دولة ليبيا

وزارة التعليم

مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الأحياء

الدرس الرابع عشر

للسنة الثالثة من مرحلة التعليم الثانوي

(القسم العلمي)

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي

1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 6

الوراثة
Heredity

أهداف التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة، سوف تكون قادرًا على أن:

- تُفرِّق بين الجين والأليل.
- تذكر أن الجينات تُحمل على الكروموسومات.
- تحل مشكلات حول السيادة الكاملة والسيادة المشتركة.
- تُفرِّق بين التغاير (التباين) المتصل والتغاير (التباين) المتقطع.
- تنسب الطفرة إلى التغيرات التركيبية في الجينات أو عدد الكروموسومات، وتذكر اسم بعض العوامل المُطْفِرة (المسببة للطفرات).
- تذكر أن التنافس يقود إلى البقاء والتناسل التفاضلي للكائنات الحية الأكثر تكيفًا مع البيئة.
- تُقيِّم أهمية الانتخاب الطبيعي كآلية محتملة للتطور.
- تُقيِّم أهمية الانتخاب الاصطناعي في إنتاج نباتات وحيوانات مهمة اقتصاديًّا.
- تُقدِّر دور الانتخاب الاصطناعي في إنتاج بروتين معين، وتدرك أن هذه الحقيقة تمكِّن جينات محددة من الانتقال بين خلايا نفس الأنواع أو الأنواع المختلفة.
- تحدد أن كل جين يتحكم في إنتاج بروتين معين، وتدرك أن هذه الحقيقة تمكِّن جينات محددة من الانتقال بين خلايا نفس الأنواع أو الأنواع المختلفة.
- تفسر كيف أن الجين المتحكم في إنتاج الإنسولين البشري يمكن أن يُولج (يغرس) داخل الدنا DNA البكتيري، مسببًا إنتاجًا تجاريًّا على نطاق واسع للإنسولين البشري باستخدام مثل تلك البكتيريا المهندسة وراثيًّا.
- تناقش بعض المميزات والأخطار المحتملة للهندسة الوراثية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

6 – 1 الوراثة أحادية الهجين: الماضي والحاضر

مقدمة لدراسة الوراثة

تنتقل الخصائص مثل لون العين أو الجلد، والطول، والذكاء إلينا عن طريق الوالدين، فهي خصائص وراثية لأنها تنتقل من جيل إلى آخر. ولقد عرفنا منذ عدة قرون أن كثيرًا من الخصائص تكون موروثة. كما أدركنا إمكانية تربية أنواع معينة من الحيوانات والنباتات ذات صفات معينة، مثل البقر الذي يدر كثيرًا من اللبن، أو نبات الأرز الذي ينتج أرزًا وفيرًا. ومع هذا، لم يستطع العلماء تفسير كيفية توارث هذه الصفات حتى منتصف القرن التاسع عشر عندما أجرى جريجور مندل، تجارب في تربية النباتات على البازلاء *Pisum sativum*. ويعتبر أول إنسان قدم شرحًا مرضيًا لآلية الوراثة.

الوراثة أحادية الهجين

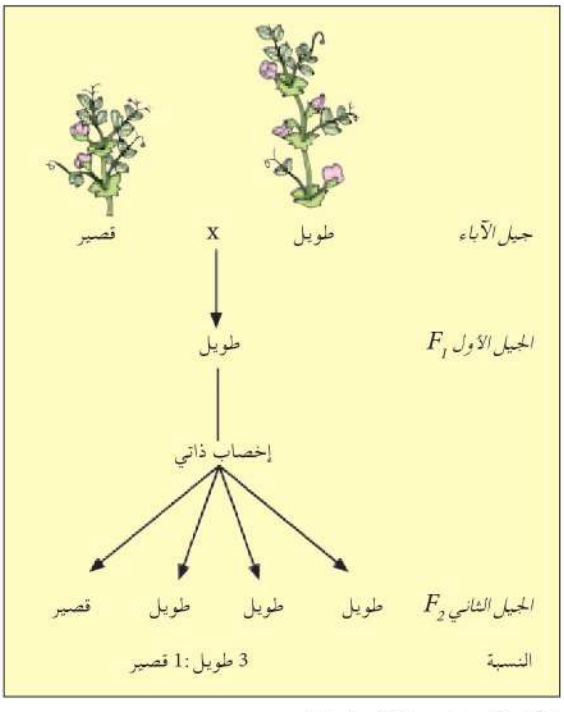
اختار مندل بعناية عدة أصناف من البازلاء لتجاربه يمكن رصد الاختلافات بين خصائصها بسهولة. أجرى أولًا تجاربه على النباتات التي لها زوج واحد من الصفات المتقابلة (المتبادلة) مثل:

طول وقصر النبات.

- نباتات لها أزهار إما بيضاء أو حمراء.
- نباتات تنتج بذورًا إما صفراء أو خضراء، وإما ملساء أو مجعدة.

والوراثة التي تشمل زوجًا واحدًا من الصفات المتقابلة (المتبادلة) تسمى **وراثة أحادية الهجين**.

وفي إحدى تجاربه، هجن مندل نباتات طويلة (طولها حوالي 2م) مع نباتات قصيرة (طولها حوالي 20–50 سم). واستخدم **سلالة نقية**، بمعنى نباتات عند تخصيبها ذاتيًا تنتج ذرية تماثل والديها. ولقد استخدم حبوب لقاح من النباتات الطويلة لتلقيح النباتات القصيرة والعكس بالعكس.



شكل 6 – 1 وراثة أحادية التهجين.

الأفكار الدليلية

علم الوراثة

علم الوراثة هو دراسة العوامل التي تسبب التشابهات والفروق بين الكائنات الحية.

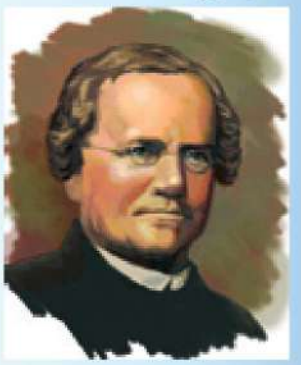
ملحوظة

الرواد في علم الوراثة

وضع جريجور مندل عام 1866 القوانين الأساسية لعلم الوراثة. وفي عام 1909 قام عالم النبات الدنمركي جوهانسين بتسمية العوامل التي نقلت الصفات في تجارب مندل بأنها جينات. ولاحظ العالم الأمريكي توماس مورجان عام 1912 أن الجينات تحمل على كروموسومات.

واستخدم مورجان ذبابة الفاكهة التي تسمى **دروسوفيلا ميلانوجاستر** بشكل مركز في دراساته – مما جعلها واسعة الشهرة كأداة لعالم الوراثة.

جريجور مندل



الهجين

الهجين نسل من نوعين مختلفين. ولقد وجد أن جميع النباتات من الجيل الأول كانت طويلة، وتشبه فقط أحد الوالدين.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملحوظة

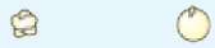
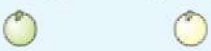
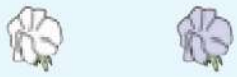
لا يعني المصطلحان **سائد**، **ومتنحٍ** أن الكائن الحي الذي لديه صفة سائدة أكثر صحة أو حيوية من الكائن العضوي ذي الصفة المتنحية. ويرجع سبب أمراض مهلكة معينة في الإنسان مثل الشبكية البلاستومية والتي تسبب أورام في العيون إلى وجود الصفات السائدة. وبالمثل، توجد كذلك أمراض مميتة تسببها صفات متنحية، مثل أنيميا الخلايا المنجلية.

وقد زرع مندل بذورًا من هذه النباتات ولاحظ الهجين الناتج والذي أسماه **جيل الأبناء الأول** أو **الجيل F_1**، ثم سمح لنباتات الجيل الأول بالتلقيح الذاتي وإنتاج بذور أعطت الجيل الثاني F_2. ومن مجموع 1064 نبات في الجيل الثاني، كان 787 منها طويلًا و277 قصيرًا، أي أن النسبة الناتجة حوالي 3 طويل إلى واحد قصير.

وقام مندل بتهجين 6 أزواج أخرى ذات صفات متقابلة (متبادلة) في نبات البازلاء. ويلخص جدول 6 –1 نتائج هذه التهجينات.

لاحظ مندل في جميع تجاربه بقاء صفة واحدة من دون تغيير في تهجين الجيل الأول F_1 (مثل :الطول)، بينما الصفة الأخرى (مثل :القصر) بدا وأنها تختفي أو "تتنحى"، وتعود هذه الصفة للظهور في الجيل الثاني F_2، ولكن فقط في حوالي ربع العدد الكلي للنسل. وسمى مندل الصفة التي تظهر من دون تغيير في التهجين الأول F_1 صفة **سائدة**، والأخرى صفة **متنحية**.

جدول 6 – 1 تهجينات مندل أحادية الهجين

الصفات في النباتات الأصلية (الأبوية)	الجيل الأول F_1 (الصفة الظاهرة السائدة)	الجيل الثاني F_2	نسبة الصفات السائدة إلى المتنحية في الجيل الثاني F_2
1 بذور ملساء × بذور مجعدة 	جميعها ملساء	5474 بذرة ملساء 1850 بذرة مجعدة 7324 المجموع	1: 2.96
2 بذور صفراء × بذور خضراء 	جميعها صفراء	6022 بذرة صفراء 2001 بذرة خضراء 8023 المجموع	1: 3.01
3 زهرة بنفسجية × زهرة بيضاء 	جميعها بنفسجي	705 زهرة بنفسجية 224 زهرة بيضاء 929 المجموع	1: 3.15
4 قرون منتفخة × قرون محززة	جميعها منتفخ	882 قرن منتفخ 299 قرن محزز 1181 المجموع	1: 2.95
5 قرون خضراء × قرون صفراء	جميعها خضراء	428 قرن أخضر 152 قرن أصفر 580 المجموع	1: 2.82
6 أزهار محورية × أزهار طرفية	جميعها محوري	651 زهرة محورية 207 زهرة طرفية 858 المجموع	1: 3.14
7 سيقان طويلة × سيقان قصيرة	جميعها طويل	787 ساق طويل 277 ساق قصير 1064 المجموع	1: 2.84

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تفسير النتائج

نستدل على عبقرية مندل من قدرته على اقتراح آلية لتفسير المشاهدات التي دونها عن نباتات البازلاء، واقتراحه نموذجًا لكيفية تفسير وراثة الصفات التي درسها. وقد كان ككل العلماء المتميزين شغوفًا بالشرح، وليس بمجرد الوصف البسيط. واقترح مندل الآتي:

- عوامل الوراثة مسئولة عن انتقال الصفات.
- يتحكم في كل صفة زوج من العوامل في خلايا الكائن الحي. يتحكم على سبيل المثال في طول نبات البازلاء، أو لون أزهاره أو بذوره زوج من العوامل. فإذا اختلف العاملان، يظهر فقط تأثير العامل السائد. ولذلك إذا احتوى نبات البازلاء على عامل واحد للطول، وعامل واحد للقصر، فإن عامل الطول هو الذي سيظهر تاثيره فقط.
- ***ينفصل أو ينعزل العاملان في كل زوج أثناء تكوين المشيج، وكل مشيج سيحتوي على عامل واحد فقط.*** ولقد أصبح ذلك معروفًا بقانون مندل الأول (قانون الانعزال). ولذلك، عند إنتاج نبات البازلاء، الذي يحتوي على عامل للطول وعامل للقصر، أمشاجًا، فإن مشيجًا معينًا سيحتوي إما على عامل الطول أو عامل القصر ولكن ليس كلاهما.
- يؤدي اندماج الأمشاج عند الإخصاب إلى استعادة الوضع ثنائي الصبغيات في الزيجوت، بمعنى احتواء الزيجوت على عاملين لصفة معينة.
- تتحد الأمشاج عشوائيًّا حتى تحدث نسبة يمكن التنبؤ بها لصفات النسل الناتج (شكل 6 – 3).

ملحوظة

بما أن الأمشاج تندمج عشوائيًّا، ومن خلال ما درسته في مادة الرياضيات عن الاحتمالات، قد تكون قادرًا على تفسير عمل مندل مع عدد كبير من الذرية (النسل) حتى يضمن مصداقية النتائج.

تحديث نموذج مندل

لازال نموذج مندل للوراثة يشكل أساس علم الوراثة الحديث، ولكن العلماء يعرفون الكثير الآن عن الآليات المتضمنة، وطوروا مفردات جديدة لشرح ما يحدث.

■ *الصبغي (الكروموسوم)*

تركيب يشبه الخيط يوجد في النواة، وتترتب عليه المادة الوراثية (الجينية). وتحمل الصبغيات (الكروموسومات) المعلومات اللازمة لتكوين أجسام نباتات أو حيوانات جديدة. وتُحمل هذه المعلومات في جزيء الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين، الدنا **DNA**.

■ *المورث (الجين)*

قطعة صغيرة من الدنا **DNA** في الكروموسوم يُخزَّن فيها جزء من المعلومات الجينية (الوراثية). والمكان الذي يوجد فيه الجين على الكروموسوم يسمى **موقع الجين**. ولكل جين وظيفة محددة. فيوجد على سبيل المثال في حالة مندل، جين مسئول عن طول نباتات البازلاء، وجين آخر مسئول عن لون أزهارها، وجين ثالث مسئول عن شكل بذورها.

■ *الأليل*

يمكن أن تكون لكل مورّث (جين) أشكال مختلفة، وتسمى الأشكال البديلة لنفس الجين أليلات. يمتلك الجين المسئول عن طول نبات البازلاء مثلًا أليلان أحدهما **قصير** والآخر **طويل**. ويمتلك جين لون زهرة البازلاء أليلان أحدهما **بنفسجي** والآخر **أبيض**. إن "عوامل" مندل هي الأليلات في المصطلحات الحديثة.

ملحوظة

في هذا الموضوع، يجب معرفة الكلمات الرئيسة التالية:

- صبغي (كروموسوم).
- مورث (جين).
- أليل.
- كروموسوم متماثل.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

■ الكروموسومات المتماثلة

تتواجد الكروموسومات في أزواج في الكائنات الحية مثل الإنسان والبازلاء، وكل زوج من الكروموسومات يكون مصدره كروموسوم واحد من الوالد الذكر وكروموسوم آخر من الوالد الأنثى. وسيكون لدى زوج الكروموسومات المتماثلة نفس ترتيب مواقع الجينات، ولكن قد لا تكون الأليلات في هذه المواقع متماثلة. فمثلًا، كروموسوم البازلاء في موقع الجين بالنسبة للون الزهرة قد يكون لديه:

- نفس الأليلات، أي لون بنفسجي للزهرة على أحد الكروموسومات وهو نفسه على الكروموسوم الآخر في الزوج متماثل التركيب، أو
- يمكن أن تكون الأليلات مختلفة، أي لون أبيض للزهرة على كروموسوم ولون بنفسجي على الكروموسوم الآخر.

تعريف

الأليلات أشكال بديلة للجين وتشغل نفس الأماكن النسبية على زوج من الكروموسومات المتماثلة.

وتكون الكروموسومات المتماثلة متشابهة في الشكل والحجم باستثناء كروموسومات الجنس. ويبين شكل 6 – 5 أربعة أزواج من الكروموسومات المتماثلة في ذبابة الفاكهة **دروسوفيلا**. ومن الكروموسومين المتماثلين في كل زوج، يكون كروموسوم واحد أبويًّا (مصدره الأب)، ويكون الآخر تابعًا للأم في الأصل.

وضع نموذج التهجينات الجينية

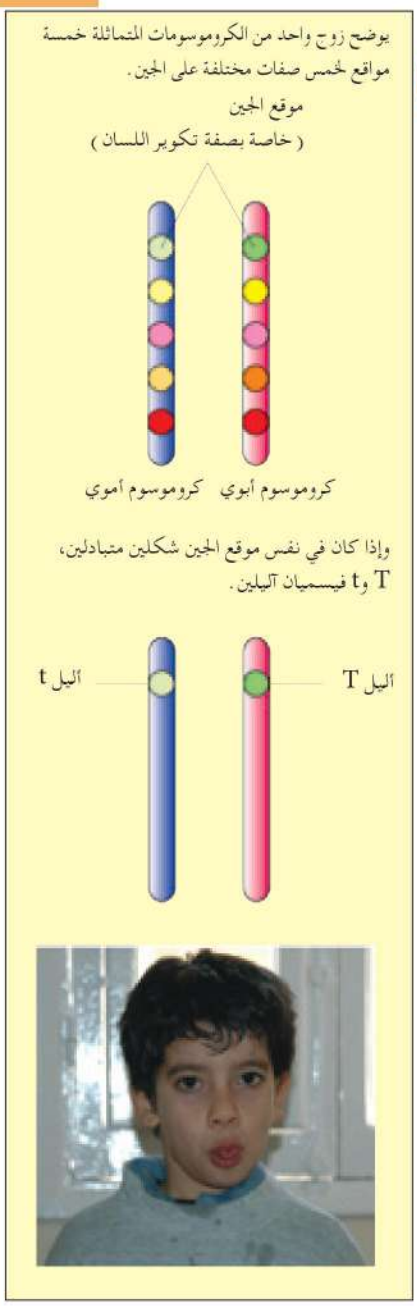
نحن الآن مستعدون لبدء نمذجة التهجينات الجينية وتفسير نتائج مندل. ويلزم تفسير أمرين:

1 *لماذا تختفي إحدى الصفات، مثل القصر أو اللون الأبيض للزهرة في الجيل الأول F_1 لتهجينات مندل؟*

2 *لماذا تظهر هذه الصفة مرة أخرى في حوالي ربع الجيل الثاني F_2؟*

لقد تعلمت أن الكائنات الحية ثنائية الصبغيات مثل البازلاء والإنسان، لها نسختان من كل جين في كل خلية. تسمى هذه النسخ أليلات، وأحد الأليلات سيكون موروثًا من الأب والآخر من الأم، وهي الأليلات التي أسماها مندل عوامل. وقد تكون الأليلات متشابهة أو مختلفة. وتستخدم عادة الحروف لتمثيل الأليلات حيث تشير الحروف الكبيرة إلى الأليلات السائدة والحروف الصغيرة للأليلات المتنحية. فمثلا، أليل الطول في البازلاء هو T وأليل القصر هو t.

وإذا كان الكائن الحي من سلالة نقية، يكون الأليلان متشابهان، ويقال إن الكائن الحي **متماثل اللاقحة (الزيجوت)** في هذه الصفة. وهنا يكون عند مندل النبات الطويل الأبوي سائدًا ومتماثل اللاقحة (TT)، ويكون النبات القصير متنحيًا ومتماثل اللاقحة (tt). والتهجين الذي توصل إليه مندل، عندما قام بتهجين نباتات طويلة مع نباتات قصيرة لينتج الجيل الأول F_1، له أليلات مختلفة في الطول Tt، ويقال أنه متغاير اللاقحة في هذه الصفة.

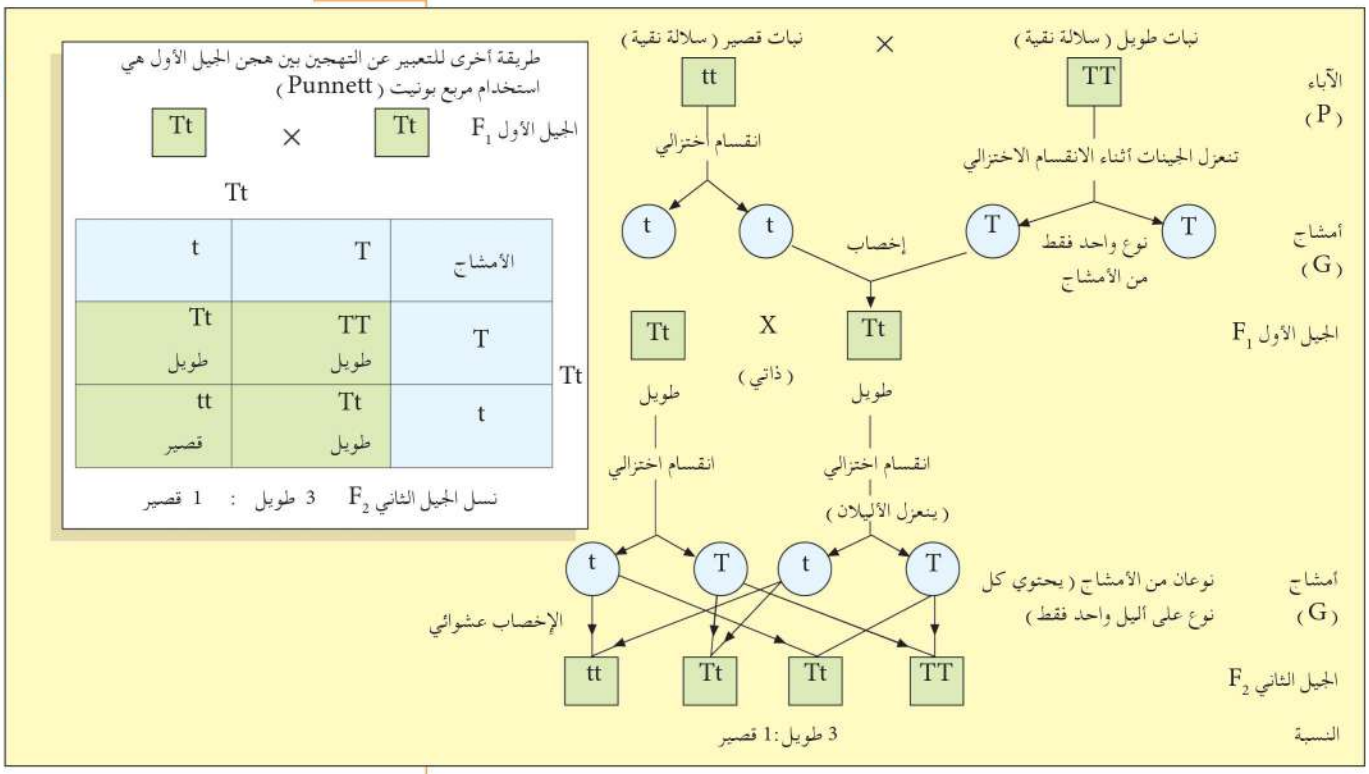


شكل 6 – 2 الكروموسومات المتماثلة والأليلات.

ملحوظة

" النسل النقي" يعني أنه إذا ترك النبات للإخصاب ذاتيًا، فإن النسل الناتج سيشبه الوالد تمامًا. بمعنى، إذا كان الأب طويلًا وأزهاره بنفسجية ويتناسل ذاتيًا، ستكون الذرية دائمًا طويلة ولديها أزهار بنفسجية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 6 – 3 الوراثة أحادية الهجين

باستخدام المصطلحات الحديثة، يمكن تلخيص تجارب مندل على النباتات الطويلة والقصيرة كما في الشكل 6 –3 . ستلاحظ ذكر الانقسام الاختزالي في الشكل، وهو يمثل نمط الانقسام الخلوي الذي تستخدمه الكائنات الحية لإنتاج أمشاج (ارجع إلى الوحدة 5) . يشطر الانقسام الاختزالي كل زوج من الكروموسومات المتماثلة، حتى يتلقى كل مشيج نسخة واحدة فقط من كل جين، بمعنى أن كل مشيج يحصل على أليل واحد فقط من كل جين مقارنة بأليلين لكل جين في الخلية الأصلية التي حدث بها الانقسام .

ويمكن تطبيق الوراثة المندلية أحادية الهجين على كل من الحيوان والنبات رغم علمنا الآن بأن بعض الصفات فقط تورث بهذه الطريقة البسيطة، مثل تلك المبينة في جدول 6 – 2 .

جدول 6 – 2 صفات في ذبابة الفاكهة، وخنزير غينيا، والإنسان

الكائن الحي	صفة سائدة	صفة متنحية
دروسوفيلا (ذبابة الفاكهة)	بطن عريض جسم رمادي	بطن ضيق جسم أسود
خنزير غينيا	فراء أسود فراء خشن	فراء أبيض فراء ناعم
الإنسان	شعر ذو صبغة لونية دم عادي	شعر أبيض (أمهق) دم مصاب بأنيميا الخلايا المنجلية

يعتبر شكل 6 –3 من الأشكال التخطيطية المهمة، وعليك دائما إعداد رسوماتك التخطيطية عن الجينات بهذه الطريقة عند حل المشكلات . إن استخدام مربع بونيت مفيد كذلك لأنه يسمح لك بمتابعة كل ما يحدث .

السائد والمتنحي

يقال إن الأليل يكون سائدًا إذا تم التعبير عنه دائمًا في شكل الكائن الحي، كما في البازلاء، حيث يكون أليل القرون الخضراء G سائدًا على القرون الصفراء g . وبما أن أليل القرون الخضراء سائد، ستكون قرون البازلاء ذات أزواج الأليلات GG (متماثلة اللاقحة) أو Gg (متغايرة اللاقحة) خضراء. وأليلات القرون الصفراء متنحية، ولذلك يُرى تأثيرها فقط عند وجودها في كل من الكروموسومين gg (متماثلة اللاقحة) .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

النمط الظاهري والنمط الجيني

- ***النمط الظاهري***

يشير مصطلح **النمط الظاهري** إلى الصفة الملحوظة (المعبر عنها)، مثل الشكل الخارجي أو الطابع المرئي للكائن الحي. ولهذا، تعتبر الصفات التي يمكن رؤيتها في الكائن الحي مثل الطول والقصر في نبات البازلاء أنماطًا ظاهرية.

- ***النمط الجيني***

هذا هو التكوين الجيني للكائن الحي، أي الجينات وأليلاتها المناظرة. ولذلك فنبات البازلاء القصير لديه نمط جيني **tt** بينما النبات الطويل قد يكون لديه نمط جيني إما **TT** أو **Tt**.

ولهذا، يعبر الأليل السائد عن نفسه، ويعطي نفس النمط الظاهري في كل من حالة متماثلة اللاقحة (**TT**) وحالة متغايرة اللاقحة (**Tt**). ولا يَعبِّر الأليل المتنح عن نفسه في حالة متغايرة اللاقحة، فهو فقط يعبِّر عن نفسه في حالة متماثلة اللاقحة (**tt**).

نور المعرفة

الجينات والبيئة

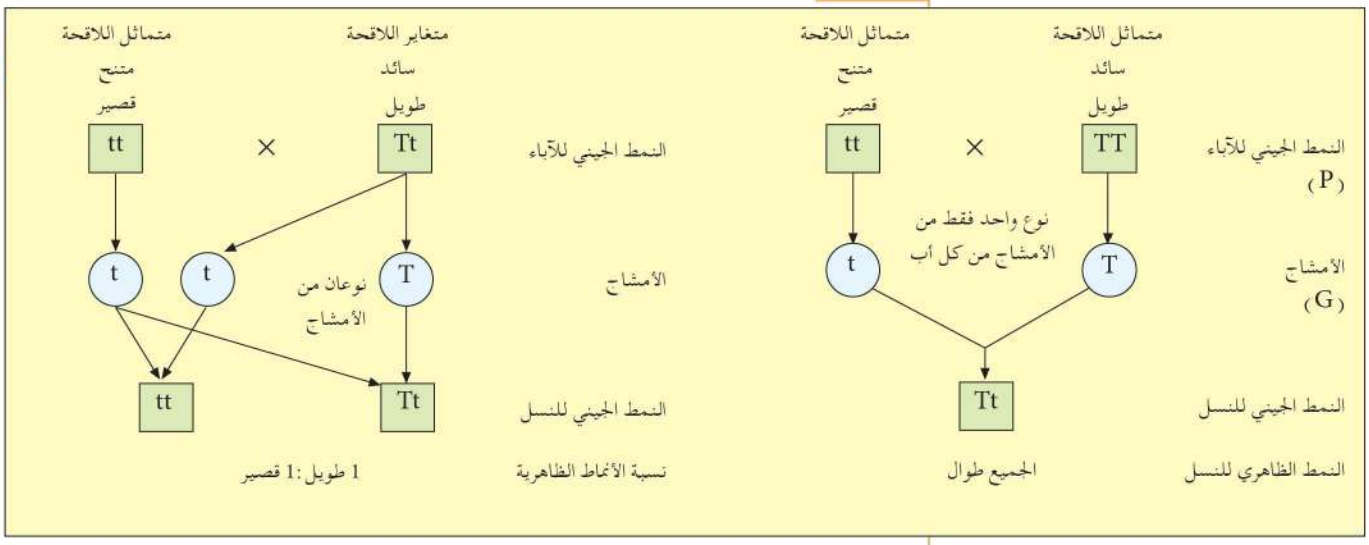
النمط الظاهري هو نتيجة كل من الجينات التي يحتويها أي كائن حي وتأثيرات البيئة التي ينمو فيها. لندرس أرنب الهيمالايا على سبيل المثال. هذه الأرانب لها فراء أبيض وأقدام وآذان وذيل أسود – هذا هو نمطها الظاهري. إن تهجين أرنبين من أرانب الهيمالايا ذوات السلالة النقية يؤدي دائمًا إلى حيوان بهذه الصفات.
ومع ذلك، إذا تم تربية هذه الأرانب في مناخ دافئ، لن يكون لها أقدام أو آذان أو ذيل أسود – فهذه تنمو فقط في وجود مناخ بارد. ولهذا، فمن الواضح أن أرنب الهيمالايا لديه أليل لجعل الفراء أسود، ولكن لا يُعبر عنه إلا في ظروف بيئية معينة.

التهجين الاختباري

يهتم خبراء الوراثة الآن بالنمط الجيني للكائن الحي. ولكن لا يمكن مشاهدة ذلك مباشرة – يمكنك رؤية النمط الظاهري فقط. فعلى سبيل المثال، نسبة الطول إلى القصر (3:1) في النباتات في الجيل الثاني (شكل 6–3) هي نسبة نمط ظاهري. ومع ذلك، تعرف الآن أن البازلاء التي نمطها الظاهري الطول يمكن أن يكون لها أحد النمطين الجينيين **TT** أو **Tt**، فكيف يفرِّق علماء الجينات بين هذين النمطين الجينيين؟

من السهل تحديد أن النمط الجيني لكائن حي يوضح الصفة المتنحية، وذلك لأن الصفة المتنحية ستظهر فقط إذا كان الكائن الحي متماثل اللاقحة في هذه الصفة.
ومن جهة أخرى، فإن الكائن الحي الذي يظهر الصفة السائدة، مثل الطول في نباتات البازلاء قد يكون نمطه الجيني إما **TT** أو **Tt**. وفي هذه الحالة، لا يمكننا تحديد نمطه الجيني بمجرد النظر إلى النبات نفسه، بل يتم تحديد النمط الجيني فقط عن طريق تجارب التربية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا



شكل 6 – 4 مثال للتلقيح الاختباري

ويمكن تحديد النمط الجيني للكائن الحي الذي يبين صفة سائدة بتهجينه مع كائن حي متنح ومتماثل اللاقحة، ويعرف ذلك **بالتهجين الاختباري**. فإذا كان الكائن الحي سائدًا متماثل اللاقحة، يكون لكل الذرية الصفة السائدة. وإذا كان الكائن متغاير اللاقحة، تظهر الصفة السائدة في نصف عدد الذرية، ويظهر النصف المتبقي الصفة المتنحية. ضع في اعتبارك مرة أخرى طول نبات البازلاء. يبين شكل 6 –4 التهجين الاختباري.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا