

## Temat 1: Genetyka cech produkcyjnych u zwierząt

### Wykład

#### Cechy produkcyjne

- Cechy o znaczeniu gospodarczym.
- Głównie należą do kategorii cech ilościowych.
- Mechanizm ich dziedziczenia jest złożony i trudny do pełnego wyjaśnienia.
- Zmienność tych cech zależy również od wpływu czynników środowiskowych.

#### Cechy ilościowe.

- Są uwarunkowane wieloma genami z różnych loci.
- Geny te noszą nazwę poligenów, genów polimerycznych, kumulatywnych lub addytywnych.
- Poligeny współdziałają ze sobą w tworzeniu cechy.
- Efekty poszczególnych poligenów sumują się i warunkują nasilenie cechy.
- Liczba poligenów kontrolujących cechy ilościowe jest nieznana.
- Każdy z poligenów ma dwa allele, między którymi zachodzi dziedziczenie pośrednie.
- Jeden z alleli ma charakter pozytywny, drugi charakter neutralny.
- Efekty alleli pozytywnych z poszczególnych *loci* są sobie równe.
- Efekty te sumują się przy kształtowaniu fenotypu.
- Przykładami tego typu cech mogą być np. wzrost, masa, przyrost, obwód, powierzchnie czy to części czy to całego ciała zwierząt, wydajność wyrażane przy pomocy takich miar jak  $m$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ , kg.
- Fenotypowe ujawnienie się cech ilościowych w znacznym stopniu zależy od czynników środowiskowych.
- Mogą one wzmacniać lub osłabiać działanie poligenów.
- Istotnym czynnikiem środowiskowym jest efekt matki.
- Chociaż liczba chromosomów, które uzyskuje osobnik od rodziców jest taka sama, wpływ matki na potomstwo jest większy i wynika z trzech źródeł:
  - Podłoże genetyczne - dziedziczenie pozajądrowe.
  - Oddziaływanie środowiska matki w okresie życia płodowego - efekt prenatalny.
  - Oddziaływanie środowiska matki po urodzeniu - efekt postnatalny.

#### Cechy ciągłe.

- Wartość cechy w populacji może przybierać dowolną wartość pomiędzy maksimum i minimum.
- Wartość cechy u danego osobnika może cyrklować w dowolnym miejscu tego zakresu.
- Liczba możliwych fenotypów w praktyce jest nieograniczona.
- Przykładem może być wydajność mleczna.

#### Cechy skokowe.

- Wartość cechy wyrażana jest poprzez liczbę określonych jednostek.
- W populacji cecha przyjmuje wartości od minimalnej do maksymalnej.
- Wartość cechy u konkretnego osobnika musi wyrażać się całkowitą liczbą jednostek.
- Przykładem może być liczba składanych jaj, liczba młodych w miocie...

Cechy progowe.

- Cechy warunkowane przez wpływ wielu genów i czynników środowiskowych,
- Zwykle przybierają dwie, lub bardzo małą liczbę form fenotypowych.
- Ich zmienność genetyczna jest ciągła a fenotypowa ma charakter cech jakościowych, bardzo często zerojedynekowy.
- Przykładem takich cech jest np. odporność na choroby. Cecha ta objawia się jako przeżycie lub śmierć, bez stanów pośrednich, wielkość miotu u dużych zwierząt, rodzących zwykle jedno małe, lecz mających czasem dwojaczki lub trojaczki.
- Właściwością cechy progowej jest tzw. próg odnoszący się do posiadanych genów, którego przekroczenie powoduje zasadniczą zmianę fenotypową.

Dystrybucja cechy.

- Jest to parametr opisujący populację, informujący jaka część osobników danej populacji wykazuje każdą z możliwych wartości cechy (każdy możliwy fenotyp).
- Opis dystrybucji cechy zależy od liczby klas fenotypowych.
- Im większa liczba fenotypów, tym trudniejszy opis dystrybucji cechy.
- Wyróżniamy dystrybucję:
  - ciągłą,
  - skokową,
  - progową.

Dystrybucja ciągła.

Rozkład fenotypów w przypadku większości cech ilościowych odpowiada krzywej Gaussa, krzywej rozkładu normalnego. Jest to rozkład, w którym najwięcej osobników wykazuje wartości cechy zbliżone do średniej, a najmniej wartości skrajne powyżej i poniżej średniej. Rozkład normalny jest symetryczny, oś symetrii przechodzi przez punkt średniej wartości cechy. Parametrami rozkładu normalnego jest średnia i odchylenie standardowe.

Dystrybucja skokowa:

- Opisuje się liczebność poszczególnych klas fenotypowych.

Dystrybucja progowa:

- Opisuje się liczebność poszczególnych (najczęściej dwóch kategorii) klas fenotypowych.

Krzywe przybierają różne kształty na wykresach.

- *Środowisko może wpływać na cechę z różną siłą i w obu kierunkach: zwiększającym (prawo) i zmniejszającym wartość cechy (lewo)*
- Skutkiem pojawienia się wpływów środowiskowych jest zwiększona zmienność cechy oraz trudność w określeniu wartości genotypowej osobników.

Krzywe przybierają różne kształty na wykresach. Pierwsza ma kształt krzywej Gausa, druga pod wpływem czynników zaburzających przybrała kształt spłaszczony.

Transgresja

Zwierzęta gospodarskie są heterozygotyczne pod względem znacznej liczby genów. W wyniku krzyżowania takich osobników potomstwo może wykazywać wartości cechy wyższe lub niższe niż rodzice. Zjawisko to nosi nazwę transgresji i jest szeroko wykorzystywane w pracy hodowlanej.

Geny o dużym efekcie (QTL - quantitative trait locus).

Graficzny rozkład fenotypów niektórych cech znacznie odbiega od krzywej rozkładu normalnego. Jest to wynikiem dziedziczenia, gdy obok poligenów działa gen o dużym efekcie określany jako gen główny. Jest on identyfikowany, gdy u przeciwstawnych homozygot różnice w wartości cechy wynoszą, co najmniej jedno odchylenie standardowe.

Jak na wykresach pokazano, może on mieć rozkład prawostronny albo lewostronny.

Przykłady genów o dużym efekcie wpływających na różne cechy produkcyjne zwierząt gospodarskich:

**Bydło**

**Gen hormonu wzrostu GH** (ang. growth hormone), wpływa na:

- większą wydajność mleka w porównaniu z osobnikami homozygotycznymi AA,
- cechy użytkowości mięsnej,
- tempo wzrostu i składu tuszy, razem z genem czynnika wzrostu insulinopodobnego I (*IGF-1*),
- długość i obwód klatki piersiowej,
- proces starzenia się i reprodukcję oraz na odpowiedź immunologiczną organizmu.
- Gen ten odpowiada za niektóre zaburzenia rozwojowe, jak karłowatość i akromegalia u drobiu.

**Geny białek mleka:**

- **gen  $\kappa$ -kazeiny (CSN3)** ma związek z cechami użytkowości mlecznej (wydajność mleka, białka i tłuszczu),
- mleko z genem  $\kappa$ -kazeiny typu B ma większą zawartość białka oraz lepszą przydatność do produkcji serów niż mleko z wariantem  $\kappa$ -kazeiny A.
- **Gen  $\beta$ -laktoglobuliny ( $\beta$ -LG)**, wpływa na wydajność mleka i jego składników,
- mleko zawierające  $\beta$ -laktoglobulinę B różni się od mleka z wariantem A większą zawartością suchej masy, tłuszczu i kazein oraz lepszą przydatnością technologiczną.
- **Gen acylotransferazy diacyloglicerolu (DGAT1)**, wpływa na wydajność mleka, białka i tłuszczu w mleku oraz na zawartość tłuszczu międzymięśniowego.

**Gen hipertrofii mięśniowej (MH - muscular hypertrophy)**, wpływa na:

- zwiększoną zawartość chudego mięsa w tuszy,
- lepsze właściwości dietetyczne, spowodowane zmniejszoną ilością tłuszczu i tkanki łącznej.

- Cecha ta jest preferowana przez hodowców zarówno czystych ras bydła (belgijskie błękitne i asturiana), jak i ich mieszańców.
- Niestety gen ten niekorzystnie wpływa na:
  - opóźnienie okresu dojrzałości płciowej u osobników obu płci,
  - zmniejszoną zdolność rozplodową - u buhajów - mniejsze stężenie hormonów płciowych w osoczu krwi, mniejszy obwód i masa jąder, zaś - u krów dłuższa ciąża, duża masa płodu stwarza problemy podczas naturalnego porodu.

### **Trzoda chlewna**

The **ryanodine receptor 1 gene (RYR1)** influences the following:

- increased susceptibility to stress (porcine stress syndrome – PSS), e.g. induced by transport, temperature conditions, or chemical factors
- malignant hyperthermia
- stress myopathy results in unfavourable physicochemical changes in the body and deterioration of meat quality — discolouration, unpleasant odour, overly soft, watery meat
- This gene at the same time positively influences certain traits associated with meat performance, e.g. meat content in the carcass and loin eye area, which are most favourable in heterozygous individuals which are carriers of the mutated allele. These animals are also good fattening material.
- This gene is also found in cattle, horses, and people.

**Gen kwaśnego mięsa (RN)**, gen podjednostki γ kinazy białkowej aktywowanej przez AMP (PRKAG3). U nosicieli zmutowanego allelu stwierdza się dwukrotnie większą zawartość glikogenu w mięśniach (zwłaszcza w szynce).

**Gen insulinopodobnego czynnika wzrostu 2 (IGF2)**, wpływa na:

- cechy użytkowości mięsnej,
- wzrost masy mięśni,
- zmniejszoną zawartość tłuszczu grzbietowego.

**Gen wpływający na wielkość miotu (ESR)**. Ma wpływ na:

- plenność i wielkość miotu,
- lochy mające w swym genotypie dwie kopie tego genu dają mioty większe o 1 do 1,4 prosięcia żywo urodzonego w porównaniu z lochami nie mającymi tego genu.

### **Owce**

**Gen hipertrofii mięśniowej (CLPG)**, powoduje:

- hipertrofię mięśniową - wzrost masy mięśni o około 32% i zmniejszenie zawartości tłuszczu o około 8% oraz lepsze wykorzystanie paszy,

**Gen wysokiej plenności (BMPR-IB/ALK6, CDF9, BMP15)**, powoduje:

- wysoki stopień owulacji u maciorek,
- wpływa na rozwój pęcherzyków Graafa i ciałek żółtych,
- zmniejszone wydzielanie hormonów inhibitorów działających na hormony gonadotropowe,
- wzrost stopnia owulacji zwiększa plenność o około 1 jagnię w miocie.

## Odziedziczalność

- W pracy hodowlanej szczególnie ważna jest znajomość udziału zmienności genetycznej w zmienności fenotypowej danej cechy ilościowej.
- Do szacowania tego udziału wykorzystuje się odziedziczalność, którą możemy wyrazić przy pomocy wzoru:

$$h^2 = \frac{\delta^2_G}{\delta^2_P}$$

gdzie:

$\delta^2_G$  - zmienność genetyczna,

$\delta^2_P = \delta^2_G + \delta^2_E$

$\delta^2_P$  - zmienność fenotypowa (całkowita zmienność danej cechy w populacji),

$\delta^2_G$  - zmienność genetyczna,

$\delta^2_E$  - zmienność środowiskowa.

- Odziedziczalność określa siłę związku między fenotypem zwierzęcia a wartością genów osobnika dla jego potomstwa (wartością hodowlaną).
- Jeśli cecha jest wysoko odziedziczalna wtedy fenotyp zwierzęcia jest bardzo dobrym źródłem informacji na temat jego genów.
- Gdy odziedziczalność jest wysoka, obserwuje się większe podobieństwo fenotypowe między blisko ze sobą spokrewnionymi osobnikami (pełne rodzeństwo, półrodzeństwo, rodzice i ich potomstwo).
- Wynika to z faktu, iż zwierzęta te dzielą ze sobą duży udział takich samych genów (odpowiednio 50%, 25 i 50%).
- W przypadku, gdy udział zmienności genetycznej w całkowitej zmienności cechy jest niewielki wtedy na podstawie fenotypu niewiele można powiedzieć o wartości genów zwierzęcia, jakie będzie przekazywał swojemu potomstwu.
- 

## **Współczynniki odziedziczalności $h^2$ niektórych ważniejszych cech użytkowych zwierząt gospodarskich.**

### ***Wielkości współczynników odziedziczalności dla cech bydła mięsnego***

*Cechy mięsne:*

masa ciała po urodzeniu - 0.40

masa ciała w wieku 120 dni - 0.49

przyrost dobowy - 0.40

wydajność rzeźna - 0.60

zużycie paszy na 1 kg przyrostu - 0.75

wysokość w kłębie - 0.54

długość tuszy - 0.75

powierzchnia „oka” połównicy – 0.18

Są to cechy nisko odziedziczalne i wysoko odziedziczalne.

### ***Wielkości współczynników odziedziczalności dla cech bydła mlecznego***

*Cechy mleczne:*

Wydajność mleka - 0.30

Wydajność tłuszczu - 0.25

Wydajność białka - 0.25

% tłuszczu - 0.50

% białka - 0.50

*Cechy mięsne:*

Wydajność rzeźna - 0.45

Powierzchnia oka polędwicy - 0.45

*Cechy budowy zewnętrznej:*

Ocena pokroju ostateczna - 0.30

Wzrost - 0.40

Charakter mleczny - 0.20

Ustawienie kończyn tylnych - 0.15

Ustawienie zadu - 0.20

Szerokość zadu - 0.25

Przednie zaw. wymienia - 0.20

Szerokość wymienia - 0.25

Więzadło podwieszające - 0.15

Rozstawienie strzyków - 0.20

W większości są to cechy nisko odziedziczalne.

***Wielkości współczynników odziedziczalności dla cech owiec***

masa ciała po urodzeniu - 0.30

masa ciała po odsadzeniu - 0.30

masa ciała 100 dni - 0.61

masa ciała 10 miesięcy - 0.27

masa ciała 12 miesięcy - 0.14

wydajność czystego włókna II strzyża - 0.32

grubość wełny - 0.43

masa runa - 0.40

masa czystego włókna - 0.47

wydajność wełny - 0.52

wydajność mleczna - 0.17

W większości są to cechy nisko odziedziczalne, oprócz dwóch.

***Wielkości współczynników odziedziczalności dla cech trzody chlewnej***

przyrost dobowy - 0.30

średni przyrost dzienny 40-90 kg - 0.26

grubość słoniny na grzbiecie - 0.50

długość tuszy - 0.50

ilość tłuszczu w wyrębach podstawowych - 0.39

ilość mięsa w wyrębach podstawowych - 0.52

powierzchnia „oka” polędwicy - 0.74

masa miotu 3. tygodniu - 0.08

masa miotu 8 tygodniu - 0.03

liczebność miotu po urodzeniu - 0.07

W większości są to cechy nisko odziedziczalne, oprócz czterech.

***Wielkości współczynników odziedziczalności dla cech kur***

*Cechy nieśne:*

wielkość jaj - 0.45

masa jaj - 0.30

masa ciała 20 tygodni - 0.25

nieśność - 0.27

barwa skorupy - 0.70

plodność - 0.03

*Cechy mięsne:*

wykorzystanie paszy - 0.60

ciężar ciała 8 tygodni - 0.30

kąt piersi - 0.10

długość mostka - 0.10

długość skoku - 0.30

W większości są to cechy nisko odziedziczalne.