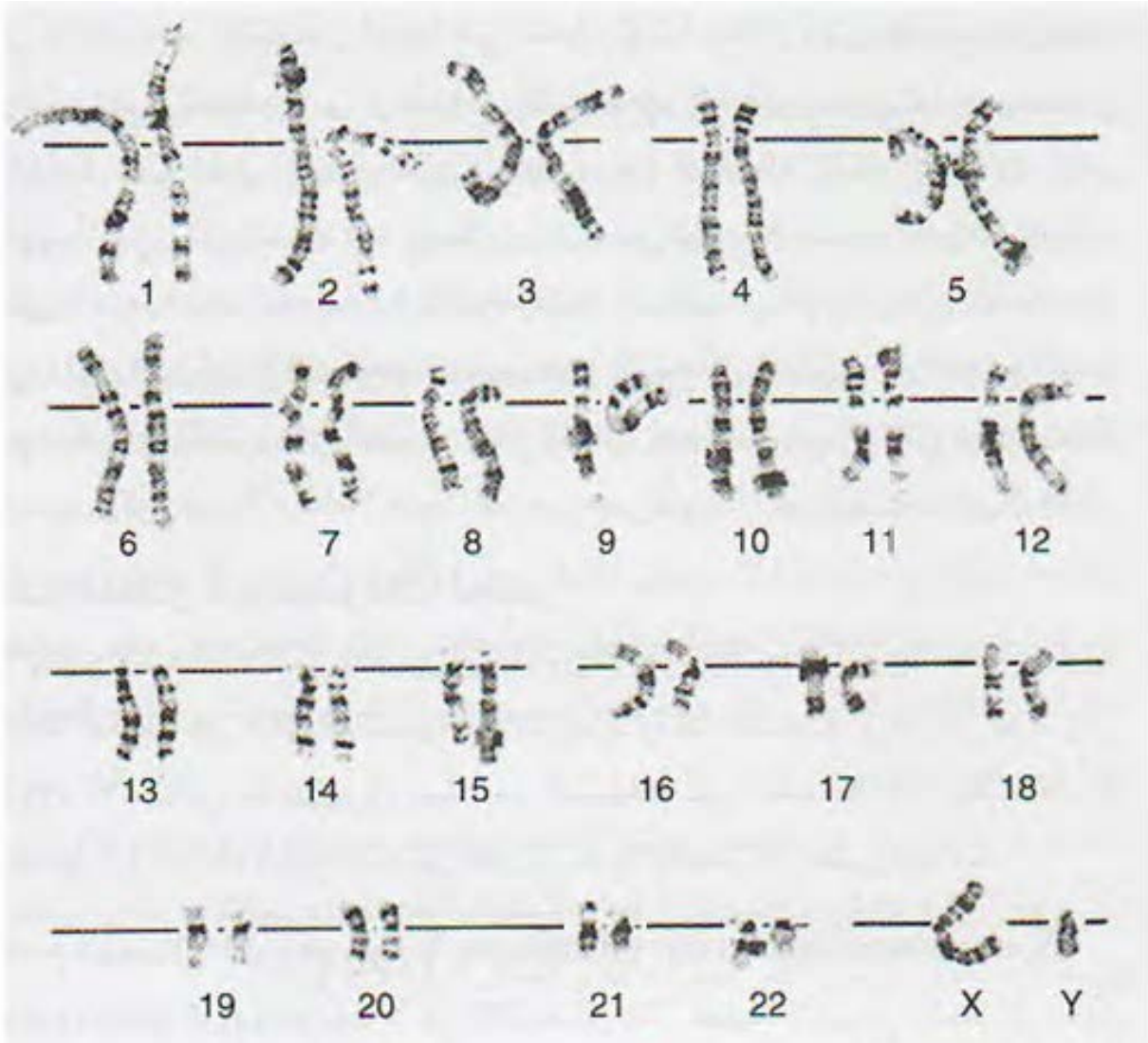


طلبة البكالوريوس
والمعاهد العليا

الوراثة Genetics



إعداد: أ. فتحي البوعيشي

عضو هيئة التدريس بقسم النبات / كلية العلوم / جامعة الزاوية

Email: fathi66.fa@gmail.com

المحاضرات

المحاضرة الأولى:

علم الوراثة Genetic - تطور علم الوراثة - أهمية الوراثة التطبيقية - الجين - كيمياء المورثات

المحاضرة الثانية:

قوانين مندل في الوراثة (قانون الانعزال) - تفسير قانون مندل الأول - استخدام مربع Punnet

المحاضرة الثالثة:

قانون التوزيع الحر - السيادة الناقصة - السيادة التعادلية - السيادة الفوقية

المحاضرة الرابعة:

التلقيح الاختباري - المورثات المميتة - النظرية الكروموسومية في الوراثة

المحاضرة الخامسة:

عرض فيديو

المحاضرة السادسة:

الاحتمالات في الوراثة

المحاضرة السابعة:

امتحان نصفي أول

المحاضرة الثامنة:

الكروموسومات الجنسية (تحديد الجنس عن طريق كروموسومات الجنس - الحالات غير العادية

لكروموسومات الجنس) - اثر الهرمونات على تعبير الجنس

المحاضرة التاسعة:

الوراثة المرتبطة بالجنس - الجينات المرتبطة بالجنس - الارتباط بالجنس في الإنسان - الأسس

الكروموسومية للارتباط بالجنس

المحاضرة العاشرة:

الجينات المحددة بالجنس - استثناءات نظرية الوراثة الكروموسومية - الشذوذ الصبغي

المحاضرة الحادية عشر:

تقنية الجينات ورسم الخرائط الوراثية

المحاضرة الثانية عشر:

امتحان نصفي ثاني

علم الوراثة Genetic:

هو علم دراسة المورثات (الجينات) gene، والصفات الوراثية التي تنتقل من الآباء للأبناء عن طريق المورثات، كما يدرس تباين الأنواع واختلاف صفاتهم نتيجة اختلاف المادة الوراثية (الصبغيات Chromosomes) بدأ علم الوراثة على يد العالم المشهور مندل بدراسة انتقال الصفات الوراثية من الآباء للأبناء ونسب توزيعها بين أفراد الأجيال المختلفة. يعرف هذه الدراسات الآن بعلم الوراثة الكلاسيكي. لكن التقنيات الحديثة سمحت لعلماء الوراثة حالياً باستقصاء آلية عمل الجينات ومعرفة التسلسل الدقيق للأحماض الأمينية ضمن (DNA) و (RNA) المادة الوراثية ليقوموا بعد ذلك بربط هذا التسلسل بالمورثات، وقد سمح هذا بإتمام واحد من أضخم مشاريع القرن العشرين: وهو مشروع الجينوم البشري .

تطور علم الوراثة:

نشر مندل تقريراً عن عمله في عام 1866م. وظل هذا التقرير مجهولاً حتى عام 1900م عندما أعاد ثلاثة علماء نبات أوروبيين، كل على حدة، اكتشافه أثناء تجاربهم حول الوراثة . قد أجرى هؤلاء العلماء . وهم الهولندي هوجو دو فريس، والألماني كارل كونز، والنمساوي إيريخ فون تشيرماك . تجارب على النباتات، وتوصلوا إلى نفس ما توصل إليه مندل من نتائج. وتلا ذلك عدد من الاكتشافات الوراثية الهامة. فخلال أوائل القرن العشرين، اكتشفت مجموعة من العلماء بجامعة كولومبيا في نيويورك سيتي، بقيادة توماس هنت مورجان، عدداً من المبادئ الوراثية المهمة. وقد درس مورجان ومجموعته، التي تألفت من كالفن بريدجز وهيرمان مولر وألفرد ستيرتفانت، توارث سمات مثل لون العيون وشكل الأجنحة في ذبابة الفاكهة، وبيّنوا أن المورثات توجد في الصبغيات، وصمّموا أول خريطة وراثية، وأوضحوا انتقال المورثات عبر الصبغيات الجنسية، واكتشفوا العبور الوراثي، وفي عام 1931م، أوضحت عالمة الأحياء الأمريكية باربارا ماكلنتوك أن العبور الوراثي ينطوي على تبادل عضوي لمادة الصبغيات.

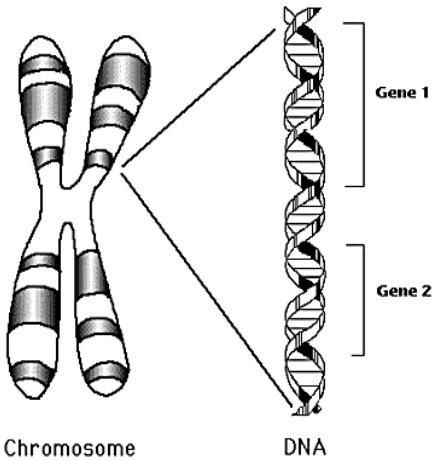
أهمية الوراثة التطبيقية:

1. إنتاج سلالات قوية من الحيوانات الداجنة .

2. إمدادنا طبياً بالمعلومات عن الأمراض الوراثية وكيفية الوقاية منها.

3. دراسة التشوهات الخلقية وتقديم الاستشارات الوراثية .

4. إنتاج نباتات مقاومة للأمراض وذات محصول وفير .



شكل (1) Genes

والمعلومات الوراثية بشكل عام تكون محمولة ضمن الصبغيات chromosome الموجودة في نواة الخلايا وتحوي ضمنها DNA الحامل الأساسي للمورثات genes. وتقوم الجينات بتشفير encode المعلومات الضرورية لتصنيع سلاسل الأحماض الأمينية amino-acid sequences التي تدخل في تركيب البروتينات المختلفة، هذه البروتينات تلعب دوراً كبيراً في تحديد النمط الظاهري phenotype النهائي للكائن organism . عادة في الأحياء ثنائية الصيغة Diploid أحد النسخ الجينية (اليل) Allele المسيطرة سوف تغطي بصفاتهما على صفات الجينة (الضعيفة) recessive.

الجين: هي الوحدات الأساسية للوراثة في الكائنات الحية (جزء من DNA) محمولة على الكروموسومات وتنتقل من جيل إلى جيل آخر بواسطة الأمشاج المذكرة والمؤنثة، وتتحكم الجينات في نمو صفات الفرد المتكون بالتالي فإن المورثات هي من تحدد تطور وسلوكيات الكائن، والفوارق بين أفراد الجنس الواحد يمكن أن تعزى للفوارق في المورثات التي تحملها هذه الأفراد، تنتقل المادة الوراثية من جيل لآخر، خلال عملية التكاثر reproduction، بحيث يكتسب كل فرد جديد نصف مورثاته من أحد والديه والنصف الآخر من الوالد الآخر. في بعض الحالات يمكن للمادة الوراثية أن تنتقل بين أفراد غير أقرباء بعمليات مثل transfection أو عن طريق الفيروسات.

الجين السائد: هو الجين الذي يطغى أثره على الجين المتنحي عند اجتماعهما في خلايا الكائن الحي ويرمز له بحرف لاتيني كبير.

الجين المتنحي: الجين الذي يخفي تأثيره عندما يجتمع مع جين سائد ويرمز له بحرف لاتيني صغير.

السيادة التامة (الرجحان التام لصفة وراثية): عندما تجتمع مورثتان متقابلتان متخالفتان معاً في نمط واحد فالمورثة السائدة تعبر عن نفسها ظاهرياً وهذا ما يسمى (السيادة التامة).

الصفة السائدة: هي الصفة الوراثية التي تظهر في الطراز الشكلي للجيل الأول نتيجة تزواج كائنين يختلفان عن بعضهما في زوج الصفات المتضادة ويرمز لها بحرف لاتيني كبير.

الصفة المتنحية: هي الصفة الوراثية التي لا تظهر في الطراز الشكلي للجيل الأول وتظهر في الجيل الثاني ويرمز لها بحرف لاتيني صغير.

الصفات المرتبطة بالجنس: صفات تحددها جينات متنحية محمولة على الكروموسوم الجنسي X

الطرز الجينية (Genotype): الصفات الوراثية التي يحملها الفرد على شكل جينات. بمعنى أن الطراز الجيني هو تركيب الجينات في الفرد. وهو المسؤول عن تكوين الطراز الشكلي (المظهري).

الطرز الشكلية (Phenotype): صفات الكائن الحي المظهرية التي نراها بالعين (مثل الطول والقصر) أو الوظيفية أو التركيبية الناتجة عن تأثير الجينات وعوامل البيئة.

الكروموسومات: تراكيب خيطية الشكل، موجودة داخل النواة تحتوي على مادة DNA المسؤولة عن حمل الجينات الوراثية. يتكون الكروموسوم من 60% بروتين الهستون، 35% RNA، و5% DNA وتسمى المادة الوراثية التي تحملها الكروموسومات بالجينات.

الكروموسومات الجنسية: هي الكروموسومات التي تحدد جنس الفرد ذكراً أم أنثى في الذكر XY وفي الأنثى XX.

متخالف الجينات " خليط " Heterozygous: هو الفرد الذي يحتوي في تركيبه الوراثي على جينات وراثية مختلفة وبالرموز Rr أو Tt مثلاً.

متمائل الجينات Homozygous: هو الفرد الذي يحتوي في تركيبه الوراثي على عوامل وراثية (جينات) متماثلة بالرموز RR أو rr مثلاً

المرض الوراثي: مرض ينتج من وجود خلل جيني أو خلل في التركيب الكروموسومي أو العدد الكروموسومي في الخلية التناسلية .











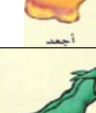








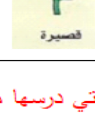

النبات الهجين (خليط / غير نقي): هو نبات يحمل جينين لصفة ما أحدهما سائد والآخر متنح ويرمز لهما بحرف لاتيني كبير وآخر صغير لنفس الحرف.

كيمياء المورثات:

أصبحت كيمياء المورثات محط اهتمام أبحاث كثيرة منذ عام 1940م. وبحلول أوائل خمسينيات القرن العشرين كان العلماء قد أثبتوا أن المورثات تتحكم في التفاعلات الكيميائية في الخلية بتوجيه إنتاج الإنزيمات وغيرها من البروتينات، وحددوا أن DNA هو المادة الوراثية.

في عام 1953م، اقترح عالمان، هما الأمريكي جيمس واتسون والبريطاني فرانسيس كريك، نموذجاً للتركيب الكيميائي السلمي لـ DNA أي الحلزون المزدوج. وكان نموذجهم نقطة تحول في مجال الوراثة حيث أوضحوا لأول مرة كيفية تناسخ DNA. فقد بين العالمان أن DNA يتناسخ بالانشطار طويلاً عند منتصفه، وبناء سلمين باستكمال بناء نصفي السلم المنشطر، واقترح العالمان أيضاً أن الطفرة تنتج عن تغيير في تسلسل القواعد على امتداد السلم.

• **قوانين مندل في الوراثة:** اشتملت تجارب مندل على دراسة توارث سبع من صفات نبات البازلاء كما في الجدول التالي:

الجيل الأول	المتنحية	السائدة	الصفة
 أحمر	 أبيض	 أحمر	لون الزهرة
 جانبي	 طرفي	 جانبي	موضع الزهرة
 أصفر	 أخضر	 أصفر	لون البذرة
 أملس	 أجمد	 أملس	شكل البذرة
 أملس	 أجمد	 أملس	شكل القرن
 أخضر	 أصفر	 أخضر	لون القرن
 طويلة	 قصيرة	 طويلة	طول الساق

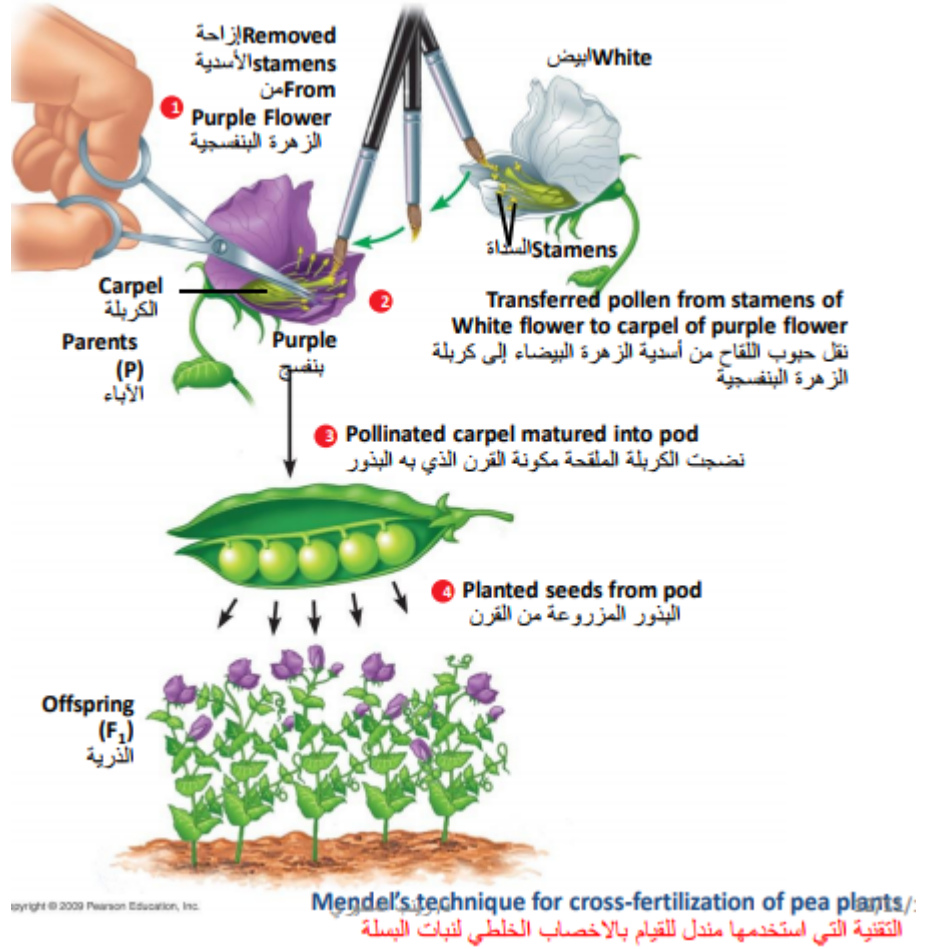
إن كل صفة تتضمن (سمتين) متضادتين يسهل تمييزها، فمثلاً يكون طول الساق قصيراً أو طويلاً، وهكذا لجميع الصفات ، ودرس مندل كيفية توارث الصفات في نبات البازلاء ، وكان موقفاً في ذلك لأن نبات البازلاء من صفاته:

1. إمكانية حدوث التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي في زهرة البازلاء لأنها خنثى.
2. النباتات تحمل صفات متقابلة (المتضادة) يسهل تمييزه ا.
3. سهولة زراعة نبات البازلاء وسرعة نموه.
4. قصر دورة حياة النبات (حوالي 3 أشهر).

درس مندل توارث كل زوج من أزواج الصفات الوراثية المتضادة على حدة متبعاً خطوات علمية محددة. ولتوضيح كيفية قيام مندل بتجاربه:

جدول (1): الصفات السبع التي درسها مندل في تجاربه

في زهرة البازلاء يحيط التويج بالمتك المذكر (يحتوي حبوب اللقاح ويعطي المشيج المذكر الأحادي الكروموسومات) والكربلة (تحتوي المبيض وتعطي البويضة الأحادية الكروموسومات). لذا فإن الإخصاب يحدث بسهولة، بجمع حبوب اللقاح من زهرة ووضعها على زهرة أخرى منزوعة المتك. وقد نتج من هذا التزاوج بذوراً هجينة أعطت في الجيل الأول نباتات تحمل الصفة السائدة.

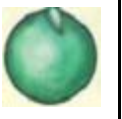




فمثلاً عند دراسة صفة الطول:

1. زرع نبات البازلاء طويلة الساق والنباتات قصيرة الساق لأجيال عدة للتأكد من نقاء هذه الصفات . وقد أمكن ذلك بعملية التلقيح الذاتي self-pollination لهذه النباتات ولأجيال عدة.
2. زرع بذور هذه النباتات وقام مندل بإجراء تلقيح خلطي cross-pollination وذلك بنقل حبوب اللقاح من متوك نباتات طويلة الساق إلى مياسم النباتات قصيرة الساق وعكس العملية في تجارب أخرى.
3. زرع البذور الناتجة عن التلقيح الخلطي فوجد أن النباتات الناتجة جميعها كانت طويلة الساق وهي أفراد الجيل الأول (F1) first filial generation.
4. ترك مندل نباتات الجيل الأول تتلقيح ذاتياً ويزرع البذور الناتجة حصل على نباتات طويلة وأخرى قصيرة بأعداد مختلفة، بنسبة عددية تقريباً 3:1 (طويلة : قصيرة) وتمثل هذه النباتات أفراد الجيل الثاني Second filial (F2) generation.

تفسير نتائج تجارب مندل:

1. مبدأ السيادة التامة Principle of dominance :

1	3	3	9
			

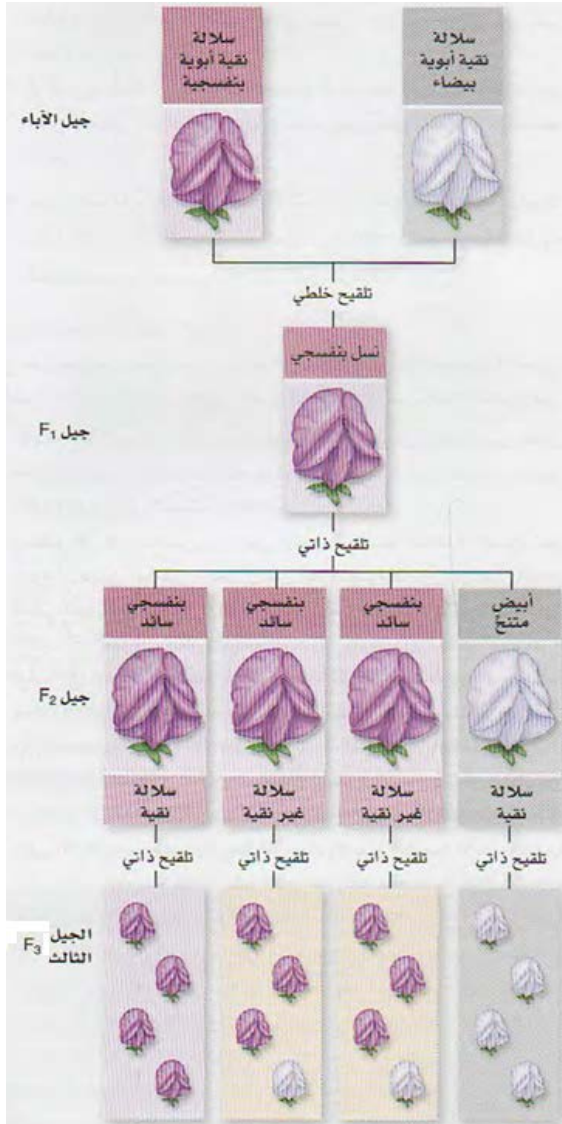
كرر مندل تجاربه على الصفات السبع، وحصل على النتائج نفسها، ولاحظ إن إحدى الصفتين تختفي في الجيل الأول، ثم تظهر الصفتان المتضادتان معاً في الجيل الثاني بنسبة عددية 3:1 تقريباً. وسمّى الصفة التي تظهر في جميع أفراد الجيل الأول صفة سائدة dominant trait وسمّى الصفة المضادة التي تختفي في أفراد الجيل الأول صفة متخفية recessive trait ويسمى ظهور

صفة وراثية (سائدة) في أفراد الجيل الأول عند تزواج فردين يحمل كلاهما صفة وراثية نقية مضادة للصفة التي يحملها الفرد الآخر (مبدأ السيادة التامة).

س: ما المشكلات التي كانت ستحدث لو استخدم مندل نبات آخر له أعضاء تكبير وتأنيث مكشوفة؟

قانون الانعزال Law of Segregation (قانون مندل الأول)

لتفسير ظهور الصفة السائدة واختفاء الصفة المتخفية وضع مندل مجموعة من الفروض:



- تنتقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء عن طريق عوامل وراثية، وهي ما تعرف حالياً بالجينات.

- يتحكم بكل صفة وراثية في الكائن الحي عاملان وراثيان (أحدهما من الأب والآخر من الأم) ويكون هذان العاملان متشابهين إذا كانت الصفة نقية وغير متشابهين إذا كانت الصفة غير نقية ويسمى الكائن الذي يحمل صفة غير نقية بالهجين hybrid.

- ينفصل العاملان الوراثيان لكل صفة عند تكوين الأمشاج بحيث يحمل المشيج عاملاً واحداً لكل صفة وراثية.

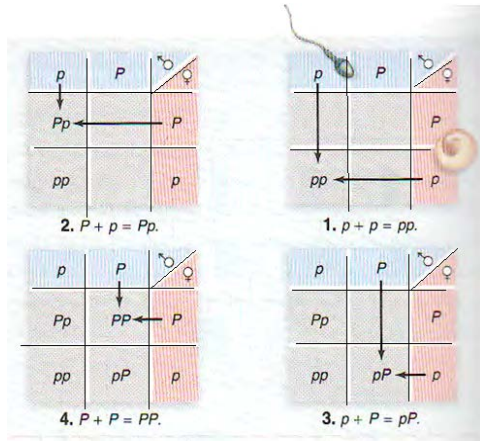
قد لخص مندل فروضه السابقة في قانون عرف بقانون مندل الأول واسماه قانون الانعزال: (تمثل الصفة الوراثية في الكائن الحي بعاملين وراثيين ينعزلان عن بعضهما تمام الانعزال عند تكوين الأمشاج).

تفسير قانون مندل الأول:

الصفات الظاهرة أو الشكلية في الكائن الحي تسمى التركيب الظاهري Phenotype في حين أن العوامل الوراثية (الجينات) لصفة أو أكثر التي يحملها الفرد تسمى التركيب الجيني Genotype ويعبر عنه برموز. وقد اتفق على استخدام الحرف الأول من الكلمة الأجنبية التي تدل على الصفة كرمز

للتعبير عنها بحيث يستخدم حرف كبير للتعبير عن العامل الوراثي المسؤول عن الصفة السائدة والحرف الصغير له للتعبير عن العامل الوراثي المسؤول عن الصفة المتنحية المقابلة.

استخدام مربع Punnet لتحليل تزاوجات مندل:



أ. لعمل مربع باينت؛ ضع الاحتمالات المختلفة للجاميتات المونته في العمود الجانبي، والجاميتات المذكرة في السطر الأفقي العلوي، فيكون احتمال الزيجوت هو حاصل تقاطع العمود مع السطر الأفقي.

ب. في التزاوجات التي قام بها مندل بين الأزهار البنفسجية والبيضاء - على سبيل المثال - تقوم الأباء بإنتاج نوع واحد من الجاميتات، ويكون أفراد الجيل الأول F1 جميعها غير متمائل الجينات Pp ذوي أزهار بنفسجية.

تقوم أفراد الجيل الأول بدورها بإنتاج نوعين من الجاميتات التي تجتمع لتعطي 3 أنواع من أفراد الجيل PP : F2 متمائل الجينات (أزهار بنفسجية)، Pp غير متمائل الجينات (أزهار بنفسجية)، pp متمائل الجينات (أزهار بيضاء). وتكون نسبة السائد إلى المتنحي هي 3 : 1 وتكون نسبة الطرز الجينية 1 : 2 : 1 ($1PP : 2Pp : 1pp$)

• قانون التوزيع الحر (قانون مندل الثاني) Law of

Independent Assortment

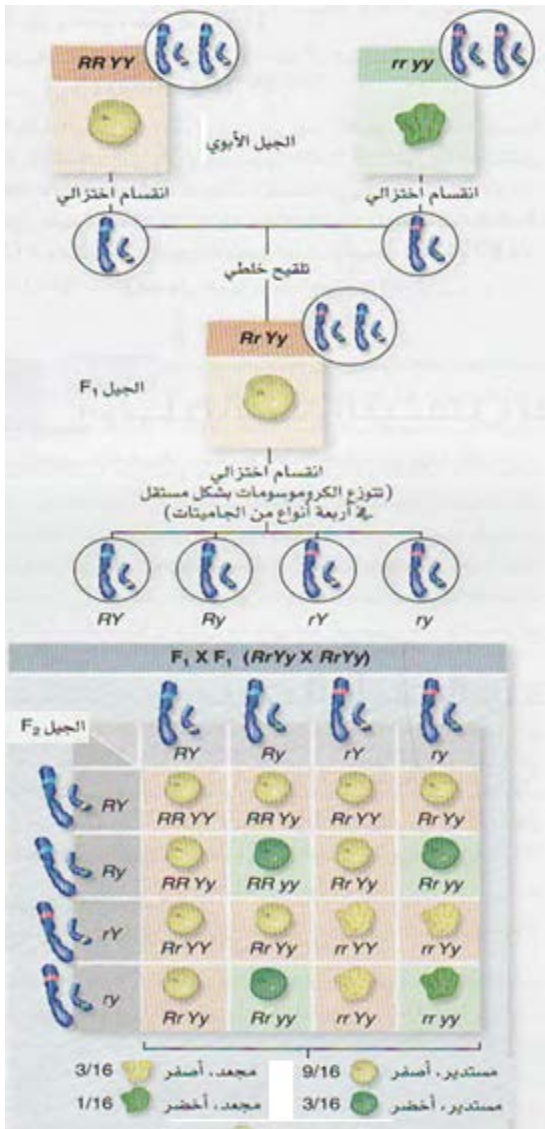
تابع مندل تجاربه على نبات البازلاء بدراسة السلوك الوراثي لزوجين من الصفات المتضادة Dihybrid فأجرى تلقيحاً خلطياً بين نباتي البازلاء يحمل أحدهما صفتين سائدتين نقيتين هما بذور ملساء الشكل وصفراء اللون والآخر يحمل صفتين متنحيتين هما بذور مجعدة الشكل وخضراء اللون.

لاحظ أن النسبة هي نفسها التي حصل عليها مندل في تجاربه السابقة على زوج واحد من الصفات أي نسبة 3:1 وهذا يعني أن توارث لون البذور لا يرتبط بتوارث شكلها، أي أن كل صفتين متضادتين (صفراء وخضراء)، يتم توارثهما بشكل مستقل عن الصفتين الأخرتين (ملساء ومجعدة).

وقد استنتج مندل من هذه النتائج قانون التوزيع الحر الذي ينص على ما يأتي:

(أن عاملي كل صفة ينفصلان عن بعضهما، ويتوزعان في الأمشاج بصورة مستقلة عن عاملي الصفة الأخرى). وينطبق قانون مندل الثاني على أكثر من زوج من الصفات المنديلية.

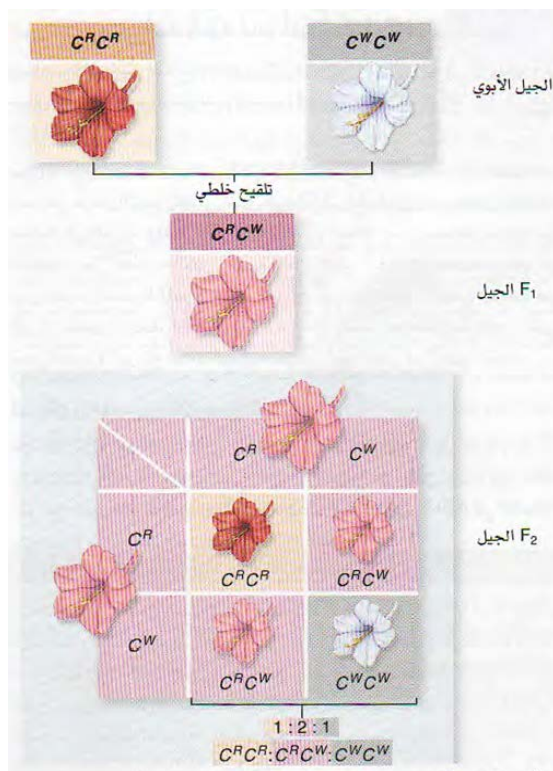
س: كم نوعاً من الأمشاج ينتج عن أفراد الجيل الأول؟ وما احتمال تكون كل نوع منها؟ ما نسبة البذور الخضراء إلى الصفراء؟ وما نسبة البذور الملساء إلى المجعدة؟



السيادة الناقصة:

يتضح مما سبق أن مندل قد اعتبر العامل (الجين) الذي يؤثر في إنتاج البذور الملساء يسود سيادة كاملة على الجين الذي يؤثر في تجعد البذور. حقيقة فإن البذور متشابهة اللاقحة للجين السائد والبذور متباينة اللاقحة لا يمكن التمييز بينهما مظهرًا بالعين المجردة في المثال أعلاه ولكن عند النظر إلى الخلايا المكونة للقلقات عن طريق الميكروسكوب يتضح أن النباتات ملساء البذور ومتشابهة اللاقحة للجين السائد (RR) تحتوي على كمية كبيرة من حبيبات النشا وأن النباتات مجعدة البذور ومتشابهة اللاقحة للجين المتنحي (rr) تحتوي على كمية قليلة جدًا من حبيبات النشا، أما النباتات متباينة اللاقحة (Rr) فتحتوي على كمية متوسطة من حبيبات النشا.

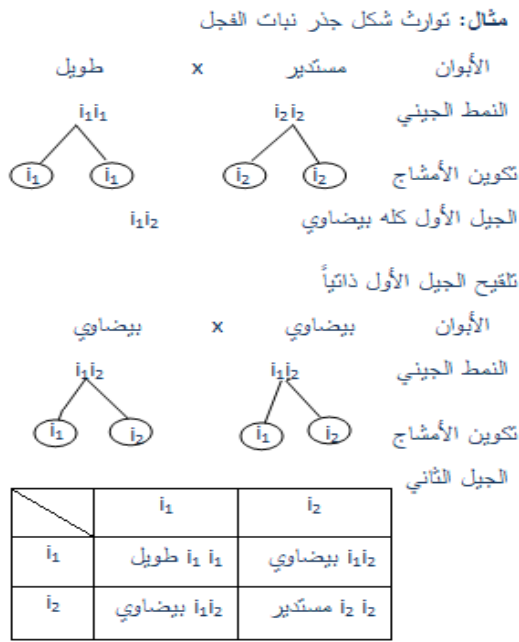
يتكون النشا في خلايا النباتات من المركب الجلوكوز - 1 - فوسفات (glucose-1-phosphate) بفعل إنزيمات معينة، ويبدو أن الجين السائد R هو الجين المسئول عن إنتاج احد الإنزيمات. أما الجين المتنحي r فربما يؤدي إلى إنتاج كمية قليلة من هذا الإنزيم أو ربما يؤدي إلى إنتاج إنزيم متحور من حيث تركيبه الكيميائي مما يؤثر سلبًا على فاعلية إنتاج النشا ويمتاز النشا بمقدرته على الاحتفاظ بالماء، ولما كانت البذور ذات الطراز الجيني (RR) محتوية على كمية كبيرة من النشا فإنها يمكنها الاحتفاظ بكميات قليلة من الماء مما يجعل شكلها كرويًا أملس، أما البذور ذات الطراز الجيني (rr) فتحتمل على قدر قليل من النشا وبالتالي تكون تحتفظ بكمية قليلة من الماء مما يؤثر على شكلها الذي يبدو مجعدًا؛ أما البذور ذات الطراز الجيني (Rr) فتحتمل على قدر متوسط من النشا مما يمكنها من الاحتفاظ بقدر معقول من الماء ويجعل التمييز بينها وبين البذور ذات الطراز الجيني (RR) صعبًا عن طريق العين المجردة؛ ونتيجة لذلك تكون نسبة الطرز المظهرية المرثية بالعين المجردة والناجمة من التلقيح "Rr X Rr" هي 3 نباتات ملساء البذور لكل نبات مجعد البذور أي بنسبة (1:3) أما الطرز الوراثية فيما يتعلق بإنتاج النشا لنفس التلقيح أعلاه فتكون بنسبة rr1:Rr2:RR1 من النسبة المندلية 1:3:1 وعليه فإن استخدام الميكروسكوب يوضح أن الجين R يسود سيادة غير كاملة (incomplete) على الجين r مما يؤدي إلى إنتاج طراز مظهري ثالث.



بناءً على ما تم إيضاحه فإن اعتبار الحالة أعلاه حالة سيادة كاملة أو سيادة ناقصة يعتمد على مستوى التحليل؛ وبما أن المستوى الفسيولوجي الذي يوضح كيفية توارث صفة شكل البذور على مستوى الجزيئات يعكس طبيعة عمل الجين فإن معظم علماء الوراثة يفضلون اعتبار هذه الحالة سيادة غير كاملة أو ناقصة حيث يحمل الفرد متباين اللاقحة فيها طرازًا مظهريًا وسطًا بين الأبوين متشابهي اللاقحة.

ففي السيادة غير الكاملة يكون للفرد غير متماثل الجينات مظهر وسطي بين متماثلتي الجينات. فمثلًا، عند تزواج أزهار الساعة الرباعية الياينية الحمراء الشكل، يظهر أفراد الجيل الأول F₁ جميعهم باللون الزهري (الوردي) ما يشير إلى عدم سيادة أي منهما. وبالنظر إلى أفراد F₁ يمكننا الاستنتاج أن هناك خلطًا وراثيًا بين الصفتين السائدتين. ولكن عند تزواج أفراد F₁ فإن

الناتج يكون أزهاراً حمراء وزهرية وبيضاء بنسبة 1 : 2 : 1. وبهذا، تكون نسبة الطراز الظاهري ممثلة لنسبة الطراز الجيني: لأن بالإمكان تمييز الطرز الوراثية الثلاثة. وتجدر الإشارة إلى أن العلاقة بين الجينات والأنزيمات تعتبر من الاهتمامات الأساسية لعلم الوراثة الحديث وتلعب دوراً كبيراً في توضيح طبيعة عمل الجين.

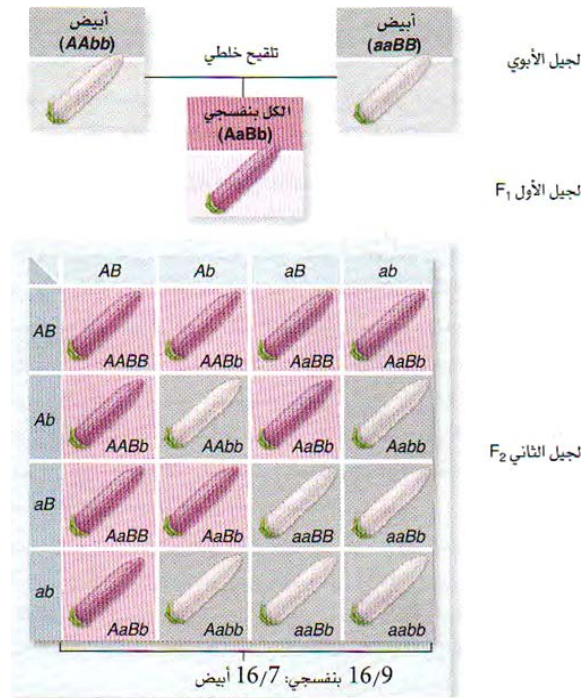


السيادة التبادلية

السيادة التبادلية (co dominance) هي تلك التي تبرز فيها كل الجينات المؤثرة على الصفة المعنية أثرها كاملاً دون أن يؤثر جين في إخفاء أو تقليل أثر جين آخر. من أمثلة السيادة التبادلية توارث لون الشعر في الأبقار. فإذا حدث لقاح بين بقرة بيضاء ($R_1 R_1$) مع ثور أحمر " $R_2 R_2$ " يكون شعر جميع أفراد الجيل الأول " $R_1 R_2$ " خليطاً من الشعر الأبيض والأحمر (طوبي) وعليه لا يحتوي أفراد الجيل الأول متبايني اللاحقة على لون وسط بين الأبيض والأحمر كما هو الحال في السيادة غير الكاملة؛ وعليه فإن الفرق بين السيادة غير الكاملة والسيادة التبادلية ينعكس على طبيعة عمل الجين. وكما في حالة السيادة غير الكاملة، فإن نسبة الطرز

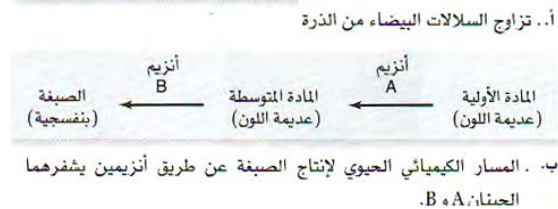
المظهرية والوراثية في حالة السيادة التبادلية تكون متساوية وهي 1:2:1. الشكل يبين السيادة غير الكاملة في توارث شكل جذر نبات الفجل. لاحظ أن الأليلات ذات السيادة غير الكاملة يرمز لها بالحروف الصغيرة مع وضع رقم أسفل الحرف.

السيادة الفوقية أو السيادة فوق التامة



بعد إعادة اكتشاف نتائج مندل، واجه العلماء الكثير من الصوبات للحصول على النسب البسيطة التي حصل عليها مندل نفسها، خصوصاً في تزاوجات ثنائي الهجين. وغالباً ما كان يصعب التعرف على الطرز الظاهرية الأربعة في تلك التزاوجات؛ لأن اثنين أو أكثر من تلك الطرز الظاهرية تبدو متشابهة.

المثال على ذلك يأتي من تحليل سلالات معينة من أنواع الذرة *Zea mays*. بعض الأنواع التجارية تبدي صبغة بنفسجية تسمى الأنتوسيانين في غلاف بذرتها، أما الأخرى فليست كذلك. قام العالم الوراثي ر. أ. إيميرسون عام 1918 بتجهين نوعين من الذرة من سلالات نقية تفقر كلتاها إلى الصبغة البنفسجية. وللغرابية، وجد أن أفراد F_1 جميعها أنتجت بذوراً بنفسجية. وعندما زوج اثنين من نباتات F_1 التي تنتج الصبغة من أجل الحصول على جيل F_2 ، وجد أن 56% منها ينتجون الصبغة، في حين 44% لا ينتجونها، وهي نتائج لا تتطابق



مع النسب المتوقعة بحسب قوانين مندل. ولهذا، استنتج إيمرسون أن هناك جينين مرتبطين بإنتاج تلك الصبغة، وأن التزاوج الثاني هو عبارة عن تزاوج ثنائي الهجين. وبالرجوع إلى نظرية مندل، فإن الجاميتات في تزاوج ثنائي الهجين يمكن أن تتحد بـ 16 طريقة محتملة بالتساوي- ولهذا، فإن الأحجية الآن هي معرفة كيفية حدوث التوليفات الستة عشرة في مجموعتي الطرز الظاهرية في النسل. وقد قام إيمرسون بضرب الجزء المنتج للصبغة 0.56 في 16 ليحصل على 9. وضرب الجزء غير المنتج للصبغة 0.44 في 16 ليحصل على الرقم 7. وبذلك يكون إيمرسون قد حصل على نسبة معدلة زهي: 9 : 7 بدلاً من 9 : 3 : 3 : 1 التي حصل عليها مندل.

• التلقيح الاختباري Testcross:

الفرد الذي يحمل صفة متنحية يكون تركيبه الجيني نقياً دائماً، في حين أن الذي يحمل صفة سائدة يمكن أن يكون تركيبه الجيني نقياً Homozygous أو جينياً (خليطاً) Heterozygous ويمكن تحديد التركيب الجيني لفرد يحمل الصفة السائدة، ما إذا كان نقياً أو هجيناً تجري تلقياً اختبارياً بين هذا النبات المراد اختبار تركيبه الجيني ونبات يحمل أزهاراً بيضاء، فإذا رمزنا لأليل لون الأزهار الحمراء (R) ولأليل لون الأزهار البيضاء (r) فلن نتائج التلقيح تكون كما يلي:

	الآباء زهرة حمراء (R?)		الآباء زهرة بيضاء (rr)	
الاحتمال الثاني	r	r	الاحتمال الأول	
R	Rr	Rr	R	Rr
r	rr	rr	R	Rr
50% حمراء و50% بيضاء الأزهار			الأفراد الناتجة جميعها حمراء الأزهار	

لاحظ من المثال السابق، أن الاحتمال الأول يشير إلى أن التركيب الجيني للصفة السائدة هو RR. أما الاحتمال الثاني فيشير إلى أن التركيب الجيني لهذه الصفة هو Rr. ويمكن من معرفة صفات الآباء الناتجة تحديد التركيب الجيني للصفة السائدة غير معروفة التركيب الجيني.

• المورثات المميتة Lethal Genes:

تعريفها: م ورثات عند تواجدها لدى الكائن الحي يكون أثرها ضاراً جداً يؤدي إلى موت الفرد .
 في الأصل كانت مورثات طبيعي نقي، لكن طراً عليها تطفير بأثر كبير، أدى لتحوّلها إلى مورثة مميتة. طبيعتها: من المعروف أن المورثات المميتة تكون متنحية بشكل كامل ولذلك فإن الأفراد الخليطة الحاملة لهذه المورثات لا تتميز من الناحية المظهرية عن الأفراد الطبيعية الخالية من المورثات المميتة فبعض المورثات المميتة تمتلك تأثيرات خاصة لا تخفض القدرة الحيوية كما في الفئران الصفراء وبعض الأخر مميت ليس على صورة أصلية فقط بل يكون تدريجي في الأفراد الخليطة أيضاً. وكذلك فهناك مورثات تستدعي نقصاً شديداً واختلالاً كبيراً بينما تسبب أخرى اختلالات في العمليات الفيزيولوجية فقط.

أما المورثات نصف المميتة Simi-lethal مهلك ومميت لبعض الأفراد المثقلة بها وليس جميعها وهي متحددة بشكل كبير باكتمال أو غياب الظروف البيئية المناسبة للوسط الخارجي ونصف المميت تعني أنه قد ينجو منه فرد دون آخر.

• وقت التأثير time of lethal Action:

تستدعي المورثات المميتة موت الفرد في مراحل عمرية مختلفة بحيث يظهر التأثير المميت خلالها قاسي وشديد. وكذلك تتميز باختلاف العمر الذي يصل فيه التأثير المميت إلى قمة أوجه. تتقسم المورثات المميتة إلى:

1- سائدة: وتكون نسبة الأفراد (3:0)

2- سائدة : وتكون نسبة الأفراد الناتجة (2:1)

أمثلة: المورث السائد لا يحصل الموت في الفرد الخليط بسبب الصراع بين المورث الممتحي ذو النشاط الحيوي العالي مع المورث السائد فيتفوق الممتحي حيوياً على السائد أما وراثيا السائد يعطي صفته. أمثلة:

1- صفة الزحف عند الدجاج.

2- انعدام القوام عند الأغنام.

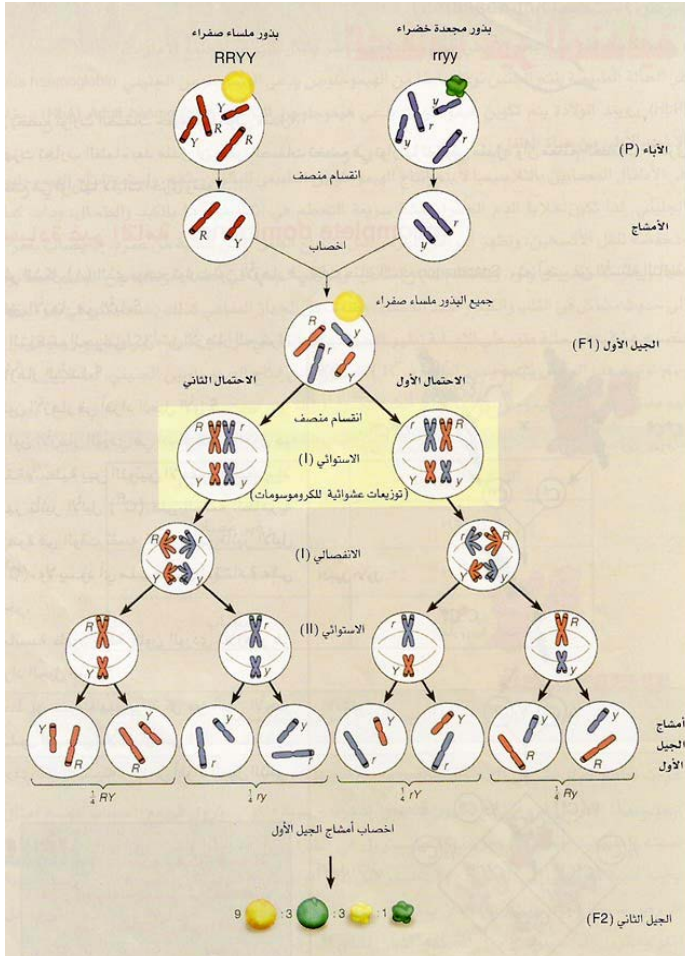
3- الشلل البطني وعدم انتظام الحركات العضلية عند الكلاب.

4- انعدام سقف الحلق عند الإنسان

• النظرية الكروموسومية في الوراثة The Chromosomal Theory

تفسير قوانين مندل بنظرية الكروموسومات:

بما أن خلايا أفراد النوع الواحد من الكائنات الحية تحتوي على عدد ثابت من الكروموزومات (2n) Diploid بشكل أزواج في الخلايا الجسدية للكائنات الراقية، أي أن الكروموزومات تكون على شكل أزواج وكل زوج من الكروموزومات الجسدية يتكون من كروموزومين متماثلين أحدهما من الذكر والآخر من الأنثى، أما الخلايا التناسلية (الأمشاج) فتكون أحادية المجموعة الكروموزومية (n) Haploid أي أن تكون الكروموزومات بحالة فردية. تنفصل أزواج الكروموزومات المتماثلة، وتتوزع أليلات الصفة الواحدة في الأمشاج نتيجة الانقسام المنصف، بحيث يحتوي المشيج على نصف العدد الأصلي منها. ويسلك كل زوج من الكروموزومات سلوكاً مستقلاً عن غيره عند تكوين الأمشاج فيتوزع كل زوج من (قانون التوزيع الحر). وتستعاد الحالة الزوجية لكل من الكروموزومات نتيجة عملية الإخصاب، وطبقاً لهذه النظرية، فإن موقع



الجينات يكون على الكروموزومات وان الكروموزوم الواحد قد يحمل مئات منها وبالتالي فإن قوانين الوراثة تفسر بسلوك الكروموزومات نفسها. ولتفسير قوانين مندل على أسس سلوك الكروموسومات التي تحمل الجينات. تتبع الخطوات المبينة في الشكل الذي يوضح (توارث زوجين من الصفات التي درسها مندل في تجاربه)، وهما لون البذور وشكلها.

الاحتمالات في الوراثة:

بنى مندل استنتاجات تجاربه على قوانين الاحتمالات الرياضية التي تمكنا من تقدير نسبة حدوث الفُرص . حيث تعطينا الاحتمالات القدرة على توقع نتائج الأحداث التي تقع عشوائيًا. ولأن سلوك الكروموسومات المختلفة في أثناء الانقسام الاختزالي يكون مستقلاً، فإن بالإمكان استخدام الاحتمالات لتوقع نتائج التزاوج. أن احتمال وقوع حدث مؤكد هو 1، في حين احتمال وقوع أمر لن يحدث هو صفر. لذا، فإن احتمالات وقوع الأحداث تأخذ قيمًا جزئية تتراوح بين 1 وصفر. فمثلاً إذا رمينا قطعة نقود معدنية (وجه / خلف) مرات عديدة، فإن نسبة ظهور الوجه هي 50% من مجموع عدد مرات الرمي ونسبة ظهور الخلف كذلك هي 50% من مجموع عدد مرات الرمي. وبالمثل فإن احتمال إنجاب امرأة حامل لذكر = 50% واحتمال إنجابها لأنثى = 50% ومن أسس الاحتمالات المعروفة القاعدة التي تنص على أن مجموع جميع الاحتمالات في أي عملية يساوي الواحد الصحيح (1).

$$\text{مجموع احتمالات ظهور (وجه) + مجموع احتمالات ظهور (خلف) = 1 أي أن } 50\% + 50\% = 1$$

من أسس نظرية الاحتمالات:

1. يكون مجموع جميع الاحتمالات في أي عملية يساوي 1.
2. احتمال حدوث حدثين مستقلين في نفس الوقت مع بعضهما البعض هو ناتج ضرب احتمال كل منهما على حدة. وإذا أردنا تطبيق ذلك على الوراثة، فإن نبتة البازلاء غير متماثل الجينات لصفة لون الزهرة تحمل أليلين، هما P و p . مثل هذا الفرد باستطاعته إنتاج نوعين من الجامينات بأعداد متساوية، وهذا بسبب سلوك الكروموسومات أثناء الانقسام الاختزالي. هناك طريقة واحدة للحصول على جاميت P . لذا، فإن احتمال تكوين أي جاميت يحمل الأليل P مثلاً، هو 1 مقسوماً على 2، تماماً كما حدث مع قطعة النقد المعدنية.

يساعد قانونان للاحتمالات علي التكهن بنتائج أحادي الهجين:

يمكننا أن نستخدم الاحتمالات، ونتكهن بنتائج التزاوج الوراثي باستخدام قانونين بسيطين. وقبل أن نصف القانونين، نحتاج إلى تعريف آخر. نقول: إن هناك حدثين تبادلي الاستثناء *Mutually exclusive*، إذا كان من غير الممكن حدوثهما معاً في الوقت نفسه. فسقوط القطعة النقدية على الرأس أو الذيل هو مثال على إحداث تبادل الاستثناء، فهما لا يمكن أن يحدثا معاً. لاحظ أن هذا يختلف عن رميتين متتاليتين للقطعة النقدية، حيث بالإمكان الحصول زأسين أو ذيلين. في هذه الحالة، فإن كل رمية للقطعة النقدية تمثل حدثاً مستقلاً *Independent event*. إن التفريق بين الأحداث المستقلة وتبادل الاستثناء هو الذي يشكل أساس القانونيين.

قانون الإضافة:

إذا فكرنا في مكعب حجر النرد ذي الستة أوجه بدلاً من قطعة النقود، فكيفما كانت درجة النرد سيكون هناك احتمال واحد للنتيجة. واحتمال الحصول علي رقمين مختلفين، سيكون حاصل جمع الاحتمالات الفردية لكل وجه، وهذا ما يسمى بقانون

الإضافة Rule of addition. ومن ثم، فإن احتمال وقوع أحد حدثين تبادليي الاستثناء هو حاصل جمع الاحتمالات الفردية.

احتمال الحصول على الرقم 2 أو 6 هو: $\frac{1}{3} = \frac{2}{6} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6}$. وإذا أردنا تطبيق هذا على تزاوج الجيل الأول F1 غير متماثل الجينات البنفسجي، فإن هناك أربع نتائج تبادلية الاستثناء متوقعة، هي: pp, pP, Pp, PP . واحتمال أن يكون غير متماثل الجينات هو نفس احتمال أن يكون pP أو Pp أي $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$.

مثال: احتمال وجود فرد غير متماثل الجينات هو $\frac{1}{2} = \frac{1}{4} Pp + \frac{1}{4} pP$

في المثال السابق، نتوقع من النسل الذي مجموعه 379 أن يكون هناك 190 فردًا غير متماثل الجينات.

قانون المضاعفة:

القانون الثاني، وهو الأكثر نفعًا في الوراثة، يتعامل مع نتائج الأحداث المستقلة، ويسمى قانون حاصل الضرب Product rule أو قانون التضاعف Rule of multiplication وينص على أن احتمال وقوع حدثين مستقلين هو ناتج ضرب احتمالات وقوع كل حدث منهما.

يمكننا تطبيق هذا القانون على تزاوج أحادي الهجين، حيث يتم تشكيل النسل من جاميتات من كلا الأبوين. وأي نتيجة بعد ذلك، ستكون ناتجة عن حدثين مستقلين: تكوين جاميتين مختلفين. مثلًا في حالة أباء F1 النفسجية فهي جميعًا Pp أو غير متماثلة الجينات، لذا فإن احتمال أن يكون فرد معين pp (متماثل الجينات متنج) هو احتمال استقبال جاميت p من الذكر ($\frac{1}{2}$) مضروبًا في احتمال استقبال جاميت p الأنثى ($\frac{1}{2}$) أو $\frac{1}{4}$:

$$\text{احتمال } pp \text{ متماثل الجينات متنج} = \frac{1}{2} p \times \frac{1}{2} p = \frac{1}{4} (pp) = \text{الأم}$$

وهذا هو أساس مربع باينت الذي استخدمناه سابقًا. فكل مربع صغير في المربع الكبير هو ناتج احتمالات الجاميتات التي تسهم في الخلية. بعد ذلك نقوم باستخدام قانون الإضافة لجمع الاحتمالات تبادلية الاستثناء التي تقوم بتشكيل الخلية. يمكننا أن نستخدم نتائج حسابات الاحتمالات للتعهد بأعداد النسل متماثل الجينات المتنجية في تزاوج بين فردين غير متماثلتي الجينات. فمثلًا، من بين 379 فردًا جديدًا، فإننا نتوقع أن يكون 95 فردًا منهم يحمل الطراز الظاهري لمتماثل الجينات المتنجي.

احتمالات تزاوج ثنائي الهجين مبنية على احتمالات تزاوج أحادي الهجين

يمكن أن تمتد التحليلات الاحتمالية لتشمل ثنائي الهجين. لو أخذنا اللون البنفسجي في تزاوج بين F1 و F2 فإن هناك أربع نتائج محتملة، ثلاث منها تظهر الطراز الظاهري السائد. لذا فإن احتمال ظهور الطراز السائد هو ($\frac{3}{4}$) والمنتحي ($\frac{1}{4}$). بإمكاننا الآن أن نستخدم هذا وقانون ناتج الضرب للتعهد بنتائج تزاوج ثنائي الهجين. سوف نستخدم مثال شكل البذرة ولونها، ونفحصه باستخدام الاحتمالات.

إذا كانت الأليلات التي تؤثر في شكل البذرة ولونها تتعزل بشكل مستقل، فإن احتمال أن يجتمع زوج معين من أليلات شكل البذرة معًا مع زوج معين من أليلات لون البذرة هو حاصل ضرب الاحتمالات الفردية لكل زوج. فمثلًا احتمال ظهور بذرة مجمعة خضراء (rryy) في الجيل f2 سيساوي احتمال الحصول على بذرة مجمعة مضروبا في احتمال الحصول على بذرة خضراء أي:

$$\text{احتمال وجود } rryy = \frac{1}{4} ry \times \frac{1}{4} ry = \frac{1}{16} rryy$$

وبسبب التوزيع المستقل، يمكننا أن نفكر تزاوجًا ثنائي الهجين هو ببساطة تزاوجان مستقلان، فإن قاعدة حاصل الضرب تنطبق عليهما. وبالإمكان حساب احتمالات كل طراز ظاهري لثنائي الهجين.

$$(R_Y_) = \frac{3}{4} Y_ \times \frac{3}{4} R_ = \frac{9}{16} \quad \text{احتمال الحصول على المستديرة الصفراء هو}$$

$$(R_yy) = \frac{3}{4} R_ \times \frac{1}{4} yy = \frac{3}{16} \quad \text{احتمال الحصول على المستديرة الخضراء هو}$$

$$(rrY_) = \frac{1}{4} rr \times \frac{3}{4} Y_ = \frac{3}{16} \quad \text{احتمال الحصول على المجعدة الصفراء هو}$$

$$(rryy) = \frac{1}{4} rr \times \frac{1}{4} yy = \frac{1}{16} \quad \text{احتمال الحصول على المجعدة الخضراء هو}$$

نتوقع الفرضية التي نقول: إن جينات الشكل واللون تتوزع بشكل مستقل عن بعضها أن يُظهر أفراد F2 نسبة طراز ظاهري هي 9 : 3 : 3 : 1 وبالإمكان تطبيق هذه النسب على مجموعة نسل كاملة للتكهن بالأعداد في كل مجموعة طراز ظاهري. إن المنطق الذي بنيت عليه والنتائج هي نفسها التي نحصل عليها من مربع بانيت.

الكروموسومات الجنسية (Sex Chromosomes)

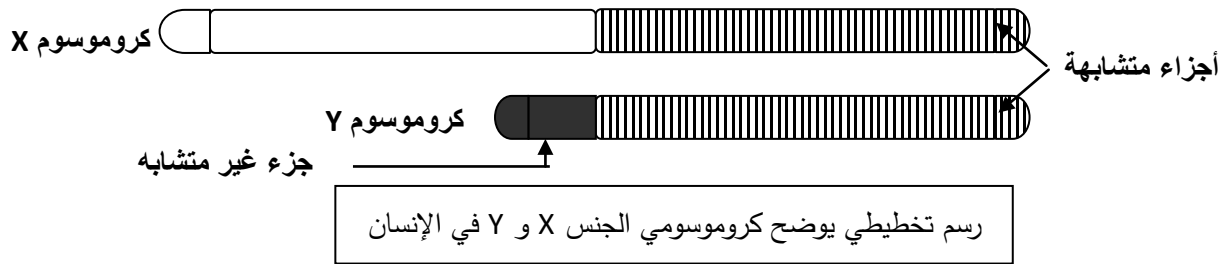
لقد اكتشفت الاختلافات الكروموسومية بين الجنسين لكثير من الكائنات ثنائية المسكن منذ زمن مبكر من خلال الأبحاث المتعلقة بعلم الخلية (cytology). فعلى سبيل المثال لاحظ هنكنج hinking الألماني في عام 1891 م أن نصف الحيوانات المنوية في أنواع معينة من الحشرات مثل الجراد (grasshopper) تحتوي على جسم نووي إضافي أطلق عليه جسم X ولم تعرف دلالة هذا الجسم إلا في أوائل القرن العشرين (1902-1905 م) حيث أوضحت الدراسات أن الخلية الجسدية لأنثى الجراد تحتوي على 24 كروموسوم؛ وقد أعقب ذلك دراسات في عام 1905 م تم فيها متابعة تكوين الأمشاج الذكري والأنثوية في عدد من الحشرات حيث أوضحت نتائج هذه الدراسات أن جسم X هو عبارة عن كروموسوم، وأطلق عليه منذ ذلك الحين اسم كروموسوم X. وعليه فإنه في كثير من الحشرات توجد اختلافات كروموسومية بين أفراد الجنسين حيث تحتوي الإناث على كروموسومين من النوع X وتحتوي الذكور على نوع واحد فقط من النوع X، ويرمز للإناث في هذه الحالة بـ XX وللذكور بـ XO. يؤدي الانقسام الميوزي في الإناث إلى إنتاج بويضات تحتوي كل منها على كروموسوم واحد من النوع X أما في الذكور فيكون الناتج حيوانات منوية يحمل نصفها الكروموسوم X ونصفها لا يحمل الكروموسوم X ولقد لوحظ في عام 1905 م أن هنالك أنواعا أخرى من الحشرات تكون فيها الإناث من النوع XX أما الذكور فبالإضافة إلى كروموسوم X فإنها تحتوي على كروموسوم آخر يختلف شكلا من الكروموسوم X أطلق عليه اسم كروموسوم Y وعليه تكون الذكور في الحالة من النوع XY ونتيجة لذلك فإن نصف عدد الأمشاج الناتجة من الذكور في هذه الحالة تحتوي على الكروموسوم X بينما يحتوي النصف الآخر على كروموسوم Y. يوجد النوع XY في مجموعه متبانية من الحيوانات مثل ذبابق الفاكهة والثدييات وبعض النباتات مثل نباتات الحنيس *lychnis sp.* يطلق على الكروموسومين X. Y لفظ الكروموسومين الجنسين. أما بقية الكروموسومات بخلية الكائن الحي فيطلق عليها اسم الكروموسومات الجسمية أو الأوتوسومات.

يتضح من النظامين الموضحين أعلاه اللذين يكون فيهما الذكر متباين الأمشاج وتكون فيهما الأنثى متشابهة الأمشاج فإن هنالك نظاما ثالثا مختلفا تكون فيه الأنثى متباينة الأمشاج. يرمز للكروموسومات الجنسية في هذه الحالة بالحرفين w,z

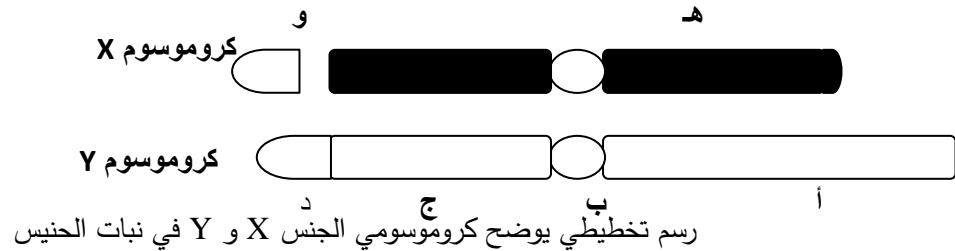
وذلك من اجل تقادي الخلط مع الحالات التي تكون فيها الإناث متشابهة الأمشاج؛ وعليه تكون الإناث في النظام الثالث من ZW والذكور من النوع ZZ من أمثلة هذه المجموعة الطيور والفرش وبعض الأسماك.

تحديد الجنس عن طريق كروموسومات الجنس (Sex Determination by Sex Chromosomes)

إن عملية تحديد الجنس في الإنسان يتحكم فيها الكروموسومان الجنسان X ، Y ، حيث تحتوي الأنثى العادية من بني الإنسان على كروموسومين من النوع X، ويحتوي الذكر على كروموسوم واحد من النوع X وآخر من النوع Y. تتحكم الجينات الموجودة بهذه الكروموسومات الجنسية في تحديد الجنس في الإنسان. يرمز لأنثى الإنسان من حيث التركيب الوراثي للكروموسومات الجنسية بـ XX ويرمز للذكر بـ XY. يشير اقتران أو تلاصق الكروموسومين الجنسين X ، Y في أثناء عملي الانقسام الميوزي على احتوائهما على الأقل على بعض الأجزاء المتشابهة. ويطلق على الجينات الموجودة بالأجزاء غير المتشابهة بكروموسومي الجنس X, Y الجينات المرتبطة بالجنس. جزء غير متشابه



إن تحديد الجنس في النبات ثنائي المسكن قد عرف بصورة جيدة في النبات *Lychnis sp.*



يؤدي الجزء (أ) بكروموسوم Y بالشكل أعلاه إلى إخفاء الصفات الأنثوية ويتحكم الجزء (ب) في إظهار صفات الذكورة ويؤدي الجزء (ج) إلى خصوبة الذكر (male fertility) أما الجزء الأخير (د) بكروموسوم Y فهو يشابه الجزء (و) بكروموسوم X. يحتوي كروموسوم X بالإضافة إلى الجزء (و) على جزء آخر طويل نسبيا هو الجزء (هـ) الذي يحتوي على جينات تؤدي إلى إظهار الصفات الأنثوية بهذا النبات. في حالة فقدان الجزء (أ) من كروموسوم Y فإن هذا النبات يكون محتويا على أعضاء التذكير والتأنيث بنفس الزهرة. ويقوم الكروموسوم Y بدور كبير بتحديد الذكورة بالنبات ففي نبات الحنيس أعلاه يكون النبات XXXY ذكرا ، أما النبات XXXXY فيكون مخنثا أي يحمل أعضاء التذكير والتأنيث بنفس الزهرة. على الرغم من أن الكروموسومات الجنسية تقوم بدور كبير في تحديد الجنس بالحيوانات والنباتات إلا أن للكروموسومات الجسدية (autosomes) دورا في إظهار بعض التعبيرات الجنسية بكثير من الكائنات. ففي ذبابة الفاكهة على سبيل المثال يعتبر الفرد ذكرا إذا كانت نسبة عدد الكروموسومات من النوع X إلى عدد المجموعات الكروموسومية الجسدية هي 2:1 يمكن الحصول على هذه النسبة في حالة وجود كروموسوم واحد من النوع X ومجموعتين من الكروموسومات الجسدية؛ أو كروموسومين من النوع X وأربع مجموعات من الكروموسومات الجسدية. أما الأنثى العادية فيمكن تحديدها بواسطة الكروموسومين من النوع X ومجموعتين من الكروموسومات الذاتية (2/2 = 1). كل الأفراد الذين تكون نسبتهم أعلى من واحد يكونون إرثا غير عادين فيتصرفون بصفات مثل الضعف الجسماني والعقم والنمو الغير متوازن وغالبا ما يموتون بزمن مبكر

أما الأفراد الذين تتراوح نسبتهم بين أكبر من 0.5 إلى أكبر من 1 ، فيكونون عقيمين ومخنثين كما أن الصفات الجنسية الثانوية (secondary sex characters) تكون وسط بين الذكر والأنثى.

يتضح من التحليل أعلاه أن نسبة الكروموسومات الجنسية إلى الكروموسومات الجسدية هي المؤشر الأساسي في تحديد الجنس بذباب الفاكهة ، أي أن الكروموسوم Y لا علاقة له بتحديد الجنس وإن الدور الرئيسي الذي يقوم به هو خصوبة الذكر إذ يؤدي غيابه إلى أن يكون الذكر عقيما (sterile)

الحالات غير العادية لكروموسومات الجنس Anomaties of sex Chromosomes

من حيث الشكل الخارجي فإن أي فرد من أزواج الكروموسومات الجسمية (الجسدية) لا يختلف عن زوجة المناظر له أما الكروموسومان الجنسيان Y.X فإنهما يختلفان عن بعضهما البعض تماما من حيث شكلهما الخارجي ويمكن للأجزاء المتشابهة من الكروموسومين الجنسيين X.Y الاقتران في أثناء عملية الانقسام الميوزي، أما الأجزاء غير المتشابهة فتبقى في غير اقتران. وفي أثناء عملية الانقسام الميوزي قد تخفق بعض الكروموسومات المتزاوجة في الانفصال عن بعضها، وعليه تكون بعض الأمشاج غير محتوية على كروموسوم كامل بينما يكون بعضها الآخر محتويا على كروموسوم إضافي. فعلى سبيل المثال قد يحدث في بعض الأحيان في أثناء عملية تكوين الأمشاج بالإنسان أن لا يفصل الكروموسومان الجنسيان من النوع X في بعض الخلايا التناسلية بالأنثى عن بعضها، وعليه تكون هنالك ثلاثة أنواع من الأمشاج والبويضات معظمها تحمل الكروموسوم X وقليل منها يحمل كروموسومين من النوع X أما النوع الأخير فيكون خاليا تماما من الكروموسوم X ؛ ونتيجة لذلك قد يكون هنالك أنثى تحمل الكروموسومات من النوع XXX أو قد يكون هنالك ذكر يجمل كروموسومين من النوع X أضافه إلى كروموسوم Y (XXY). وقد يحدث كذلك في أثناء عملية الانقسام الميوزي أن يخفق السنتروميير بكروموسوم معين من الانفصال وعليه تكون هنالك خلية جسدية محتوية على ثلاث كروموسومات (trisomic) من هذا الكروموسوم المعين بدلا من زوج كروموسومي متماثل؛ بينما تحتوي خلية أخرى على كروموسوم واحد (monosomic) منه.

يطلق على عدم الانفصال الكروموسومات الذي يحدث لأول مرة بالخلية بعدم الانفصال الابتدائي (primary nondisjunction)، أما عدم الانفصال الذي يحدث في الخلية المحتوية على ثلاث كروموسومات من نوع معين بدلا من زوج كروموسومي متناظر (أي التي حدث بها انفصال ابتدائي) فيطلق عليه اسم عدم انفصال ثانوي (secondary nondisjunction). إن ظاهرة عدم انفصال الكروماتيدات أو الكروموسومات تعتبر من الظواهر التي يمكن حدوثها بصورة متكررة بالكائنات الحية.

إن الفرد من ذباب الفاكهة ذو التركيب الوراثي AAXY (ترمز AA إلى كروموسومات جنسية) يكون ذكرا عاديا أما الفرد من ذباب الفاكهة ذو التركيب الوراثي AAXO فيكون ذكرا عقيما لأن الكروموسوم Y يحدد (في حالة ذباب الفاكهة) خصوبة الذكر أي قدرته على الإخصاب ولا علاقة له بتحديد الذكورة. إن الفرد الإنساني ذو التركيب الوراثي AAXO يكون أنثى غير عادية أما الفرد من الجراد (grasshopper) ذو التركيب الوراثي AAXO فيكون ذكرا عاديا، أي أن الكروموسوم Y في الإنسان والنباتات ثنائية المسكن مسؤول عن تحديد الذكورة، والتركيب الوراثي AAYO بالنسبة للإنسان وذباب الفاكهة يكون مميتا (lethal) أي يؤدي إلى موت الأجنة.

تكون أنثى الإنسان ذات التركيب الوراثي AAXO غير عادية وتظهر عليها مجموعة أعراض يطلق عليها تناذر تيرنر (Turner's Syndrome)، من هذه الأعراض: قصر القامة وعدم تطور الثديين مع كبر مساحات الصدر وقصر الرقبة مع كبر محيطها وقله تطور أعضاء الذكاء ولا تظهر عليها في الغالب أعراض التخلف العقلي. إن هذه الحالة نادرة الحدوث ويقدر احتمال حدوثها مرة في كل 3000 مولود.

تعتبر النساء ذوات التركيب الوراثي AAXXX من الحالات النادرة أيضا ويقدر احتمال حدوث هذه الحالة مرة في كل 1000 مولود، ومن بين الصفات التي تمتاز بها هذه الإناث صغر وعدم تطور الأعضاء التناسلية والتخلف العقلي. أما الرجال ذوات التركيب الوراثي AAXXY فتظهر عليهم أعراض يطلق عليها تناذر كلينفلتر (KLINEFELTER) وتشمل هذه الأعراض التخلف العقلي والنمو غير العادي فهم عادة طوال نسبيا واشبه بالإناث وذلك لنمو الثديين وعدم وجود الشعر بالوجه وصغر حجم الخصيتين ويقدر احتمال حدوث هذه الظاهرة بمرة لكل 500 مولود أما الرجال ذوات التركيب الوراثي AAXYY فيكونون عادة طوال القامة وقليلي الذكاء ولكنهم يمتازون بالخصوبة.

ومن الحالات غير العادية الأخرى لكروموسومات الجنس هي وجود أفراد تشبه بعض أجزاءهم في تعابيرها المختلفة أجزاء الذكر بينما تشبه أجزاءهم الأخرى في تعابيرها المختلفة أجزاء الأنثى، ففي بعض الحالات النادرة يكون الشق الأيمن للفرد من ذباب الفاكهة يشبه الذكر ويكون الشق الأيسر يشبه الأنثى أو العكس ولعل السبب في ذلك يرجع إلى أول انقسام ميتوزي للزيجوت أو اللاقحة، فبدلاً من أن ينتج خليتين بالتركيب الوراثي AAXX في حالة الأنثى فإن الناتج يكون خليتين إحداهما بالتركيب الوراثي AAXX والأخرى بالتركيب الوراثي AAXO ولعل ذلك يرجع إلى أن أحد كروموسومات X يتأخر في تكرار نفسه ويظل غير نشط في المراحل الجينية الأولى وعليه يكون ذلك الجزء من الجسم الناتج من الخلية ذات التركيب الوراثي AAXX أنثى أما لجزء الناتج من الخلية ذات التركيب الوراثي AAXO فيكون ذكر عقيماً، ويطلق على الفرد الذي تتصف خلاياه بهذا التركيب الموزيكي لكروموسومات الجنس اسم جايناندرومورف (GYNANDROMOPH) أو جايناندر (GYNANDER) وهو مصطلح مشتق من كلمتين إغريقيتين هما GYNE وتعني أنثى وANDROS وتعني رجل.

أثر الهرمونات على تعابير الجنس. Hormonal Effects on sex Expression

تقوم الهرمونات التي تفرزها الأعضاء التناسلية للجنين في مراحله الأولى بناء على المعلومات الوراثية بكروموسومات الجنس بدور كبير في تحديد الشكل الخارجي للأعضاء التناسلية الخارجية والقنوات التناسلية، لقد لوحظ في الإنسان والقطط والأبقار ما يسمى بتناذر الخصي المؤنثة (TESTICULAR FEMINIZATION SYNDROME) وفيه يكون التركيب الوراثي للفرد AAXX (ذكر) ولكنه من حيث الشكل والسلوك يشبه الإناث ويتسم الأفراد المصابون بتناذر الخصي المؤنثة بثديين كبيرين مقارنة مع الإناث العاديات كما يتسمون بعدم وجود الرحم وفي حالة وجوده يكون مختزلاً لأقصى درجة كما إنهم يتصفون بالعقم وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكنهم الزواج مثلهم في ذلك مثل الإناث العاديات وفي واقع الأمر فإن الأفراد المصابين بهذا التناذر لهم خصي غير متطورة بداخل الغطاء البطني، إن هذا التناذر لا يسبب فقدان هرمونات الذكورة testosterone ولكن يسبب عدم مقدرة أنسجة الكائن للاستجابة لهذه الهرمونات ويقدر ترداد حدوث هذه الحالة في الإنسان بحوالي 1 : 65.000 رجل.

INDIVIDUALS الذين يتصفون بصفات من الجنسين وقد يكون التخنيث غير حقيقي (pseudohermaphroditism) وفيه يكون التركيب الكروموسومي للرجل AAXY ولكنه يكون عقيما وله خصري ضامرة وأعضاء تناسلية خارجية غير محددة فعندما تكون هذه الأعضاء التناسلية اقرب بصورة عامة للأعضاء التناسلية للذكر فانه يربى تربية الذكور ويكون بصفة عامة أشبه بالنساء من حيث قوام جسمه من غير تطور واضح يذكر في نمو الثديين أما عندما تكون أعضاء التناسلية اقرب بصورة عامة للأعضاء التناسلية للأنثى فانه يربى في هذه الحالة تربية الإناث ويكون متسما بثديين كبيرين ومهبل مقبول ويمكن أن يمارس حياته كامرأة عادية. أما الأنثى المخنثة تخنيث غير حقيقي فيكون تركيبها الوراثي AAXX ولها مبايض غير ناضجة وأعضاء تناسلية خارجية غير واضحة المعالم هذا إضافة إلى أنها تكون أشبه بالرجل في صفات كثيرة مثل كبر مساحة الصدر وعدم تطور الثديين إضافة إلى القوة والحركة والنشاط والحزم. أما التخنيث الحقيقي TRUE HERMAPHRODITISM فيكون الفرد فيه محتويا على أعضاء التذكير والتأنيث (الخصري والمبايض) في ذات الوقت وبصورة يصعب فيها تمييز الفرد ذكر أو أنثى، يتسم المخنثون الحقيقيون بصفات جنسية ثانوية متباينة ما بين الذكر والأنثى كما يتسم كل المخنثين الحقيقيين بالعقم ويربى بعضهم مثل تربية الذكور بينما يربى بعضهم الآخر مثل الإناث. لقد اتضح أن التركيب الوراثي للمخنثين الحقيقيين قد يكون AAXY أو AAXX أو يكون تركيبهم الوراثي موزيكا AAXX و AXY إن وجود أنسجة الخصري بالمخنثين الحقيقيين في عدم وجود كروموسوم Y يضع بعض الصعوبات في تفسير هذه الظاهرة. إن المخنث الحقيقي ذا التركيب الوراثي AXX يمكن تفسيره على أساس أن كروموسوم Y الذي لا بد من وجوده لتكوين أنسجة الخصري قد فقد في مرحلة معينة من مراحل الجنين ذوي التركيب الوراثي AAXXY وعموما فان التركيب الوراثي الموزيكي للمخنثين الحقيقيين أكثر إقناعا في هذا الشأن من التركيبين الوراثيين هما AAXX و AAXY مما يشير إلى أن المخنثين الحقيقيين يحتون في الأصل على فرعين من الخلايا هما AAXX و AAXY.

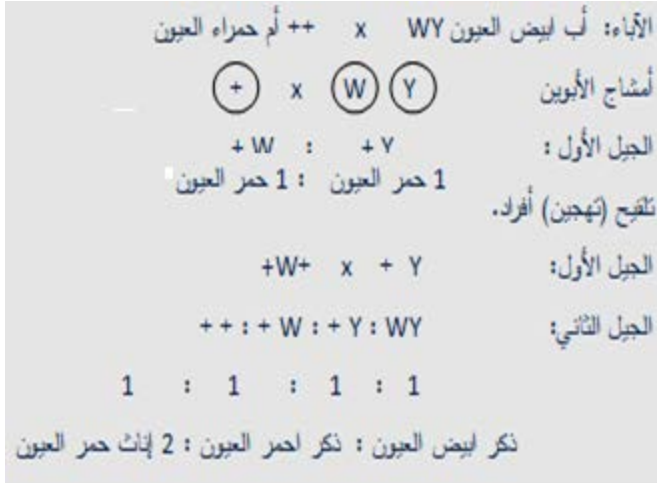
الوراثة المرتبطة بالجنس INHERITANCE RELATED TO SEX.

مقدمة: يختلف الكروموسومان الجنسيان من حيث شكلهما الظاهري ومن حيث ما يحمل كل منهما من جينات بمعنى أنهما يحتويان على أجزاء متشابهة وأخرى غير متشابهة وعليه فان آلية أو ميكانيكية توريث الصفات التي تتحكم فيها الجينات المحمولة على الأجزاء غير المتشابهة بكروموسومات الجنس X و Y تكون مختلفة عن آلية توريث الصفات التي تتحكم فيها الجينات المحمولة على الكروموسومات الجسمية والتي تناولناها بالدراسة في الأبواب السابقة، فعلى سبيل المثال تكون الجينات بالأجزاء غير المتشابهة في كروموسوم X ممثلة مرتين في الإناث ومرة واحدة بالذكور مما يؤثر على ال طرز المظهرية للجينات الم توحى بالجنسين بمعنى أن الطرز المظهرية للجينات المتتحة تظهر في الرجال بصورة اكبر منها في النساء. وتسمى الجينات المحمولة على الأجزاء غير المتشابهة بكروموسوم X بالجينات المرتبطة بالجنس Sex – Linked أو الجينات المرتبطة بكروموسوم X على الجانب الآخر تسمى الجينات التي تكون محمولة فقط على كروموسوم Y والتي تظهر تأثيرها فقط على الرجال بالجينات الهولندركية Holandric Genes.

الجينات المرتبطة بالجنس

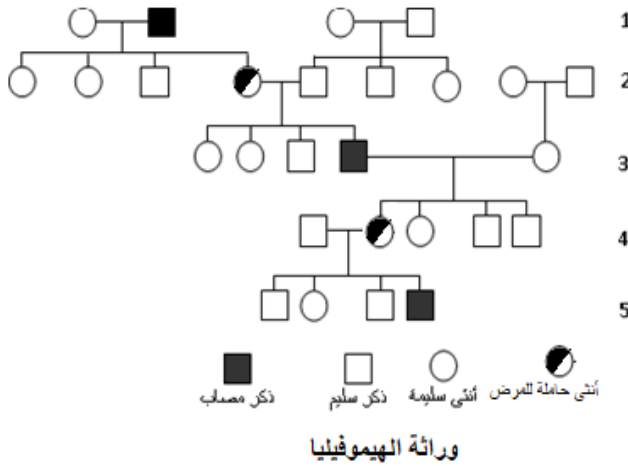
مثال : عند دراسة لون العيون في ذباب الفاكهة لقد من خلال التجارب الكثيرة التي قام بها الباحث مورجان وطلابه بجامعة كولمبيا في الفترة من 1904 إلى 1928 م أن الجينات المسؤولة عن لون العيون في ذباب الفاكهة مرتبطة بالكروموسوم X

وبالتالي فان آلية توريث لون العيون في ذباب الفاكهة تختلف عن آلية توريث الصفات التي تتحكم فيها الجينات المحمولة على الكروموسومات الجسمية فعلى سبيل المثال لاحظ مورجان وطلابه في إحدى التجارب أن جميع أفراد الجيل الأول الناتجين من تلقيح أب ابيض العيون من ذباب الفاكهة مع أم حمراء العيون يكونون ذوي عيون حمراء مما يشير إلى السيادة الكاملة للون الأحمر على اللون الأبيض، أما أفراد الجيل الثاني الناتجين من تلقيح (تهجين) أفراد الجيل الأول فكانوا بنسبة 3470 حمراء العيون : 782 بيض العيون.



ومما يثير الاستغراب هو أن كل الأفراد ذوي العيون البيضاء والبالغ عددهم 782 من فئة الذكور، وان عددا مقاربا جدا لذلك من الأفراد ذوي العيون الحمراء من فئة الذكور كذلك. فإذا استعملنا الحرف Y ممثلا للكروموسوم Y الذي لا يحمل جينات لها علاقة بلون العيون في ذبابة الفاكهة والعلامة + للجين المسؤول عن لون العيون الحمراء والحرف W للجين المسؤول عن لون العيون البيضاء على أساس أن + و W يمثلان زوجا آليليا

بكروموسوم X، وبتمثيل التلقيح كما في الشكل، نلاحظ أن الذكور ذوي العيون البيضاء في الجيل الثاني قد تلقوا الجين المتحى من أمهاتهم بالجيل الأول الذين تلقوا الجين المتحى بدورهم من آبائهم ذوي العيون البيضاء وعموما فان الجينات المتحى المرتبطة بالجنس تنتقل من الآباء الذكور إلى الإناث متباينات اللاحقة بالجيل الأول ومن ثم إلى الذكور بأفراد الجيل الثاني، ويستنتج كذلك من آلية توريث لون العيون في ذبابة الفاكهة أن الإناث ذوات العيون البيضاء تأتي من لقاح أب ابيض العينين WY مع أم حمراء العينين ولكنها تحمل الجين المتحى للعيون البيضاء W + أي أم متباينة اللاحقة للجين المسؤول عن لون العيون.



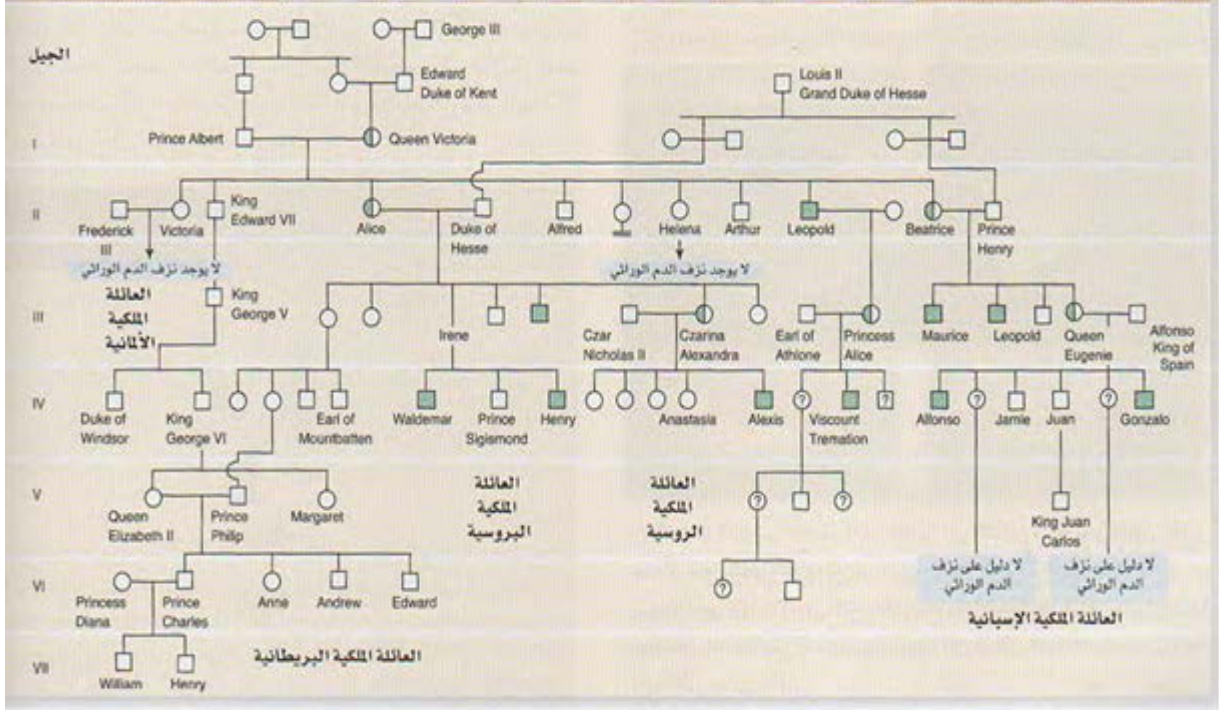
الارتباط بالجنس في الإنسان.

هنالك كثير من صفات الإنسان التي تتحكم فيها جينات متحى مرتبطة بالجنس أو بالأجزاء المتناظرة لكروموسوم X ونتيجة لارتباطها بالجنس فان هذه الصفات تظهر في الرجال بصورة اكبر منها في النساء من هذه الصفات يمكن أن نذكر عمى الألوان والعمى الليلي والهيموفيليا ومرض اضمحلال العضلات.

وتعتبر بعض الجينات المرتبطة بالجنس من الجينات المميتة وذلك لأنها تؤدي

إلى موت الكائن الحي ومن أمثلة هذه الجينات الجين الذي يؤدي لمرض الهيموفيليا وهو عبارة عن نقصان في مقدرة الدم عن التجلط حيث تؤدي الخدوش الخفيفة إلى نزيف حاد جدا بالإنسان المصاب بمرض الهيموفيليا مما يؤدي بحياته في اغلب الأحيان.

شجرة نسب العائلة الملكية الإنجليزية لمرض نزف الدم الوراثي (الهيموفيليا)



من الأمثلة الأخرى للجينات المميتة المرتبطة بالجنس الجيني المتنحي الذي يسبب مرض اضمحلال العضلات (MUSCULAR DYTROPHY) الذي يكون الإنسان المصاب به عاديًا في مراحل الطفولة الأولى ثم لا يلبث أن يبداً جسمه في التحول تدريجياً بفقدانه للعضلات حتى يصبح غير قادر على الحركة في حوالي الثانية عشر من عمره ويموت قبل أن يبلغ العشرين. وتؤدي الجينات القاتلة المرتبطة بالجنس إلى تغيير في نسبة الذكور للإناث، فإذا رمزنا على سبيل

الأبوان: أب سليم $DY \times Dd$ أنثى متباينة اللاقحة

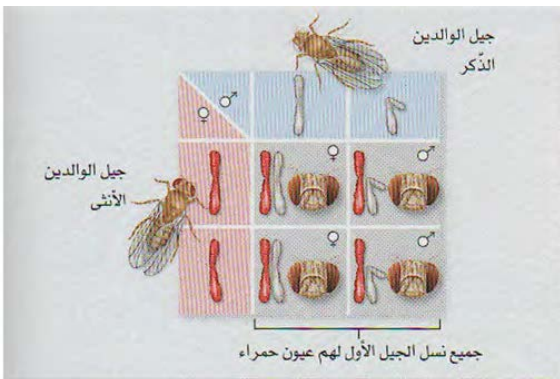
الجيل الناتج: $DD : Dd : DY : dy$

$1 : 1 : 1 : 1$

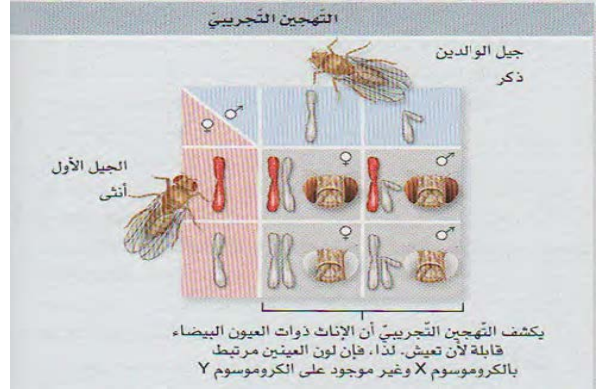
مصاب سليمين

المثال للجين المتنحي الذي يؤدي إلى مرض اضمحلال العضلات بالرمز D وإلى آليته السائد بالرمز D فإن الأجيال الناتجة من تلقيح أنثى متباينة اللاقحة وأب سليم تكون كما في الشكل، وبما أن الذكر المصاب باضمحلال العضلات (dy) يموت قبل سن العشرين فإن نسبة الإناث

للذكور في التلقيح أعلاه تصبح $2 : 1$ بدلاً من $1 : 1$ وعليه فإنه كلما كانت نسبة الإناث للذكور في أفراد أي نوع من أنواع الكائنات المختلفة التي تمتاز بإنتاج عدد كبير من المواليد قريبة من نسبة $2 : 1$ كلما كان ذلك مؤشراً قوياً لوجود جينات متنحية مميتة مرتبطة بالجنس.



الأسس الكروموسومية للارتباط بالجنس: تم تهجين ذكر ذبابة ذي عين بيضاء مع ذبابة ذبابة ذات عين حمراء، أفراد الجيل الأول F_1 جميعهم لديهم عيون حمراء، وكما هو متوقع لأليل العين البيضاء المتنحي. في الجيل الثاني F_2 جميع الذباب ذوو العيون البيضاء هم ذكور: لأن الكروموسوم Y يفتقر إلى جين اللون الأبيض. لذا فإن وراثة كروموسوم الجنس المتعلقة بلون العين، تُظهر أن جين اللون الأبيض موجود على الكروموسوم X .



يتضح من التلقيح السابق أن صفة العيون البيضاء بالجيل الثاني تظهر فقط في نصف عدد الذكور ولا تظهر إطلاقاً في الإناث ويرجع السبب في ذلك إلى أن أي أنثى من الإناث العاديات AAXX تحمل اثنين من آليلات المسؤولة عن لون العيون وبالتالي فإنها ربما تكون متشابهة اللاقحة لهذين الأليلين ++ أو متباينة اللاقحة W + أما الذكر العادي AAXY فإنه يحمل آلياً من الآليات المسؤولة عن لون العيون فهو إما أن يكون Y + أو W Y .

الجينات المحددة بالجنس Sex - limited Genes

تظهر الجينات المحددة بالجنس أثرها فقط على احد الجنسين الذكر أو الأنثى وذلك لأن تأثيرها يرتبط بهرمونات الجنس المعين ومن أمثلة الصفات التي تؤثر فيها الجينات المحددة بالجنس يمكن أن نذكر شعر الشارب واللحية وقوه الصوت عند الرجال وغير ذلك من صفات الجنسية الثانوية. وتجدر الإشارة إلى أن هنالك صفات أخرى مثل ظاهرة الصلع " Boldness" تظهر كثيراً عند الرجال ويقل ظهورها عند النساء وعليه يعتبر الصلع من الصفات المتأثرة بالجنس "Influenced by sex" وليس من الصفات المحددة بالجنس "limited by sex" مثل نمو شعر الشارب واللحية.

استثناءات نظرية الوراثة الكروموسومية

علي الرغم من أن النظرية الكروموسومية تفسر معظم الوراثة، إلا أن هناك استثناءات. والسبب في ذلك هو وجود DNA في المحتوى الجيني لبعض العضيات، مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء. لقد تم دراسة الوراثة غير المنديلية عن طريق العضيات بعمق من قبل عالمة روث ساجر، التي قامت، ببناء خريطة الجينات الأولى لجينات والبلاستيدات الخضراء في طحلب الكلاميديموناس، في الستينات والسبعينات من القرن الماضي.

الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء لا تنقسم مع المحتوى الجيني أثناء الانقسام الاختزالي. لذلك فإن أي صفة ظهرت بفعل الجينات في هذه الجينات لن تظهر الوراثة المنديلية.

تورث جينات الميتوكوندريا من الأم

تورث العضيات عادةً من أحد الأبوين فقط. وهي الأم بشكل عام. فعند تكون الزيجوت، فإنه يستقبل عدد متساوياً من المحتوى الجيني من كلا الأبوين، إلا أنه يحصل على الميتوكوندريا كلها من البويضة التي تحتوي سيتوبلازم وعضيات أكثر. عند انقسام البويضة المخصبة تنقسم عضيات الميتوكوندريا الأصلية أيضاً، ويتم توزيعها بشكل عشوائي.

نتيجة لذلك، بالإمكان أن نغزو وجود الميتوكوندريا في كل خلية من خلايا المخلوق البالغ إلى ميتوكوندريا الأم الأصلية التي كانت موجودة في البويضة. يسمى هذا النوع من الوراثة من الأم بالوراثة الأمية Maternal inheritance.

فمرض العصب البصري الوراثي لليبر Leber's Hereditary Optic Neuropathy (LHON) الذي يصيب الإنسان يظهر وراثه أمية. الأساس الجيني لهذا المرض هو حدوث طفرة في أليل في وحدة من أنزيم نازع هيدروجين NADH. تقل الطفرة من كفاءة انتقال الإلكترون في سلسلة نقل الإلكترون التي تحدث في الميتوكوندريا، مما يقلل من كمية ATP الناتجة. بعض خلايا العصب البصري حساسة لنقص كمية ATP ما يؤدي إلى ضمور في الأعصاب.

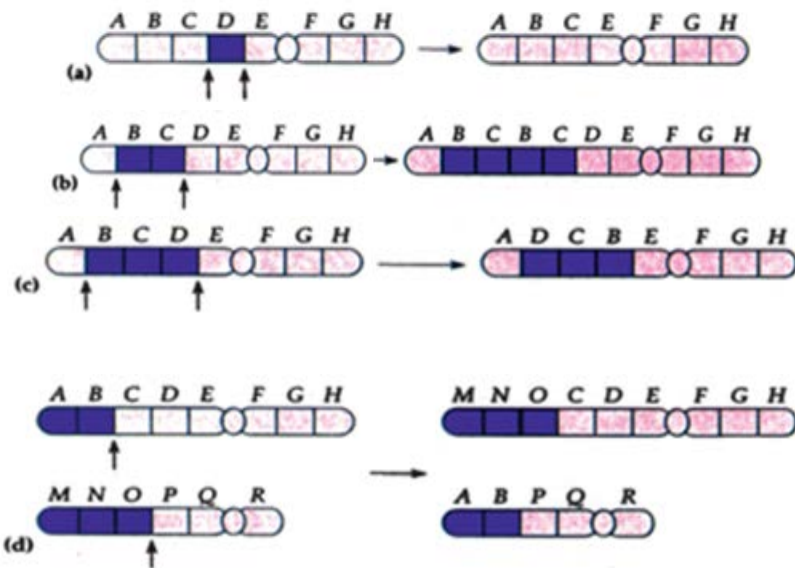
علل: الأم المصابة بهذا المرض ستقله إلى نسلها. أما الأب المصاب فلن ينقله إلى أي من نسله.

لاحظ أن هذه الحالة تختلف عن الوراثة المرتبطة بالجنس: لأن الذكور والإناث يتأثرون بشكل متساوٍ.

ثورث جينات البلاستيدات من أحد الأبوين

أن النسق الوراثي للبلاستيدات الخضراء عادة ما يكون من الأم أيضاً، إلا أنه في بعض الحالات يكون أبويًا أو من كلا الأبوين، وذلك يعتمد على نوع المخلوق الحي. وقد افترض العالم كارل كورينز عام 1909 أن البلاستيدات الخضراء هي المسؤولة عن الوراثة المبرقشة في نبات الساعة الرابعة (فيه أوراق خضراء وأخرى بيضاء)، وتظهر نسل هذه النبتة الصفات الشكلية للأم بغض النظر عن صفات الأب.

الشذوذ الصبغي: إن الصفات الوراثية قد تتغير أيضاً تبعاً لتغيرات تطراً على قطع من الكروموسومات تحتوي على عدة جينات، ففي بعض الحالات تنكسر قطع من الكروموسومات بحيث ينتج عن تكسرها واحدة من التغيرات الكروموسومية التركيبية التالية كما يلي:



النقص: عندما تتحلل القطعة الناتجة عن الكسر وتفقد

الزيادة (التكرار): عندما تتحد القطعة المنفصلة مع الكروموسوم النظير.

الانقلاب: عندما تتحد تلك القطعة مع نفس الكروموسوم بشكل مقلوب

الانتقال: عندما تتحد القطعة المنفصلة مع كروموسوم آخر مغاير.

تقنية الجينات ورسم الخرائط الوراثية GENOME MAPPING

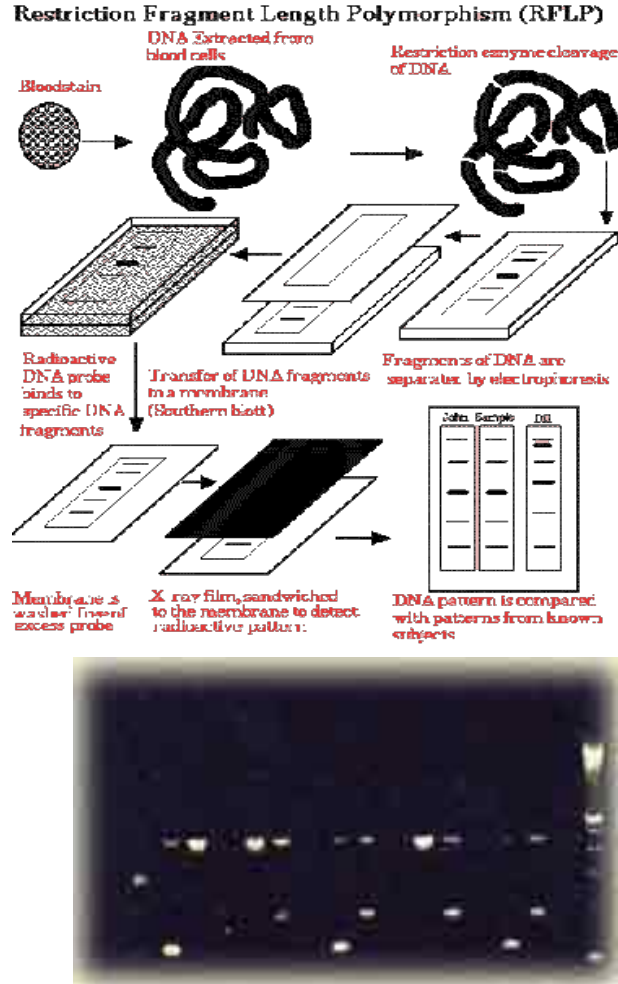
المقصود برسم الخرائط الوراثية هو تحديد المواقع النسبية لمقاطع المادة الوراثية المختلفة في مجموعة الكروموسومات المكونة للكائن الحي أي تعتبر الخرائط الوراثية طريقة لتقديم وتلخيص البيانات عن العلاقات الموضوعية بين الجينات في الكروموسومات.

ونظرا للتطور في علم الوراثة المتعلق بفحص DNA (والمعروف بعلم الوراثة الجزيئية) أصبح من السهل صنع نسخ عديدة من أي، جين (مورث) أو مقطع محدد من DNA. كما أمكن معرفة تسلسل الأحماض النووية. كما استطاع العلماء استكشاف الجينات الموجودة في على الكروموسومات كما استطاعوا تغييرها وتعديلها، وإعادة الجينات المعدلة إلى الخلية وغرزها في الكروموسوم. كما أمكن إنتاج كميات كبيرة من البروتينات كالهormونات واللقاحات المختلفة والتي كانت تنتج في السابق من الجثث الميتة أو تستخلص من الحيوانات. كما أن هذه الثورة العلمية فتحة المجال أمام الكثيرين من محبي هذا العلم في اختراع واكتشاف طرق جديدة وحديثة في التعامل وحفظ وتغيير المادة الوراثية.

وأطلق على عملية نسخ وتعديل وزرع الجينات اسم الهندسة الوراثية الذي يعني بكل ما يقام به في تغيير أو تعديل المادة الوراثية. ويتفرع من هذا العلم الكثير من التقنيات المهوزعة على الكثير من فروع الطب والعلوم. ويتوقف رسم الخرائط الوراثية على توافر دلائل متعددة المظهر في الكائن الحي. كانت الطريقة التقليدية لرسم الخرائط الوراثية تعتمد على الدلائل المورفولوجية (أي المظهر الخارجي للنباتات) مثل لون وشكل الزهرة أو الأوراق وغير ذلك إلا أن هذه الدلائل عددها محدود ويمكن أن تتأثر بالعوامل والظروف البيئية. ومع تقدم العلم وظهور طرق التفريد الكهربائي توفر نوع جديد من الدلائل على مستوى الكيمياء الحيوية سميت بمشابهات الأنزيمات Isozymes حيث أسهمت في تطور الخرائط الوراثية لبعض الكائنات إلا أن عددها أيضا محدود وتأثرها بمراحل نمو النبات مما حال دون الاستفادة منها في كثير من الكائنات الأخرى. ثم ظهرت تقنيات البيولوجيا الجزيئية الجديدة في رسم الخرائط الوراثية حيث وفرت دلائل على المستوى الجزيئي تنتج من تتابع النيوكليوتيدات في المادة الوراثية وهي الحمض النووي DNA وتتميز هذه الدلائل الجزيئية بمميزات أهمها:

- 1- وفرة عددها مما يسمح بتغطية المحتوى الوراثي لجميع الكروموسومات.
 - 2- الثبات في توارثها حيث لا تتأثر بالعوامل البيئية.
 - 3- إمكانية اكتشافها باستخدام الحمض النووي المعزول من أي نوع من النسيج وفي أي عمر من أعمار الكائن.
 - 4- إمكانية حفظ الحمض النووي DNA لفترات طويلة.
- ومن الدلائل الجزيئية الأكثر استخداما في رسم الخرائط الوراثية نوعان:

• النوع الأول ويطلق عليه **RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)**: هذا النوع يعتمد على إظهار التباين أو الاختلاف في الدلائل عن طريق هضم الحمض النووي DNA بعد استخلاصه من الكائن بواسطة إنزيمات القطع المحددة (إنزيمات خاصة بقطع الحمض النووي في أماكن محددة) وتظهر هذه الاختلافات بعد إجراء الاختبار على هيئة حزم Bands مختلفة في الوزن الجزيئي والطول.



الحزم Bands المتكونة في اختبار RFLP ومدى الاختلاف بين خمسة أصناف من النباتات

- النوع الثاني ويطلق عليه RAPD: وهذه الدلائل تعتمد على استخدام كمية ضئيلة جداً من الحمض النووي DNA لإنتاج نسخ من قطع معينة في الحمض النووي باستخدام جهاز PCR مع وجود بادئات صغيرة من الحمض النووي (9-10 قواعد نيتروجينية) ويكشف التباين مع ظهور حزم (Bands) معينة في بعض الأفراد واختلافها في البعض الآخر. والخرائط الوراثية المشبعة بالدلائل الوراثية أصبحت ذات أهمية كبيرة بالنسبة لعالم الوراثة ومربي النبات أو الحيوان لما تلعبه من دور بارز في دراسة المحتوى الوراثي بدرجة عالية من الدقة لم تكن متوفرة بالطرق الأخرى كذلك إمكانية تحديد مواقع الجينات التي تتحكم في الصفات الاقتصادية الهامة. وأيضاً توفير الوقت اللازم لتنفيذ برامج التربية والتحسين الوراثي عن طريق استخدام أسلوب الانتخاب عن طريق الدلائل فمثلاً إذا استطعنا أن نحدد دليل (مقطع أو مقاطع معينة من الحمض النووي DNA) يرتبط بظهور صفة اقتصادية هامة مثل المقاومة للمرض أو زيادة المحصول فيمكن عن طريق إجراء اختبارات على مستوى الحمض النووي DNA باستخدام تقنيات البيولوجيا الجزيئية انتخاب نباتات حاملة لهذه الدلائل والتي ترشد المربي إلى وجود الصفة المرغوبة في أقل وقت ممكن بالمقارنة بالطرق التقليدية التي تحتاج إلى وقت طويل.

2018

التدريبات المعملية في علم الوراثة Laboratory Manual for Genetics



أ. فتحي البوعيشي
عضو هيئة تدريس بقسم النبات / كلية العلوم/
جامعة الزاوية

2018

التدريبات المعملية في علم الوراثة

Laboratory Manual for Genetics

قبل البدء في شرح الدروس العملية يتوجب التعريف بأهم الكائنات الحية المستخدمة في التدريبات العملية الوراثية، (ذبابة الفاكهة، ونبات الذرة الشامية)

أولاً: ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster*

تعتبر ذبابة الفاكهة أو (ذبابة الخل) *Drosophila melanogaster* الأكثر استخداماً في دراسات وبحوث علم الوراثة، وتتبع الذبابة لرتبة الجناحين Diptera من عائلة Drosophilidae. تنتشر الذبابة في كل أنحاء العالم وهناك أنواع أخرى أقل استخداماً عن ذبابة الدرسوفيل ميلانوجاستر وأهمها *Drosophila simulans* و *D. subobscura* و *D. pseudoobscura*.

أصبحت ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster* الكائن المفضل عند علماء الوراثة، لأن دورة حياتها قصيرة ولأنها تمتاز بخصوصية عالية ولأن الذبابة صغيرة في حجمها فإن الحيز الذي تأخذه يكون صغيراً في المعمل ولكن في ذات الوقت فإن الذبابة تمل كماً وثيراً من الاختلافات الوراثية التي تسمح بملاحظة أنواع وخصائص الطفرات بطريقة سريعة وسهلة، إضافة إلى أن الذبابة يمكن حفظها وتربيتها ببسر وأن لها سلالات تحمل صبغيات موسومة (marked) بجينات واضحة، إضافة إلى قلة عدد الصبغيات (ن = 4) ووجود صبغيات بوليتينية في الغدد اللعابية.

تربية الذبابة Culture:

• جمع الذباب من الطبيعة Collection:

توجد ذبابة الفاكهة في الطبيعة في مزارع الفاكهة والخضر ويمكن جمعها في معظم المناطق بكميات وفيرة في مواسم الفاكهة، كما يمكن جمعها من أسواق الخضر والفاكهة ومن المنازل أو بئعي البلح والتمر أو الشامام. ولأن اليرقات والذبابة الكاملة تتغذى في الطبيعة على الخمائر (Yeast) فإن الحصول عليها وتربيتها يتم بسهولة. وللحصول على ذبابة الفاكهة من الطبيعة تستخدم المعامل المختلفة طرقاً كثيرة ومختلفة والطريقة المستخدمة في المعمل بالجامعة هي تحضير الوسط الغذائي المطبوخ من لب الموز في زجاجات المربي المغطاء والمعقمة وإضافة قليل من خميرة الخبز إلى سطح الوسط الغذائي قبل يوم أو يومين جمع الذباب. عند ميقات جمع الذباب، ترفع الأغذية وتوضع زجاجات المربي في مكان ظليل عند أسواق الفاكهة ويفضل جمع الذباب قبل الشروق أو الغروب بوقت قصير. عند دخول الذباب إلى زجاج المربي يغطى الزجاج بالقطن الطبي وتكرر عملية الجمع، ثم توضع زجاجات المربي في حضان Incubator تحت درجة حرارة 20 - 21 م (في فصل الشتاء يمكن حفظ الذباب في درجة حرارة الغرفة لعدة أيام).

• **حفظ الذباب في المعمل:**

لحفظ الذباب في المعمل لأغراض التدريس فإن أوعية زجاجية (Vials) بحجم 50 - 100 سم³ تكون كافية ويمكن استخدام زجاجات اللبن سعة ¼ لتر. يجب تنظيف الزجاج المستخدم جيداً ويفضل التعقيم خاصة إذا تكرر استخدام الزجاج. يغطى الزجاج بالقطن الطبي ويمكن استخدام الأغشية المصنعة من الإسفنج (Polyurethane foam) وهي أفضل من القطن لنظافتها وسهولة استخدامها، وإمكانية تكرار استعمالها. على كل حال يجب تعقيم القطن أو الإسفنج قبل الاستعمال.

• **الوسط الغذائي Media:**

يمكن لذبابة الفاكهة أن تنمو وتتكاثر في أنواع مختلفة من المواد النباتية المنخمرة ولكن الوسط الغذائي المطبوخ يعطى بيئة أكثر تماسكاً مما يسهل عملية تحويل الذباب من زجاجة إلى أخرى دون التصاقه بالوسط الغذائي. وهناك خمس طرق يمكن استخدامها نوردها هنا وكلها بيئات مفضلة لذبابة الفاكهة:

الكمية					المكون
5	4	3	2	1	
750	750	750	750	750	ماء (ml)
15	-	-	-	15	آجار آجار (gm)
-	30	100	100	130	عسل اسود (مولاس) (gm)
15	-	-	-	15	دقيق ذرة (gm) Corn meal
-	-	-	100	-	كريم القمح (gm)
-	-	-	100	-	دقيق الشعير (gm)
-	10	-	-	-	خميرة الخباز (gm)
500	-	-	-	-	لب الموز (gm)
5	5	5	5	5	حامض بروبيونيك (ml) propionic acid

لوحظ أن أفضل وأرخص وسط غذائي هو الوسط المصنع من لب الموز (الجدول رقم 5). ويطبخ كالاتي:

1. يذاب الآجار في الماء ويوضع على النار حتى يذوب (يمكن استبدال الآجار بالجيلاتين أو الجلي التجاري).
2. ثم يضاف لب الموز المهروس إلى الآجار ويترك على النار لمدة 5 دقائق إضافية.
3. ينزل الوسط الغذائي من النار ويترك ليبرد (ولا يجمد).

4. ويضاف إليه 5 مل من حامض البروبيونيك الذي يمنع نمو البكتريا والفطريات وتعفن الوسط الغذائي (يمكن إستبدال حمض البروبيوتيك بالمولدكس Moldes المكون من parahydroxy أو الفورمالديهايد (formaldehyde).

5. يصب الخليك في الزجاج على ارتفاع بوصة واحدة مع مراعاة عدم لمس الخليط لعنق الزجاج.

6. تغمس ورقة ترشيح مزدوجة بعرض بوصة داخل الوسط الغذائي في كل زجاجة.

7. تغطى الزجاج بالقطن (أو الإسفنج) وتترك لتبرد. (أن لم يتم استخدام الزجاج في الحال تحفظ في ثلاجة).

8. قبل الاستخدام تخرج الزجاج من الثلاجة وترش كمية صغيرة من خميرة الخباز على الوسط الغذائي ومن ثم ينقل الذباب إلى الزجاج.

9. في الحالات التي تستخدم فيها اليرقات للدراسة يمكن إضافة صبغة البروموفينول الأزرق Bromophenol Blue لتلوين الوسط الغذائي وتيسير مراقبة حركة اليرقات.

• الآفات التي تصيب ذبابة الفاكهة:

في غالب الأحيان تصاب مزارع تربية ذبابة الفاكهة بالعفن الأبيض والأحمر والأخضر والأسود وكثيراً ما تصاب بالحلم (Mites). أن أفضل وسيلة لتحاشي نمو العفن والحلم هي النظافة لكل الأدوات المستخدمة في التعامل مع الدروسوفيليا وإبعاد أي زجاجة مصابة بالحلم أو العفن مباشرة مع مراعاة عدم حفظ أي زجاجة تحتوى على ذباب لأكثر من شهر. في العادة يستخدم محلول مكون من Benzyl benzoate و Isopropanol بنسبة 1:5 لمسح الحضانات والأرفف المستخدمة لحفظ الزجاج المحتوى على الدروسوفيليا. إضافة إلى هذا فإن التغلب على آفات الدروسوفيليا يمكن أن يتم بحفظ الذباب في درجات حرارة لا تزيد على 21 م، حيث أن درجات الحرارة المرتفعة تساعد على نمو العفن والحلم.

• دورة حياة ذبابة الفاكهة Life Cycle

هناك أربعة أطوار مميزة في حياة ذبابة الفاكهة وهي البيضة، اليرقة، العذراء والحشرة الكاملة. تستغرق دورة حياة الذبابة من طور البيضة إلى الحشرة الكاملة مدة أسبوعين عند درجة حرارة 21م، منها 8 أيام في طور البيض واليرقات، 6 أيام في طور العذراء. ويمكن للحشرة الكاملة أن تعيش 6 أسابيع عند درجة حرارة 21 م. تضع الأنثى تامة النمو بيضاً بكميات وفيرة في اليوم الثاني من عمرها وتزداد كمية البيض يوماً وتبلغ أقصاها في الفترة من اليوم الخامس إلى اليوم العاشر وتتخفف تدريجياً ولكن الأنثى تستمر في وضع البيض

لمدة 26 يوماً تبلغ كمية البيض التي تضعها الأنثى الواحدة ما بين 1000 - 1500 بيضة طوال فترة حياتها. يفقس البيض بعد وضعه بحوالي 15 ساعة وتخرج منه يرقات تتغذى على المواد المتخمرة وتمر بثلاث فترات انسلاخ (Ist, Ist,

2nd and red instar larvae). تبدأ اليرقة في التشريق بعد خمسة أيام من ظهورها وتتحول إلى عذارى تكتسب اللون الداكن قبل خروج الحشرة الكاملة مباشرة. وتظهر صبغة العيون والأجنحة التي تبدو كجسم أهليجي elliptical داكن اللون. حين خروج الذبابة تبدو باهتة اللون في البداية وتكون أجنحتها مطوية وبطنها طويلة، وبعد ساعات قليلة تتفرد الأجنحة ويستدير البطن ويصبح لون الذبابة داكناً.

• تمييز الذكور والإناث Sexing:

عند استخدام ذبابة الفاكهة في التلقيحات والتهجينات الوراثية يصبح من الضروري التمييز بين الذكور والإناث. ويمكن تمييز الجنس بسهولة في ذبابة الفاكهة بمعاينة الأجزاء التناسلية تحت عدسة مكبرة أو تحت مجهر تشريحي. حيث تحاط آلة السفاد في الذكور فقط بصفائح كتينة سوداء اللون (Bristles) تظهر من الخارج وهذه صفة تميز الذكور حتى عند خروجهم مباشرة إلى طور الحشرة التامة.



كما أن الجزء الخلفي من البطن في الذكور يبدو داكن اللون عنه في الإناث، لأن الأربع حلقات الأخيرة في مؤخرة بطن الذكر تتدمج مكونة حلقة واحدة سوداء اللون، بينما لا يحدث هذا الاندماج في مؤخرة بطن الأنثى وبذلك يمكن تمييز ستة خطوط سوداء عريضة على السطح العلوي للإناث. إضافة إلى أن مؤخر البطن في الذكور يبدو أكثر استدارة بينما يظهر مؤخر

البطن مدبباً في الإناث لوجود آلة وضع البيض. بصورة عامة فإن ذكور ذبابة الفاكهة يكونون أصغر حجماً من الإناث تحت نفس الظروف البيئية وفي نفس العمر ولكن الحجم وحده ليس معياراً دقيقاً لتمييز الجنس. بقليل من التركيز يمكن تمييز الجنسين بفحص الأرجل الأمامية عند الرسغ الأولى (metatarsus) حيث توجد أمشاط جنسية (sex combs) في الذكور وتغيب في الإناث. وحتى في طور العذراء فإنه بالإمكان استخدام الأمشاط الجنسية لتمييز الذكور حيث تبدو الأمشاط في شكل بقعة سوداء اللون.

• تخدير ذبابة الفاكهة:

ليسهل فحص ذبابة الفاكهة تستخدم عدة طرق لتخدير الذباب، فإما أن تبرد الزجاجات التي تحتوى على الذباب بوضعها في وعاء به ثلج أو بتمرير غاز ثاني أكسيد الكربون على الذباب بصورة مستمرة أو بتخدير الذباب بواسطة الايثر (Ether). وأبسط الأجهزة المستخدمة في تخدير الذباب والتي يمكن تصنيعها (بواسطة المبتدئين) هو الجهاز الذي استخدمه ملر Muller في عام 1934 ولا يزال هو الأكثر شيوعاً في معامل الوراثة. والجهاز عبارة عن زجاجة لبن سعة ¼ لتر بداخلها قطعة قطن (أو شاش) مثبتة بواسطة سلك رفيع في القاعدة، تسد فوهة الزجاجات بقمع ينطبق تماماً على فوهتها وعند طرف القمع تركيب أنبوبة جيلاتين بها فتحات صغيرة تسمح بمرور المخدر من القطن المشبع بالأثير لكنها لا تسمح بمرور الذباب. عموماً فإن كل الأجهزة المستخدمة لا تخرج عن كونها وعاء زجاجي وقطعة قطن مثبتة فيه تبلل بالأثير.

لا يبدأ فحص الذباب إلا بعد التأكد التام من توقف حركته ويمكن فحص الذباب لمدة تتراوح بين 5 - 10 دقائق قبل أن يبدأ في الحركة، كما يجب م ا رعاة عدم التشبيح الزائد للفطن بالايثر حتى لا يلتصق الذباب به ويموت.

• اختبار الإناث غير الملقحة (العذراوات) *Virgin Flies*:

لاختبار ذبابة معينة يوضع الذباب المخدر على ورقة بيضاء ويحرك بواسطة فرشاة ناعمة أو إبرة تشريح. ما لم يحمل الذباب طفرات مرئية مثل (لون العيون أو لون الجسم، شكل الجناح، ...الخ) فإنه يفحص تحت كبير 12X أو 15X. الذباب الذي يتم الاستغناء عنه يطرح في زجاجة (Morgue) بها كحول أو زيت أو ماء بالصابون. لإجراء التلقيحات الوراثية يستخدم الذكور على أي عمر إذ يمكن للذكور إخصاب الإناث طوال فترة عمرهم بينما يكون لازماً استخدام الإناث غير الملقحة (العذراوات) في التهجين. ولأن أنثى الدروسوفيليا بإمكانها تخزين الحيوان المنوي من تلقيح واحد لمعظم فترة الخصوبة يصبح من الضروري اختيار الإناث بعد خروجها بمدة لا تزيد عن 8 - 12 ساعة. في العادة تزال كل الحشرات البالغة من الزجاجة عندما تصل اليرقات إلى طور العذراء في الصباح الباكر أو في المساء، ويبدأ عزل وجمع الإناث (العذراوات) كل خمس ساعات (أو كل فترة زمنية لا تزيد عن 12 ساعة). ولاختبار عذرية الإناث توضع كل أنثى (عذراء) منفصلة في زجاجة التربية لمدة 3 - 4 أيام قبل تحويلها إلى زجاجات بها ذكور. في حالة ظهور يرقات في زجاجة بها أنثى (عذراء) فقط يعنى هذا أن هذه الإناث مخصبة ولا معنى لاستخدامها في التهجين.

(تدون البيانات الخاصة في استمارات تسجيل المعلومات المرفقة)

ثانياً: وراثية الذرة الشامية *Zea Maiz*



مثل الدروسوفيليا فإن الذرة الشامية تستخدم بصورة واسعة في الدراسات الوراثية لسهولة إجراء التلقيحات ولوجود سلالات تحتوي على صفات وراثية مميزة وسهلة التحديد (لون الاندوسبرم)، إضافة إلى إمكانية الحصول على عدد وفير من الحبوب كل منها تمثل فرداً منفصلاً في كوز واحد.

ولأن دراستك في هذا المقرر تقتصر على الصفات الخاصة بلون الاليرون ولون الأندوسبرم فإن الجزء التالي يختص بدراسة هذا الجزء من الذرة الشامية.

• تركيب حبة الذرة الشامية *Kernel Structure*

تتكون الحبة من طبقة خارجية حافظة هي الغلاف الثمري *pericarp*، يليها الإندوسبرم *endosperm*، ثم الجنين *embryo*، ويوجد على قمة الحبة *scar* هو مكان اتصال القلم (الحيرير *silk*) بالثمرة. يتوقف لون حبة الذرة الشامية على التركيب الوراثي للنبات، ولون الحبة عبارة عن خليط من الألوان خاصة بالغلاف الثمري والاليرون والاندوسبرم. في بعض الحالات يكون لون الغلاف الثمري داكناً بحيث يخفي ما تحته من ألوان للاندوسبرم والاليرون وينتج من ذلك أن اللون الظاهر يكون هو لون الغلاف الثمري فقط. وقد يكون لون الاليرون داكناً

بحيث يخفي لون الاندوسبرم من تحته، وإن لم يكن الأليرون ملوناً فإن الحبة تأخذ لون الاندوسبرم، وفي حالة غياب اللون عن الأليرون والغلاف الثمري معاً فإن لون الحبة يكون هو لون الإندوسبرم. يتراوح لون الغلاف الثمري ما بين اللون الكريمي الفاتح إلى درجات مختلفة من الأصفر والأحمر إلى اللون البني الداكن، ومن اللون القرنفلي إلى اللون الأحمر الداكن ونادراً ما يكون الغلاف الثمري عديم اللون ولكنه يكون مبرقشاً في بعض الحالات variegated وقد يكون الغلاف الثمري أحمر اللون في بعض السلالات ولا يظهر اللون الأحمر إلا بعد تعرض الذرة للشمس وتعرف الصفة باحمرار الشمس Sun-Red. يمكن شراء الذرة الشامية ذات الحبوب التي تكون فيها الصبغيات ظاهرة من الأسواق المركزية أو أسواق الحبوب وهي تعرف محلياً (بالسبول).

• الأندوسبرم Endosperm:

ينتج الأندوسبرم من الإخصاب المزدوج double fertilization وينشأ من اتحاد النواتين التناسليتين في حبة اللقاح مع النواتين القطبيتين المكونات لنواة الاندوسبرم الأولية Primary endosperm nucleus ذات المجموعة الكروموسومية الثلاثية triploid. تنقسم هذه النواة إنقساماً ميوتوزياً سريعاً مكونة أنوية من غير جدر خلوية بينها، ثم من بعد يبدأ تكوين الجدر الخلوية. يزداد حجم الأندوسبرم وتتشكل طبقة الخلايا الخارجية من الإندوسبرم لتكون طبقة الأليرون. قد تخلو خلايا الإندوسبرم من الصبغات أو قد تحتوى على صبغات تعطي درجات من اللون الأحمر إلى اللون القرمزي الداكن. ويمكن تلخيص صفات الاندوسبرم لأنواع الذرة الشامية المستخدمة في التميرين السابقة في الآتي:



1. الأندوسبرم الأصفر (Y) Yellow endosperm:

يكون لون الأندوسبرم أصفرًا (Y) والصفة المقابلة هي اللون الأبيض (y) والأليل الأصفر سائد على الأبيض وتوجد الصفة على الكروموسوم السادس.

2. الأندوسبرم السكري Sugary endosperm

وفيه يكون الإندوسبرم مجدداً وشفافاً wrinkled and translucent والأليل السائد هو (Su) وتظهر فيه الحبوب عادية غير مجددة ويوجد الجين على الكروموسوم الرابع.

3. الأندوسبرم المنكمش (sh) Shrunken endosperm:

تظهر الحبوب بانخفاضات غير مدببة في القمة وقد يشمل الانكماش جانبي الحبة، والصفة السائدة هي الأندوسبرم غير المنكمش non-shrunken في الحبوب العادية.

التفاعل الجيني في صفات الأليرون Gene interaction:

هنالك عدد من الجينات التي تتحكم في ظهور لون الأليرون وهذه الجينات مستقلة في انعزالها وتوزيعها ومنها A3 و A2 و A1 و R و C. وعند وجود كل هذه الجينات في حالة سائدة فإن لون الأليرون يكون ظاهراً أي أنه إذا كان أي من هذه الجينات متنحياً فإن الصبغة لا تظهر على الأليرون ويكون بذلك عديم اللون. إضافة إلى هذه المجموعة من الجينات فإن الأليرون يحتوي على جين مانع (I) وهو جين سائد يمنع تكوين الصبغة وأليله المتنحي (i) لا يمنع تكوين الصبغة ويمكن توضيح السلوك الوراثي لهذه الجينات من التراكيب الوراثية الآتية:

لون الاليريون	التركيب الوراثي
قرمزي	iiA ₁ - A ₂ - A ₃ - R-C-Pr- 1
أحمر	iiA ₁ - A ₂ - A ₃ - R-C-PrPr 2
عديم اللون	ii a ₁ a ₁ - A ₂ - A ₃ - R-C-Pr- 3
عديم اللون	ii a ₁ a ₁ - A ₂ - A ₃ - R-C-PrPr 4
عديم اللون	1-A ₁ - A ₂ - A ₃ - R-C-PrPr 5
عديم اللون	1-A ₁ - A ₂ - A ₃ - R-C-Pr 6

لا يظهر لون الأندوسبرم في الحالتين 1 و 2 لوجود صبغة الأليرون بينما يظهر لون الأندوسبرم في الحالات 3 - 6 فإن كان الأندوسبرم أبيضاً ظهرت الحبة بيضاء وإن كان أصفرأ ظهرت الحبة صفراء. يلاحظ في كيزان الذرة التي تفحص نسباً متفاوتة بوجود اللون في الاليريون ويمكن أن يعزى لذلك لأسباب كثيرة منها ما يعرف بالتفوق.

التفوق المتنحي Recessive Epistasis

يتوقع في هذه الحالة الحصول على النسبة الوراثية 9 : 3 : 4 وتظهر الحبوب حين ظهور لون الاليريون p، وجين اللون القرمزي Pr، وجين اللون الأحمر pr.

التفوق السائد Dominant Epistasis:

من المتوقع في هذه الحالة الحصول على النسب الوراثية 12 : 13 : 1 وتظهر الجينات (I) مانع اللون، وجين (i) الذي لا تأثر له، وجين (Pr) للون القرمزي، وجين (pr) للون الأحمر.

التفوق المتنحي المزدوج Recessive Duplicate Epistasis

وتوجد جينات مكملة complementary genes. ففي حالة وجود A1 و A2 اللانزمان لتكوين لون الأليرون في حالة متنحية (أحدهما أو كلاهما) يمنع تكوين اللون وتكون النسب الوراثية المتوقعة 9 : 7.

التفوق المزدوج الناقص Incomplete Duplicate Factors:

وتنتج الحالة من وجود جينات مصنفة Additive genes ويتوقع حصول نسب وراثية 9 : 6 : 1.

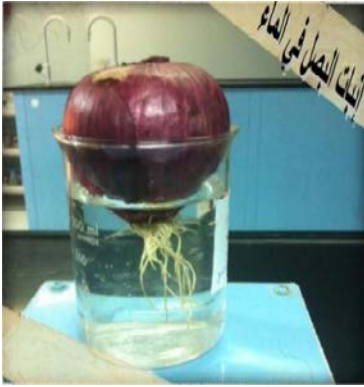
التدريب المعلمي الأول

الانقسام الفتيلي (الميتوزي) في القمة النامية لجذور النبات

تستخدم القمم النامية لجذور نبات البصل *Alium Cepa*، أو الفول المصري *Vicia faba* لدراسة الانقسام الفتيلي (الميتوزي) في الخلايا النباتية وذلك لأن الانقسام يكون نشطاً في القمم النامية للجذور .

الاحتياجات: محلول كارنوي - صبغة الاستيوأورسين أو الاستيوأورسين - حامض خليك ثلجي - بصل أو فول مصري نابت - كحول ايثيلي - حمض الهيدروكلوريك - كلوروفورم - شفرة حلاقة صدئة - شرائح مجهرية - أغطية للشرائح - مجهر ضوئي.

طريقة تحضير شرائح مجهرية للانقسام الفتيلي:



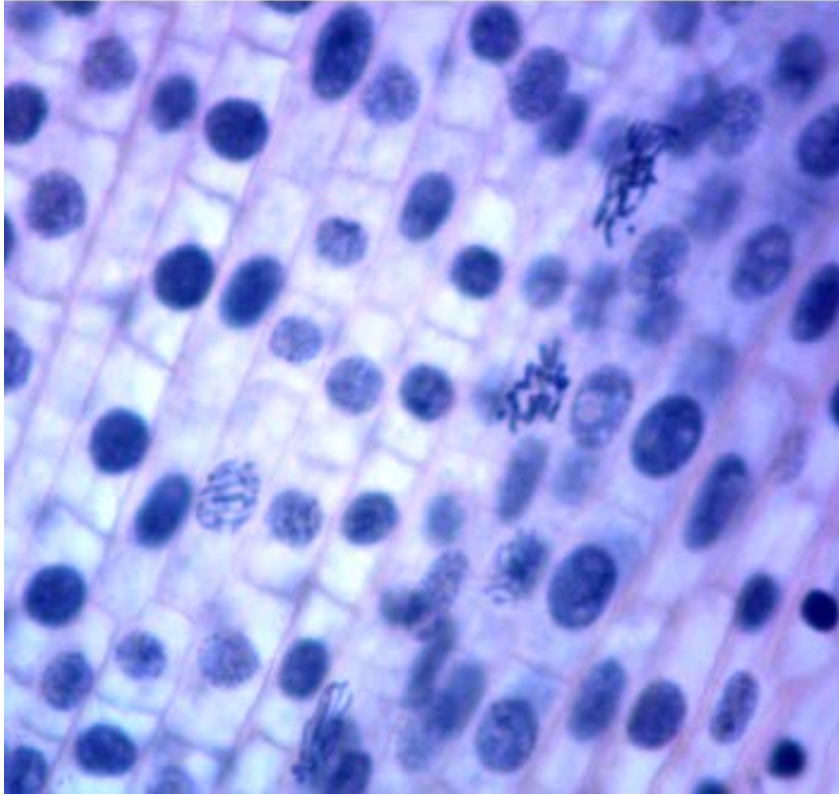
1. يتطلب التمرين التحضير المسبق لعينات الجذور الأولية لنبات البصل أو نبات الفول المصري وذلك باستنبات النبات بوضعه في الماء لمدة تتراوح بين 3 - 5 أيام عند درجة حرارة الغرفة حيث تصل أطوال الجذور النامية إلى 2.5 - 5 سم. تستخدم الجذور النامية الصغيرة من البصل أو الفول ولا تستخدم الجذور الأولية لقلة الانقسامات الميوزية بها.
2. تضاف 0.05 % من مادة الكولشيسين (Cholchicine) إلى التحضير وتترك لمدة 20 - 30 ساعة، بغرض إيقاف عمل خيوط المغزل وتثبيت الانقسام عند الطور الاستوائي (metaphase). لاحظ أن مادة الكولشيسين مادة مسرطنة (carcinogen) ويجب التعامل معها بحرص شديد.
3. تعد قطع بطول حوالي 1 سم من أطراف القمم النامية للجذور إما للاستخدام الفوري أو للاستخدام في أوقات لاحقة حيث تجمع القمم النامية للجذور وتحفظ في محلول كارنوي (carnoy's) لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة ثم تنقل الجذور إلى 70% كحول ايثيلي (ethyl alcohol) وتحفظ في ثلاجة لحين الاستعمال. يمكن حفظ هذه العينات بحالة جيدة لمدة تتراوح بين 2 - 3 سنوات.
4. تلين الجذور النامية بتقطيعها إلى أجزاء صغير 3 - 4 مم ووضعها في قليل من حمض الهيدروكلوريك HCl لمدة من 3 - 5 دقائق. تنفصل الخلايا وتتسبب بفعل الحمض ويمكن اختبار طراوة الجذور بالضغط عليها بذبوس أو إبرة تشريح.
5. توضع نقطة من صبغة الاستيوأورسين Aceto-orcein على شريحة مجهرية نظيفة وتنقل قطعة الجذر الطرية إلى الصبغة بواسطة إبرة أو ملقط.
6. تقطع قطعة الجذر إلى قطع صغيرة بواسطة دبوس أو شفرة حلاقة صدئة إذ يتفاعل الحديد مع الصبغة ليعطى تحضيراً أفضل للخلايا.
7. تغطي الشريحة بغطاء نظيف ثم تسخن بلطف على لهب كحولي (يحذر من الغليان).

8. توضع الشريحة ما بين ورقتي ترشيح أو ورق نشاف ويضغط بالإبهام خفيفاً على غطاء الشريحة لفصل الخلايا وفردتها وهذا ما يعرف بالهرس.

9. تفحص الشريحة تحت المجهر لمعاينة أجزاء الخلية وأطوار الانقسام. يلاحظ أن مكونات الخلايا لا تظهر جميعها في شريحة واحدة إذ أن رؤية هذه المكونات تستلزم أصباغ وطرق تحضير معينة.

• سوف تعطي شرائح جاهزة للانقسام الميتوزي.

- 1 - أفحص الشريحة تحت المجهر الضوئي مستخدماً عدسات التكبير المختلفة.
- 2 - تعرف على مكونات الخلية المختلفة (النواة - الكروموسومات - المغزل - الفجوات... الخ).
- 3 - بين الأطوار المختلفة للانقسام الميتوزي في النبات (تمهيدي ، استوائي ، انفصالي، نهائي).
- 4 - ميز عدد وشكل الكروموسومات (الكروماتيد - السنترومير - الأذرع... الخ)
- 5 - وضح الاختلافات بين الشريحة التي حضرتها والشريحة الجاهزة التي وفرها الأستاذ.
- 6 - أرسم مراحل الانقسام المختلفة للانقسام الميتوزي في البصل والفول المصري، وارسم خلية بها كل العضيات التي شاهدها.



تحضير المحاليل المخزنة Stock Solutions:

1. محلول كارنوي Carnoy's

6 أجزاء كحول إيثيل مطلق / 3 أجزاء كلورفورم Chloroform / 1 جزء حامض خليك ثلجي glacial acetic

acid أو حامض بروبيونيك propionic acid

• يحضر المحلول قبل الاستخدام مباشرة

صبغة الإسيثوكارمن Aceto-carmin:

1. يضاف جرام واحد من مسحوق الكارمين إلى 2 مل من حامض الخليك 45% أو البروبيونيك في درجة الغليان

2. يستمر في غليان الصبغة لمدة 1 - 2 دقيقة أو إلى أن يتحول المحلول فجأة إلى اللون الداكن.

3. تبرد الصبغة وترشح وتحفظ في زجاجات بنية.

صبغة الإسيثو أورسين Aceto-orcein:

1. يذاب 2 جرام من مسحوق الأورسين في 100 مل حامض خليك ثلجي glacial acetic acid أو حامض بروبيونيك ويغلى ببطء.

2. يبرد المحلول ويحفظ في زجاجات داكنة اللون.

3. قبل الاستعمال مباشرة تخفف الصبغة الماء إلى تركيز 45% ثم ترشح وتستخدم.

التدريب المعملّي الثاني

الانقسام الميوزي Meiosis

تعتبر البرمائيات Amphibians والزواحف Reptilians من الكائنات المفضلة لدراسة الانقسام الميوزي.

الاحتياجات:

ذكور من السحالي - شرائح مجهرية - أغطية للشرائح - لهب كحولي - محلول فارمر - صبغة - كحول إثيلي

الطريقة الأولى:

1. يجمع الذكور أثناء موسم التناسل وتستخرج الخصي. (يمكن استخدام خصي من سحلية - ضفدعة... الخ)
2. تقطع الخصي إلى قطع صغيرة وتوضع في محلول فارمر للقتل والتثبيت لمدة 2 - 3 أيام عند درجة حرارة الغرفة.
3. تؤخذ قطعة صغيرة من الخصية 1 - 2 مم وتوضع على شريحة بها قطرة من صبغة الكارمن أو الأورسين وتترك لمدة 2 - 3 دقائق أو حتى يصبح لون القطعة داكناً.
4. تقطع القطعة المصبوغة إلى أجزاء صغيرة بواسطة شفرة أو إبرة تشريح.
5. يوضع غطاء الشريحة ويضغط عليه برفق لفصل الخلايا عن طريق الهرس squashing.
6. تسخن الشريحة فوق لهب كحولي لإزالة الصبغة من السيتوبلازم وإظهار الكروموسومات.
7. تستعمل طريقة التجميد Freezing حيث توضع الشريحة في قالب من الثلج الجاف لمدة 60 ثانية أو أكثر (ويمكن وضع الشريحة في فريزر). ينزع غطاء الشريحة في كحول أثيلي مطلق لمدة 5 دقائق، ثم يغير الكحول مرتين لمدة 2 دقيقة في كل مرة.
8. تتراح الشريحة من الكحول وتحمل باليوبارول euparal أو كندا بلسم أو DPX. (وهذه الطريقة تستخدم في كل التحضيرات الكروموسومية).

الطريقة الثانية:

1. تحضير محلول فارمر للقتل والتثبيت Farmer's solution:
أ - 3 أجزاء كحول إثيلي مطلق - 1 جزء حامض خليك ثلجي أو حامض بروبيونيك.
ب - يخلط الكحول مع الحمض قبل الاستخدام مباشرة، وظيفة محلول فارمر هي القتل الفجائي للعمليات الحيوية في الخلايا وتصلب أجزء الخلية المختلفة لتحافظ على شكلها ومكانها الطبيعي بحيث لا يتغير تركيب المكونات في الخلية بالتثبيت.
2. يوزن الحيوان ثم يحقن بالكولشئين Colchicine لمدة ساعتين إلى ثلاث ساعات.
3. يشرح الحيوان وتستخرج الأجزاء التي يراد تحضير الكروموسومات منها (كبد - بنكرياس - مناسل... الخ).
4. توضع العينات في 3 مل سترات الصوديوم 0.01% وتهرس وتترك لمدة 10 - 12 دقيقة.
5. تخض العينات في جهاز الطرد المركزي لمدة 4 دقائق عند 3 آلاف دورة في الدقيقة.
6. تزال الطبقة العلوية من السائل بعد إخراج العينات من الجهاز.

7. يضاف للعينة 3 مل من الكارنوي ثم يرج الخليط جيداً ثم يترك لمدة 10 - 15 دقيقة.
8. توضع العينات مرة أخرى في جهاز الطرد المركزي لمدة 4 دقائق ثم تزال الطبقة العلوية.
9. يضاف للراسب 1 مل من الكارنوي، ثم يرج الخليط ويوضع في الجهاز لمدة 4 دقائق ثم يزال الجزء العلوي من السائل ويترك الراسب، وتكرر هذه الخطوة ثلاث مرات.
10. تخرج العينات من الجهاز ويزال السائل العلوي ثم يضاف 1 مل من الكارنوي ثم يرج ولتوضع نقاط من العينة علي الشرائح الموجودة على Hot plate.
11. صيغ العينات بالجميزا (9 : 1) ثم تترك الشرائح حتى تجف تماماً ثم توضع في الزايلين.
12. تجفف الشرائح من الزايلين، ثم يوضع عليها المثبت وتغطي ثم تفحص تحت عدسة 100.

التمرين:

1. افحص الشريحة التي حضرتها تحت المجهر.
2. سجل مراحل الانقسام الميوزي.
3. أرسم خلية ممثلة لكل مرحلة من مراحل الانقسام الميوزي.
4. بين الاختلاف بين الخلايا في الشريحة التي حضرتها وشرائح الانقسام الميوزي الجاهزة.

التدريب المعمل الثالث

السلوك الوراثي في نبات الذرة الشامية *Zea Maiz*

تقتصر دراسة السلوك الوراثي لنبات الذرة الشامية ($N = 10$) على دراسة الصفات الخاصة بلون الأليرون aleuron colour ولون الإندوسبرم endosperm إذ أنها صفات واضحة للعين وسهلة التمييز. يوجد في الذرة الشامية مواقع جينية عديدة موزعة على العشرة أزواج من الكروموسومات تعين لون وصفات الأندوسبرم. يرجع للملحق لمعلومات مفصلة عن السلوك الوراثي للذرة الشامية.

الاحتياجات:

- 1 - كيزان من الذرة الشامية.
- 2 - دبوس أو قلم حبر.

الطريقة:

1. قسم الحبوب في كل كوز إلى أربع مجموعات مظهرية (بيضا، صفراء، حمراء، بنفسجية).
2. ضع دبوساً (أو نقطة حبر) على حبة في مؤخر الكوز ثم أبدأ حساب الحبوب متجهاً إلى أعلى بطول الصف، ثم منتقلاً من أعلى إلى أسفل في الصف التالي وهكذا حتى تصل إلى نقطة البداية (الحبة المعلمة).
3. أحصر عدد الحبوب من كل لون على حدة.
4. سجل عدد الحبوب لكل فئة باستخدام الجدول الآتي:

الانحراف	العدد المتوقع	العدد المشاهد	الشكل المظهري
			المجموع الكلي

التمرين:

- 1 - اختر رموزاً مناسبة لكتابة التركيب الوراثي لكل زوج من الجينات المحددة لصفة اللون.
- 2 - أي الصفات تعتمد على الجينات السائدة وأيها تعتمد على الجينات المنتجة؟
- 3 - استخدام رموز الجينات التي اخترتها لكتابة التركيب الوراثي والشكل المظهري للأباء والجيل الأول والجيل الثاني.

التدريب المعملّي الرابع

الانعزال والتوزيع الحر والارتباط بالجنس

أولاً: الانعزال والتوزيع الحر:

تستخدم ذبابة الفاكهة لتوضيح القواعد الأساسية للوراثة المنديلية البسيطة. وهذا التدريب يتيح الفرصة لدراسة قوانين مندل الخاصة والتوزيع الحر في تهجينات فردية وزوجية وعلى الصفات المرتبطة بالجنس.

الاحتياجات:

1. المواد المستخدمة في معاملة الدروسوفيليا.
2. سلالات دروسوفيليا منتخبة.
3. زجاجات تربية تحتوى على بيئة غذائية.

1 - قانون مندل الأول (قانون الانعزال)

التلقيحات التالية يمكن استخدامها لإثبات قانون الانعزال:

الآباء P1

ذكر		أنثى	
أحمر (برى)	X	طوبى Sepia	لون العين
طويل (برى)	X	مقضوم	شكل الجناح
طويل (برى)	X	مختزل vestigial	شكل الجناح
رمادي (برى)	X	أبنوسي ebony	لون الجسم

يمكن استخدام التلقيحات

دون ملاحظتك من التلقيحات التي أجريتها بنفسك أو التي أعطيت لك:

ذكور	إناث
—	— التركيب الوراثي للآباء P ₁
—	— التركيب الوراثي للجيل الأول F ₁
—	— التركيب الوراثي للجيل الثاني F ₂
—	— الشكل الظاهري للجيل الأول
—	— الشكل الظاهري للجيل الثاني

التمرين:

1. ما هي النسبة التي تتوقعها للأشكال الظاهرية في الجيل الثاني؟
2. ما هي النسبة التي تتوقعها للتركيب الوراثية في الجيل الثاني؟
3. ما هي الصفة السائدة في تجربتك؟ كيف عرفت ذلك؟

2- قانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر)

يمكن إجراء عدة تلقيحات بين حشرات تحمل طفرات جينية أصيلة تقع على الكروموسوم الثاني والثالث ومثل لذلك الجين (vg) للجناح المختزل يقع على الكروموسوم الثاني والجين (e) للون الجسم الأبنوسي يقع على الكروموسوم الثالث. يجرى التلقيح الآتي (أو التلقيح العكسي)

(أنثى) مختزل الجناح X (ذكر) أبنوسي
vgvg + ee X Vg + vg + ee

سجل كل القراءات لهذه التلقيحات.

التمرين:

1. أحسب العدد المتوقع لكل فئة من الفئات المظهرية واحسب الانحرافات (O-E) بين العدد المشاهد والمتوقع.
2. أكتب التركيب الوراثي للحشرات في كل الأجيال.

استمارة البيانات الوراثية

(O-E)	العدد المتوقع	العدد المشاهد	التركيب الوراثي	الفئات المظهرية
				P الآباء
			ذكر أنثى	
				F1
			ذكر أنثى	
				F2
			ذكر أنثى	

ثانياً: الارتباط بالجنس في الدروسوفيل

أولى التجارب التي أعطت دليلاً واضحاً على وراثة الصفات المرتبطة بالجنس inheritance sex – linked أجراها توماس مورجان Morgan عام 1910 على جين طافرة العين البيضاء white eye mutant في الدروسوفيل. في هذا الجزء من المقرر يمكن استعمال أي من الطفرات العديدة المرتبطة بالجنس في الدروسوفيل لتهجينات وتهجينات عكسية، مثلاً:

أنثى بيضاء العين X ذكر برى
 $x^w x^w$ X $x^+ y$
 أو أنثى (برية) X ذكر (أبيض العين)
 $x^+ x^+$ X $x^w y$

استمارة البيانات الوراثية

Genetic Data Sheet

	1	2	3	4	Total
					المجموع
Phenotype Class النمط الظاهري					
No. of individuals (actual) عدد الأفراد الفعلي	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	
Expected No. العدد المتوقع	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	

$$X^2 = \frac{(a_1 - e_1)^2}{e_1} + \frac{(a_2 - e_2)^2}{e_2} + \frac{(a_3 - e_3)^2}{e_3} + \frac{(a_4 - e_4)^2}{e_4}$$

$$X^2 = \frac{\quad}{\quad} + \frac{\quad}{\quad} + \frac{\quad}{\quad} + \frac{\quad}{\quad} =$$

Table

d.f	p=.95	.90	.80	.70	.50	.30	.10	.05	.01
1	.004	.016	.064	.148	.455	1.974	2.796	3.841	6.635
2	.103	.211	.446	.713	1.386	2.408	4.605	5.991	9.210
3	.352	.584	1.005	1.424	2.366	3.665	6.251	7.816	11.345

d.f degrees of freedom

p probability

التدريب المعمل الخامس

الوراثة السيتولوجية في الإنسان Human Cytogenetics

تعتمد أغلب الدراسات الحالية لتحديد عدد كروموسومات الإنسان على خلايا كرات الدم البيضاء التي تؤخذ من الدم الوريدي إذ من السهل الحصول على خلايا الدم البيضاء واستحثاتها للدخول في الانقسام الميتوزي بمعاملتها بالكولشيسين ومحلول ذي تركيز أسموزي منخفض متبوعاً بالتثبيث. وذلك بأن تغرد الخلايا المثبتة على شريحة وتصبغ لرؤية الكروموسومات ويفحص مثل هذه الشريحة استطاع تيجو وليفان Tijian and Levan عام (1965) تحديد العدد الكروموسومي في الإنسان (ن = 23).

يمكن تمييز كروموسومات الإنسان على أساس طول الكروموسوم وموضع السنترومير. وقد رتب الكروموسومات الجسمية autosomes إلى 7 مجموعات إضافة إلى زوج الكروموسومات الجنسية Sex chromosomes كالأتي:

المجموعة	الكروموسومات
A	3-1
B	5- 4
C	12 - 6
D	15-13
E	18-16
F	20 و 19
G	22 و 21
X	XY أو XX

وعلى ضوء موقع السنترومير (الانقباض الأولى) فإن هنالك ثلاثة أنواع من الكروموسومات في الإنسان وهي الكروموسومات وسطية السنترومير metacentric وذات السنترومير القريب من الوسط submetacentric والقريب من الطرف acrocentric (يلاحظ أنه لا توجد في الإنسان كروموسومات طرفية السنترومير). بالإضافة إلى ذلك فإن بعض الكروموسومات تمتلك توابعاً Satellites مميزة. ويقسم كل كروموسوم إلى (ذ ا رع) يد قصيرة p وأخرى طويلة q وترقم كل يد بالترتيب من السنترومير إلى نهاية الذراع.

وبالرغم من أن كروموسومات الإنسان ترتب في مجموعات ولكن لا يمكن تمييز الكروموسومات الفردية داخل المجموعة بدقة، وعليه فقد تم تطوير تقنية الحزم الكروموسومية (Banding) للتحديد القاطع لكل صبغي في المجموعة. وهناك خمسة أنواع من التقنيات لتحديد الحزم الكروموسومية تستخدم فيها أصباغ مختلفة هي:

- حزم G (G-banding) وتظهر عند صبغ الكروموسومات بصبغة الجيمسا Geimsa.

- حزم Q (Q- banding) وتظهر عند صبغ الكروموسومات بصبغة لاصفة (فلورسنتية) fluorescent مثل لاكوينكرين quinacrine.

- حزم R (R-banding) وتظهر عند صبغ الكروموسومات (عكسياً) بالجيمسا Reverse بعد تسخين الكروموسومات وتظهر نماذج عكسية لحزم G.

- حزم T (T-banding) وتظهر فيها الحزم في المناطق الطرفية للكروموسوم (Telomere).
- حزم C (C-banding) وتظهر الحزم مختلفة الكروماتين عند مناطق السنتروميير constitutive hereochromatin.

الاحتياجات:

1. شرائح تحتوي على كروموسومات من الإنسان.
2. مجهر بعدسة زيتية.
3. صور فوتوغرافية كروموسومية (Karyotypes) مختلفة من الطور الاستوائي لمزرعة كرات الدم البيضاء.

الطريقة:

- 1 -أفحص الشرائح لتحديد عدد الكروموسومات وجنس الفرد (أنثى - ذكر) مستخدماً العدسة الزيتية.
- 2 -استخدم الصور الفوتوغرافية لإجراء التمرين.

التمرين:

1. كم عدد الكروموسومات في الشريحة التي قمت بفحصها.
2. هل الشريحة لأنثى أم لذكر ؟ لماذا ؟
3. رتب الكروموسومات بالتسلسل حسب الطول وموضع السنتروميير من الصور الفوتوغرافية (7 مجموعات جسمية + مجموعة كروموسومات الجنس).
4. أقطع الكروموسومات وجهاز الهيئة الكروموسومية Karyotype في تقرير دراسة الكروموسومات المرفق لكل صورة على حدة مستخدماً المعلومات التي حصلت عليها مستعيناً بالجدول التالي:

رقم الصورة	الكروموسوم	الجنس	المظهر أو العرض

5. بين أي شذوذ في عدد الكروموسومات أو أجزاء منها وأذكر أي شذوذ في تركيب الكروموسومات في الصور الفوتوغرافية.

سجل نسب Family Pedigree

- الجيل — عائلة رقم — رقم —
 الاسم — تاريخ الميلاد — تاريخ الوفاة —
 العنوان —
 اسم الأب — الرقم —
 اسم الأم — الرقم —
 متزوجة من — تاريخ المقابلة —

الأبناء	تاريخ الميلاد	تاريخ الوفاة	التعبير عن الصفة	طبيعي	متزوج من
.1					
.2					
.3					
.4					
.5					
.6					
.7					
.8					
.9					
.10					

مصدر المعلومات : —

ملاحظات : —

تقرير عن دراسة الكروموسومات

1	2	3	4	5
A مجموعة			B مجموعة	
6	7	8	9	10
C مجموعة			D مجموعة	
13	14	15	16	17
E مجموعة			F مجموعة	
19	20	21	22	y
G مجموعة			X	

رقم الوحدة — الاسم —

الرائل — رقم المزعة —

العنبر أو العبادة — تاريخ المزعة —

الهيئة الكروموسومية —

رقم الخلايا —

عدد الكروموسومات —

45 46 47

التفسير —

التوقيع —

التدريب المعمل السادس

الطفرات الوراثية:

الطفرور الوراثي هو تغيير مفاجئ في المادة الوراثية ويمكن أن ينتج عنه نمط مظهري متباين مع النمط المظهري البري السائد التعبير عنه في العشيرة. بعض الطفرات الوراثية واضحة سايتولوجيا أي يمكن مشاهدتها بدراسة التباين بين كروموسومات الفرد الذي حدث فيه الطفرور والنمط الكروموسومي Karyotype البري. هذا النوع من الطفرور يصطلح على تسميته بالتحريرات الكروموسومية التركيبية التي تشمل: النقص أو التكرار أو الانقلاب أو الانتقال لبعض أجزاء كر وموسوم أو عدة كر وموسومات في الفرد الطافر مقارنة بالإفراد البرية. النوع الآخر من الطفرور ما يصطلح على تسميته الطفرور الموقعي، يشمل إضافة أو حذف أو استبدال قاعدة نيوكليوتيدية واحدة أو عدد قليل من النيوكليوتيدات في الـ DNA البري بأخرى أو آخر في الحامض النووي للفرد الطافر.

العوامل المسببة للطفرور الوراثي متعددة وتشمل: بعض الكيماويات مثل الحامض النيتروزي Nitrous acid، ethyl Bromouracil، ومشابها القواعد مثل Acridines، methane sulphonate، كما تشمل بعض العوامل الفيزيائية مثل الإشعاعات المؤينة مثل الأشعة السينية وأشعة جاما الإشعاعات غير المؤينة مثل الأشعة فوق البنفسجية و الحرارة. الهدف من هذا الفصل العملي هو إحداث بعض الطفرات الوراثية باستعمال Nitrous acid ذلك لأنه وسيلة تظفير آمنة الاستعمال وذو فعالية جيدة في إحداث الطفرور الموقعي. أجري التجربة بتعرض الأبواغ الكونيدية للحامض النيتروزي لمدة لمدة 10، 20، 30، 40، 50 دقيقة بالإضافة لتجربة حاكمة تتطابق فيها كل ظروف التجربة باستثناء استعمال الحامض مع الكونيديا. ستعمل في مجموعات تتكون كل منها من خمسة أفراد تزود كل مجموعة بالمواد الآتية:

1. 10 مللتر من معلق كونديا (ابواغ لا جنسية) لفطر *Asperigillus* أو *Fusarium* كثافته 1.5×10 بوغ / مللتر.
2. 6 أنابيب اختبار فارغة معقمة موسومة بالأعداد 1-6.
3. 12 طبق بتري يحتوي كل منها على وسط غذائي PDA (Potato Dextrose Agar) موسومة بالأرقام 1-6 لفرد الابواغ الكونيدية المعاملة بالحامض النيتروزي بالإضافة للتجربة الحاكمة.
4. أنبوبي اختبار يحتوي كل منهما على: 9.9 ml لإجراء تخفيف معاملة بالإضافة للتجربة الحاكمة.
5. 6 أطباق بتري يحتوي كل منها على وسط غذائي P DA موسومة 0S, 1S, 2S, 3S, 4S, 5S, 6S. لفرد معلق الكونيديا المخفف لتقدير أعداد الكونيديا الحية بعد المعاملة بالحامض النيتروزي.
6. لفافة تحتوى على ساحات مدرجة معقمة مختلفة لنقل الكونيديا.

ملاحظة: استعمل الطرق الميكروبيولوجية السليمة في كل خطوة لضمان الحصول على النتائج المرجوة.

الطريقة:

- 1 - أنقل 0.5 ml من المعلق إلى كل من أنابيب الاختبار 1 - 6.
- 2 - أضف لكل أنبوبة 1.0 ml M Acetate buffer.

- 3 - أضف للأنبوب رقم 1 (5 drops) 0.05ml من محلول 0.5 M sodium nitrite وأبدأ بحساب الزمن بدقة من لحظة إضافته.
- 4 - بعد مضي 10 دقائق أضف للأنبوب رقم (1) 1.5 ml من محلول 0.1 M Na₂HPO₄ لإيقاف التفاعل.
- 5 - كرر الخطوات 3 و4 لكل من الأنابيب 2 - 5 بفارق زمني 10 دقائق لكل على التوالي.
- 6 - كرر الخطوات 3 و4 للأنبوب رقم 6 باستثناء إضافة 0.5 ml ماء معقم بدلاً من محلول 0.1M sodium nitrite.
- 7 - أنشر (5 drops) 0.05 من كل معاملة على أطباق الوسط الغذائي 1 - 6 باستعمال الناشرة الزجاجية. ثم أخرج الأظباق في حاضنة في درجة 27 مئوية لمدة 48 ساعة قبل فحصها للتعرف على الأنواع الطافرة.
- 8 - للحصول على تقدير للكونيديا الحية في كل معاملة قم بالخطوات التالية:
أ - خفف الكونيديا لكل معاملة بنقل 0.1 ml إلى الأنبوب الذي يحتوى على 9.9 ml ماء مقطر معقم للحصول على التخفيف 1/100.
- ب - قلب الأنبوب جيداً للمزج دون أن تبلل الغطاء القطني، ثم انقل من هذا التخفيف 0.1 ml إلى الأنبوب الثاني الذي يحتوى على ماء مقطر للحصول على التخفيف 1/1000.
- ج - قلب محتويات الأنبوب الثاني جيداً آخذاً نفس الاحتياطات ثم انشر (5 drops) 0.05 ml من هذا التخفيف على طبق الوسط الغذائي المعد لذلك.
- 9 - أحفظ الأظباق كما فعلت في الخطوة 7 ثم أحصي أعداد المستعمرات بعد 48 ساعة وقارن بين كل المعاملات.

التدريب المعلمي السابع

المفاهيم الإحصائية ذات الصلة بالوراثة:

أسس الاحتمالات Principles of Probability

أكثر وأهم أسس الإحصاء التي يستخدمها علماء الوراثة هي نظريات الاحتمال التي تلعب دوراً هاماً في فهم النسب الوراثية المتعلقة بتوزيع الكروموسومات وسلوك الجينات ونتائج الإخصاب بما فيها قوانين مندل للوراثة وتطبيق مفاهيم الاحتمال لتحليل سجلات نسب العائلات واستخدام أسس الاحتمالات في الاستشارات الوراثية لنصح المرضى وغيره.

الاحتياجات:

- قطع عملة معدنية فضية ونحاسية - آلة حاسبة.
- بذور فاصوليا ملونة بيضاء (أو خرز بلونين).

أولاً: الصدفة

الطريقة: ألق قطع عملة معدنية واحدة 50 مرة.

التمرين:

1- أحسب العدد المتوقع للوجه Face والظهر tail وسجل النتائج في الجدول أدناه مبيناً الانحرافات بين المشاهد والمتوقع.

الانحرافات (O-E)	المتوقع (E) Expected	المشاهد (O) Observed	النتائج
			الوجه Face
			الظهر tail
			المجموع

2- طبق نفس قانون الاحتمال لقف قطعتي العملة في حساب النسب المتوقعة لقف 3، 4 أو أكثر من قطع العملة في وقت واحد. ثم أحسب الأعداد المتوقعة والانحرافات بين الأعداد المتوقعة والمشاهدة.

ثانياً: مفكوك ذات الحدين

أدرك مندل وغيره من العلماء أنه يمكن تحديد بعض التوافيق Combinations الموجودة في مجموعات محددة العدد وتمثل نسبة معينة باستخدام مفكوك المعادلة $(p + q)^n$ حيث أن n تمثل العينة، q و p يعبران عن احتمال ظهور أحداث معينة (الأولاد والبنات المتوقع وجودهم في عائلات بأحجام 2، 3، 4، 5 أو أكثر).

- باستخدام المعادلة بالنسبة لعائلة بها طفلين يمكن معرفة التوافيق الممكنة لاحتمال ظهور الأولاد والبنات:

$$(p+q)^2 = p^2 + 2 pq + q^2$$

- ويمكن معرفة الاحتمال في العائلات التي بها 3 أطفال:

$$(p+q)^3 = p^3 + 3 p^2q + 3 pq^2 + q^3$$

ومفكوك المعادلة ذات الحدين يشمل دائماً كل الاتحادات والتوافيق الممكنة للحدثين (ففي العائلات التي بها 3 أطفال توجد 8 توافيق ممكنة)

عندما يراد معرفة أحد التوافيق دون غيره (حد واحد من حدود معادلة ذات الحدين) تستخدم المعادلة التالية:

$$P = \frac{n!}{x! (n-x)! p^x q^{(n-x)}}$$

حيث أن: $n!$ = معامل العدد الصحيح للحجم الكلي للعينة.

n = عدد أفراد المجموعة.

$x!$ = معامل الفئة ذات الاحتمال p

$(n-x)!$ = معامل الفئة ذات الاحتمال q

P = احتمال ظهور أحد الفئات وليكن الولد.

q = احتمال ظهور الفئة الأخرى ولتكن البنت.

مثال: إذا ولد ستة أطفال في أحد المستشفيات في يوم واحد، ما هو احتمال أن يكون اثنان من الأطفال أولاد وأربعة من الأطفال بنات؟

احتمال :

$$P = q = \frac{1}{2}$$

$$\frac{n!}{x! (n-x)! p^x q^{(n-x)}} = \frac{4!}{3^2 1^2}$$

$$= \frac{54}{256} = \frac{27}{128} = \frac{13}{64} = \frac{7}{32}$$

أي أن احتمال ظهور ولدين و 4 بنات في هذه المجموعة = $\frac{7}{32}$

التمرين:

يتحكم جين متحى في الإنسان في وراثة صفة الألبينو C، عند تزاوج أبوين كل منهم طبيعي ولكنه حامل للمرض Cc.

أحسب احتمال ولادة طفل طبيعي، واحتمال ولادة طفل ألبينو كالآتي:

افتراض أنه نتج من هذا الزواج (Cc x Cc) 4 أطفال.

1. ما هو احتمال أن يكون كل الأطفال الأربعة طبيعيين؟
2. ما هو احتمال أن يكون 3 طبيعيين وواحد ألبينو؟
3. ما هو احتمال أن يكون 2 طبيعيين و 2 ألبينو؟
4. ما هو احتمال أن يكون واحد طبيعياً و 3 ألبينو؟
5. ما هو احتمال أن يكون كل الأطفال طبيعيين؟

ثالثاً: اختبار مربع كاي (X^2) Chi-square test

يعتبر مربع كاي (X^2) من الوسائل القيمة التي تساعد الباحثين في تحديد مقدار حسن المطابقة وهو طريقة يتم عبرها اختزال الانحرافات عن النسبة المتوقعة في قيمة واحدة وفقاً لحجم ما إذا كان احتمال هذه الانحرافات يرجع إلى الصدفة

$$X^2 = \frac{\sum (O-E)^2}{E}$$

وحدها، والمعادلة المستخدمة لاختبار مربع كاي هي:

حيث أن: O = العدد الناتج (المشاهد) لفئة مظهرية معينة.

E = العدد المتوقع للأفراد من نفس الفئة المظهرية.

\sum = مجموع كل القيم الممكنة لمربع كاي لأنواع الفئات المظهرية المختلفة في العينة.

الطريقة:

- 1 - أخلط كميات متساوية من بذور الفاصوليا البيضاء والملونة (أو خرز بلونين) في إناء واحد.
- 2 - خذ عينة عشوائية من خليط البذور وأملأ طبق بيتري Petri dish.
- 3 - أحسب كل لون من بذور الفاصوليا على حدة وسجل البيانات في الجدول أدناه

الأشكال الظاهرية	الملاحظ (O)	المتوقع (E)	الانحرافات (E-O)	مربع الانحرافات (E-O) ²	مربع كاي $\frac{(E-O)^2}{E}$
بيضاء					
ملونة					
المجموع					

التمرين:

1. حدد عدد درجات الحرية التي يجب أن تستعملها لتفسير قيمة مربع كاي من حساب بذور الفاصوليا.
 2. كانت نتائج تهجين الطماطم في الجيل الثاني كالاتي: 3629 ذات ثمار حمراء، 1175 ذات ثمار صفراء. وكانت النسبة المتوقعة الحصول عليها تساوى 1:3 وفي أحد التلقيحات الرجعية في نفس التجربة ظهر عدد 671 من نبات الطماطم بأوراق خضراء و569 بأوراق صفراء، والنسب المظهرية المتوقعة كانت 1 : 1.
- اختبر الأعداد في الحالتين باستخدام X^2 مع التوضيح.

جدول يبين قيم مربع كاي

Degrees of Freedom	Values of P				
	0.99	0.95	0.05	0.01	0.001
1	0.000157	0.00393	3.841	6.635	10.83
2	0.0201	0.103	5.991	9.210	13.82
3	0.115	0.352	7.815	11.34	16.27
4	0.297	0.711	9.488	13.28	18.47
5	0.554	1.145	11.07	15.09	20.51
6	0.872	1.635	12.59	16.81	22.46
7	1.239	2.167	14.07	18.48	24.32
8	1.646	2.733	15.51	20.09	26.13
9	2.088	3.325	16.92	21.67	27.88
10	2.558	3.940	18.31	23.21	29.59
11	3.053	4.575	19.68	24.73	31.26
12	3.571	5.226	21.03	26.22	32.91
13	4.107	5.892	22.36	27.69	34.53
14	4.660	6.571	23.68	29.14	36.12
15	5.229	7.261	25.00	30.58	37.70
16	5.812	7.962	26.30	32.00	39.25
17	6.408	8.672	27.59	33.41	40.79
18	7.015	9.390	28.87	34.81	42.31
19	7.633	10.120	30.14	36.19	43.81
20	8.260	10.850	31.41	37.57	45.31
21	8.897	11.590	32.67	38.93	46.80
22	9.542	12.340	33.92	40.29	48.27
23	10.200	13.090	35.17	41.64	49.73
24	10.860	13.850	36.42	42.98	51.18
25	11.520	14.610	37.65	44.31	52.62
26	12.200	15.380	38.89	45.64	54.05
27	12.880	16.150	40.11	46.96	55.48
28	13.560	16.930	41.34	48.28	56.89
29	14.260	17.710	42.56	49.59	58.30
30	14.950	18.490	43.77	50.89	59.70
40	22.16	26.51	55.76	63.96	73.40
50	29.71	34.67	67.50	76.15	86.66
60	37.48	43.19	79.08	88.38	99.61
70	45.44	51.74	90.35	100.43	112.32
80	53.54	60.39	101.88	112.33	124.84
90	61.75	69.13	113.15	124.12	137.21
100	70.06	77.93	124.34	135.81	149.45

التدريب المعلمي الثامن

وراثة العشائر:

التكررات الجينية في المجتمعات البشرية:

العشيرة المنديلية عبارة عن مجموعة من الكائنات تتزاوج فيما بينها جنسياً متقاسمة مستودعاً جينياً مشتركاً يحتوي على كل المعلومات الوراثية التي يملكها الأفراد في العشيرة، وقد وضع العالمان الإنجليزي G.H.Hardy والألماني W.Weinberg في عام 1908 المبدأ الذي يتعلق بتكرار الأليآت في العشيرة المعروف بمبدأ اتزان هاردي - واينبرج Hardy Weinberg equilibrium principle والذي ينص على أنه عند الاتزان تظل التكررات الأليلية وتكررات التراكيب الوراثية ثابتة من جيل إلى جيل طالما لم تطرأ أي عوامل تخل بهذا الاتزان (مثل الطفرة أو الانتخاب أو الانحراف الوراثي أو الهجرة).

وقع وضع هاردي وواينبرج صيغة العلاقة بين التكررات الأليلية (التكررات الجينية) gene frequencies في العشيرة وتكررات فئات التراكيب الوراثية genotype frequencies.

إذا اعتبرنا أن الجين يوجد في صورة أليلين فقط A و a وتكررات الجين هي:

$$P = \text{تكرار الأليل } A$$

$$q = \text{تكرار الأليل } a$$

وباستخدام صيغة هاردي - واينبرج فإن فئات التراكيب الوراثية genotype frequencies في عشيرة تتزاوج عشوائياً يعبر عنها بـ: $(p + q)^2$ مع ملاحظة انه يمكن حساب التكررات الجينية gene frequencies من معرفة تكررات التراكيب الوراثية genotype frequencies.

$$\text{مثلاً: تكررات الأليل } A = \text{تكررات } Aa \frac{1}{2} + AA$$

$$= p^2 + pq$$

$$= p(p + q)$$

$$= p$$

$$\text{وتكررات الأليل } a = \text{تكررات } Aa \frac{1}{2} + aa$$

$$= q^2 + pq$$

$$= q(q + p)$$

$$= q$$

باستخدام أنتيجينات الدم N و M يمكن تحديد التوريث في البشر بطريقة سهلة ودقيقة. كل كريات الدم الحمراء في الإنسان تحتوي إما على M أو N أو الاثنين معاً. وهناك أليلين M و N تنعدم بينهما السيادة (سيادة تعادلية Co-dominance) وعليه، فهناك 3 أشكال ظاهرية Phenotypes وهي M و MN و N والتي تقابل التراكيب الوراثية الثلاثة الممكنة وهي MM و MN و NN على التوالي. وفي هذا العملي سوف يتم تحديد طرز مجموعات الدم A و B التي تمثل حالة لوجود ثلاث أليلات بدلاً عن أليلين كما في مثال MN بينما يوجد الأليلين A و B تنعدم بينهما السيادة

Co-dominant (كما في M و N) بينما يوجد الأليل متنحياً. ويمكن استخدام معادلة هاردي - واينبرج لمعرفة التكرارات الجينية من معرفة تكرارات التراكيب الوراثية. وفي هذه الحالة يفترض أن تكرارات الأليلات O و B و A هي p و q و r وعليه فإن تكرارات التراكيب الوراثية:

$$P^2 + 2pq + q^2 + 2pr + 2qr + r^2 = (p + q + r)^2$$

الاحتياجات: قطن معقم كحول إثيلي بتركيز 70% - صابون - ورق تواليت أو مناديل - مصل دم serum يحتوى على أجسام مضادة لطرز الدم A و طراز الدم B - مفصد معقم - أعواد تخليل الأسنان tooth pick - شريحة نظيفة - مجهر - ورق ترشيح - ورق مشبع بمادة (PTC) - قلم شمع.

1. أغسل يديك جيداً ثم جففهما.
2. على الشريحة النظيفة أرسم بقلم الشمع 3 دوائر متباعدة وأكتب على الأولى A وعلى الثانية B وعلى الثالثة C (control).
3. ضع قطرة من مصل الدم المحتوى على مضاد لطرز A على الدائرة A وقطرة من المضاد لطرز B على الدائرة B المعلمة.
4. أمسح على إصبعك السبابة الأيسر بالقطن المعقم المغموس في الكحول واستخدم المفصد المعقم لتنتب طرف إصبعك بسرعة (يستخدم المفصد مرة واحدة فقط) أمسح القطرة الأولى من الدم بالقطن المعقم.
5. اضغط بعناية على إصبعك لاستخراج قطرة من الدم لكل دائرة في الشريحة. تأكد من عدم لمس السيرم استعمل عود تخليل نظيف لخلط الدم تماماً وبعناية في كل دائرة (استخدم عوداً منفصلاً لكل دائرة)
6. أترك الشريحة لمدة 3 دقائق ثم سجل ملاحظتك.
7. أفحص الشريحة تحت المجهر مستعملاً قوة تكبير صغيرة (100%).

التمرين:

- 1 - حدد طراز دمك بالنسبة للإنتيجينات A و B حسب التفاعلات الممكنة الآتية:
 - أ - لا يحدث تجلط = طراز الدم O
 - ب - يحدث تجلط مع مضاد A فقط = طراز دم A
 - ج - يحدث تجلط مع مضاد B فقط = طراز دم B
 - د - يحدث تجلط مع كل من مضاد A و B = طراز دم AB
- إن كنت تعرف طراز دمك من قبل هل يتفق مع النتيجة التي حصلت عليها في هذا العملي؟
- 2 - مستخدماً بيانات كل زملائك في المجموعة أحسب تكرارات الأليلات الثلاثة.
- 3 - اعتبر أن مجموعتك الدراسية هذه تمثل عينة عشوائية (للمجتمع الليبي)، قارن بينها وبين عينة عشوائية لمجتمع البيض في أمريكا حيث حسبت التكرارات التقريبية لطرز الدم على النحو الآتي:

41% طراز دمهم A، 9% طراز دمهم B، 3% طراز دمهم AB، 47% طراز دمهم O. فسر أي اختلافات ناتجة بين المجموعتين.

4 - أحسب مربع كاي لبيانات المجموعة.

الطريقة:

- 1 - خذ ورقة ترشيح نظيفة وتذوقها.
- 2 - خذ ورقة ترشيح مشبعة بالمركب العضوي فينيل ثايوكارباميد (PTC) phenylthiocarbamide
- 3 - قارن بين طعم الورقتين.

التمرين:

1. حدد مذاق مادة الـ PTC لديك (شكل مظهري).
2. إذا كانت القدرة على تذوق PTC محكومة بأليلين لجين سائد. أحسب تكرارات الأليلين (في كل المجموعة) بتطبيق إتران هاردي - واينبرج وبين التراكيب الوراثية المتوقعة.
3. قارن النتائج من مجموعتك مع النتائج المعروفة لمجتمعات البيض في أمريكا (70% ذواقين للمادة، و 30% ليست لهم القدرة على التذوق)، ومجتمعات السود في أمريكا (90% ذواقين، و 10% غير ذواقين).
4. أحسب مربع كاي مستخدماً الجدول الآتي

الشكل الظاهري	الملاحظ (O)	المتوقع (E)	O-E	(O-E) ²	(O-E) ² / E
ذواق					
غير ذواق					
المجموع					

$$= \chi^2$$

عدد درجات الحرية =

5. هل تعرف تركيبك الوراثي؟ إن أجبت بـ (لا) كيف يمكنك التعرف على تركيبك الوراثي.
6. هل تعرف صفات مظهرية أخرى في المجموعة؟ هل بإمكانك تحديد ميكانيكية التوريث لهذه الصفات؟