

Genetika kvantitativních znaků

➤ Kvantitativní znaky

- Plynulá variabilita
- Metrické znaky
 - Hmotnost, výška
 - Dojivost
 - Srstnatost
 - Počet vajíček
 - Velikost vrhu
- Biochemické parametry (aktivita enzymů)
- Imunologie
 - Prahové znaky, rezistence (jinak u bakterií)

➤ Terminologie

- Polygeny (majorgeny, minorgeny) – bez dominance
- Aktivní a neutrální alely
 - Malý účinek na znak
 - Větší množství alel ovlivňujících znak spojený s plynulou proměnlivostí
 - Mezi genotypy nelze vést ostrou hranici
- Pleiotropní vliv (gen má charakter diskontinuální i kvantitativní)

➤ Test aditivity

- Aditivní účinek polygenů

$$F_1 = 1/2 (P_1 + P_2)$$

$$F_2 = 1/4 (P_1 + P_2 + 2F_1)$$

$$B_1 = 1/2 (P_1 + F_1)$$

$$B_2 = 1/2 (P_2 + F_1)$$

- Multiplikativní účinek polygenů

$$F_1 = \sqrt{(P_1 \times P_2)}$$

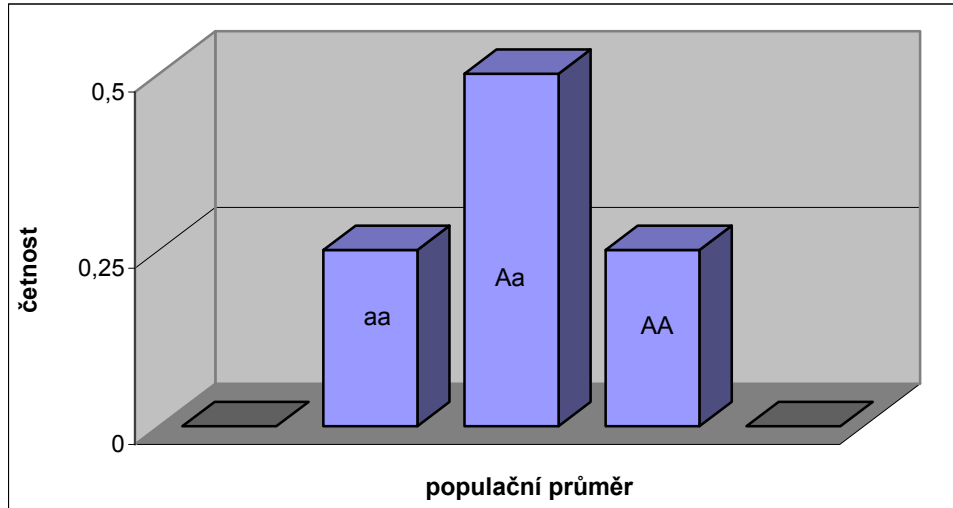
$$F_2 = F_1 [1 + 1/3n(\log P_1 / P_2)^2]$$

$$B_1 = \sqrt{(P_1 \times F_1)}$$

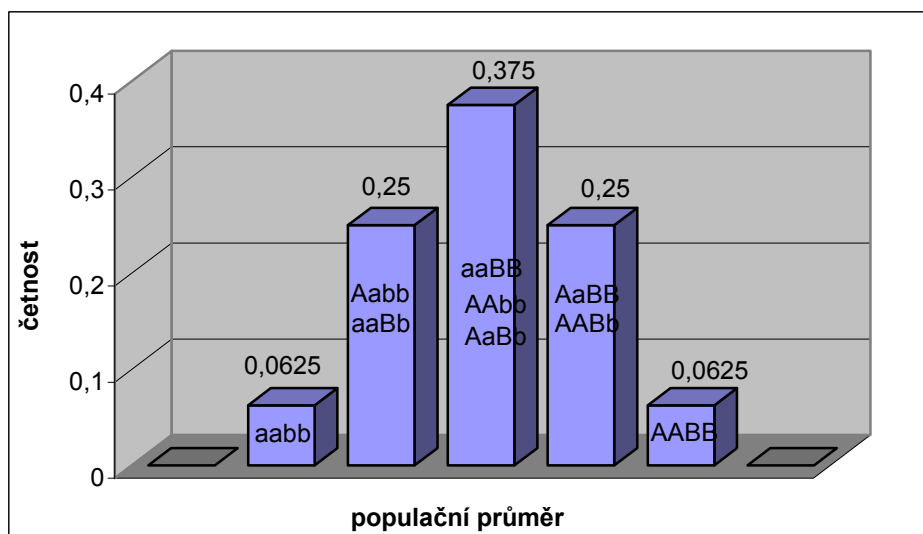
$$B_2 = \sqrt{(P_2 \times F_1)}$$

➤ Distribuce četnosti při:

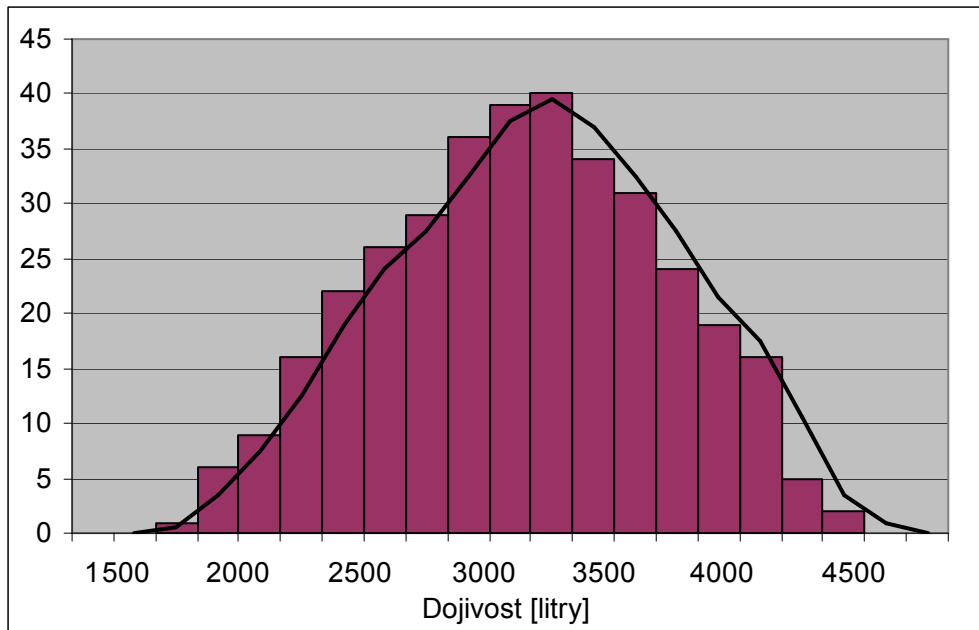
- Jednom lokuse



- Dvou lokusech



- Více lokusech



Se vzrůstajícím počtem polygenů stoupá počet kategorií a klesá pravděpodobnost výskytu krajních genotypových hodnot.

- Znázornění binomickým rozvojem $(a + b)^n$

Pro 2 lokusy (4 alely): $a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$

Počet aktivních alel	0	1	2	3	4
Počet neutrálních alel	4	3	2	1	0
Četnost genotypů	1/16	4/16	6/16	4/16	1/16

- Pascalův trojúhelník

				1					
				1	1				
			1	2	1				
		1	3	3	1				
		1	4	6	4	1			
	1	5	10	10	5	1			
	1	6	15	20	15	6	1		
1	7	21	35	35	21	7	1		
1	8	28	56	70	56	28	8	1	

Počet **fenotypů** (kategorií): $2n + 1$

Počet **genotypů**: 3^n

Příklad 1, 2 na straně 6, 14 na straně 12.

Většina alel ovlivňujících kvantitativní znaky má velice malý účinek na znak, takže jej zpravidla nemůžeme viditelně pozorovat.

➤ **Projev jedince**

$$P = f(G + E)$$

G ... kombinovaný účinek genů v lokusech jedince

E ... kombinace všech negenetických faktorů

Průměrný projev určitého fenotypu je genotypová hodnota G tohoto genotypu.

Kvantitativní znaky jsou určeny kombinovaným účinkem alel v mnoha lokusech, většinou s malým individuálním účinkem na znak a množstvím negenetických faktorů.

Popis fenotypové hodnoty u jedince:

$$P = \mu + G + E = \mu + A + D + I + E$$

$$G = \mu + A + D + I$$

➤ **Způsob měření odchylek u jedince**

$$V_P = V_A + V_D + V_I + V_E$$

Fenotypový rozptyl je pak mírou kolísání fenotypových hodnot kolem střední hodnoty populace (aditivní, neaditivní, genetický, negenetický)

➤ Populační průměr

- Je určen výhradně genovými a odpovídajícími genotypovými četnostmi

Hodnota	-a	0	d	+a
Genotyp	tt		Tt	TT

kde 0 je střed mezi oběma homozygoty.

Genotyp	Četnost	Hodnota	Četnost x hodnota
TT	p^2	a	ap^2
Tt	$2pq$	d	$2pqd$
tt	q^2	-a	$-aq^2$
			$a(p - q) + 2pqd$

kde $|a|$ je hodnota homozygotů, d je odchylka heterozygota od středu mezi dvěma homozygoty.

- Obecný vzorec pro výpočet populačního průměru s ohledem na alelický pár

$$M = a(p - q) + 2pqd$$

- Pro více alel

$$M = \sum a(p - q) + 2 \sum pqd$$

- Pro úplnou dominanci

$$M = a(1 - 2q^2)$$

Příklad 4, 7, 8 na straně 7 resp. 9.

- **Šlechtitelská hodnota jedince je dvojnásobek průměrné odchylky jeho potomků od populačního průměru, je-li jedinec pářen s náhodným vzorkem populace (sledovaný jedinec předá pouze polovinu genetické informace, druhá polovina je z náhodného vzorku).**

Šlechtitelská hodnota je průměrný projev potomků ve srovnání s průměrným projevem všech potomků ve stádě.

- Nemusí se nezbytně rovnat G , jde pouze **aditivní** hodnotu A
- Je přímo úměrná počtu aktivních alel, které nese (součet účinků všech aktivních alel na všech lokusech zkoumaného znaku)
- Šlechtitelská hodnota heterozygota je uprostřed mezi šlechtitelskou hodnotou homozygotů

Příklad

U plemene skotu Jersey byl sledován transferinový lokus, který ovlivňuje dojivost (účinek alel je možné zjistit elektroforeticky). Má dvě alely, dominantní Tf^A a recesivní Tf^D (dále T a t)

Genové četnosti:

$$p(T) = 0,67$$

$$q(t) = 0,33$$

Průměrná dojivost $TT, Tt = 1882$ litrů $\langle 1773; 1987 \rangle$

Nejlepší TT má $P = 1987$ litrů, $G = 1882$; $E = +105$

Nejhorší TT má $P = 1773$ litrů, $G = 1882$; $E = -109$

Průměrná dojivost $tt = 2082$ litrů; je tedy o 200 litrů vyšší, než u TT

Populační průměr $p^2 + 2pq + q^2 = 1904$ litrů; je určen genovými a odpovídajícími genotypovými četnostmi.

Genotypové hodnoty jako odchylky od populačního průměru:

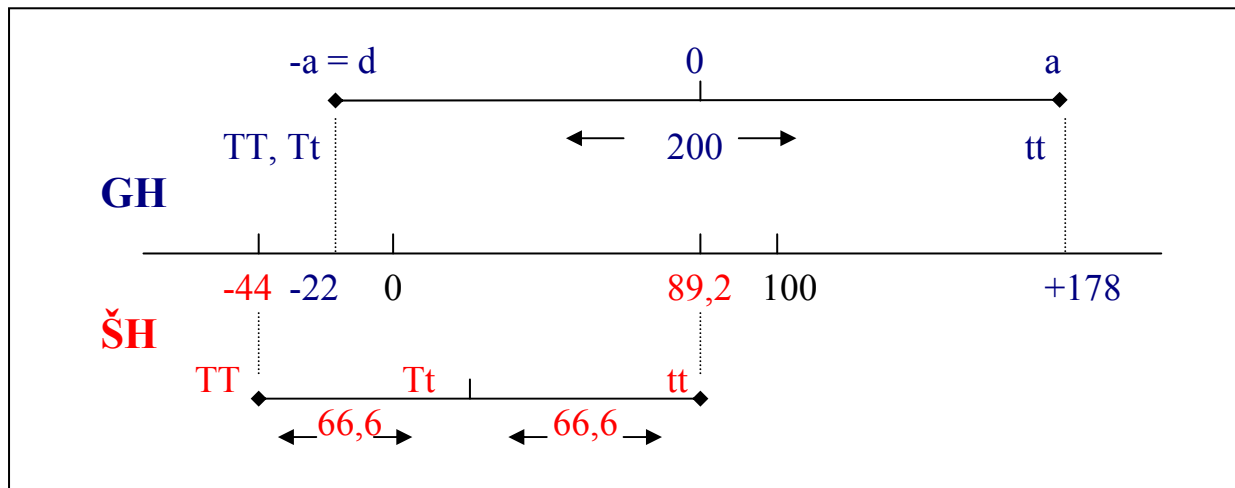
$$TT \text{ a } Tt = 1882 - 1904 = -22 \text{ litrů}$$

$$tt = 2082 - 1904 = 178 \text{ litrů}$$

Šlechtitelská hodnota se zjišťuje u býků. Může mít velké množství potomků v krátkém čase.

Šlechtitelská hodnota se zjistí křížením jednoho býka pro každý transferinový genotyp s náhodným vzorkem krav z populace.

Genotyp býka	TT	Tt	tt
Genotypová hodnota býka	-22	-22	+178
Gamety býka	T	$1/2T + 1/2t$	t
Genotypy potomků	$2/3TT + 1/3Tt$	$1/3TT + 1/2Tt + 1/6tt$	$2/3Tt + 1/3tt$
Genotypová hodnota potomků	-22 -22	-22 -22 +178	-22 +178
G = P	-22,0	+11,3	+44,6
Šlechtitelská hodnota býka	-44,0	+22,6	+89,2



Šlechtitelská hodnota se nedá určit z fenotypového projevu jedince:

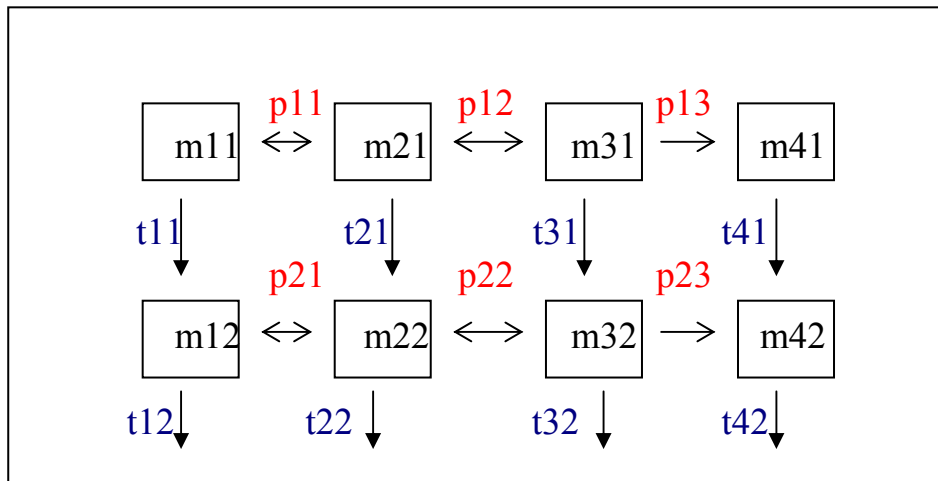
- Jedinec může mít vynikající fenotyp, ale málo aktivních alel
- Jedinec může mít slabý fenotyp, ale hodně aktivních alel

➤ Environmentální rozptyl

- Veškerá variabilita negenetického původu
- Zdroj chyby zmenšující přesnost měření
- Známé faktory
 - Výživa
 - Krmení
 - Hnojení
 - Ošetřování
 - Klimatické podmínky
 - Vliv matky
- Neznámé faktory, nemohou být kontrolovány
 - Vnější faktory - ovlivňují růst, plodnost, laktaci
 - Vývojové faktory - ovlivňují anatomickou strukturu (tvar skeletu, počet chaetae u drozofil atd.), po skončení vývoje se již nemění

➤ Odhad environmentálního rozptylu

- Mnohonásobné měření v případě, že můžeme jeden znak měřit více než jedenkrát
 - Časové opakování - dojivost, velikost vrhu
 - **Prostorové opakování** - anatomické znaky, u rostlin plody



Postup výpočtu: složka uvnitř jedince je způsobena **pouze vlivem vnějšího prostředí** způsobená časovými rozdíly mezi měřeními

složka mezi jedinci je **částečně genetické** (vývojový charakter) a **částečně environmentální** povahy

- Speciální environmentální rozptyl - V_{Es}
 - Odlišuje rozptyl uvnitř jedince z časových nebo prostorových příčin
- Ovecný environmentální rozptyl - V_{eg}
 - Variabilita mezi jedinci z trvalých nelokalizovatelných příčin

➤ Opakovatelnost

$$w = (V_G + V_{eg}) / V_P$$

- Jedná se v podstatě o míru korelace mezi opakovanými měřeními stejného jedince. Určuje horní mez:
 - Heritability V_A / V_P
 - Míry genetické determinace znaku (heritabilita v širším slova smyslu) V_G / V_P
- Indikuje přesnost, s jakou můžeme stejné výsledky získat z několika měření. Zřídka kdy má smysl dělat více jak 2 opakování.

➤ Možnosti zvýšení užítkovosti

- **Zlepšení E**
 - Krmení
 - Hnojení
 - Ošetřování
 - Klimatické podmínky
- **Zvýšení μ**
 - Působení na populaci jako celek
 - Linie s vyšším stupněm homozygotity
 - Příznivé působení dominance
 - Podmínky populace
- **Zvětšení A**
 - Vyřazení jedinců s nízkou genotypovou hodnotou

➤ Závislost genotypu na prostředí

- **Korelace V_E s V_G**
 - $(V_P = V_G + V_E + 2\text{cov}_{GE})$
 - V přírodě si ji silnější jedinec vytváří sám
 - Umělé podmínky, lepší dostane více
- **Interakce V_E s V_G**
 - Jeden genotyp je v jednom prostředí znevýhodněn, ve druhém naopak zvýhodněn
- **U inbredních linií reagují různé G na změny E různě**

[Příklad 11 na str. 11, 3 na str. 17.](#)