebież selekcyjna	0,80 h^2	0,08	0,20
2. Plantacja nasienna z siewek, 5 drzew wybranych na 100	1,03 h^2	0,10	0,26
3. 2) + 50% trzebież selekcyjna	1,83 h^2	0,18	0,46
4. Plantacja nasienna z siewek z drzew doborowych (1 na 1000)	1,74 h^2	0,17	0,44
5. 4) + 50% trzebież selekcyjna	2,54 h^2	0,25	0,64
6. 4) + selekcja 50% rodów po porównaniu ich	1,74 h^2 + 0,40	0,57	0,88
7. 5) + 6)	2,54 h^2 + 0,40	0,65	1,04
8. Plantacja nasienna ze szczepów z drzew doborowych (1 na 1000)	3,48 h^2	0,35	0,87
9. 8) + selekcja 50% klonów po sprawdzeniu ich potomstwa z wolnego zapylenia	3,48 h^2 + 0,40	0,75	1,27
10. 8) + selekcja 50% klonów po sprawdzeniu ich potomstwa z kontrolowanego zapylenia	3,48 h^2 + 0,80	1,15	1,67

1. Najprostszą metodą hodowlaną prowadzącą do polepszenia genetycznej jakości przyszłych pokoleń drzew jest zagospodarowanie drzewostanów nasiennych. Drzewostan nasienny jest to zwykle drzewostan normalny, w którym przeprowadza się intensywną trzebież selekcyjną eliminując około połowy drzew w celu polepszenia genetycznego składu populacji oraz rozluźnienia koron dla silniejszego obradzania nasion. Taka trzebież odpowiada ostrości selekcji 50% ($i = 0,80$) (tab. 1) czyli podniesie fenotypową jakość populacji o 0,80. Genotypowa jakość, a zatem i i jakość pokolenia pochodnego polepszona będzie o $h^2 \times 0,80$ w jednostkach odchylenia standardowego.

2. Drugą, nieco lepszą metodą hodowlaną jest zakładanie plantacji nasiennych z siewek. Plantacje takie założono np. w OZLP w Radomiu z modrzewia polskiego (z Bliżyna) z nasion zebranych z 5 najlepszych drzew wybranych w jednym niewielkim drzewostanie. Ostrość selekcji w tym wypadku wynosiła nie więcej jak 5% ($i = 2,06$) (tab. 1). Ponieważ dla założenia tego typu plantacji nasiennych zbierano nasiona z wolnego zapylenia, tylko połowa odziedziczalności pod względem wybranych cech uwydatni się w otrzymanej populacji, czyli że zysk genetyczny wynosić będzie $\frac{1}{2} h^2 \times 2,06$ ($\Delta G = h^2 \times 1,03$).

3. Dotychczas na plantacjach nasiennych modrzewia w OZLP Radom trzebież przeprowadzono wycinając co drugie drzewo, czyli bez selekcji.

Obecnie jednak w młodszych plantacjach przystępuje się do trzebieży selekcyjnej. Przyjmując, że wyeliminuje się najgorszych 50% drzewek, genetyczna jakość populacji podniesie się o dalsze $h^2 \times 0,80$, czyli że zysk genetyczny otrzymany z takiej plantacji w stosunku do drzewostanu normalnego wynosić będzie $h^2 1,03 + h^2 0,80$ ($\Delta G = h^2 1,83$).

4. Wyniki hodowlane można by o wiele więcej zwiększyć, zaostrzając kryteria selekcji. Gdyby zamiast zbioru nasion z 5 drzew na 100, oprzeć się na zbiorze z drzew doborowych, które w skali krajowej mają nie mniejszą ostrość selekcji niż 1 na 1000 ($i = 3,48$) (tab. 1), zysk genetyczny na plantacji nasiennej bez trzebieży selekcyjnej wynosiłby $\frac{1}{2} h^2 \times 3,48$ ($\Delta G = h^2 1,74$).

5. Podobnie jak poprzednio, przeprowadzenie trzebieży selekcyjnej podniesie zysk genetyczny o dalsze $h^2 \times 0,80$ ($\Delta G = h^2 2,54$).

6. Gdyby oprócz opisanych wyżej zabiegów oznaczyć na plantacji nasiennej, które siewki pochodzą z określonych drzew matecznych oraz obliczyć średnie wartości interesujących nas cech dla każdego rodu pochodzącego z jednego drzewa matecznego, przeprowadzić można by trzebież selekcyjną na podstawie różnic genotypowych, a nie tylko fenotypowych. Ponieważ materiał ten pochodzi z wolnego zapylenia tylko wpływ matek można genetycznie wyróżnić. Eliminując połowę rodów podniesimy zysk genetyczny o $\frac{1}{2} \times 0,80$ w jednostkach odchylenia standardowego. W tym wypadku nie trzeba stosować poprawki na odziedziczalność, ponieważ selekcja odbyła się już na podstawie oceny genotypowej, a nie fenotypowej. Razem więc zysk genetyczny wynosić będzie $h^2 \times 1,74 + \frac{1}{2} \times 0,80$ ($\Delta G = h^2 1,74 + 0,40$).

7. Przewidując mniejszą więźbę można wyeliminować połowę rodów, a potem i najgorszych 50% drzew w każdym pozostawionym rodzie. Zwiększy to zysk genetyczny o dalsze $h^2 \times 0,80$ ($\Delta G = h^2 2,54 + 0,40$).

8. Zakładając plantację nasienną ze szczepów z drzew doborowych operujemy tylko klonami wyselekcjonowanymi z dużej ilości drzew ($i = 3,48$). W prawidłowo założonej plantacji wszystkie nasiona pochodzą z krzyżowania wewnątrz plantacji, a nie z wolnego zapylenia i dlatego też cały zysk genetyczny w wyniku selekcji drzew doborowych przekazany będzie potomstwu (w odróżnieniu od plantacji z siewek, gdzie tylko połowa tego zysku będzie przekazana) ($\Delta G = h^2 3,48$).

9. Dalszy zysk genetyczny na plantacji nasiennej można osiągnąć przez wyeliminowanie tych klonów, które mają genotypy o słabej przekazywalności. Sprawdzić genotypy można przez zebranie szyszek równocześnie ze zrazami oraz wysianie nasion w porównywalnych warunkach. Tego typu doświadczenie założono w Kórniku. Średnia wartość interesujących nas cech dla każdego rodu (potomstwa pojedynczych drzew z wolnego zapylenia) będzie miarą wartości genotypowej danego drzewa. Wyeliminowanie na tej podstawie połowy klonów z plantacji nasiennej podniesie zysk genetyczny w potomstwie generatywnym o $\frac{1}{2} \times 0,80$ ($\Delta G = h^2 3,48 + 0,40$).

10. Sprawdzenie wartości genetycznej potomstwa przez kontrolowane krzyżowanie między klonami drzew doborowych, którą to pracę zapoczątkowano już w Kórniku, umożliwi kompletne poznanie genotypów. Selekcja klonów na plantacji nasiennej w wyniku tak przeprowadzo-

nego sprawdzenia genotypów podniesie zysk genetyczny u potomstwa o pełną wartość ostrości selekcji. Tak więc przy selekcji najlepszych 50% zysk genetyczny dodatkowo zwiększy się o 0,80 ($\Delta G = h^2 3,48 + + 0,80$).

*

W tabeli 2 zestawiono wyliczony zysk genetyczny dla opisanych wyżej metod hodowlanych. Ponadto, pokazano przykładowe wartości zysku genetycznego dla dwóch cech, pierśnicy i wysokości.

Na podstawie wyników badań zagranicznych można określić, że wysokość dojrzałych drzew ma odziedziczalność rzędu 0,25, a pierśnica rzędu 0,10 (1). Wartości podane są w jednostkach odchylenia standardowego. Na przykład, jeżeli drzewostan ma przeciętną średnicę $35 \pm \pm 6$ cm to odchylenie standardowe będzie około 3 cm, a zatem zysk genetyczny wartości $1,0 \sigma$ zwiększy średnią pierśnicę w drzewostanie do 38 cm. Tak więc wartość produkcyjna zysku genetycznego dla jakiejś cechy zależna będzie od wartości wyjściowych cech drzewostanu normalnego oraz ich zmienności (rozrzutu) w ramach tego drzewostanu.

Ponadto podkreślić należy, że obliczony zysk genetyczny dotyczy każdej cechy osobno (albo pierśnicy, albo wysokości) a nie wszystkich cech na raz. Jest to zależne od tego, na podstawie jakiej cechy przeprowadzono selekcję. Oczywiście istnieją korelacje między cechami, tak że wybór najwyższych drzew jest w pewnym stopniu wyborem drzew grubszych, ale nie oznacza to jednak, że zysk genetyczny podany w tabeli 2 dla wysokości i dla pierśnicy należy traktować łącznie.

WNIOSKI

Na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 2 można przypuszczać, że najkorzystniejszą metodą hodowlaną dla ulepszenia genetycznej jakości nasion drzew leśnych jest zakładanie plantacji nasiennych ze szczepów, połączone ze sprawdzeniem genetycznej wartości wybranych drzew doborowych przez kontrolowane krzyżowanie. Łatwo osiągalny, ale stosunkowo mały zysk genetyczny dają drzewostany nasienne, niesłuszne się więc wydaje twierdzenie Kocięckiego (2), że w stosunku do nich plantacje nasienne odegrają tylko niewielką rolę uzupełniającą. Jeżeli w ogóle podniesienie genetycznej jakości drzew leśnych jest konieczne, to metoda plantacji nasiennych ma o wiele większą przyszłość niż drzewostany nasienne.

Zagadnienie nie wymagałoby dalszej dyskusji gdyby nie czynnik czasu. Jak wiadomo drzewostan nasienno zagospodarować można w ciągu dwóch lat, podczas gdy sprawdzenie genotypu drzew doborowych wymaga lat co najmniej 30, bo wcześniejsze wyniki nie będą miarodajne w ocenie wartości produkcyjnej poszczególnych osobników. Założenie i uproduktywnienie plantacji nasiennej ze szczepów bez sprawdzenia genotypów, zajmuje około 15 lat. Plantacje nasienne z siewek, dla gatunku wczesnie kwitnącego, jak modrzew, może produkować po 10 latach, co urzeczywistniono już w OZLP Radom. Ogólnie więc biorąc, im korzystniejsza metoda hodowlana, tym bardziej czasochłonna.

Na najbliższe potrzeby musimy się zadowolić drzewostanami nasien-
nymi, ale żeby za lat kilkadziesiąt móc produkować nasiona o prawdzi-
wie wysokiej wartości dziedzicznej już dzisiaj zabrać się musimy do
planowego i systematycznego zakładania plantacji nasiennych ze szczep-
ków i sprawdzenia genotypów drzew doborowych.

Z Zakładu Dendrologii i Arboretum
Kórnickiego PAN

LITERATURA

1. H a t t e m e r H. H. — Estimates of heritability published in forest tree breeding rese-
arch (FAO) Forgen 63/1; 2a/3, 1963.
2. K o c i ę c k i S. — Drzewostany nasienne i ich rola w zaopatrzeniu państwowego
gospodarstwa leśnego w materiał siewny. „Sylwan”, nr 5, 1965.
3. S i w e c k i R., G i e r t y c h M. — Obliczanie parametrów genetycznych dla ukorze-
niania się zrzesów i wysokości jednorocznych mieszańców topoli. Acta Soc. Bot. Pol.
34; 533—548, 1965.
4. W r i g h t J. W. — Genetics of Forest Tree Improvement. FAO. For. and For. Prod.
Stud. No 16, s. 84, 1964.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 14 kwietnia 1966 r.

Краткое содержание

На основании теоретических расчётов автором указывается какая генетическая
выгода может быть получена при различных методах продукции семян, загото-
вливаемых в семенных древостоях, на плантациях из сеянцев или же на семен-
ных плантациях из особей представляющих отборные деревья. Этот метод явля-
ется наиболее выгодным.

Summary

On the base of theoretical calculation, the author indicates what a genetic gain can
be obtained by applying of different methods of seed production in seed stands, in plan-
tations from seedlings or from seed plantations from strains representing selected trees.
The last one is most favourable.