

الدرس الأول : الانقسام المنصف

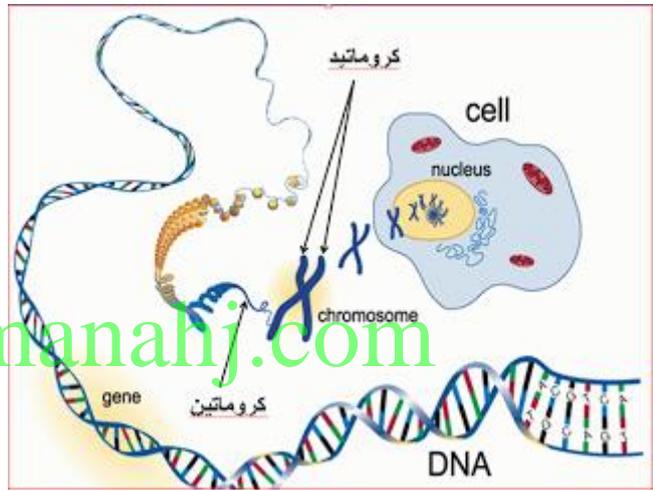
الكروموسومات والعدد الكروموسومي

الصفة الوراثية: هي خاصية من مجموعة خصائص تنتقل من الأباء الى الأبناء

مثل: لون الشعر - الطول - لون العيون

س / اين توجد التعليمات الخاصة بكل صفة وراثية ؟

توجد على الكروموسومات الموجودة داخل نوى الخلايا



الجينات: هي قطع تترتب في الـ DNA وتتحكم في إنتاج البروتينات

س / ما العلاقة بين الجينات والكروموسومات ؟ يتكون كل كروموسوم من مئات الجينات

س / ما دور وأهمية الجينات ؟ يؤدي كل جين دور مهم في تحديد خصائص الخلية ووظائفها

الكروموسومات المتماثلة

الكروموسومات المتماثلة هي الكروموسومات التي تشكل زوجًا . كل منهما من أب

ولها نفس الطول وموقع السنترومير وتحمل الجينات التي تتحكم في الصفات الوراثية نفسها



مثال : يقع الجين الذي يتحكم في نوع شحمة الأذن في الموقع نفسه على الكروموسومات المتماثلة



www.almanahj.com

الخلايا الأحادية والثنائية المجموعة الكروموسومية

الأمشاج خلايا جنسية تحمل نصف العدد من الكروموسومات.

الأهمية : الحفاظ على عدد ثابت من الكروموسومات

يختلف العدد الكروموسومي من نوع لأخر في المخلوقات الحية



ذبابة الفواكه ٨



www.almanahj.com

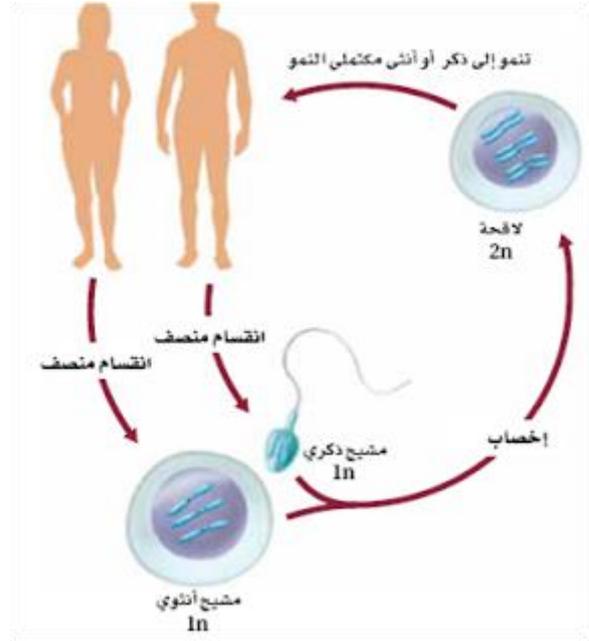
خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية الخلية التي تحتوي العدد (N) من

الكروموسومات

خلية أحادية المجموعة الكروموسومية: الخلية التي تحمل العدد N من

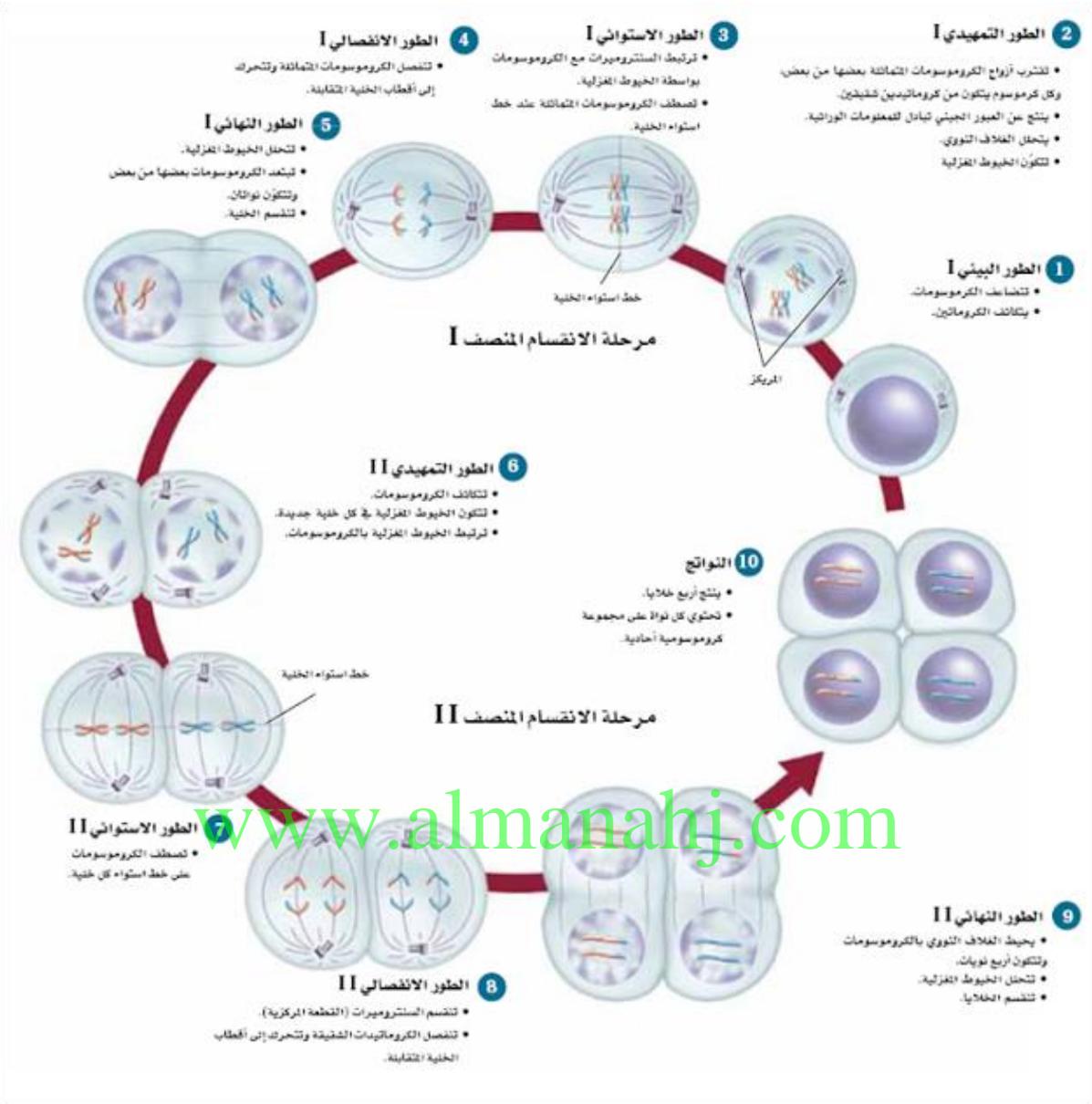
الكروموسومات

الإخصاب: العملية التي يتحد فيها مشيج أحادي المجموعة الكروموسومية
بمشيج أحادي آخر



الانقسام المنصف

www.almanahj.com



الانقسام المنصف عملية تتكون اثناءها الأمشاج وهي نوع من أنواع الانقسام الخلوي الذي يختزل عدد الكروموسومات،

س / أين تحدث ؟

في التراكيب الجنسية للمخلوقات الحية التي تتكاثر جنسيًا.

س/ ما الفرق بين عدد الكروموسومات في الخلايا الناتجة عن الإنقسامين

المنصف والمتساوي؟

في الانقسام المتساوي يحافظ على بقاء عدد الكروموسومات ثابتاً

في الإنقسام المنصف : يختزل عدد الكروموسومات إلى النصف بانفصال

الكروموسومات المتماثلة

الخلية الثنائية المجموعة الكروموسومية 2) >>>> N) تنقسم انقسام منصف لتكوّن أمشاجاً أحادية المجموعة الكروموسومية 1) N)

يتضمن الانقسام المنصف مرحلتين متتاليتين من انقسام الخلية هما: المرحلة الأولى والثانية

المرحلة الأولى من الانقسام المنصف

الطور البيئي تحدث :

عمليات الأيض - تضاعف - DNA بناء البروتينات - تكاثف الكروماتين



www.almanahj.com

الطور التمهيدي الأول

- تقرب أزواج الكروموسومات المتماثلة من بعض
- تصبح الكروموسومات واضحة
- كل كروموسوم يتكون من كروماتيدين شقيقين
- تتكثف

-يتحلل الغلاف النووي

-تحدث عملية التصالب

-تحدث عملية العبور

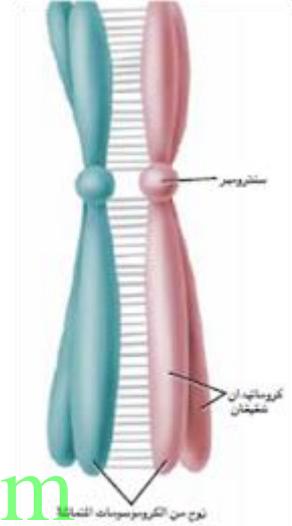
-تنتقل المريكزات إلى الأقطاب المتقابلة من الخلية

-تتكون خيوط المغزل وترتبط مع الكروماتيدات الشقيقة عند

(السنتروميير)



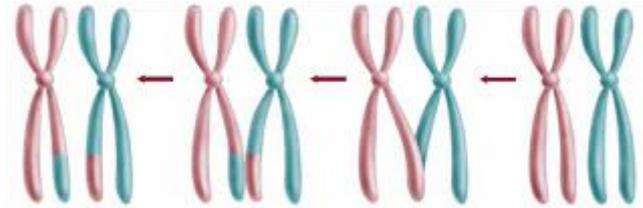
عملية التصالب (التشابك) ارتباط كل كروموسومين متماثلين على امتداد طوليهما (تكوين الأزواج)



www.almanahj.com

الشكل 3-4 ترتبط الكروموسومات
بأثناء عملية التصالب في الطور
معدى الأول.

عملية العبور: تبادل الأجزاء بين زوج من الكروموسومات المتماثلة



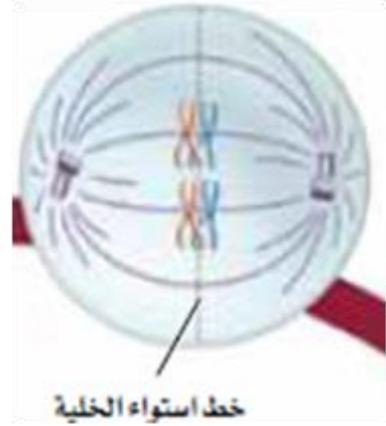
تنتقل المريكزات في أثناء الطور التمهيدي الأول إلى الأقطاب المتقابلة من الخلية. تتكون الخيوط المغزلية وترتبط مع الكروماتيدات الشقيقة عند القطعة المركزية (السنتروميير)

الطور الاستوائى الأول

⊕ تصطف أزواج الكروموسومات المتماثلة عند خط استواء الخلية

⊕ ترتبط الخيوط المغزلية مع سنتروميير كل كروموسوم من

الكروموسومات المتماثلة



س/ ما الفرق بين الطور الاستوائي الأول في الانقسام المنصف وبين الطور الاستوائي في الانقسام المتساوي ؟

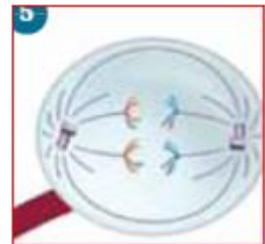
في الانقسام المتساوي : تصطف على طول خط استواء الخلية الكروموسومات المفردة التي تحتوي على كروماتيدات شقيقة
في الانقسام المنصف تصطف على طول خط استواء الخلية الكروموسومات المتماثلة في صورة أزواج

www.almanahj.com



الطور الانفصالي الأول

- ⊕ تنفصل الكروموسومات المتماثلة
- ⊕ يتم سحب كل زوج بواسطة الخيوط المغزلية في اتجاه أقطاب الخلية
- ⊕ يصبح عدد المجموعة الكروموسومية 1 بدلاً من N2



س / ما الفرق بين الطور الانفصالي الأول في الانقسام المنصف وبين الطور الانفصالي في الانقسام المتساوي ؟

في الانقسام المتساوي تنفصل الكروماتيدات الشقيقة

في الانقسام المنصف الأول تنفصل الكروموسومات المتماثلة ويبقى كل واحد من الزوجين مكوناً من كروماتيدين شقيقين



الطور النهائي الأول

-تصل الكروموسومات المتماثلة إلى أقطاب الخلية المتقابلة
-يصبح كل قطب من هذه الأقطاب محتويًا على نصف عدد الكروموسومات المتماثلة الأصلية

-يبقى كل كروموسوم مكوناً من كروماتيدين شقيقين
-يظهر الغلاف النووي وتتكون النواة

www.almanahj.com



انقسام السيتوبلازم

س / ماذا يحدث للخلايا بعد انقسام السيتوبلازم ؟

→ قد تمر الخلايا بالطور البيني مرةً أخرى قبل حدوث مجموعة الانقسامات التالية (المرحلة الثانية)

→ مع ذلك لا يتضاعف الـ DNA مرةً أخرى في أثناء الطور البيني

وفي بعض الأنواع تصبح الكروموسومات بعيدة عن بعضها

علي / قد لا تكون الكروماتيدات الشقيقة متطابقة في الطور النهائي الأول

بسبب عملية العبور الجيني التي قد تحدث في أثناء عملية التصالب في الطور التمهيدي الأول

المرحلة الثانية من الانقسام المنصف

الطور التمهيدي الثاني يتكوّن الجهاز المغزلي - تتكثف الكروموسومات

الطور الاستوائي الثاني تترتب الكروموسومات الأحادية المجموعة

الكروموسومية عند خط استواء الخلية

الطور الانفصالي الثاني يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة بعيداً إلى الأقطاب

المتقابلة للخلية بواسطة الخيوط المغزلية

الطور النهائي الثاني تصل الكروموسومات إلى الأقطاب - تظهر النواة

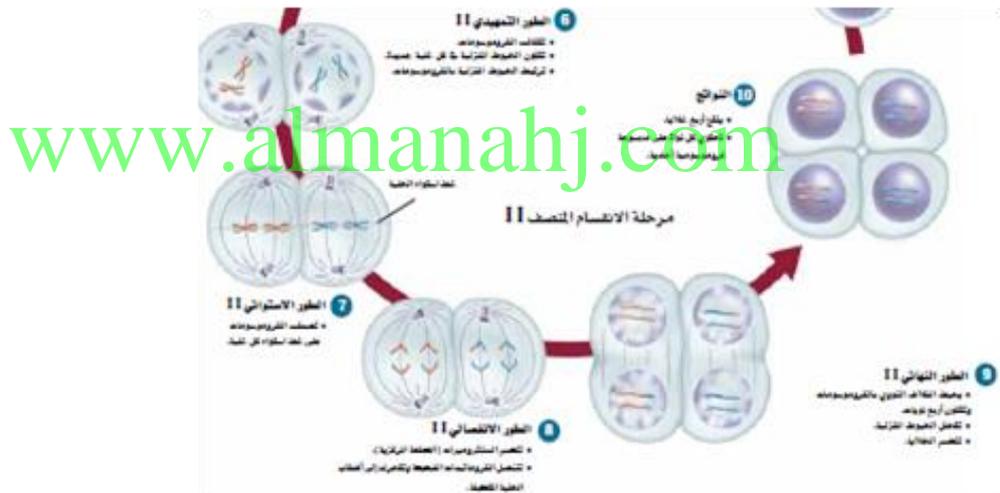
والغلاف النووي مرة أخرى

إنقسام السيتوبلازم

يحدث في نهاية المرحلة الثانية من الانقسام المنصف

ينتج عنه أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية كل خلية تحمل العدد

$2n$ من الكروموسومات



س / ما الفرق بين الطور الإستوائي في كلاً من : المرحلة الثانية للإنقسام

المنصف و الإنقسام المتساوي

في الإنقسام المتساوي : تصطف الكروموسومات الثنائية المجموعة

الكروموسومية عند خط استواء الخلية

في الإنقسام المنصف : تترتب الكروموسومات الأحادية المجموعة

الكروموسومية عند خط استواء الخلية

س/ ما أهمية الإنقسام المنصف؟ يؤدي إلى التنوع الوراثي

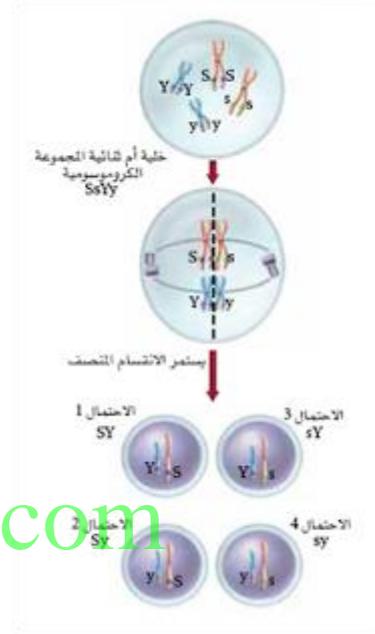
الإنقسام المنصف والتنوع الوراثي

1- كلما كان ترتيب الكروموسومات عشوائياً نتجت أمشاج ذات مجموعات مختلفة من الكروموسومات

وبناءً على طريقة ترتيب الكروموسومات على خط الاستواء ينتج أربعة جاميتات ذات أربع مجموعات كروموسومية مختلفة

2- ينتج التنوع الوراثي كذلك في أثناء العبور الجيني

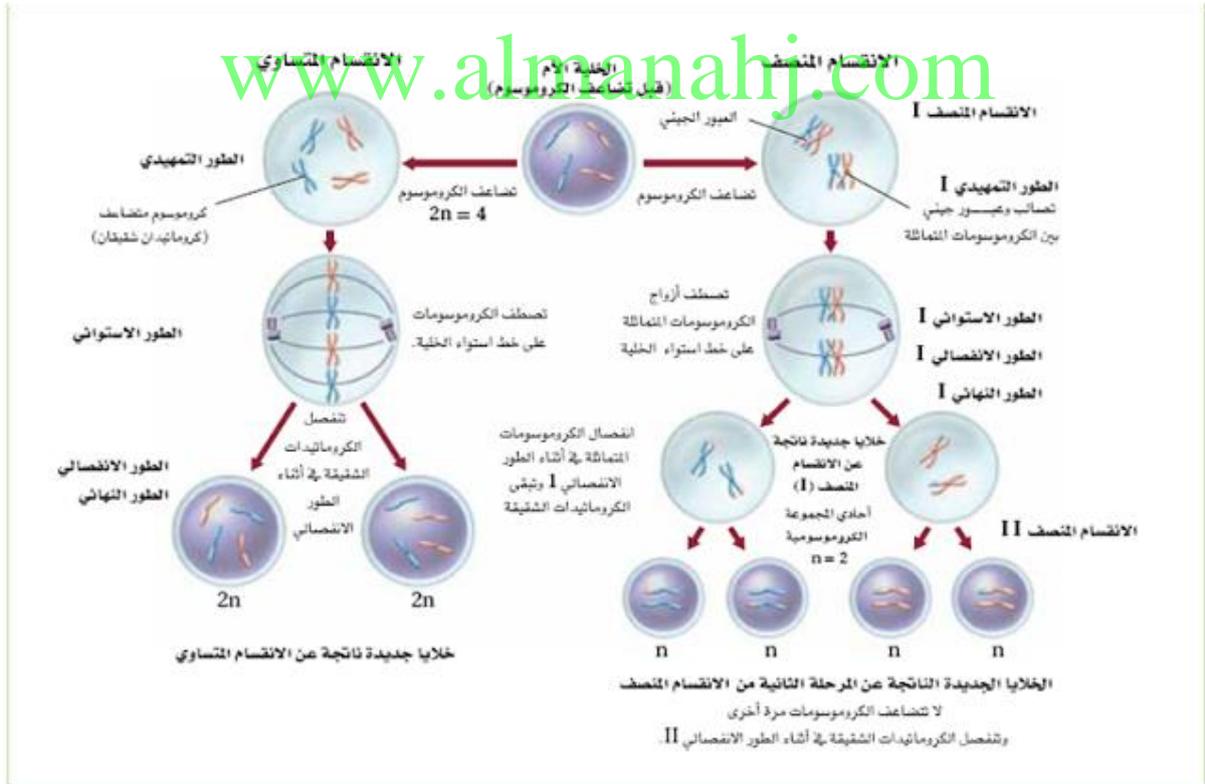
3- أثناء عملية الإخصاب، عندما تتحد الأمشاج معاً بصورة عشوائية



www.almanahj.com

مقارنة بين الإنقسام المنصف والإنقسام المتساوي

الانقسام المتساوي	الانقسام المنصف
تحدث مرحلة واحدة في أثناء الانقسام المتساوي.	تحدث مرحلتان في أثناء الانقسام المنصف: المرحلة الأولى والثانية.
يحدث تضاعف DNA في أثناء الطور البيئي.	يتضاعف DNA مرة واحدة قبل المرحلة الأولى من الانقسام المنصف.
لا يحدث تشابك أو تصالب بين الكروموسومات المتماثلة.	تحدث عملية التصالب بين الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور التمهيدي I.
ينتج عن الانقسام خليتان متطابقتان في كل دورة خلية.	ينتج عن الانقسام أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (In) في كل دورة خلية.
الخلايا الجديدة متطابقة وراثياً.	الخلايا الجديدة غير متطابقة وراثياً بسبب عملية العبور الجيني.
يحدث الانقسام المتساوي في الخلايا الجسمية فقط.	يحدث الانقسام المنصف في الخلايا الجنسية.
يدخل الانقسام المتساوي في النمو وتعويض الخلايا التالفة.	يدخل الانقسام المنصف في إنتاج الأمشاج وتوفير التنوع الوراثي في المخلوقات الحية.



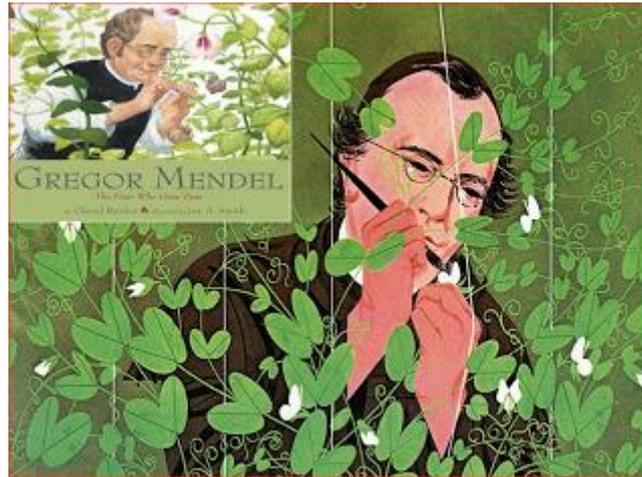
مقارنة بين التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي

اللاجنسي	الجنسي	
مطابقة للخلية الأم	مختلفة عن الخلية الأم	الافراد الجديدة
أبطأ	أسرع (تضاعف الجينات المفيدة على نحو أسرع)	معدل تراكم الطفرات المفيدة
النباتات والحيوانات البسيطة - البكتيريا- الطلائعيات	الحيوانات المعقدة الطلائعيات	امثلة

الدرس الثاني الوراثة المندلية

س/ كيف اكتشفت اعمال مندل؟ www.almanahj.com

عمل مندل لم يعد اكتشافه إلا عام 1900 عندما ظهر ثلاثة علماء في وقت واحد اكتشفوا ما كان قد اكتشفه مندل من قبل ولكن عندما قرأوا مقالات مندل أقروا له بالفضل وعاد له الاعتبار الذي خسره في حياته





Gregor Mendel

Table 10.1 The Results of Mendel's F₂ Crosses for Seven Characters in Pea Plants. [The dominant trait is first.]

Character	Dominant Trait	Recessive Trait	F ₂ Generation Dominant-Recessive Ratio
Flower color	Purple	White	161:234 = 1.01:1
Flower position	Axial	Terminal	431:337 = 1.34:1
Seed color	Yellow	Green	6022:5981 = 1.01:1
Seed shape	Round	Wrinkled	5474:3569 = 1.56:1
Pod shape	Inflated	Constricted	882:359 = 1.91:1
Pod color	Green	Yellow	428:132 = 1.81:1
Stem length	Tall	Short	787:277 = 1.84:1



www.almanahj.com



مدينة برنو جمهورية التشيك (حاليا) تابعة للنمسا (سابقاً)



كيف بدأ علم الوراثة؟

في عام 1866 م نجح مندل في حل لغز الوراثة

س/ علي اختيار مندل نبات البازلاء في دراسته؟

-سهولة زراعته

-سرعة نموه

-إنتاجه المستمر لأفراد تحمل شكلاً واحداً من الصفة

- يتكاثر بالتلقيح الذاتي (إتحاد مشيج ذكري مع مشيج أنثوي من الزهرة نفسها)
كما هو الحال في العديد من النباتات الزهرية

-يمكن التلقيح الخلطي في نبات البازلاء يدويًا

(نقل مشيج ذكري حبة لقاح من زهرة نبات بازلاء إلى عضو التكاثر المؤنث
لزهرة نبات بازلاء آخر)

www.almanahj.com



الوراثة

هي انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل آخر

وراثة الصفات

لاحظ مندل أن سلالات معينة في نبات البازلاء تنتج أشكالاً محددة من الصفة جيلاً بعد جيل.

مثلاً:

بعض السلالات تنتج بذوراً **خضراء** دائماً وبعضها ينتج بذوراً **صفراء** دائماً

لفهم آلية توارث هذه الصفات

جرى تلقيحاً خلطياً بنقل الأمشاج الذكرية من زهرة نبات بازلاء أخضر البذور

إلى عضو التأنيث في زهرة نبات بازلاء آخر أصفر البذور.

س/ كيف تجنب حدوث التلقيح الذاتي ؟

بإزالة الطلع او المتاع عن الازهار المراد تلقيحها خلطياً

الجيل الأول والجيل الثاني



درس مندل سبع صفات مختلفة لنبات البازلاء هي:

✓لون البذرة

✓لون الزهرة

✓لون القرن

✓شكل البذرة (لمسها)

✓شكل القرن

✓طول الساق

✓موقع الزهرة

www.almanahj.com

وجد أن جميع أفراد النباتات الناتجة عن تلقيح الجيل الأول تُظهر النسبة 1:3

الصفة	الصفة المهيمنة	الصفة المتنحية	الجيل الأول	الجيل الثاني	النسبة الجينية
لون الزهرة	البنفسج	الأبيض	البنفسج × الأبيض	البنفسج	3:1
موضع الزهرة	جانبية	طرفي	جانبية × طرفي	جانبية	3:1
لون البعرة ⁽¹⁾	البنفسج	الأخضر	البنفسج × الأخضر	البنفسج	3:1
شكل البعرة	أعس	أعس	أعس × أعس	أعس	3:1
شكل القرن	أعس	أعس	أعس × أعس	أعس	3:1
لون القرن	الأخضر	البنفسج	الأخضر × البنفسج	الأخضر	3:1
طول المساق	طويلة	قصيرة	طويلة × قصيرة	طويلة	3:1

(1) يادرج لون البعرة أسفلاً إلى لون العنقود فيها.

أزواج الجينات

استنتج مندل أنه لا بد من وجود شكلين لصفة البذور في نبات البازلاء، هما:
البذور الصفراء والبذور الخضراء،

الجين المتقابل Allele

عامل يتحكم في الشكل

وهو صورة أخرى لجين مفرد ينتقل من جيل إلى آخر

الصفة السائدة الصفة التي ظهرت في أفراد الجيل الأول F1

الصفة المتنحية الصفة التي لم يظهر تأثيرها في أفراد الجيل الأول F1

السيادة

استنتاج مندل بعد بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول:

ان الجين المتنحي في البذور الخضراء لم يختف بل منع من إظهار صفته

عللي / عدم ظهور صفة البذور الخضراء في أفراد الجيل الأول
لأن صفة البذور الصفراء سائدة وتطغى على جين صفة البذور الخضراء وتمنعها
من الظهور

نموذج وراثه الصفات

يُرمز إلى جين الصفة السائدة - وهي البذور الصفراء - بحرف كبير **Y**

يرمز إلى جين الصفة المتنحية وهي البذور الخضراء بحرف صغير **y**

متماثل الجينات نقي الصفات homozygous

المخلوق الحي الذي يحمل زوجًا من الجينات المتقابلة المتشابهة لصفة محددة

كما في البذور الصفراء المتماثلة الجينات YY والبذور الخضراء yy

غير متماثل الجينات غير نقي الصفات (خبيط Heterozygous)

المخلوق الحي الذي يحمل جينين متقابلين مختلفين لهذه الصفة

يتم تمثيلها بالرموز Yy

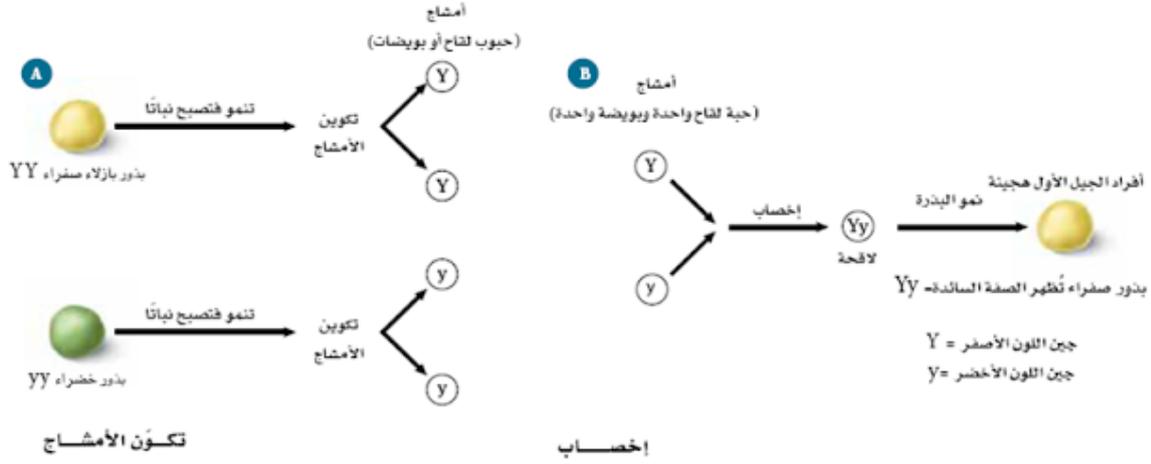
س/ ماهي الصفة التي تظهر عند وجود الجينات المتقابلة بصورة غير متماثلة؟

تظهر الصفة السائدة.

الطراز الجيني والطراز الشكلي

الطراز الجيني أزواج الجينات المتقابلة في المخلوق الحي

الطراز الشكلي الخصائص والصفات المظهرية الناتجة عن أزواج الجينات المتقابلة



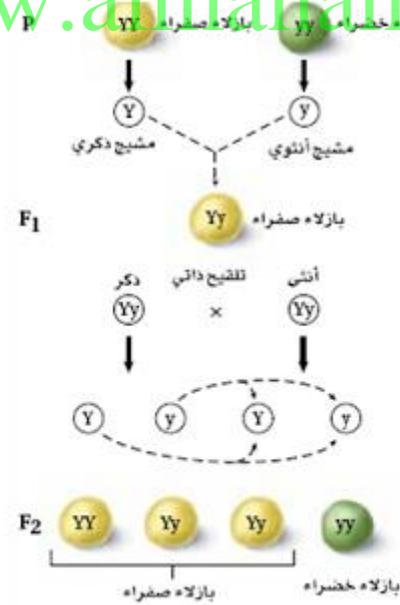
قانون انعزال الصفات

أن زوج الجينات لمتقابلة المكونة للصفة الواحدة تنفصل في أثناء الانقسام المنصف , وفي أثناء الإخصاب تتحد الجينات المتقابلة للصفة مرة أخرى

التلقيح الأحادي الصفة

هي عملية التلقيح التي يحدث فيها التزاوج بين جينات صفة واحدة لنباتين

www.almanahj.com



■ الشكل 4-9 في أثناء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول تُخصّب الأمشاج الذكورية الأمشاج الأنثوية عشوائياً.

الهجينة hybrid

هي المخلوقات الحية غير المتماثلة الجينات

النباتات الحاملة للطراز Yy تنتج نوعين من الأمشاج

هما : الأمشاج الذكرية والأمشاج الأنثوية وكلاهما يحملان الجين Y أو y
تتحد هذه الأمشاج عشوائياً . لتنتج بعد تلقيحها الطرز الجينية التالية yy, Yy, YY

التلقيح الثنائي الصفة

دراسة وراثة صفتين أو أكثر في النبات نفسه

في نبات البازلاء تعد صفة البذور المستديرة R سائدة على البذور المجعدة r
وصفة البذور الصفراء Y سائدة على البذور الخضراء y
الجيل الأول الثنائي الصفة هجيناً؛ لأن جيناتها غير متماثلة لكلتا الصفتين.



إذا قام مندل بتلقيح:

بذور صفراء مستديرة متماثلة الجينات $YYRR$
مع بذور خضراء مجعدة متماثلة الجينات $yyrr$

فإنه يمكن تمثيل تزاوج الآباء بالطرز الجينية التالية $YYRR \times yyrr$:
ستكون الطرز الجينية لأفراد الجيل الأول على النحو التالي:
YyRr نباتات صفراء البذور مستديرة

- قام مندل بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول التي تحمل الطراز الجيني YyRr

في عملية تلقيح ثنائي الصفة

ثم قام بحساب نسبة:

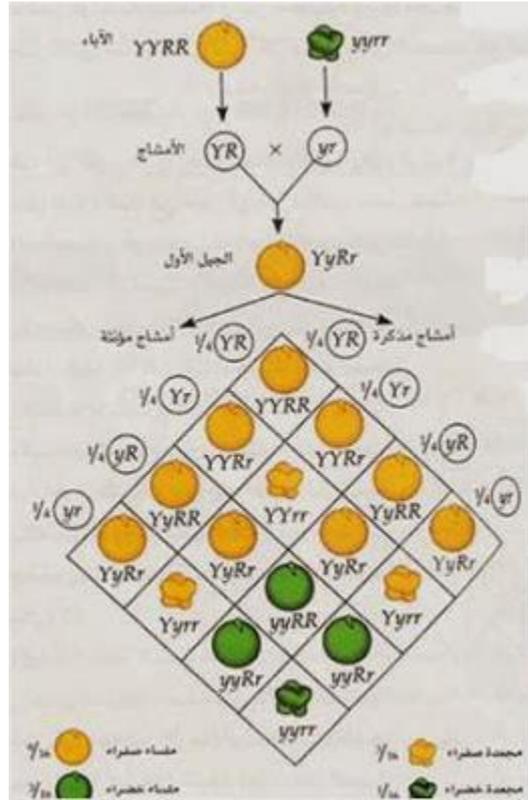
1- الطرز الجينية

2- الطرز الشكلية

للأبناء في كل من الجيل الأول والجيل الثاني. والنتائج اوصلته لـ

قانون التوزيع الحر

أن التوزيع العشوائي للجينات المتقابلة يحدث في أثناء تكون الأمشاج، حيث تتوزع الجينات على الكروموسومات المنفصلة بشكل حر في أثناء عملية الانقسام المنصف



ينتج عن التوزيع العشوائي للجينات المتقابلة، أربعة أمشاج محتملة هي:

www.almanahj.com

YR ، Yr ، yR ، yr واحتمال حدوث كل منها متساو

عندما يتم التلقيح الذاتي للنبات فهناك احتمال وجود أي من هذه المجموعات الجينية الأربع في المشيج الذكري . وكذلك وجود أي منها في المشيج الأنثوي.

اشتمل هذا التلقيح على تسعة طرز جينية مختلفة هي:

$YYRR$ ، $yyrr$.

أحصى أربعة طرز شكلية مختلفة هي:

315 صفراء مستديرة

108 خضراء مستديرة

110 صفراء مجعدة

32 خضراء مجعدة.

مثّلت هذه النتائج نسب الطرز الشكلية التقريبية التالية: 9:3:3:1.

مربع بانيت

فيم يستعمل مربع بانيت ؟

لتوقع الأبناء المحتملين والناذجين عن التلقيح بين طرازين جينيين معروفين للأباء.

من الذي وضع مربع بانيت ؟ ومتى ؟

وضعه الدكتور ريجينالد بانيت في بداية عام 1900 م

ما أهمية ودور مربع بانيت ؟

ولقد سهل مربع بانيت تتبُّع الطرز الجينية المحتملة.

مربع بانيت - التلقيح الأحادي الصفة

القدرة على ثني اللسان صفة سائدة، يرمز لها بالحرف T.

افترض أن كلا الوالدين يستطيع ثني لسانه، وهما غير متماثلي الجينات Tt

فما الطرز الشكلية المحتملة لأبنائهما ؟



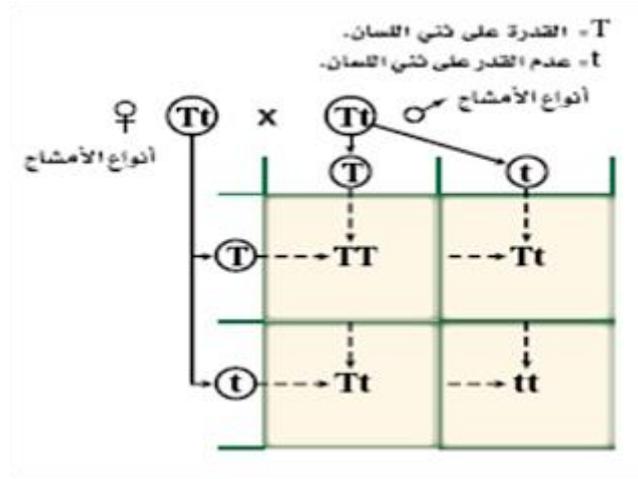
■ الشكل 11-4 تعد قدرة الشخص على ثني لسانه صفة سائدة. ويلخص مربع بانيت احتمالات ارتباط الجينات الخاصة بصفة ثني اللسان.

س/ ما الذي يحدد عدد المربعات في مربع بانيت ؟

يتحدد بعدد أنواع الجينات المختلفة T أو t التي ينتجها كل واحد من الأبوين.

س/ علي / في هذه الحالة يتكون مربع بانيت من مربعين × مربعين

لأن كل واحد من الأبوين ينتج نوعين مختلفين من الأمشاج.



س/ أين يكتب كلاً من المشيج الذكري والمشيج الأنثوي ؟

المشيج الذكري يكتب أفقيًا و المشيج الأنثوي عموديًا.

س/ ماذا يكتب داخل المربعات الأخرى ؟

تكتب احتمالات ارتباط المشيج الذكري مع المشيج الأنثوي داخل كل مربع.

س/ ما عدد الطرز الجينية المختلفة التي نجدها في مربع بانيت؟

www.almanahj.com

يوجد في أحد المربعات الطراز الجيني TT

والطرز الجيني Tt في مربعين آخرين،

وفي المربع الأخير يوجد الطراز الجيني tt

نسبة الطرز الجينية المحتملة للأبناء هي 1:2:1.

أما نسبة الطرز الشكلية لصفة القدرة إلى عدم القدرة على ثني اللسان فهي 3:1.

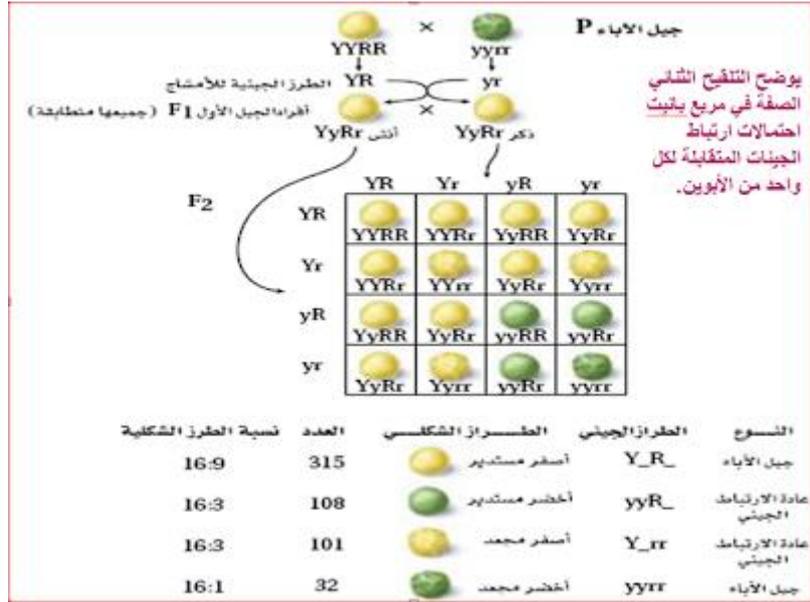
مربع بانيت - التلقيح الثنائي

يوجد نوعين من الجينات المتقابلة في جيل الأبوين

عند تلقيح أفراد الجيل الأول تنتج أربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشاج الذكورية،

وأربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشاج الأنثوية،

فكانت نسبة الطرز الشكلية الناتجة على النحو التالي: 1:3:3:9 ؛ صفراء مستديرة إلى خضراء مستديرة إلى صفراء مجعدة إلى خضراء مجعدة.



الاحتمالات في الوراثة

مقارنة توارث الجينات باحتمالات رمي القطعة النقدية:-

احتمال ظهور الوجه الذي يحمل الصورة عند رمي القطعة النقدية

هو احتمال واضح فهو مرة واحدة لكل محاولتين

مع ذلك قد تحصل على الصورة في كلا المرتين!

لذلك...

لم تكن نتائج مندل مساوية تمامًا للنسبة 9:3:3:1

إلا ان عددًا كبيرًا من الأبناء الناتجين عن التلقيح يطابقون النتائج المتوقعة من مربع بانيت

الدرس الثالث: ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

الفكرة الرئيسية

يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي



www.almanahj.com

التراكيب الجينية الجديدة

هي ارتباط الجينات الجديد الناتج عن العبور الجيني والتوزيع الحر
حساب التراكيب الجينية المحتملة للجينات الناتجة عن التوزيع الحر

باستخدام المعادلة $2^n > n$ حيث n عدد أزواج الكروموسومات
مثلاً

1- نبات البازلاء

يحتوي سبعة أزواج من الكروموسومات

التركيبة الجينية المحتملة هي $2^7 = 128$ تركيباً

عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هي $(128 \times 128) = 16,384$

2- الإنسان

عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هو $(223 \times 223) =$ أكثر من 70

تريليون

هذا العدد لا يشمل التراكيب الجينية الجديدة الناتجة عن العبور الجيني

فسبحان الله

www.almanhaj.com ارتباط الجينات

الجينات المرتبطة الجينات التي يقع بعضها قرب بعض على الكروموسوم نفسه.

وعادة ما تنتقل هذه الجينات معاً كقطعة واحدة في أثناء تكوين الأمشاج.

الجينين **A** ، **B** يقع أحدهما قرب الآخر على الكروموسوم نفسه، وينتقلان معاً في أثناء الانقسام المنصف



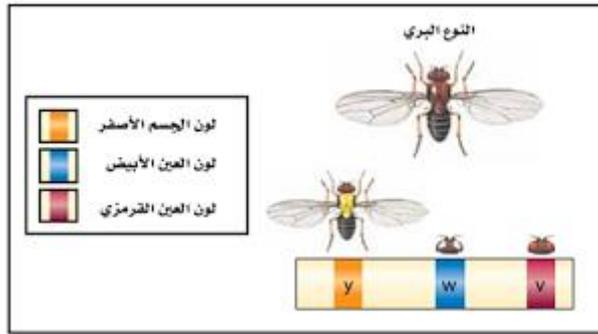
علي / لا ينطبق قانون مندل الثاني التوزيع الحر على ارتباط الجينات على الكروموسوم.

لأن الجينات المرتبطة لا تنفصل عادة بشكل حر أو مستقل
*الجينات المرتبطة تنتقل معًا في أثناء الانقسام المنصف
*استنتج العلماء أن الجينات المرتبطة يمكن أن تنفصل في أثناء العبور الجيني

خرائط الكروموسومات

هي الرسم الذي يبين ترتيب الجينات على

الكروموسوم



س/ هل تمثل نسب خريطة الكروموسوم المسافات الحقيقية على الكروموسوم؟
لا .. بل تمثل المواقع النسبية للجينات

س/ متى تصبح الجينات أكثر تباعداً؟

كلما ازداد تكرار حدوث عملية العبور الجيني

أثناء عملية التلقيح:

يرتبط تبادل الجينات مباشرة مع تكرار حدوث عملية العبور الجيني بينها

ترتبط هذه التكرارات بالمسافات النسبية بين زوج الجينات.

وحدة خريطة واحدة هي وحدة القياس المستخدمة في تقدير المسافة بين موقع جينين على الكروموسوم الواحد،

وتسمح هذه بحدوث نسبة عبور مقدارها 1 %

لمعظم أنواع المخلوقات الحية خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (2N)

تعدد المجموعة الكروموسومية

هي وجود مجموعة إضافية واحدة أو أكثر من الكروموسومات في المخلوق الحي

المخلوق الحي الثلاثي المجموعة الكروموسومية يرمز له بـ $3n$
(يحوي ثلاث مجموعات كاملة من الكروموسومات)
الحيوانات نادرًا ما يحدث فيها تعدد المجموعة الكروموسومية
يحدث أحياناً في : ديدان الأرض - الأسماك الذهبية .
الإنسان حدوث تعدد المجموعة الكروموسومية فيه يعد قاتلاً ومميتاً .
النباتات الزهرية هناك واحد من كل ثلاثة أنواع منها تقريباً متعدد المجموعة
الكروموسومية
أمثلة : القمح $6n$ _ الشوفان $6n$ _ قصب السكر $8n$
النباتات متعددة المجموعة الكروموسومية تمتاز غالباً بالصلابة والحيوية
والحجم الكبير



www.almanahj.com