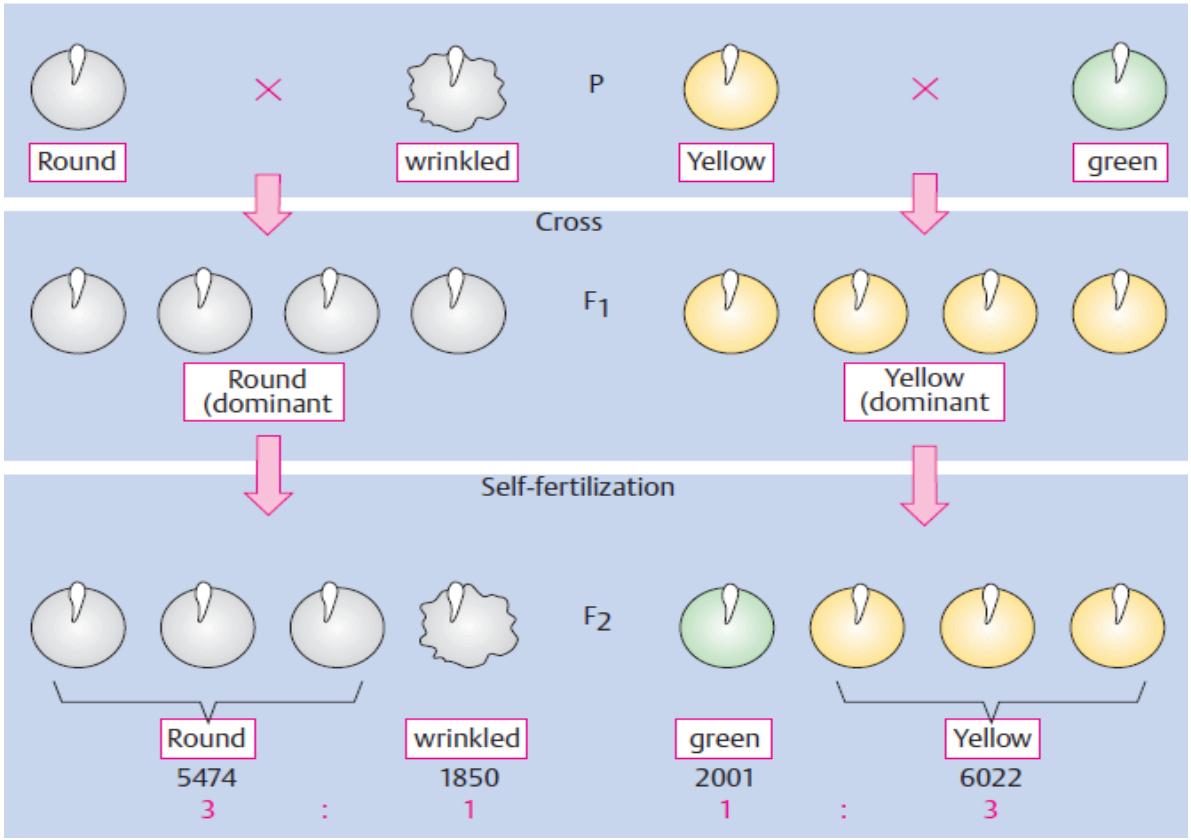


قانون مندل الثاني

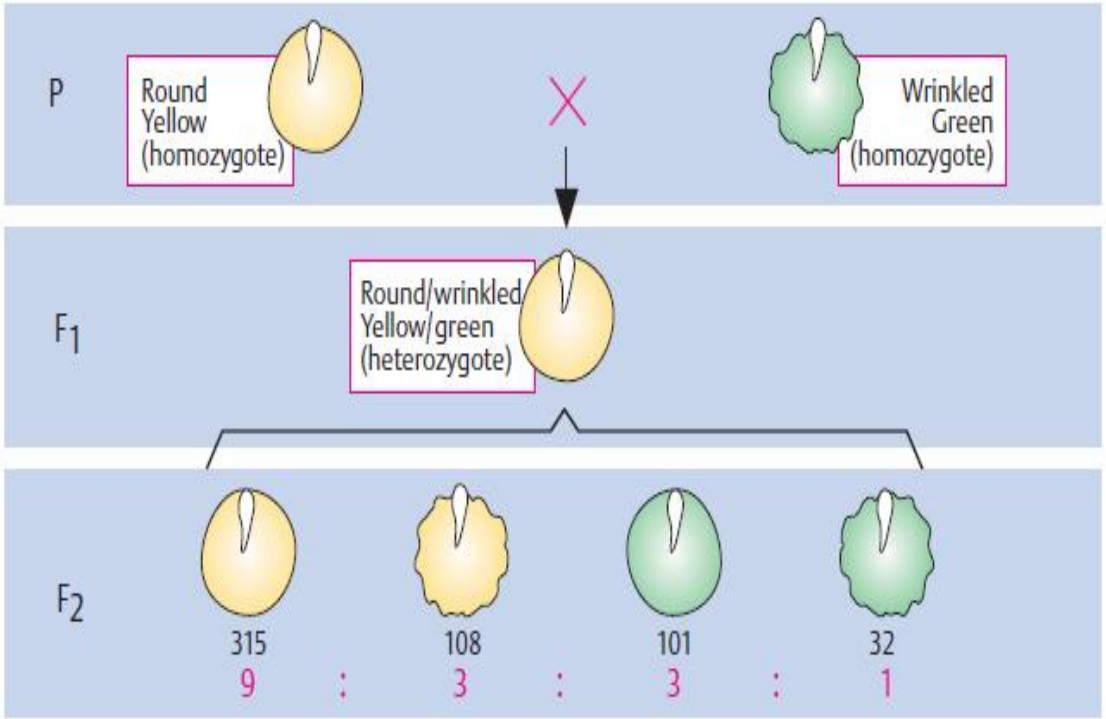
الفصل الثامن

مراجعة قانون مندل الأول

- قانون انعزال العوامل الوراثية كان ينص على أنه أثناء تكون الجاميطات ينعزل كل أليل في جاميطة، وبهذا تحمل كل جاميطة أليل واحد فقط من الجين.
- فسر هذا القانون عودة ظهور الصفات المتنحية من جديد في الجيل الثاني من الأبناء بعد اختفائها في الجيل الأول، في حالة توراث زوج واحد من الصفات.



- لكن قانون مندل الأول طرح سؤالاً جديداً: ماذا سيحدث في حالة توراث زوجين أو أكثر من الصفات؟ هل سيتم توريث الصفات المختلفة معاً بنسبة 3:1، أم أن كل صفة سيتم توريثها بنسبة 3:1 بشكل مستقل عن الأخرى؟
- لاحظ مندل أنه عند تزاوج فردان نقيان يختلفان في زوجين من العوامل الوراثية (الصفات) , فإن أفراد الجيل الاول تظهر بهم الصفتان السائدتين بنسبة 100%. وعند إجراء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الاول فإن الصفات يحدث بها توزيع حر للأليلات وتورث كل صفة منفردة عن الأخرى (3:1) فتظهر الصفات في الجيل الثاني بنسبة 9:3:3:1.

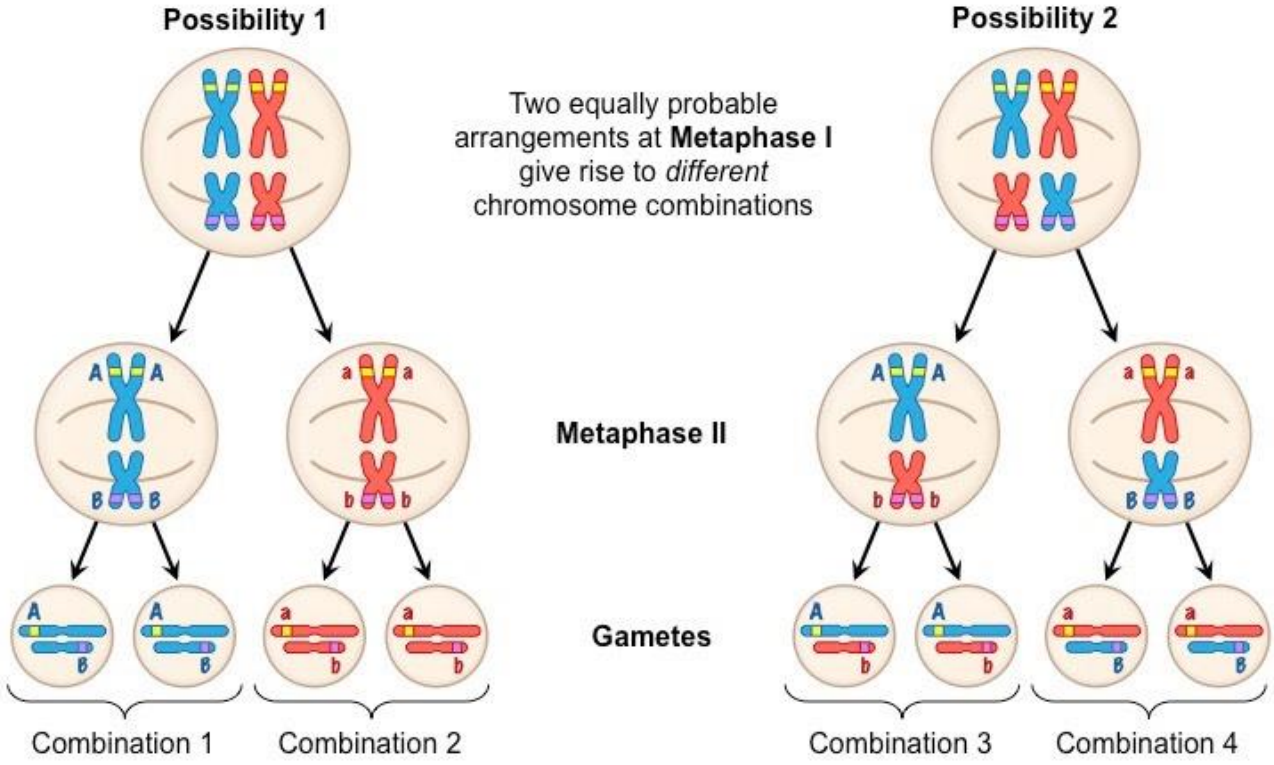


A. Independent segregation of two traits

- وبناءاً على تلك الملاحظات صاغ مندل قانونه الثاني:
قانون التوزيع الحر Law of Independent Assortment.

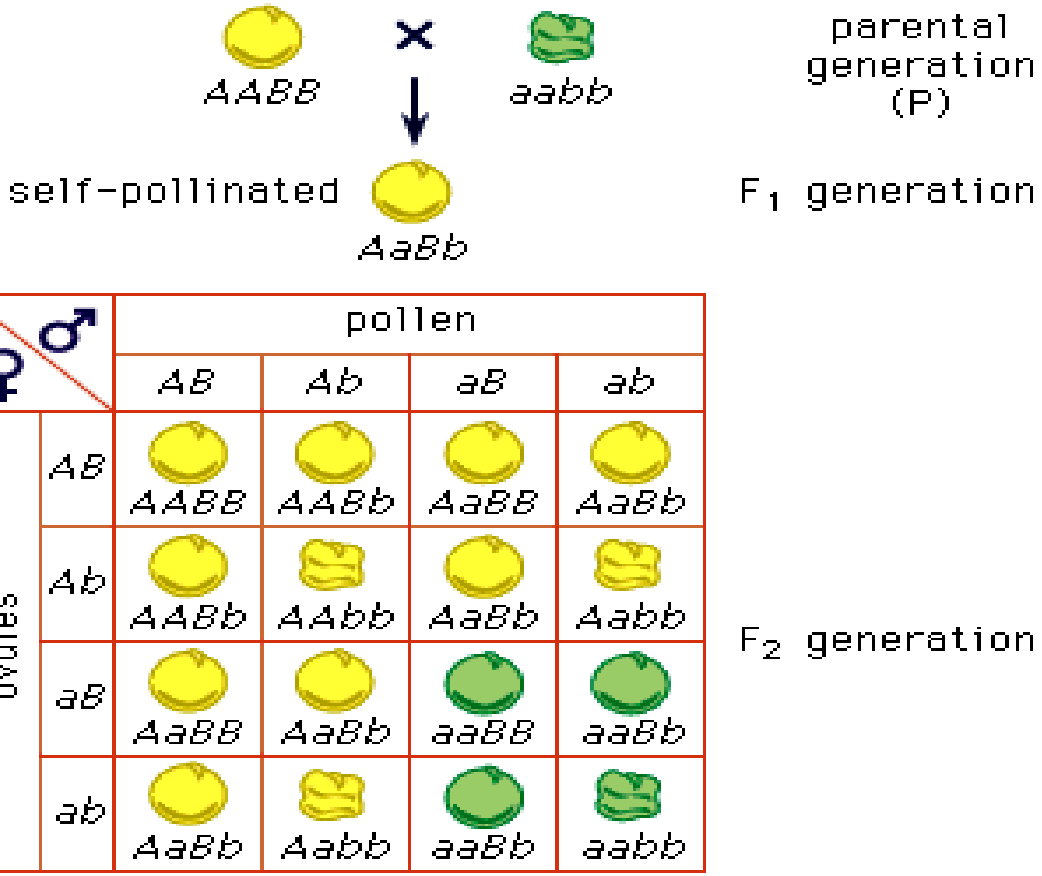
قانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر)

"أليلات الجينات المختلفة يتم توزيعها في الجاميطات بشكل حر (مستقل) عن بعضها البعض، أي أن توزيع أليل جين ما في جاميطة لا يؤثر على توزيع أليل جين آخر في جاميطة أخرى."



التحليل الوراثي

- يمكن تطبيق التحليل وراثي في حالة قانون مندل الثاني بإستخدام مربع بانيت.
- حالة تزاوج فردان يختلفان في زوجين من الصفات الوراثية تسمى بالتهجين الثنائي Dihybrid cross



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

- لأن مربع بانيت يزداد حجمه بشكل متسارع مع زيادة عدد الجاميطات، يمكن إستخدام طريقة أسرع للتنبؤ بالطرز العاملية في حالة تزاوج فردين هجينين في صفتين.
- يمكن حساب عدد التوليفات المحتملة بحساب عدد الجاميطات المحتملة لهذا التوليف بإستخدام معادلة: 2^n

F2

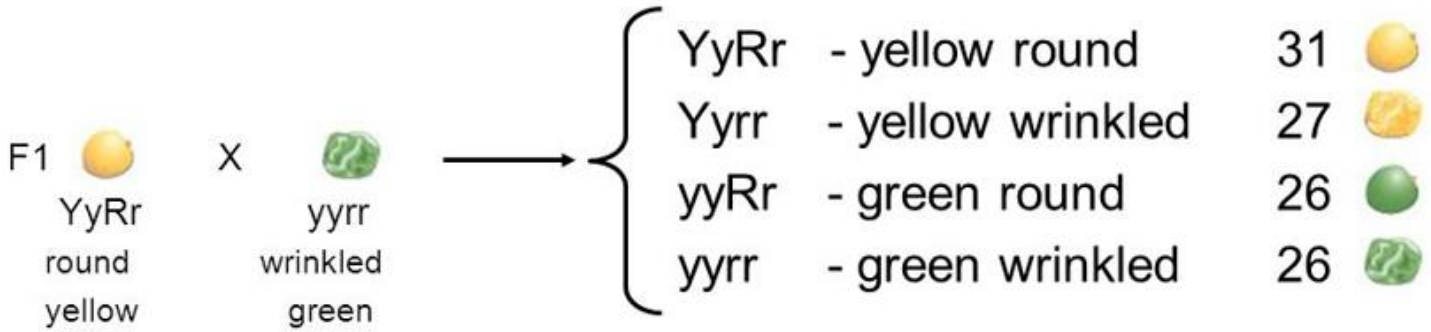
9	3	3	1
A-B-	A-bb	aaB-	aabb
1 AABB	1 AAbb	1 aaBB	1 aabb
2 AABb	2 Aabb	2 aaBb	
2 AaBB			
4 AaBb			

- استعمال مربع بانيت مع التهجين الثنائي الإختباري dihybrid testcross:

AaBb **X** aabb

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

1 : 1 : 1 : 1



This is a ratio of 1:1:1:1

مسائل وتمارين وراثية على قانون مندل الثانى

- في تلقيح بين نبات قرع أصيل للثمرة الصفراء القرصية وآخر أصيل للثمرة البيضاء الكروية. ما هو مظهر الثمار من حيث اللون والشكل في :

1. الجيل الأول
2. الجيل الثاني الناتج من التلقيح الذاتي للجيل الاول
3. النسل الناتج من التلقيح الرجعى للجيل الأول مع الأب الأبيض الكروي .

- ملحوظة: في القرع اللون الأبيض للثمرة W سائد على الأصفر w والشكل القرصي D سائد على الكروي d

- تزوج رجل يَسَر (استعمال اليد اليمنى أسهل لديه من اليسرى) أزرق العينين أبوه أعسر (استعمال اليد اليسرى أسهل لديه من اليمنى) امرأة عسراء بنية العينين أمها زرقاء الأعين - فما هو مظهر النسل المنتظر من هذا الزواج بالنسبة لهاتين الصفتين ؟
- ملحوظة: اليسر ولون العين البني سائدان.

- تزوج رجل يسر بنى العينين فتاة يسراء بنية العينين - ورزقا بطفلين أحدهما أعسر بنى العين والآخر يسر أزرق العينين - ورزق نفس الرجل من زوجة أخرى خمسة أطفال كانوا جميعاً يسر وعيونهم بنية ما هو التركيب العاملى لهذا الرجل وزوجتيه ؟

- في الدجاج - الأرجل المريشة F سائدة على الأرجل العارية f والعرف الباسلائي P سائد على العرف المفرد p.

ديكان أ ، **ب** ودجاجتان **ج** ، **د** جميعها بأرجل ذات ريش وعرف باسلائى

نتج من تلقيح الديك أ مع الدجاجتين **ج**، د نسل جميعه مريش الأرجل باسلائى العرف ونتج من تلقيح الديك **ب** مع الدجاجة **جـ** نسل جميعه باسلائى العرف ولكن البعض بأرجل مريشة والبعض الآخرعاري الأرجل، ومع الدجاجة **د** نتج نسل جميعه مريش الأرجل ولكن بعضه باسلائى العرف والبعض الآخر مفرد العرف - **حدد التركيب العاملى** لكل من هذه الأفراد الأربعة **أ، ب ، جـ ، د** .

تطبيق قانون مندل الثانى على حشرة الدروسوفيلا

فى تلقيح بين انثى حشرة دروسوفيلا رمادية طويلة الجناح مع ذكر أبنوسى مختزل الجناح كان جميع حشرات الجيل الاول رمادية طويلة الجناح بينما فى الجيل الثانى كانت كما يلى: 22 حشره رمادية طويلة الجناح و 20 حشره رمادية مختزلة الجناح و 21 حشرة ابنوسى طويلة الجناح و19 حشرة ابنوسى مختزلة الجناح.

- اقترح النظريه الوراثيه التى تفسر طريقة توارث هذه الصفه مع اثبات صحة هذه النظريه بالتحليل الاحصائى والوراثى علما بأن قيم مربع كاى الجدولية كالأتى:

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

P2



X



تلقيح أختبارى

ee vgvg

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

G

evg

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

$+^{e}$ vg

$e+^{vg}$

evg

F_2

1:1:1:1

1 رمادى طويل	1 رمادى مختزل	1 ابنوسى طويل	1 ابنوسى مختزل
$+^{e}+^{e}+^{vg}+^{vg}$	$+^{e}+^{e}$ vgvg	$ee+^{vg}+^{vg}$	ee vgvg

P1



X



ee vgvg

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

G

evg

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

100 %

F_1



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

التحليل الاحصائي

1) العدد الكلي للحشرات = 82 حشرة

2) الفئات المظهرية رمادى طويل الجناح، رمادى مختزل الجناح، أبنوسى طويل الجناح، أبنوسى مختزل الجناح

3) الاعداد المشاهدة 22 20 21 19

4) النظرية الفرضية (النسبه) 1 : 1 : 1 : 1

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

- χ^2 المحسوبة = مجموع (العدد المشاهد – العدد المتوقع)^2 / العدد المتوقع
- درجات الحريه = عدد الفئات المظريه - 1

$Df = n - 1$

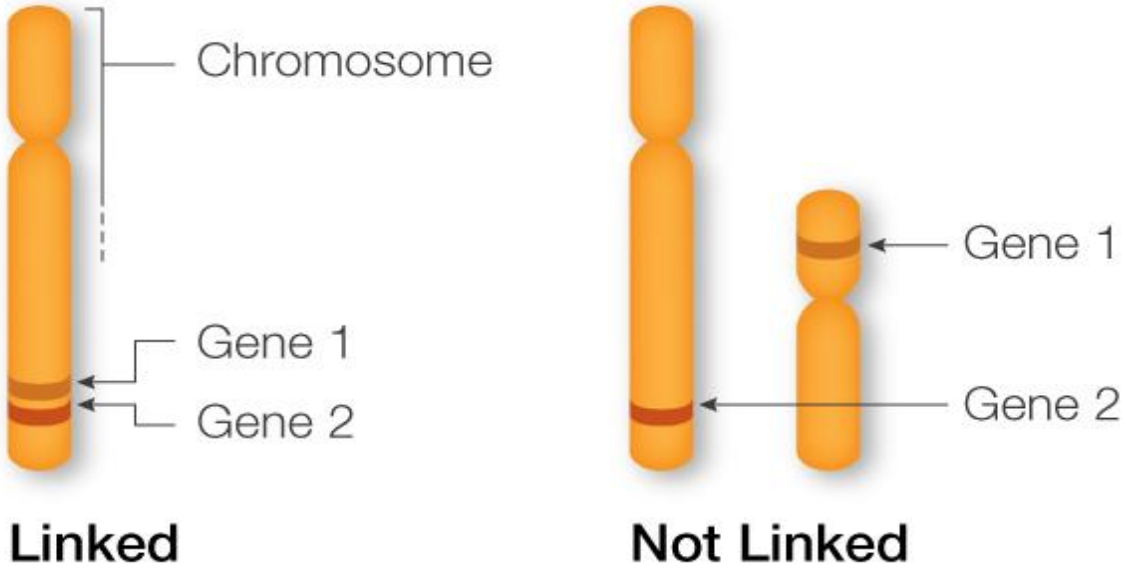
- تقارن قيم χ^2 المحسوبة بقيم χ^2 الجدولية لمعرفة المعنوية أم لا

✓ 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

تعديلات قانون مندل الثاني

- النمط الوراثي المندلي لزوجين من الصفات يمكن تفسيره بموجب التوزيع الحر للعوامل الوراثية independent assortment كما ينص قانون مندل الثاني.
- ولكن هذا المبدأ ينطبق فقط في حالة تواجد جينات تلك الصفات على كروموسومات مختلفة. أما لو كانتا الصفتان متواجدتان على نفس الكروموسوم – مع افتراض عدم حدوث عبور وراثي- فلن يتم توزيعهما بشكل حر وسيتم توريثهما معاً، فيما يعرف بظاهرة الارتباط الوراثي Genetic linkage.



- بالإضافة للإرتباط الوراثي، توجد حالات أخرى يتم فيها توارث زوجين من الصفات بشكل يخالف النسب المندلية (وراثة غير مندلية). تلك الحالات تشمل:

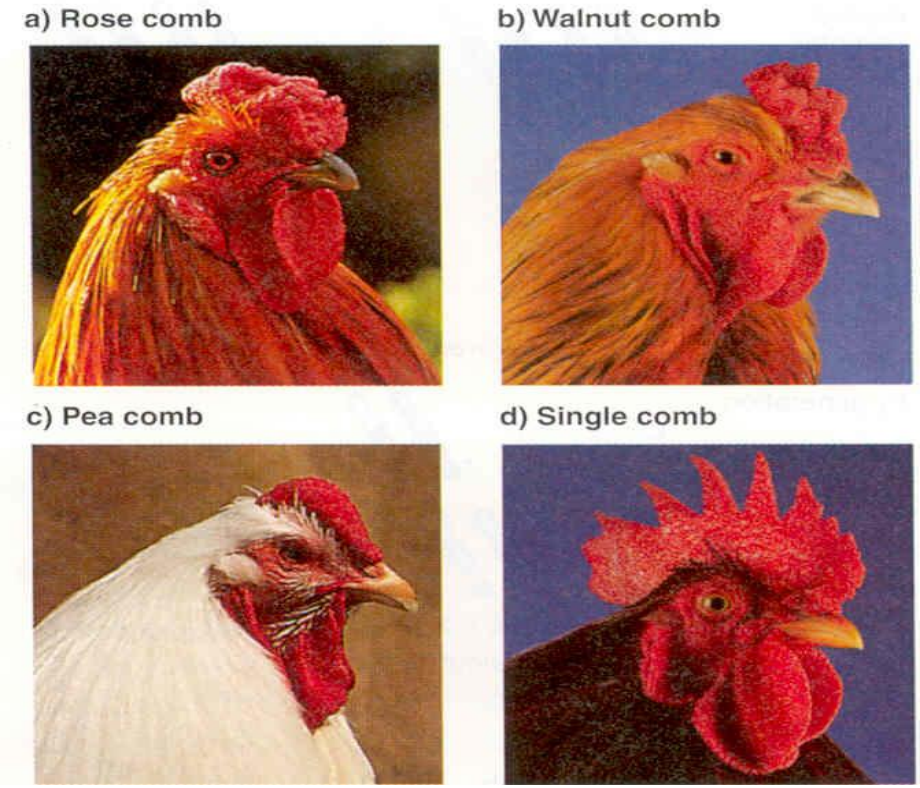
1) تداخل الجينات - Gene interaction
2) الجينات المانعة - Inhibiting genes
3) الجينات المتكاملة - Complementary genes
4) الجينات المكررة ذات الاثر المتماثل - Duplicate Genes
5) الجينات المكررة ذات الاثر التجمعي - Duplicate Genes with cumulative effect
6) التفوق - Epistasis
   a) التفوق السائد - Dominant epistasis
   b) التفوق المتنحي - Recessive epistasis

❖ تداخل الجينات – Gene Interaction

جينات تحدث أثرها كلا مستقلاً عن الآخر، ولكن يحدث نوع من التفاعل او التداخل بين هذه الجينات لإحداث هذا الأثر أو لظهور الصفة.

Figure 12.5

Four distinct comb shape phenotypes in chickens, resulting from all possible combinations of a dominant and a recessive allele at each of two gene loci. (a) Rose comb (*R*/– *p*/*p*). **(b)** Walnut comb (*R*/– *P*/–). **(c)** Pea comb (*r*/*r P*/–). **(d)** Single comb (*r*/*r p*/*p*).



- **أمثلة:**

1) شكل العرف في الدجاج

P  RRpp X rrPP 

G Rp rP



F_1 RrPp

9 3 3 1

F_2    

Walnut Rose Pea Single

F2

9 جوزى	3 وردى	3 باسلائى	1 مفرد
R-P-	R-pp	rrP-	rrpp
1 RRPP	1 RRpp	1 rrPP	1 rrpp
2 RRPp	2 Rrpp	2 rrPp	
2 RrPP			
4 RrPp			

توجد 4 اشكال مظهريه نسبتها 1:3:3:9 (نسبه مظهرية أو مشاهدة)

توجد 9 تراكيب وراثية مختلفة نسبتها 1:2:1:2:1:4:2:2:1(نسبه عاملية أو وراثية)

❖ **الجينات المانعة – Inhibiting genes**

جينات تمنع من تعبير جينات اخرى وبالتالي تعمل علي حجب الصفة للجين الآخر.

أمثلة:

1) لون الريش في دجاج اللجهورن Leghorn chicken

الطراز المظهري	الطراز العاملي
Yellow - أصفر	C-
White - أبيض	cc
Inhibiting yellow color – يمنع ظهور اللون الأصفر	I-
Allowing the yellow color – يسمح بظهور اللون الأصفر	ii

P CCii (Yellow) **X** ccII (White)





G Ci | cI

F_1 CcIi

100% White

F_2

C-I-	C-ii	ccI-	ccii
White	Yellow	White	White
9	3	3	1

White **13:3** Yellow نسبة مظهرية

F2:

9 white	3 yellow	3 white	1 white
C-I-	C-ii	ccI-	ccii
CCII	CCii	ccII	ccii
CCIi	Ccii	ccIi	
CcII			
CcIi			

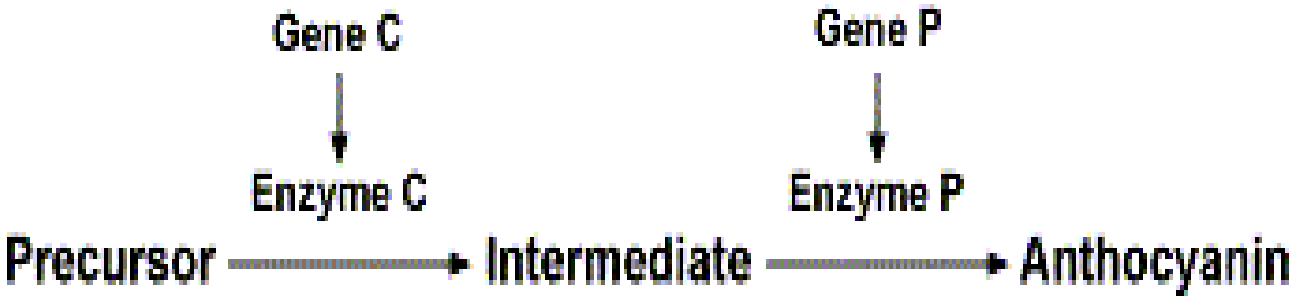
13:3 نسبة مظهرية

❖ **الجينات المتكاملة – Complementary genes**

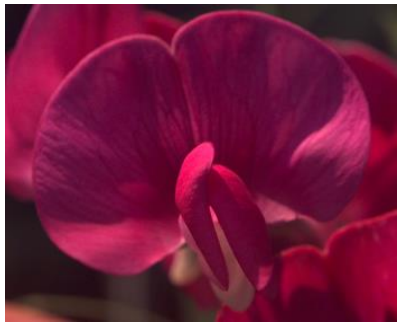
جينات تكمل عمل بعضها البعض لإظهار صفة معينة ويلزم وجود الجينين في صورة سائدة لإظهار تلك الصفة.

- **أمثلة:**

1) لون الأزهار في نبات بسلة الزهور



P  **CCpp** **X** **ccPP** 

F_1 **CcPp** 

F_2  **9:7** 

F2:

9 Purple	3 White	3 White	1 White
C-P-	C-pp	ccP-	ccpp
CCPP	CCpp	ccPP	ccpp
CCPp	Ccpp	ccPp	
CcPP			
CcPp			

النسبة المظهرية 9:7

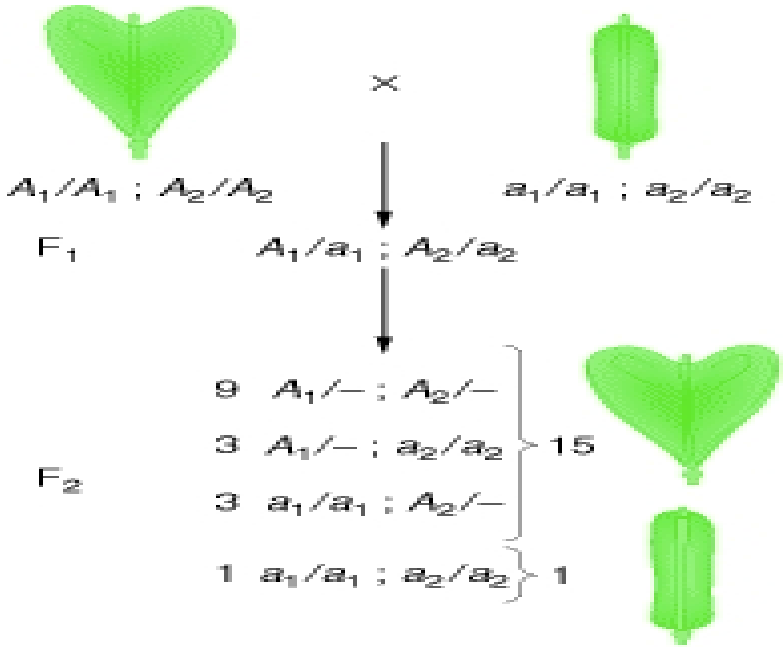
❖ الجينات المكررة ذات الأثر المتماثل – Duplicate Genes

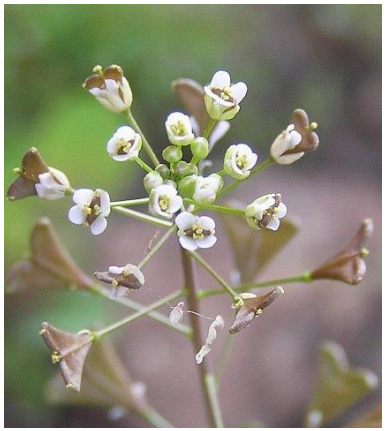
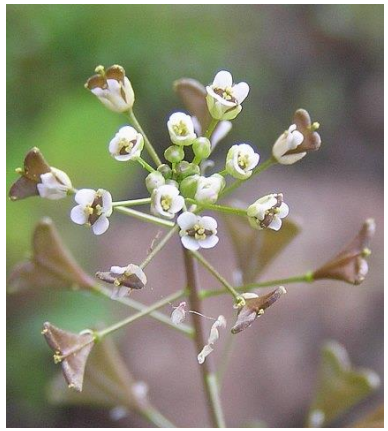
الجينات التي تؤثر على نفس الصفة حيث يكفي اليل واحد سائد لظهور الصفة, ولكن غياب الصورة السائدة في كلاهما يعطي صفة اخرى.

أمثلة:

1) شكل نبات كيس الراعي shepherd's purse





P:  $T_1T_1t_2t_2$ مثلثی **X** $t_1t_1T_2T_2$ مثلثی 

F_1: $T_1t_1T_2t_2$ مثلثی 

F_2	T_1-T_2-	T_1-t_2t_2	$t_1t_1T_2$-	$t_1t_1t_2t_2$
	9	3	3	1

15 : 1

مثلثی بیضاوی

F2:

مثلثی 9	مثلثی 3	مثلثی 3	بیضاوی 1
T_1-T_2-	T_1-t_2t_2	$t_1t_1T_2$-	$t_1t_1t_2t_2$
$T_1T_1T_2T_2$	$T_1T_1t_2t_2$	$t_1t_1T_2T_2$	$t_1t_1t_2t_2$
$T_1T_1T_2t_2$	$T_1t_1t_2t_2$	$t_1t_1T_2t_2$	
$T_1t_1T_2T_2$			
$T_1t_1T_2t_2$			

15 : 1

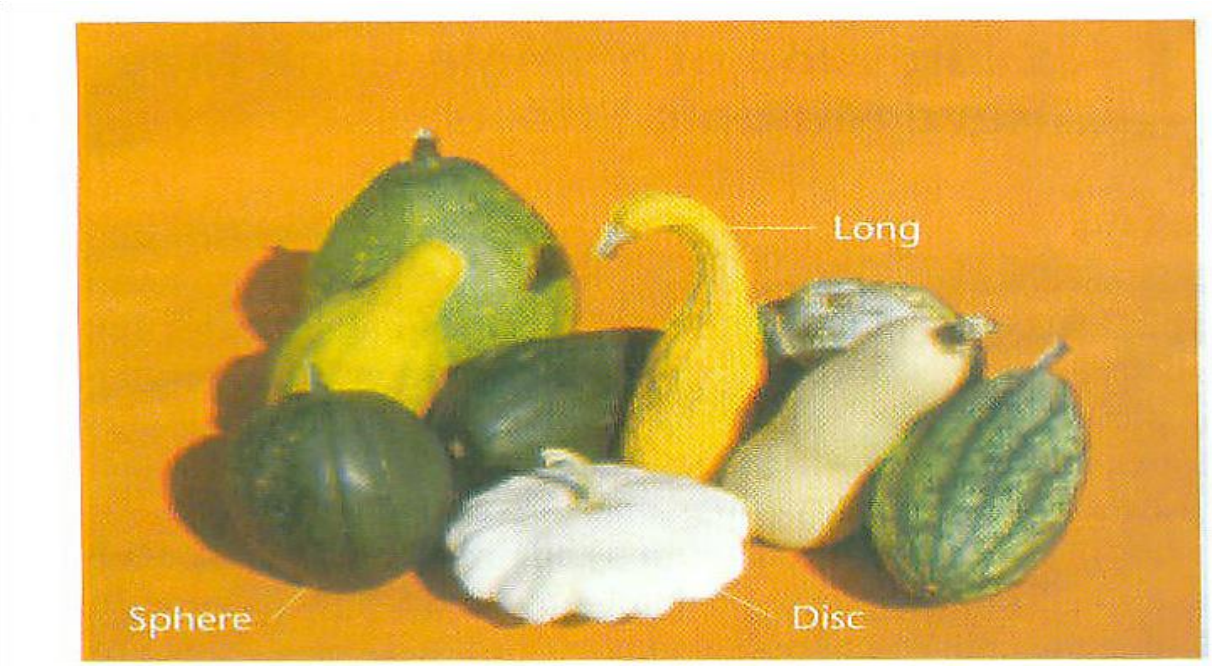
بیضاوی مثلثی

❖ **الجينات المكررة ذات الأثر التجمعي – Duplicate Genes with cumulative effect**

جينات تكون ذات اثر مرئي متماثل (لها نفس الأثر) وعند تواجد اي منها فقط بصورة سائدة تظهر الصفة ولكن عند اتحاد الاثنين معاً في صورة سائدة او متنحية يعطيان اثر مختلف.

- **أمثلة:**

1) شكل ثمرة نبات القرع



P كروي AAbb X aaBB كروي




F_1 قرصي AaBb



F_2 A-B- aaB- A-bb aabb





9 : 6 : 1

قرصي كروي مطاول

F2:

قرصی 9	کروی 3	کروی 3	مطاول 1
A-B-	A-bb	aaB-	aabb
AABB	AAbb	aaBB	aabb
AABb	Aabb	aaBb	
AaBB			
AaBb			

9 : 6 : 1

❖ التفوق – Epistasis

الظاهرة التي تجعل جين ما يتفوق في تأثيره أو يحجب أو يمنع تعبير جين آخر. أي ان العلاقة تكون بين جينات مختلفة على عكس السيادة التي تكون علاقة بين أليلين من نفس الجين.

أنواع التفوق:

1) التفوق السائد Dominant Epistasis
2) التفوق المتنحي Recessive Epistasis

مثل تفوق جين الصلع على جين لون الشعر

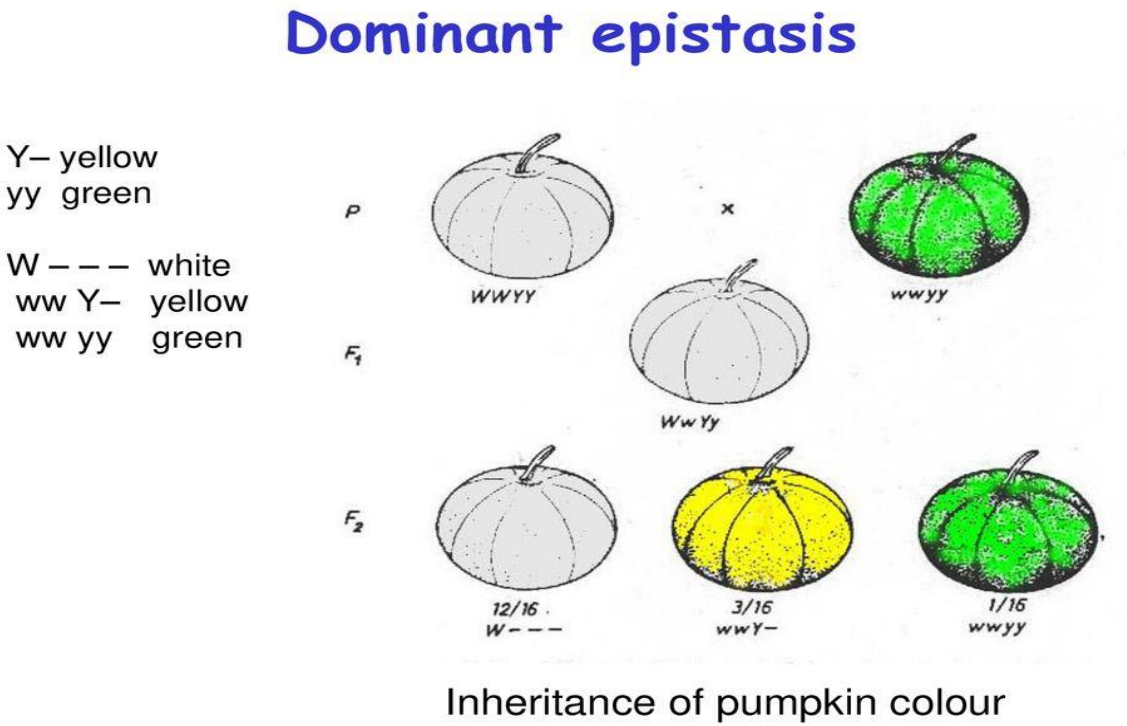
	Gene for blond hair	Gene for red hair
	 Blond hair	 Red hair
+ Gene for baldness	 Bald	 Bald

التفوق السائد - Dominant Epistasis

يتفوق تعبير الاليل السائد لجين ما على تعبير كلا من الاليل السائد والمتنحي لجين اخر.

- **مثال:** شكل ثمرة نبات القرع

وجد ان الاليل A يتفوق على كل من الاليل السائد B والاليل المتنحي b للجين الاخر ويعطي اللون الابيض



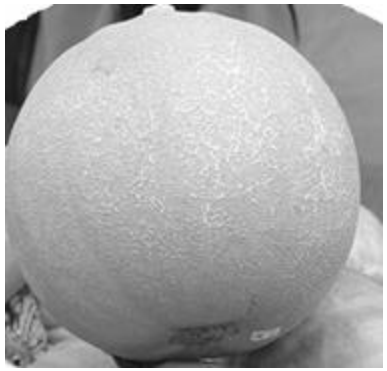
Inheritance of pumpkin colour

P



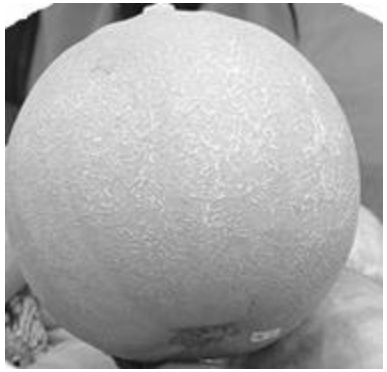
aaBB X AAbb

أصفر أبيض



F_1

AaBb



F_2







أخضر

12 : 3 : 1

F2:

أبيض 9	أبيض 3	أصفر 3	أخضر 1
W-Y-	W-yy	wwY-	wwyy
WWYY	WWyy	wwYY	wwyy
WwYY	Wwyy	wwYy	
WWYy			
WwYy			

12 : 3 : 1

- **التفوق المتنحي - Recessive Epistasis**

يتفوق فيه تعبير الاليل المتنحي لجين ما على تعبير كلا من الاليل السائد والمتنحي للجين الاخر وتسمى هذه الظاهرة "الارتداد – Reversion"

- **مثال**: وراثة لون الفراء في الفئران (يتحكم فيها 3 جينات)



P:



AAccBB

ألبينو

X



aaCCBB

أسود

F_1:



AaCcBB

أجوتى

F_2: **9A-C-BB** **3 A-ccBB** **3aaC-BB** **1aaccBB**









9 : 3 : 4

F2:

9 أجوتى	3 ألبينو	3 أسود	1 ألبينو
A-C-BB	A-ccBB	aaC-BB	aaccBB
AACCBB	AAccBB	aaCCBB	aaccBB
AACcBB	AaccBB	aaCcBB	
AaCCBB			
AaCcBB			

9 : 3 : 4

مسائل على تعديلات مندل الثانى

1) فى الدجاج يتوقف شكل العرف على التراكيب العاملية التالية :

جوزى العرف - R-P , ووردي العرف R-pp.

باسلائى العرف – rrP , مفرد العرف rr pp.

- تنبأ بالنسبة المظهرية وكذا النسبة العاملية الناتجة من التلقيحات التالية :

(أ) Rrpp x Rr pp (ب) Rr Pp x rr Pp

(جـ) rr Pp x Rr pp

2) من الضروري تواجد الأليل السائد C وذلك كي تتكون أية صبغة في الفئران . ونوع الصبغة الناتج يعتمد علي موقع أخر حيث B- تنتج اللون الأسود و bb تنتج اللون البني . والأفراد من التركيب الوراثي المتفوق cc غير قادرة علي إنتاج الصبغة وتسمي ألبينو . لقحت أنثي أصيلة التركيب اختباريا مع ذكر ألبينو .

(أ) ما هي النسبة المظهرية المتوقعة في الجيل الأول والجيل الثاني ؟

(ب) إذا سمح لكل فئران الجيل الثاني الألبينو بـأن تتــزاوج عشوائيًا,

فما هي النسبة الوراثية المتوقعة في النسل ؟

مسائل على تعديلات مندل الثانى

3) في الكتاكيت الجين السائد F بسبب الريش المنقوش frizzle وأليلة المتنحى f مسئول عن الترييش العادي - وعلى كروموسوم آخر يوجد جين يتحكم في لون الريش - الأليل السائد B يسبب اللون الأسود والأليل b يسبب اللون الابيض.

- حدد التراكيب الوراثية للآباء في حالة تزاوج فردين خليطين .

4) كيف يمكن التمييز بين الفئات العاملية المختلفة للدجاج الجوزى العـــــرف الناتج في الجيل الثاني بين باسلائى ووردي أصيلين.

5) مستعينا بالمعلومات التي تعرفها هل من الممكن الحصول على سلالات أصيلة من الطراز دجاج جوزي العرف؟ علل إجابتك .

المواضيع التي تمت تغطيتها في هذا الفصل

1) قانون مندل الثاني
2) تعديلات على قانون مندل الثاني
   a) تداخل الجينات
   b) الجينات المانعة
   c) الجينات المتكاملة
   d) الجينات المكررة ذات الاثر المتماثل
   e) الجينات المكررة ذات الاثر التجمعي
   f) التفوق السائد والمتنحي