# الوراثة الماندلية (1)

سندرس فيما يلي التجارب التي قام بها مندل والقوانين الأساسية للوراثة التي نتجت عن التجارب السابقة والنظرية التي تشرح هذه القوانين. تجارب ماندل Mendel على بازلاء الزهور عام 1857:

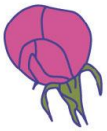
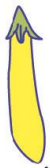
سبب اختيار ماندل لنبات بازلاء الزهور Pisum sativum :

1- البازلاء نبات ذاتي الأخصاب Self-fertilizing مما يسمح بمراقبة عملية التلقيح.

2- نبات موسمي سهل الزراعة.

3- يمتلك صفات واضحة ويوجد أصناف وسلالات نقية تختلف عن بعضها بصفة واحدة فقط

الصفات السبعة التي درسها ماندل :

| | طول الساق | لون الزهرة | لون البذرة | شكل البذرة | لون القرن | شكل القرن | موقع الأزهار |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الصفة السائدة | طويل |  أرجواني | أصفر | ممتلئ | أخضر | ممتلئ | محوري |
| الصفة المتنحية | قصير | أبيض | أخضر | مجعد |  أصفر | مجعد | قمي |

سبب نجاح تجارب ماندل وحصوله على قوانينه:

1- درس ماندل السلوكية الوراثية لكل صفة بشكل مستقل عن غيرها.

2- قام بحساب وعد الافراد التي تحمل كل مظهر من مظاهر الصفات في كل جيل.

3- قام بتحليل المعطيات الرقمية وجعلها على شكل نسب تعبر ضمناً عن قوانينه.

4- افترض وجود عوامل توريث مسؤولة عن اظهار الصفات الوراثية المختلفة هي المورثات Genes .

بداية نقدم بعض المصطلحات الوراثية المهمة :

- **الطابع الظاهري** Phenotype: يشير الطابع الظاهري إلى المظاهر والصفات والخصائص الحيوية الكثيرة للكائن الحي والتي قد تكون: صفات كيميائية أو بنيوية تركيبية، أو خصائص سلوكية بغض النظر عن التركيب الوراثي لذلك الكائن، فقد يكون الطابع الظاهري صفة متميزة قابلة للتقدير واضحة للعين مثل لون الزهرة أو قوام الشعر، وقد تحتاج لاختبارات خاصة لمعرفتها، كالتحليل لمعرفة طراز الدم.

فالطابع الظاهري: هو التعبير عن تركيب وراثي معين تحت ظرف بيئي محدد والتفاعل بينهما، فتركيب وراثي معين يعبر عن نفسه مظهرياً بطابع ظاهري محدد واحد تحت ظرف بيئي واحد ثابت، ولكن عند تبدل الظرف البيئي يتبدل الطابع الظاهري الذي يتحكم به ذلك التركيب الوراثي، وبما أن التركيب الوراثي المسؤول عن صفة مظهرية محددة ثابت نسبياً وإن عوامل البيئة وظروفها متغيرة، فإننا نستطيع القول: إن الطابع الظاهري كثير التبدل والتغير وفقاً لتغير عوامل البيئة وتبدلها.

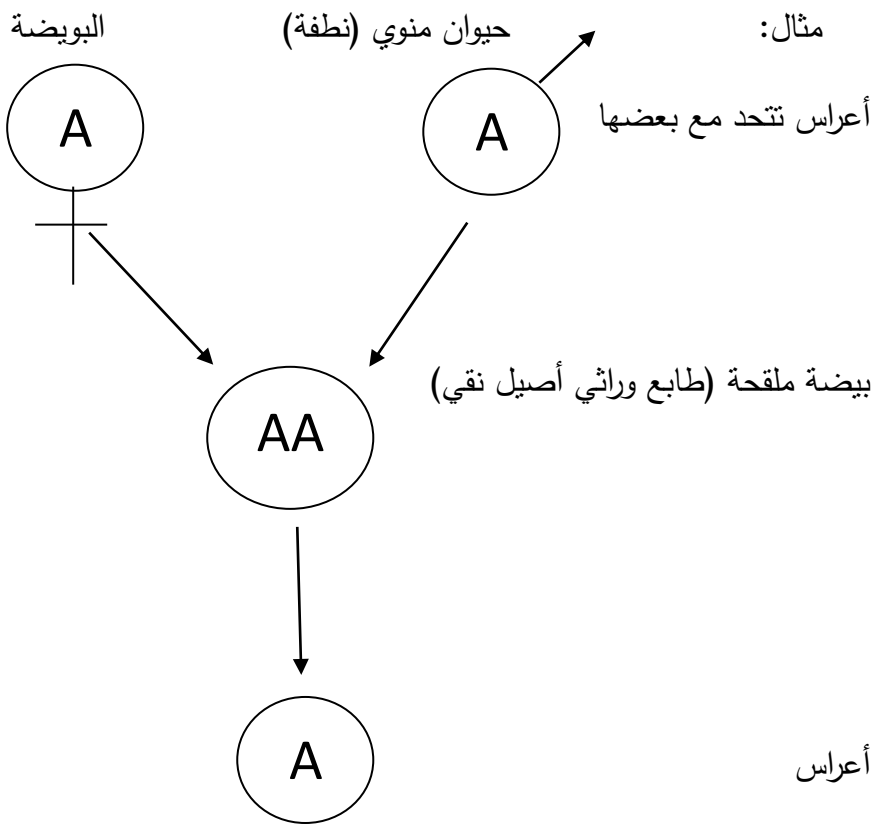
**مثال1:** عند زراعة نبات أخضر كالقمح بعيداً عن الضوء يفقد لونه الأخضر ويتوقف عن القيام بعملية التمثيل الضوئي، وبإعادة النبات ذاته إلى الضوء تعود المادة الخضراء إلى الظهور ثانية ويستمر النبات بالقيام بعملية التمثيل الضوئي من جديد، فالتركيب الوراثي المسؤول عن تكوين اليخضور في هذا النبات ثابت ولكن تكوين اليخضور يحتاج إلى الضوء، ولذلك رأينا أنه مع ثبات التركيب الوراثي للنبات نفسه كان له طابعان ظاهريان (غياب اليخضور، ووجود اليخضور) تحت ظرف بيئتين مختلفتين (الظلام، والضوء).

**مثال2:** تنتج الأرانب من قطيع هيمالايا في ظروف البيئة العادية صبغة سوداء على أطراف الأنف والذيل و الأقدام والأذنين، فإذا وضعت تلك الأرانب تحت ظروف حرارية مرتفعة جداً تنتج أرانب بيضاء تماماً، فالمورث الذي يتحكم بطراز لون الهيمالايا متخصص في أنزيم حساس للحرارة ولذلك يتعرض للتثبيط، (عدم النشاط) عند ارتفاع الحرارة مما ينتج عنه فقد للصباغ الأسود.

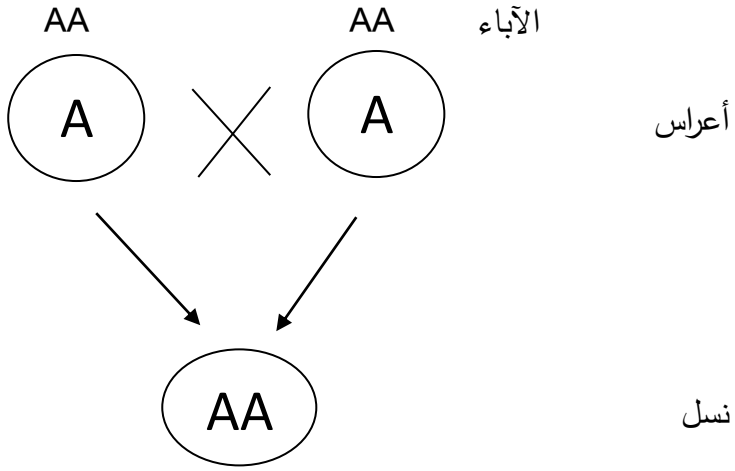
- **الطابع الوراثي Genotype:** يتحدد الطابع الوراثي لكائن معين بمجموعة المادة الوراثية أو بالتركيب المورثي أو البنية الوراثية التي يرثها الكائن الحي من آبائه ويورثها لأبنائه ويبقى الطابع الوراثي ثابت نسبياً، فيما عدا بعض التبدلات النادرة والمفاجئة التي تتعرض لها المادة الوراثية بسبب الطفرات.

وهنا نميز في الطوابع الوراثية مايلي:

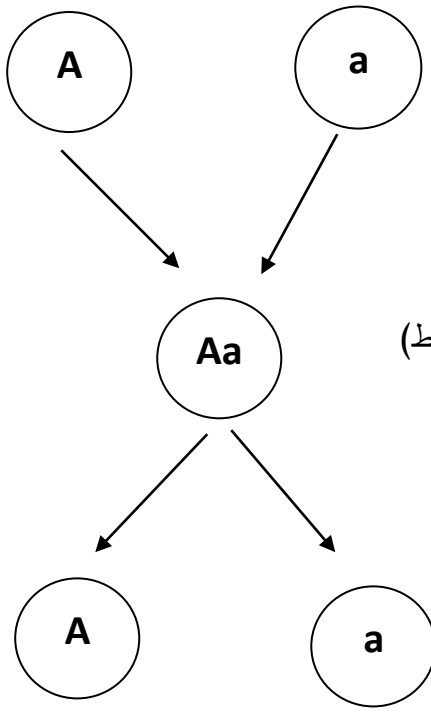
1- <u>الطابع الوراثي الأصيل (النقي)</u> : ينتج عن اتحاد عروسين تحملان مورثات متطابقة، والفرد الأصيل ينتج نوعاً واحداً من الأعراس .




2- السلالة النقية: مجموعة من الأفراد المتشابهة في جميع صفاتها وخصائصها والتي لها تركيب وراثي متشابه واحد، ويعمل الالقاح الذاتي أو التزاوج بين أفراد شديدة القرابة ولأجيال عديدة سلالات نقية ذات طوابع وراثية نقية وينتج التزاوج بين الأفراد الأصيلة التابعة لسلالة نقية نسلاً أصيلاً نقياً مشابهاً للآباء.




3- الطابع الوراثي الخليط: ينتج اتحاد الأعراس التي تحمل مورثات مختلفة طابعاً وراثياً مختلطاً، وتعطي أفراد مثل هذه الطوابع أنواعاً مختلفة من الأعراس.




4- الهجين Hybrid: يطابق هذا المصطلح الطابع الوراثي الخليط، ففي الهجونة الأحادية يكون الخلط في موقع واحد وفي الهجونة الثنائية يكون الخلط في موقعين أما في الهجونة المتعددة فيكون الخلط في مواقع عديدة.

5- ماهو الفرق بين المورثة والأليل (القرين):

إن جميع التجارب التي أجراها ماندل تؤكد صحة فرضيته التي تقول بأن العوامل المسؤولة عن الصفات موجودة على هيئة مفردة في كل من الخلايا الجنسية الذكرية والأنثوية وتلتقي هذه بعد الإخصاب لتصبح مزدوجة ويعتمد تعبيرها على سيادة العامل وتنحيه وأطلق على هذه العوامل بالأليلات (القرائن) التي تؤلف بعد ازدواجها ما يُعرف بالمورثات.

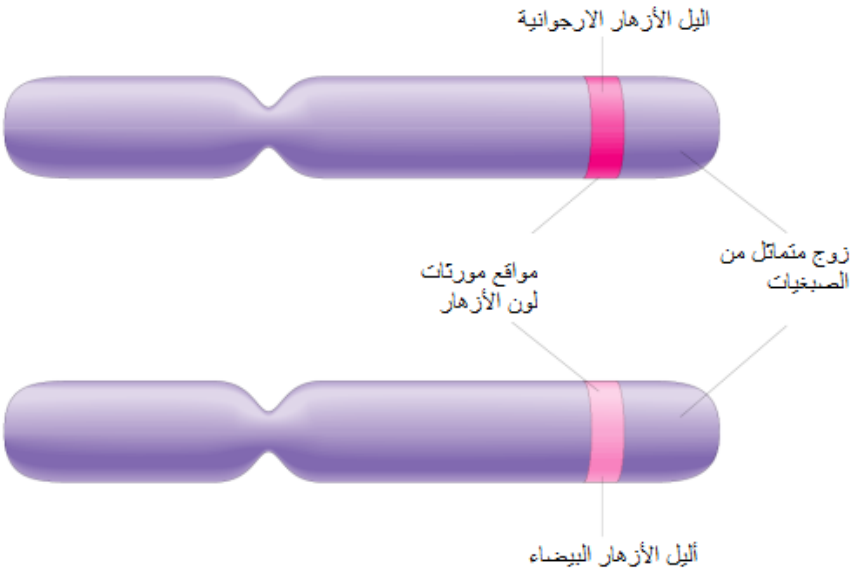
**المورثة Gene:** هي قطعة من ال DNA تحمل المعلومات لإنتاج صفة معينة وليست هي الصفة، لانقول مورثة صفراء او خضراء.....

**تأثير تعبير المورثة:** هو المظهر الذي تنتجه المورثة، أي تعبير المورثة، مثلا اللون (الأصفر – الأخضر)، الشكل (طويل – قصير).

وبناءً على ما سبق هناك نوعين من الأفراد:

6- **أفراد ذات أليلات (قرائن) متشابهة (متشابهة اللواقح):** الفرد الذي يحمل أليلين متماثلتين تحددان صفة ما مثل RR,rr

7- **أفراد ذات أليلات (قرائن) مختلفة (متخالفة اللواقح)::** الفرد الذي يحمل أليلين مختلفتين تحددان صفة ما مثل Rr




**علاقات نظائر (أليلات) الصبغيات:**

**1- المورثات السائدة والمورثات المتنحية:** عندما لا تستطيع إحدى المورثات التعبير عن نفسها مظهرياً إلا إذا كانت في تركيب وراثي أصيل فإننا نسميها مورثة متنحية، بينما نسمي المورثة التي تعبر عن نفسها مظهرياً في الحالة الخليطة كما في الحالة النقية الموروثة السائدة، ونعبر عن المورثات السائدة كتابياً بحروف كبيرة كما نعبر عن المورثات المتنحية بحروف صغيرة، وعادة ما نستخدم الحرف الأول من اسم المظهر الطافر للصفة من أجل الترميز الوراثي.

**مثال:** غياب ترسيب الصبغة في جسم الإنسان هو مظهر طافر (غير عادي) ومتنحي يسمى ظاهرة الألبينو Albinisim ، ولذا نستخدم (A) وهو الحرف الأول من الكلمة للتعبير عن المورثة السائدة (اللون العادي)،

ونستخدم الرمز (a) للتعبير عن المورثة المتنحية (غياب اللون أي الألبينو)، ويمكن الحصول على ثلاثة طوابع وراثية وطابعين ظاهريين:

| طوابع ظاهرية | طوابع وراثية |
|---|---|
| عادي (ذو صبغة) | سائد أصيل AA |
| عادي (ذو صبغة) | سائد خليط Aa |
| ألبينو (بدون صبغة) | متنحي أصيل aa |

أ- **الأفراد الحاملة :** تكون المورثات المتنحية (مثل تلك المسؤولة عن ظاهرة الألبينو) ضارة لهؤلاء الذين يحملونها بشكل نقي (طابع وراثي متنحي أصيل) بينما يكون الفرد الخليط طبيعياً كالطابع الوراثي السائد الأصيل، وتلك المورثة المتنحية في الفرد الخليط (Aa) يختفي تعبيرها الظاهري بوساطة المورثة السائدة النظيرة، ويسمى الفرد الخليط في هذه الحالة (الفرد الحامل).

**ب- ترميز الطوابع البرية:** عندما يكون من الواضح أن طابعاً ظاهرياً أكثر تكراراً في العشيرة من الطابع الظاهري البديل له، فإن الطابع الأول عادة ما يرجع له على أنه الطابع البري.

بينما يسمى الطابع الظاهري الذي تندر ملاحظته باسم الطابع الطافر، وفي هذا النظام فإن الرمز (+) يستخدم للدلالة على المورثة العادية للطابع البري، ويؤخذ الحرف الأساسي للتعبير عن المورثة من اسم الطفرة أو المظهر غير العادي.

مثال : لون الجسم الأسود في ذبابة الخل ناتج عن تحكم المورثة المتنحية (b) والطابع البري (الجسم الرمادي) ناتج عن تحكم المورثة السائدة (+b)، إذا كان المظهر الطافر سائد فإن الرمز الأساسي يكون حرفاً كبيرا بدون إضافة، بينما نرمز لمورثة الطابع البري المتنحية الحرف الكبير نفسه مع إضافة (+) أعلاه.

**2- النظائر ذات السيادة المشتركة:**

نظائر المورثات التي تفتقد علاقات السيادة والتنحي، يمكن أن يقال عنها نظائر وسيطة (نظائر ذات سيادة مشتركة)، وهذا يعني أن كل مورثة لها درجة معينة من التعبير عندما تكون ضمن الطابع الوراثي الخليط، ولهذا فإن الطابع الوراثي الخليط يعبر عن نفسه مظهرياً بشكل يختلف بوضوح عن كل من الطابعين الوراثيين الأصليين.

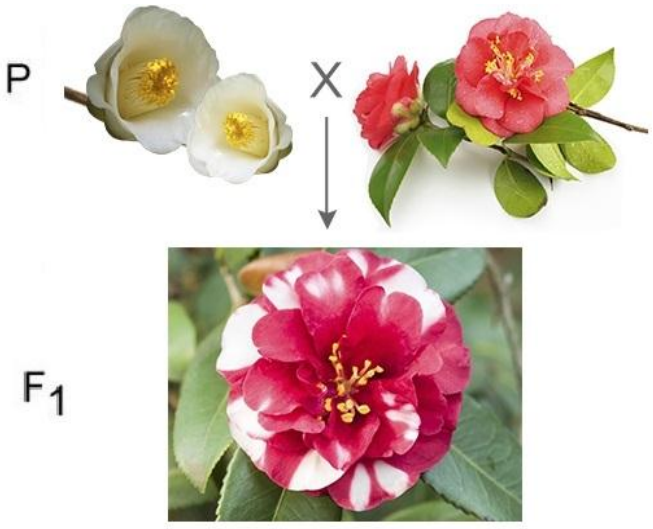
قد نلاحظ أحيانا حالة تختلف عن السيادة التامة التي لوحظت في حالة الألبينو، قد تظهر لدينا **سيادة غير تامة** (ناقصة أو وسطية) حيث تتميز هجن الجيل الأول F1 بصفات متوسطة بين الأبوين، نتيجة التأثير المتكافئ للمورثتين السائدة والمتنحية. **مثال:** لوحظ عند إجراء تهجين بين أزهار حمراء وأزهار بيضاء في نبات شب الليل البستاني أن نباتات الجيل الأول $F_1$ كانت وردية اللون، ويعود سبب اللون الأخير إلى الكمية القليلة للصباغ الأحمر مقارنة مع اللون الأحمر، في حين ينعدم الصباغ في الأزهار البيضاء.

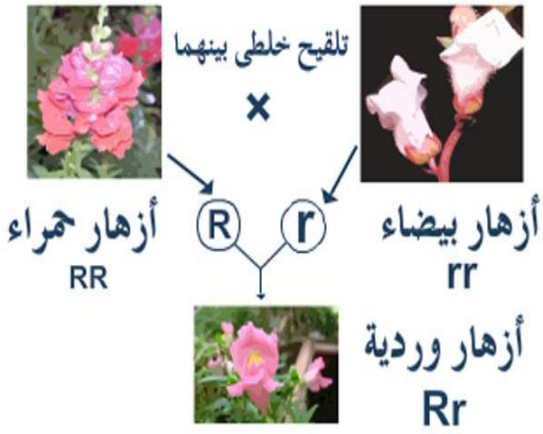
ويحدث أحياناً أن نحصل على أفراد في $F_1$ تحمل صفات الوالدين معاً، وهذا ما يسمى **السيادة المشتركة أو المتساوية.**

**مثال:** ولادة الأطفال ذوي الزمرة الدموية (AB) لأبوين أحدهما زمرة دمه (A) والآخر زمرة دمه (B) حيث تكون مورثتي الزمرتين الأخيرتين تكونان ذات سيادة مشتركة إذا التقتا في الطابع الوراثي (AB).

ويحدث أن يفوق الطابع الوراثي متخالف اللواقح بطابعه الظاهري على الطابع الظاهري لكلا الطابعين الوراثيين للأبوين متماثلي اللواقح، تدعى مثل هذه الطوابع الوراثية المتباينة اللواقح **السيادة المفرطة أو الفائقة أو المتعدية.**

ويصبح الترميز في هذه الحالة للمورثات بحروف مرفوعة إلى حروف أخرى مختلفة بسبب غياب السيادة والتنحي.



## قوانين ماندل

**صاغ العالم ماندل ثلاثة قوانين اعتمادا على نتائج تجاربه التهجينية:**

**قانون ماندل الأول: (قانون تشابه هجن F1 أو قانون السيادة) الهجونة الأحادية:**

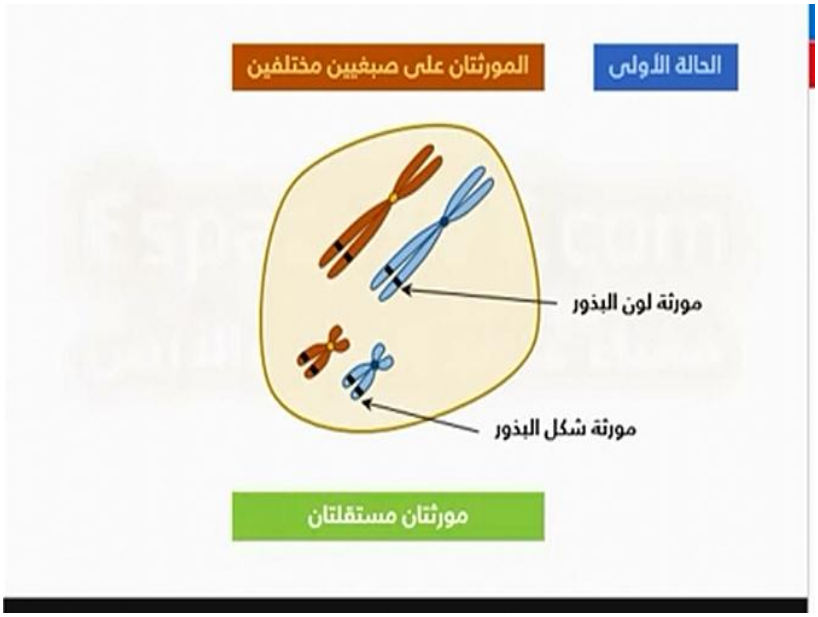
تكون جميع أفراد الجيل الأول (النسل) من نمط واحد وذلك خلال تهجين أشكال أبوية متشابهة اللواقح. (مثال: RR×rr تعطي Rr).

**قانون ماندل الثاني : (قانون الانفصال):**

تنفصل الأليلات المورثية المتقابلة انفصالاً متكاملاً عند تشكل الأعراس لتعود وتتحد ثانية في الأبناء (مثال: إذا كان لدينا النمط الوراثي Rr ينفصل الأليل R المتوضع على صبغي عن قرينه الأليل r المتوضع على الصبغي المقابل خلال الانقسام المنصف).

**قانون ماندل الثالث: قانون التوزع الحر(المستقل):**

وفق هذا القانون سنضع في حسباننا وجود صفتين أو أكثر في الوقت نفسه، يحكم كلاً منها شفع من المورثات الجسمية المستقلة في توزيعها (أي مورثتين مستقلتين)، ويسود أحد المورثات على الآخر سيادة تامة، والمتحكم بالصفة فقط زوج واحد من المورثات.



مثال: بالإضافة إلى موقع لون فراء خنازير غينيا (أسود= –B، أبيض= bb) يوجد موقع آخر محمول على صبغي مختلف يتوزع مستقلاً يتحكم بطول الشعر، حيث (شعر قصير= – L، شعر طويل=ll)، وتوجد أربعة طوابع وراثية مختلفة تتحكم بالطوابع الظاهرية أسود قصير الشعر (BBLL,BBLl, BbLL, BbLl) ويوجد طابعان وراثيان مختلفان ينتج كل منهما خنازير سوداء طويلة الشعر (Bbll, Bbll) كما يوجد طابعان وراثيان للأبيض قصير الشعر (bbLL, bbLl) بينما يوجد طابع وراثي واحد فقط يعطي الطابع الظاهري الأبيض طويل الشعر (bbll).

والطابع الوراثي الهجين الثنائي هو ذلك التركيب الخليط في موقعين، وتعطي الهجن الثنائية أربع أعراس مختلفة وراثياً، بتكرارات متساوية تقريبا ويرجع ذلك إلى الترتيب العشوائي لأشفاع الصبغيات غير النظيرة على الصفيحة الاستوائية في الدور الاستوائي من الانقسام الاختزالي الأول.

مثال : الهجين الثنائي لخنازير غينيا أسود قصير الشعر (BbLl) ينتج أربعة طرز من الأعراس بنسب متساوية.

| التكرار | الأعراس |
|---|---|
| 1/4 | BL= L B |
| 1/4 | Bl= l B |
| 1/4 | bL= L b |
| 1/4 | bl= l b |

ويمكننا فيما يلي تلخيص الأعراس التي يعطيها كل طابع من الطوابع الوراثية التسعة الممكنة والمتضمنة لشفعين من المورثات ذات التوزيع الحر:

| الأعراس وتكراراتها النسبية | الطوابع الوراثية |
|---|---|
| BL%100 | BBLL |
| 1/2BL:1/2Bl | BBLl |
| 100%Bl | BBll |
| 1/2BL:1/2bL | BbLL |
| 1/4BL:1/4Bl:1/4bL:1/4bl | BbLl |
| 1/2Bl:1/2bl | Bbll |

| | |
|---|---|
| bL%100 | bbLL |
| 1/2bL:1/2bl | bbLl |
| bl%100 | bbll |

**ووفق هذه القوانين نستنتج ما يلي من الجلسة:**

**عندما قام ماندل التهجين بين سلالتين تختلفان عن بعضهما البعض بزوج واحد من المورثات (هجونة أحادية):**

1- كل أفراد $F_1$ متشابهة وتحمل طابع مظهري واحد.

2- تشابهت النتائج التي تم الحصول عليها بغض النظر عن جنس الأبوين. سواء اخذت حبات الطلع من النبات ابيض الازهار أو بنفسجي الازهار أو كانت البويضات من ازهار بيضاء او بنفسجية، كانت النتيجة هي ذاتها – تلقيح تبادلي.

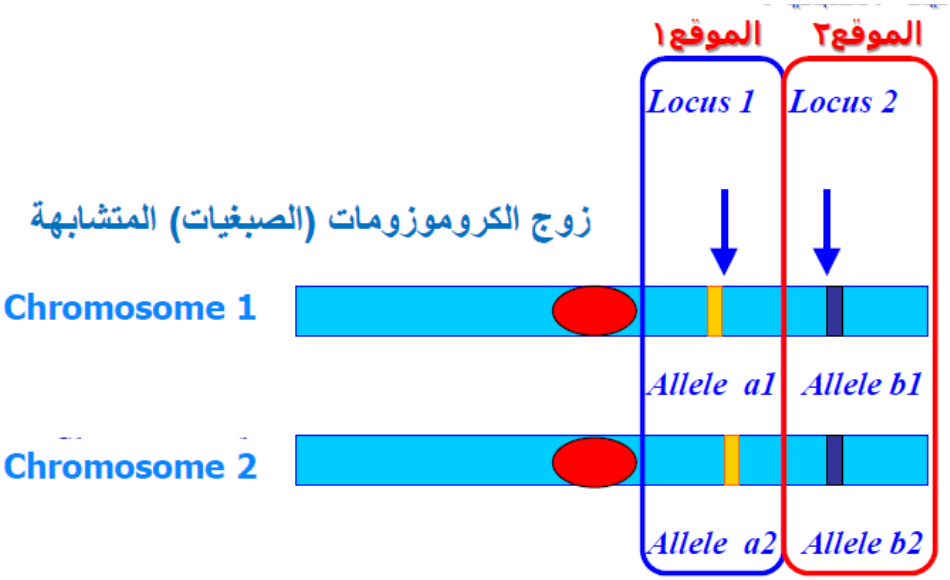
3- الصفة التي اختفت في $F_1$ ، عادت وظهرت بنسل $F_2$ بنسبة 25% .

4- العامل المسؤول عن تحديد أحد المظاهر هو المورثة Gene .

5- الصفة التي تظهر في $F_1$ (صفة سائدة) وتُخفي الصفة الثانية (المتنحية).

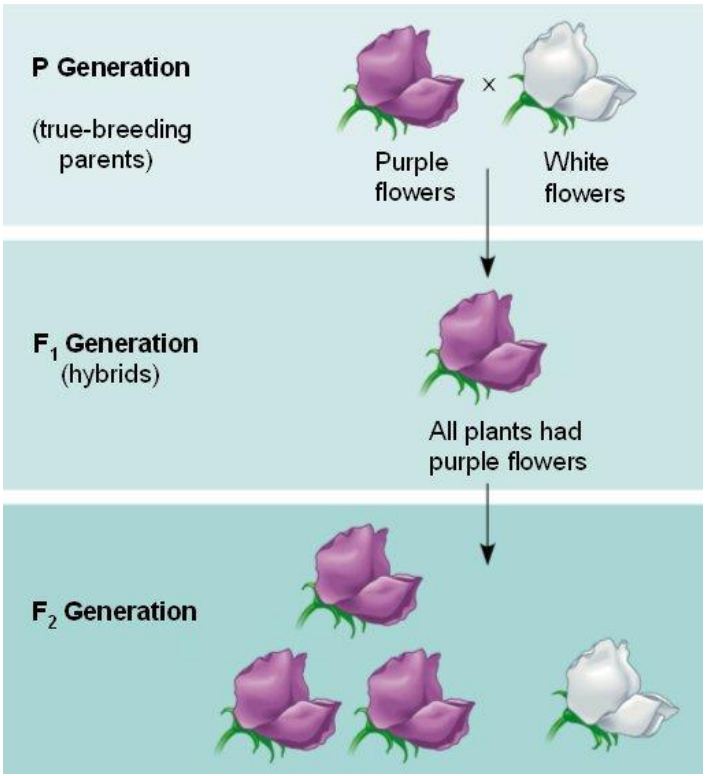
6- يختفي أثر المورثة المسؤولة عن الصفة المتنحية في $F_1$ ولكن المورثة لا تزول ولا تتحطم، يعود ويظهر أثرها في $F_2$ .

7- الصفة يحكمها زوج من المورثات القرينة (النظيرة – الأليل)، محمولة على زوج من الصبغيات القرينة (الشقيقة- المتشابهة- النظيرة) في النباتات الثنائية الصيغة الصبغية.




زوج من الصبغيات (الكروموزومات) في خلية واحدة

8- يرمز للمورثة المسؤولة عن الصفة السائدة بحرف كبير (B) ، والمورثة المسؤولة عن الصفة المتنحية بحرف صغير (b).




9- أنواع السيادة :

أ- السيادة التامة :

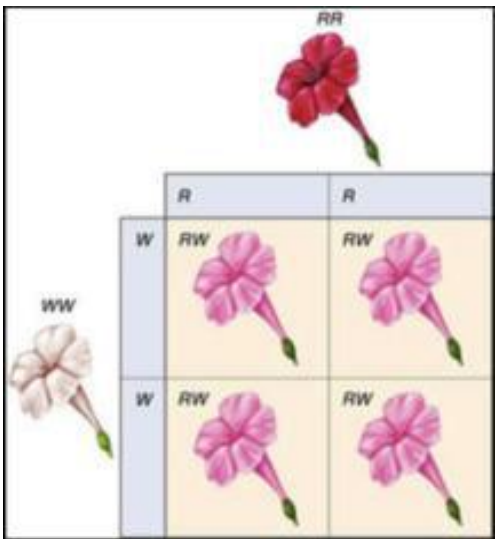
نسبة الطوابع الوراثية : 1:2:1

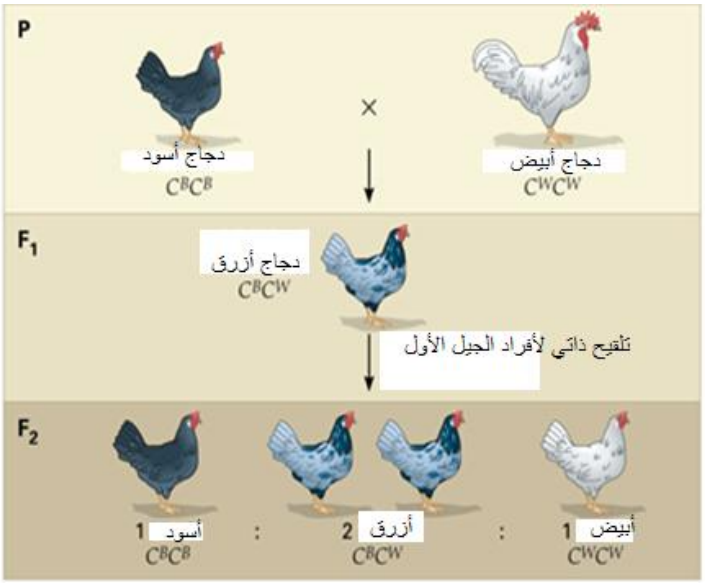
نسبة الطوابع الظاهرية :3:1

ب- السيادة غير التامة (الناقصة- الوسطية):

نسب الطوابع الوراثية : 1 : 2: 1

نسب الطوابع المظهرية: 1 : 2: 1




ج- السيادة المشتركة أو المتساوية : زمرة الدم عند الإنسان AB

د- السيادة الفائقة أو المتعدية

**مسألة 1:** الفراء الاسود لخنازير غينيا صفة سائدة ، واللون الابيض هو الصفة المتنحية .فإذا لقح فرد اسود نقي من خنازير غينيا مع فرد ابيض. ماهي نسبة الافراد سوداء اللون الخليطة المتوقعة في الجيل الثاني؟

- الطابع الظاهريP : أسود × ابيض
- الطابع الوراثي: G : BB × bb
- الاعراس G: B b

الطابع الوراثي لF1 : Bb

الطابع الظاهري: أسود

النسبة : %100

F1 × F1

الطابع الظاهري : أسود هجين × اسود هجين

الطابع الوراثي: Bb × Bb

الأعراسG : (1/2 B+ 1/2 b) × (1/2 b +1/2 B)

الطابع الوراثي للجيل الثاني: BB 2 Bb bb

الطابع الظاهري: أسود نقي أسود هجين أبيض نقي

النسبة : %25 %50 %25

نسب الطوابع المظهرية: 3 1

**مسألة 2:** ( القرائن (الأليلات) متعادلة السيادة (ذات السيادة المشتركة)):

تمثل ألوان الجلد في قطيع الشورتهورن من الماشية نموذجا تقليديا للأليلات المتعادلة السيادة فاللون الأحمر محكوم بالتركيب الوراثي $C^R\ C^R$ والقرميدي (خليط من الاحمر والابيض) بالتركيب $C^R\ C^W$، والابيض بالتركيب $C^W\ C^W$

A . إذا لقحت افراد الشورتهورن لونها قرميدي مع بعضه البعض، فما هي الاشكال الظاهرية ونسبها والتراكيب الوراثية في النسل الناتج؟

B . اذا لقحت افراد حمراء مع اخرى قرميدية و تركت افراد الجيل الاول لتلقح بعضها لإنتاج الجيل الثاني، ما هي نسبة افراد الجيل الثاني من المتوقع أن يكون لونها قرميدي وكذلك لبقية الالوان؟

A . الطابع الظاهريP: قرميدي × قرميدي

الطابع الوراثي G: $\boldsymbol{C^R\ C^W}$ × $\boldsymbol{C^R\ C^W}$

الاعراس $\boldsymbol{(1/2\ \ C^W + \ 1/2\ C^R)}$ × $\boldsymbol{(1/2\ C^W + 1/2\ C^R)}$

F1 $1/4\ \boldsymbol{C^R\ C^R}$ $1/2\ \boldsymbol{C^R\ C^W}$ $1/4\ \boldsymbol{C^W C^W}$

الطابع الظاهريF1 : أحمر 25% قرميدي 50% أبيض 25%

النسبة الظاهرية : (1:2:1)

B . الطابع الظاهري: قرميدي × أحمر

الطابع الوراثي: $\boldsymbol{C^R\ C^W}$ × $\boldsymbol{C^R\ C^R}$

الأعراس $\boldsymbol{C^R}$ × $(1/2\ \boldsymbol{C^W}+\ 1/2\boldsymbol{C^R})$

F1 الطابع الوراثي $\mathbf{1/2C^RC^W : 1/2C^RC^R}$

F1 الطابع الظاهري أحمر : قرميدي

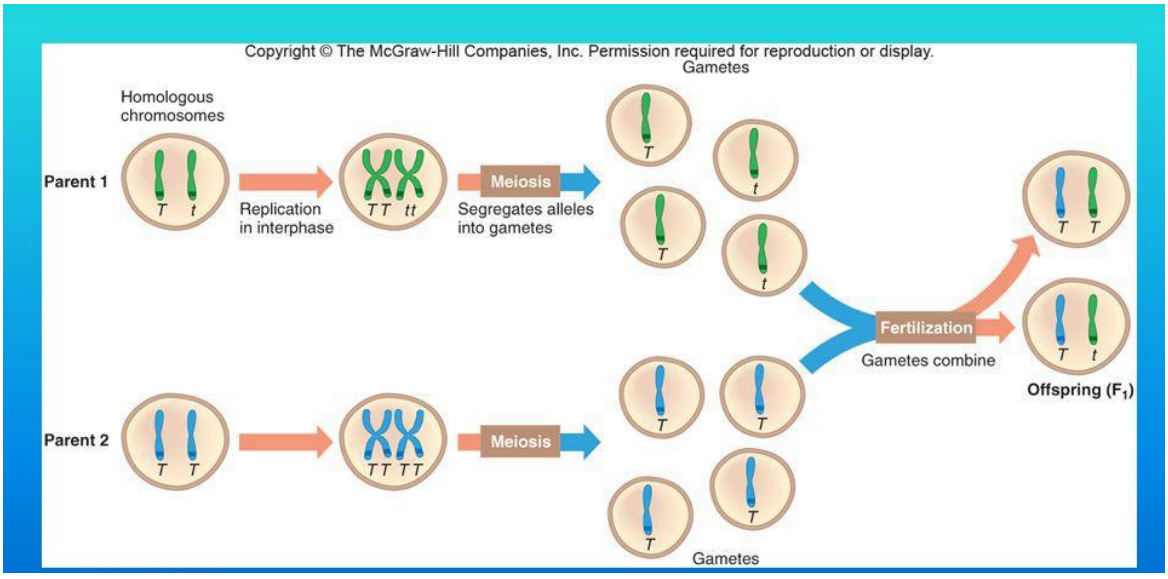
تركت أفراد الجيل الأول لتلقح بعضها فتكون الاحتمالات كالتالي:

| | | |
|---|---|---|
| $1/2C^RC^W$ | $1/2C^RC^R$ | |
| $1/4\ C^RC^R \times C^RC^W\ (2)$ | $1/4\ C^RC^R \times C^RC^R (1)$ | $1/2C^RC^R$ |
| $1/4\ C^RC^W \times C^RC^W (3)$ | $1/4\ C^RC^R \times C^RC^W\ (2)$ | $1/2C^RC^W$ |

وبالتالي يمكن تلخيص الطوابع الوراثية الناتجة في الجيل الثاني عن طراز التزاوج المشار إليها بالجدول السابق:

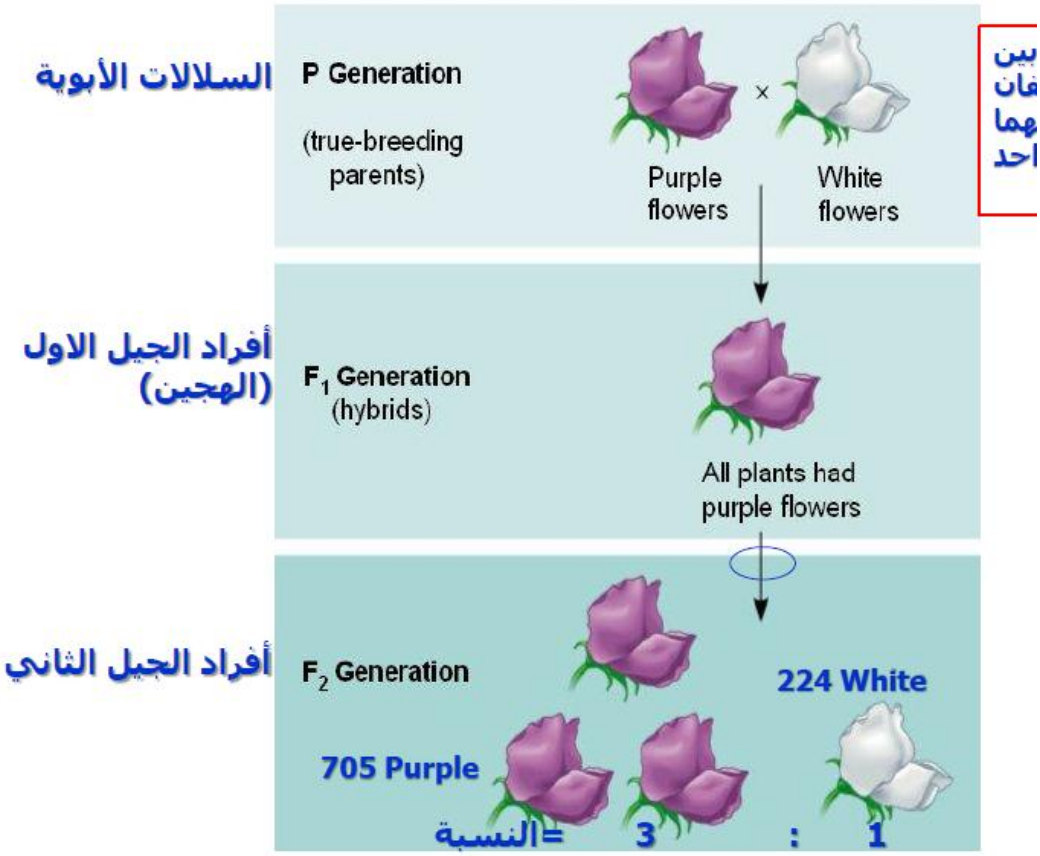
| الطوابع الوراثية لنسل الجيل الثاني | | | تكرار التزاوج | طراز التزاوج |
|---|---|---|---|---|
| $C^WC^W$ | $C^RC^W$ | $C^RC^R$ | | |
| 0 | 0 | 1/4 | 1/4 | $(1)\ C^RC^R \times C^RC^R$ |
| 0 | 1/4 | 1/4 | 1/2 | $(2)\ C^RC^R \times C^RC^W$ |
| 1/16 | 1/8 | 1/16 | 1/4 | $(3)\ C^RC^W \times C^RC^W$ |
| 1/16 | 6/16 | 9/16 | المجموع | |
| أبيض | قرميدي | أحمر | الطوابع الظاهرية | |

بالتالي نسبة الأفراد ذات اللون القرميدي 6/16=3/8 .




**قانون ماندل الأول والثاني**

# الهجونة الاحادية Mono-hybridism



# الوظيفة

مسألة (1):

يوجد زوج من المورثات يحكم طول الساق في نبات البازلاء مورثة سائدة تنتج الساق الطويل (L) ومورثة متنحية تنتج الساق القصير (l)، أوجد الطرز الممكنة للتزاوج بين التراكيب الوراثية الثلاثة مع ذكر الطوابع الظاهرية.

مسألة (2):

يحكم لون فراء الثعالب الأسود الفضي مورثة متنحية هو (b) بينما يحكم اللون الأحمر المورثة السائدة (B) عين النسب الوراثية والظاهرية من التلقيحات التالية:

أحمر خليط × أحمر أصيل نقي

أسود فضي × أحمر خليط

أسود فضي × أحمر نقي

مسألة (3):

ينتج لون فراء خنازير غينيا الأصفر في وجود الطابع الوراثي الأصيل ($C^Y C^Y$) واللون الكريمي بوجود الطابع الوراثي الخليط ( $C^Y C^W$ ) واللون الأبيض بوجود الطابع الوراثي الأصيل ( $C^W C^W$ ) ماهي نسبة الطوابع الوراثية والظاهرية التي من المحتمل أن تنتج عند تلاقح أفراد لونها كريمي مع بعضها البعض؟

{انتهت الجلسة}