

TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 project

ÁLLATTENYÉSZTÉSI GENETIKA



*University of Debrecen
University of West Hungary
University of Pannonia*

The project is supported by the European Union and co-financed by European Social Found.



4. témakör

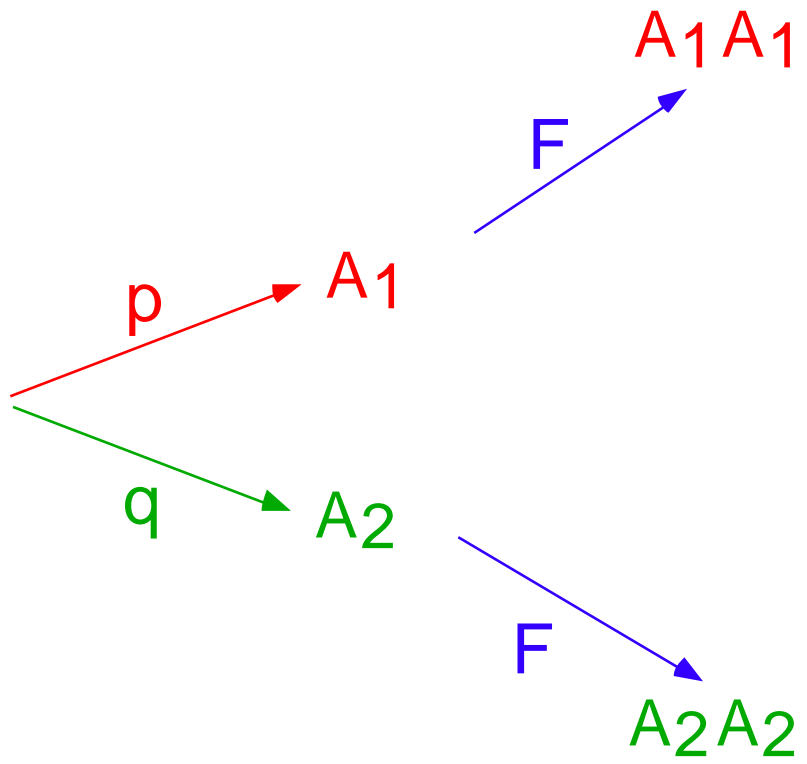
Beltenyésztés és heterózis

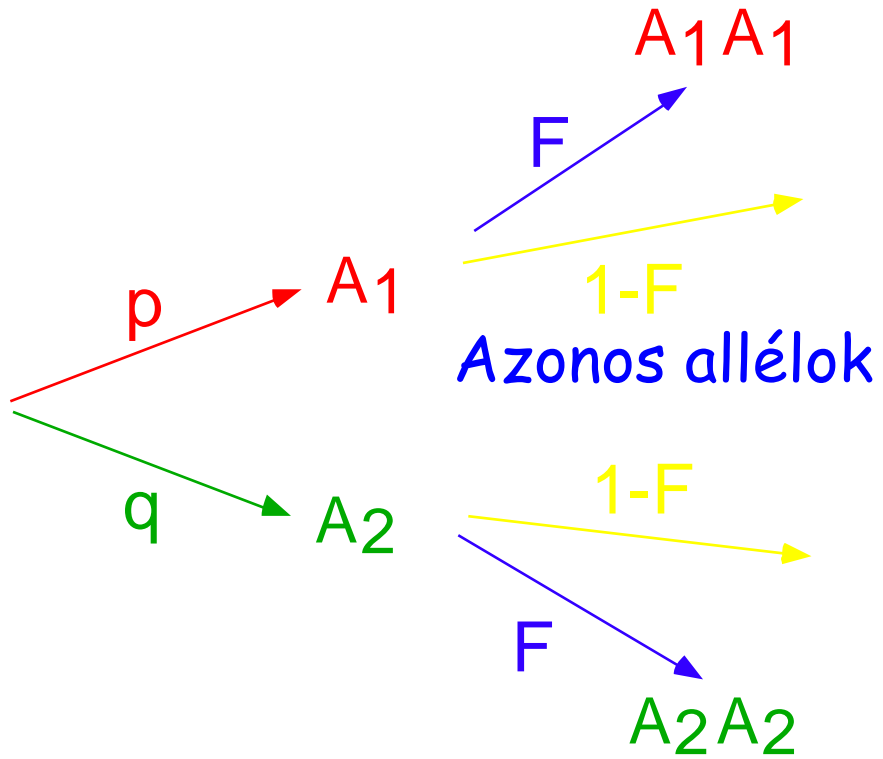
Beltenyésztés

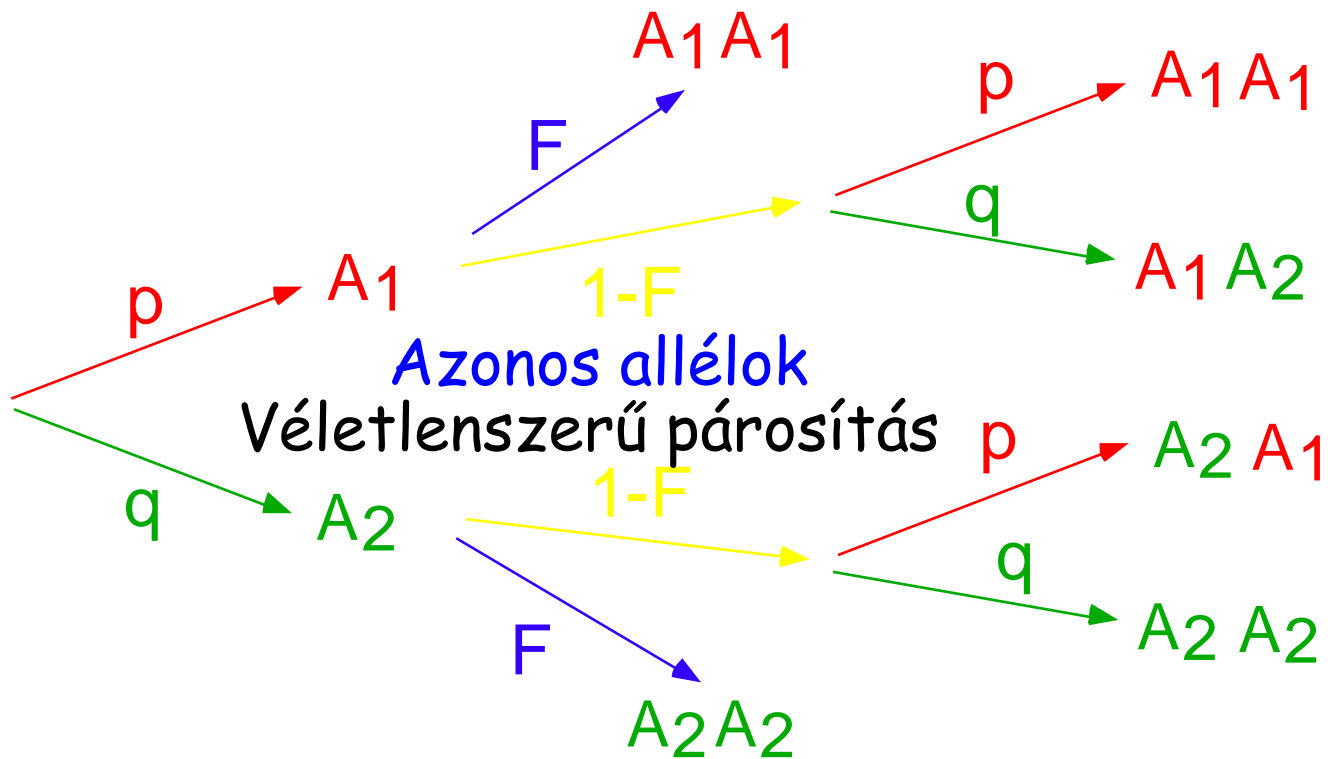
- **Beltenyésztés = rokon egyedek párosítása**
- Gyakran eredményez változást a tulajdonság átlagában
- Szándékosan alkalmazzuk:
 - egyöntetű labor állat állomány kialakítására
 - keresztezési alapanyag előállítására (beltenyésztett növény, állat vonalak)
- Nem szándékosan előfordul:
 - kis populációkban (pl. állatkertben)
 - szelekció során

Genotípus gyakoriság a beltenyésztés során

- Beltenyésztési koefficiens, F
- F = Annak a valószínűsége, hogy egy egyed két allélja azonos, IBD (identical by descent)
- F valószínűségi szinten az egyed két allélja azonos, vagyis homozigóta
- $1-F$ valószínűséggel az allélok véletlenszerűen kombinálódnak







| Genotípus | Azonos allélok | Nem azonos allélok | Gyakoriság |
|-----------|----------------|--------------------|-------------|
| A_1A_1 | Fp | $(1-F)p^2$ | $p^2 + Fpq$ |
| A_2A_1 | 0 | $(1-F)2pq$ | $(1-F)2pq$ |
| A_2A_2 | Fq | $(1-F)q^2$ | $q^2 + Fpq$ |

A tulajdonság átlagának változása beltenyésztéskor

Genotypes A_1A_1 A_1A_2 A_2A_2
0 $a+d$ $2a$

A_1 gyakorisága = p , A_2 gyakorisága = q

A genotípus gyakoriságot alkalmazva, F beltenyésztettség esetén a beltenyésztett populáció átlaga (μ_F) kapcsolatban áll a véletlenszerű párosítással létrehozott populáció átlagával (μ_0), vagyis abból levezethető

$$\mu_F = \mu_0 - 2Fpqd$$

PI. k lokuszon az átlag változása

$$\mu_F = \mu_O - 2F \sum_{i=1}^k p_i q_i d_i = \mu_O - BF$$

A B az átlag csökkenése teljes beltenyésztéskor (F=1), ahol $B = 2 \sum p_i q_i d_i$

- Változik az átlag, ha dominancia érvényesül (d nem nulla)
- Egyes lokuszon, ha $d > 0$, a beltenyésztés csökkenti a tulajdonság átlagát. Ha $d < 0$, a beltenyésztés növeli az átlagot.
- Több lokuszon a csökkenés (beltenyésztéses leromlás) pozitív domináns hatás, d_i .
- A leromlás nagyságrendje a géngyakoriságtól függ, akkor a legnagyobb, ha $p = q = 0.5$

Beltenyésztéses leromlás



Beltenyésztett

Nem beltenyésztett

Chamaenerion

Miért csökken az életképesség a beltenyésztés során?

- Szuper(over)dominancia elmélet:

Az életképességben a heterozigóta állapot nagyobb variáciát eredményez, mint a homozigóta állapot. A beltenyésztés növeli a homozigozitást, csökkenti a heterozigozitást, így csökkenti az életképességet is.

- Dominancia elmélet:

A genetikai variációt az életképességben befolyásolják a ritkán előforduló kedvezőtlen, vagy letális hatású, recesszíven előforduló allélok. Az alap populációkban ezek a kedvezőtlen allélok heterozigóta állapotúak. A beltenyésztés növeli ezek homozigóta állapotát, tehát csökkenti az életképességet.

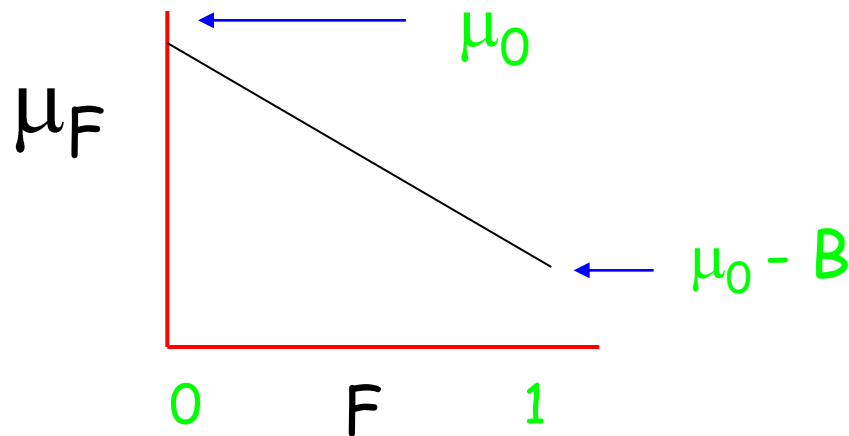
$$\text{Belt. leromlás (ID)} = 1 - \mu_F / \mu_0 = 1 - (\mu_0 - B) / \mu_0 = B / \mu_0$$

| Drosophila | Labor vizsg. ID = B/μ_0 |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Életképesség | 0.442 (0.66, 0.57, 0.48, 0.44, 0.06N) |
| Női termékenység | 0.417 (0.81, 0.35, 0.18) |
| Hím szaporaság | 0.603 (0.96, 0.57, 0.56, 0.32) |
| Hím termékenyítő képesség | 0.773 (0.92, 0.76, 0.52) |
| Vesenyképesség | 0.905 (0.97, 0.84) |
| Hím termékenység | 0.11 (0.22, 0) |
| Hím élettartam | 0.18 |
| Hím tömeg | 0.085 (0.1, 0.07) |
| Nő tömeg | -0.10 |
| Hasi sörte | 0.077 (0.06, 0.05, 0) |
| Egyéb sörte | -.005 (-0.001, 0) |
| Szárny hosszúság | 0.02 (0.03, 0.01) |
| Potroh hosszúság | 0.02 |

Beltenyésztéses leromlási koefficiens, B

A legtöbb esetben a vonalak nem teljesen beltenyésztettek, (időtartam, életképtelenség miatt)

Ilyen esetekben a B μ_F regressziója az F -re,



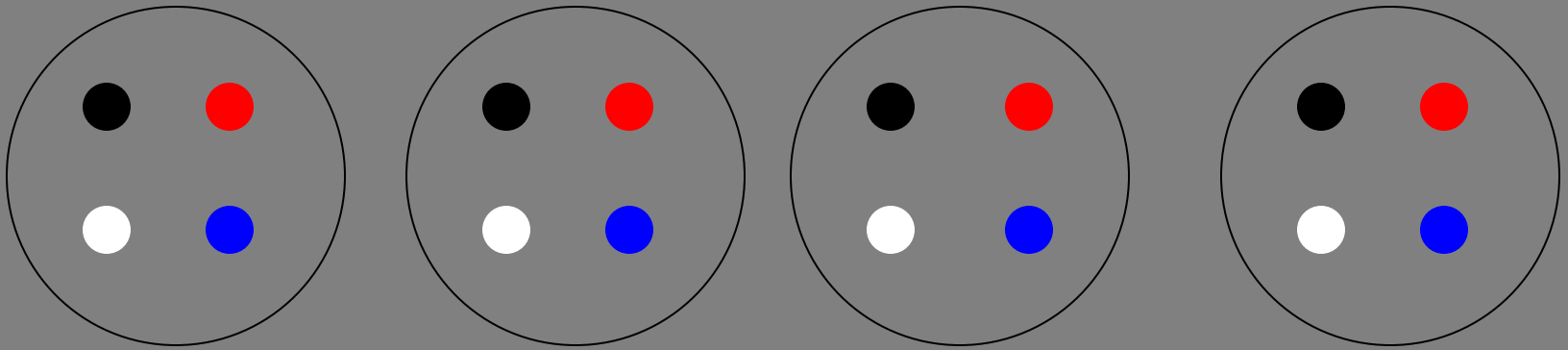
Ha episztázis is érvényesül, a regresszió nem lineáris ($C_k F^k$ a k -adik episztázis sor)

A beltenyésztettség minimalizálása

- Kerüljük a rokon egyedek párosítását
- Törekedjünk a maximális effektív populáció méretre (N_e)
 - az effektív populáció méret akkor van a maximumán, ha mindkét szülői partner egyforma esélyt kap az ivadékok létrehozásában,
 - ha az ivararány közel 1:1.
(ha a populáció ettől eltér, nő a beltenyésztés esélye)

Variancia változás a beltenyésztés során

A beltenyésztés **csökkenti a varianciát populációkon belül**

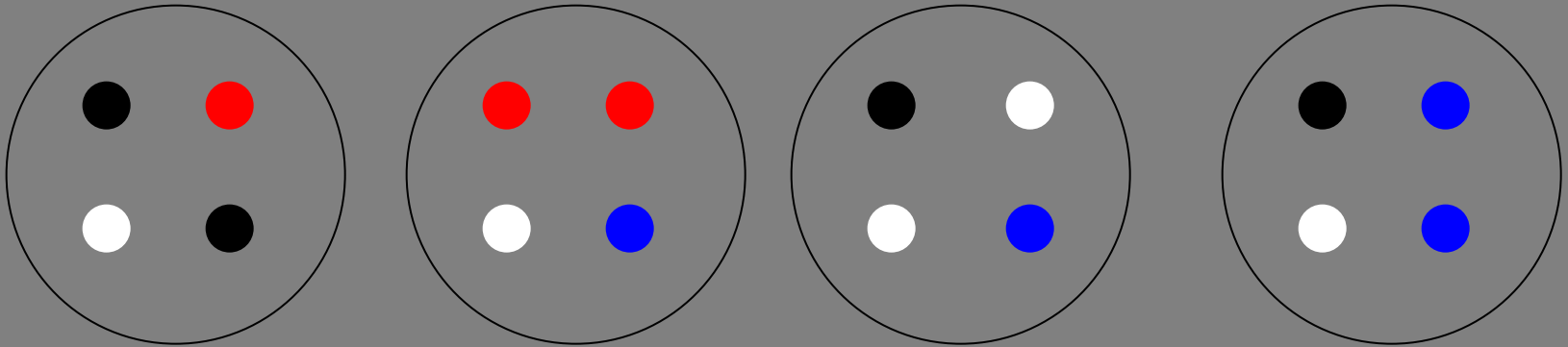


$$F = 0$$

A beltenyésztés **növeli a varianciát a populációk között**

Variancia változás a beltenyésztés során

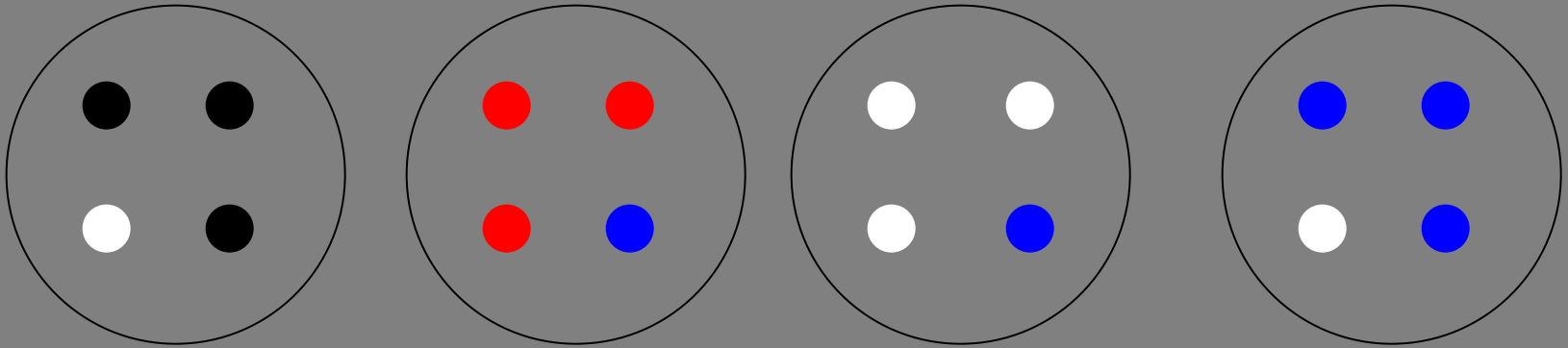
A beltenyésztés csökkenti a variációt populációkon belül



$$F = 2/4$$

Variancia változás a beltenyésztés során

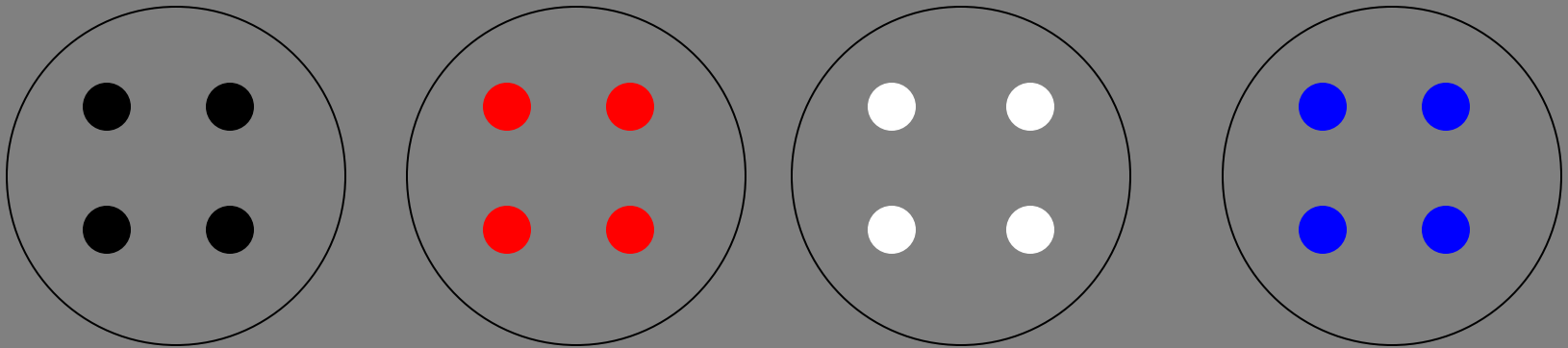
A beltenyésztés csökkenti a variációt populációkon belül



$$F = 3/4$$

Variancia változás a beltenyésztés során

A beltenyésztés csökkenti a variációt populációkon belül



$$F = 1$$

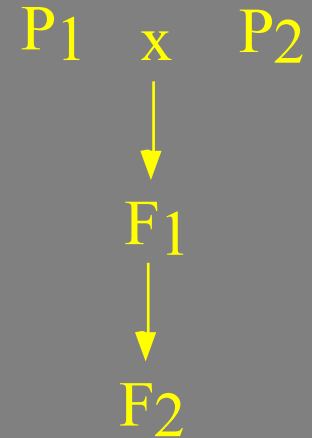
Variancia változás a beltenyésztés során

| Variancia | Általában | $F = 1$ | $F = 0$ |
|-----------------|-------------|---------|---------|
| Vonalak között | $2FV_A$ | $2V_A$ | 0 |
| Vonalakon belül | $(1-F) V_A$ | 0 | V_A |
| Teljes | $(1+F) V_A$ | $2V_A$ | V_A |

Vonal keresztezés: Heteróízis

Ha beltenyésztett vonalakat keresztezünk, az ivadékok teljesítményének átlaga növekszik abban a tulajdonságban, amely a beltenyésztés során leromlott.

A szülők átlaga feletti növekmény a **hibrid vigor** vagy **heteróízis**



$$H_{F_1} = \check{s}_{F_1} - \frac{\check{s}_{P_1} + \check{s}_{P_2}}{2}$$

A keresztezés akkor eredményez heteróízist, ha $H > 0$, vagyis az F_1 átlaga a szülők átlagát meghaladja.

A heterózis mértéke

$$H_{F1} = \check{S}_{F1} - \frac{\check{S}_{P1} + \check{S}_{P2}}{2}$$

ahol: H = heterózis hatás,
Š = teljesítmény,
P1, P2 = szülők,
F1 = ivadékok

Heterózis hatás (pozitív) akkor van, ha

$$H > 0$$

A heterózis mértékét befolyásolja

- Dominancia

Ha $a = d = 0$, akkor nincs beltenyésztés és nincs heterózis.

- Géngyakoriság

A heterózis arányos a szülőpopulációk géngyakoriság különbségének a négyzetével.

- A tulajdonság örökölhetősége (h^2)

A heterózis hatás fordítottan arányos az örökölhetőséggel

- Keresztezés módja

Különböző keresztezésekkel eltérő mértékű heterózis hatás érhető el (pl. F_1 nagyobb, az R generációkban csökken)

$$H_{F_1} > H_{R_1} > H_{R_2} > H_{R_3}$$

A heterózis csökkenése az F_2 generációban

Minden F_1 ivadék heterozigóta. Véletlenszerű párosítás az F_2 generációban csökkenti a heterozigóták gyakoriságát

A csökkenés mértéke az F_2 -ben, az F_1 -hez képest

$$H_{F_2} = \check{s}_{F_2} = \frac{\check{s}_{P_1} + \check{s}_{P_2}}{2} = \frac{(\pm p)^2 d}{2} = \frac{H_{F_1}}{2}$$

A következő generációkban véletlenszerű párosítás esetén a heterózis olyan szintű marad, mint az F_2 -ben volt.

A heterózis mezőgazdasági jelentősége

A keresztezett generáció teljesítménye gyakran nemcsak szülők átlagát múlja felül (H1), hanem a **jobbik szülőt is (H2) heterózis**.

| Növény | termesztett hibrid, % | hozam növekedés % | éves többlet hozam, % | éves hozam növekedés, t | éves terület megtakarítás |
|------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Kukorica | 65 | 15 | 10 | 55 x 10 ⁶ | 13 x 10 ⁶ ha |
| Köles | 48 | 40 | 19 | 13 x 10 ⁶ | 9 x 10 ⁶ ha |
| Napraforgó | 60 | 50 | 30 | 7 x 10 ⁶ | 6 x 10 ⁶ ha |
| Ríz | 12 | 30 | 4 | 15 x 10 ⁶ | 6 x 10 ⁶ ha |

A heterózis az állattenyésztésben

- Individuális (egyedi) heterózis

A keresztezett állat teljesítmény fölénye

- Anyai heterózis

Nagyobb mértékű anyai hatás (több ivadék, nagyobb választási arány)

Az anyai heterózis általában nagyobb, mint az individuális.

Heterózis hatás néhány tulajdonságban (juh), %

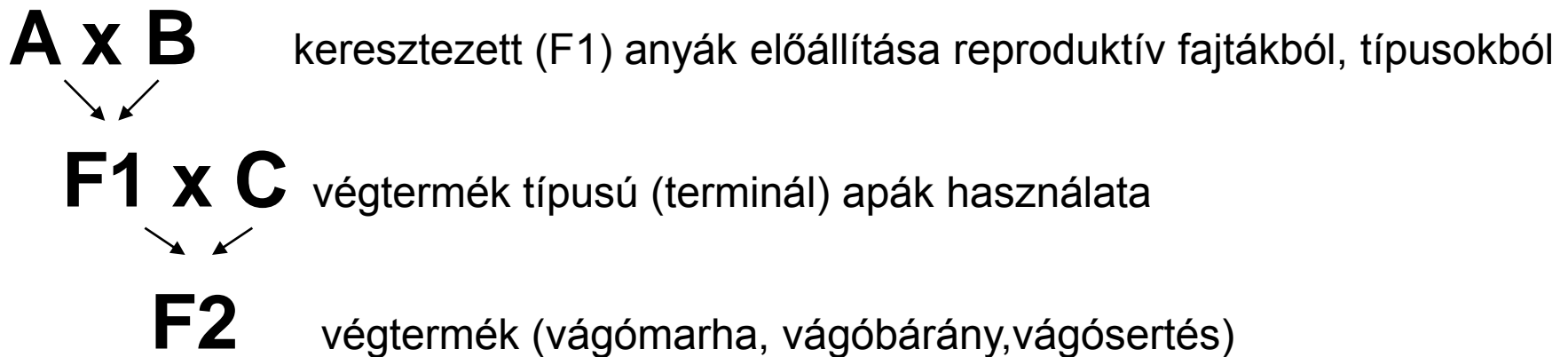
| | individuális | anyai |
|---------------------------------|---------------------|--------------|
| Születési súly | 3,2 | 5,1 |
| Választási súly | 5,0 | 6,3 |
| Választás előtti súlygyarapodás | 5,3 | |
| Választás utáni súlygyarapodás | 6,6 | |
| Éves súly | 5,2 | |
| Ovulációs ráta | | -2,0 |
| Termékenység | 2,6 | 8,7 |
| Szaporaság | 2,8 | 3,2 |
| Választási arány | 9,8 | 2,7 |
| Anyánkénti született bárány | 5,3 | 11,5 |
| Anyánkénti felnevelt bárány | 15,2 | 14,7 |
| Anyánkénti összes bárány súly | 17,8 | 18,0 |

A heterózis maximalizálása

- Beltenyésztett vonalak keresztezése

Beltenyésztett vonalak kialakítása és szelektálása kombinálódó képességre (rekurrens szelekció, reciprok rekurrens szelekció).

- Anyai és individuális heterózis kombinálása



Szintetikus és rotációs keresztezés

A heterózis maximalizálása ideális esetben F_1 iegyedekkel érhető el, mivel az F_2 generációban a fölény csökken.

A probléma: A nagy állatoknál az ivadékok száma az anyák számától függ. Ha pl. n számú hármás keresztezésű ivadékot szeretnénk, akkor $2n$ keresztezett anyára van szükség (a nagyanya $B \times C$ anya előállítására, és az anya maga az $A \times (B \times C)$ keresztezésben).

Egyik lehetséges megoldás:

Szintetikus populáció kialakítása: n szülői vonal kiválasztása, és egy véletlenszerű párosítással kialakított populációban minden lehetséges $n(n-1)/2$ vonalpár keresztezés elvégzése.

$$F_2 = \frac{F_1 \circ \bar{P}}{n}$$

Az F_1 -ek átlaga

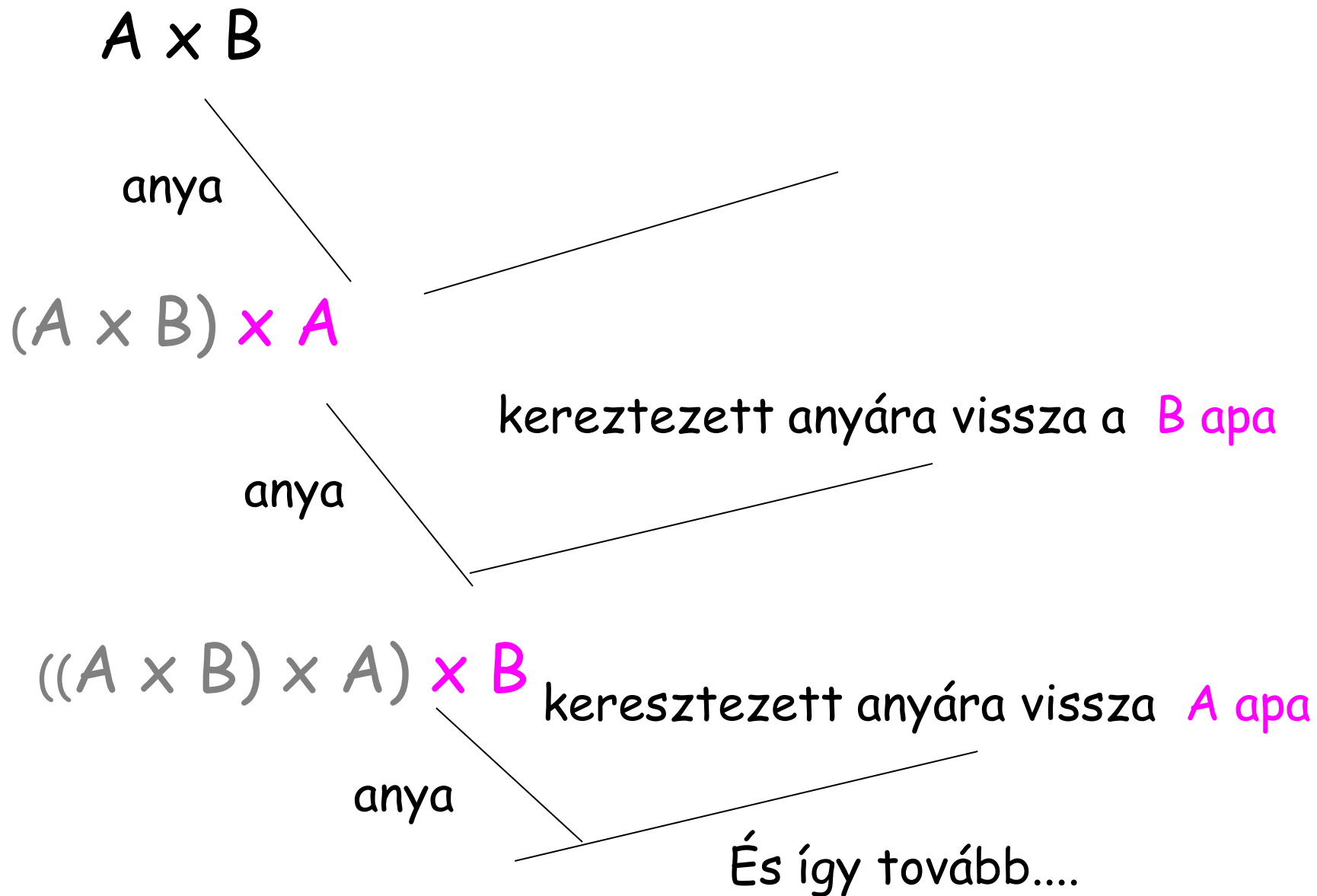
A kiinduló vonalak átlaga

Igy a heterózis az F_2 -ben:

$$H_{F_2} = H \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

Minél több a vonal, annál kisebb a heterózis visszaesése.

Másik megoldás: Rotációs keresztelés



Elérhető átlag a két vonalas (váltogató) rotációs kersztezésel:

$$R_2 = \overline{z_{AB}} - \frac{\overline{z_{AB}} - \overline{P_2}}{3} \quad \text{ahol:} \quad \overline{P_2} = \frac{\overline{z_A} + \overline{z_B}}{2}$$

A heterózis kiszámításához itt 3-mal osztunk, nem 2-vel, mint az in F_2 -nél.

Az elérhető átlag háromvonalas rotációs kersztezéssel:

$$R_3 = \overline{SC_3} - \frac{\overline{z_{AB}} - \overline{P_3}}{7} \quad \text{ahol:} \quad \overline{SC_3} = \frac{\overline{z_{AB}} + \overline{z_{AC}} + \overline{z_{BC}}}{3}$$

A heterózis 1/7-e elveszik

Négyvonalas rotációs keresztezéssel elérhető átlag:

$$R_4^{(A,B,C,D)} = \overline{SC}_4 - \frac{\overline{SC}_{na} - \overline{P}_4}{15} \quad \text{ahol: } \overline{SC}_{na} = \frac{\overline{z}_{AC} + \overline{z}_{BD}}{2}$$

Elérhető átlag hatvonalas rotációs keresztezéssel

$$R_4^{(A,B,C,D)} = \overline{SC}_4 - \frac{\overline{SC}_{na} - \overline{P}_4}{15} \quad \text{ahol: } \overline{SC}_{na} = \frac{\overline{z}_{AC} + \overline{z}_{BD}}{2}$$

A heterózis 1/15-e
elveszik

| Tulajdonság | \bar{P} | F_1 | R | S | BC |
|--------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Választási súly | 154.2 | 180.5 | 178.3 | 170.1 | 181.4 |
| 12-hónapos súly | 210.5 | 246.8 | 232.2 | 212.3 | 233.6 |
| 18-hónapos súly | 274.9 | 315.7 | 296.6 | 276.6 | 295.3 |
| 12-18 hónapok közti sgy. | 64.4 | 68.9 | 64.4 | 64.6 | 61.7 |

$$F_1 > R > S > P$$

Kétvonalas:

$$R_2 = F_1 - \frac{F_1 - \bar{P}_2}{3}$$

| Tulajdonság | \bar{P} | F_1 | R | S | BC |
|---------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Választási súly | 154.2 | 180.5 | 178.3 | 170.1 | 181.4 |
| 12-hónapos súly | 210.5 | 246.8 | 232.2 | 212.3 | 233.6 |
| 18-hónapos súly | 274.9 | 315.7 | 296.6 | 276.6 | 295.3 |
| 12-18 hó közti sgy. | 64.4 | 68.9 | 64.4 | 64.6 | 61.7 |

$F_1 > R > S > P$

Kétvonalas:

$$R_2 = F_1 - \frac{F_1 - \bar{P}_2}{3}$$