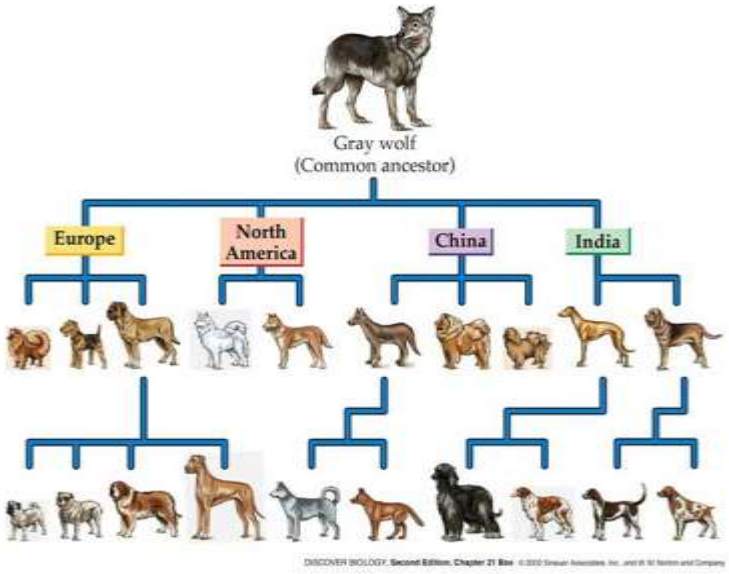


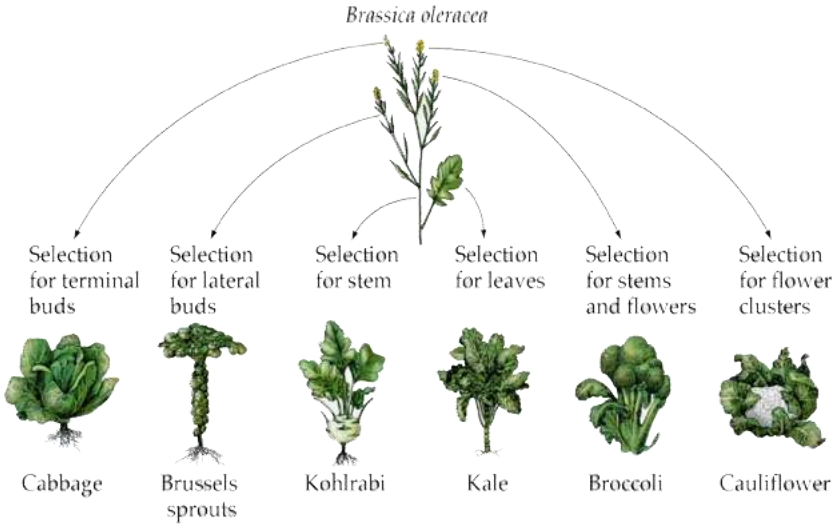
قانون مندل الأول

الفصل الثامن

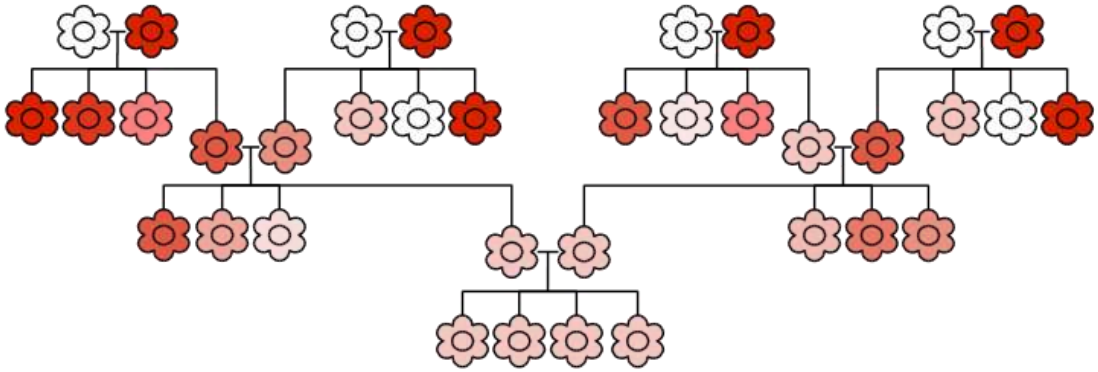
الـصفـات؟

- منذ عصور ما قبل التاريخ لاحظ البشر أن الكائنات الحية تمرر صفاتها لنسلها. وبناءاً على تلك الملاحظة استطاعوا استخدام الاصطفاء الصناعي (الانتخاب) في تحسين المحاصيل الزراعية واستئناس الحيوانات.





- بالرغم من ذلك، ظل البشر لعصور طويلة يجهلون كيفية توارث تلك الصفات. قبل القرن الـ19 كانت النظرة السائدة هي أن صفات الأب والأم تندمج معاً لتشكل صفة وسيطة بين الصفتين، فيما عُرف بنظرية الوراثة الخلطية Blending inheritance.

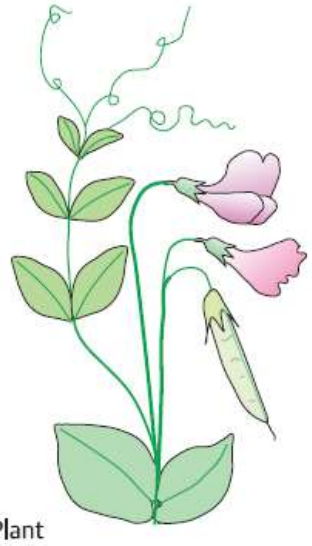


- ظلّت تلك هي النظرة السائدة في الوسط العلمي حتى ظهرت نظرية الوراثة الجسيمائية (جسيمات) Particulate inheritance، والتي تشكلت بمساهمة عدة علماء أولهم الراهب النمساوي **جريجور مندل**.



- تنص نظرية الوراثة الجسيمائية على أن الصفات يتم توريثها في جسيمات منفصلة ولا تختلط معاً لتكوين صفات جديدة كما كان يُعتقد من قبل.
- إستطاع جريجور مندل وضع أسس تلك النظرية من خلال تجاربه على نبات البسلة (*Pisum sativum*)، وبهذا يعتبر مؤسس علم الوراثة بشكله الكلاسيكي.

نبات البسلة ؟



A. The pea plant (*Pisum sativum*)

1) قلة تكاليف التربية.
2) كثرة بذور النسل الناتج (زيادة في الدقة).
3) وجود بعض الصفات التي من السهل تمييزها مورفولوجياً.
4) إمكانية حدوث التلقيح الذاتي و الخلطي في زهرة البازلاء.

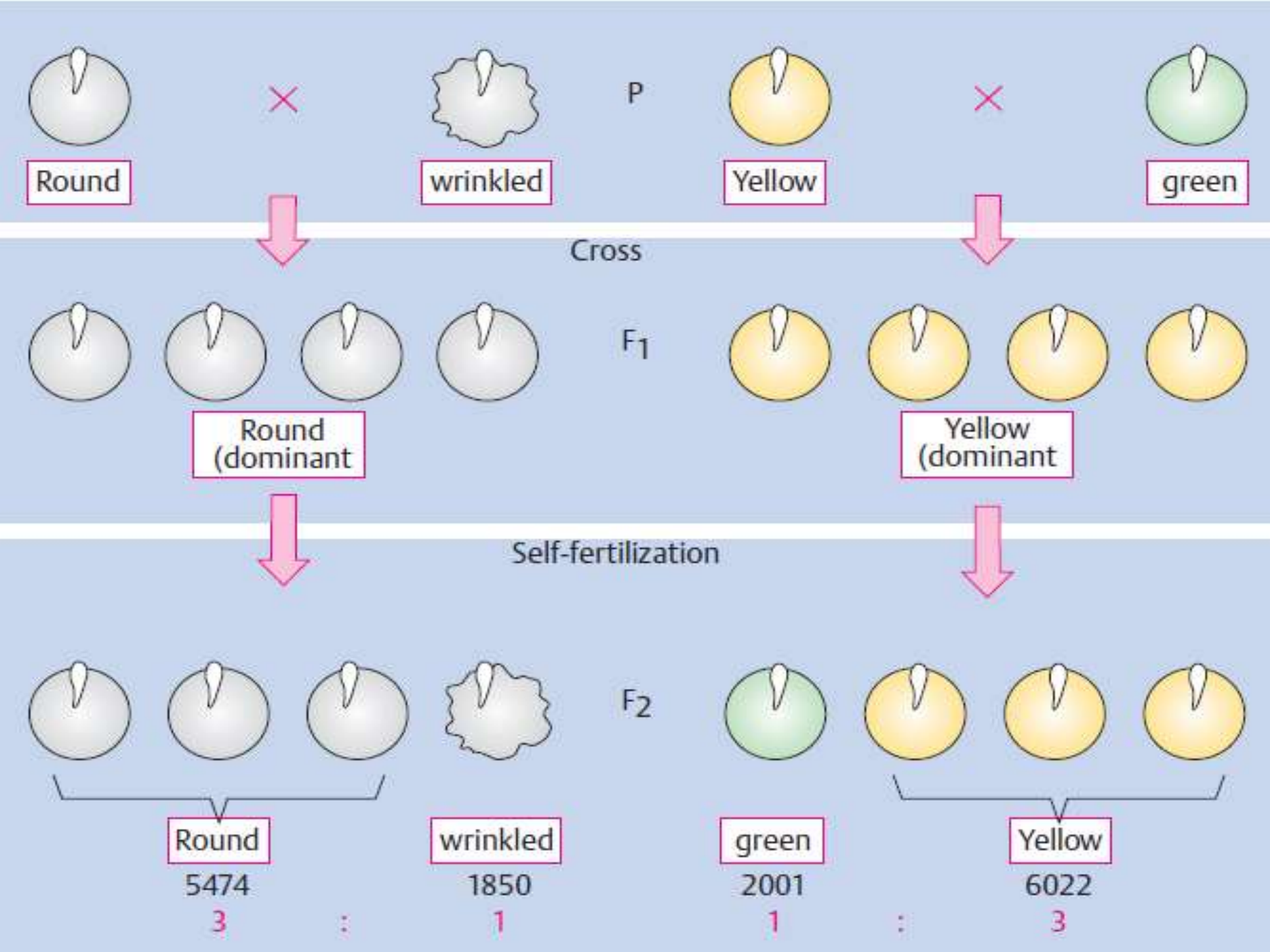
- **الصفات التي تمت دراستها:**

Seed Shape	Seed Color	Seed Coat Color	Pod Shape	Pod Color	Flower Position	Plant Height
Round	Yellow	Gray	Smooth	Green	Axial	Tall
Wrinkled	Green	White	Constricted	Yellow	Terminal	Short

Flower Color

WHITE

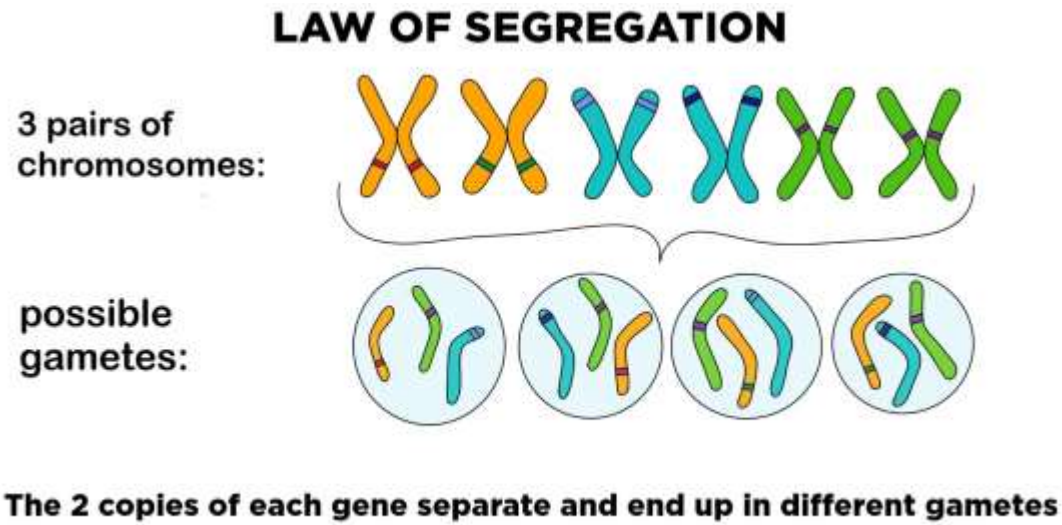
PURPLE


Round
wrinkled
P
Yellow
green
Cross
F1
Round (dominant
Yellow (dominant
Self-fertilization
F2
Round
wrinkled
green
Yellow
5474
1850
2001
6022
3 : 1
1 : 3

- لاحظ مندل أنه عند تزاوج فردان نقيان في زوج واحد من العوامل الوراثية فان الصفة السائدة تظهر في الجيل الاول بنسبة 100% وعند اجراء التلقيح الذاتي لأفراد هذا الجيل فإن العوامل الوراثية تنعزل لتظهر في الجيل الثاني بنسبة 1:3. وبناءاً على تلك الملاحظات صاغ مندل قانونه الأول: قانون الإنعزال Law of Segregation

قانون مندل الاول
(قانون الإنعزال)

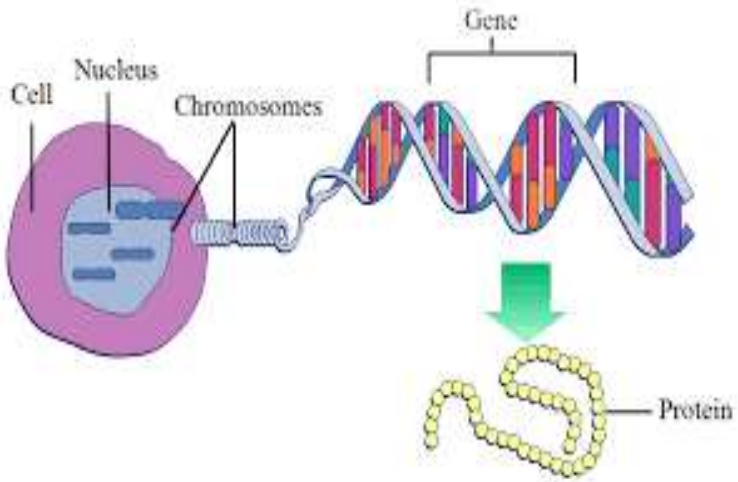
"كل فرد يحمل زوجاً من العوامل الوراثية لكل صفة (أليلات)، وعند تكوين الجاميطات ينعزل كل أليل في جاميطة عشوائياً. وبالتالي يورث كلًا من الأبوين أحد الأليلين لنسله، فيحصل النسل على زوج من الاليلات يتكون من أليل من كل أب."



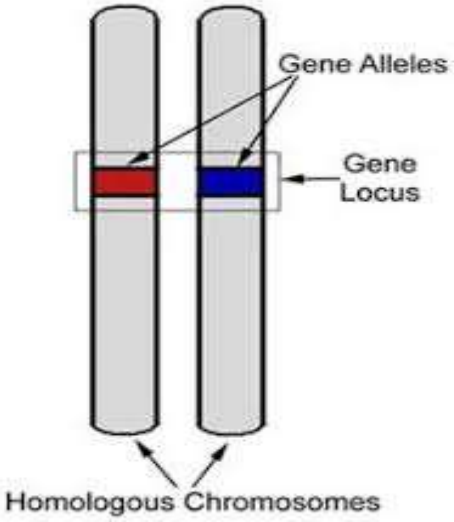
تـعـريـفـات هـامـة

- الجين Gene: تتابع من النيوكليتيدات داخل جزئ الـ DNA ومسئول عن اظهار صفة محددة. يرمز للجينات بالحروف الأبجدية A to Z.
- الاليل Allele: صورة من صور الجين, يعبر عن فردي كل زوج من ازواج الكروموسومات ولكل جين على الأقل اليلين, قد يكون اليل مسئول عن اظهار صفة سائدة واليل مسئول عن اظهار صفة متنحية.
- الموقع Locus: مكان تواجد الجين على الكروموسوم.

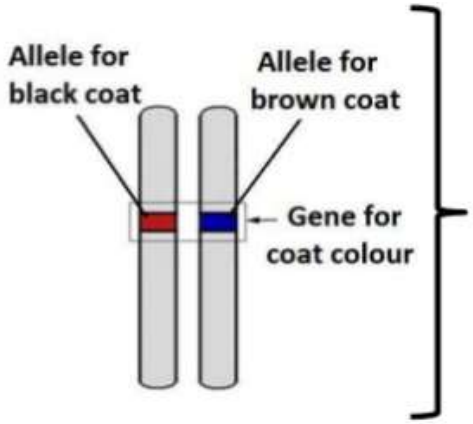
الجين



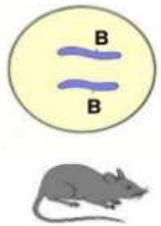
الاليل

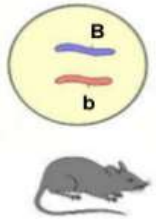


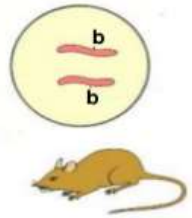
- الصفة السائدة: التعبير السائد للجين ويلزم لظهورها اليل واحد على الاقل في الصوره السائدة (A-) (B-).
- الصفة المتنحية: التعبير المضاد للصفة السائدة ويلزم لظهورها اليلين في صورة متنحية (aa) (bb).
- الطراز العاملي Genotype: التركيب الوراثي لأي شكل مظهري وقد يكون تركيب اصيل (AA) أو تركيب خليط (Aa).
- الطراز المظهري Phenotype: التعبير المُشاهد لصفة من الصفات المظهرية المختلفة للكائن الحي.
- السلالة (الفرد) النقية Homozygous: السلالة (الفرد) الأصيلة في عواملها الوراثية "متشابهة" (AA أو aa)
- السلالة (الفرد) الخليطة Heterozygous : السلالة (الفرد) التي تحتوي على اليلات مختلفة للجين الواحد (Aa).









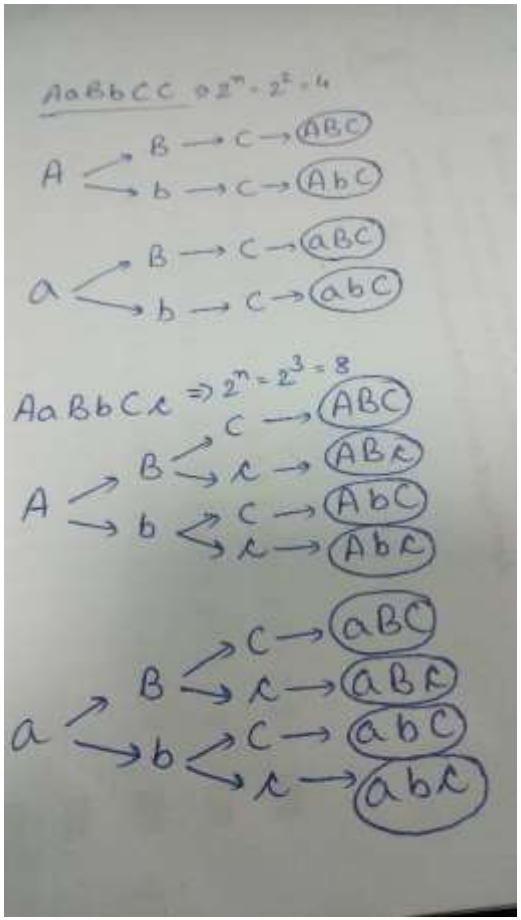


- **الجاميطة**: الخلية الجنسية الناتجة من الانقسام الميوزي وهي تحتوي على نصف كمية المادة الوراثية ونصف عدد الكروموسومات, اي تحتوي على نصف الاليلات ويعبر عنها بـ أليل واحد.

- **قانون لحساب عدد الجاميطات الناتجة من طراز عاملي معين** $= 2^n$

[حيث n = عدد ازواج العوامل الخليطة]

- ويمكن تحديد الجاميطات بطريقة الشجرة.

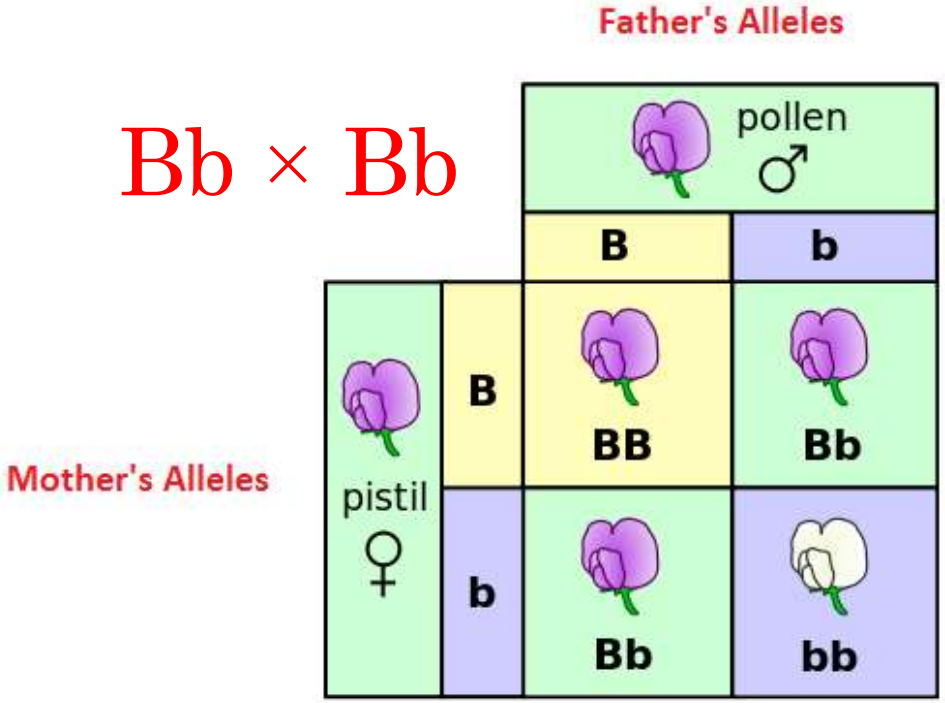


- أمثلة: ما عدد الجاميطات الناتجة من التراكيب الوراثية الاتية؟
  - ✓ Aa
  - ✓ AABb
  - ✓ AaBBcc
  - ✓ aaBbCCDd
  - ✓ AABBcc

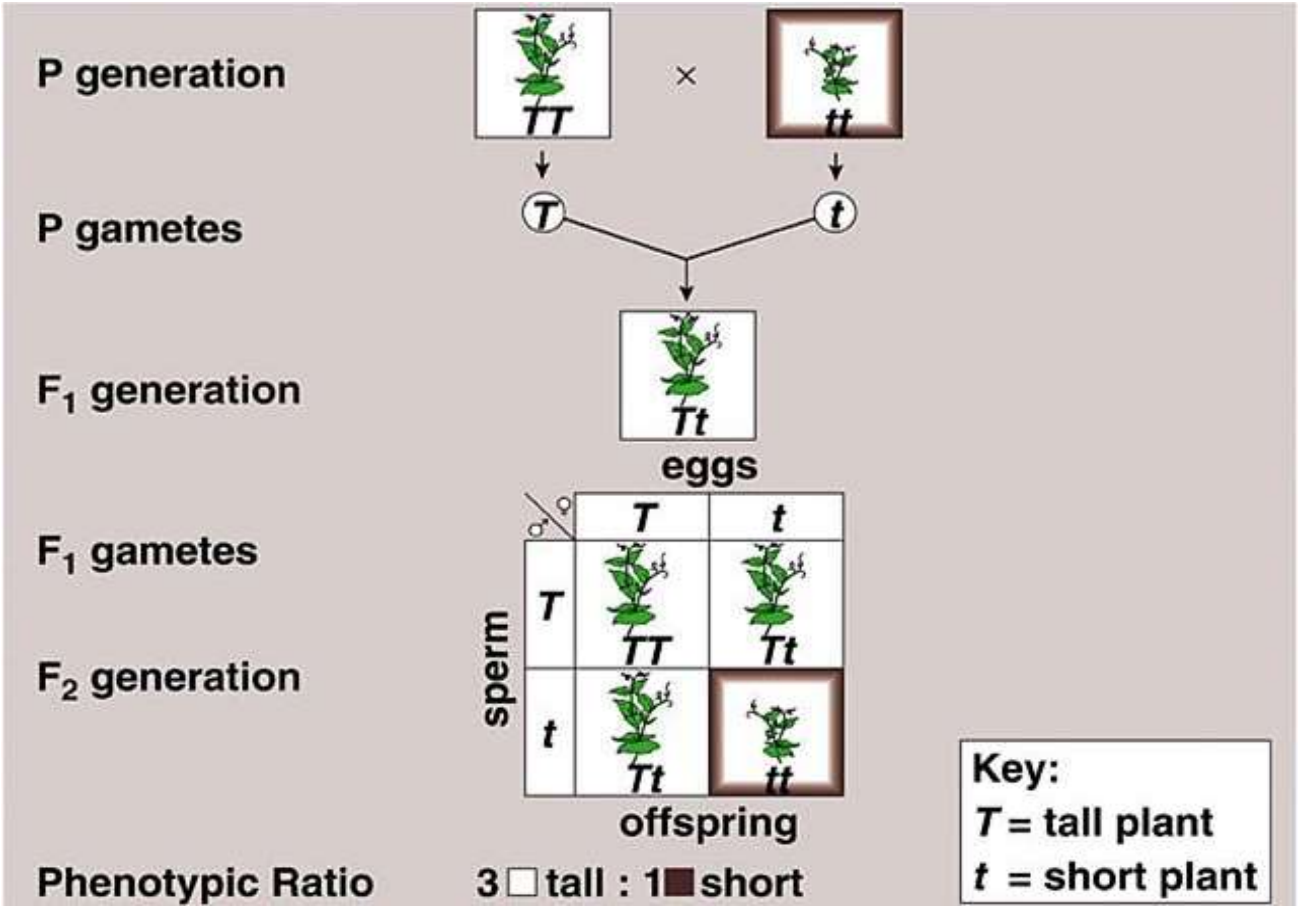
الـــوراثـــي

- يتم إستخدام التحليل الوراثي للتنبؤ بالطراز العاملي الناتج من تلقيح فردين.
- مربع بانيت Punnett square هو رسم تخطيطي يُستخدم بشكل دارج في التحليل الوراثي صممه عالم الوراثة البريطاني ريجنالد بانيت.
- في هذا المربع يتم توزيع جاميطات الذكر في الصف الأفقي وجاميطات الأنثى في العمود الرأسي.

Bb × Bb



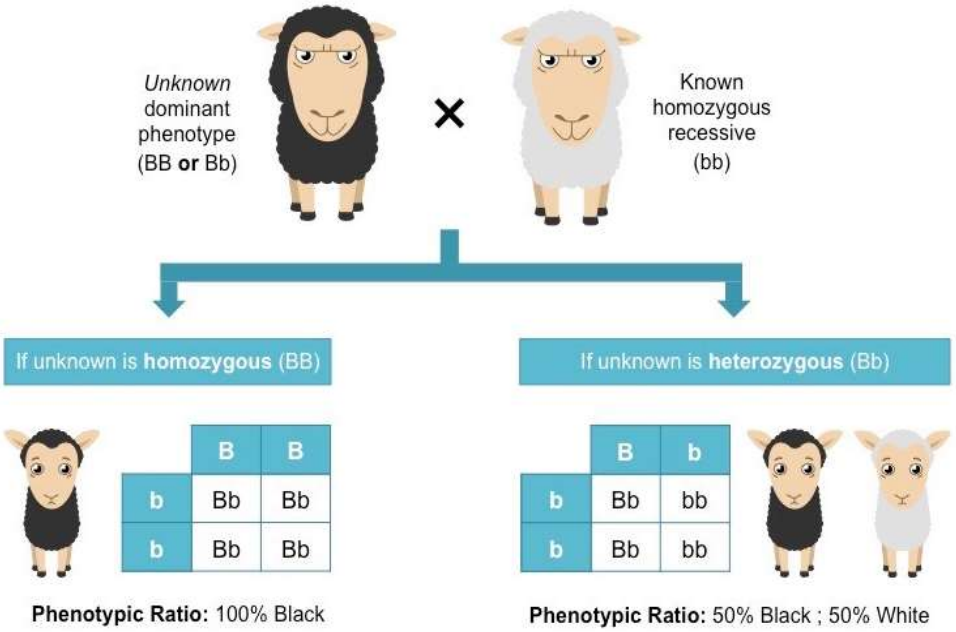
- التلقيح الذاتي Self-Cross: إجراء التلقيح بين فردين متشابهين في التركيب الوراثي او تلقيح الفرد مع نفسه.
- التلقيح الخلطي Allo-cross : تلقيح بين فردين مختلفين في التركيب الوراثي.
- التلقيح الرجعي Back-Cross: تلقيح بين احد افراد الجيل الاول مع احد الاباء, ويستخدم في التحسين الوراثي للنباتات والحيوانات.



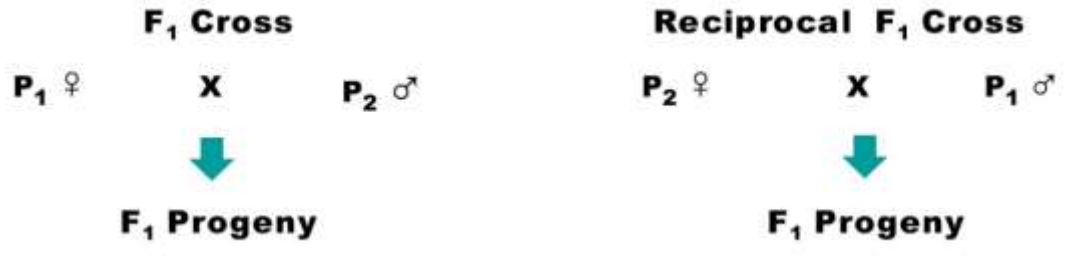
- التلقيح الاختباري Test Cross : تلقيح بين فرد يحمل صفة سائدة غير معلوم الطراز العاملي مع فرد يحمل صفة متنحية.

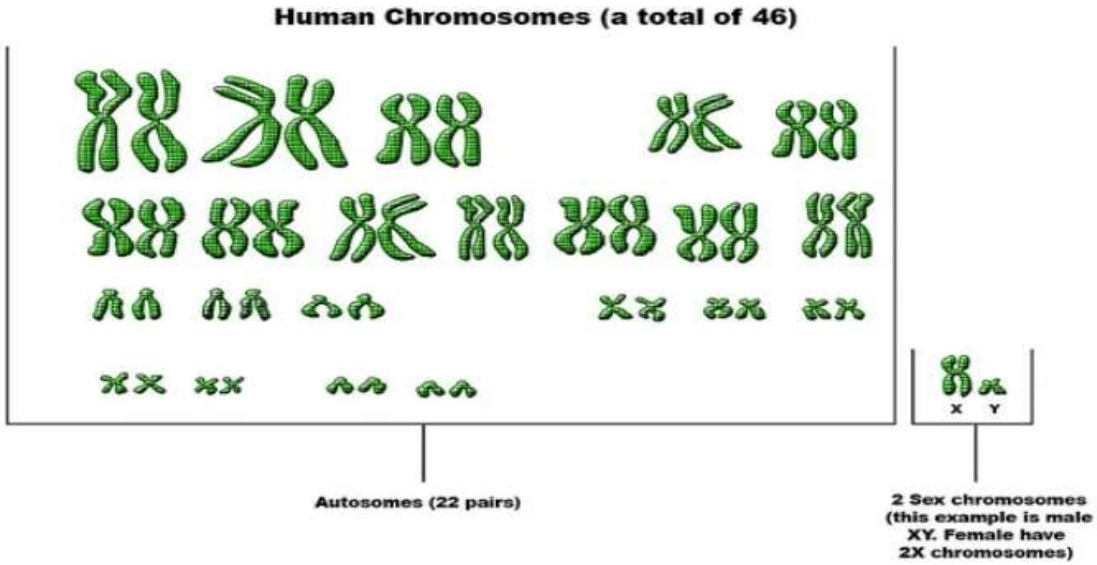


يستخدم لمعرفة اذا كان الطراز العاملي للفرد الذي تظهر عليه الصفه السائده خليط ام اصيل



- التلقيح العكسي Reciprocal cross: تلقيح بين فردين مع تغيير الجنس للصفة تحت الدراسة وذلك لدراسة الصفات المرتبطة بالجنس (Sex-linked traits). فإذا اختلفت نتائج التلقيحات العكسية, قد تكون الصفة مرتبطة بالجنس أى محمولة على الكروموسومات الجنسية sex chromosomes (الكروموسوم X). وإذا لم تختلف وكانت النتائج مشابهة مع قوانين مندل تكون الصفة مندلية أي محمولة على كروموسوم جسدي Autosomes .





مـنـدل الاول

- في الأرانب الجين السائد (L) مسئول عن الشعر القصير ـ أليله المتنحي (l) يسبب الشعر الطويل. في تلقيح بين أنثى قصيرة الشعر مع ذكر طويل الشعر ـ نتج نسل مكون من فرد واحد طويل الشعر، 7 أفراد قصيرة الشعر. **والمطلوب :**

  أ ـ ما هي التراكيب العاملية للآباء ؟

  ب ـ ما هي النسبة المظهرية المتوقعة في النسل الناتج من هذا التلقيح ؟

  جـ ـ كم أرنب من الثمانية تتوقع أن تكون طويلة الشعر ؟

- في الكلاب الجين السائد (W) يسبب الشعر السلكي أليلة المتنحي (w) يسبب الشعر الناعم. مجموعة من الكلاب سلكية الشعر خليطة التركيب العاملي تركت للتزاوج فيما بينها، ثم لقح الناتج من هذا التزاوج اختبارياً ـ حدد النسب العاملية والنسب المظهرية المتوقعة من هـــــذا التلقيح الاختباري .

- في الأغنام لون الصوف الأسود يقع تحت سيطرة الجين المتنحي (b) ألية السائد (B) يسبب اللون الأبيض، كبش أبيض لقح نعجة بيضاء ـ كلا الأبوين يحمل أليل اللون الأسود ـ وأنجبا حملاً أبيضاً ثم لقح هذا الحمل رجعياً مع أمه ـ ما احتمال كون النسل الناتج من هذا التلقيح الرجعي أسود الصوف ؟

- في الفئران لقحت أنثتان من اللون الأسود بذكر بني اللون ـ في عدة ولادات أنتجت الأنثى الأولى 9 أفراد سوداء اللون، 7 أفراد بنية اللون، وأنتجت الثانية 27 فرداً اسود اللون. فما هي استنتاجاتك من الطريقة التي يورث بها اللون الأسود والبني في الفئران. وما هي التراكيب الفعلية للآباء الذكور في هذه الحالة؟

- في الإنسان لون البشرة الطبيعي (وجود مادة الميلانين) يعتمد على الأليل السائد C وأليلة المتنحي c يعطي الألبينو. رجل لون بشرته طبيعي أبوه ألبينو، تزوج فتاة ألبينو أبواها طبيعيين وأنجبا من هذا الزواج ثلاث أطفال : اثنين منهم طبيعي البشرة، وواحد ألبينو البشرة ـ حدد التركيب العاملي لجميع أفراد هذه الأسرة .

تطبيق قانون مندل الاول علي حشرة الدروسوفيلا باستخدام X^2

فى تلقيح بين انثى حشرة دروسوفيلا طويلة الجناح مع ذكر مختزل الجناح كانت حشرات الجيل الاول جميعها طويلة الجناح بينما فى الجيل الثانى كانت كما يلى: 76 حشره طويلة الجناح و 24 حشره مختزلة الجناح.

اقترح النظريه الوراثيه التى تفسر طريقة توارث هذه الصفه مع اثبات صحة هذه النظريه بالتحليل الاحصائى و الوراثى.

درجات الحريه	1	2	3
قيمة X^2 الجدوليه	3,8	5,9	7,8

التحليل الاحصائي

1) العدد الكلي للحشرات = 100 حشرة

2) الفئات المظهرية طويل الجناح ، مختزل الجناح

3) الاعداد المشاهدة 76 24

4) النظرية الفرضية (النسبه) 3 : 1

5) العدد المتوقع لكل فئة = العدد الكلي x احدي الفئات / مجموع نسب الفئات

$\frac{3 \times 100}{4} = 75$ ، $\frac{1 \times 100}{4} = 25$

- χ^2 المحسوبة = مجموع $\frac{(\text{العدد المشاهد} - \text{العدد المتوقع})^2}{\text{العدد المتوقع}}$

$$\chi^2 = \frac{(76-75)^2}{76} + \frac{(24-25)^2}{25} = 0.053$$

- درجات الحريه = عدد الفئات المظريه - 1

$$Df = n - 1$$

- تقارن قيم χ^2 المحسوبة بقيم χ^2 الجدولية لمعرفة المعنوية أم لا

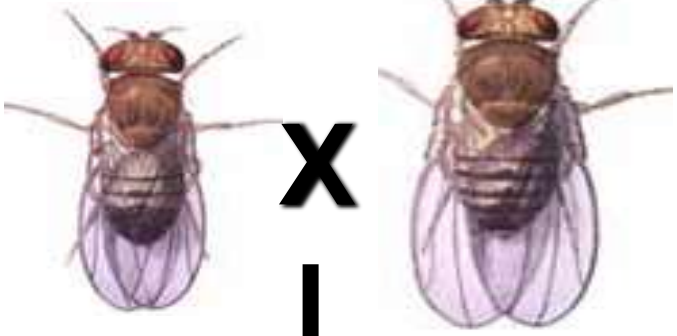
✓ إذا كانت قيمة χ^2 الجدولية ≤ قيمة χ^2 المحسوبة تقبل النسبة النظرية وتكون الفروق بين الاعداد غير معنويه

✓ إذا كانت قيمة χ^2 الجدولية ≥ قيمة χ^2 المحسوبة ترفض النسبة النظرية وتكون الفروق بين الاعداد معنويه

Table 5.3. Chi-square value

Degrees of Freedom	Probability								Non-significant	Signi-ficant	Highly significant
	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	
1	0.004	0.02	0.06	0.15	0.46	1.07	1.64	2.71	3.84	6.64	
2	0.10	0.21	0.45	0.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	9.21	
3	0.35	0.58	1.01	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	11.34	
4	0.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	13.28	
5	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	15.09	
6	1.63	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	16.81	
7	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	18.48	
8	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	20.09	
9	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	21.67	
10	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	23.21	

التحليل الوراثى

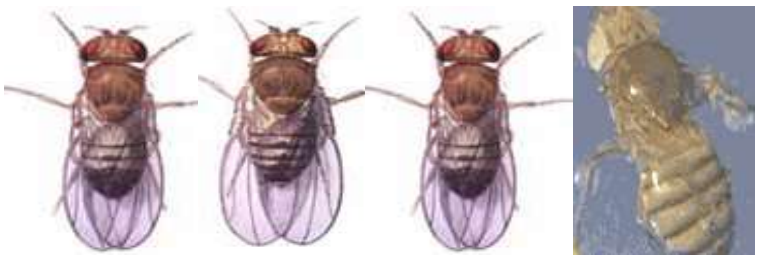


P2 X

$+^{vg}$ vg $+^{vg}$ vg

G $+^{vg}$ vg $+^{vg}$ vg

3:1



F_2

$+^{vg}$ $+^{vg}$ $+^{vg}$ vg vgvg



P1 X

vg vg $+^{vg}$ $+^{vg}$

G vg $+^{vg}$

100 %



F_1

$+^{vg}$ vg

السيادة – Dominance

- توصل مندل الى أن النسل يرث أليل واحد من كل من أبويه، والأليل السائد من بين الأليلين هو الذي يحدد كيفية ظهور الصفة في هذا الفرد. المصطلحان "سائد" و"متنحي" يتم استخدامهما لوصف سيادة أليل على آخر، ولكن يلزم ملاحظة أن السيادة أو التنحي ليستا صفتين يتصف بهما كل أليل بشكل مطلق. فمثلاً قد يكون أليل ما سائداً على أليل آخر، ولكن متنحي بالنسبة لأليل ثالث.
- أي أن **السيادة هي العلاقة بين أليلات الجين الواحد.**

❖ تعتمد قوانين مندل على مبدأ **السيادة التامة Complete Dominance**:

في السيادة التامة، يحجب تأثير أحد الأليلين تأثير الآخر بشكل تام، وبالتالي يكون النمط أو الشكل الظاهري للفرد الخليط مطابق تمامًا لذاك الخاص بالفرد النقي. أي انه في حالة تهجين فردين نقيين احدهما يحمل الصفة السائدة والاخر يحمل الصفة المتنحية، تختفي الصفة المتنحية في الجيل الاول من النسل وتعود في الجيل الثاني.

- لكن بعد إعادة إكتشاف أبحاث مندل حصل العلماء في حالات كثيرة على أنماط ظاهرية لا يمكن تفسيرها بموجب السيادة التامة (تعديلات قانون مندل الاول).

تعديلات قانون مندل الأول

- **السيادة غير التامة Incomplete Dominance:**

تحدث السيادة غير التامة عندما يحجب تأثير أحد الأليلين تأثير الآخر ولكن بشكل غير كامل. بالتالي يكون النمط (الشكل) الظاهري للفرد الخليط مختلفًا عن النمط الظاهري للأفراد النقية.

(**لا يمكن تحديد الأليل السائد والأليل المتنحي**)

الافراد الخليطة تجمع في صفاتها بين صفات كلًا من الابوين

- **أمثلة:**

شكل الريش في الدجاج

P



ريش سهل القصف
و سهل الالتواء

AA

X



aa

ريش غير سهل القصف و
غير سهل الالتواء

G

A

a

F_1



Aa 100 %

ريش سهل القصف و
غير سهل الالتواء

F2



1 AA



2 Aa



1 aa

النسبة المظهرية
= النسبة العاملية

تعديلات قانون مندل الأول

- **السيادة الوسطية Intermediate Dominance**
- حيث أن افراد الجيل الاول جميعها تحمل صفة متوسطة بين صفتي الاباء, وذلك بسبب تفاعل كلا من نواتج الاليلين ليعطي افراد الجيل الاول صفة جديدة وسط بين الآباء. وتكون النسبة المظهرية في الجيل الثاني هي 1:2:1.
- **يمكن تحديد الاليل السائد والاليل المتنحى**
  - **أمثلة:**

    لون ازهار نبات حنك السبع *antirrhinum*

P



RR ازهار حمراء

X



rr ازهار بيضاء أو عاجي

G

R

r

F1



Rr ازهار قرمزي

F2

1 RR



2 Rr



1 rr

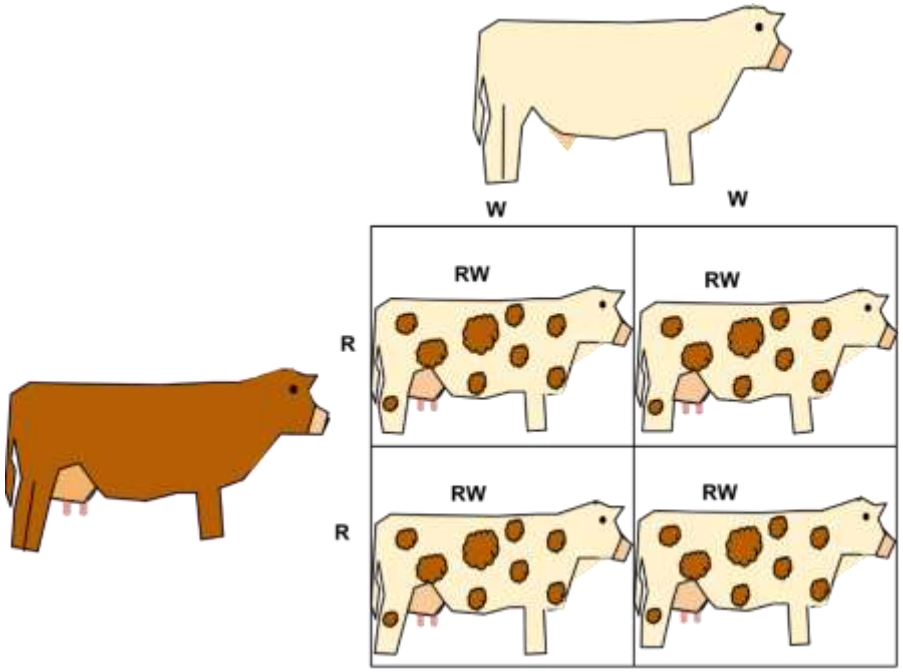


النسبة المظهرية = النسبة العاملية = 1:2:1

❖ السيادة المشتركة Co-dominance

في السيادة المشتركة تظهر مساهمة كلا الأليلين في النمط الظاهري للفرد. حيث يعبر كل اليل عن نفسه دون الخلط او التفاعل بين ناتجهما, فتنتج افراد الجيل الاول تحمل صفات مشتركة بين الاباء. (يمكن تحديد الاليل السائد والاليل المتنحى)

تسمى ايضا السيادة الموزايكية Mosaic بمعنى التبرقش أو الفسيفساء(الاثر المظهرى لها)



- **أمثلة:**
  1) لون ريش الدجاج الاندلسي.
  2) فصيلة الدم AB في الإنسان.

P  **X** 

ريش اسود ريش ابيض

AA aa

G A a

F_1 

ريش ازرق

Aa 100 %

F2   

النسبة المظهرية = النسبة العاملية

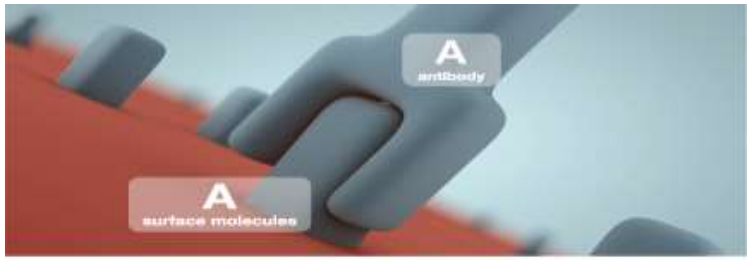
1 AA 2 Aa 1 aa

❖ الجينات متعددة الأليلات Multiple alleles

الصفات التي درسها مندل كانت تحت تأثير جينات لها أليلين فقط. ولكن هناك الكثير من الجينات التي تمتلك أكثر من صورتين، أي لها أكثر من أليلين.

- **أمثلة:**

1) فصائل (مجاميع) الدم في الانسان ABO blood group system.



blood type	red blood cell surface molecules	plasma antibodies
type A	A only	B only
type B	B only	A only
type AB	A & B	neither
type O	neither	both

AB X AO

	A	B
A	AA	AB
O	AO	BO

1/4 Type AB
1/4 Type B
1/2 Type A

AO x BO

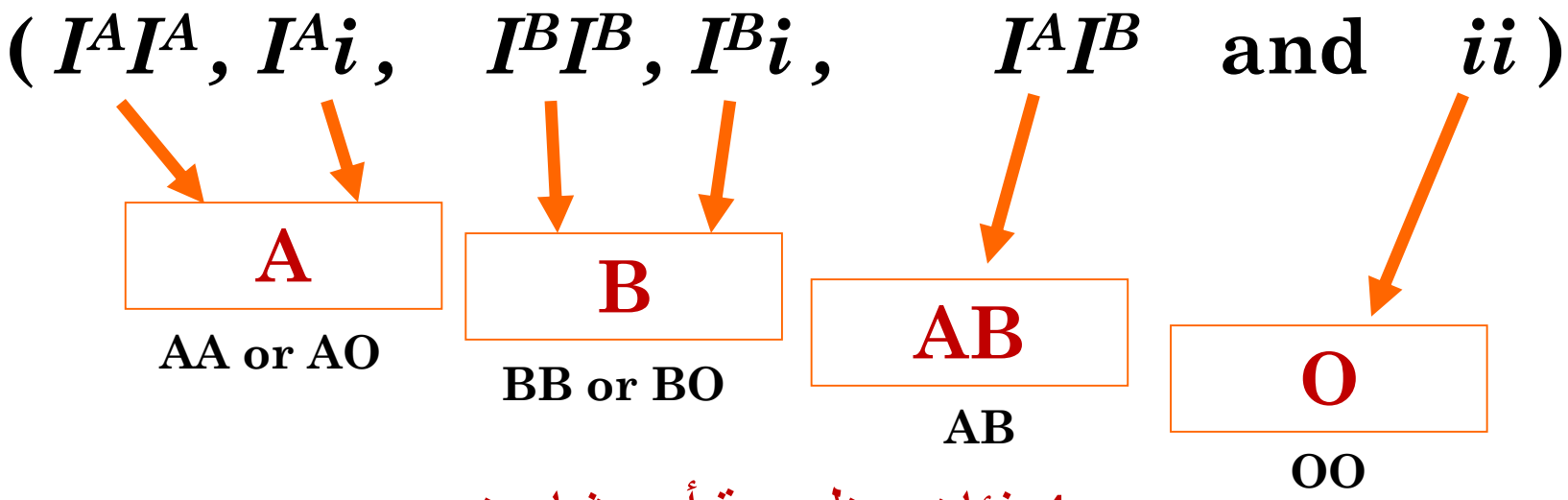
	A	O
B	AB	BO
O	AO	OO

1/4 Type AB
1/4 Type B
1/4 Type A
1/4 Type O

- **وراثة مجاميع الدم:**

جين مجاميع الدم له 3 اليلات ABO (I^A, I^B and i).

6 فئات عاملية (تراكيب وراثية)



4 فئات مظهرية أو مشاهدة

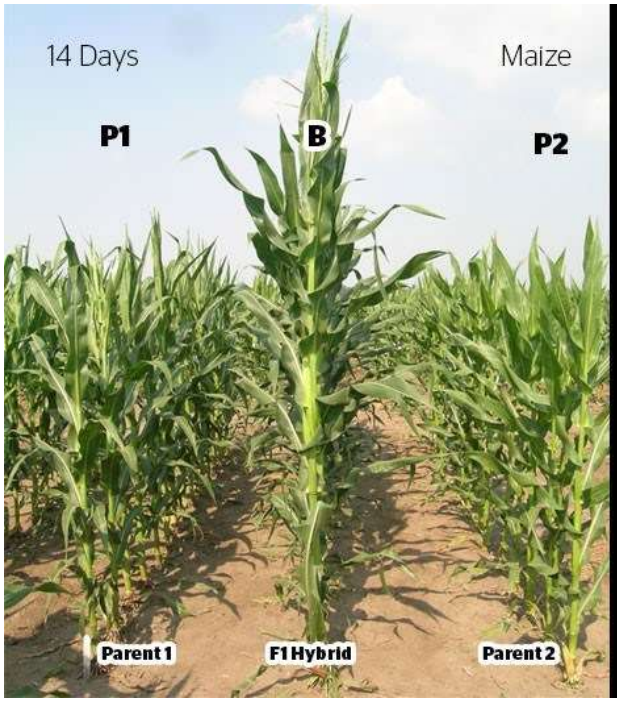
- الاليلين A و B سائدان سيادة تامة على الأليل O لكن بينهما علاقة سيادة مشتركة

❖ السيادة الفائقة Overdominance

يتفاعل كلا من الاليلين لزيادة قوة الصفة، وبالتالي يكون الطراز المظهري للنسل الخليط خارج نطاق الطراز المظهري للأبوين النقيين.

- في هذه الحالة يتفوق افراد الجيل الاول على الاباء في الصفة المظهرية، حيث ان كل اليل له تأثير مختلف. ولكن عند اجتماعهما معاً في فرد واحد خليط فإن تأثير كلا منهما يزيد من تأثير الاليل الاخر. مثل بعض الجينات المسئولة عن الانتاجية في بعض النباتات.
- **أمثلة:**

اصناف الذرة الهجينة

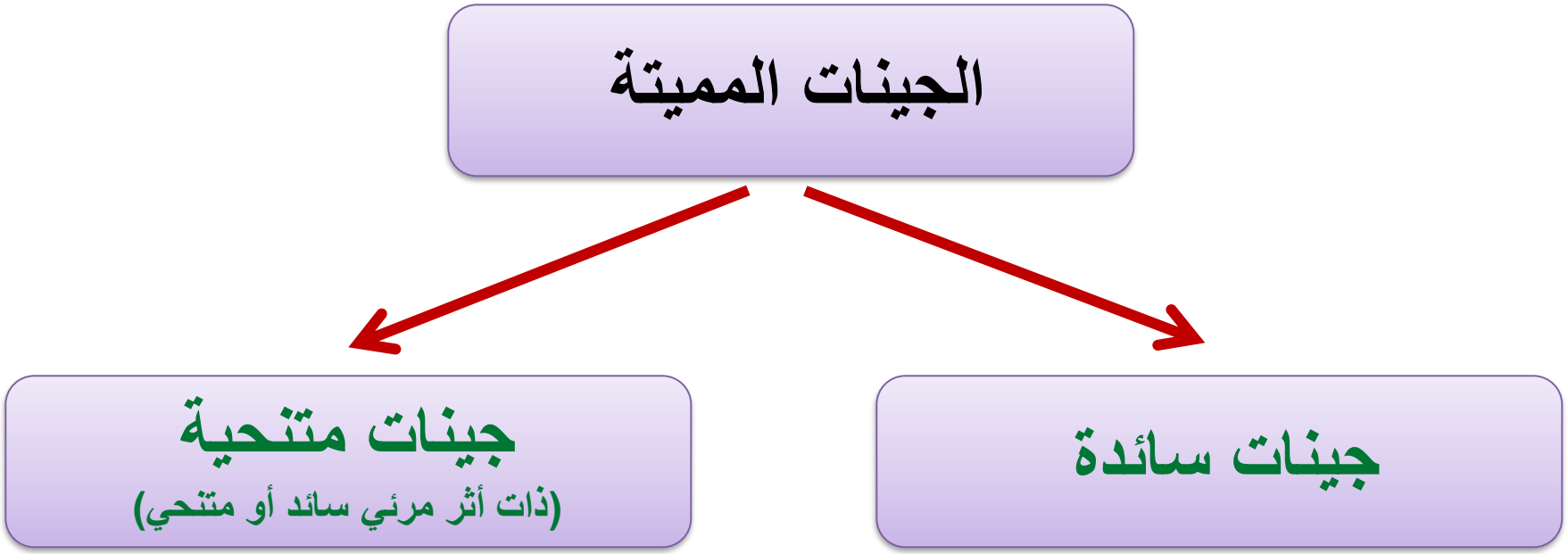




الجينات المميتة Lethal Genes

هي جينات تسبب موت الكائنات التي تحملها, غالباً يكون نتيجة طفرة في أحدى الجينات الضرورية للنمو أو طفرة تؤدي الى منع عضو من القيام بوظيفة حيوية مهمة Organ dysfunction.

- وفاة أفراد من النسل في المراحل الجنينية نتيجة حملهم لتلك الجينات يؤدي الى تغيير النسب المندلية المعتادة. وتنقسم الجينات المميتة الى نوعين:



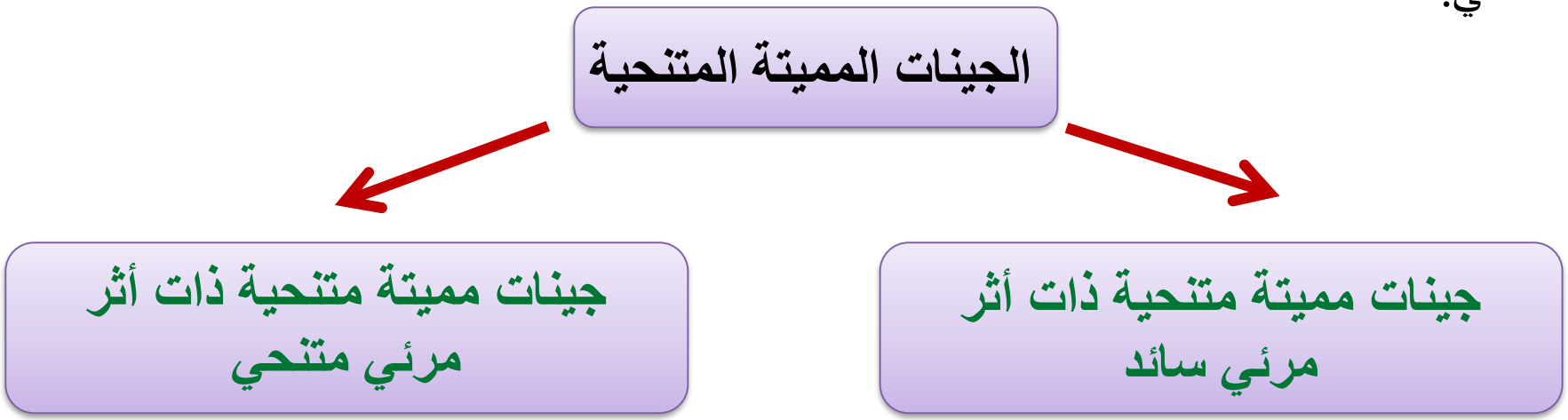
- **الجينات المميتة السائدة Dominant lethal alleles:**

هي أليلات تؤدي الى موت الكائن الحي في حالة تواجدها بنسخة واحدة على الأقل، أي أنها تؤدي الى موت الفرد حتى لو كان في صورة خليطة. يصعب دراسة هذا النوع من الجينات وذلك لعدم امكان الإحتفاظ بها في الأفراد الخليطة.

- **الجينات المميتة المتنحية Recessive lethal alleles:**

هي أليلات تؤدي الى موت الكائن الحي اذا تواجدت فقط في صورة نقية. أي أن الفرد الخليط لا يموت، ويموت فقط الفرد النقي.

وتنقسم الجينات المميتة المتنحية الى جينات متنحية ذات أثر مرئي سائد وذات أثر مرئي متنحي.

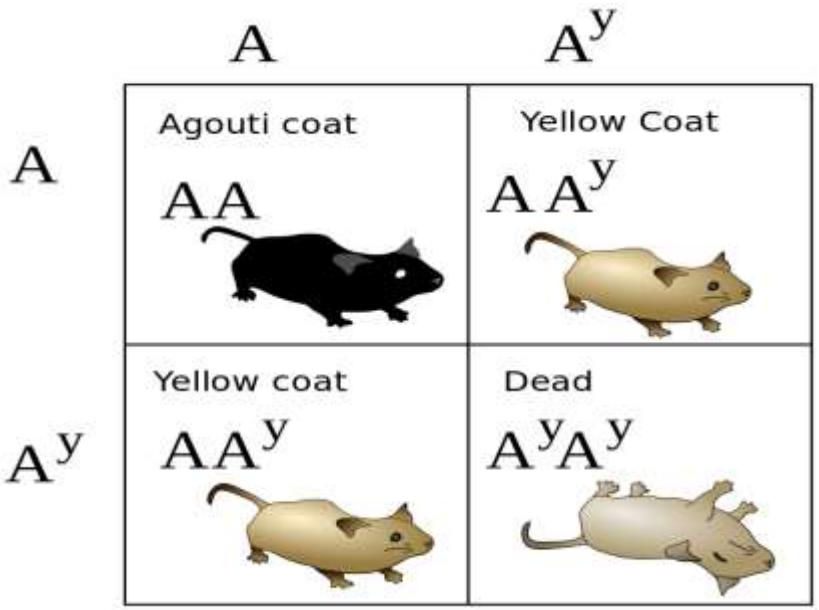


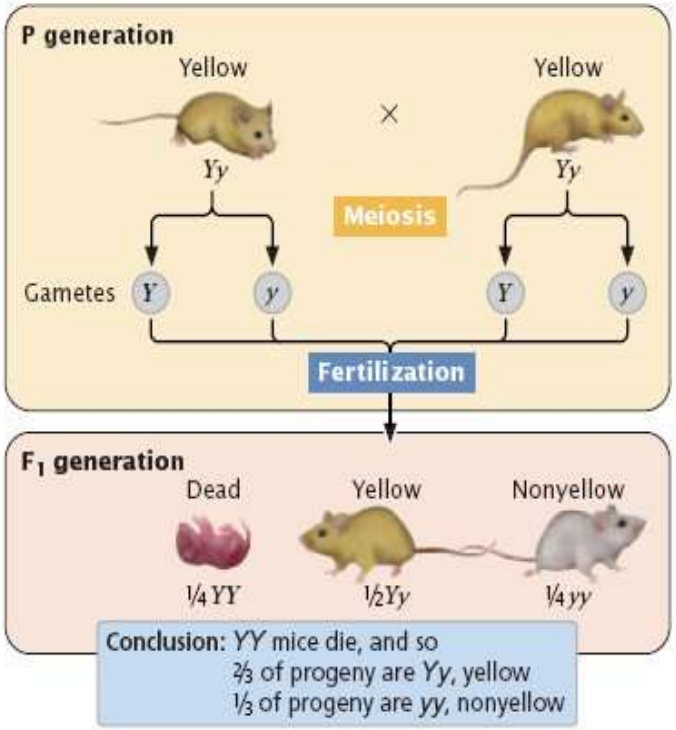
جينات مميتة متنحية ذات اثر مرئي سائد

- مثال 1 - حالة الفئران المنزلية الصفراء Yellow Rats:



في الفئران يسود اللون الأصفر سيادة تامة علي اللون الرمادي. عند تزاوج فئران صفراء بأخرى غير صفراء (رمادية)، فإن النسل الناتج كان من فئتين صفراء ورمادية بنسبة 1 : 1 , ولم تكن جميع الفئران صفراء كما كان متوقعا, ومن ناحية أخري عندما أجري تلقيح بين أبوين لونهما أصفر , كانت نسبة الأفراد الصفراء إلى الرمادية في النسل كنسبة 2 : 1 علي الترتيب . وهاتان النسبتان لا تتفقان علي الإطلاق مع النسب المندلية المتوقعة, وذلك نتيجة موت أحد الفئات (ربع النسل).





- مثال 2 - الدجاج الزاحف:

في الدجاج توجد طفرة تسمى "الدجاج الزاحف Creeper Fowls حيث لا يمكن للطيور أن تسير طبيعياً بل تزحف على الأرض دون رفع جسمها كثيرًا بسبب قصر الأرجل والتوائها، وقد وجد أن هذه الصفة تسلك نفس السلوك السابق ذكره في حالة الفئران الصفراء حيث ينتج من تزاوج طيور زاحفة مع بعض أفراداً زاحفة وأخرى طبيعية بنسبة 2 زاحف : 1 طبيعي، كما وجد أن التلقيح بين أفراد زاحفة وأخرى طبيعية يعطي نسبة 1 زاحف : 1 طبيعي مما يدل على أن الطيور الزاحفة خليطة وأن النسبة 2 زاحف : 1 طبيعي هي نتيجة موت الفئة الزاحفة النقية.

الآباء	زاحف × طبيعي	زاحف × زاحف
	cc x Cc	Cc x Cc
النسل	زاحف : طبيعي	زاحف : طبيعي : يموت
	cc Cc	CC : cc : Cc
	1 : 1	1 : 2



جينات مميتة متنحية ذات أثر مرئي متنحي

- مثال - صفة الكلوروفيل في النبات:

قد يحصل مربو النباتات أثناء إنبات نوع من البذور على بادرات بيضاء ضمن البادرات الخضراء الطبيعية وهذه لا تلبث أن تموت بمجرد نفاذ الغذاء المختزن في البذرة حيث أنها خالية من الكوروفيل وليس لها المقدرة على القيام بعملية التمثيل الضوئي.

P  **Gg** X  **Gg**

G (G) (g) (G) (g)

F1 

مسائل على تعديلات قانون مندل الاول

- عندما يحدث تلقيح بين فردين من الدجاج أحدهما ذو ريش أبيض منقط والآخر ذو ريش أسود فإن نسلهما يكون كله ذو ريش لونه أزرق أردوازي (الأزرق الأندلسي). وعندما تتزواج أفراد الأزرق الأندلسي فيما بينها، فإن النسل الناتج يكون أبيض منقط وأزرق أندلسي وأسود بنسبة 1 : 2 : 1 على الترتيب :

  (أ) كيف تتوارث ألوان الريش هذه؟

  (ب) مستخدما أي رموز مناسبة، أذكر التراكيب الوراثية لكل طراز مظهري.

- مستعيناً بالمعلومات التي تعرفها عن وراثة مجاميع الدم في الإنسان حدد مجاميع الدم التي ينتمي اليها الأطفال من زواج رجل من المجموعة AB من سيدة من المجموعة O .

مسائل على تعديلات قانون مندل الاول

- مرض شذوذ بلجر في الأرانب ينتج عن تكسر غير عادي لأنوية كرات الدم البيضاء. الأفراد المصابة تكون خليطة التراكيب (Pp) والأفراد العادية أصيلة التركيب (PP). والتركيب الأصيل المتنحي (pp) يتسبب في تكوين هيكل عظمي شديد التشوه وتموت هذه الأفراد عادة قبل الولادة أو بعدها مباشرة فإذا تزاوجت الأفراد المصابة مع بعضها البعض، فما هي النسبة المظهرية المتوقعة بين أفراد الجيل الثاني البالغين ؟

- مستعينا بالمعلومات التي تعرفها هل من الممكن الحصول على سلالات أصيلة من الطرز الآتية ؟

(أ) دجاج أندلسي أزرق (ب) حنك السبع قرنفلي الزهرة. **علل إجابتك .**

- فى الحالة التالية يوجد خلاف على الأبوة ـ عين الأب المحتمل:

الأم تنتمي للمجموعة B والطفل للمجموعة AB وأحد الشخصين المحتمل أبوتهم من المجموعة A والآخر من المجموعة B.

المواضيع التي تمت تغطيتها في هذا الفصل

1) الوراثة الخلطية والوراثة الجسيمائية
2) قانون مندل الأول
3) التحليل الوراثي
4) تعديلات على قانون مندل الأول
    a) السيادة غير التامة
    b) السيادة الوسطية
    c) السيادة المشتركة
    d) الجينات متعددة الأليلات
    e) السيادة الفائقة
    f) الجينات المميتة