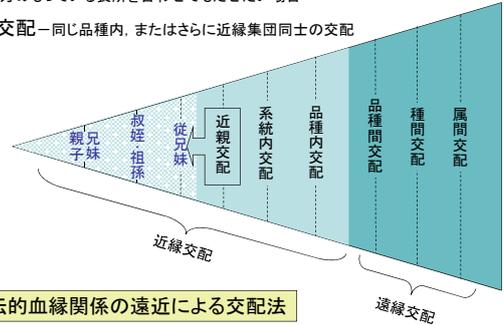


交配の方法



交配法

- ▶ 遠縁交配—属間交配, 種間交配, 品種間交配
 - ▶ 基だく異なるもの長所を現有の家畜に与えたり
 - ▶ 両方のもっている長所を合わせてもたせたい場合
- ▶ 近縁交配—同じ品種内, またはさらに近縁集団同士の交配



遺伝的血縁関係の遠近による交配法

属間交配 intergeneric crossing

- 家畜牛 *Bos taurus* × アメリカ野牛 *Bison americanus*
 - 正逆交雑可能
 - F_1 は雑種強勢を示し, 耐寒性, ダニ熱に対する抵抗力あり
 - 肉質もよく, 歩留まりも高い
 - F_1 の雌は生殖可能, 雄は不能
- 家畜牛 *Bos taurus* × 水牛 *Bubalus bubalis*
 - F_1 は生まれない。
- ヤギ *Capra hircus* × ヒツジ *Ovis aries*
 - ヤギ♀×ヒツジ♂では, 妊娠しても胎子収取または流産
 - 逆の交配では不受胎
- アヒル *Anas boschas domestica* × バリケン *Cairina moschata*
 - 正逆交雑可能
 - アヒル♀×バリケン♂の F_1 は肉用
 - 雑種強勢を示し, 成長が早く, 肥育に適する
 - F_1 は雌雄とも生殖不能

種間交配 Interspecies crossing

- 家畜牛 *Bos taurus* × インド牛 *Bos indicus*
 - 実用性の高い交配例
 - 家畜牛にインド牛の持つ耐熱性, ダニ熱抵抗性を付与する
 - 中南米, インド, アフリカで多い
 - F_1 の雌雄は共に生殖可能
- ヤク *Bos grunniens* × 家畜牛 *Bos taurus*
 - 正逆交配可能
 - F_1 はヤクに比べ, 乳量, 肉質が改善され, ヤクよりも馴れやすく, 牛より強健
 - F_1 の雌は生殖可能, 雄は不能
- ウマ *Equus caballus* × ロ *Equus asinus*
 - 正逆交配可能
 - ウマ♀×ロ♂の F_1 をう, 逆交配の F_1 をケツティ
 - F_1 は雌雄共に生殖不能
 - ♀は乗用には向かないが, 持続力あり, 強健で粗放な管理に耐え, 役用として最適
- ブタ *Sus scrofa* × アジアイノシシ *Sus vittatus*
 - ブタとイノシシとの染色体の数, 核型は等しい
 - F_1 の生産は容易
 - F_1 は粗放な管理に耐え, 肉質もよく実用性高い

学名の変遷

従来
家畜牛 *Bos taurus*
コブウシ *Bos indicus*

最近
両者の共通の祖先であるオーロックスの学名 *Bos primigenius* が使用されるようになってきている。

ただし *Bos indicus* という表記も依然として一般的である。

家畜牛 *Bos primigenius taurus*
コブウシ *Bos primigenius indicus*

<種間雑種, 属間雑種にみられる生殖不能の原因>

F_1 が生産されない理由

- 両親の性行動, 体形, 生殖器系の不一致のほかに,
1. 免疫学的要因が, 雌の体内における精子の生存性や受精能に影響する。
 2. 受精したとしても, 胚発生・胎子発育の段階で障害が起こる。

F_1 が生まれても, 生殖不能の理由

1. F_1 の生殖細胞形成(減数分裂)の際に染色体が著しく異なるため, 相対する染色体が各々の極に分かれず逃走するものができ, 次の段階の細胞が形成されない。
2. F_1 において性染色体がヘテロ型の方の性(哺乳類では雄, 鳥類では雌)で不能になる傾向がある。

品種間交配 inter-breed crossing

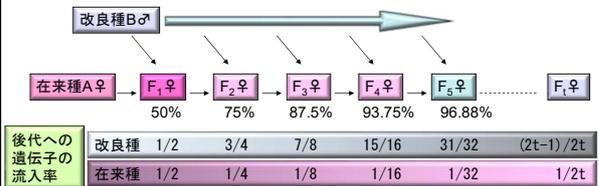
- ▶異なる品種間の交配で、遠縁交配で最も多い実用性の高い交配方法
- ▶F₁の雌雄は共に完全な生殖能力をもっている。

品種間交配の目的

1. 新しく育種を開始する場合に必要な**基礎集団(変異)の作成**
2. 2品種以上の品種間交配による**単一品種の持つ欠点の補完**
3. 品種間交雑F₁において発現する**雑種強勢の利用**

累進交配

1. 未改良の品種を、優れた能力をもつ近代的品種を利用して改良する場合
2. 経済的理由などから、現品種を他品種へ一挙に取り替えられない場合



累進交配と遺伝子割合の変化

乳牛における累進交配の効果

戻し交雑の回数	泌乳期間(日)	総乳量(kg)	平均脂肪率(%)
朝鮮牛	170	450	5.5
F ₁	210	1100	4.2
B ₁	240	2000	3.9
B ₂	340	2500	3.5
ホルスタイン	350	4000	3.4



近縁交配

1. **純粋交配**
同じ品種内ないし内種内での交配

家畜はその品種ないし内種として特有の遺伝的な形態的特徴や能力をもっている

2. **系統交配**
同一品種内でも血縁関係にある系統内での交配

非常に優秀な個体の遺伝子を高い頻度でもつような近縁の個体群を作る目的で、その個体ならびにその子孫同士を計画的に交配していく方法

系統と呼ばれるためには、集団内の平均血縁係数と近交係数が

家畜の種類	血縁係数	近交係数
乳用牛	20~25%	10~13%
豚	20~30%	10~15%

この程度では近交退化も著しくはない

3. 近親交配

同じ系統の中でも、とくに近縁にあるもの同士の交配をいう。
(親子、きょうだい、いとこ、叔姪、祖孫間)
多くの遺伝子座について、優良な遺伝子をホモ化して、優れた形質を固定した個体を作り出すうえで近親交配は重要である。

全きょうだい交配による遺伝子型頻度の変化

世代	AA	Aa	aa
1	1/4	1/2	1/4
2	5/16	6/16	5/16
3	11/32	10/32	11/32
4	24/64	16/64	24/64

近親交配は遺伝子のホモ化を推進するが、それに伴って経済能力の低下を来すことがある。これを**近交退化**といっている。

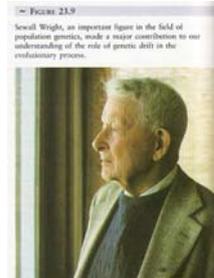
近交退化は遺伝子のホモ化の進展に伴うものであるから、近交度の尺度としての近交係数についてよく知っておく必要がある。

近交係数と血縁係数

S. Wright (1922)

近親交配を継続することによって、

1. 対立遺伝子は次第にホモ化してきて遺伝的に均一のものとなってくる。
2. それぞれの個体は次第に遺伝的血縁関係が濃厚となり、遺伝子組成の似た個体が増加してくる。



育種対象とする種畜が、どの程度の近交係数、血縁係数をもつかが判明すれば交配を行う場合の種畜の選び方、淘汰の程度を決定する上で参考となる。

近交係数と血縁係数 S. Wright (1922)

$F_X = \sum \left\{ \left(\frac{1}{2} \right)^{n+n'+1} (1+F_A) \right\}$ **Wrightの近交係数**

- F_A は父系と母系の共通祖先をAとしたときのAの近交係数
- n は共通祖先AよりXの父に至る世代数
- n' は共通祖先AよりXの母に至る世代数

ある遺伝子座の2個の相同遺伝子が子孫に全く同じに伝わる確率

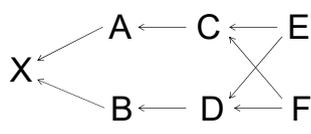
$R_{XY} = \frac{\sum \left\{ \left(\frac{1}{2} \right)^{n+n'} (1+F_A) \right\}}{\sqrt{1+F_X} \sqrt{1+F_Y}}$ **Wrightの血縁係数**

同じ祖先の個体から由来した共通の遺伝子が存在する程度を示すもの



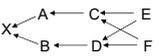
《例題》 両親がいとこである場合の子の近交係数と血縁係数を計算する。

両親A, Bがいとこである場合の子X



共通祖先E, F=複数の矢印が記される

《例題》



- n は共通祖先EよりXの父に至る世代数
- n' は共通祖先FよりXの母に至る世代数

経路	$F_X = \sum \left\{ \left(\frac{1}{2} \right)^{n+n'+1} (1+F_A) \right\}$	$R_{XX} = \frac{\sum \left\{ \left(\frac{1}{2} \right)^{n+n'} (1+F_A) \right\}}{\sqrt{1+F_X} \sqrt{1+F_Y}}$
A-C-E	$\left(\frac{1}{2} \right)^{2+2+1} (1+0)$	$\left(\frac{1}{2} \right)^{2+2} (1+0)$
B-D-F	$\left(\frac{1}{2} \right)^{2+2+1} (1+0)$	$\left(\frac{1}{2} \right)^{2+2} (1+0)$
	$\left(\frac{1}{2} \right)^3 + \left(\frac{1}{2} \right)^3$	$\left(\frac{1}{2} \right)^4 + \left(\frac{1}{2} \right)^4$

① ② は共通祖先を示す

1/16 6.2% 1/8 12.5%

“ある個体の近交係数はその両親の血縁係数の1/2である”

近交係数の増加と近交退化 (Falconer, 1960)

家畜	形質	近交係数10%増加当たり		
		近交退化の程度		
		(1)	(2)	(3)
ウシ	乳量	26.6 gal	3.2 %	0.17
	産子数	0.38 頭	4.6	0.15
ブタ	154日体重	3.64 lb	2.7	0.12
	汚毛量	0.64 lb	5.5	0.51
ヒツジ	毛長	0.12 cm	1.3	0.14
	1歳時体重	2.91 lb	3.7	0.36
ニワトリ	産卵数	9.26 個	6.2	—
	孵化率	4.36 %	6.4	—
マウス	体重	0.04 lb	0.8	—
	産子数	0.60 頭	8.0	0.28
	6週齢体重(♀)	0.58	2.6	0.26

(1): 絶対値, (2): 非近交集団平均に対する%, (3): (1)を非近交集団の表型標準偏差で除した値。

有害な劣性遺伝子の淘汰によってその害を防ぐことが可能である

近交退化の原因

1. 有害な劣性因子の集積 - 有益な遺伝子ばかりでなく、有害な劣性遺伝子も集積してくる。
2. ホモ性の極端な増加 - 動物が生存し、生産能力を発揮するためには最小限のヘテロ性が必要である。
3. ポリジーンによるアンバランス - ポリジーン相互の組み合わせによってバランスがとれている状態が近親交配によって変化する。

しかし、2と3の場合には、近交退化は近親交配の継続によって必然的に起こる。これを防ぐためには、

- 家畜集団内に最小限度のヘテロ性を維持するか、
- ポリジーン相互の組み合わせのバランスを考慮する手段が必要となる。

《交配法のまとめ》

<遠縁交配の家畜育種における意義>

1. 属間雑種、種間雑種などの作出のため
2. 品種間交雑を行い、遺伝的変異の大きい基礎集団を作出するため
3. 品種間交雑F₂が示す雑種強勢を利用するため
4. 累進交配などのように、既存品種に新しい、優良な遺伝子の導入を図るため

<近縁交配の家畜育種における意義>

1. 家畜のもつ優良な遺伝子を遺伝的に固定するため
2. すでに確立された品種や系統が保有する形態、能力の特徴を維持するため
3. 近交系間交配の例にみられるように、同一系統内で確立した異なる近交系同士を交配した場合に発現する雑種強勢効果を利用するため

雑種強勢の利用

雑種強勢 heterosis

2品種、または2系統を交雑してF₁を作った場合、F₁は両親のもっている形質とは違った、あるいはそれ以上の形質、すなわち両親よりも優れた経済能力を発揮する現象

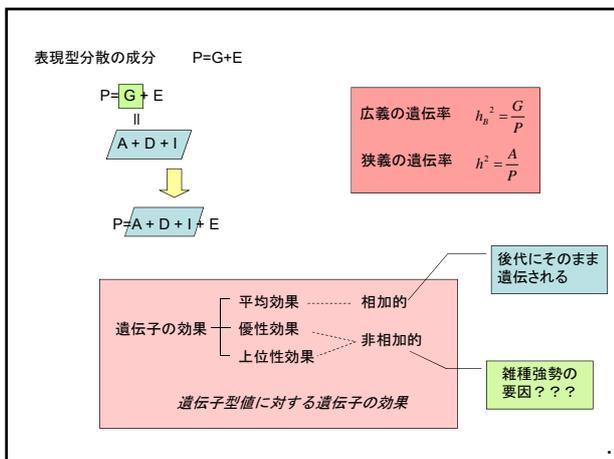
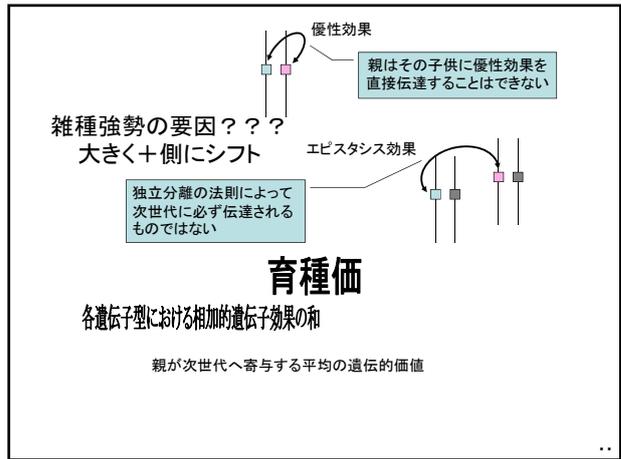
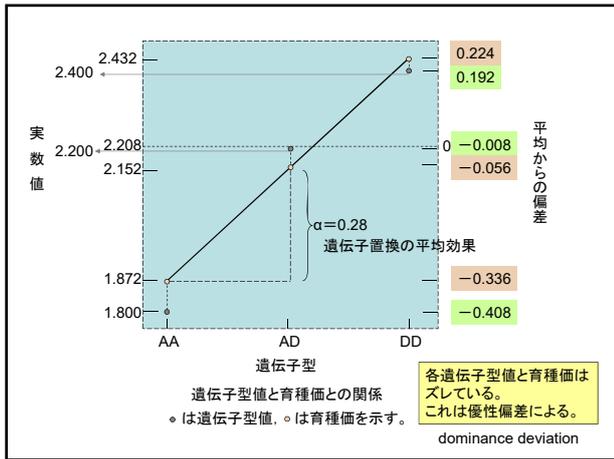
雑種強勢は、どのような品種間交配、系統間交配であっても、雑種することによって発現するものではなく、交配に使用される品種、または系統の遺伝的組成とその組み合わせの適性によって決まる。

雑種強勢はすべての形質において発現するのではなく、家畜では

- 生産性と適応性に関する発育
- 繁殖(産子数)
- 泌乳(泌乳期間中における子牛の発育、離乳時体重、離乳率)
- 産卵
- 飼料の利用性
- 強健性

などに顕著に発現する。

さらに、表現型の均一性としても発現してくる。



<雑種強勢効果または組合せ能力の評価法>

① $F_1 - P_m$ ② $(F_1 - P_m) / P_m$ ③ $(F_1 - P_m) / |P - P_m|$

ただし、 F_1 : F₁の平均値
P: 両親の品種(系統)のいずれか一方の値
 P_m : 両親の品種(系統)の平均値

③の式はMather(1941)によって示されたポテンシ比 potence ratio
ポテンシ比が+1より大きいときはF₁は両親のいずれよりも大、**雑種強勢**がある。
-1より小さいときはいずれよりも小さいことを示す。

〈肉用牛〉	遺伝率	雑種強勢によって期待できる効果
繁殖能力に関する形質	0.1	10%
発育および飼料効果	0.4	5
牛肉の価値	0.5	0

〈豚〉	一代雑種	三元(純粋種♂×一代雑種♀)
1腹子豚数	—	(+)
1腹子豚数(離乳時)	+	+(+)
1腹子豚総体重(離乳時)	++	++ ~ +
離乳後の1日平均体重	+	+
飼料要求率	±	±
屠体形質	—	—

品種間交雑による利用

乳牛
ホルスタイン、ジャージー、ガンジー、エアシャーなど2品種間ならびに3品種間交雑
乳牛の交雑F₁においては、乳量、乳脂量、乳脂率のいずれも両親の中間、または少し高いほうに現れ、優性や上位性効果などの非相加効果は現れない。

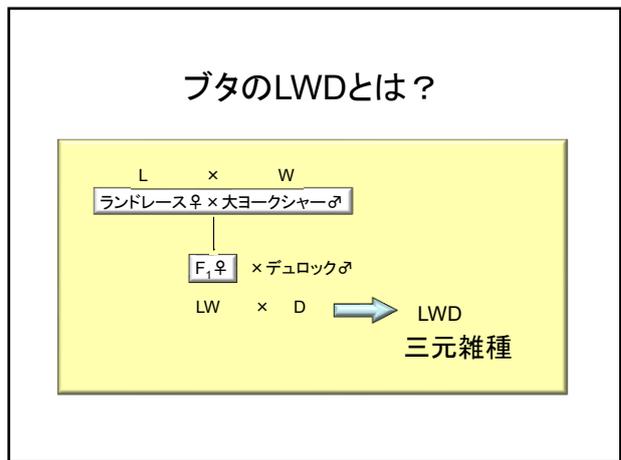
肉牛
成長能力、
・とくに生時体重
・肥育時体重
・1日あたり増体量
・飼料効率
に雑種強勢がみられること、
また、産肉能力のうち、
・枝肉量
・枝肉歩留まり
・枝肉等級
・ロース芯面積
・屠体長
などに優越性が見られている。

アバディーンアンガス♀×ショートホーン♂
ヘレフォード♀×ショートホーン♂
ギャロウエー♀×ショートホーン♂

めん羊
・イギリス
ブラックフェースやシェビオット♀×ボーダーレスター♂
交雑F₁は父方の多肉性と母方の良質の肉質をもち、発育は両親のいずれよりもよい
・ニュージーランド
ロムニーマーシュ♀×サウスダウン♂のF₁が肉用として賞用

豚
・わが国でも1960年ごろより、雑種豚の比率が増加し、現在では豚総頭数の約70%
・ランドレースや大ヨークシャーのような産子数が多く、体長が長く成長もよい品種に、デュロックやハンブシャーのような脂肪が少なく、赤肉量に富み、ロース芯断面積の太い品種を交配したF₁、または三元雑種、戻し雑種を用いる

鶏
・採卵鶏では、卵数が多く、卵重も小さくない卵数系統と、卵重が重く、しかも、卵数もそれほど少なくない卵重系統との二元、三元、四元雑種が用いられている。
・ブロイラーは母鶏品種である白色ロックの合成系統と、父鶏品種としての白色コーニッシュの合成系統の交雑種が用いられている。



その他の交雑法

戻し交雑
A品種(系統) × B品種(系統) → F₁(A×B) × AまたはB品種(系統) → F₁(A×B) × C品種(系統)

三元交雑
A品種(系統) × B品種(系統) → F₁(A×B) × C品種(系統)

四元交雑
A品種(系統) × B品種(系統) → F₁(A×B) × C品種(系統) × D品種(系統) → F₁(A×B) × F₁(C×D)

- ・F₁に現れる母性効果、繁殖・泌乳能力には雑種強勢が発現するので、F₁への母性効果を積極的に利用することにより生産性の向上を図る。
- ・とくに豚の場合において、戻し交雑種、三元雑種で産子数、離乳時体重、離乳時までの1日あたり増体重、肥育時体重、飼料要求率などに優越性が認められている。

ランドレース(♀) 繁殖能力が高い × 大ヨークシャー(♂) 繁殖能力が高い
↓
交雑種(♀) 繁殖能力が高く、増殖 × デュロック(♂) 肉質がよく、増肉能力が高い
↓
三元交雑種(肉生産) 肉質がよく、増肉能力が高い、増殖
種畜の改良は品種毎に行われますが、ブタやニトリでは、主に複数の品種をかけた交雑種が生産用に用いられています。交雑は、複数の品種の特徴ある能力を併せ持たせるということ、雑種強勢という品種をかけたときに起こる優れた効果を利用するために行われます。雑種強勢により、繁殖能力、強健性などが元の品種よりも高くなります。