١٢

دولـــة فـلـسطين
وزارة التربية والتعليم

العلوم الحياتية

العلمي والزراعي

الفترة (٢)

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولـــة فـلـسطين
وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 – رام الله – فلسطين
pcdc.edu.ps | manahej@moe.edu.ps

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym
فاكس +970-2-2098250 | هاتف +970-2-2983280

الـوراثـــة Genetics

الفترة الثانية

الفصل الأول: قانون مندل في الوراثة	3
(1.1): الوراثة المندلية	3
الفصل الثاني: الصفات غير المندلية	7
(1.2): أنماط التوارث غير المندلية	8
(2.2): السيادة غير التامة	8
(3.2): السيادة المشتركة	9
* (4.2): الأليلات المتعددة	10
* (5.2): الجينات القاتلة	12
(6.2): أنظمة تحديد الجنس في الكائنات الحية	13
(7.2): الصفات المرتبطة بالجنس	13
(8.2): الصفات المتأثرة بالجنس	14
(9.2): الارتباط والعبور	14
(10.2): الخرائط الجينية	17
(11.2): الاختلالات الوراثية	17
الفصل الثالث:تطبيقات في علم الوراثة	20
(1.3): الهندسة الوراثية	21
(2.3): تقنية DNA معادالتركيب	21
(3.3): بصمة DNA	22
(4.3): تطبيقات في الهندسة الوراثية	23

يتوقع من الطلبة بعد دراسة هذه الوحدة المتمازجة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تفسير آلية انتقال وتوارث الصفات في الكائنات الحية وأسباب التشابه والاختلاف بينها، من خلال تحقيق الآتي:

1. استخدام قانوني مندل في حل المسائل الوراثية.
2. التمييز بين آلية توارث الصفات المندلية وغير المندلية.
3. الربط بين علم الوراثة والرياضيات.
4. التعرف إلى التطبيقات العملية في علم الوراثة.

* للعلمي فقط.

الفصل الأول 1

قانونا مندل في الوراثة

غريغورمندل 1822-1884

يتحكم تركيبنا الوراثي في مظهرنا وشخصيتنا وصحتنا، كما أن استعدادنا للإصابة بمرض معين يمكن أن يكون له أساس أيضا في جيناتنا. وقد أسهم كثير من العلماء في فك رموز الشيفرة الوراثية كالعالمين واطسون وكريك اللذين وضحا التركيب الجزيئي والشكل الثلاثي الأبعاد الخاص للحمض النووي منقوص الأكسجين DNA، أما العالم غريغور مندل فقد وضع أسس علم الوراثة.

ما أنماط التوارث؟ و كيف يتم توارث الصفات؟ هذه الأسئلة و غيرها سأتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادرا على:

1. التعرّف إلى قوانين مندل في الوراثة.
2. تطبيق قوانين الاحتمالات في حل المسائل الوراثية.
3. حل مسائل وراثية باستخدام مربع بانيت وطريقة الخطوط المتفرعة.
4. بيان أهمية استخدام التلقيح التجريبي.

1. 1 الوراثة المندلية Mendelian Genetics

درس عالم الوراثة غريغور مندل توارث الصفات بين سلالات نبات البازيلاء من خلال عملية التهجين، وكان لمعرفته في الرياضيات الأثر الكبير في تفسير نتائج تجاربه.

قوانين مندل في الوراثة

استطاع مندل تفسير نتائج تجاربه من خلال **قانونه الأول « انعزال الصفات» Law of Segregation الذي ينص على أن زوج العوامل المتقابلة (الأليلات Alleles) للصفة الوراثية الواحدة تنفصل عشوائيا عند تكوين الغاميتات أثناء عملية الانقسام المنصف.**

نتائج مندل والاحتمالات

قوانين الاحتمالات تشكل الأساس في حل المسائل الوراثية، فعلى سبيل المثال، عند تلقيح نبتتين من البازيلاء غير نقيتين لصفة الطول (Tt)، من المحتمل أن نصف عدد الغاميتات سوف يحتوي على الأليل (T) والنصف الآخر سيحتوي على الأليل (t).

ألاحظ الشكل (1) الذي يمثل حادثة رمي قطعتي نقود معاً:

الشكل (1): تطبيقات على قانوني الضرب والجمع في الاحتمالات

و فيما يأتي سنتعرف على قوانين الاحتمالات:

1 **قانون الضرب Product Rule:** ينص على أن « احتمال ظهور حدثين مستقلين أو أكثر معاً في نفس الوقت هو حاصل ضرب احتمالات ظهور كل منهما بمفرده ».

فاحتمال ظهور الصورة في القطعة الأولى لا يؤثر على احتمال ظهورها في القطعة الثانية، لذا فاحتمال ظهور الصورة عند رمي القطعتين معا في نفس الوقت هو: $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$.

2 **قانون الجمع Sum Rule:** ينص على أن « احتمال ظهور أحد الحدثين على وجه الحصر (إما أحدهما أو الآخر، ولكن لايظهران معا في الوقت نفسه) هو مجموع ظهور كل منهما على حدة ».

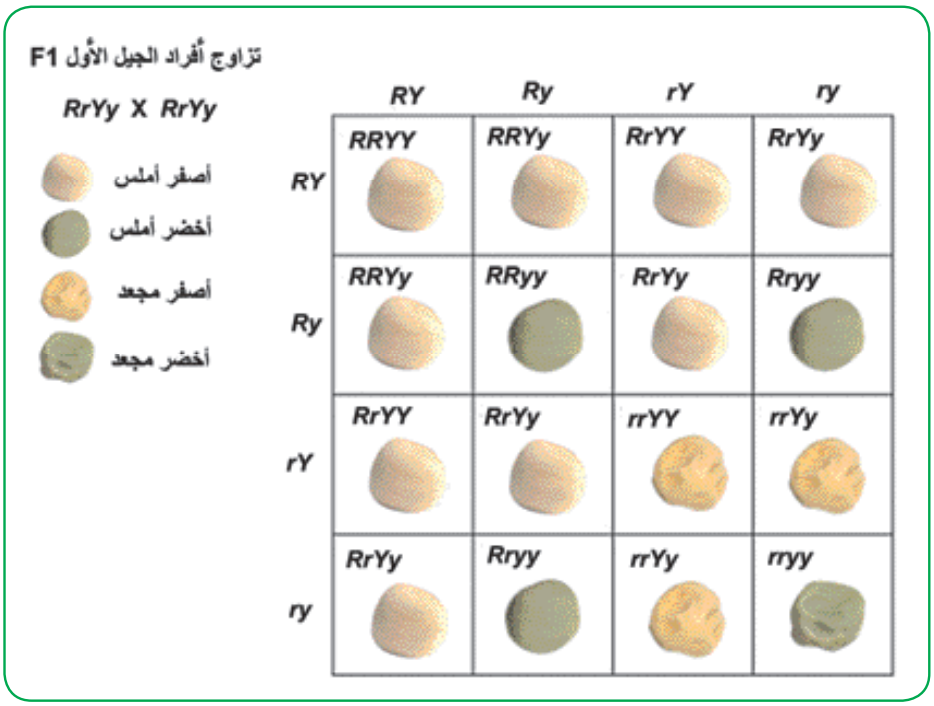
فاحتمال ظهور الصورة على قطعه والكتابة على القطعه الأخرى هو: $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}$

3 **مجموع جميع الاحتمالات الممكنة في فضاء عيني لأي تجربة يساوي (1).**

قانون مندل الثاني (التوزيع المستقل) Low of Independent Assortment

بدأ مندل بإجراء تجاربه لدراسة توارث صفتين أو أكثر معا، وهل يؤثر توارث صفة معينة على الصفة الأخرى؟

سؤال: أدرس الشكل (2) الذي يمثل الجيل الثاني لنتائج تلقيح ذاتي لنباتي بازيلاء، إذا كانت رموز الجينات لصفة اللون الأصفر للبذور (Y) وللبذور الخضراء (y)، وللبذور الملساء (R) والمجعدة (r). أجيب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل (2): نتائج التلقيح بين نباتي بازيلاء

1. أكتب الطرز الجينية والشكلية لآباء الجيل الأول.
2. أكتب الطرز الجينية لغاميتات الجيل الأول.
3. أكتب الطرز الجينية والشكلية لأفراد الجيل الأول.
4. كم نوعا من الغاميتات يمكن أن ينتجها آباء الجيل الثاني؟
5. أكتب الطرز الشكلية لأفراد الجيل الثاني.
6. كم نوعا من الطرز الشكلية ظهر بين أفراد الجيل الثاني؟
7. ما نسبة الأفراد خضراء البذور إلى صفراء البذور في الجيل الثاني؟
8. ما نسبة الأفراد ملساء البذور إلى مجعدة البذور في الجيل الثاني؟

وقد توصل مندل إلى قانونه الثاني في الوراثة بعد هذه التجارب.

وينص قانون مندل الثاني (التوزيع المستقل) على ما يأتي: إذا تزاوج فردان مختلفان في أكثر من زوج من الصفات المتضادة فإن كل زوج من هذه الصفات يورث مستقلاً عن غيره من أزواج الصفات المتضادة الأخرى.

سؤال: في نبات البازيلاء،صفة لون الأزهار الأُرجوانية (P) سائدة على البيضاء (p) ولون القرون الخضراء (G) سائدة على اللون الأصفر (g). أُجري تلقيح بين نبتتين كلتاهما أرجوانية الأزهار خضراء القرون غير نقية للصفتين، أجيب عن الأسئلة الآتية:

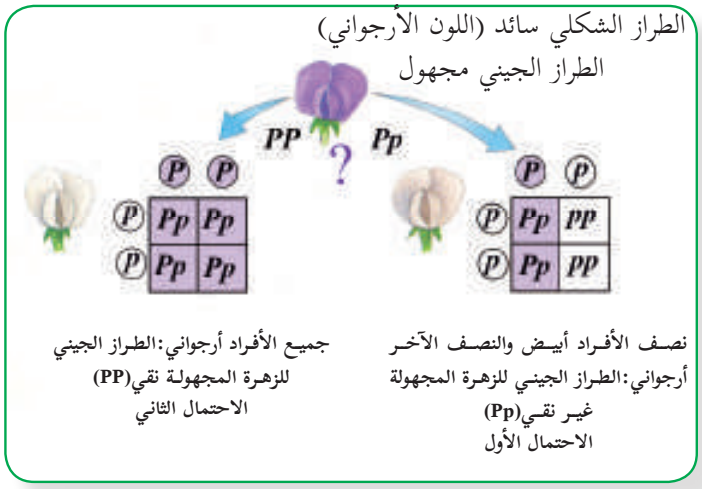
1. أكتب الطرز الجينية للآباء.
2. أكتب الطرز الجينية للغاميتات، وأتأكد من عددها باستخدام القانون الآتي: عدد أنواع الغاميتات = 2^{n} حيث n عدد الصفات غير النقية.
3. أكتب الطرز الجينية والشكلية لأفراد الجيل الأول.
4. أحسب نسبة احتمال ظهور الطرز الآتية: (1) الطراز الجيني (Ppgg)، (2) الطراز الشكلي (أرجوانية خضراء).

إن قانون التوزيع المستقل ينطبق أيضاً على توارث ثلاث صفات فأكثر، فكل صفة تورث مستقلة عن الصفات الأخرى، وإن استخدام مربع بانيت لحل هذه المسائل سيكون معقداً؛ لأننا سنحتاج في هذه الحالة إلى 64 مربع لأفراد الجيل الثاني؛ لذا توجد طرق أكثر سهولة في حل مثل هذه المسائل المعقدة، ومنها طريقة الخطوط المتفرعة Forked- lines.

سؤال: صفة لون ثمرة البندورة الأحمر (R) سائدة على صفة اللون الأصفر (r) وصفة لون الأزهار البيضاء (W) سائدة على صفة لون الأزهار الصفراء (w)، وصفة طول ساق النبتة (T) سائدة على صفة القصر (t). إذا تم تهجين نبات ثمره أحمر ذو أزهار صفراء وطويل الساق، مع نبات آخر أصفر الثمار و أبيض الأزهار و قصير الساق، عِلماً بأن الصفة السائدة نقية. ما الطرز الشكلية لأفراد الجيل الناتج؟

التلقيح التجريبي (الاختباري) Test Cross

إن التمييز بين الأفراد السائدة النقية (متماثلة الجينات) والأفراد السائدة غير النقية (غيرمتماثلة الجينات) مهم من الناحية الاقتصادية. ولتحقيق ذلك يلجأ علماء الوراثة إلى التلقيح التجريبي، (**حيث يتم إجراء تلقيح بين الفرد السائد مجهول النقاوة وفرد يحمل الصفه المتنحّية، و بناء على نتائج هذا التلقيح يتم معرفة الطراز الجيني**) كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل (3): التلقيح التجريبي لنبات أزهاره أرجوانية سائد للطراز الشكلي و طرازه الجيني مجهول النقاوة

الصفات غير المندلية Non- Mendelian Traits

تعرّفنا في الفصل السابق على الوراثة المندلية (قانوني انعزال الصفات والتوزيع المستقل) وعرفنا أن بعض صفات الكائنات الحية تتبع هذه الآلية من الوراثة. لكن إذا نظرنا إلى الكائنات الحية من حولنا نلاحظ تنوعاً هائلاً على مستوى النوع الواحد لا يمكن أن تُفسر فقط من خلال الوراثة المندلية، فقد وجد العلماء أن هناك أنماط توارث أكثر تعقيداً، فما هذه الأنماط؟ وهل تنفي أنماط التوارث غير المندلية قوانين مندل التي درسناها؟ هذه الأسئلة وغيرها سنتمكن من الإجابة عليها بعد دراسة هذا الفصل وسأكون قادراً على:

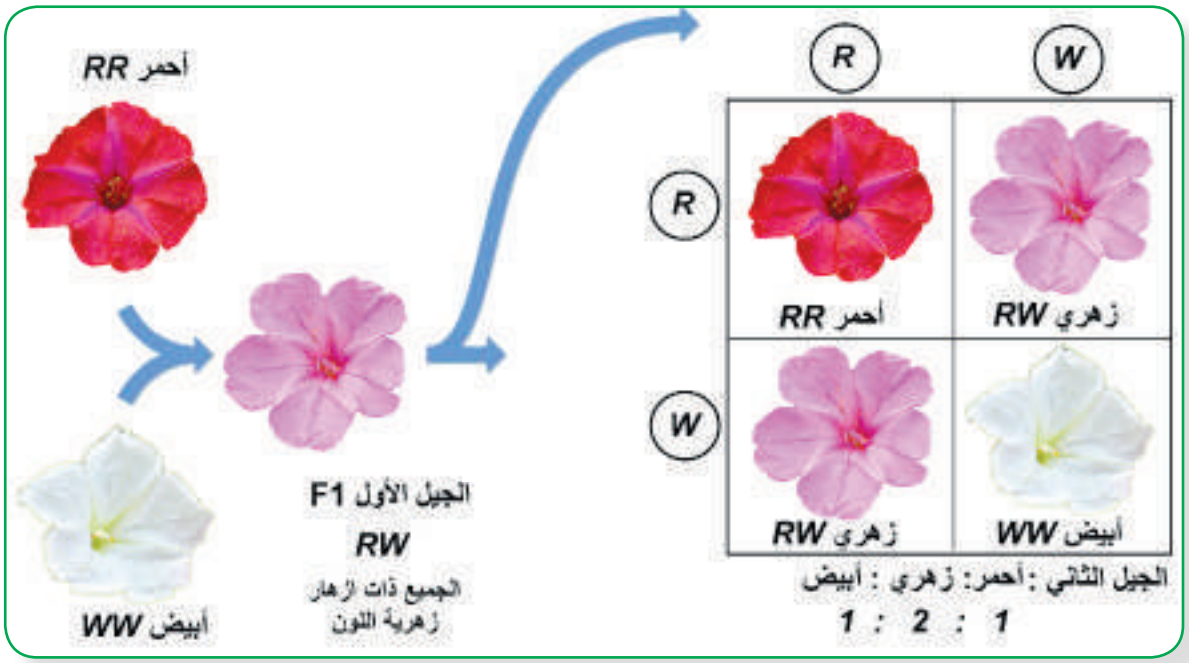
1. توضيح المقصود بكل من : السيادة غير التامة، السيادة المشتركة ، الجينات القاتلة ، الارتباط والعبور.
2. تصنيف فصائل الدم حسب نظام ABO وكيفية الكشف عنها.
3. التمييز بين الأنماط الوراثية المختلفة.
4. التعرف إلى أنظمة تحديد الجنس في كائنات حية مختلفة.
5. التمييز بين الصفات المرتبطة بالجنس والمتأثرة به.
6. حل مسائل على أنماط التوارث المختلفة.
7. رسم خرائط جينية.
8. التمييز بين الطفرات الجينية والكروموسومية.

1.2 أنماط التوارث غير المندلية

غالبا ما تكون العلاقة بين الطرازين الشكلي والجيني أعقد من أن يقوم أليل واحد بإنتاج صفة واحدة. ومعظم الطرز الشكلية لا تمثل حالات ثنائية مثل صفة لون الأزهار كالأبيض والأرجواني فقط، حيث إن كثيراً من الصفات تتأثر بأكثر من جين.

2.2 السيادة غير التامة Incomplete Dominance

ليست كل الصفات المتوارثة سائدة أو متنحية بشكل تام. في بعض الحالات لا يكون أي من الأليلات التي تتحكم في صفة معينة سائدة على الأخرى. عندما يحدث هذا يكون الفرد غير نقي ومختلفاً عن الأبوين، ويُظهِر صفة وسطيةٌ بينهما، بحيث تكون مزيجاً بين الصفتين دون سيادة إحدى الصفات على الأخرى، و تدعى هذه الحاله السيادة غير التامة. أنظر إلى الشكل (1) وألاحظ كيف تختلف أنماط التوارث في نبات الساعة الرابعة Four o'clock (*Mirabilis jalapa*). هل تتفق النسب في الجيلين الأول والثاني مع السيادة التامة؟

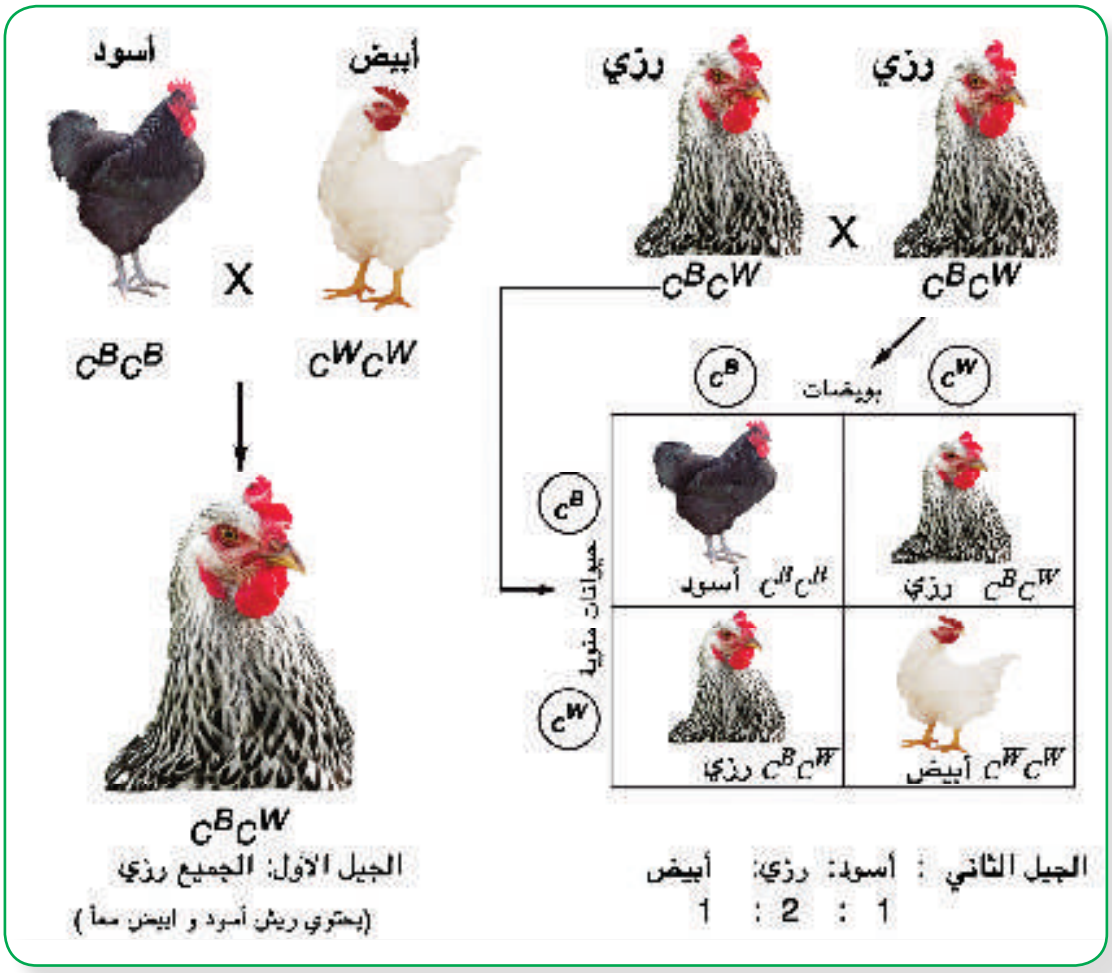


الشكل (1): السيادة غير التامة في توارث لون أزهار نبات الساعة الرابعة

سؤال: أجري تلقيح بين نباتي فجل، أحدهما طويل الجذور، و الآخر كروي الجذور فكان جميع أفراد الجيل الأول بجذور بيضوية. أكتب الطرز الجينية والشكلية لأفراد الجيل الأول و الثاني. أستخدم الرموز L لجين الجذور الطويلة و R للجذور الكروية.

3.2 السيادة المشتركة Codominance

يطلق على الحالة التي يكون فيها الأليلان لصفة معينة سائدين، حيث يُظهران تأثيراً كاملاً للأليلين في الفرد الهجين، وكمثال شائع لون الدجاج الذي يتحكم به زوج من الأليلات السائدة، فعند تهجين ديك أسود اللون متماثل الجينات، مع دجاجة بيضاء متماثلة الجينات ظهر جميع أفراد الجيل الأول باللون الرُّزي (يحتوي على ريش أسود وريش أبيض حيث يظهر كلون رُّزي)، ألاحظ الشكل (2).



الشكل (2): آلية توارث اللون في الدجاج كمثال على السيادة المشتركة

سؤال: لقح ديك ذو لون رُّزي دجاجة بيضاء اللون. ما الطرز الجينية للآباء؟ وما الطرز الجينية والشكلية للنسل الناتج من هذا التزاوج؟

يمكن كتابة الطرز الجينية في السيادة المشتركة باستخدام الأحرف المرفوعة كما هو في الشكل لغرض تمييز هذا النوع من الأنماط الوراثية.

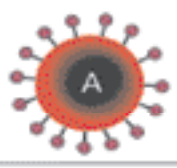
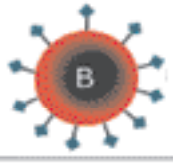
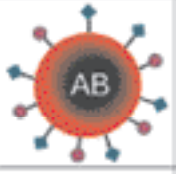
4.2 الأليلات المتعددة Multiple Alleles

يقصد بالأليلات المتعددة أن هنالك كثيراً من الجينات لديها أكثر من شكلين اثنين من الأليلات، ولكن لا يحصل الفرد الواحد منها إلا على أليلين فقط. من الأمثلة على الأليلات المتعددة ما يأتي:

1 نظام الدم ABO في الإنسان

يُعد نظام الدم من الأمثلة على الأليلات المتعددة، وفي هذا النظام توجد ثلاثة أليلات هي I^A وI^B و i حيث تشغل نفس الموقع على الكروموسوم رقم 9 والمسؤولة عن ظهور أربعة طرز شكلية مختلفة بالاعتماد على وجود أي من الأنتيجينين (مولد الضد) A أو B، أو وجودهما معاً، أو عدم و جودهما على أغشية خلايا الدم الحمراء. وهذه الأنتيجينات عبارة عن بروتينات وليبدات سكرية.

أنظر الى الشكل (3) ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

فصيلة الدم	A	B	AB	O
نوع خلية الدم الحمراء				
نوع الأنتيجين على سطح خلية الدم الحمراء	أنتيجين A	أنتيجين B	أنتيجين A أنتيجين B	لا يوجد
الطراز الجيني	I^Ai أو I^AI^A	I^Bi أو I^BI^B	I^AI^B	ii

الشكل (3): فصائل الدم عند الإنسان

1. ما سبب الاختلاف بين فصائل الدم المختلفة؟
2. ما أنواع السيادة الموجودة، أفسر إجابتي؟
3. أكتب الطرز الجينية والشكلية المحتملة للأبناء، إذا كان كلا الأبوين فصيلة دمهما AB.

أسس نقل الدم من شخص لآخر

لنظام الدم ABO أهمية طبية كبيرة عند نقل الدم من شخص لآخر، وحتى يتم ذلك بنجاح؛ لابد من تحديد فصيلة دم كل من المعطي Donor والشخص المستقبل Recipient، وكما يظهر في جدول (1).

جدول (1): العلاقة بين فصائل الدم في الإنسان

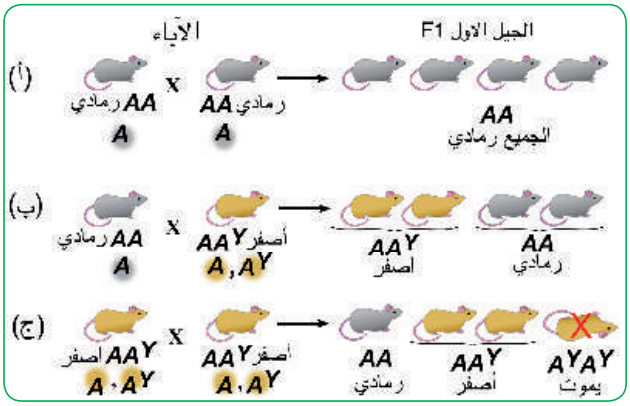
فصيلة الدم	الأنتيجين	الأجسام المضادة في بلازما الدم	يعطي فصيلة دم	يأخذ من فصيلة دم
A	A	Anti-B	A و AB	A وO
B	B	Anti-A	B و AB	B وO
AB	A و B	لا توجد	AB فقط	A و B و AB و O
O	لا توجد	Anti-A و Anti-B	لجميع الفصائل	O فقط

سؤال: أدرس جدول (1) الذي يوضح إمكانية نقل الدم، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه:

1. شخص فصيله دمه B ما فصائل الدم التي يمكن أن يأخذ منها أو يعطيها ؟ أفسر إجابتي.
2. أية فصيلة دم تعطي جميع الفصائل الأخرى؟
3. أية فصيلة دم تأخذ من جميع الفصائل؟

إن أهمية التوافق بين دم الشخص المعطي ودم المستقبل هو لمنع حدوث تفاعل التخثر (تفاعل الأجسام المضادة في بلازما دم المستقبل مع الأنتيجينات على سطح خلايا الدم الحمراء للشخص المعطي)، فاجتماع الأنتيجين مع الجسم المضاد له عند الشخص المستقبل يؤدي إلى حدوث تخثر وتجمع لخلايا الدم الحمراء بكميات كبيرة فتؤدي إلى انسداد الأوعية الدموية ومنها الأوعية الدموية المغذية للقلب والدماغ مسببة الوفاة.

عند إجراء تزاوج بين فئران رمادية Agouti وفئران صفراء Yellow ظهرت النتائج كما في الشكل (4):



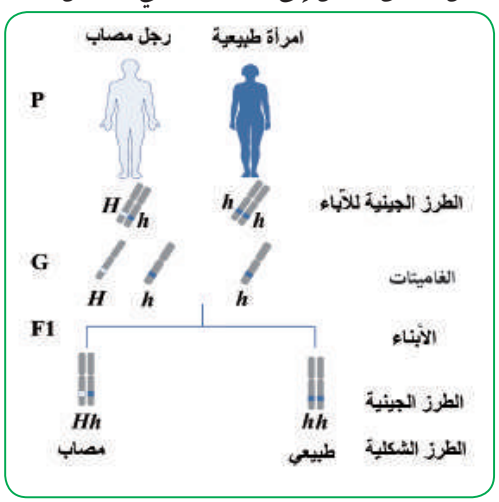
الشكل (4): توارث صفة اللون الرمادي والأصفر في الفئران

يمكن تفسير نتائج هذه التزاوجات على النحو الآتي:

الفئران الصفراء غير متماثلة الجينات Heterozygous ، وصفة اللون الأصفر سائدة على صفة اللون الرمادي وإن نواتج بعض الجينات مهمة لحياة الكائن، وتعطل الأليلين عن إنتاج هذه المادة الأساسية تؤدي إلى موت الكائن في مراحل النمو المبكرة. الجين A في المثال السابق يشكل الأليل الطبيعي Wild Type والأليل A^Y هو أليل الطفرة. فعند اجتماع الأليلين بصورة غير نقية AA^Y فإن الجين الطبيعي ينتج المادة الأساسية لحياة الفأر، ويكون الفأر الناتج سليماً. اما إذا اجتمع الأليلان الطافران معاً وبصورة نقية (A^YA^Y)، فينتج عن ذلك موت الفأر. لذلك يعد الأليل A^Y أليلاً متنحياً في القتل وسائداً في اللون Recessive Lethal Allele.

بعض الجينات القاتلة سائدة مثل مرض هنتنغتون Huntington Disease الذي ينتج بسبب أليل طفرة سائدLethal Dominant Allele، ويمكن أن يسبب الوفاة؛ حيث يسبب انحلال وتدمير الخلايا العصبية والجهاز العصبي. تظهر أعراض المرض في مرحلة عمرية متقدمة (40 سنة) و يكون عندها المريض قد قام بنقل الجين القاتل إلى أبنائه. كما في الشكل (5)، الذي يوضح تزاوج امرأة طبيعية من رجل مصاب غير نقي.

يمكن أيضاً ان يكون الطراز الجيني نقياً لمرض هنتنغتون HH، ولكن ذلك نادر الحدوث، ويكون تطور الإصابة لديهم سريعا.



الشكل (5) : توارث الإصابة بمرض هنتنغتون

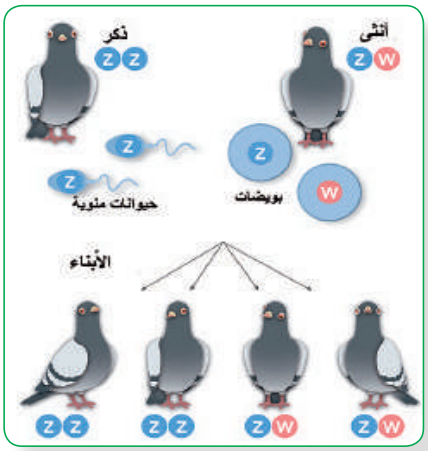
سؤال: تنتج قطط مانكس من خلال أليل (T) سائد، وقاتل (إذا اجتمع الأليلين في الحالة النقية)، و يسبب اختلالاً في تطور جزء من الهيكل المحوري في منطقة الذيل. القطط التي لها ذيل طبيعي يكون طرازها الجيني متنحياً ونقياً، عند حدوث تزاوج بين قطّي مانكس ظهر أفراد الجيل الأول بالنسبة 2 مانكس: 1 قط عادي، أكتب الطرز الجينية والشكلية للآباء والأبناء.

2. 6 أنظمة تحديد الجنس في الكائنات الحية

مر معنا سابقاً نظام تحديد الجنس في الثدييات ومنها الإنسان (XX-XY)، وأن زوج الكروموسومات الجنسية رقم 23 تحدد الجنس (XX في الأنثى، XY في الذكر) أي أن الذكر هو المسؤول عن تحديد جنس الجنين. أما عند الطيور وبعض أنواع الحشرات كالفراش، وبعض أنواع الأسماك، فإن نظام ZZ-ZW هو الشائع أي أن الأُنثى هي المسؤولة عن تحديد الجنس. كيف أفسر ذلك؟

من خلال دراسة شكل (6) أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أكتب الطراز الكروموسومي الجنسي عند الذكر و الأنثى.
2. أوضح آلية تحديد الجنس عند الطيور.
3. أقارن بين نظام تحديد الجنس في الطيور والإنسان.

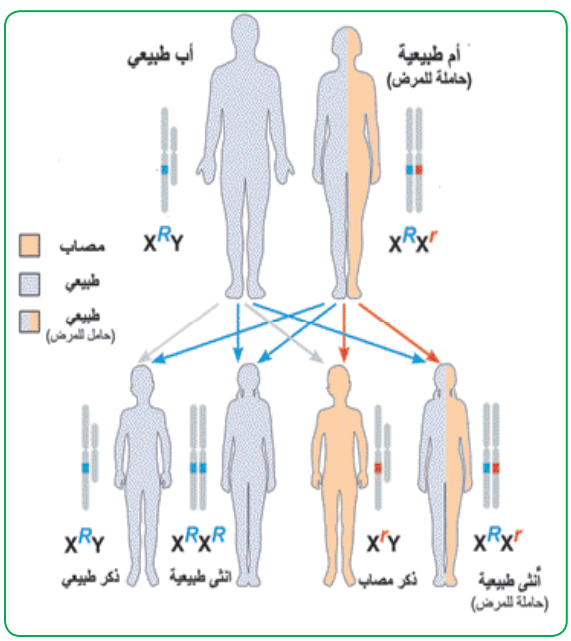


الشكل (6): آلية تحديد الجنس في الطيور

2. 7 الصفات المرتبطة بالجنس Sex-Linked Traits

الارتباط بالجنس يشير إلى الجينات التي تُحمل على الكروموسومات الجنسية، والصفة التي تحددها هذه الجينات تسمى الصفة المرتبطة بالجنس. وقد يؤدي الخلل في هذه الجينات إلى ظهور الأمراض، ومن الأمثلة على هذه الأمراض عند الإنسان: عسر النمو العضلي التدريجي Duchenne Muscular Dystrophy، بالإضافة إلى مرض نزف الدم (الهيموفيليا) وعمى الألوان التي مرت معنا سابقاً.

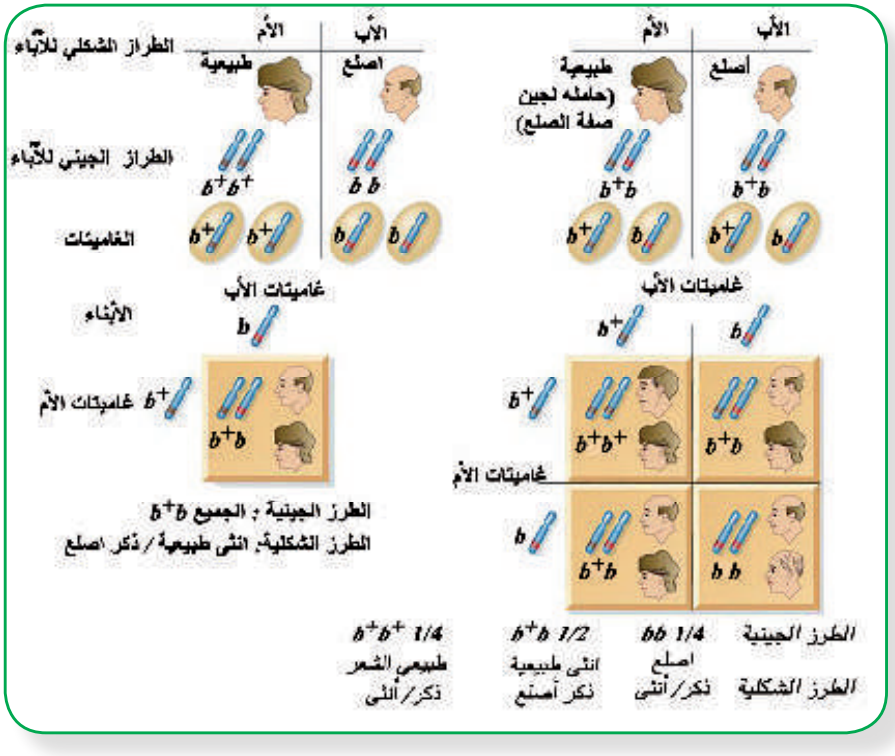
سؤال: أدرس الشكل (7) الذي يبين توارث مرض عسر النمو العضلي التدريجي في عائلة معينة، ما نسبة وجود ذكر مصاب؟



الشكل (7): توارث الإصابة لمرض عسر النمو العضلي التدريجي

2 .8 الصفات المتأثرة بالجنس Sex-Influenced Traits

هي الصفات التي تحمل جيناتها على الكروموسومات الجسمية، ولكنها تتأثر بالهرمونات الجنسية، ومن الأمثلة عليها صفة الصلع عند الإنسان. حيث يكون جين الصلع (b) سائداً على جين وجود الشعر الطبيعي (b^+) عند الذكور، أما عند الإناث فيكون جين وجود الشعر الطبيعي سائداً على جين الصلع. ألاحظ الشكل (8) كمثال على توارث هذه الصفة عند الإنسان.

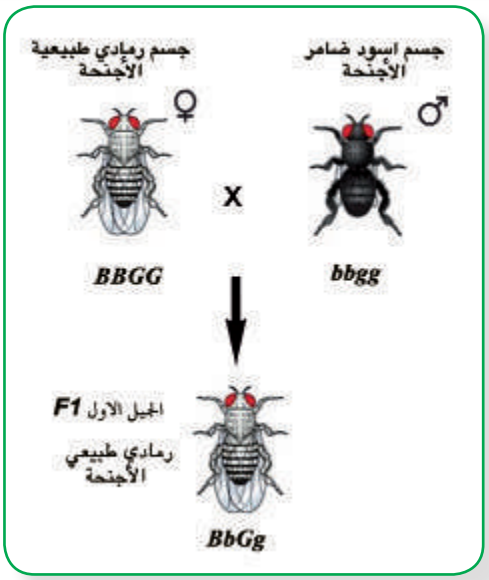


الشكل (8): وراثة صفة الصلع و تأثرها بالجنس

2 .9 الارتباط و العبور Linkage and Crossing Over

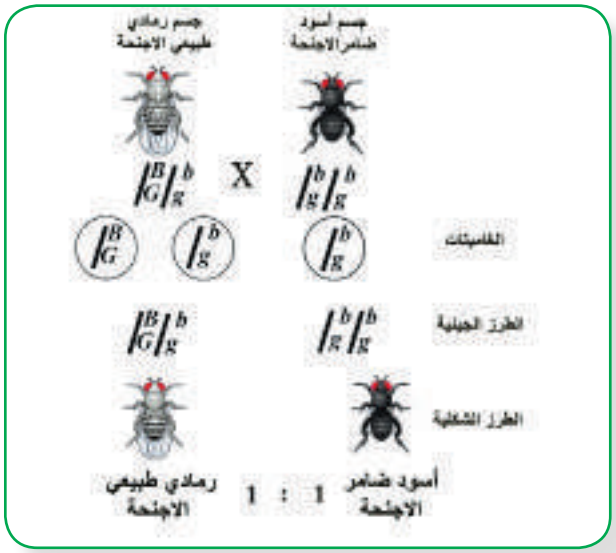
عرفنا مما سبق أن الصفات المندلية تحددها جينات موجودة على الكروموسومات، والتوزيع الحر لهذه الصفات ينبثق عن التوزيع الحر للكروموسومات أثناء الانقسام الاختزالي (المنصف). إلا أن هنالك بعض الصفات التي يمكن أن تقع جيناتها على الكروموسوم نفسه؛ أي أن جينين معينين يكونان مرتبطين.

أجرى العالم مورغان تزاوجاً بين أنثى ذبابة فاكهة *Drosophila melanogaster* تحمل الطراز الطبيعي Wild Type لجسم رمادي اللون وأجنحة طبيعية (يرمز للون الجسم الرمادي بالرمز(B) و للأجنحة الطبيعية بالرمز (G)) مع ذكر ذبابة فاكهة بجسم أسود و أجنحة ضامرة، (يرمز للون الجسم الأسود بالرمز (b) و للأجنحة الضامرة بالرمز (g)) فكان جميع أفراد الجيل الأول ذو جسم رمادي اللون وأجنحة طبيعية (BbGg). ألاحظ الشكل (9).



الشكل (9): تجربة مورغان على ذبابة الفاكهة

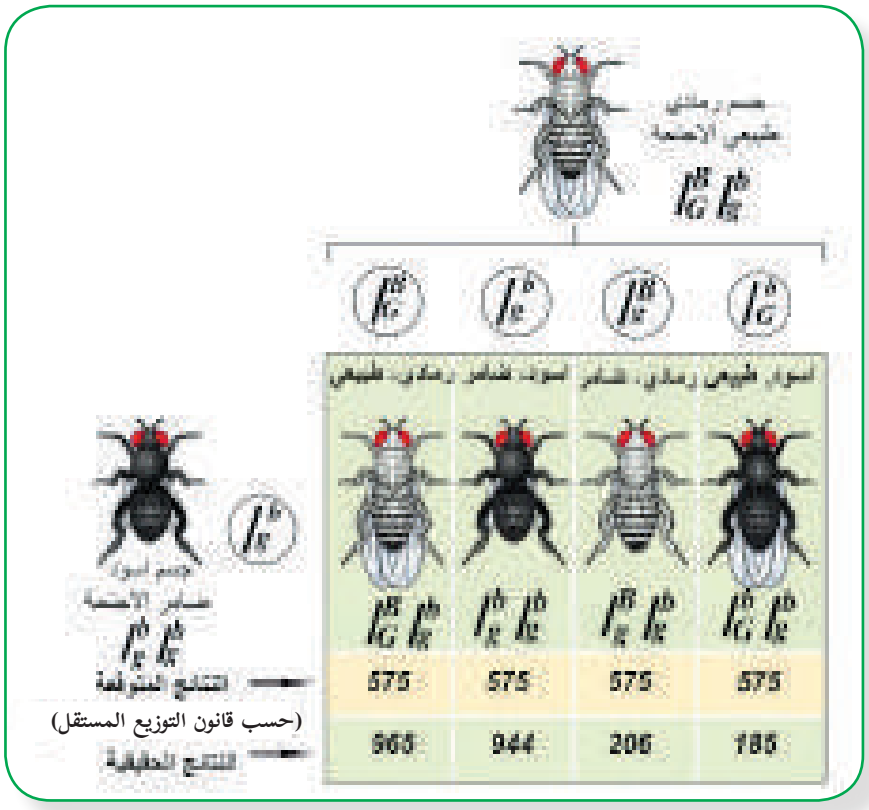
يمثل الشكل (11) تلقيح تجريبي لأفراد الجيل الأول (رمادي طبيعي الأجنحة مع أسود ضامر الأجنحة)، فظهر أفراد النسل بنسبة 1:1 رمادي اللون طبيعي الأجنحة إلى أسود اللون ضامر الاجنحة، كيف أفسر عدم ظهور نسبة 1:1:1:1 وذلك حسب قانون التوزيع المستقل، ألاحظ الشكل (10).



الشكل (10): نتائج تلقيح تجريبي لأفراد الجيل الأول توضح حالة ارتباط الجينات

نستنتج مما سبق أن الجينات المرتبطة Linked Genes هي تلك الجينات (عددها أكثر من زوج من الجينات) التي تقع على الكروموسوم نفسه، وتكون قريبة بعضها من بعض، ومرتبطة بعضها مع بعض؛ لذا فهي تورث معا كوحدة واحدة.

وفي تجارب أخرى حصل مورغان على تراكيب جينية جديدة. أنظر الشكل (11). أفسر نتائج هذه التجارب.



الشكل (11): التلقيح التجريبي لذبابة الفاكهة من تجربة مورغان

نستنتج مما سبق أن حالة الارتباط هذه يمكن أن تتغير عند تبادل أجزاء بين كروموسومين متماثلين بعملية العبور؛ ما يؤدي إلى إعادة تشكيل أو تركيب الأليلات.

و لحساب نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة نستخدم القانون الآتي:

$$\text{نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة} = \frac{\text{عدد أفراد التراكيب الجينية الجديدة}}{\text{عدد الأفراد الكلي}} \times (\%100)$$

سؤال: بالاعتماد على القانون السابق وتجربة مورغان، أحسب ما يلي:

أ- نسبة الأفراد التي تحمل التراكيب الأبوية.

ب- نسبة الأفراد التي تحمل التراكيب الجينية الجديدة.

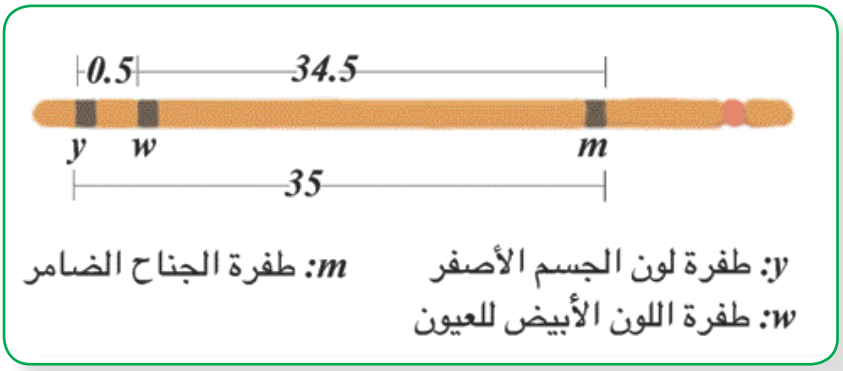
ملاحظة: تمثل الجينات المرتبطة على نفس الكروموسوم برسم خطوط عمودية.

10. 2 الخرائط الجينية Genetic Maps

لقد استفاد عالم الوراثة ألفريد ستورتيفانت Alfred Sturtevant وهو أحد تلامذة العالم مورغان من اكتشاف ارتباط الجينات وعملية العبور في بناء الخرائط الجينية، التي تمثل ترتيباً خطياً افتراضياً لمواقع الجينات على طول كروموسوم معين، وتُمثل هذه المسافات الافتراضية بواسطة أرقام لا تشير إلى المسافات الحقيقية بين الجينات وإنما لمسافات تقديرية اعتماداً على نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة الناتجة من عملية العبور. الوحدة المستخدمة للتعبير عن المسافات بين جينين في الخريطة الجينية هي السنتيمورغان.

كما يمكن أيضاً حساب نسبة الارتباط بين الجينين باستخدام المعادلة الآتية:

نسبة الارتباط = (100%) - نسبة تكرار التراكيب الجينية الجديدة



الشكل (12):خريطة جينية لكروموسوم رقم 1 في ذبابة الفاكهة

يوضح الشكل (12) خريطة جينية لكروموسوم رقم 1 في ذبابة الفاكهة، المسافة بين الجينين y و w هي 0.5 وحدة خريطة (سنتيمورغان)، والمسافة بين الجينين m و w هي 34.5 سنتيمورغان و المسافة بين الجينين y و m هي 35 سنتيمورغان.

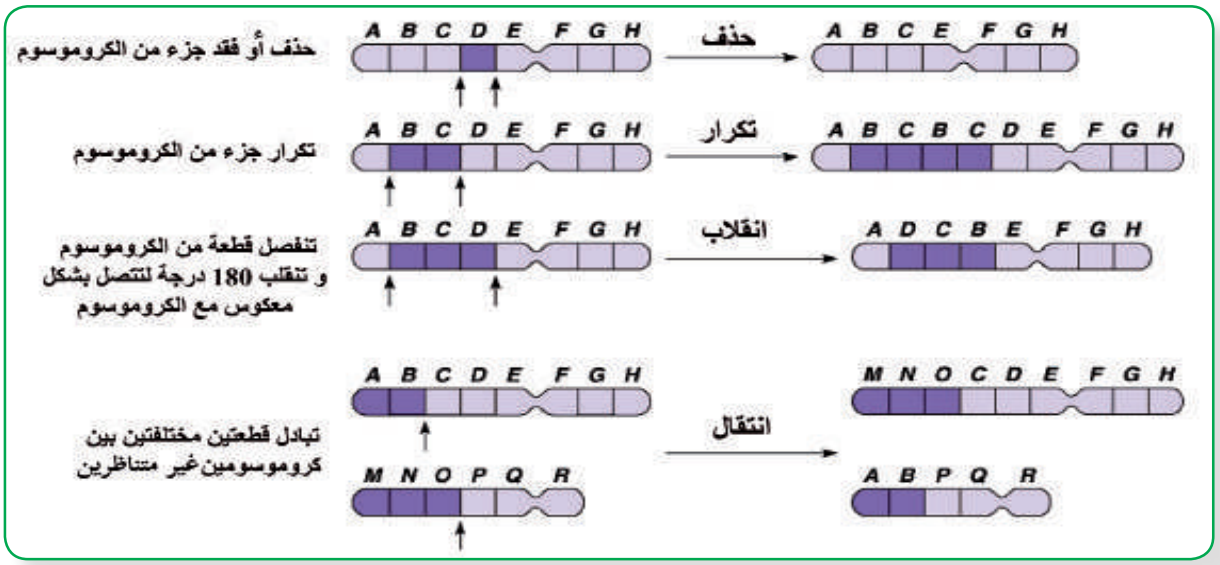
2. 11 الاختلالات الوراثية Genetic Disorders

في بعض الأحيان تؤدي الطفرات إلى تغيير في تسلسل نيوكليوتيدات لجين معين، بحيث يتم تغير التعليمات الخاصة (الشيفرة الوراثية) لصنع بروتين ما، وبالتالي يكون الناتج إما بروتيناً غير فعال لعدم بناء هذا البروتين بالشكل الصحيح أو عدم تصنيعه، كما تحدث أيضاً تغيرات في تركيب الكروموسومات وعددها، وهذا يؤدي إلى إمكانية حدوث حالة مرضية تسمى الاختلال الوراثي.

الطفرات الكروموسومية: وهي على نوعين:

أولا: تغيير في تركيب الكروموسوم Alteration in Chromosome Structure

أنظر الشكل (13) وألاحظ أنواع التغير في تركيب الكروموسومات.



شكل (13): طفرات التغير في تركيب الكروموسوم

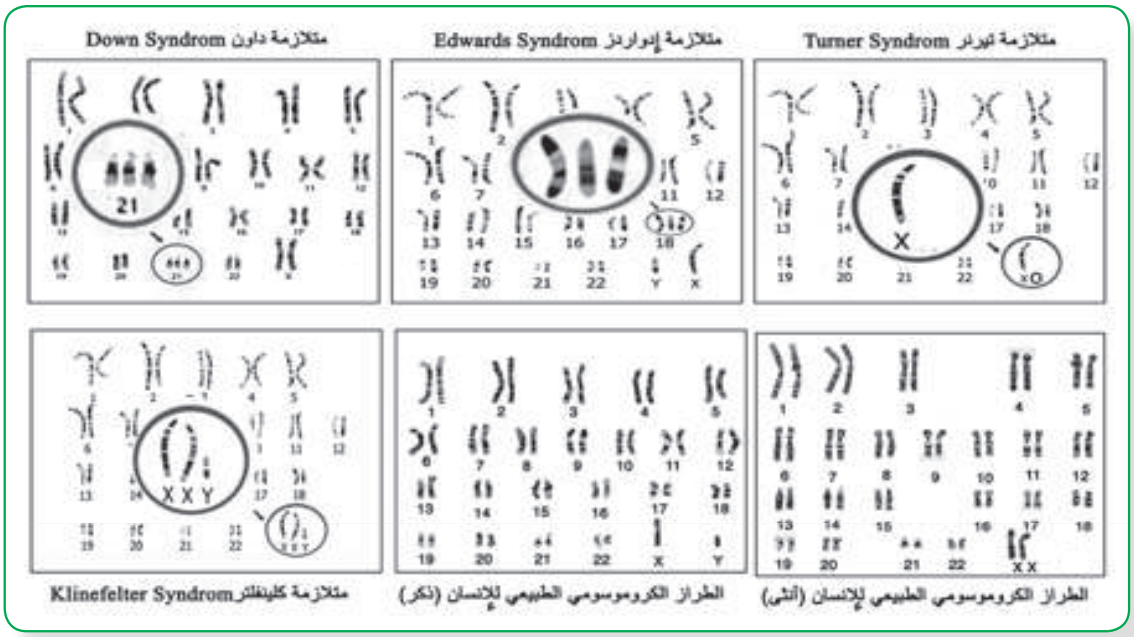
ثانياً: تغيير في عدد الكروموسومات Alteration of Chromosome Number

عندما يكون هناك تغيير في عدد الكروموسومات فإنه سوف يؤدي إلى أنواع مختلفة من الاختلالات الوراثية، وهي على النحو الآتي:

حالات عدم الانفصال Nondisjunction

يحدث في بعض الحالات عدم انفصال أحد أزواج الكروموسومات المتناظرة عن بعض أثناء الدور الانفصالي الأول من الانقسام المنصف، أو عدم انفصال الكروماتيدات الشقيقة عن بعض في الطور الانفصالي الثاني، وينتج عن ذلك تكون غاميت يحوي نسختين من الكروموسوم نفسه، وغاميت آخر لا يحتوي على أية نسخة من هذا الكروموسوم.

هنالك كثير من حالات عدم الانفصال عند الإنسان التي تَتَسبب في ظهور بعض الأمراض الوراثية. الشكل (14) يمثل تشخيص بعض المتلازمات الوراثية باستخدام الطراز الكروموسومي Karyotyping، حيث يتم صبغ الكروموسومات، وتصويرها ومقارنه عددها وحجومها مع عينة طبيعية.



الشكل (14) : الطرز الكروموسومية لبعض الاختلالات الوراثية

سؤال: أدرس الشكل (14)، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أقارن بين عدد الكروموسومات في الطراز الكروموسومي لمتلازمة داون مع الطراز الكروموسومي الطبيعي، وأفسر الاختلاف بينهما.

2. أي من الطرز الكروموسومية يحتوي على 3 كروموسومات جنسية؟

3. بالاعتماد على الطرز الكروموسومية، كيف يمكن تشخيص مريض مصاب بمتلازمة إدواردز، متلازمة تيرنر، و متلازمة كلينفلتر؟

الطفرات الجينية Gene Mutations

تغير دائم في تسلسل القواعد النيتروجينية، ومن الأمثلة على الاختلالات الوراثية التي لها علاقة بالطفرات الجينية:

1. **مرض فنيل كيتونيوريا Phenylketonuria (PKU)** ، مرض وراثي سببه طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 12
2. **مرض كرابي Krabbe Disease** ، مرض وراثي ناتج عن طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 14 .
3. **حمى البحر الأبيض المتوسط Familial Mediterranean Fever** ، مرض وراثي سببه طفرة جينية متنحية على الكروموسوم رقم 16 .

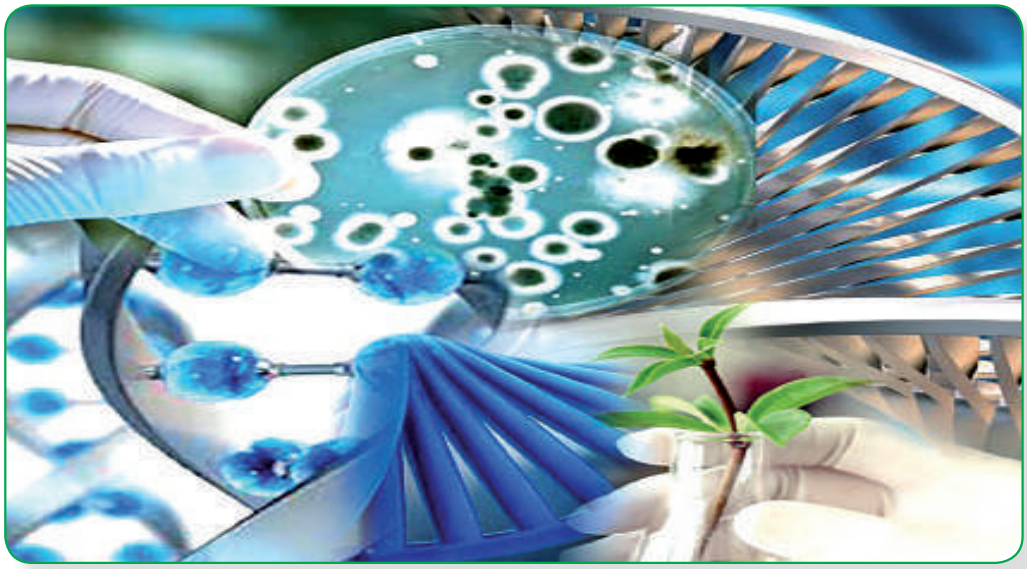
الفصل الثالث 3

تطبيقات في علم الوراثة Applications in Genetics

شملت تطبيقات علم الوراثة والتقانة الحيوية مجالات أساسية مختلفة في حياة الإنسان، كاستخدام الهندسة الوراثية في الأبحاث الخاصة في علاج الأمراض الوراثية، واستخدام الكائنات الحية الدقيقة لتصنيع الأدوية، وأيضاً تطوير الإنتاج الحيواني والنباتي والزراعي وتحسينه.

فما المقصود بالهندسة الوراثية؟ وما أهم التطبيقات المستخدمة ومحاذير استخدامها؟ هذه الأسئلة وغيرها سأتمكن من الإجابة عليها، بعد دراسة هذا الفصل، وسأكون قادراً على:

1. التعرف إلى مفهوم الهندسة الوراثية.
2. تعداد بعض تقنيات الهندسة الوراثية.
3. تصنيف تطبيقات الهندسة الوراثية.

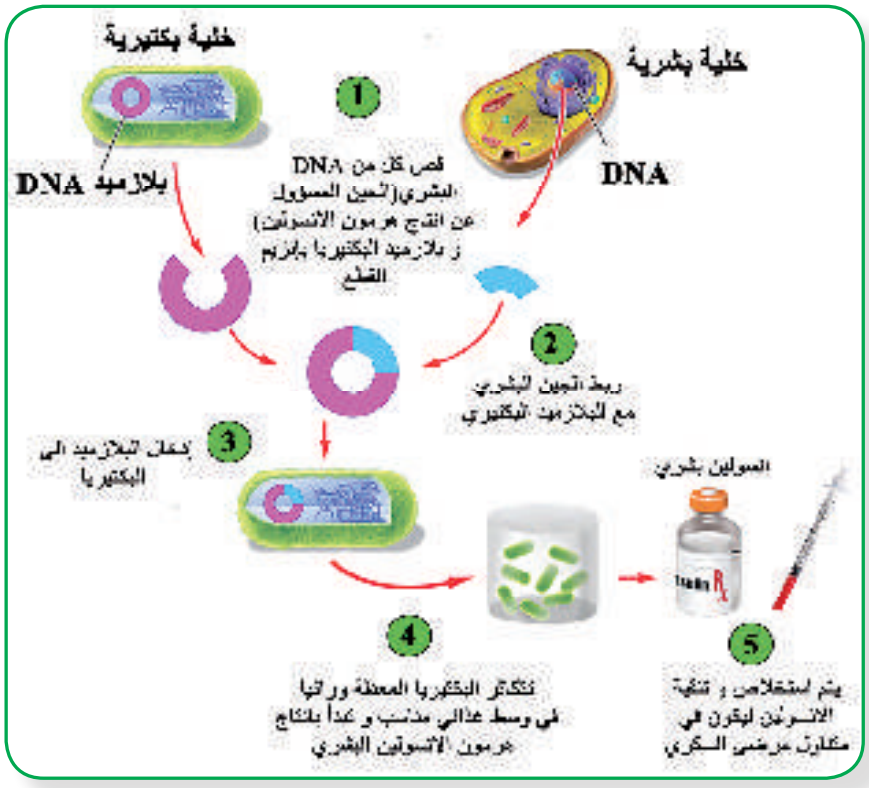


1.3 الهندسة الوراثية

وتعني التغيير المباشر لجينوم الكائن الحي باستخدام تطبيقات مختلفة في الوراثة والأحياء الجزيئية، هنالك العديد من التطبيقات المستخدمة لوصف الهندسة الوراثية كالتعديل الوراثي، DNA معاد التركيب Recombinant DNA Technology، واستنساخ الجينات (الاستنساخ الجزيئي). وتبرز أهمية هذه التقانات في نقل الجينات لإنتاج كائنات محسنة أو جديدة ذات أهمية طبية أو اقتصادية .فقد تمكن العلماء من الحصول على سلالات بكتيرية تعمل على إنتاج مواد لها تأثير طبي كهرمون الأنسولين ومحاصيل زراعية تقاوم ملوحة التربة والآفات الزراعية.

2. 3 تقنية DNA معاد التركيب Recombinant DNA Technology

أدرس الشكل (1) الذي يبين مراحل إنتاج مواد ذات أهمية طبية باستخدام تقانة DNA معاد التركيب ثم أجيب عن الأسئلة:



1. كيف أفسر اختيار البلازميد لحمل هذا الجين؟
2. أتتبع الخطوات الرئيسة لإنتاج هرمون الأنسولين.
3. أستنتج تعريف تقانة DNA معاد التركيب.

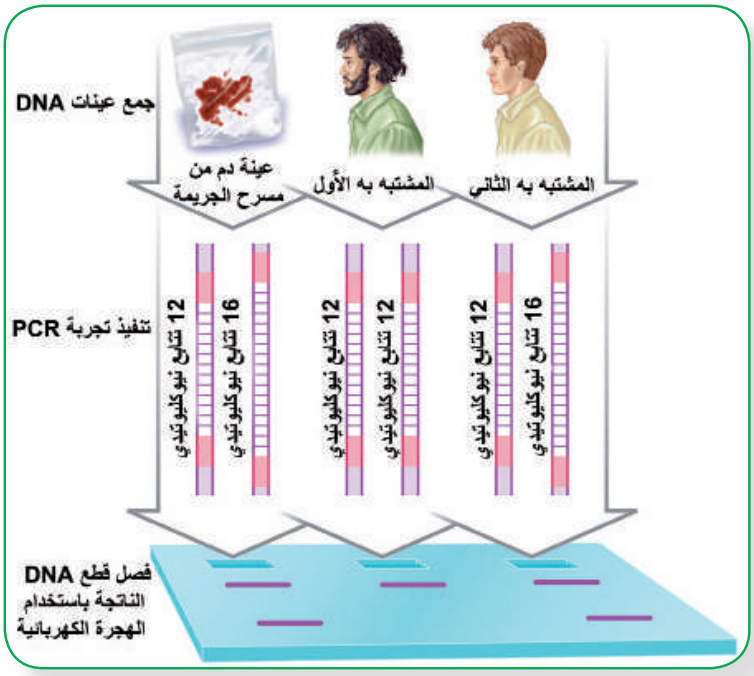
الشكل (1): تقانة DNA معاد التركيب لإنتاج مواد ذات أهمية طبية مثل الإنسولين

3 . 3 بصمة (DNA) DNA Fingerprinting

يحتوي الجينوم البشري على تتابع من نيوكليوتيدات مميِّزة للفرد الواحد، وتختلف من شخص لآخر، بعض هذه العلامات المميِّزة كتتابع الأنماط القصيرة Short Tandem Repeats (STRs)، التي قد تتكرر بشكل محدود، من الأمثلة على هذه العلامات المميزة تتابع ACAT، الذي يتكرر في جينوم شخص ما 30 مرة في موقع معين، في حين قد يتكرر في شخص آخر 18 مرة في نفس الموقع، حيث يسمى هذا التكرار المميز بالبصمة الوراثية. أنظر الشكل (2).

يتم في الوقت الحاضر الاستفادة من البصمة الوراثية في عمليات البحث الجنائي، وذلك بمقارنة مادة DNA المأخوذة من موقع الجريمة مع DNA الخاص بالمشتبه بهم لتحديد هوية الجاني، كما أن هذه العملية مهمة أيضاً في إثبات الأبوة أو نفيها، كما تستخدم في تحديد هوية ضحايا الكوارث كالحرائق وحوادث الطيران والحروب وغيرها. و يمكن الحصول على العينات من خلايا الدم البيضاء، والحيوانات المنوية، واللعاب، والشعر، والجلد، وبقايا الجثث.

سؤال: تم جمع عينات دم كدلائل من مسرح جريمة ما، مستعينا بالشكل (2)، أحدد أي المشتبه بهم هو الجاني؟ أفسر إجابتي.



الشكل (2): أحد تطبيقات البصمة الوراثية لتحديد هوية مرتكبي الجرائم

4. 3 تطبيقات في الهندسة الوراثية Applications of Genetic Engineering

للهندسة الوراثية تطبيقات في مختلف المجالات كالطب والبحوث والصناعة والزراعة، ويمكن استخدامها على مجموعة واسعة من النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة. ومن هذه التطبيقات ما يأتي:

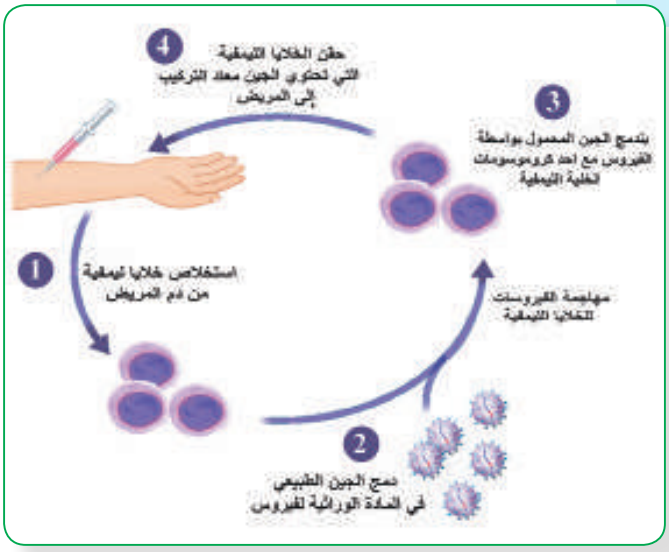
أولاً: مجال الطب وإنتاج العقاقير الطبية

علاج مرض انتفاخ الرئة الوراثي Genetic Emphysema الناتج عن نقص بروتين ألفا -1- أنتيتربسين Alpha -1- antitrypsin من خلال إنتاج أغنام معدلة وراثياً قادرة على إنتاج حليب يحوي هذا الأنزيم.

كما قام العلماء بتطوير نباتات أرز معدلة وراثياً لتعطي حبوب أرز ذهبية اللون، تحتوي على صبغة بيتا كاروتين، الذي تحتاجه أجسامنا لإنتاج فيتامين A، واستخدم هذا الأرز على نطاق واسع للوقاية من حالات العشى الليلي التي تصيب الأطفال في الدول التي يعتمد غذاؤها بصورة رئيسية على الأرز.

ثانياً: العلاج الجيني Gene Therapy

العلاج الجيني هو تقانة تجريبية تَستخدم الجينات لعلاج أو منع الإصابة ببعض الأمراض لاسيما الوراثية منها. في المستقبل، قد تسمح هذه التقانة للأطباء علاج الأمراض الوراثية عن طريق إدخال جين فعال في خلايا المريض ويكون قادراً على تشفير البروتين أو الأنزيم المفقود كبديل من استخدام الأدوية أو الجراحة، أنظر الشكل (3).



(3): مخطط لإحدى التقنيات المستخدمة في العلاج الجيني

تمكن العلماء باستخدام العلاج الجيني من علاج الطفرة التي تؤدي إلى نقص أنزيم أدينوسين دي- أمينيز Adenosine Deaminase (ADA) المهم في تفاعلات الهدم الخاصة بالقواعد النيتروجينية من نوع بيورين. نقص هذا الأنزيم يؤدي إلى تراكم البيورينات في الجسم، ويشكل أحد مسببات مرض نقص المناعة المشترك الشديد (سكيد SCID) Severe Combined Immunodeficiency الذي يتميز بضعف الاستجابات المناعية، والالتهابات المتكررة، كما أن نقص هذا الأنزيم يسبب اختلالاً في عمل الكبد والجهاز العصبي.

ورقة عمل

السؤال الأول: اختار رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :

1. ما الاختلاف بين السيادة غير التامة والسيادة المشتركة ؟
   أ. السيادة غير التامة يتحكم فيها ثلاث أليلات والسيادة المشتركة يتحكم بها اليلان
   ب. الصفة الوسطية في السيادة غير التامة تظهر من اجتماع جين سائد مع متنحي بينما المشتركة تظهر من اجتماع جينين سائدين
   ج. اجتماع جينين سائدين معا يؤدي الى ظهور صفة وسطية في السيادة الغير تامة وظهور تاثير الجينين معا في المشتركة
   د. اجتماع سائدين معا يؤدي الى ظهور تاثير الجينين معا في السيادة غير التامة وظهور صفة وسطية في المشتركة .

2. ما سبب الاختلاف بين فصائل الدم ؟
   أ. نوع الانتجين على سطح خلايا الدم الحمراء
   ب. اختلاف موقع الاليلات على الكروموسوم قم 9
   ج.نوع الانتجين في بلازما الدم
   د. نوع الاجسام المضادة على سطح خلايا الدم الحمراء.

3. اي من الاتية تمثل سببا لاصابة الشخص بمرض التفول ؟
   أ. نقص انزيم فنيل الانين هيدروكسليز
   ب. نقص انتاج بروتين ديستروفين
   ج. نقص انتاج انزيم ادينوسين دي اميليز
   د. نقص انتاج انزيم نازع هيدروجين الغلوكوز -6-فوسفات.

4. ما اقل نسبة ارتباط في الخريطة الجينية التالية A 4 D 5 B 3 R ؟
   أ. 12%
   ب. 78%
   ج. 88%
   د. 96%

5 . ما النمط الوراثي الذي يفسر ترجمة الطراز الجيني غير متماثل الاليلات الى طرز شكلية مختلفة عند الذكور والاناث ؟
   أ. الصفات المتاثرة بالجنس
   ب. الجينات المتعدد
   ج. الاليلات المتعدة
   د. الصفات المرتبطة بالجنس

6. اي الاجهزة الاتية يؤثر عليها مرض هنتنغتون ؟
   أ. الهضمي
   ب. التناسلي
   ج. العصبي
   د. الدوراني

7. ما احتمال ظهور فرد طرازه الجيني AaBb لابوين احدهما AAbb والثاني AaBb مع العلم ان الجينان A,b محمولان على نفس الكروموسوم ومع فرض عدم حدوث عملية العبور ؟
   أ. 1/2
   ب. 1/4
   ج. 1/8
   د. صفر

8. ما التركيب الكروموسومي لذكر مصاب بمتلازمة ادوارد؟
   أ. XXY+44
   ب. XY+45
   ج. XY+44
   د. XY+46

السؤال الثاني :

تزوج شاب غير معروف الطراز الشكلي والده سليم من نزف الدم (R) طبيعي الشعر , من فتاة سليمة من نزف الدم طبيعية الشعر , فولد لهما طفلة مصابة بمرض نزف الدم وعند بلوغها تساقط شعرها وفصلية دمها O ومن خلال الفحص المخبري تبين انه لا يستطيع أي من الوالدين التبرع بالدم, واحتواء دم الام على الانتجين A اكتب :

1. الطراز الشكلي للاب
2. الطراز الجيني للشاب والفتاة
3. ما احتمال انجاب طفل سليم من المرض طبيعي الشعر وفصيلة دمه B

السؤال الثالث:

في أحد أنواع الحيوانات لون الجسم وطول الذيل صفتان مرتبطتان على نفس الكروموسوم، وعند إجراء تزاوج بين ذكر أسود اللون طويل الذيل مع أنثى بيضاء اللون قصيرة الذيل كانت الأفراد الناتجة تحمل الصفات والنسب التالية:

(45.5 %) أفراد سوداء اللون طويلة الذيل (45.5 %) أفراد بيضاء اللون قصيرة الذيل

(4.5 %) أفراد بيضاء اللون طويلة الذيل (4.5 %) أفراد سوداء اللون قصيرة الذيل

فإذا علمت أن جين اللون الأسود (B) سائد على جين اللون الأبيض (b)، وأن جين الذيل الطويل (T) سائد على جين الذي القصير (t)، أجب:

1. ما الطرز الجينية لجاميتات الأبوين للصفتين معاً؟
2. فسّر سبب ظهور هذه النسب.
3. ما المسافة بين جيني الصفتين على الكروموسوم ؟

السؤال الرابع:

جرى تلقيح بين نباتين أحدهما أملس البذور زهري الأزهار، والآخر غير معروف الطراز الشكلي، ثم جمعت البذور الناتجة وزرعت فكانت الطرز الشكلية للنباتات الناتجة كما يلي:

ملساء البذور زهرية الأزهار (4) مجعدة البذور حمراء الأزهار (2)

مجعدة البذور زهرية الأزهار (4) ملساء البذور بيضاء الأزهار (2)

ملساء البذور حمراء الأزهار (2) مجعدة البذور بيضاء الأزهار (2)

فإذا رمز لجين صفة البذور الملساء بالرمز (A) ولجين البذور المجعدة بالرمز (a)، ورمز لجين صفة الأزهار الحمراء بالرمز(R) ولجين الأزهار البيضاء بالرمز (W)، أجب:

1. ما نوع الوراثة في كل من الصفتين؟
2. ما الطرز الجينية لكل من النباتين (الأبوين) للصفتين معاً؟
3. ما احتمال ظهور نباتات مجعدة البذور بيضاء الأزهار من بين النباتات الناتجة جميعها؟

اختبار

السؤال الأول: اختار رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :

1. كم عدد أنواع الغاميتات التي تنتج عن الطراز الجيني AAMmBbrr ؟

أ) 2 ب) 4 ج) 8 د) 16

2. كم عدد أنواع الطرز الجينية الناتجة من تزاوج فردين أحدهما يحمل الطراز الجيني AaBbmm والآخر يحمل الطراز الجيني AABbMm ؟

أ) 16 ب) 12 ج) 4 د) 3

3. ما نمط الوراثة الذي يفسر ترجمة الطراز الجيني (Dd) لدى نوع من أنواع الغزلان إلى أنثى بقرون وذكر بدون قرون ؟

أ) الصفات المتأثرة بالجنس ب) الصفات المرتبطة بالجنس

ج) الجينات المتعددة د) الأليلات المتعددة

4. إذا كانت نسبة الارتباط بين الجينين E و F تساوي 85 % , كم تساوي نسبة العبور بينهما ؟

أ) 85% ب) 25% ج) 20 % د) 15%

5. أجري تلقيح بين نوعين من الأحصنة كلاهما مبرقع اللون (يجمع اللونين الأبيض والأسود) , ما احتمال ظهور أنثى حصان (فرس) سوداء اللون في أفراد الجيل الأول ؟

أ) 1/4 ب) 1/8 ج) 1/2 د) 1

6. البويضة المخصبة التي تحتوي على ثلاث نسخ من الكروموسوم رقم (21) إلى أي متلازمة تتطور ؟

أ) داون ب) ادواردز ج) تيرنر د) أنثى ثلاثية الكروموسوم الجنسي

7. إذا كانت فصيلة دم الأب (AB) وفصيلة دم الأم (O) فما نسبة احتمال انجاب طفل ذكر فصيلة دمه A ؟

أ) 100% ب) 50% ج) 25% د) صفر%

8. على أي متلازمة يدل الطراز الجيني (XO) ؟

أ) تيرنر ب) كلينفلتر ج) ادواردز د) داون

9. كم عدد أنواع الطرز الشكلية المتكونة من تزاوج فردين أحدهما يحمل الطراز الجيني aabbdd والآخر يحمل الطراز الجيني AABBDD (علما بأنها صفات مندلية) ؟

أ) 8 ب) 4 ج) 2 د) 1

10. ما نوع مولدات الضد الموجودة على سطح خلايا الدم الحمراء لشخص فصيلة دمه A ؟

أ) B ب) A ج) A, B د) لا يوجد

11. تزوج شاب بشعر من أنثى بشعر (غير متماثلة الجينات) , ما احتمال انجاب طفل ذكر أصلع من بين الأبناء ؟

أ) 1/4 ب)1/2 ج) 3/4 د) 1

السؤال الثاني

أ) حصل تزاوج بين ذكر ثعلب أبيض الفرو طويل الذيل مع أنثى مجهولة الطراز الشكلي للصفتين , فكانت أفراد الجيل الناتج كمايلي :

جميع الذكور سوداء الفرو — جميع الإناث رمادية الفرو

(6) ذكور وإناث طويلة الذيل — (3) ذكور وإناث قصيرة الذيل

(استخدم الرمز T لجين طويل الذيل , والرمز t لجين قصير الذيل , والرمز W للأبيض , B للأسود) أجب عما يلي:

1- اكتب الطرز الجينية للأبوين للصفتين معا . 2- اكتب الطرز الجينية لغاميتات الذكر

3- اكتب الطراز الشكلي للأنثى

4- ما احتمال ظهور أنثى ثعلب بيضاء الفرو طويلة الذيل .

5- ما نوع الوراثة للصفتين .

السؤال الثالث

أ) في نوع من عصافير الزينة صفة لون الريش وشكل المنقار صفتان مرتبطتان على نفس الكروموسوم , حصل تزاوج بين ذكر طائر أحمر الريش مدبب المنقار , مع أنثى بيضاء الريش عريضة المنقار , فكانت الأفراد الناتجة تحمل الطرز الشكلية بالنسب الآتية :

41.5% عصافير حمراء الريش مدببة المنقار

41.5% عصافير بيضاء الريش عريضة المنقار

8.5% عصافير حمراء الريش عريضة المنقار

8.5% عصافير بيضاء الريش مدببة المنقار

1-ما تفسير ظهور النسب السابقة

2- اكتب الطرز الجينية لغاميتات الذكر

3- ما المسافة بين جيني الصفتين

4- علل: ظهور النسبة 3: 1 بدلا من النسبة 9: 3 : 3 : 1 عند اجراء تلقيح (تزاوج) بين صفتين سائدتين غير نقيتين مع صفتين سائدتين غير نقيتين .

(مستخدما الرمز R لجين اللون الأحمر , r لجين اللون الأبيض , D لجين المنقار المدبب , d لجين المنقار العريض)

السؤال الرابع :

تزوّج رجل فصيلة دمه (B) من فتاة فصيلة دمها (A) سليمة من مرض عمى الألوان، فأنجبا طفلة فصيلة دمها (O) مصابة بمرض عمى الألوان، فإذا علمت أن جين الرؤية الطبيعية (R) سائد على جين عمى الألوان (r)، أجب:

1. ما الطراز الشكلي للأب بالنسبة لصفة عمى الألوان ؟
2. اكتب الطراز الجيني للأبوين وللطفلة (للصفتين معاً).
3. ما احتمال إنجاب ذكر فصيلة دمه (AB) سليم من مرض عمى الألوان؟
4. ما نوع وراثة مرض عمى الألوان؟