

Génétique quantitative

Génétique Quantitative

La génétique quantitative est la génétique des caractères dont l'observation passe par une mesure. Elle considère une partie de la génétique qui étudie la transmission des différences individuelles à l'aide de modèles mathématiques et des statistiques.

A partir de l'estimation des variances imputables aux effets des gènes et à ceux de l'environnement, les modèles permettent d'estimer l'influence respective de l'hérédité et du milieu.

Nous nous intéressons à des caractères à variation continue et à déterminisme complexe, c'est-à-dire gouvernés par plusieurs facteurs génétiques et plusieurs facteurs non génétiques.

Exemples de caractères quantitatifs

• Caractères biométriques

Taille des individus, poids, croissance, Pression artérielle, taux de cholestérol, glycémie, Nombre de soies de l'abdomen de la drosophile

• Caractères agronomiques

Taille de portée chez les animaux, production laitière, Teneur en huile chez le Maïs, Nombre de grains par épi de Blé, Date de floraison chez le Blé

• Maladies multifactorielles / maladies "monogéniques"

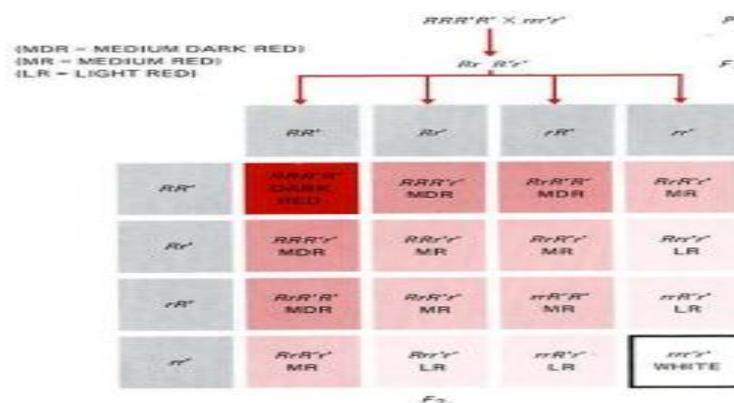
Diabète, Prédisposition à l'obésité

• Caractères impliqués dans l'adaptation

Précocité floraison, fertilité, tolérance facteurs du milieu

La couleur est contrôlée par deux gènes bialléliques

- Absence de dominance
- Les allèles qui donnent la couleur rouge, R et R', possèdent un effet cumulatif
- C'est le nombre des allèles R et R' qui détermine le phénotype



- Le nombre des phenotypes augmente proportionnellement avec le nombre de gènes
- Pour n gènes, on aura en F₂ 3ⁿ génotypes et 2n+1 phénotypes
- Mais la distinction entre eux devient de plus en plus difficile
- Si on ajoute à ça les effets de l'environnement, et les autres effets génétiques (dominance et épistasie), on ne pourra plus décerner les différentes classes phénotypiques • La variation devient continue

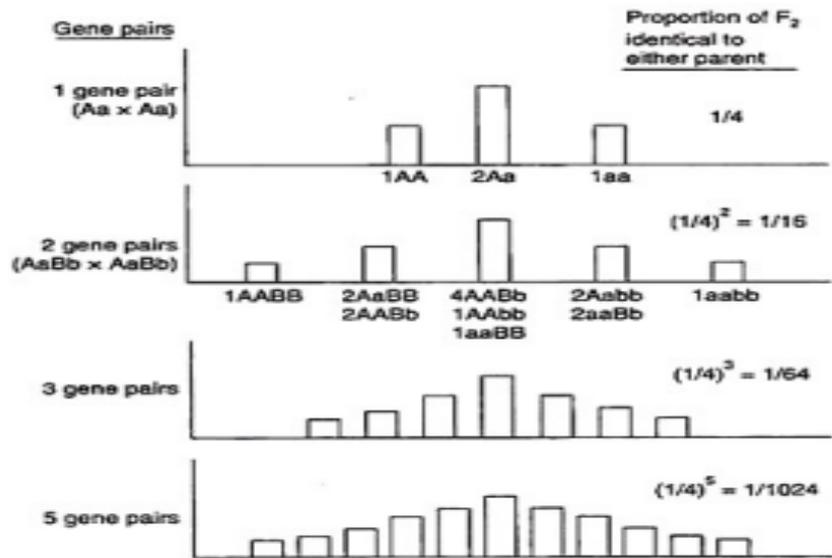
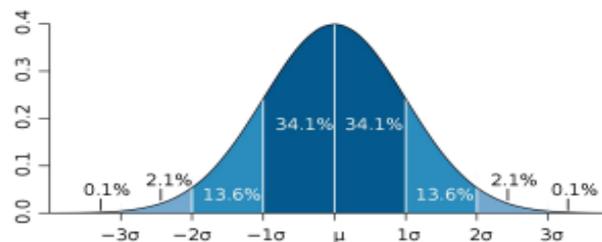


Fig. 4.2 Graphs showing relation of polygenes with F₂ phenotypes.

La plupart des caractères quantitatifs suivent une distribution normale

Propriétés de la distribution normale:

- La courbe est symétrique autour de la moyenne
- Elle est complètement déterminée par la moyenne (μ) et la variance (σ^2)



Les effets génétiques et environnementales

la valeur phénotypique d'un caractère est la somme des effets génétiques, des effets de l'environnement et des effets d'interaction entre eux.

- P: valeur phénotypique
- G: valeur génétique • E: déviation due à l'environnement (tout facteur non génétique)

- GxE: interaction génotype environnement
- Le génotype confère un certain valeur à l'individu et l'environnement cause une déviation de ce dernier vers une direction ou une autre

Rendement de 3 variétés de blé au USA

Année	Variété		
	Roughrider	Seward	Agassiz
1986	30.18	35.22	29.93
1987	40.19	45.68	37.49
1988	14.55	16.19	17.89
1989	38.81	41.90	38.12
1991	37.99	44.73	34.90
1992	29.36	30.87	26.15
1993	36.67	39.63	30.74
1994	26.27	33.52	25.07
1995	33.45	41.01	33.71

Types d'action des gènes

Effet additif (A):

- C'est l'effet moyen d'un allèle • Chaque gène/allèle additionnel augmente l'expression du caractère par des incréments égaux
- Si chaque allèle augmente l'expression du caractère par 1 unité, alors:
- $aabb = 0$, $Aabb = 1$, $AABb = 3$, $AABB = 4$

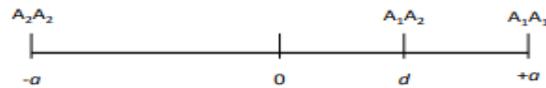
Les effets d'interaction

- Dominance(D): interaction entre allèles d'un même locus.
- C'est la déviation de l'additivité qui fait que l'hétérozygote se ressemble à un parent plus que l'autre
- Trois types: dominance incomplète, dominance complète, superdominance
- Epistasie (I): interaction entre allèles de différents loci

La dominance

A1 est l'allèle qui augmente la valeur du caractère

- La valeur 0 est la valeur moyenne entre les deux homozygotes
- La valeur de l'hétérozygote, d, dépend du degrés de dominance:
- Pas de dominance: $d = 0$ • Si A1 dominant sur A2 : $d > 0$ • Si A2 dominant sur A1 : $d < 0$
- Si la dominance est complète: $d = +a$ ou $-a$
- S'il y a superdominance: $d > +a$ ou $d < -a$
- Le degrés de dominance = d/a



Exemple



> Calculez le degré de dominance

Types d'action des gènes

La valeur génétique d'un caractère est le résultat de trois types d'action de gènes: **additivité, dominance et épistasie**

$$G = A + D + E$$

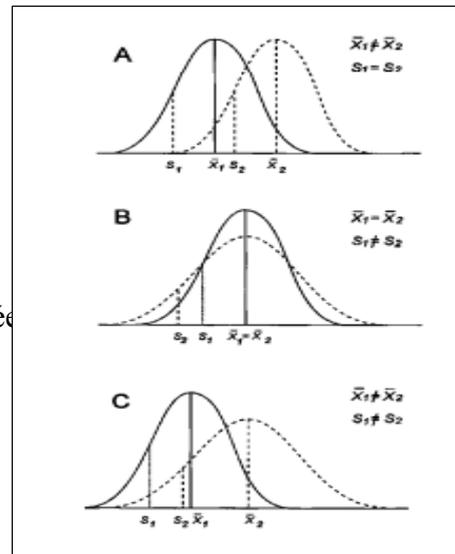
Les questions traitées par la génétique quantitative

- Mesurer les effets génétiques et environnementales sur le phénotype
- Combien de gènes influence le caractère?
- Quelle sont les types et la force d'action de ces gènes?
- Comment réagit le caractère à la sélection?

Paramètres statistiques d'un caractère quantitatif

Les caractères quantitatifs sont décrits en utilisant des paramètres statistiques

- La moyenne: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
- La variance: $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
- L'écartype: $s = \sqrt{s^2}$ (la même unité que la moyenne)



Paramètres statistiques d'un caractère quantitatif •

Quelles sont les observations qu'on peut tirer de ces données

- La moyenne de F1 est approximativement intermédiaire entre les moyennes des deux parents
- La moyenne de F2 \approx moyenne de F1 , mais F2 est plus variable que F1
- P1 , P2 et F1 sont entièrement homogène, donc toute la variance associée à ces populations est due à l'effet de l'environnement

Les composantes de la variance

L'étude de la variance d'un caractère permet de mesurer la contribution de chaque facteur

- Premier niveau de décomposition de la variance $VP = VG + VE + VGE$
- Deuxième niveau de décomposition de la variance $VP = VA + VD + VI + VE + VGE$
- VP : variance phénotypique totale
- VG : variance génotypique
- VE : variance due à l'environnement
- VGE : variance due à l'interaction GxE
- VA : variance additive
- VD : variance de dominance
- VI : variance d'interactions épistatiques

Les composantes de la variance

Comment estimer les composantes de la variance?

- Plan de croisement + dispositif expérimental + analyses statistiques

• Ex:

- $VP1 = E$; $VP2 = E$; $VF1 = E$
- $VF2 = 1/2A + 1/4D + E$
- $VB1 = 1/4A + 1/4D + E$
- $VB2 = 1/4A + 1/4D + E$
- $VB1 + VB2 = 1/2A + 1/2D + 2E$

L'étude des composantes de la variance permet de définir les stratégies d'amélioration du caractère en question

• Exemples:

- Si la variance due à l'environnement est grande, le caractère devra être amélioré en optimisant les conditions de culture par exemple
- Si la variance additive est importante on devra sélectionner les descendants supérieurs
- Si la variance de dominance est importante on devra développer des hybrides

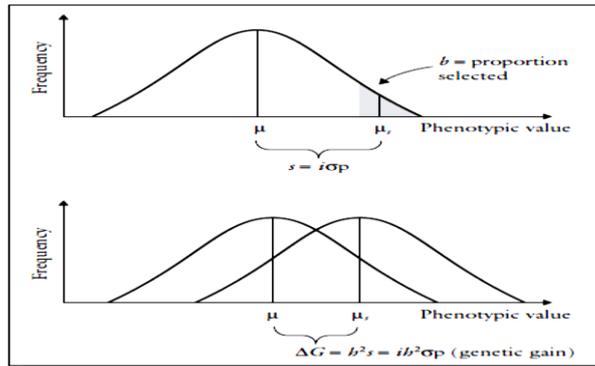
Héritabilité

Amélioration génétique: Sélectionner les meilleures plantes pour obtenir une meilleure descendance durant la génération suivante

- Ceci est possible quand $VG > VP$
- Les caractères quantitatifs sont difficiles à améliorer à cause de l'influence de l'environnement
- Le degré de ressemblance entre les parents et les descendants est déterminé par l'effet moyen des gènes..... C'est la fraction transmissible ou héritable
- **Héritabilité** = proportion héritable de la variation phénotypique observée

Exemple: Longueur de l'épi chez le maïs

Génération	Moyenne (cm)	Ecartype (cm)
Parent 1	16.8	0.816
Parent 2	6.63	1.887
F ₁	12.12	1.519
F ₂	12.89	2.252



Héritabilité au sens large

$$H^2 = V_G / V_P$$

- Héritabilité au sens strict

$$h^2 = V_A / V_P$$

- L'héritabilité est spécifique à la population et à l'environnement étudié
- Utilité:
 - Savoir si un caractère peut être amélioré génétiquement
 - Déterminer la stratégie de sélection la plus efficace
 - Prédire le gain génétique

Exemple: Calculez H^2 et h^2

	P1	P2	F1	F2	BC1	BC2
Moyenne	20.5	40.2	28.9	32.1	25.2	35.4
Variance	10.1	13.2	7	52.3	35.1	56.5

$$V_{P1} = E; V_{P2} = E; V_{F1} = E$$

- $V_{F2} = 1/2A + 1/4D + E$
- $V_{B1} = 1/4A + 1/4D + E$
- $V_{B2} = 1/4A + 1/4D + E$
- $V_{B1} + V_{B2} = 1/2A + 1/2D + 2E$

Héritabilité

- Basée sur le même principe que chez les plantes: ressemblance entre les apparentés
- La différence: plan de croisement et populations utilisé + le plan d'essai

<i>Relatives</i>	<i>Covariance*</i>	<i>Regression (b) or correlation (t)</i>
Offspring and one parent	$\frac{1}{2} V_A$	$b = \frac{1}{2} h^2$
Offspring and mid-parent	$\frac{1}{2} V_A$	$b = h^2$
Half sibs	$\frac{1}{4} V_A$	$t = \frac{1}{4} h^2$
Full sibs	$\frac{1}{2} V_A + \frac{1}{4} V_D + V_{Ec}$	$t \geq \frac{1}{2} h^2$

Différentiel de sélection et réponse à la sélection

• **Le différentiel de sélection (S)** = la différence entre la valeur moyenne des individus sélectionnés et la valeur moyenne de la population

• **La réponse à la sélection (R)** = la différence entre la valeur moyenne de la descendance des individus sélectionnés et la celle de la génération précédente (avant la sélection)

• R exprime le changement de la moyenne de la population entre les génération successives

• Prédiction de la réponse à la sélection

$$R = h^2 S$$

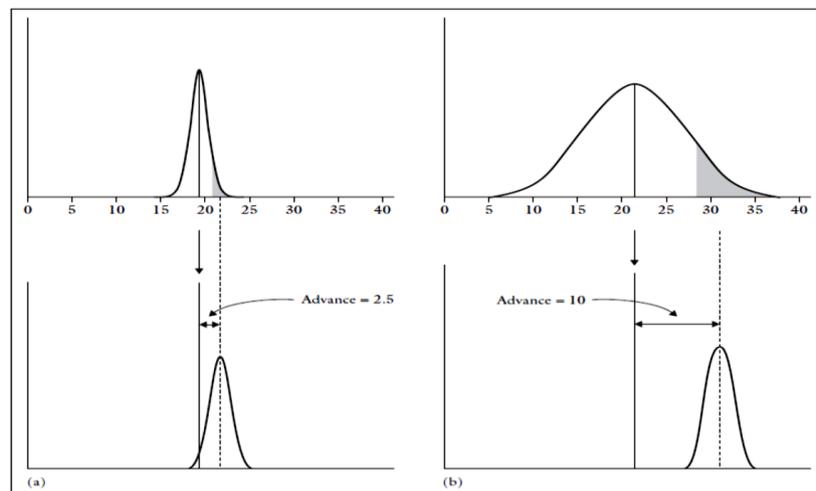
Différentiel de sélection et réponse à la sélection

• R dépend de:

• La variation phénotypique

• L'héritabilité

• La pression de sélection



Réponse corrélée et sélection indirecte

• La corrélation (ou association) entre caractères peut être d'origine génétique ou non génétique

• Si génétique: la sélection pour un caractère va causer le changement de l'autre, C'est **la réponse corrélée**

• Causes: pléiotropisme ou liaison génétique (linkage)

- Pour le sélectionneur: caractères primaires et secondaires
- Si le caractère secondaire est bien corrélé avec le primaire, facile à mesurer, hautement héritable, moins sensible à l'environnement, alors: **Sélection indirect**

Sélection simultanée de plusieurs caractères

- Sélection en tandem (en série)
- Se focaliser sur un seul caractère à la fois
- Les questions à résoudre:
 - Ordre des caractères
 - Nombre de génération de sélection pour chaque caractère
 - Intensité de sélection

Sélection simultanée de plusieurs caractères

- Sélection tronquée
- Sélection de plusieurs caractères par génération
- Ex: 3 caractères: A, B et C
- Sélectionner 50% des plantes selon A
- Sur le sous-groupe précédent sélectionner 40% des plantes selon B
- Sur le sous-groupe précédant sélectionner 50% des plantes selon C
- Intensité de sélection = $0.5 \times 0.4 \times 0.5$

Sélection simultanée de plusieurs caractères

• **Sélection par indice (index selection)**

– **Principe:** transformer un ensemble de caractère en un caractère unique: l'indice de sélection

– Forme d'un indice de sélection:

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_mx_n$$

- $x_1 \dots x_n$: performances phénotypiques
- $b_1 \dots b_m$: poids assignés à chaque caractère en fonction d'un ordre de mérite

Sélection simultanée de plusieurs caractères

- L'ordre de mérite dépend de quoi?
- Importance économique
- Héritabilité
- Corrélation phénotypiques entre les caractères
- Les valeurs phénotypiques doivent être standardisée:

$$X_i = (X - \mu) / \sigma_x$$