

## ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

### Gene Linkage and Polyploidy

#### الأهداف

- تلخص كيف يؤدي الانقسام المنصف إلى تراكيب جينية جديدة.
- تفسر كيف يمكن استخدام ارتباط الجينات في عمل خريطة كروموسومية.
- تحلل أهمية تعدد المجموعة الكروموسومية في مجالات الزراعة.

#### مراجعة المفردات

البروتين، بوليمر معقد كبير ضروري للحياة، يساعد على بناء الأنسجة والأعضاء ويقام الخلايا بوظائفها الأيضية.

#### المفردات الجديدة

التراكيب الجينية الجديدة  
متعدد المجموعة الكروموسومية

#### الفكرة الرئيسة

يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.

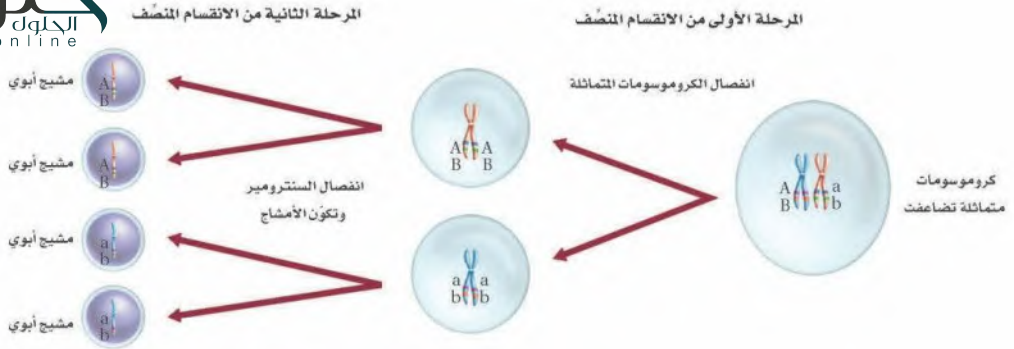
**الربط مع الحياة** قد تجد أنواعًا مختلفة من النباتات في الحديقة لا يوجد مثلها في الحياة البرية. فمثلاً لا بد أنك قد رأيت أنواعًا مختلفة من الأزهار المتبينة الألوان، كالحمر والوردية والبيضاء. يستعين مهجنو النباتات بمعرفة العلماء بالجينات لتنوع خصائص معينة بهدف إنتاج أزهار فريدة.

#### Genetic Recombinations التراكيب الجينية الجديدة

**الربط** **الرياضيات** يطلق على ارتباط الجينات الجديد الناتج عن العبور الجيني والتوزيع الحر التراكيب الجينية الجديدة genetic recombination. والتراكيب الجينية المحتملة للجينات الناتجة عن التوزيع الحر يمكن حسابها باستخدام المعادلة  $(2^n)$ ، حيث  $(n)$  عدد أزواج الكروموسومات. يحوي نبات البازلاء مثلاً سبعة أزواج من الكروموسومات، لذا فإن التراكيب الجينية المحتملة هي  $(2^7)$  أو 128 تركيباً. ولما كان أي مشيج ذكري يحتمل أن يلقي أي مشيج أنثوي آخر فإن عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هو  $(128 \times 128)$  أو (16,384). أما في الإنسان فإن عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هو  $(2^{23} \times 2^{23})$ ، أي أكثر من 70 تريليون. وهذا العدد لا يشمل التراكيب الجينية الجديدة الناتجة عن العبور الجيني، فسيحان الله!

#### ارتباط الجينات Gene linkage

تذكر أن الكروموسومات تحوي جينات متعددة مسؤولة عن بناء البروتينات الخاصة، وتسمى الجينات التي يقع بعضها قرب بعض على الكروموسوم نفسه الجينات المرتبطة، وعادة ما تنتقل هذه الجينات معاً (كقطعة واحدة) في أثناء تكوين الأمشاج. تفحص الشكل 7-13، ولاحظ أن الجينين A و B يقع أحدهما قرب الآخر على الكروموسوم نفسه، ويتقلان معاً في أثناء الانقسام المنصف. ولا ينطبق قانون مندل الثاني (التوزيع الحر) على ارتباط الجينات على الكروموسوم؛ لأن الجينات المرتبطة لا تنفصل عادة بشكل حر أو مستقل.



الشكل 7-13 تتنقل الجينات التي ترتبط على الكروموسوم نفسه بعضها مع بعض إلى الأمشاج.

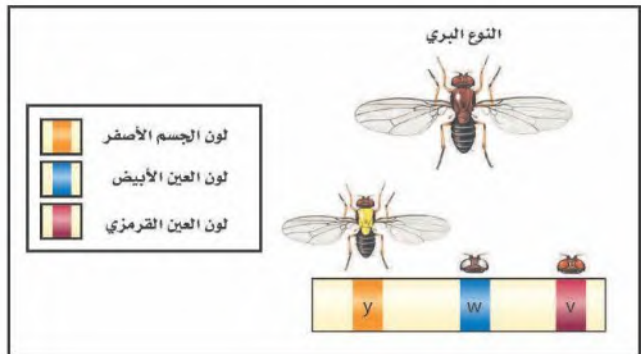
احسب عدد التراكيب الجينية المحتملة إذا اندمج اثنان أو ثلاثة من هذه الأمشاج معاً.

تمت دراسة ارتباط الجينات أول مرة باستخدام ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster*، وأكدت آلاف عمليات التلقيح أن الجينات المرتبطة تنتقل معاً في أثناء الانقسام المنصف. ومع ذلك كشفت بعض النتائج أن الجينات المرتبطة لا تنتقل دائماً معاً في أثناء الانقسام المنصف. فاستنتج العلماء أن الجينات المرتبطة يمكن أن تنفصل في أثناء العبور الجيني.

### خرائط الكروموسومات Chromosome maps تحدث عملية العبور

الجيني في الجينات البعيد بعضها عن بعض أكثر من الجينات القريب بعضها من بعض. ويبين الرسم الذي يسمى خريطة الكروموسومات ترتيب الجينات على الكروموسوم، ويمكن رسمها باستخدام بيانات عملية العبور الجيني. نُشرت أول خريطة كروموسومات عام 1913م باستخدام بيانات من آلاف عمليات التلقيح التي أجريت على ذبابة الفاكهة. لا تمثل نسب خريطة الكروموسوم المسافات الحقيقية على الكروموسوم، ولكنها تمثل المواقع النسبية للجينات. ويبين الشكل 7-14 أول خريطة كروموسومات لذبابة الفاكهة. لاحظ أنه كلما ازداد تكرار حدوث عملية العبور الجيني أصبحت الجينات أكثر تباعداً.

الشكل 7-14 تم عمل الخريطة الكروموسومية للكروموسوم X في ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster* في عام 1913م.



في أثناء عملية التلقيح، يرتبط تبادل الجينات مباشرة مع تكرار عبور الجيني بين زوج الجينات. وترتبط هذه التكرارات بالمسافات النسبية بين زوج الجينات. وتسمى وحدة القياس المستخدمة في تقدير المسافة بين موقع جينين على الكروموسوم الواحد وحدة خريطة واحدة، وتسمح هذه بحدوث نسبة عبور مقدارها 1%. والجينات المتباعدة أكثر لها تكرارات أكبر لحدوث عملية العبور الجيني. الشكل 7-14.

## تجربة 2 - 7

### خريطة الكروموسومات

أين تقع الجينات على الكروموسوم؟ ترتبط المسافة بين جينين على الكروموسوم بتكرار عملية العبور الجيني بينهما. وبمقارنة بيانات عدة أزواج من الجينات يمكن تحديد الموقع التقديري للجين.

#### خطوات العمل

1. املاء بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على جدول تكرار عبور أزواج الجينات من معلمك.
3. ارسم خطاً على ورقة، وضع عليه علامات يبعد بعضها عن بعض 1 cm على أن تمثل كل علامة تكرار عبور جيني نسبته 1%.
4. عنون إحدى العلامات بالقرب من منتصف الخط بالحرف A. أوجد تكرار عملية العبور الجيني بين زوج الجينات B و A على الجدول الذي يزودك به معلمك، ثم استخدم هذه البيانات في تحديد المسافة الصحيحة (البعد) بين موقع B عن A.
5. استخدم تكرار عملية العبور الجيني بين زوج الجينات C و A وزوج الجينات C و B لتستنتج موقع الجين C.
6. كرر الخطوتين 5 و 4 لكل جين، واصنعاً علامة تحدد مواقعها على الخط.

#### التحليل

1. هؤم. هل يمكن معرفة موقع الجين على الكروموسوم إذا استخدم جين واحد آخر فقط؟
2. هؤم. لماذا يفضل استخدام تكرار عبور جيني أكبر من أجل الحصول على خريطة كروموسومية أكثر دقة؟





الفراولة (8n)



القهوة (4n)

■ الشكل 7-15 العديد من النباتات المتنوعة — ومنها نبات الفراولة والقهوة — متعددة المجموعة الكروموسومية.

## تعدد المجموعة الكروموسومية Polyploidy

لمعظم أنواع المخلوقات الحية خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية، وبعضها له خلايا متعددة المجموعة الكروموسومية polyploidy وهي وجود مجموعة إضافية واحدة أو أكثر من الكروموسومات في المخلوق الحي. فالمخلوق الحي الثلاثي المجموعة الكروموسومية، على سبيل المثال، يرمز إليه بـ (3n)، وتعني أنه يحوي ثلاث مجموعات كاملة من الكروموسومات. ونادرًا ما يحدث تعدد المجموعة الكروموسومية في الحيوانات، ولكنه يحدث أحيانًا في ديدان الأرض والأسماك الذهبية. أما في الإنسان فإن حدوث تعدد المجموعة الكروموسومية يعد قاتلاً. وهناك واحد من كل ثلاثة أنواع من النباتات الزهرية متعدد المجموعة الكروموسومية تقريبًا. ومن الأمثلة عليها نبات القمح (6n)، والشوفان (6n)، وقصب السكر (8n)، ويبين الشكل 7-15 نباتات متعددة المجموعة الكروموسومية، وهي غالبًا تمتاز بالصلابة والحيوية والحجم الكبير.

## التقويم 3-7

### الخلاصة

- تنتج التراكيب الجينية الجديدة عن عملية العبور الجيني والتوزيع الحر.
- رُسمت المخاريط الكروموسومية الأولى بناءً على ارتباط الجينات على الكروموسوم.
- يختار المزارعون النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بناءً على خصائصها المرغوب فيها.

### فهم الأفكار الرئيسية

1. **العبارة الرئيسية** حلل كيف ترتبط عملية العبور الجيني مع التنوع؟
2. **ارسم.** افترض أن الأليلين B و C مرتبطان على الكروموسوم نفسه، والجينين c و d على كروموسوم آخر، فمفترضًا عدم حدوث عملية العبور. ارسم الخلايا الجديدة الناتجة عن الانقسام المنصف مبينًا الكروموسومات ومواقع الجينات.
3. **صف** كيف يُستخدم تعدد المجموعة الكروموسومية في مجالات الزراعة.

### التفكير الناقد

4. **ارسم** خريطة كروموسومات للجينات A, B, C, D؛ مُستخدمًا بيانات العبور الجيني الآتية:  
 $25\% = A \rightarrow D$   
 $30\% = A \rightarrow B$   
 $15\% = C \rightarrow D$   
 $5\% = B \rightarrow D$   
 $20\% = B \rightarrow C$
5. **قوم** ما المزايا التي يوفرها تعدد المجموعة الكروموسومية للمزارعين؟
6. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب قصة تصف فيها مجتمعًا يخلو سكانه من التنوع الوراثي.

## مهن: اختصاصي وراثة النبات

إثراء علمي

### هل من الأفضل أن تحوي النباتات كروموسومات أكثر؟

هذه النباتات قد تنمو في مناطق تحتوي تربتها على نسبة عالية من الأملاح ولا تصلح للزراعة في مناطق أخرى، مما يوفر الدخل للمزارعين في المناطق الفقيرة اقتصاديًا.

#### كيف يحدث تعدد المجموعة الكروموسومية؟

يقوم اختصاصيو وراثة النبات بإنتاج النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بتقن بذور أو براعم نباتات معينة في مادة كيميائية تسمى الكولشيسين. ويتداخل هذا المركب مع عملية انقسام الخلية فيؤدي إلى بقاء جميع الكروموسومات في خلية واحدة في أثناء تكوين الأمشاج وعدم انقسامها. ويتضاعف في أثناء التلقيح عدد الكروموسومات، وينتج عنها نبات متعدد المجموعة الكروموسومية. ويفترض العلماء أن تعدد المجموعة الكروموسومية الطبيعي ينتج غالبًا عن طفرات تحدث في أثناء انقسام الخلية.

**مزايا تعدد المجموعة الكروموسومية يؤدي** وجود أكثر من مجموعة كروموسومية واحدة في النباتات إلى عدة مزايا؛ فالنباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية عادة ما تكون أكبر حجمًا وأقوى، وتكون نظامًا جذريًا أفضل، وتنتج أزهارًا وفاكهة أكبر.

قارن بين الزهرتين في الصورة أدناه. ما أوجه الاختلاف التي تلاحظها؟ كلتا الزهرتين تنتج عن نبات يُعرف باسم الزنبق النهاري. والزهرة التي عن اليسار لنبات متعدد المجموعة الكروموسومية. فما الذي يجعل هذه النبتة غير عادية؟ تحتوي خلاياها على أكثر من مجموعتين من الكروموسومات.



أثار اختصاصيو وراثة النبات الاهتمام الشديد بتعدد المجموعة الكروموسومية منذ عقود. فوجدوا مجموعات متعددة من الكروموسومات تؤثر بوضوح في شكل النبات ورائحته، ويجذب المستهلكين.

**استخدام وراثة النباتات يطبق اختصاصيو وراثة النبات** طرائق الوراثة ومبادئها لتحسين نوعية النباتات وإنتاجها. فهم يطورون أنواعًا أكثر مقاومة للأمراض والحشرات المؤذية والجفاف. وقد أنتجت بعض النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية، ومنها نبات العنب الخالي من البذور، والبطيخ والحمضيات؛ لتفي بمتطلبات المستهلك. ويحاول العديد من اختصاصيي النبات جعل المحاصيل ذات قيمة غذائية أكثر.

إن إنتاج الأنواع الجديدة من النباتات التي تشمل الأنواع المتعددة المجموعة الكروموسومية يفيد الإنسان من نواح عدة. ففي تايلاند مثلاً قام باحثون بإنتاج نبات أرز متعدد المجموعة الكروموسومية له قدرة عالية على تحمل الملوحة.

#### مهن مرتبطة مع علم الأحياء تخيل

أنت مختص في وراثة نبات في مرصد نباتي (مكان تزرع فيه الأشجار لأغراض علمية أو تعليمية)، ثم طُلب إليك كتابة وصف وظيفي لهذه المهنة. اكتب قائمة بالمهارات والمعارف التي تتطلبها هذه المهنة.



## كيف تُساعد الطرز الشكلية للأبناء على تحديد الطرز الجينية للأباء؟

### حل ثم استنتج

1. اجمع البيانات ونظمها، عُدّ النباتات الصغيرة ذات الطرز الشكلية المختلفة لكل مجموعة من النباتات.
2. احسب نسبة النباتات المختلفة في كل واحدة من مجموعات البذور الخاصة بك.
3. حدّد نوعين أو أكثر من عمليات التلقيح المحتملة.
4. حلّ. استخدم مربع بايث لكل تلقيح حددته في الخطوة (3). حدّد هل جمعت البيانات الناتجة عن كل تلقيح محتمل؟
5. هُوم. كيف تؤثر البيانات التي جمعتها من مجموعتي البذور في نسبة النباتات الصغيرة (البادرات)؟
6. استخلص النتائج. بناءً على البيانات من مجموعتي البذور الخاصة بك، اعمل قائمة بالطرز الجينية والطرز الشكلية للأباء.
7. تحليل الخطأ. قارن النسب التي حصلت عليها بنسب زملائك. ووصّف أي اختلافات إن وجدت، ثم اجمع بياناتك مع بيانات مجموعة أخرى، واستنتج كيف أن زيادة عدد البذور يؤثر في نتائج التجربة.

### تواصل

عمل ملصق اعمل ملصقاً يصف التجربة التي نفذتها، واعرض البيانات التي جمعتها. ثم نظم جلسة صفية عند اكتمال الملصق، لتناقش في أثنائها نتائج زملائك وتقارنها بنتائجك.

**الخلفية النظرية:** إن لصفات معظم النباتات جينات سائدة وأخرى متنحية. وقد يكون تحليل صفات نباتات تنمو من البذور مؤشراً جيداً على الطرز الجينية المتوقعة في الأبناء، وكذلك الطرز الشكلية والجينية في النباتات الأباء.

**سؤال:** هل يمكن تحديد الطرز الجينية والطرز الشكلية للأباء باستخدام الطرز الشكلية للأبناء؟

### المواد والأدوات

اختر مواداً مناسبة لهذه التجربة.

- مجموعتان من بذور النباتات.
- تربة للزراعة.
- أصص لزراعة البذور.
- وعاء لرش الماء.
- معول صغير.

### احتياطات السلامة



### خطوات ونفذ المختبر

1. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. كوّن فرضية تبين إمكانية استخدام الطرز الشكلية للأبناء لاستنتاج الطرز الجينية للأباء.
3. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.
4. قرّر نوع البيانات التي تحتاج إلى جمعها.
5. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
6. تأكّد من موافقة مُعلمك على تجربتك قبل بدئها.
7. نفّذ تجربتك.
8. التنظيف والتخلص من الفضلات تخلص بصورة مناسبة من البذور أو النباتات التي يحتمل أن تصبح نباتات دخيلة في منطقتك. ولا تطرح الأنواع الضارة في البيئة، بل في مكاب النفايات.