

الوراثة المندلية

Mendelian Genetics

الأهداف

- توضّح أهمية تجارب مندل في دراسة علم الوراثة.
- تلخّص قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر.
- تتوقّع احتمالات الأبناء الناتجة عن التزاوج مستخدماً مربع بانيت.

الفكرة الرئيسة وضّح مندل كيف يمكن لجين سائد أن يمنع ظهور أثر جين متنحٍ.

الرّبط مع الحياة للحمام أنواع مختلفة، منها المطوق والمرقط والهندي والزاجل وغيرها، وقد يحب الناس سلالة معينة منها؛ إما لونها أو لمظهرها العام أو هديلها. وتنتقل هذه الصفات من جيل إلى جيل.

كيف بدأ علم الوراثة؟ How Genetics Began?

في عام 1866م نجح مندل في حل لغز الوراثة بسبب المخلوق الحي الذي اختاره للدراسة، وهو نبات البازلاء. حيث يمتاز هذا النبات بسهولة زراعته ونموه وإنتاجه المستمر لأفراد تحمل شكلاً واحداً من الصفة. ويتكاثر نبات البازلاء بالتلقيح الذاتي عادة، كما هو الحال في العديد من النباتات الزهرية. يحدث التلقيح الذاتي عندما يتحد مشيج ذكري مع مشيج أنثوي من الزهرة نفسها. واكتشف مندل إمكانية حدوث التلقيح الخلطي في نبات البازلاء يدوياً، فتمكّن من نقل مشيج ذكري (حبة لقاح) من زهرة نبات بازلاء إلى عضو التكاثر المؤنث لزهرة نبات بازلاء آخر.

الرّبط مع التاريخ تتبّع مندل الصفات الوراثية المتنوعة في نباتات البازلاء التي هيّجتها، ثم حلّل النتائج التي حصل عليها، وكونَ فرضية تتعلق بتوارث الصفات. ومن هنا بدأت دراسة الوراثة genetics، وهي انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل آخر.

✓ **ماذا قرأت؟** استنتج لماذا استخدم مندل سلالات نباتات نقية في تجاربه؟

وراثة الصفات The Inheritance of Traits

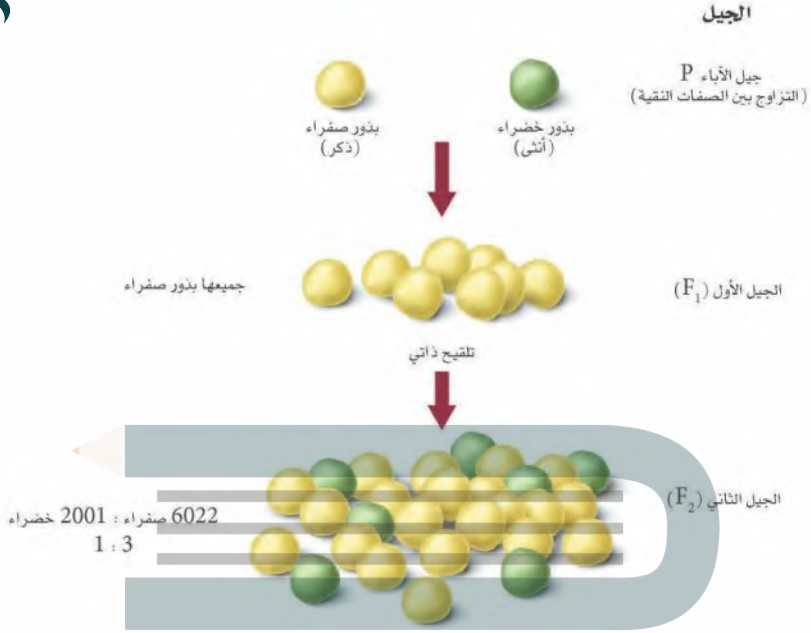
لاحظ مندل أن سلالات معينة في نبات البازلاء تنتج أشكالاً محددة من الصفة جيلاً بعد جيل؛ فقد لاحظ مثلاً أن بعض السلالات تنتج بذوراً خضراء دائماً، وبعضها الآخر ينتج بذوراً صفراء دائماً. ولفهم آلية توارث هذه الصفات، أجرى تلقيحاً خلطياً بنقل الأمشاج الذكرية من زهرة نبات بازلاء أخضر البذور إلى عضو الأنثى في زهرة نبات بازلاء آخر أصفر البذور. وقد أزال مندل أعضاء التذكير من زهرة نبات البازلاء الأصفر البذور تجنباً لحدوث التلقيح الذاتي، وأطلق مندل على نباتات البازلاء الخضراء والصفراء البذور اسم جيل الآباء، ويرمز إليه بالحرف P.

مراجعة المفردات

انعزال الصفات، انفصال الجينات المتقابلة في أثناء الانقسام المنصف.

المفردات الجديدة

- الوراثة
- الجين المتقابل
- الصفة السائدة
- الصفة المتنحية
- متماثل الجينات
- غير متماثل الجينات
- الطرز الجيني
- الطرز الشكلي
- قانون انعزال الصفات
- المجين
- قانون التوزيع الحر



■ الشكل 7-7 يبين الشكل نتائج عملية التلقيح الخلطي التي قام بها مندل بين نباتات بازلاء تحمل صفتي البذور الصفراء والخضراء النقية الساللة.

هــسـر . لماذا كانت جميع البذور في أفراد الجيل الأول F_1 صفراء اللون؟

الجيل الأول والجيل الثاني F_1 and F_2 generations

بزراعة البذور الناتجة عن تلقيح نبات أصفر البذور مع نبات أخضر البذور كانت جميع الأفراد الناتجة صفراء البذور؛ حيث يسمى الأفراد الناتجون عن هذا التلقيح الجيل الأول (F_1). ويبدو أن صفة البذور الخضراء اختفت في الجيل الأول، فقرر مندل أن يتحقق من وجود الصفة التي اختفت أو طمست. قام مندل بزراعة أفراد من الجيل الأول الأصفر البذور، ولقحها ذاتياً، ثم فحص البذور الناتجة عن هذا التلقيح، والتي تسمى الجيل الثاني (F_2). وبين الشكل 7-7 النسل الناتج عن تلقيح الجيل الأول. وقد جمع مندل البذور فوجد 6022 بذرة صفراء و2001 بذرة خضراء، وهي نسبة 1:3 تقريباً من البذور الصفراء إلى الخضراء.

درس مندل سبع صفات مختلفة، هي لون البذرة، ولون الزهرة، ولون القرن، وشكل البذرة أو ملمسها، وشكل القرن، وطول الساق وموقع الزهرة. فوجد أن جميع أفراد النباتات الناتجة عن تلقيح الجيل الأول الذي يحمل هذه الصفات تظهر بنسبة 1:3.

المفردات.....

أصل الكلمة

- متماثل الجينات (Homozygous)
- غير متماثل الجينات (Heterozygous)
- الكلمة الأولى مشتقة من الكلمة اليونانية homos وتعني الشيء نفسه، أما الكلمة الثانية فمشتقة من hetero وتعني "الأخر" أو "المختلف". وكلمة zygon تعني yoke، أي (يربط).....

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

هني مختبر الوراثة

Genetics Laboratory Technician

يساعد فني مختبر الوراثة الباحثين على إجراء التجارب والمحافظة على سلامة المختبر.

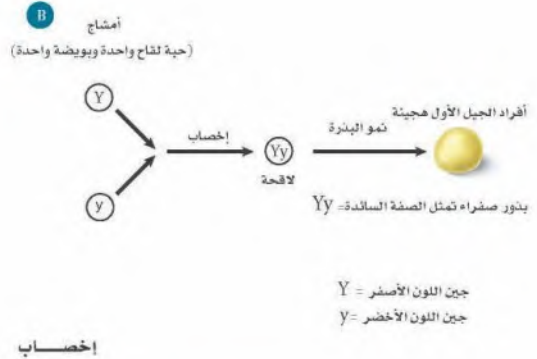
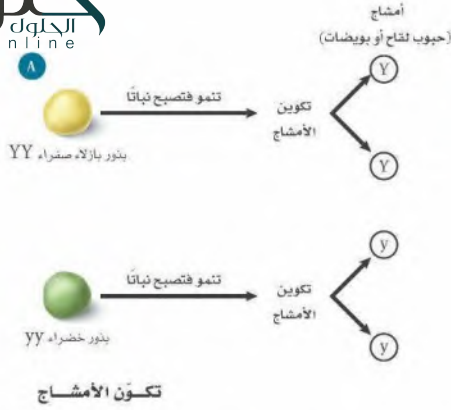
أزواج الجينات Genes in pairs استنتج مندل أنه لا بد من وجود زوج من كل صفة البذور في نبات البازلاء، هما: البذور الصفراء والبذور الخضراء، وكل شكل يتحكم فيه عامل يسمى **الجين المتقابل** Allele، وهو صورة أخرى لجين مفرد ينتقل من جيل إلى آخر، وتتميز الأليلات بأنها تسلسلات مختلفة من DNA تحدد صفة واحدة في المخلوق الحي. لذا فإن جين البذور الصفراء وجين البذور الخضراء هما صورتان مختلفتان لجين واحد هو جين البذور.

كما استنتج مندل أن نسبة 1:3 التي لاحظها في أثناء تجاربه يمكن تفسيرها إذا كانت الجينات المتقابلة موجودة في أزواج في كل نبات. وأطلق على الصفة التي ظهرت في أفراد الجيل الأول F_1 **الصفة السائدة** dominant، والصفة التي لم يظهر تأثيرها في أفراد الجيل الأول F_1 **الصفة المتنحية** recessive. عند تلقيح نباتات صفراء البذور مع نباتات خضراء البذور كانت البذور الصفراء هي الصفة السائدة، في حين كانت البذور الخضراء هي الصفة المتنحية.

السيادة Dominance يبين مندل - عند قيامه بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول - أن الجين المتنحي في البذور الخضراء لم يختف بل مُنع من إظهار صفته. فاستنتج مندل أن صفة البذور الخضراء لم تظهر في أفراد الجيل الأول؛ لأن صفة البذور الصفراء سائدة وتطغى على جين صفة البذور الخضراء وتمنعها من الظهور.

عند عمل نموذج وراثي الصفات، يُرمز إلى جين الصفة السائدة - وهي البذور الصفراء - بحرف كبير (Y)، في حين يرمز إلى جين الصفة المتنحية - وهي البذور الخضراء - بحرف صغير (y)، ويُطلق على المخلوق الحي الذي يحمل زوجاً من الجينات المتقابلة المتشابهة لصفة محددة **متماثل الجينات** (نقي الصفات) homozygous، كما في البذور الصفراء المتماثلة الجينات (YY)، والبذور الخضراء (yy). ويطلق على المخلوق الحي الذي يحمل جينين متقابلين مختلفين لهذه الصفة **غير متماثل الجينات** (غير نقي الصفات أو خليط) heterozygous. وفي هذه الحالة يتم تمثيلها بالرموز (Yy). وعند وجود الجينات المتقابلة بصورة غير متماثلة تظهر الصفة السائدة.

الطراز الجيني والطراز الشكلي Genotype and phenotype قد تكون البذور الصفراء متماثلة الجينات أو غير متماثلة الجينات. ولا يشير المظهر الخارجي للمخلوق الحي دائماً إلى نوع زوج الجينات الموجودة فيه. ويطلق على أزواج الجينات المتقابلة في المخلوق الحي **الطراز الجيني** genotype، والطراز الجيني في حالة النباتات الصفراء البذور هو (YY) أو (Yy). أما الخصائص والصفات المظهرية الناتجة عن أزواج الجينات المتقابلة فتسمى **الطراز الشكلي** phenotype. فالطراز الشكلي لنبات بازلاء طرازه الجيني (yy) هو البذور الخضراء دائماً.



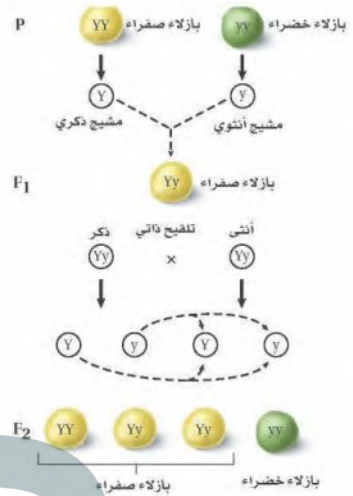
الشكل 7-8 ■ تفصل الجينات المتقابلة في أثناء تكوّن الأمشاج في نبات طرازه الجيني (YY) أو (yy)، فنتج أمشاج تحمل الجين (Y) أو (y). وتتحده هذه الأمشاج من كلا الأبوين في أثناء الإخصاب.

قانون انعزال الصفات Law of segregation استخدم مندل بذورًا صفراء وخضراء متماثلة الجينات عند تلقيح الآباء. وبين الجزء العلوي من الشكل (A) 7-8 أن كل مشيج من نباتات البذور الصفراء يحوي Y واحدة. ولأن عدد الكروموسومات ينقسم إلى النصف في أثناء الانقسام المنصف فإن الأمشاج الناتجة تحوي جينًا واحدًا من زوج جينات لون البذور المتقابلة.

أما الجزء السفلي من الشكل (A) 7-8 فيبين أن كل مشيج من النبات الأخضر البذور يحوي جين (y) واحدًا. وينص **قانون انعزال الصفات law of segregation** على أن زوج الجينات المتقابلة المكونة للصفة الواحدة تنفصل في أثناء الانقسام المنصف. وفي أثناء الإخصاب تتحد الجينات المتقابلة للصفة مرة أخرى. يبين الشكل (B) 7-8 اندماج الجينات المتقابلة في الأمشاج لإنتاج الطراز الجيني (Yy) في أثناء الإخصاب. وتحمل جميع نباتات أفراد الجيل الأول الطراز الجيني (Yy)، وطرازها الشكلي هو بذور صفراء؛ لأن اللون الأصفر سائد على اللون الأخضر. وتسمى هذه المخلوقات الحية غير المتماثلة الجينات المخلوقات الحية **الهجينة hybrid**.

التلقيح الأحادي الصفة Monohybrid cross

بين الشكل 7-9 مندل عندما قام بتلقيح أفراد النباتات التي تحمل الطراز الجيني (Yy) بالتلقيح الذاتي. وتُسمى عملية التلقيح التي يحدث فيها التزاوج بين جينات صفة واحدة لنبتتين التلقيح الأحادي monohybrid cross. تنتج النباتات الحاملة للطراز الجيني (Yy) نوعين من الأمشاج، هما: الأمشاج الذكرية والأمشاج الأنثوية، وكل واحد منهما يحمل الجين (Y) أو (y). وتتحد هذه الأمشاج عشوائيًا، فينتج عن هذا التلقيح الطرز الجينية التالية: YY، Yy، Yy، yy. الشكل 7-9. لاحظ أن الجين السائد يكتب أولاً (Y) سواء أكان من المشيج الذكري أم الأنثوي. وينتج عن تلقيح الجيل الأول ثلاثة طرز جينية محتملة، هي: YY، Yy، yy، ونسبة الطرز الجينية 1:2:1. أما نسبة الطرز الشكلية فهي 1:3 صفراء البذور إلى خضراء البذور.



الشكل 7-9 في أثناء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول تُخصَّب الأمشاج الذكرية الأمشاج الأنثوية عشوائيًا.

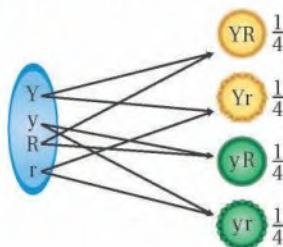
التلقيح الثنائي الصفة Dihybrid cross

بعد أن أثبت مندل نمط وراثة الصفة الواحدة بدأ يختبر وراثة صفتين أو أكثر في النبات نفسه. وفي نبات البازلاء تعد صفة البذور المستديرة (R) سائدة على البذور المجعدة (r)، وصفة البذور الصفراء (Y) سائدة على البذور الخضراء (y). فإذا قام مندل بتلقيح بذور صفراء مستديرة متماثلة الجينات مع بذور خضراء مجعدة متماثلة الجينات فإنه يمكن تمثيل تزاوج الآباء بالطرز الجينية التالية: YYRR x yyrr، وستكون الطرز الجينية لأفراد الجيل الأول على النحو التالي: YyRr نباتات صفراء البذور مستديرة. ويطلق على نباتات الجيل الأول الثنائية الصفة الهجينة؛ لأن جيناتها غير متماثلة لكلتا الصفتين.

قانون التوزيع الحر Law of independent assortment

قام مندل بتلقيح أفراد الجيل الأول التي تحمل الطراز الجيني (YyRr) ذاتيًا في عملية تلقيح ثنائي الصفة، ثم قام بحساب نسبة الطرز الجينية والطرز الشكلية للأبناء في كل من الجيل الأول والجيل الثاني. وتوصل من هذه النتائج إلى قانون التوزيع الحر Law of independent assortment، الذي ينص على أن توزع الجينات على اللجينات المتقابلة يحدث في أثناء تكون الأمشاج، حيث تتوزع الجينات على الكروموسومات المنفصلة بشكل حر في أثناء عملية الانقسام المنصف. وكما يبين الشكل 7-10، ينتج عن التوزيع العشوائي للجينات المتقابلة، أربعة أمشاج محتملة، هي: YR، Yr، yR، yr، واحتمالات حدوثها متساوية.

اتحادات جينية محتملة → تكوين → الجينات المتقابلة
في الأمشاج في خلية أبوية



الشكل 7-10 يتم تمثيل قانون التوزيع الحر في التلقيح الثنائي الذي يوفر فرصة متساوية لكل زوج من الجينات المتقابلة (Yy / Rr) بأن تتحد عشوائيًا بعضها ببعض. توقع ما عدد أنواع الأمشاج المحتملة الناتجة؟

وعندما يتم التلقيح الذاتي للنبات، فهناك احتمال وجود أي من هذه المجموعات الجينية الأربع في المبيض الذكري، وكذلك وجود أي منها في المبيض الأنثوي. واشتمل التلقيح الثنائي الذي قام به مندل على تسعة طرز جينية مختلفة هي: YYRR, YYRr, YyRR, YyRr, yyRR, yyRr, yyrr أربعة طرز شكلية مختلفة هي: 315 صفراء مستديرة، و 108 خضراء مستديرة، و 110 صفراء مجعدة، و 32 خضراء مجعدة. ومثلت هذه النتائج نسب الطرز الشكلية التقريبية التالية: 9:3:3:1.

✓ ماذا قرأت؟ قوم كيف يمكن أن تنتج نسبة يمكن توقعها من التوزيع العشوائي للجينات؟

مربع بانيت Punnett Square

يستعمل مربع بانيت - الذي وضعه الدكتور ريجينالد بانيت في بداية عام 1900م - لتوقع الأبناء المحتملين والناشئين عن التلقيح بين طرازين جينيين معروفين للأباء. ولقد سهل مربع بانيت تتبع الطرز الجينية المحتملة.

مربع بانيت - التلقيح الأحادي الصفة Punnett Square - monohybrid cross
القدرة على ثني اللسان صفة سائدة، يرمز إليها بالحرف T. افترض أن كلا الوالدين يستطيع ثني لسانه، وهما غير متماثلي الجينات (Tt)، فما الطرز الشكلية المحتملة لأبناؤهما؟

تجربة 1-7 توقع الاحتمالات في الوراثة

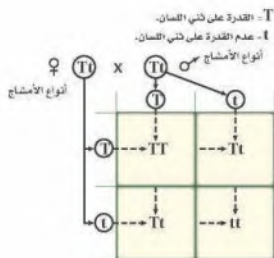
كيف يمكن توقع صفات الأبناء؟ يُساعد مربع بانيت على توقع نسب الصفات السائدة إلى الصفات المتنحية في الطرز الجينية للأبناء. وتشمل هذه التجربة أبوين غير متماثلي الجينات لصفة شحمة الأذن الحرة (E) وهي صفة سائدة. أما الصفة المتنحية فهي شحمة الأذن الملتصقة ويُرمز إليها بالحرف (e).

خطوات العمل

1. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حذد الطرز الجينية لأمشاج هذه الصفة التي ينتجها كل من الأبوين.
3. ارسم مربع بانيت بحيث تكون عدد أعمدته وصفوفه مساوية لعدد الجينات المتقابلة التي تنتج في أمشاج كل من الأبوين.
4. اكتب الحرف الذي يرمز إلى كل جين من جينات أحد الأبوين فوق كل عمود في مربع بانيت، وحرف كل جين من جينات الأب الآخر إلى جانب كل صف في مربع بانيت.
5. اكتب - في الصناديق داخل الجدول - الطرز الجينية للأبناء الناتجة عن اتحاد الجينات المتقابلة لكل من الذكر والأنثى معًا.

التحليل

1. رخص الطرز الشكلية المحتملة للأبناء.
2. قوم ما نسبة الطرز الشكلية والطرز الجينية المحتملة للأبناء؟



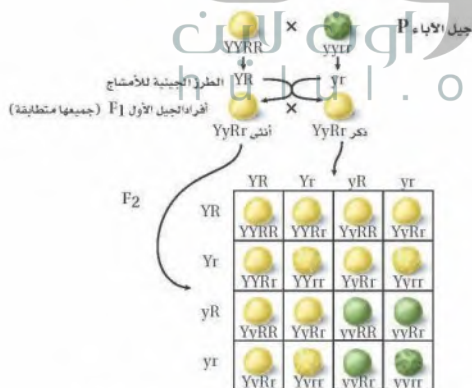
■ الشكل 11-7 تعد قدرة الشخص على ثني لسانه صفة سائدة. ويلخص مربع بايت احتمالات ارتباط الجينات الخاصة بصفة ثني اللسان.

تفحص مربع بانيت في الشكل 11-7، يتحدد عدد المربعات بعدد أنواع الجينات المختلفة، (T) أو (t) التي ينتجها كل واحد من الأبوين. وفي هذه الحالة يتكون مربع بانيت من مربعين \times مربعين؛ لأن كل واحد من الأبوين ينتج نوعين مختلفين من الأمشاج. لاحظ أن المشيج الذكري يكتب أفقيًا، في حين يكتب المشيج الأنثوي عموديًا. كما تكتب احتمالات ارتباط المشيج الذكري مع المشيج الأنثوي داخل كل مربع.

ما عدد الطرز الجينية المختلفة التي نجدها في مربع بانيت؟ يوجد في أحد المربعات الطراز الجيني (TT)، والطراز الجيني (Tt) في مربعين آخرين، وفي المربع الأخير يوجد الطراز الجيني (tt)، لذا فإن نسبة الطرز الجينية المحتملة للبناء هي 1:2:1. أما نسبة الطرز الشكلية لصفة القدرة إلى عدم القدرة على ثني اللسان فهي 1:3.

Punnet Square – dihybrid cross مربع بانيت – التلقيح الثنائي

تتخصص مربع بانيت في الشكل 12-7 تلاحظ وجود نوعين من الجينات المتقابلة فقط في جيل الأبوين في نبات البازلاء.



■ الشكل 12-7 يوضح التلقيح الثنائي
الصفة في مربع بانيت احتمالات ارتباط
الجينات المتقابلة لكل واحد من الأبوين في
نات البازلاء.

| نسبة الطراز الشكلي | العدد | الطراز الشكلي | الطراز الجيني | التوقع |
|--------------------|-------|---|---------------|----------------------|
| 16:9 | 315 |  أصفر مستدير | Y_R_ | جيل الآباء |
| 16:3 | 108 |  أخضر مستدير | yyR_ | أداة الارتباط الجيني |
| 16:3 | 101 |  أصفر مجعد | Y_rr | أداة الارتباط الجيني |
| 16:1 | 32 |  أخضر مجعد | yyrr | جيل الآباء |

ما الاحتمالات؟

ارجع الى دليل التجارب العملية على منصة عين

الوراثية
مقدمة

فعند تلقيح أفراد الجيل الأول تنتج أربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشاج الذكرية، وأربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشاج الأنثوية، فكانت نسبة الطرز الشكلية الناتجة على النحو التالي: 9:3:3:1؛ صفراء مستديرة إلى خضراء مستديرة إلى صفراء مجعدة إلى خضراء مجعدة. فتطابقت بيانات مندل مع النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

الاحتمالات في الوراثة Probability

يمكن مقارنة توارث الجينات باحتمالات رمي قطعة نقدية. فاحتمال ظهور الوجه الذي يحمل الصورة هو (1) من (2)، أو $(\frac{1}{2})$ وإذا رميت القطعة مرتين فإن احتمال ظهور الصورة هو $(\frac{1}{2})$ في كل مرة، أو $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ أو $(\frac{1}{4})$ في المراتين. وقد لا تتطابق البيانات الحقيقية بدقة مع النسب المتوقعة. فأنت تعلم أنك إذا رميت القطعة النقدية في الهواء فقد لا تحصل على الوجه الذي يحمل الصورة مرة واحدة من كل مرتين. لذا لم تكن نتائج مندل مساوية تمامًا للنسبة 9:3:3:1؛ ومع ذلك فإن عددًا كبيرًا من الأبناء الناتجين عن التلقيح يطابقون النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

التقويم 2-7

الخلاصة

فهم الأفكار الرئيسية

التفكير الناقد

1. **المقدمة الرئيسية** اشرح استخدام مربع بانيت لتوضيح كيف يمنع الجين السائد ظهور أثر الجين المتنحي.
2. طبق قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر بإعطاء مثال على كل منهما.
3. استخدم مربع بانيت. صفة لون العيون الحمراء (R) في ذبابة الفاكهة سائدة على صفة لون العيون الوردية (r). فما نسبة الطرز الشكلية الناتجة عن تلقيح ذكر غير متماثل الجينات لأنثى ذات عيون وردية؟
4. قوّم الفوائد التي قدمتها تجارب مندل لعلم الوراثة.
5. الرياضيات في علم الأحياء ما احتمال الحصول على رقم 2 عند رمي النرد؟ وما احتمال الحصول على الرقم 2 عند رمي نردين؟ وكيف تُستخدم الاحتمالات في دراسة الوراثة؟