

علم الوراثة

علم الوراثة أو الوراثة (بالإنجليزية: Genetics) هو العلم الذي يدرس المورثات (الجينات) والوراثة وما ينتج عنه من تنوع الكائنات الحية. وكانت مبادئ توريث الصفات مستخدمة منذ تاريخ بعيد لتحسين المحصول الزراعي وتحسين النسل الحيواني عن طريق تزويج حيوانات من سلالة ذات صفات جيدة - كمثل عن ذلك الحصان العربي الأصيل حيث كان العرب يزوجون الحصان والفرس الأقوياء ليحصلوا على نسل قوي واستمروا بذلك عبر السنين -.

ولكن علم الوراثة الحديث الذي حاول فهم آلية توريث الصفات ابتداءً بالعالم غريغور مندل Gregor Mendel في منتصف القرن التاسع عشر، حيث قام مندل بمراقبة الصفات الموروثة للكائنات الحية وكيفية انتقالها من الآباء إلى الأبناء، ولكنه لم يكتشف آلية هذا الانتقال التي تتم عن طريق وحدات مميزة في توريث الصفات وهي المورثات (الجينات) Genes، وهي تمثل مناطق معينة من شريط DNA، هذا الشريط هو عبارة عن تتالي وحدات جزيئية تدعى النكليوتيدات Nucleotides، ترتيب وتسلسل هذه النكليوتيدات يمثل المعلومات الوراثية لصفات الكائن الحي.

لاحظ مندل أن الكائنات الحية ترث الصفات بطريقة مميزة (قابلة للعد) "وحدات الوراثة". هذا المصطلح والذي لا يزال مستخدماً حتى وقتنا الحاضر يُعد تعريفاً مبهماً نوعاً ما للجينات (المورثات). التعريف العملي الأكثر حداثة للجينات هي أنها الجزء (أو التسلسل) من الحمض النووي الذي يرمز لوظيفة خلوية معينة معروفة. هذا الجزء من الحمض النووي هو متغير أي انه يمكن ان يكون صغيراً أو كبيراً، وقد يحتوي على القليل أو الكثير من الأقسام الفرعية. كلمة (مورث) "جين" تشير إلى الأجزاء من الحامض النووي المطلوبة من أجل عملية خلوية واحدة أو وظيفة واحدة، أكثر من كونها تشير إلى عنصر مادي واحد. المصطلح الذي يستخدم غالباً (ولكن ليس دائماً صحيحاً) هو "جين واحد، بروتين واحد" ويعني أن كل جين معين يرمز إلى نوع معين من البروتين في الخلية. تشبيهه آخر هو أن الجينات هي مثل "الجمال" والنكليوتيدات مثل "الأحرف". يمكن وضع سلسلة من النكليوتيدات معا دون ان تشكل جينا (المنطقة الغير رمزية في الحمض النووي)، تماما كوضع مجموعة من الأحرف بشكل عشوائي دون أن تشكل جملة مفيدة، ومع ذلك فجميع الجمل يجب ان تحتوي على حروف، كما يجب أن تحتوي جميع الجينات على نيكليوتيدات.

يتواجد DNA بشكل طبيعي على هيئة سلسلة مزدوجة، كل نيكليوتيد من السلسلة الأولى يقابله ويتممه نيكليوتيد من السلسلة الثانية. فكل سلسلة مفردة تقوم بعمل قالب للسلسلة الأخرى، وهذه هي آلية انتساخ DNA وانتقال المورثات.

تترجم الخلية ترتيب النكليوتيدات في المورثة إلى سلسلة من الأحماض الأمينية amino acids وهذه السلسلة تؤلف بروتين معين- ترتيب الأحماض الأمينية في البروتين تتوافق مع ترتيب النكليوتيدات في المورثة، والعلاقة بين ترتيب النكليوتيدات وترتيب الأحماض الأمينية تدعى الشيفرة الوراثية genetic code.

الأحماض الأمينية التي تؤلف البروتين تحدد شكله الثلاثي الذي يحدد وظيفة البروتين ودوره، فتختلف بذلك البروتينات عن بعضها البعض لتلعب أدواراً مختلفة في الخلية، فالبروتينات تلعب تقريبا كافة الوظائف داخل الخلية.

فتغير واحد في DNA لجينة (مورثة) معينة يؤدي إلى تغير في الأحماض الأمينية لأحد البروتينات مما يغير شكله فتتغير وظيفته ودوره وقد يكون هذا التغير ممرض أو مميت للخلية وللکائن الحي بشكل عام- مثال مرض فقر الدم المنجلي Sickle Cell Anemia ناتج عن تغير لنكليوتيد واحد مما يغير أحد الأحماض الأمينية مما يغير البروتين فينتج عنه فقر الدم المنجلي، لكن ما يمر به الكائن الحي من تغير فينتج عنه مرض فقر الدم المنجلي-. وعلى الرغم من أن الوراثة تلعب دوراً في شكل وتصرفات الكائن الحي، لكن ما يمر به الكائن الحي من تجارب في حياته يلعب دوراً كبيراً في ذلك- مثال الجينات مسؤولة عن تحديد طول الشخص ولكن التغذية والظروف التي مر بها هذا الشخص في طفولته تؤثر وتلعب دوراً كبيراً أيضاً.

بدأ علم الوراثة على يد العالم المشهور **مندل** بدراسة انتقال الصفات الوراثية من الآباء للأبناء ونسب توزعها بين افراد الأجيال المختلفة. تعرف هذه الدراسات الآن بعلم الوراثة الكلاسيكي. لكن التقنيات الحديثة سمحت لعلماء الوراثة حالياً باستقصاء آلية عمل الجينات ومعرفة التسلسل الدقيق للحموض الأمينية ضمن **دنا 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**.

المعلومات الوراثية بشكل عام تكون محمولة ضمن الصبغيات الموجودة في نواة الخلايا وتحوي ضمنها **الدنا** الحامل الأساسي للمورثات.

تقوم الجينات بتشغيل المعلومات الضرورية لاصطناع سلاسل **الأحماض الأمينية** التي ستدخل في تركيب البروتينات المختلفة، هذه البروتينات ستلعب بدورها دوراً كبيراً في تحديد **النمط الظاهري** النهائي **للمتعضية**. عادة في الأحياء **ثنائية الصيغة** أحد النسخ الجينية (**الحليل**) المسيطرة سوف تغطي بصفاتها على صفات **الجينة المتفجرة** (الضعيفة).

انتشر في الوراثة الكلاسيكية مبدأ يقول (لكل مورثة واحدة، بروتين واحد) بمعنى ان كل مورثة تحمل معلومات لبناء بروتين واحد فقط، لكن هذه العبارة يشكك بها كثيراً هذه الأيام وتعتبر إحدى الأخطاء التبسيطية التي وقع بها علم الوراثة الكلاسيكي.

من المؤكد الآن أنه يمكن لنفس المورثة أن تنتج عدة بروتينات ويتحكم بهذا الأمر طريقة **ترجمة** (تحويل) الشفرة الوراثية وتنظيم هذه العملية المعقدة.

تقوم المورثات بتحديد مظهر الكائنات الحية الخارجي إلى حد كبير، وهناك احتمال يطرحه البعض فكلتحكمها بالسلوك البشري لكن هذه القضية ما زالت قيد نقاش عميق وتختلف وجهة النظر حسب التوجهات العلمية للباحثين.

الأطباء المتدربين أيضاً على علم الوراثة يقومون بتشخيص الأمراض الوراثية عند المرضى بكفاءة. يتم تدريس ذلك للأطباء في مناهج إقامة أو اختصاص.

تاريخ علم الوراثة

على الرغم من أن علم الوراثة بدأ مع الأعمال التطبيقية والنظرية **جريجور مندل** في منتصف القرن 19 إلا أن نظريات أخرى للوراثة سبقت مندل. وكانت النظرة الشعبية خلال وقت مندل مفهوم **الوراثة المتمازجة**: وهي فكرة أن الأفراد يرثون مزيجاً سلساً من الصفات عن والديهم. أعمال مندل أعطت أمثلة لصفات لا تتمازج بشكل مؤكد بعد التهجين، وتبين أن تلك الصفات يتم إنتاجها من قبل مجموعات من **جينات** مميزة بدلاً من مزيج مستمر. وتفسر الآن الصفات المتمازجة في ذرية ما بعمل جينات متعددة بأسلوب **كُمّي**. وهناك نظرية أخرى لديها بعض الدعم في ذلك الزمان وهي الوراثة للخصائص المكتسبة: الاعتقاد بأن الأفراد يرثون صفات تعزز من قبل آبائهم. ومن المعروف الآن أن هذه النظرية (المرتبطة عادة مع **جان باتيست لامارك**) قد أثبتت خطئها، وأن ممارسات الأفراد لا تؤثر على الجينات التي تنتقل إلى أطفالهم.

بالرغم من أن هناك أدلة في مجال علم التخلق توضح بعض جوانب نظرية لامارك. كانت من بين النظريات الأخرى نظرية شمولية التخلق لـ تشارلز داروين (التي شملت جوانب التوريث و الاكتساب) و شمولية التخلق لكل من الجسيمات و الموروثات التي كان قد أعاد صياغتها فرانسيس غالتون

علم الوراثة الجزيئي

تم تأسيس علم الوراثة الجينية الحقيقية والتي تؤدي إلى الوراثة الجزيئي بناء على علم الوراثة الكلاسيكي لكنه يركز أكثر على بنية و وظيفة **المورثات** على المستوى **الجزيئي**. مع أن تواجد الجينات على الكروموسومات كان أمراً معروفاً إلا أن الكروموسومات تتكون من البروتينات و الأحماض النووية DNA معاً ; لذا لم يعلم العلماء أياً منهما المسؤول عن الوراثة . و قد اكتشف فريدريك غريفيث في عام 1928 م ظاهرة التحويل (انظر " تجربة غريفيث ") : أي إمكانية نقل البكتيريا الميتة للمادة الوراثية حتى تتحول إلى بكتيريا أخرى لا تزال حية . و

بعد ستة عشر عاماً - في 1944 م - حدد أوسوالد ثيودور أفري و كولن ماكلويد و ماكلن مكارتي الجزيئية المسؤولة عن التحويل بأنها الحمض النووي DNA .

و كان قد تم التأكد من دور نواة الخلية كمستودع للمعلومات الوراثية في الكائنات الحية حقيقية النوى من قبل هامرلنغ في سنة 1943 م من خلال عمله على الطحلب وحيد الخلية " الحقاء " (جنس من الطحالب الخضراء) . كما أكدت تجربة هيرشي - تشيز التي أجريت في عام 1952 م أن DNA الحمض النووي - و ليس البروتين - هو المادة الوراثية للفيروسات التي تصيب البكتيريا ، مما قدم المزيد من الأدلة التي تثبت أن الحمض النووي هو الجزيئية المسؤولة عن الوراثة .

حدد الدكتوران جيمس واطسون وفرانسييس كريك بنية الحمض النووي في عام 1953، باستخدام الأشعة السينية لعلم البلورات من عمل روزا ليندا فرانكلين وموريس ويلكنز والتي أشارت إلى أن الحمض النووي له بنية حلزونية (على شكل لولبي) . وكان لنموذجهما الحلزوني المزدوج اثنان من خيوط الحمض النووي مع النيوكليوتيدات مشيرة إلى الداخل، كل من النيوكليوتيدات التكميلية له مطابق على خيط آخر لتشكيل ما يشبه الدرجات على سلم مفتول . أظهرت هذه البنية المعلومات الوراثية الموجودة في تسلسل النيوكليوتيدات في كل شريط من الحمض النووي. اقترحت البنية أيضاً أسلوباً بسيطاً بالنسبة للتضاعف الصبغي : إذا ما تم فصل الأشرطة يمكن إعادة بنائها من جديد وفق تسلسل الأشرطة القديمة . مع أن بُنية الـDNA (الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين) أظهرت كيفية عمل الوراثة، إلا أنه لم يكن معروفاً وقتها كيف يؤثر الـDNA على سلوك الخلية. وفي السنين اللاحقة ، حاول العلماء أن يفهموا كيفية تحكم الـDNA بعملية تصنيع البروتين. فتم اكتشاف أن الخلية تستعمل الـDNA كقالب لتصنع منه رسائل الحمض الريبي النووي، وهو جزيئية ذو نوويد (نوكلويد) يشابه جداً الـDNA. يُستعمل تسلسل النيوكليوتيد لمرسال الحمض الريبي النووي لصنع تسلسل من الأحماض الأمينية في البروتين؛ يعرف هذه التنقل بين تسلسل النيوكليوتيد و تسلسل الحمض الأميني بالشفرة الجينية .

أدى الفهم الجزيئي الحديث للوراثة إلى بداية ثورة من الأبحاث ، وإحدى أهم هذه التطورات كان تسلسل إنهاء سلسلة الحمض النووي في عام 1977 من قبل فردريك سانغر. حيث تسمح هذه التكنولوجيا للعلماء بأن يقرأوا تسلسل النوويد (النوكليوتيد) في جزيئية الذي ان اي (الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين). وفي عام 1983 طور كاري بانكس موليس تفاعل البوليميريز المتسلسل، مما أعطى طريقة جديدة لعزل وتضخيم جزء معين من الذي ان اي من أي خليط . وذلك من خلال الجهود المُجمعة لمشروع الجينوم البشري، ممثلة في وزارة الطاقة، ومعاهد الصحة الوطنية الأمريكية والجهود الخاصة الموازية من قبل سيليرا جينومكس بالإضافة إلى غيرها من وسائل في تسلسل الجينوم البشري في 2003.

يضم علم الأحياء الخلوي والجزيئي العديد من فروع علم الأحياء التي ترتبط بدراسة العمليات الحيوية على مستوى الخلية وعلى المستوى الجزيئي ضمن الخلية وخارجها. يضم التقانة الحيوية، علم الوراثة، علم الأحياء التنموي وأخيراً علم الأحياء الدقيقة. علم الأحياء الخلوي يدرس الخلايا الحية من حيث فيزيولوجيتها وبنيتها وبنية عضياتها إضافة لدورة حياتها، الانقسام الخلوي وأيضاً موت الخلية. أما علم الأحياء الجزيئي فيدرس العمليات الحيوية على المستوى الجزيئي مما يجعله متداخلاً مع الكيمياء الحيوية وعلم الوراثة.

فروع علم الوراثة

1- الوراثة السكانية population genetics

يهتم بدراسة التغيرات في التكرارات الجينية للعشائر المندلية الى قانون هاردي-واينبرك 1908.

2- وراثة السلوك Behavior genetics

يهتم بدراسة اثر التركيب الوراثي على السلوك وماتلعبه الاختلافات الوراثية من دور في تعيين الاختلافات السلوكية في العشيرة.

3- الوراثة الكيميائية الحيوية Biochemical genetics

يهتم بدراسة وتغيير طبيعة المسارات الايضية عن طريق حصول ضروب Varieties للكائنات الحية التي لا تستطيع تصنيع مكون ايضي معين لذلك فإنها تحتاج المكون لغرض اداء فعاليات مختلفة.

المصادر :- 1-د. عبد الحسين الفيصل، 1999، الوراثة العامة، الاهلية للنشر والتوزيع، عمان، الاردن .

2-د. غازي تدمري ونسرين بيسار تدمري، 1997، الحياة وعلم الوراثة، اكاديميا للنشر والتوزيع، بيروت، لبنان .

4- الوراثة المناعية Immunogenetics

يهتم بدراسة عوامل الجينات التي تنتج اجساما مضادة معينة مع العلاقة بين الاجسام المضادة والانتيجينات (المستضدات) في انسجة الجسم. حيث لاحظ العلماء بان هناك جين مسؤول عن وجود انتجين معين او عدم وجوده كالانتيجينات في الدم.

5- الهندسة الوراثية Engineering genetics

اتجاه حديث في علم الوراثة يهتم هذا الفرع بادخال جينات غريبة الى كائن حي حيث تصبح امكانية الحياة والتحكم بالصفات اكثر فعالية من عملية الانتخاب الوراثي من خلال اختيار كائنات حية ذات مواصفات معينة وتكثيرها للاستفادة منها في الغذاء الدواء وفي التربية وتحسين الانتاج النباتي والحيواني وستكون هندسة الجينات مصدر مهم لخير الانسان من خلال انتاج الانسولين مثلا

6- الوراثة الخلوية Cyto genetics

يهتم بدراسة التركيب الوراثي والتغيرات الحاصلة في كروموسومات الخلايا بعد تعريضها لعوامل مؤثرة بيئية وكيميائية.

7- الوراثة الساييتوبلازمية Cytoplasmic inheritance

يهتم بدراسة الوحدات الوراثية الموجودة في ساييتوبلازم الخلايا.

علاقة علم الوراثة بالعلوم الاخرى:

من جانب اخر ونظرا لتعدد الفروع والمجالات العلمية وتشعب الاختصاصات فقد تمت بينها علاقات متطورة ودقيقة بحيث اضحى العلم الواحد لا يستطيع ان يؤدي مهامه وبكفاءة عالية بمعزل عن العلوم والتقنيات الاخرى ومن اهم العلوم المرتبطة بعلم الوراثة وذات العلاقة المباشرة.

علاقة علم الوراثة بعلم الخلية Ecology

حيث تعد نظرية الكروموسومات Chromosome Theory الاساس في دراسة الوراثة، والتنظيم الخطي للمادة الوراثية مما يجعل علم

الوراثة والخلية يلتقيان سوية ويلدان فرعا هو علم الوراثة الخلوي Cyto genetics

Cytology + Genetics = Cyto genetics

وبما ان الظاهرة الاساسية لعملية الوراثة هي تكاثر الكائنات الحية والتي اساسها الانقسام الخلوي فقبل حوالي قرن وربع اعلن فرشو Vircho

بان الخلايا لاتاتي الا من خلايا سابقة لها في التكوين وبهذا فان الخلية الوراثية يلتقيان مع بعضهما، كما اعلن الباحث ولسون Wilson بما ان

الوراثة تتضمن استمرار المحتوى الوراثي للخلايا ممثلة بتضاعف المادة الوراثية (الكروموسومات) وتوزيعها بصورة متساوية بين خليتين،

اذن فالرابطة الاساسية بين الاجيال المتلاحقة هي البيضة المخصبة (Zygote) او البيضة والنطفة

(Egg and Sperm) ان نشوء هذه الخلايا يسبقه سلسلة من الانقسامات اهمها هو الانقسام الخيطي الجسمي (Somatic mitosis) والانقسام

الاختزالي 'eiosis'.

ان الملاحظات التي دونت عن الخلايا الجرثومية (الجنسية) من قبل العديد من الباحثين منهم فان بيندين Van Beneden وفلمنك Flemming

وستراسبوركر Strasburgere وبوفن Boven اعطت دعما للنظرية التي وضعت من قبل وايزمن 1883 Wismann (ان انتقال الصفات

الوراثية من جيل الى اخر يتم من خلال استمرارية الموروثات (الجينات) والموجودة بالانتاج الجنسية & Sperm Ovum ليس من الخلايا

الجسمية.

لقد شوهدت عملية الاخصاب في النبات من قبل الباحثين هارتوك Hertwig وفول Fol وستراسبوركر Strasburger في اواخر السبعينات من

القرن التاسع عشر مما ادى الى وضع نظرية النواة (النظرية الكروموسومية) والتي تؤكد على ان نواة الخلية هي حاملة للقواعد الولايدية وان

مادة الكروماتين هي المادة المكونة لها الكروموسومات والمتخذة نظاما طويلا والتي دعمت من قبل ورزمان Wersman بقوله (ان الوحدات

الوراثية (الجينات Genes) والمتخذة موقعها على طول الكروموسومات وبترتب منتظم)، كل ذلك يعود فضله الاكبر الى رائد وواضع قوانين

علم الوراثة العالم مندل Gregor Mendel 1884-1822 والتي ظلت هذه القوانين مجهولة الى ان اعيد اكتشافها من قبل*.

علاقة علم الوراثة بعلم البيئة Ecology

حيث ان تأثير كبير على بعض الصفات الوراثية لان استجابة الكائن الحي للعوامل البيئية لا بد ان تتوقف على تركيبه الوراثي. علاقته بعلم الاجتماع وبالقانون والحقوق حيث تحل بعض المشاكل عن طريق الوراثة.

علاقته بعلم النفس Psychology

الذي يعتمد على تفسير بعض الظواهر السلوكية في الوراثة وعلاقتها بتفسير نظريات التطور حيث هناك دلائل وراثية تتعلق بالتطور امكن معرفتها من خلال التجارب والبحوث على الـ DNA.

الاحياء المستخدمة في علم الوراثة

من الاحياء المستخدمة في الدراسات الوراثية الفأر Mouse وذبابة الفاكهة

Fruit fly والعفن الاحمر للخبز Red bread Mold والذرة Corn والبكتريا Bacteria والرواشح Viruses في حين ان التجارب الاولى التي اجراها الانسان اقتصرت على بعض النباتات كالحنطة والرز والنخيل وبعض الحيوانات كالابقار والأغنام والخيول لأهميتها الاقتصادية. وقبل الولوج في الاعتبارات الواجب مراعاتها لانتخاب الكائن الحي المناسب للدراسات الوراثية لا بد ان نشير الى الاسباب التي دعت مندل لاختيار نبات البازليا لإجراء تجاربه والاسباب التي دعت موركان لاختيار ذبابة الفاكهة حيث اختار مندل نبات البازليا لعدة اسباب منها:-

- أ- دورة حياته القصيرة حيث ينمو النبات وينضج خلال موسم نمو واحد.
- ب- وجود سلالات عديدة من نبات البازليا مختلفة في صفاتها وتنتج افراداً مشابهة لها.
- ج- ازهارها خنثية حيث يمكن ان يحدث فيها التلقيح الذاتي.
- اما موركان وتلامذته فقد اختاروا ذبابة الفاكهة لاجراء تجاربهم للأسباب التالية:
- أ- قصر دورة الحياة حيث تبلغ تسعة ايام في درجة حرارة الغرفة. وهذا يسمح بدراسة العديد من الاجيال وبوقت قصير نسبيا.
- ب- سهولة تربية الحشرة في الظروف المختبرية.
- ج- قدرة الحشرة على وضع عدد كبير من البيض حيث يصل الى 500 بيضة.
- د- سهولة دراسة الازواج الاربعة للكروموسومات الموجودة في نوى خلايا الغدد اللعابية في يرقات الحشرة.
- و- سهولة احداث الطفرات والتغايرات الوراثية فيها.

وعليه لاجل انتخاب الكائن الحي المناسب للدراسات الوراثية يراعى النقاط التالية

- 1- دورة الحياة القصيرة
- 2- كثرة عدد النسل
- 3- سهولة الاستعمال
- 4- التزاوجات الموجهة
- 5- التغاير
- 6- التركيب الجديد

1- دورة الحياة القصيرة Short Life Cycle

يفضل الكائن الحي الذي ينضج بمدة قصيرة للدراسات الوراثية حيث ان قصر الفترة بين جيلين متتاليين تجعل الدراسة اسهل، فالفران اكثر فائدة من الفيلة عند دراسة الوراثة، اذ تستطيع تتبع كيفية توارث الصفات بمدة قصيرة ولعدة اجيال، لان الجرذي ينضج جنسيا خلال 5-6 اسابيع ويحتاج الى 19-31 يوما يقضيها في بطن امه من مرحلة الاخصاب وتكون الزيجة الى دورة التكامل والخروج للحياة. بينما الفيلة فانها تصل الى فترة النضوج الجنسي خلال 8-16 سنة وتحتاج لسنتين لتصل التكامل في بطن امهاتها. وان اهمية قصر دورة الحياة تتجلى بصورة اوضح عندما نعلم ان دورة الحياة للبكتريا والرواشح في الظروف الملائمة لا تتجاوز دقائق

معدودة.

2- كثرة عدد النسل Large Number of offspring

يؤثر عدد الأفراد المتكونة بكل جيل على امكانية التوصل للحقائق الوراثية فالنزوات المؤدية لتكوين افراد قليلة لايمكن ان تعطي معلومات متكاملة عن جميع الاحتمالات الوراثية، وعلى هذا الاساس تكون امكانية الوصول لحقائق مضبوطة لهذه النزوات بطيئة وتحتاج لزم طويل على عكس النزوات المؤدية لتكوين نسل باعداد كبيرة حيث يتم التوصل للحقائق الوراثية خلال فترة قصيرة من الزمن. كما تضمن اجراء التحصيلات الاحصائية لدعم النتائج.

3- سهولة الاستعمال Convenience of Handling

تتميز بعض الكائنات بصغر حجمها وسهولة الحصول عليها وتوفرها ورخص ثمنها وهي تكون اكثر ملائمة للدراسات الوراثية من الكائنات الحية ذات الحجم الكبيرة والتي يصعب الحصول عليها واذا توفرت فهي عالية الثمن. واستنادا الى ذلك فان الدراسات الوراثية على البكتريا والرواشح والفطريات وحشرة الدروسوفلا وبعض النباتات تكون اسهل من الدراسة على الحيتان والفيلة والنخيل.

4- النزوات الموجهة

ان مسألة التحكم في نزوات الكائنات الحية للدراسات الوراثية تعتبر من الوسائل التي لايمكن الاستغناء عنها، حيث يمكن اختيار ابوين يحملان صفات معينة واحداث النزواج بينهما لغرض معين، ثم يراقب الباحث الصفات تحت الدراسة مراقبة دقيقة ويسجل نتائجها جيل بعد آخر، لذلك فان التجارب الوراثية على الكائنات التي يمكن توجيه نزواجها كحشرة الفاكهة Fruit Fly والذرة Corn والعفن الاحمر للخبز Red Bread Mold تولف مادة افضل للدراسة الوراثية من الانسان. فلا نستطيع الاعتماد على الدراسات الوراثية للانسان على النزوات الموجهة. لذا فننا نعتمد على طريقة تحليل السلالات Pedigree Analysis والتي تعني تتبع صفة من الصفات في خط عائلي معين عبر اجيال ماضية ومنه تأتي النتائج. اما في الكائنات الحية الاخرى فنستطيع ان نتحكم في احداث نزوات متعددة ونتتبع وراثه الصفات تحت الدراسة باجيال تكفي لبيان توارثها.

5- التباين Variation

ان الكائن الحي المنتخب للتجارب الوراثية يجب ان يظهر عدد من الفروق والاختلافات بصفات معينة، فمثلاً لو كانت بشرة الانسان بلون واحد لكنت دراسة توارث هذه الصفة صعبة جداً وهذا ينطبق ايضاً على لون العيون ولون الازهار وشكل البذور وطبيعة الاوراق وغيرها من صفات الكائن الحي وكلما توفر عدد كبير من التغيرات المستمرة، كلما ازدادت اهمية هذا الكائن للدراسات الوراثية.

6- التركيب الجديد Recombination

تصبح التحليلات الوراثية اكثر سهولة وسرعة في كائن ما، اذا ما امتلك الوسائل الفعالة لتجميع او تركيب صفات معينة يوجد قسم منها في احد الابوين ويوجد القسم الاخر في الاب الثاني. ومثل هذا التجميع او التركيب لزوج او عدة ازواج من الصفات يتيح الفرصة للمحلل الوراثي ان يقارن تعبير احد الجينات لصفة معينة وتعبير الجين البديل المتعلق بنفس الصفة كمقارنة صفة الطول بالقصر او التلوين وعدم التلوين للازهار او اللون البني او الازرق في عيون الانسان عند توارثها لاجيال متعاقبة. ويحدث التجميع لكثير من الكائنات الحية الراقية كنتيجة للتكاثر الجنسي Sexual Reproduction الذي تتحد فيه خليتان جنسيتان تابعتان لابوين مختلفين لتكوين الزيجة Zygote وتعتبر العملية الجنسية من خصائص الاحياء الراقية، وقد تحدث في كثير من الاحياء الرئيسية Lower organisms فقد تحدث في الرواشح والبكتريا كالاقتران Conjugation والتتقل Transduction مما يؤدي الى تجميع او تركيب جديد.

تفاعلات الجينات المتعددة

طول الإنسان هو سمة مع أسباب وراثية معقدة، وتبين بيانات فرانسيس غالتون من عام 1889م العلاقة بين طول النسل بوصفها وظيفة من متوسط طول الأم، بينما تبقى الاختلافات في ارتفاع ذرية المشيرة إلى البيئة هي أيضاً عامل مهم في هذه الصفة.

تمتلك الكائنات الحية آلاف الجينات ، التي تنقسم بشكل مستقل عن بعضها بعضاً أثناء عملية التكاثر الجنسي للكائنات الحية ، هذا يعني بأن وراثة الأليل لبازلاء خضراء أو صفراء اللون لا علاقة لها بوراثة الأليلات للورود الحمراء أو البيضاء ، وتُعرف هذه الظاهرة باسم " قانون مندل الثاني " أو " قانون الانقسام المستقل " ، بمعنى أن هذه الأليلات من الجينات المختلفة تُعدّل وراثياً بين الآباء لتُشكّل نسل جديد بتركيبات كثيرة مختلفة ، (لا تنقسم بعض الجينات بشكل مستقل ، مما يدل على الارتباط الجيني) تتم مناقشة هذا الموضوع لاحقاً في هذه المقالة

تتفاعل عادةً الجينات (المورثات) بطرق مختلفة تؤدي إلى التأثير على نفس السمة ، على سبيل المثال : جين نبات أومفالوديس فيرنا الذي يمتلك الأليل التي تتحكم بلون الزهور (أزرق أو أحمر أرجواني) لكن هناك جين آخر يتحكّم في وجود اللون على الزهور في الأساس أو يُعطي زهوراً بيضاء اللون ، عندما تمتلك النبتة نسختين من هذا الأليل الأبيض ، تكون الزهور بيضاء ، بغضّ النظر عن امتلاك الجين الأول الألائل زرقاء أو أحمر أرجواني ، يُسمى هذا التفاعل بين الجينات بتوقّف الإفران، حيث يوقّف الجين الثاني إفران الجين الأول.

لا تُعد العديد من الصفات الوراثية ذات سمات منفصلة (مثل : الزهور البيضاء أو الأرجوانية) بل تمتلك سمات متواصلة (مثل : طول الإنسان ولون البشرة) ، تُعد هذه الصفات المعقدة نتاج العديد من الجينات.. يتوسط تأثير هذه الجينات بدرجات متفاوتة من خلال البيئة التي عاشها الكائن الحي ، تسمى الدرجة التي تساهم فيها جينات الكائن الحي بإحداث صفة معقدة بالتوريث. يُعد قياس التوريث لصفة واحدة أمر نسبي في بيئة أكثر تقليدية ، تملك البيئة المحيطة التأثير الأكبر على الاختلاف الكلي لهذه الصفة. على سبيل المثال ، يُعد طول الإنسان صفة بمسببات معقدة. تحتوي هذه الصفة نسبة 89% من التوريث في الولايات المتحدة ، بينما في نيجيريا ، حيث يعاني الناس من صعوبة أكثر للوصول إلى التغذية الجيدة والرعاية الصحية ، تمتلك صفة الطول نسبة 62% فقط من التوريث.

الأساس الجزيئي للوراثة

الأحماض النووية و الكروموسومات (الصبغيات) التركيب الجزيئي للحمض النووي

الاساس الجزيئي للجينات هو (الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين) او DNA. يتكون الحمض النووي من سلسلة من النيوكليوتيدات, وهي عبارة عن اربعة انواع: أدينين (A), سايتوسين (C), غوانين (G), ثايمين (T). تتواجد المعلومات الوراثية في تسلسل (ترتيب) هذه النيوكليوتيدات, وتتواجد الجينات على شكل سلاسل (تعاقبات) ممتدة على طول سلسلة الحمض النووي^[34]. الفيروسات هي الاستثناء الوحيد من هذه القاعدة- فأحيانا تستخدم الفيروسات الحمض الريبي النووي RNA المماثل جدا للحمض الرايبوزي النووي DNA عوضا عنه, وذلك كمادة وراثية. . ومما تجدر الإشارة إليه أنه لا يمكن للفيروسات التكاثر بدون وجود المضيف (العائل) ولا تُعد عامة مخلوقات "حية", لذلك لا تخضع للكثير من مبادئ علم الوراثة.

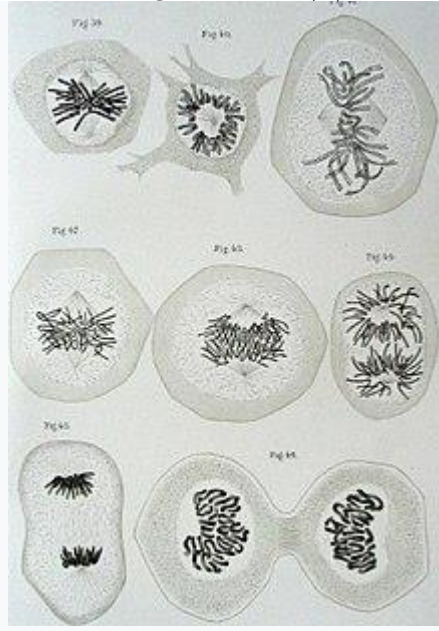
يوجد الحمض النووي بشكل طبيعي كجزء مزدوج الأشرطة الملفوفة على شكل حلزوني مزدوج, كل نوكلبيوتيد في الحمض النووي يقترن بشكل تفضيلي مع شريكة النيوكليوتيد آخر على الشريط المعاكس A المقترن مع T ويقترن كذلك مع C و G. و بهذا الشكل المكون من شريطين الذي يحوي كل شريط منه على جميع المعلومات الضرورية, وهذا أيضا ما يحصل مع شريطه الشريك. تعتبر هذه البنية للحمض النووي الأساس الطبيعي للتوريث فيكرر نسخ الحمض النووي المعلومات الوراثية عن طريق تقسيم شريط الحمض النووي و استخدام كل شريط كقالب لإنشاء شريط حمض نووي شريك جديد.

يتم ترتيب الجينات خطيا على شكل سلاسل طويلة من تسلسل القواعد النيتروجينية في الحمض النووي. يكون منفرد , عادة ما تحتوي كل خلية على حامل جين دائري (genophore) , بينما في الكائنات حقيقية النواة (كالإنسان والحيوان) تملك الحمض النووي المرتب في كروموسومات خطية متعددة. وغالبا ما تكون شرائط الحمض النووي طويلة جدا, على سبيل المثال: يبلغ طول أطول كروموسوم في الإنسان 247 مليون زوج من القواعد النيتروجينية تقريبا - يرتبط الحمض النووي لكروموسوم بروتينات هيكلية التي تقوم بالتنظيم, الجمع و التحكم بالدخول الحمض النووي,مكون من مادة تسمى بالكروماتين (chromatin):في الكائنات حقيقية النواة الكروماتين يكون مكون من نيوكليوزوم (nucleosomes), أجزاء من الحمض النووي تشق الطريق نحو بروتين الهستون- يطلق على المجموعة الكاملة من المواد الوراثية في الكائنات الحية (عادة ما تُسمى مجموعة سلسلة الحمض النووي لجميع الكروموسومات) بالجينوم (genome).

بينما توجد كائنات تحتوي على نسخة واحدة من كل كروموسوم أما معظم الحيوانات وأنواع عديدة من النباتات تمتلك أعداد مضاعفة من النسخ وتحتوي على اثنين من كل كروموسوم ونسختين من الجينات. الثنائية في الأليلات يكون متموضعا بشكل هندسي في الكروموسومات المتماثلة. كل واحد من الأليلات يأتي وراثياً من أحد الوالدين .

المحاضرة الثالثة

م.م عمار موسى مندل



رسم فالتر فليمنغ في عام 1882م لانقسام الخلايا حقيقة انلواة، يتم نسخ الكروموسومات ومضاعفتها وتنظيمها ثم كما تنقسم الخلة فالكروموسومات تنتسخ منفصلات في الخلايا الوليدة.

الكثير من الشكوك تبقي حول ما يسمى بالكروموسومات الجنسية. ومهمة هذه الكروموسومات نوعية جداً وهي تحديد جنس الجنين .- في البشر والعديد من الحيوانات الكروموسوم واي يحتوي الجين الذكري والمحدد لخصائصه. يفقد هذا الكروموسوم في التطور معظم خصائصه بينما الكروموسوم اكس الشبيهه ببقية الكروموسومات فيحتوي على غالب الجينات. الكروموسومان اكس و واي غير متجانسان من حيث تشكيلهما.

التكاثر

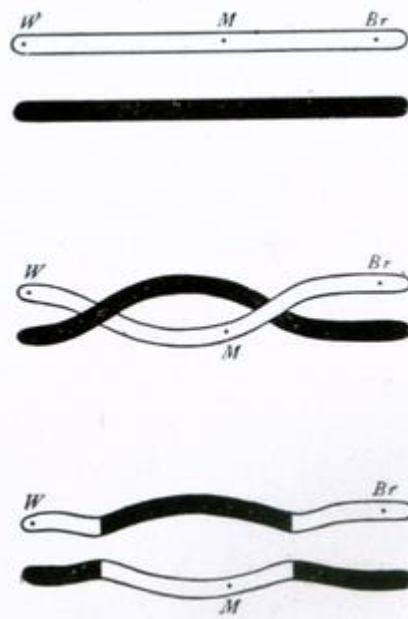
عندما تنقسم الخلايا، يتم نسخ المجين (الجينوم) كاملاً و ترث كل خلية وليدة نسخة واحدة. تُعد هذه العملية المسماة بالانقسام الفتيلي أبسط أنواع التكاثر و هو أساس التكاثر اللا جنسي. يمكن أن يحدث التكاثر اللا جنسي في الكائنات متعددة الخلايا أيضاً، حيث يعطي ذرية ترث الجينوم من أحد الوالدين فقط. تُسمى الذرية المطابقة جينياً للوالدين بالنسخ. تستعمل حقيقيات النوى التكاثر الجنسي عادة لتوليد ذرية تحتوى على مزيج من المادة الوراثية موروثة من والدين مختلفين. تتناوب عملية التكاثر الجنسي بين أصناف تحتوي على نسخ وحيدة من الجينوم (أحادي الصبغيات) و نسخ مزدوجة (ضعفاني الصبغيات). تندمج الخلايا أحادية الصبغة و تجمع المادة الوراثية لتكون خلية ضعفانية ذات صبغيات (كروموسومات) مزدوجة. تُكون الكائنات الضعفانية أحاديات الصبغة عن طريق الانقسام من دون استنساخ الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DNA) لتعطي خلايا وليدة ترث عشوائياً واحداً من كل زوج من الصبغيات. تكون معظم الحيوانات و العديد من النباتات ضعفانية الصبغيات خلال الجزء الأكبر من عمرها، و يكون الصنف أحادي الصبغيات محدوداً في الأمشاج مثل الحيوانات المنوية و البويضات.

بالرغم من عدم استخدامهم للطريقة الفردية المضاعفة في التكاثر الجنسي، إلا أن للبكتيريا طرق عديدة لاكتساب المعلومات الجينية الجديدة. يمكن لبعض أنواع البكتيريا التزاوج، بنقل قطعة دائرية صغيرة من الحمض النووي لبكتيريا أخرى. كما يمكن للبكتيريا احتلال شظايا الحمض النووي الجديدة الموجودة في المحيط ودمجها مع جينوماتها، وتسمى هذه الظاهرة بالتحول. [41] تتم هذه العمليات على شكل نقل جيني أفقي، عن طريق إحالة شظايا المعلومات الجينية بين الكائنات الحية التي ستصبح بطريقة أخرى لعلاقة لها.

المحاضرة الثالثة

م.م عمار موسى مندل

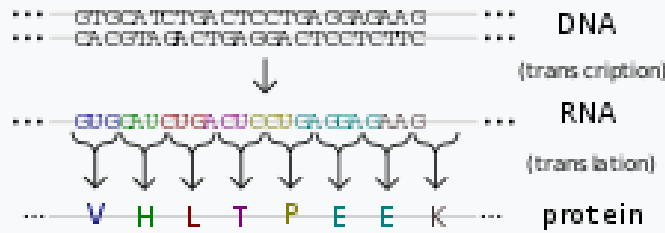
إعادة التركيب والترابط الجيني



توضيح توماس هانت مورغان عام 1916م لتقاطع مزدوج بين الكروموسومات.

الخارج

الشفرة الجينية



الشفرة الوراثية : استخدام رمز ثلاثي الدنا من خلال وسيط الرنا المرسل المحدد للبروتين.

تُعبّر الجينات عن تأثيرها الوظيفي خلال إنتاجها للبروتينات وهي جزيئات معقدة مسؤولة عن أغلب وظائف الخلية، تتكون البروتينات من سلسلة واحدة أو أكثر من عديد الببتيدات وكل سلسلة مكونة من تسلسل الأحماض الأمينية أما تسلسل الحمض النووي للجين خلال الجين الوسيط للحمض النووي الريبي وينتج بذلك تسلسل معين للحمض الأميني . تبدأ العملية عند إنتاج الحمض النووي الريبي بتسلسل مطابق لتسلسل الحمض النووي في الجين وتدعى تلك العملية **بالنسخ الجيني** . ينتج جزيء الحمض النووي الريبي الوسيط تسلسل مماثل للحمض الأميني في عملية تدعى **بالترجمة الجينية** وكل مجموعة من الثلاث نيوكليوتيدات الموجودة في التسلسل تدعى بالرمزة وتتوافق إما مع الأحماض الأمينية المحتملة في البروتين أو تقوم بإنهاء تسلسل الحمض الأميني ويدعى هذا التوافق **بالشفرة الجينية**^[45] ويكون تدفق المعلومات أحادي الإتجاه وتنتقل المعلومات من تسلسل النيوكليوتيدات لتسلسل الحمض الأميني في البروتينات ولكنها لا تنتقل من البروتين وتعود لتسلسل الحمض النووي، سمي فرنسيس كريك هذه الظاهرة **بالعقيدة المركزية لعلم الأحياء الجزيئي**^[46].

ينتج عن السلسلة النوعية للأحماض الأمينية هيكل ثلاثي الأبعاد فريد من نوعه لهذا البروتين وترتبط هياكل البروتينات ثلاثية الأبعاد بوظائفها،^{[47][48]} ويكون بعضها عبارة عن جزيئات هيكلية بسيطة مثل الألياف المكونة من بروتين **الكولاجين** ويمكن ربط البروتينات مع

المحاضرة الثالثة

م.م عمار موسى مندل

بروتينات أخرى وجزينات بسيطة وهي تؤدي أحيانا دور الأنزيمات بتسهيل التفاعلات الكيميائية داخل حدود الجزينات (دون تغيير هيكل البروتين نفسه). تعتبر بنية البروتين متحركة وينحني هيموغلوبين البروتين في أشكال مختلفة قليلا لكي تسهل عملية التقاط جزينات الأوكسجين ونقلها وإطلاقها داخل دم الثدييات

أحادي نوكلبيوتيد قد يحدث اختلاف في الحمض النووي تغيير في تسلسل الأحماض الأمينية للبروتين؛ حيث تبني سلسلة الأحماض الأمينية البروتين، قد تحدث هذه التغييرات تغييرا هائلا في خصائص البروتين من خلال إضعاف تركيبه أو تغيير سطحه ؛ وذلك بتغيير تفاعله مع البروتينات والجزينات الأخرى. على سبيل المثال ؛ فقر الدم المنجلي مرض وراثي ينتج من اختلاف قاعدة واحدة داخل منطقة الترميز لجزء متغير-غلوبين من الهيموغلوبين، مما يسبب تغيير حمض أميني واحد مما يغير الخواص الفيزيائية للهيموغلوبين.^[49]

بعض أنواع فقر الدم المنجلي تُبرز الهيموغلوبين، التجمع لتشكيل الألياف التي تشوه شكل خلايا الدم الحمراء التي تحمل البروتين. لا تتدفق تلك الخلايا منجالية الشكل بسلاسة في الأوعية الدموية، بل تميل لسدها أو التحلل، مما يتسبب في المعاناة ؛ من المشاكل الطبية المرتبطة بهذا المرض ؛

سجلت بعض الجينات في الحمض الريبي النووي ولكن لم يتم نقلها إلى منتجات مثل جزينات الحمض الريبي النووي من البروتين ؛ وتسمى الحمض الريبي النووي غير المرمز. في بعض الحالات نتائج مضاعفة التراكم التي تشارك في وظائف **الخلية العصبية** (مثل الحمض الريبي النووي الريبوسومي وتحويل الحمض الريبي النووي). الحمض الريبي النووي قد يكون له تأثير تنظيمي أيضا من خلال تفاعلات التهجين مع جزينات حمض ريبي نووي أخرى.

على الرغم من احتواء الجينات على جميع المعلومات اللازمة لوظائف الكائن الحي، إلا أن البيئة تلعب دوراً هاماً في تحديد الشكل النهائي لمظهر الكائن الحي، وغالباً ما يُشار إلى هذه الظاهرة بـ "الطبيعة مقابل الطبيعة". يعتمد الشكل الظاهري للكائن الحي على التفاعل بين الجينات و البيئة المحيطة به، مثل تلون "وبر" القط السيامي. في هذه الحالة درجة حرارة جسم القط تمثل دور البيئة. الشفرة الجينية للشعر الأسود في القط، بالتالي الخلايا المنتجة للشعر في القط تصنع البروتينات الخلوية التي تنتج في الشعر الداكن. لكن هذه البروتينات المنتجة للشعر الداكن حساسيتها عالية لدرجة الحرارة فتفسد في البيئة ذات الحرارة المرتفعة وبالتالي تفشل في أداء وظيفتها من حيث إنتاج صبغة الشعر الداكنة في المناطق التي تكون ذات درجة حرارة عالية في جسم القط. بينما في البيئة ذات درجة الحرارة المنخفضة، يبقى تركيب البروتين ثابت و يتم إنتاج صبغات الشعر الداكن بشكل طبيعي. يبقى البروتين فعال في المناطق الأبرد من البشرة (كالأقدام، الأذنين، الذيل و الوجه) لذلك يمتلك القط الوبر الغامق في اطرافه^[50] تلعب البيئة دوراً هاماً في آثار المرض الوراثي البشري ، فينيكليتونوريا .

^[51] حيث تؤدي الطفرة المسببة للمرض إلى حدوث خلل في مدى قابلية الجسم على تحليل الحمض الأميني فينيل الأمين، مما يتسبب في تراكم سام لجزئية متوسطة والتي تتسبب بدورها في المعاناة من أعراض التخلف العقلي والصرع. مع ذلك، لو التزم الشخص الذي يملك طفرة فينيل الأمين باتباع نظام غذائي صارم يتجنب فيه تناول المواد التي تحتوي على هذا الحمض الأميني، فسيفقى طبيعياً و معافى. تُعد دراسة التوائم المتطابقة و الغير المتطابقة أو الأخوة في حالة تعدد المواليد طريقة مشهورة لتحديد كيفية مساهمة الجينات و البيئة في **النمط الظاهري**^[52] يكون الأخوان المتطابقان متماثلان وراثياً لانحدارهم من نفس اللاقحة، بينما يكون الإخوة الغير المتطابقين مختلفين وراثياً مثل الإخوة الطبيعيين. يستطيع العلماء تحديد ما إذا كان هذا الخلل ناتج عن عوامل وراثية أو بيئية من خلال تحليل الإحصائيات عن عدد المرات التي يمتلك فيها أحد التوائم من بين مجموعة من التوائم خللاً معيناً مقارنة بمجموعات أخرى من التوائم . إحدى الأمثلة المشهورة هي دراسة تعدد المواليد للتوأم الرباعي **غينان**، الذين كانوا **توأم رباعي** متطابق شُخصوا جميعاً بمرض **الفصام**^[53]

الوراثة المندلية

يعتبر علم الوراثة من العلوم الحديثة إذا ما قورن بالعلوم الأخرى، وقد نمت وتطور هذا العلم بشكل سريع في الآونة الأخيرة. ويتناول علم الوراثة آلية وراثه الصفات، والاختلاف والتشابه بين الأفراد، وكيفية انتقال الصفات في الكائنات الحية عبر الأجيال.

مندل وعلم الوراثة

يعد جريجور مندل واضع حجر الأساس لعلم الوراثة، وهو أول من توصل إلى نتائج ذات أهمية في هذا العلم. وفي خلال فترة عمله مدرساً للفيزياء والأحياء والتاريخ الطبيعي في مدرسة برون الثانوية في تشيكوسلوفاكيا، كان مندل يزرع نبات البازلاء في حديقة الدير الذي يعيش فيه، بهدف البحث عن الكيفية التي يتم بها انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء. وفي عام 1866 استطاع مندل توضيح نتائج البحث التي جمعها في السنوات السابقة، ولكنها أهملت حتى بداية عام 1900 حين اكتشف العلماء أهمية تلك التجارب بعد وفاته. وقد عمل مندل في وقت لم تكن الصبغيات أو انقسام الخلايا قد عرفت بعد، ومع ذلك فقد أعطى تفسيرات تتطابق مع ما يتوافر حالياً من معلومات عن آلية التوارث، وقد استخدم مندل نبات البازلاء في تجاربه.

اختيار مندل لنبات البازلاء لعدة أسباب :-

- 1- الزهرة خنثى، وهي من نوع Pisum sativum. إن هذا التركيب يتيح إجراء عمليتي التلقيح الذاتي عن طريق تغطية الأزهار بأكياس من الحرير، كما يتيح إجراء عملية التلقيح الخلطي بإزالة المتوك قبل أنفتاحها وتزويد ميسم الزهرة بحبوب لقاح من نبات آخر باستخدام ريشة ألوان.
- 2- وجود عدة أنواع من الصفات الوراثية المتضادة التي يمكن ويسهل ملاحظتها ودراستها. فمثلا تكون البذور مجعدة أو ملساء، وتكون السيقان طويلة أو قصيرة.
- 3- قصر دورة حياة هذه النبتة، مما مكن مندل من الحصول على النتائج بشكل سريع.
- 4- سهولة زراعة نبات البازلاء وجمع بذوره.

قوانين مندل

لخص مندل اكتشافاته في قانونين: قانون الفصل، وقانون التوزيع المستقل.

قانون انعزال الصفات (القانون الأول)

قانون الفصل ينص على أن كل فرد يحمل زوجاً من الألائل (أشكال مختلفة من الجينات) لكل سمة. وكل من الأبوين يورث عشوائياً أحد الأليلين لنسله، فيحصل النسل على زوج خاص من الألائل (أليل من كل من الأبوين). الأليل السائد من بين الأليلين هو الذي يحدد كيفية ظهور السمة في النسل (مثل لون النبتة، لون فراء الحيوان، لون عيني الشخص).

المصادر :- 1-د. عبد الحسين الفيصل، 1999، الوراثة العامة، الاهلية للنشر والتوزيع، عمان، الاردن .
2-د. غازي تدمري ونسرين بيسار تدمري 1997، الحياة وعلم الوراثة، اكاديميا للنشر والتوزيع، بيروت، لبنان .

قانون التوزيع المستقل (القانون الثاني)

قانون التوزيع المستقل، المعروف أيضا بقانون الوراثة، ينص على أن الجينات المنفصلة للسمات المنفصلة تورث من الوالدين إلى النسل بشكل مستقل عن بعضها البعض. أي أن اختيار ألبل معين من بين الألبلين ليتم توريثه لسمة معينة لا يؤثر على اختيار أي ألبل آخر لأي سمة أخرى ليتم توريثه. أي أنه، على سبيل المثال، لا تمت علاقة بين لون القط وطول ذيله. وفي الحقيقة هذا القانون ينطبق فقط على الجينات غير المرتبطة ببعضها البعض.

تجارب مندل

إتبع مندل المنهج العلمي في البحث والتجريب، ولتوضيح تجاربه :

زرع مندل عدداً من بذور البازيلاء أزهارها أرجوانية اللون، وترك كل منها تلقح ذاتياً للحصول على سلالة نقية للصفة. ثم قام بإجراء التلقيح الخلطي، حيث نقل حبوب لقاح من متك نبات أرجواني الأزهار إلى مياسم نبات أبيض الأزهار، ثم عكس العملية وسمي هذين النباتين بالأباء P. وقد ضمن عملية التلقيح الخلطي بقطع أسدية النبات المنقول إليه حبوب اللقاح. زرع البذور الناتجة من النباتات السابقة، فتمت هذه البذور، ووجد أن النباتات جميعها أفرد الجيل الأول 1F، وكانت أرجوانية الأزهار. لمعرفة ما حصل لصفة اللون الأبيض للأزهار، زرع بذور نباتات الجيل الأول، وسمح لها بالتلقيح الذاتي، فحصل على 4/3 الجيل الناتج أزهارها أرجوانية، والـ 4/1 الباقي أزهارها بيضاء، بنسبة عددية تقارب 3 أرجوانية : 1 بيضاء، وسميت النباتات الناتجة بأفراد الجيل الثاني .

قام مندل بإعادة الخطوات السابقة على الصفات الستة الأخرى، مثل لون القرون، وطول الساق، ولون البذور، إلخ. وكان يحصل على نتائج مماثلة في كل حالة بالنسبة لأفراد الجيل الأول، والثاني، حيث كان يظهر في كل مرة صفة لأحد الأبوين في الجيل الأول وتختفي في الجيل الثاني. وسمي الصفة التي تظهر بالصفة السائدة والصفة التي اختفت بالصفة المتنحية.

كيف فسر مندل هذه النتائج

وضع مندل مجموعة من مجموعة من الفرضيات لتفسير النتائج التي توصل إليها:

افتراض مندل أن من يجعل نبات البازيلاء أرجواني الأزهار أو أبيض الأزهار يعتمد على عوامل داخلية، سمّاها العوامل الوراثية، وهذه العوامل بالمفهوم المعاصر هي الجينات التي تحملها الكروموسومات.

الصفة الوراثية التي يحددها عاملان (جينان) على الزوج الصبغي المتماثل، ورمز مندل للعامل السائد بحرف كبير، وللعامل المتنحي بحرف صغير، وعندما يكون هذان العاملان متشابهين فيقال عندها: إن الصفة متماثلة الجينات (نقية)، وعندما يكونان متخالفين يقال عندها إن الصفة الوراثية غير متماثلة الجينات (غير نقية).

عند إنتاج الغاميتات (حبوب اللقاح والبويضات) فإن العاملين الوراثيين في كل زوج من العوامل يجب أن ينفصلا بحيث يحتوي العرس (Gamete) الواحد على عامل واحد لكل صفة. فإذا رمزنا للون الأزهار الأرجواني نقي الصفة بالحرفين PP فإن الاعراس تحتوي على عامل واحد فقط P أو p.

نتائج مندل على وراثة صفة لون الأزهار في نبات البازيلاء	
الأزهار أرجوانية (نقية) × الأزهار البيضاء	الطرز الشكلية للأباء P1
PP × pp	الطرز الجينية للأباء (P1 انقسام منصف) ↓
P,P × p,p	الجاميتات
Pp	الطرز الجينية لأفراد F1

(تلقح ذاتي لأفراد الجيل الأول)

Pp × Pp	P2 (انقسام منصف) ↓
PP × pp	الطرز الجينية للأباء P1 (انقسام منصف)
P,p × P,p	الغاميتات
PP, Pp, Pp, pp	الطرز الجينية لأفراد F2
بيضاء == 25% = 1 : أرجوانية = 75% == 3	نسبة الأفراد الناتجة

إن هذه الفروض قادات إلى قانون مندل الأول في الوراثة الذي يسمى قانون انعزال الصفات. وينص على:

"زوج العوامل (الجينات) المتقابلة تنفصل عند تكوين الغاميتات في عملية الانقسام الانتصافي."

و ربما يتسائل البعض عن سبب إعطاء الرمز P في تجربة مندل لجين اللون الأرجواني للأزهار، والرمز p لجين اللون الأبيض؟ لاحظ أن نباتات الجيل الأول ظهرت في تجربة مندل أرجوانية الأزهار على الرغم من الطراز الجيني لهذه الصفة Pp، وهذا يعني أن جين اللون الأرجواني لزهرة البازلاء P قد ستر وأختفي أثر جين اللون الأبيض، لذا يسمى الجين السائد، أما جين اللون الأبيض p الذي اختفى أثره عند التقائه مع الجين السائد فيسمى بالجين المتنحي.

الصبغيات والعوامل الوراثية

المصادر :- 1-د.عبد الحسين الفيصل, 1999, الوراثة العامة, الاهلية للنشر والتوزيع, عمان, الاردن .
2-د.غازي تدمري ونسرين بيسار تدمري 1997, الحياة وعلم الوراثة, اكاديميا للنشر والتوزيع, بيروت, لبنان .

عندما تم اختراع المجاهر المتقدمة الذي جاء ذلك بعد موت مندل، أصبح بالإمكان مشاهدة محتويات النواة بما فيها من صبغيات، وتم دراسة سلوك الصبغيات خلال الانقسام الانتصافي، الذي قاد إلى استنتاج بأن هذه الصبغيات تعمل العوامل الوراثية التي وصفها مندل في تجاربه، حيث وجد أن:

العوامل الوراثية تكون في أزواج، وكذلك نجد أن الصبغيات تكون في أزواج متماثلة في المرحلة الأولى من الانقسام الانتصافي. العوامل الوراثية تنفصل عن بعضها عند تكوين الأعراس بحيث يحتوي العرس على عامل واحد فقط من زوج العوامل، وكذلك الأعراس تحتوي على نصف العدد الأصلي من الصبغيات فالصبغيات المتماثلة تنفصل خلال عملية الانقسام المنصف. عدد العوامل الوراثية وكذلك عدد الصبغيات يعود للاكتمال عند حدوث الإخصاب. إن هذه الأمور الثلاثة برهنت أن الصبغيات تتصرف كالعوامل الوراثية التي وصفها مندل. وقد تبين للعلماء بعد ذلك أن هذه الصبغيات تحوي الكثير من العوامل التي سميت بالجينات. ويعد الجين وحدة وراثية، وبشكل جزءاً من الـ حمض نووي ريبوزي منقوص الأكسجين، ويكون مسؤولاً عن صفة وراثية معينة.

الصفات اللامندلية

1- السيادة غير التامة Incomplete dominance

لاحظ مندل من تلقح نبات بزاليا طويل الساق نقي باخر قصير الساق فكانت جميع افراد الجيل الاول طويلة الساق والسبب يعود الاليل الطول الذي كانت له المقدره لاخفاء قصر الساق أي أن قدرة الاليل السائد بالفرد المختلط العوامل مساوية لقوة الاليلين السائدين ولا يظهر في الفرد الخليط أي تأثير لوجود الاليل المتنحي وهذه الحالة تسميها بالسيادة التامة والتي تعرف (بانها حالة يكون فيها الفرد المختلف العوامل والفرد المتماثل العوامل السائدة متساويين في اظهار الصفة) ولذلك لو تركنا افراد الجيل الاول للتخصيب الذاتي فان النسبة ستكون 3 سائد : 1 متنحي وهذا مايسمى بالصفات المندلية قد تكون السيادة غير التامة وفي هذه الحالة يتراوح اختلاف الفرد المختلف العوامل عن الفرد المتماثل العوامل من درجة بسيطة جدا إلى درجة واضحة جدا وتتحوّل النسبة المندلية 1:3 إلى النسبة 1:2:1 وذلك نتيجة اختلاف مجموعة التركيب الوراثي مختلف العوامل Aa عن مجموعة التركيب الوراثي المتماثل العوامل السائدة A A في الشكل الظاهري، فمثلا أن نبات (Four o'clock) عند تهجين سلالة اصلية ذات ازهار حمراء R R مع سلالة اصلية بأزهار بيضاء r r كانت جميع نباتات F1 ازهارها قرنفلية R r وهي صفة متوسطة تبين الابيض والاحمر وعند ترك نباتات F1 للتلقح الذاتي اعطت في F2 ثلاث مجاميع شكل ظاهري وهي حمراء وقرنفلية وبيضاء بنسبة 1:2:1 وعند تركها للتلقح الذاتي في F3 نجد أن النباتات حمراء الازهار تعطي دائما ازهارا حمراء والبيضاء لاتعطي الا بيضاء اما القرنفلية فتعطي نباتات ازهارها حمراء وقرنفلية وبيضاء بنسبة 1:2:1 ويظهر بهذا تحور النسبة المندلية للشكل الظاهري في F2 من 3:1 إلى 1:2:1 يرجع لاليل R او r غير سائد على الاخر وان الفرد المختلف العوامل Rr وسط اظهار الصفة ويميز عن الابوين.

2- السيادة المواقبة (المشتركة)

أن السيادة تكون مشتركة عندما يعبر كلا من الاليلين بصورة كاملة عن تأثيرهما في متباين الزيجة. ففي الانسان مثلا يكون الاليل IA لمجموعة الدم A سائدا مشتركا مع الاليل IB لمجموعة الدم B وعليه يعبر متباين الزيجة IAIB عن صفتي فرد متمائل الزيجة IAIA مع اخر متمائل الزيجة IBIB ينتج ابناء متباينة الزيجة IAIA ، وينتج التزاوج بين افراد متباينة الزيجة (IAIB x IAIB) ابناء بنسبة 1 مجموعة A:2 مجموعة AB:1 مجموعة B وبذلك تكون النسبة 1:2:1 نسبة محورة عن النسبة المنذلية 1:3 بسبب السيادة المشتركة. ومن الامثلة الاخرى على انعدام السيادة (السيادة الموكبة) هو وراثة لون الشعر في بعض سلالات الماشية المعروفة بقصير القرون Short horns اذ يتحكم في لون الشعر عاملان (حليلان) احدهما يختص باللون الاحمر CR حيث C من Color و R من Red والاخر باللون الابيض cw حيث C من Color و W من White . وعند اجراء عملية التهجين تنتج افراد لون شعرها ناتج عن خليط من شعر احمر مبيض (عنباري) ولكن بالفحص الدقيق نجد هذا اللون ناتج عن خليط من شعرات بعضها حمر وبعضها ببيض.

ويمكن تلخيص نتائج التهجين كالاتي:

ماشية بيضاء الشعر × ماشية حمراء الشعار

P1 CRCR CWCW

G1 CR CW

CRCW

ماشية ذات شعر غباري × ماشية ذات شعر غباري

P1 CRCW CRCW

G1 CR CW CR CW

CRCR + CRCW + CRCW+ CWCW

الطفرة (Mutation)

في علم الأحياء هي أي تغيير يحدث في المعلومات الجينية - المعلومات الوراثية الحيوية المشفرة في تسلسلات حمض نووي ريبوزي منقوص الأكسجين، والكروموسومات التي تحوي DNA، أو في تسلسلات حمض نووي ريبوزي في حال بعض الفيروسات. DNA هو بمثابة سلسلة، والأجزاء المكونة لهذه السلسلة هي النوكليوتيدات (تُسمى أيضاً بالقواعد النروجينية). يمكن أن تُحدث الطفرة تغييرات في تسلسلات الدنا و الرنا بطرق مختلفة. فهي قد تغير من ترتيب تسلسل النوكليوتيدات، أو من عددها عن طريق الغرز و الحذف أو جين قافز.

الطفرات تتجم عن: الفيروسات ، الكيمياءات المطفرة، التعرض للأشعة، الأخطاء التي تحدث خلال تضاعف الدنا أو الانتصاف عند إنتاج الخلايا المشيحية. ويمكن أن يُحدثها الكائن الحي نفسه بواسطة عمليات خلوية مثل التطفر المفرد.

في الكائنات الحية متعددة الخلايا هناك نوعان من الخلايا: جنسية وجسدية. الطفرات التي تحدث في الخلايا الجنسية تسمى طفرات تناسلية ، وهي وراثية (يمكن توريثها للجيل اللاحق) إلا إن كانت مميتة، وعادة لا يظهر تأثيرها في الكائن الحي. الطفرات التي تحدث في الخلايا الجسدية تسمى طفرات جسدية، ولا يمكنها الانتقال إلى النسل عن طريق العمليات التكاثرية في الحيوانات. ولكن من الممكن الاحتفاظ بها عن طريق الاستنساخ. وتوريث الطفرات غير الجنسية ممكن في النباتات. الطفرات تمثل المواد الأولية اللازمة لتولد التنوع الجيني، وهي ضرورية كي يحدث التطور. تأثيرات الطفرات قد تكون ضارة أو نافعة، أو محايدة (لا تضر ولا تنفع الكائن في البيئة التي يعيش فيها). الطفرات الضارة تتم تصنيفها عن طريق الاصطفاء الطبيعي، إحدى آليات التطور، أما الطفرات المحايدة فقد تتراكم وتصبح شائعة بآلية تطور أخرى تسمى الانحراف. التغيرات التي تنتج عن الطفرات قد لا يكون لها أي تأثير، أو قد تعدل من النواتج الجينية، أو قد تمنع ألجين عن العمل بشكل صحيح أو بشكل مطلق. الأغلبية العظمى من الطفرات بشكل عام تكون محايدة ولا تؤدي إلى تغيرات ملحوظة. ولكن الطفرات التي تعدل من البروتينات الناتجة عن الجينات، على الأغلب تكون ضارة. وقد تم افتراض ذلك بناء على دراسات تمت على ذباب الفاكهة، فنسبة الطفرات ذات التأثيرات الضارة منها تصل إلى 70%، بينما تأثيرات البقية كانت محايدة أو نافعة بشكل طفيف. وبسبب التأثيرات الضارة التي قد تتجم عن هذه الطفرات، هنالك آليات في الكائنات الحية تمنع حدوث الطفرات أو بقائها، مثل ترميم الدنا.

الفرد الذي تحدث به طفرة معينة أو يكون حاملاً لها يكون طافراً، ويمكن إطلاق هذه التسمية على السمات والأعضاء الجسدية التي تتأثر بالطفرة أيضاً. عملية حدوث الطفرة يطلق عليها تَطْفُر أو طُفُور.

أنواع الطفرات

يمكن تصنيف الطفرات وفقاً لمسبباتها (تلقائية - مستحثة) ، من حيث قابلية توريثها (جسدية - جنسية) ، أو حسب تأثيراتها على الصلاحية (ضارة - نافعة - محايدة) ، أو الوظيفة (فقدان - كسب وظيفة) ، أو بأثرها على تسلسلات البروتينات ، أو بآليات حدوثها في الدنا والكروموسومات.

الطفرة تلقائية

الطفرات التلقائية تحدث نتيجة لعمليات طبيعية في الخلايا. الطفرات التلقائية على المستوى الجزيئي قد يحدث بسبب:

- الصنوانية Tautomerism: تغيير قاعدة عن طريق إعادة توزيع ذرة هيدروجين، وذلك بتعديل نمط ترابط الهيدروجين لتلك القاعدة، مما يؤدي لازدواج نوكلوتيدات خاطئ أثناء (التضاعف).
- نزع البيورينات Depurination: فقدان قاعدة بيورين لتشكيل موقع منزوع البيورين.
- نزع الأمينات Deamination: تؤدي لتبديل قاعدة عادية لقاعدة شاذة.
- الازدواج المتضارب للشريط المنزلق Slipped strand mispairing: تمسخ الشريط أثناء استنساخه، وإعادته إلى طبيعته في موقع آخر. وهذا قد يؤدي لحدوث غرز أو خبث.

الطفرة مستحثة

الطفرات المستحثة تحدث نتيجة لتفاعل جزيئة DNA مع عوامل خارجية أو عوامل مطفرة، وتشمل :-

- الكيمائيات
- نظائر القواعد : كيمائيات مشابهة للقواعد البيورين و البيريميدين، وقد تأخذ مكان القواعد العادية في الدنا أثناء التضاعف.
- كيمائيات تغير من تركيب القواعد وخصائص ازدواجها: مثل حمض النيتروز.
- الأشعاعات .

أنواع الطفرات حسب تأثيرها على البنية الجينية

ثمة طرق مختلفة يمكن أن تتغير بها تسلسلات الجينات، الأمر الذي يفضي إلى أنواع مختلفة من الطفرات. الطفرات التي تحدث في الجينات تختلف تأثيراتها على الصحة. فالأمر يتعلق بحيثيات حدوث هذه الطفرات، وما إذا كانت تعدل من وظائف البروتينات الضرورية الناتجة عن الجينات. وتصنف الطفرات التي تحدث في بنيات الجينات إلى طفرات صغيرة (طفرات جينية)، و طفرات كبيرة (طفرات كروموسومية).

اولا / الطفرات الصغيرة (طفرات جينية)

الطفرات الصغيرة أو الجينية هي الطفرات التي تحدث في تسلسل الدنا الذي يشكل جين معين. هذا النوع من الطفرات يؤثر فقط على نوكليويتيد واحد أو عدة نوكليويتيدات في الجين، وهو يتضمن:

الطفرات النقطية أو طفرات "تبدل القواعد": تنتج غالباً عن كيميائيات أو أخطاء تحدث أثناء تضاعف الدنا. وهي عبارة عن تبديل نوكليويتيد أحادي بواحد آخر. وهو بمثابة تبديل "حرف" كيميائي بآخر في "الجملة"، مثل تبديل A ب-G. هنالك نوعان من الطفرات النقطية:

- 1- الانتقال Transition: وهو الأكثر شيوعاً، يشير إلى استبدال بورين ببورين آخر أو استبدال بريميدين ببريميدين آخر، مثل تبديل A ب-A أو G ب-G. الانتقال يمكن أن يحدث بسبب حمض النيتروز، تضارب ازدواج القواعد، أو نظائر القواعد المطفرة.
- 2- التبدل Transversion: أما التبدل فهو أقل شيوعاً، وفيه يستبدل البورين ببريميدين، أو العكس.

الطفرات النقطية التي تحدث في مناطق تشفير البروتينات في الجين تصنف لثلاثة أنواع:

- طفرة صامتة Silent mutation: تستبدل الكودون بآخر يحدد شفرة جينية لنفس الحمض الأميني، ولا تتسبب في تغيير البروتين الناتج.
- طفرة مغلطة Missense mutation: تستبدل الكودون بآخر يرمز لحمض أميني مختلف. هذا قد يحدث تغييراً بسيطاً في البروتين الناتج. على سبيل المثال، فقر الدم المنجلي ينجم عن طفرة نقطية تحدث في جين الهيموغلوبين بيتا، والذي يؤدي لتغيير أحد الأحماض الأمينية في البروتين الناتج.
- طفرة غير محسوسة Nonsense mutation: تستبدل الكودون المشفر للأحماض الأمينية بكودون "توقف"، وتتسبب بإنتاج بروتين غير مكتمل. قد تكون تأثيرات هذه الطفرات جسيمة بما أن البروتين غير المكتمل على الأغلب لن يؤدي وظيفته.
- الإضافة: هي طفرة تدخل بها نوكليويتيدات زائدة إلى منطقة دنا مختلفة.
- الحذف: هي طفرة تُحذف أو تُفقد فيها نوكليويتيدات من الدنا.

ثانيا / الطفرات الكبيرة (طفرات كروموسومية).

- 1- الطفرات الكبيرة أو الكروموسومية هي طفرات تحدث في أقسام من الكروموسوم، وتغير من بنيات الكروموسومات أو ترتيبها. وهي تتضمن:
 - التضخيمات (تضاعف) الجينات: تؤدي لإنتاج نسخ من مناطق كروموسومية، مما يجعل عدد الجينات المتموضعة فيها مفرطاً.
 - طفرات الغرز: تؤدي لإدخال منطقة جديدة إلى الكروموسوم.

• طفرات الخبن: تؤدي لحذف مناطق كروموسومية، مما يؤدي لفقدان الجينات التي في هذه المناطق.

2- الطفرات التي تؤدي لتجاوز قطع دنا منفصلة، والتي قد تتسبب في ربط جينات منفصلة لتشكيل جينات مدمجة ذات وظيفة جديدة ومختلفة. وهذه الطفرات تتضمن:

- الإزفاء: تبادل القطع الوراثة بين كروموسومين غير متماثلين.
- الخبن الخلالي: خبن يحدث داخل الكروموسوم، وهو حذف قطعة دنا من الكروموسوم، بحيث يؤدي ذلك لتجاوز جينات كانت متباعدة.
- انقلاب كروموسومي: عكس اتجاه جزء من الكروموسوم.
- فقدان التغاير الازيجوتي: فقدان أليل واحد في كائن حي كان يملك أليلان مختلفان، وذلك إما عن طريق الخبن أو التأسيس.

أنواع الطفرات حسب تأثيرها على الوظيفة

- ❖ طفرات فقدان الوظيفة: هذه الطفرات تحدث عندما تصبح وظائف نواتج الجينات غير مكتملة أو معدومة. عندما يفقد الأليل وظيفته بالكامل (أليل عديم الوظيفة)، فإن الطفرة التي تسببت في ذلك غالباً يطلق عليها طفرة عديمة الشكل amorphic. وعادةً تكون الأنماط الظاهرية المرتبطة بهذه الطفرات متنحية.
- ❖ طفرات كسب الوظيفة: طفرات تغير النواتج الجينية بحيث تكسبها وظائف جديدة وشاذة. هذه الطفرات عادة تكون مرتبطة بأنماط ظاهرية سائدة. وهي غالباً تسمى طفرات جديدة الشكل أو جديدة البنية neomorphic.
- ❖ طفرات سالبة سائدة: تسمى أيضاً طفرات مضادة للشكل antimorphic، تؤدي لأن تعمل النواتج الجينية المعدلة بشكل مناهض للألائل بريبة النمط. هذه الطفرات عادة ما تنتج وظائف جزئية معدلة (عادة تكون غير نشطة). والأنماط الظاهرية المقرونة بها تكون سائدة أو شبه سائدة.
- ❖ الطفرات المميئة: تؤدي لموت الكائن الحي الحامل لهذه الطفرة.
- ❖ الطفرات الرجعية: طفرات نقطية تسترجع التسلسلات الأصلية، ومن ثم النمط الظاهري الأصلي.

أنواع الطفرات حسب تأثيرها على الصلاحية

- ❖ في علم الوراثة التطبيقي وفي الوراثة السكانية النظرية، من المعتاد تناول الطفرات باعتبارها إما ضارة (مؤذية) أو نافعة (مفيدة) أو محايدة.
- ❖ الطفرة الضارة هي طفرة تأثيراتها على النمط الظاهري تكون سلبية، وبذلك تحط من صلاحية الكائن الحي.

م. عمار موسى مندل

- ❖ الطفرة النافعة هي طفرة تعزز صلاحية الكائن الحي، أو تدعم خلاته المرغوبة. وتأثيراتها على النمط الظاهري تكون إيجابية.
- ❖ الطفرة المحايدة تُعرّف على أنها طفرة لا يترتب عليها تأثيرات ضارة أو نافعة. هذه الطفرات تحدث بمعدل ثابت، وبذلك تشكل الساعة الجزيئية.
- ❖ الطفرة شبه المحايدة تُعرّف على أنها طفرة قد تكون مؤذية أو مفيدة بشكل طفيف، هذا ومع أنّ معظم الطفرات شبه المحايدة تكون مؤذية قليلاً.

ولكن في واقع الأمر، تناول تأثيرات الطفرات على الصلاحية من خلال هذه الفئات يعد تبسيطاً. لقد أجريت محاولات للاستدلال على توزيع التأثيرات على الصلاحية، وذلك بواسطة تجارب التطوير والنماذج النظرية المطبقة على معلومات التسلسلات الجزيئية. توزيع آثار الصلاحية الذي يُستعمل لتحديد مدى الشيع النسي لكل نوع من الأنواع المختلفة من الطفرات (الضارة بشدة، شبه المحايدة أو النافعة)، يتعلق بالكثير من المسائل التطورية، مثل الحفاظ على التنوع الجيني، معدل الاضمحلال الجينومي، وتطور الجنس والتأشيب. وباختصار، توزيع تأثيرات الصلاحية يلعب دوراً هاماً في توقع الديناميكا التطورية. وقد استعملت الكثير من الطرق لدراسته، بما فيها الوسائل النظرية، التجريبية والتحليلية.

أنواع الطفرات حسب تأثيرها على تسلسل البروتين

- ❖ طفرة انزياح الإطار: هذه الطفرات تنتج عن غرز أو خين عدد من النوكليوتيدات ليس من مضاعفات الرقم ثلاثة في منطقة التشفير من الجين، إذ يؤدي ذلك لتغيير إطار قراءة الشفرة. هذا النوع من الطفرات يغير كل الأحماض الأمينية، ومن المحتمل جداً أن ينتج عنها بروتينات غير وظيفية بما أنها تختلف بدرجة كبيرة عن البروتينات العادية.
- ❖ طفرة نقطية تحدث في تسلسل الدنا، ينتج عنها كودون توقف أو كودون هرائي في الرنا المرسال المنسوخ، وغالباً تؤدي لإنتاج بروتين غير وظيفي.
- ❖ طفرة مغالطة: طفرة نقطية يتغير فيها نوكليوتيد واحد يؤدي لاستبدال الحمض الأميني بأخر مختلف، وهذا بدوره قد ينتج عنه بروتين غير وظيفي. هذا النوع من الطفرات هو المسؤول عن أمراض مثل انحلال البشرة الفقاعي، فقر الدم المنجلي، والتصلب العضلي الجانبي بواسطة ديسموتاز فوق الأكسيد.
- ❖ طفرة محايدة: طفرة تحدث في كودون الحمض الأميني وتؤدي لإنتاج حمض أميني آخر مشابه كيميائياً للأصلي. وهذا التشابه يكون كبيراً بدرجة كافية كي لا يحدث تغيير كبير في البروتين. على سبيل المثال، تبدل AAA إلى AGA يرمز إلى أرجينين، وهو جزيء مشابه كيميائياً لليزين الذي يرمز إليه AAA.
- ❖ طفرة صامتة: طفرة لا تؤدي لتغيير تسلسل الأحماض الأمينية للبروتين. قد تحدث هذه الطفرات في مناطق غير مشفرة للبروتين، أو قد تحدث في كودون بشكل لا يؤدي لتغيير تسلسل الأحماض الأمينية.

معدل الطفرات

معظم الطفرات تحدث في مناطق في الجينوم الغير مهمة ، ولهذا فلا يكون لها تأثير سيء و لا يترتب عليها تبعات ضارة . ولكن تلك الطفرات التي تحدث في أجزاء هامة من الدنا فغالبا يكون لها تبعات سيئة ، فهي تعيق صاحبها ويكون احتمال انتقالها إلى الجيل التالي ضعيفا. ولكن تحدث أيضا طفرات نادرة يكتسب حاملها ميزة عن الآخرين ، تكسبه قدرة أعلى من غيره فيتنفوق ويكون أصلحا في حياته . ذلك التغير في الدنا سيكون احتمال انتقاله إلى النسل احتمالا كبيرا . وعبر فترة طويلة من الزمان ستنتقل تلك الطفرات الصغيرة المتتالية إلى العديد من أجيال النسل ، مؤدية في ختام المطاف في تغير كبير في الوظيفة الحيوية بعد زمن طويل. اننا نعاصر طفرات تحدث حولنا ، نراها في تغيرات سريعة في فيروسات تسبب المرض ، وفي بكتيريا و طفيليات تعرضنا لآخطار امراض شديدة . فقد كانت الملاريا تعالج وقائيا بعقار كلوروكوين و Chloroquine ، ولكن تغيرات حدثت في جينوم طفيل الملاريا أكسبته مناعة ضد الكلوروكوين في بعض مناطق العالم فانتشرت فيها الملاريا سريعا. وكذلك حدثت طفرات سريعة في فيروس HIV بحيث جعلت مرض الإيدز منيعا ضد المضادات الحيوية . علاوة على تخوف الناس من الإصابة بمرض انفلونزا الخنازير الذي تتطور من الفيروس H5N1 ، وغيرها. فيمكن القول أنه لدراسة علم الاحياء و دراسة الطب والعلاج لا يمكن فهمهما من دون فهم لنظرية التطور.

الامراض الوراثية

هي الامراض الناتجة عن خلل في الجين او خلل في تركيب الكروموسوم او زيادة في عدد الكروموسومات في الخلية الجسدية ومثالا مثلا على الامراض الوراثية :-

اولا / مرض البلاهة المنغولية (متلازمة داون)

مكتشف هذا المرض هو العالم لانغدون داون 1866 ينتج هذا المرض بسبب انفصال الزوج الكروموسومي رقم 21 في عملية الانقسام المنصف فينتج عن ذلك جايمت يحتوي على 24 كروموسوم وحين يلتقي مع جايمت اخر يحتوي 23 كروموسوم ينتج بويضة (زايجوت) يحتوي على 47 كروموسوم اي ان الزوج 21 اصبح عنده كروموسوم اضافي فيصبح الجنين مصابا بالبلاهة المنغولية .

اعراض المرض

وجود ثنية اضافية في الجفن تشبه جفن السلالة المنغولية , الرؤوس منبسطة , الاطراف قصيرة قصيروا القامة , الجبهة بارزة , اللسان ثخين وكبير الحجم , بصمات اصابعهم مختلفة , يعانون من تخلف عقلي.

ثانيا / مرض الثلاسيميا (فقر دم حوض البحر المتوسط)

هو مرض وراثي يؤدي الى تكسر خلايا الدم الحمراء بسبب خلل في تركيب الهيموغلوبين فينتج طفرة متنحية على الزوج الكروموسومي رقم 11

اعراض المرض

فقر دم شديد , تضخم الطحال من 4-11 مرة بسبب زيادة التخلص من خلايا الدم الحمراء التالفة , تضخم العظام خاصة عظام الوجه , هشاشة في العظام . كما وان مريض الثلاسيميا يحتاج الى جرعات شهرية لتعويض النقص الحاصل في كمية الدم .

ثالثا / مرض نزف الدم (الهيموفيليا)

هو عدم القدرة على التخثر بسبب غياب احد البروتينات سبب المرض هو وجود طفرة وراثية متنحية على الجين المسؤول عن انتاج هذا البروتين (التخثر) وهذا الجين محمول على الكروموسوم X . هذا المرض مرتبط بالجنس وراثته عند الذكور تختلف عن الاناث كما وان نسبة الاصابة عند الذكور اكبر من الاناث ويعود ذلك الى ان الذكر يحتاج الى طفرة واحدة متنحية للاصابة اما الانثى فالى اثنتين لحدوث الاصابة .

رابعا / مرض العمى اللوني

مرض وراثي يؤدي الى عدم القدرة على التمييز بين اللونين الاحمر والاخضر فيرى المصاب لونا باهتا بينهما بسبب المرض وجود طفرة وراثية متنحية على الجين المسؤول عن هذه الصفة والمحمول على الكروموسوم X . وهو مرض مرتبط بالجنس , وراثته عند الذكور تختلف عن الاناث , نسبة الاصابة بين الذكور اكبر من الاناث .

للتقليل من الامراض الوراثية يجب القيام بما يلي:-

- 1- اجراء الفحوصات الطبية قبل الزواج.
- 2- الاستعانة بسجل العائلة الوراثي فاذا وجد عند الزوجين طفرات متنحية لنفس المرض
- 3- يقدم النصح لهما بعدم اتمام الزواج للتقليل من الامراض الوراثية.
- 4- اجراء الفحوصات للأجنة في مراحل الحمل الاولى.

تطبيقات الوراثة في تحسين الانتاج الحيواني والنباتي

أن الانسان قد استطاع أن ينتخب الحيوانات والنباتات الجيدة ذات الاهمية الاقتصادية قبل أن يعرف اسس علم الوراثة وكما انه استطاع تكثيرها والمحافظة عليها وتوصل إلى انتاج سلالات نقية الانواع كثيرة وبعد أن عرف الانسان علم الوراثة وبتقديم هذا العلم وتطوره فقد توسع في مضمار تحسين الانتاج والاستفادة من الانواع التي تحمل الطفرات الوراثية الجديدة.

الوراثة وتحسين الانتاج الحيواني:-

نجح الانسان لانتاج سلالات جديدة من الحيوانات واستطاع المحافظة على نقاوتها وذلك عن طريق منعها من التزاوج بانواع اخرى اقل منها جودة وكذلك عن طريق عدم استعمال الحيوانات التي لاتحمل صفات السلالة الاصلية لغرض التناسل وتكثير الأفراد.

ومن ابرز الامثلة على ذلك ماياتي:-

1-الماشية

استخدمت هذه الحيوانات التي كانت تربي أساسا لاجل الاستفادة من لحمها منذ عشرة الالف سنة مضت وفي لندن عام 1710 كان الثور الصغير يزن 168 كغم في المتوسط وفي عام 1795 وبعد الانتخاب كان وزنه اكثر من 632 كغم في المتوسط. اما الثور الغيائيني Chianina bull الايطالي فهو يزن 1812 كغم ويسهل التوالد الداخلي في الماشية بالتلقيح الصناعي ولما كانت الانثى الماشية ذرية قليلة فترة حياتها الانتخابية عمليا للتوالد المستقبلي على اساس نوعية الذرية التي تنتجها. الا أن الثور يستطيع انجاب عدد ضخم من الذرية بفضل التلقيح الصناعي . وهناك خاصيتين للفوائد الانتخابي للماشية فقد ازداد محتوى زبد الحليب من ابقار فريزيان في هولندا بحوالي 20% في هذا القرن وثم الحصول على نوع ممتاز من ماشية اللحم سانتا جير تروديس Santa Gertrndis بالانتخاب بين سلائل نتجت سلاله جديدة .وتستطيع هذه السلالة الازدهار في مناطق حارة وجافة وكذلك في مناطق حارة ورطبة وكذلك فهي منيعة ضد القراد والحشرات والافات وتنمو بشكل جيد عندما ترعى العشب.

2 - الاغنام Sheep

ازداد التوالد الانتخابي في استراليا في حالة وزن الصوف للخروف الواحد من حوالي 203كغم في ثمانينات القرن الثامن عشر إلى 3.8 كغم في ستينات القرن التاسع عشر.

3 -الدواجن Poultry

ضاعف التوالد الانتخابي معدل انتاج البيض السنوي لكل دجاجة من حوالي 125 في عام 1933 إلى حوالي 256 في عام 1965.

4 - السمك Fish

تربي اسماك مناطق الاستوائية انتخابيا في اليابان تربي سمكة الشبوط المزخرف او الكوى Fancy carpokoi منذ اكثر من الف عام واصبحت تربية سمكة كوى Koi احدى الصاعات الرئيسية وكذلك احدى الهوايات اليابانية الرئيسية.

5- الكلاب Dogs

قبل 10000 عشرة الاف سنة الكلب ومنذ ذلك الحين استولد الناس في مختلف انحاء العالم كلابها انتخايبا لاغراض متعددة. ولما كان الناس في مجموعات متباعدة عن بعضها البعض الاخر جدا كالهنود الامريكيين كان لكل مجموعة منها صنفها الخاص من الكلاب وقد ربيت الكلاب للحراسة والحماية للصيد والرعي والمرافقة وللاكل وحمل الاثقال وتتنسب الاكثر من مئة صنف المعروفة حاليا إلى النوع نفسه وتشهد على التنوع الوراثي الضخم الموجود من قبل الذي يظهر في النوع من البرية.

6- الحمام والقطط والارانب

اصبحت هذه الحيوانات هجائن كثيرة للتوالد الانتخايب.

7- الخيول Horses

تستعمل حاليا للسباقات الرياضية وكانت قديما تستعمل في الحروب والسفر والنقل ومن اهم ميزات الخيول العربية هي سرعتها وجمالها اما الخيول الاوربية فتمتاز بضخامتها وبطء حركتها وقام الأوربيين بنقل بعض الخيول العربية الاصلية لبلادهم خلال الحروب الصليبية وثم استحدثت انواع جديدة تجمع الصفات العربية للخيول الاصلية والاوربية القوية. وقد تم الاستمرار لتطبيق قاعدة التوالد الانتخايب على الانواع الجيدة فكانت الخيول الناتجة اكبر حجما واضخم رأسا واطول ساقا واسرع عدوا من الخيول العربية والاوربية السابقة.

الوراثة وتحسين الانتاج النباتي

اعتمد الانسان في قديم الزمن عن طريق الزراعي على قطعة ارض مناسبة تنتج غلة تكفي عائلته او قد تزيد قليلا وكانوا شديدي الحرص على نجاح الانتاج والمحافظة عليه من العوامل الخارجية التي قد تصيبه بالضرر وقد استطاعوا عن طريق التجربة بزرع المحاصيل بمواعيدها المناسبة وتربيتها الصالحة ولكن زيادة عدد السكان خلال السنين الطويلة وقلة المزارعين قياسا بالزيادة التي ادت لظهور مشكلة نقص المحاصيل الزراعية وعدم كفايتها للاستهلاك وذلك بسبب ارتفاع اسعارها عدة مرات وحدوث مجاعات عامة في بعض المناطق كالهند والصين وافريقيا وبعض دول امريكا اللاتينية واستخدمت في العهود الحديثة طرق طبقت فيها مفاهيم علم الوراثة لانتاج نباتات نافعة للانسان وبكميات وفيرة تكفي لسد الحاجة المتزايدة لها.

ومن بعض الامثلة لنجاح نظم التوالد المنظم والانتخاب الصناعي:-

1- الذرة Maize

يعد من النباتات الذاتية الاخصاب لتكوين حبوب اللقاح في الاسدية الواقعة على النباتات وسقوطها على المياسم الموجودة اسفل منها. وطبق الانتخاب البسيط للحصول على اكواز تحوي على كمية الزيت العالية وبعد فتره من الانتخاب امكن زيادة نسبة الزيت من 5% إلى 15% واماكن ايضا زيادة كمية البذور في الكوز الواحد واصبحت اكثر مقاومة للحشرات والفطريات والرياح والجفاف وامراض الصدأ.

2- الحنطة Wheat

عبر تطبيق الانتخاب المستمر لاكثر من 50 طن من الحنطة استطاع الحصول على محاصيل محسنة من 30-100% فعلى سبيل المثال تم تلقيح حنطة نصف قزمية يابانية باخرى مكسيكية فحققت النتائج الاتية:-
أ- ساقا اقصر اصلب أي النمو المبكر ومقاومة الرياح.
ب- تكيف النبات لعوامل المنطقة الزراعية بصورة جيدة.
ج- المقاومة بالنسبة للافات الزراعية تكون اكثر مقاومة.
وكما ازداد معدل انتاج الحنطة الشتوية في السويد 25% بعد ضربها باصناف تعطي محصولا عاليا.

3- الرز Rice

بواسطة الانتخاب والتهجين استطاع انتاج مايسمى بالرز العجيب Miracle rice وللصنف انديكا Indica العادي الذي ينمو في المناطق الاستوائية اوراق عريضة تظلل اوراق النباتات الاخرى وكذلك الاوراق السفلى للنبات نفسه وقد ضرب نمط من انديكا ذي اوراق وساق داكنة وقصيرة يسمى دي جيوو وجين Dee- geo- woo- gen مع نمط اخر غير لذيذ الطعم يسمى بيتا peta وانتج الانتخاب التالي الرز العجيب IR8 Marcle rice ويبلغ محصول الرز العجيب Marcle rice في المناطق الاستوائية من اربعة إلى ستة اصناف المحصول المتوسط للصنف انديكا.

4- بنجر السكر Sugar Beets

أن محتوى السكر قد زاد في بنجر السكر من 6% في عام 1818 إلى اكثر من 20% حاليا بفضل التوالد الانتخابي.

5- نباتات الزينة Ornamental Plants

توجد نباتات الزينة باصناف وفيرة انتجت بالتوالد الانتخابي.

زيوت منفعة النباتات بتعدد المجموعة الكروموسومية والاقتحام ومسببات الفطر Plant usefulness has been increased by polyploidy introgression and mutagenesis خلال تعدد الكر وموسومات حدث تنوع وراثي

اضافي للنباتات احادية النوع وتعدد المجموعة الكروموسومية متعددة النوع والاقحام ومسببات الفطر ومن الامثلة على استعمال كل هذه الطرق لانتاج انماط جديدة من النباتات هي:-

أولا / تعدد المجموعة الكروموسومية احادية النوع Single- specie polyploidy

يمكن حدوث هذا النوع من تعدد المجموعة الكروموسومية طبيعيا ويمكن أن يحفز بمسببات الفطر وتصاحب الزيادات المعتدلة عادة في عدد اطقم الكر وموسومات مثل التضاعف الثنائي او التضاعف الرباعي زيادة حجم الخلية وحجم النبات واحيانا لون الازهار اشد وتنمو هذه النباتات بشكل ابطا الا انها تكون منخفضة الخصوبة لتكوين امشاج غير متوازنة كروموسوميا.

أ- اصناف التفاح

تعد انواع التفاح حرا فينييسي Gravenstein وبالدرين Baldwin ثلاثيات المجموعة الكروموسومية وهي تتكاثر لاجنسيا بالبراعم او التطعيم.

ب-بنجر السكر Sngar beets

يكون بنجر السكر ثلاثي المجموعة الكروموسومية غالبا في محتوى السكر ويكون مقاوما للعفن.

ج- البطيخ Water melon

ينتج تضريب من بطيخ رباعي المجموعة الكروموسومية 44 كروموسوما وبطيخ ثنائية المجموعة الكروموسومية 22 كروموسوما ثمرة ذات بذور اقل مما يكونه ثنائي المجموعة الكروموسومية وتكون هذه البذور ثلاثية المجموعة الكروموسومية 33 كروموسوما وعندما تنتج بطيخا قليل البذور او عديمها ومن الطريف أن نذكر أن احدى الشركات التي تباع البذور ثلاثي المجموعة الكروموسومية تسمى الشركة الامريكية لبذور البطيخ عديم البذور وفي احدى السنوات الحديثة كان 15% من كل البطيخ المزروع في فورموز او الولايات المتحدة ثلاثي المجموعة الكروموسومية ويتوقع أن تزيد هذه النسبة حسب أن الاصناف ثلاثية المجموعة الكروموسومية تكون مقاومة ومبكرة للنضج.

د- البرتقال Oranges

ينتج بعض البرتقال العديم البذور عن تلقيح اناث ثنائية المجموعة الكروموسومية خليطة الاخصاب عايدا بحبوب لقاح من نبات رباعي المجموعة الكروموسومية.

ز-نباتات الزينة

مثل النرجس nescissus وبيتونيا Petunia ونجور مريم Cyclamen اصناف متعددة المجموعة الكروموسومية ذات ازهار ازهى لونا.

ثانيا/ تعدد المجموعة الكروموسومية متعددة النوع Multiple- spectes ployploidy سرت انجازات علمية عديدة للحصول على ذرية عقيمة من تضربيات بين نوعين ويمكن الحصول على الخلية الهجينة البادئة بالاخصاب اذا احبطت اليه

المبيض رفض حبوب اللقاح الغربية بالعقاير ويحسن نمو الهجين بالزراعة خارج النبات وتدعم الخصوبة بمعاملة النبتة بالكولشيسين لمضاعفة عدد الكروموسومات وبهذه الطريقة امكن الحصول على نسبة من النباتات الباقية الحية من هذه التضريبات المتباعدة مثل حنطة X شعير وشعير X جودار وحنطة X حشيش بري.

أ- تريتكال Triticale

وهو نوع جديد نسبيا من نباتات الغلال تم الحصول عليه من تضرير حنطة بالجودار وهو يجمع صفة المحصول العالي للحنطة وصفة مقاومة الجفاف والمرض للجودار وتعد الحنطة مصدرا فقيرا نسبيا لحمض البنزين لتغذية الانسان لكن ترسينال ينتج 2% من الليزين اكثر من الحنطة. وبحلول عام 1973 زرع اكثر من مليون هكتار بالتريتكال في انحاء العالم المختلفة.

ب- الشليك (الغراولة) Shraw berry

ظهر الشليك الذي يزرع حاليا *Fragaria grandiflova* في اوربا في منتصف العقد 1700 كهجين متعدد المجموعة الكروموسومية بين انواع امريكية شمالية وجنوبية.

ج- توت لوكان Logan berry

انتج تضرير توت الارض *raspberry* ونبات العليق توت لوكان في كاليفورنيا في عام 1880.

3-الاقحام Introgression

تعد الحنطة متعددة المجموعة الكروموسومية متعددة الانواع قابلة للاصابة بمرض صدا الاوراق ومن الممكن تضرير نبات حشيش الماعز *Aegilops goat gress* المقاوم الصدا مع الحنطة واجراء عملية اقحام صناعية أي اجزاء سلسلة من التضريبات للهجين رجعيا إلى الحنطة وتكون النتيجة الحصول على حنطة تحتوي على قطع من كروموسومات *goat grass* التي تحمل جينات مقاومة مرض صدا الاوراق.

4-احداث التطفير Mutagenesis

استعملت اشعة اكس ومسببات التطفير الكيميائية لحث التطفيرات في نباتات محاصيل الذرة والشعير والشوفان ولقد انتج طفرات احدثت باشعة اكس في الشعير على سبيل المثال تأثيرات مفيدة مثل النضج المبكر ومحصولا اكبر ومع العلم أن القليل من الطفرات يكون مفيدا الا أن غرلة كائنات حية كبيرة الحجم مثل نباتات المحاصيل والحيوانات الاليفة للبحث عنها قد تكون غالبية التكلفة ومن ناحية اخرى كان انتخاب طفرات الانتاج اعلى من المضادات الحيوية او الكحول او مركبات عضوية اخرى بميكروبات مثل البكتريا او الفطريات ناجح جدا واخيرا هناك احتمال قائم باصابة النباتات الحيوانات بكائنات حية او انواع DNA تزيد منتجاتها البروتينية من منفعة العائل وتناقش هذه المعالجة الوراثة 12-27 بالنسبة للهندسة الوراثة.





الجينات المميتة (lethal genes)

هي جينات وراثية توجد بصورة نقية (سائدة أو متنحية) تسبب أضراراً للكائن الحي يترتب عليها تعطيل بعض العمليات الحيوية مما يؤدي إلى موت الكائن الحي في مرحلة مختلفة من العمر لربع نسل الأبوين غالباً (25%) وايضا يقصد بها الجينات التي تسبب وفاة الكائن إذا وجدت به بصورة " نقية " سواء سائدة أو متنحية لأنها توقف أحد النشاطات الحيوية الهامة وهي تعطيل النمو مما يؤدي إلى موت الفرد عاجلاً أو آجلاً.

أنواعها

تنقسم الجينات المميتة إلى نوعين، وهما

• جينات مميتة سائدة

	A	A ^y
A	Agouti coat AA 	Yellow Coat AA ^y 
A ^y	Yellow coat AA ^y 	Dead A ^y A ^y 

صورة توضح أثر جين لون الشعر الأصفر المميت في الفأر

وهي جينات يسود فيها الجين المميت على الجين الآخر، مثل جين لون الشعر الأصفر في الفئران، حيث في حالة نقاء هذه الصفة في أي فأر فإنه يموت في رحم أمه، أما إذا كانت هذه الصفة هجينة، فإن الفأر يعيش.

• جينات مميتة متنحية

وهي جينات يسود فيها الجين الذي يحمل الصفة السليمة على الجين المميت، مثل: جين غياب الكلوروفيل في نبات الذرة حيث ان إنتاج الكلوروفيل يتحكم فيه جين سائد C وبديله المتنحي c يمنع تكون الكلوروفيل لذا فهو مميت ، كذلك جين العته الطفولي في الإنسان . وايضاً الجين المسبب أنيميا خلايا الدم المنجلية في الإنسان حيث ان إنتاج الهيموجلوبين في الإنسان يتحكم فيه جين سائد S وبديله المتنحي s يمنع تكون الهيموجلوبين بصورة طبيعية لذا فهو مميت. لذلك الأفراد SS النقية (سليمة) لأن جميع كرات الدم الحمراء لديهم بها هيموجلوبين قرصي . والأفراد Ss الهجينة (حاملة للمرض) بعض كرات الدم لديهم بها هيموجلوبين منجلي ولذلك لا تبدو عليهم أعراض المرض إلا عند نقص الأكسجين لذلك تمثل أنيميا خلايا الدم المنجلية (حالة سيادة غير تامة) (حيث يتميز الطرز الجيني الهجين بطرز مظهرى واضح عند نقص الاكسجين فقط. أما الأفراد ss النقية (مريضة) تموت قبل البلوغ لأن جميع كرات الدم الحمراء لديهم بها هيموجلوبين منجلي الشكل.

Linkage and Crossing over الارتباط والعبورالارتباط

أصبح من المعلوم أن الجينات تحمل على الصبغيات بأعداد كبيرة لكثرة عدد الجينات عن عدد الكروموسومات. وحيث أن الكروموسومات تنتقل من جيل إلى جيل عن طريق الأمشاج فإن الجينات إما أن تورث مستقلة عن بعضها ، أو تورث معاً على كروموسوم واحد أى تورث كأنها صفة واحدة (مرتبطة). لذا فإن الارتباط هو بان الجينات الموجودة على الكروموسومات تمثل للبقاء مع بعضها واول حالة من حالات الارتباط ذكرها العالمان Bateeson and punnett. حيث ان يوجد نوعين من الجينات وهي:-

• الجينات الحرة أو المستقلة:

هي جينات توزع على كروموسومات مختلفة . بحيث كل كروموسوم يحمل جين واحد. وتوزع أثناء الانقسام الميوزي توزيع مستقل على الأمشاج الناتجة كما تظهر صفات الأفراد الناتجة عنها بالنسب التي فسرها مندل في قانونه الثانى (التوزيع الحر للعوامل)

الجينات المرتبطة:

هي جينات مختلفة تحمل على نفس الكروموسوم وتنتقل معاً على الكروموسوم أثناء الانقسام الميوزي كوحدة واحدة . وهي لا تخضع لقانون التوزيع الحر للعوامل . بل تؤدي إلى نسب وراثية جديدة.

أنواع الارتباط :

1- ارتباط تام 2- ارتباط غير تام

أ- الارتباط التام:

• وفيه تنتقل الجينات المحمولة على الكروموسوم كوحدة وراثية واحدة من جيل إلى آخر عن طريق الأمشاج – أى تورث كصفة وراثية واحدة .
• لا تبقى الجينات المحمولة على نفس الكروموسوم مترابطة إلا إذا كانت الجينات قريبة جداً من بعضها على نفس الكروموسوم.
• الارتباط التام يؤدي إلى ثبات توارث الجينات . وبالتالي ثبات فى توارث الصفات الوراثية فلو أن هناك مجموعة من الصفات السائدة عند الأب فيظهر جميع الأبناء يحملون نفس الصفات.

ب- الارتباط غير التام

هي حالة وراثية لا تبقى فيها الجينات المرتبطة على نفس الكروموسوم مرتبطة دائماً بل تنفصل عن بعضها وتنتقل من كروموسوم إلى الكروموسوم النظير نتيجة العبور الذى يحدث أثناء الانقسام الميوزي وتكوين الأمشاج فتظهر على الأبناء صفات جديدة.

العبور Crossing over

ان الجينات المرتبطة تنفصل احيانا ولا تظل معا في جميع الحالات أي لا يوجد ارتباط تام ولذلك فجينات لون الحبوب الملونة والحبوب الممتلئة S في الذرة تظل معا. كما في الاتحادات الابوية حوالي 97% من الكاميتات ولكنها تنفصل عن بعضها في حوالي 3% وقد عزى موركان الاتحادات الجديدة للجينات المرتبطة لحدوث تبادل مادي بين اجزاء الكر وموسومات المتماثلة وهي العمليات التي تعرف بـ(العبور).

يحدث في الطور التمهيدى الأول من الانقسام الميوزى . ويحدث كالأتي:

خطوات عملية العبور :-

- خلال الطور التمهيدى 1: (ازدواج الصبغيات المتماثلة وتكوين الرباعي).
- خلال الطور التمهيدى 1: (التصالب والعبور حيث تتبادل قطع بين الكروماتيدين المتقابلين (غير الشقيقين)).
- خلال الطور الانفصالي 1: (انفصال الصبغيات بعد العبور).
- خلال الطور الانفصالي 2: (انفصال الكروماتيدات إلى صبغيات وتوزيعها على الأمشاج عشوائيا)

*في الطور التمهيدى (1)

- تتقارب أزواج الكروموسومات المتماثلة وتكون الرباعي حيث يظهر كل زوج كأربعة كروماتيدات ملتفة.
- تتكون الكيازما عند كل نقطة من نقط الالتفاف بين الكروماتيدات الداخلية وهي مناطق قد يحدث عندها كسر.
- تتبادل الكروماتيدات الداخلية (غير الشقيقين) بعض القطع الكروماتيدية بما عليها من جينات بما يعرف بالعبور .

*في الطور الانفصالي (1) : ينفصل زوج الكروموسومات المتماثل بعد حدوث العبور.

*في الطور الانفصالي (2) : ينشق السنتروميير وينفصل كل كروماتيد إلى كروموسوم.

- الكروموسومات الجديدة أو الترتيبات الجديدة : هي الكروماتيدات الداخلية التي حدث بها تبادل للجينات.
- الكروموسومات الأبوية : هي الكروماتيدات الخارجية التي لم يحدث بها العبور وهي تحمل نفس تتابع الجينات الموجودة في كروموسومات الأباء.
- وبذلك يكون هناك جاميتات في نهاية الانقسام الميوزى تحمل كروموسومات أبوية وجاميتات تحتوى كروموسومات جديدة

وعند حدوث العبور لا تنتقل الكر وموسومات او كروماتيدات كوحدة سليمة بل تنتقل بعد حدوث تبادل الكر وموسومات الابوية منها. وفي النهاية فان الكر وموسومات الجديدة التي تمر للكاميتات بعد انتهاء عملية الانقسام الاختزالي هي ليست نفس الكروموسومات التي توجد في الاصل قبل الانقسام ولكن هي حاملة للجينات التي كانت في الاصل محمولة على الكروموسمين المتماثلين. وبهذه الحالة فان الكروماتيدات او الكر وموسومات العبورية هي التي تتبادل اجزاء بمثل هذه الطريقة والكميتات التي تمر اليها الكر وموسومات هذه هي تسمى كاميتات عبورية والكروموسومات الاخرى التي لم يتم

ملحوظة:

- 1- العبور هو عبارة عن ارتباط غير تام ينتج عنه تغير في الصفات الوراثية ولكن بنسب محدودة.
- 2- قد يحدث أحيانا أكثر من عبور واحد على نفس الكروموسوم.
- 3- هناك علاقة طردية بين نسبة العبور والمسافة بين الجينات على الصبغي أي كلما نقصت المسافة بين الجينات المرتبطة قلت نسبة العبور والعكس صحيح.
- 4- لو حدث العبور بين كروماتيدين بهما نفس الجينات كما في حالة $Cu +$ الجينات السائدة أو الجينات المتنحية كما في الأفراد النقية – فلا يترتب على ذلك العبور أي تغير في النسب الناتجة.

*أهمية العبور : تتمثل في

- 1- يعمل على زيادة فرص التنوع في الصفات الوراثية بين أفراد النوع الواحد مما يساعد على بقائها وتطورها.
- 2- يفيد في عمل الخرائط الصبغية أو الوراثة (Genetic maps) .

الكائنات المحوّرة جينياً (GMO) Genetic modified organism

هي كائنات حية تم تعديل مادتها الوراثية بواسطة الهندسة الوراثية حيث تتم العملية عن طريق نقل جينات منتقاة من جسم معين إلى جسم آخر من نفس النوع أو من أنواع مختلفة مما يمنحه جينات معدلة أو جديدة .

يتضمن التعديل الوراثي **Transgenic** إدخالاً أو حذفاً للجينات ويمكن أن يحدث هذا في الطبيعة عندما يَخترق الـ DNA الخارجي الغشاء الخلوي لأي سبب كان. يستلزم القيام بهذه العملية صناعياً لصق الجينات مع فيروس معين أو إدخال الدنا بطريقة فيزيائية فقط داخل نواة العائل المستهدف .

الأغذية المهندسة وراثياً :

لقد دخلت الاغذية المعدلة وراثياً (GM) الى حلقة الاغذية منذ عام ١٩٩٥ على نطاق واسع جدا

حيث يتم ادخال جين معين الى DNA النبات

ومن أهم ما توصل اليه العلماء في هذا المجال :

١- تطوير نوع من الارز يتميز بقيمته الغذائية العالية ويحتوى على فيتامين (أ) وبذا يمكن المساهمة فى وقف انتشار العمى وسوء التغذية.

٢- ادخال نوعين من الجينات تجعل الارز اكثر غنى بمادة الحديد وهو ما يعنى التحكم بشكل اكبر فى مشكلة فقر الدم فى العالم .

٣- اضافة جين الى الطماطم لتعزيز قدرتها على انتاج مواد فلافونويد القادرة على مقاومة التأكسد وبذلك فقد تساعد فى الحد من امراض الاوعية الدموية القلبية .

أخطار المحاصيل المهندسة وراثياً

- اكد العلماء أن نقل جين وراثي واحد الى نبات ما قد يؤدي الى حدوث كارثة بيئية خلال ١٠ سنوات نتيجة ظهور البذور عالية القدرة التي تطلق الكثير من الصفات الوراثية الصناعية للنظام البيئي مسببة اختلاله.
- من الممكن ان تنقل الطيور والحشرات والرياح البذور المعدلة وراثيا او غبار الطلع الخاص بهذه المحاصيل الى الحقول المجاورة مما قد يؤدي الى حدوث تلوث جيني، وقد يؤدي الى ظهور اعشاب قوية يصعب القضاء عليها .
- ان المزروعات المعدلة وراثيا ستكون اكثر مقاومة لمبيدات الاعشاب، وسيؤدي ذلك بالتالى الى مضاعفة استخدام هذه المبيدات العشبية، وهو ما يؤثر على البيئة تأثيرا شديدا ويؤثر بالسلب على صحة الانسان
- من الممكن ان تؤدي تقنيات التحوير الوراثي لحدوث طفرات غير متوقعة فى الكائن المحور



وراثيا قد تنطوى على تخلق مستويات جديدة وعالية من السموم فى الغذاء

العلامة التي توضع على الغذاء المعدل وراثيا

الأمراض الوراثية **Genetic disease**: تقسم الى :

1- امراض ناتجة عن خلل في جين واحد **Single gene disorders**

ومن الأمثلة عليها :

Huntington disease والهيموفيليا **Haemophilia** ومرض عمى الألوان **Color Blindness**

ومرض فقر الدم المنجلي **Sickle cell anemia** و **Thalassaemia** والتلاسيميا والعقم عند الرجال

Male Infertility

2- امراض ناتجة عن تفاعل اسباب بيئية وجينات متعددة

Multifactorial and polygenic disorders

مثل :

Heart disease أمراض القلب

Hypertension ضغط الدم

Diabetes ارتفاع سكر الدم

Obesity السمنة

Cancers السرطانات

الوراثة والشيخوخة **Genetic & Aging**

الشيخوخة هي تدهور عام في وظائف الجسم .

الفرق بين الشاب والشيخ من الناحية البدنية الحيوية هو الطاقة الخلوية، فكل خلية في الجسم لها القدرة على إنتاج طاقة تستعملها في وظيفتها التي تخصصت فيها، إضافة إلى الدفاع عن ذاتها وإبطال المواد الضارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث في داخلها وخارجها. فهنا تكون الخلية في الشاب قادرة على القيام بهذه الفعاليات بسرعة، بينما تكون بطيئة في من تقدم به العمر. وسبب هذا إنَّ الخلية في الشاب تنقسم تتكاثر بسرعة لتعويض ما يُفقد، بينما الأمر يسير ببطء في المُسنِّ وبمقدار أقل، مما يجعله واهناً وأكثرَ تعرّضاً للأمراض. ومن اهم اسباب الشيخوخة :

1 - الطفرة وتراكم اخطاء الـ **DNA** .

2 - الموت المبرمج الخلوي (انتحار الخلايا **Apoptosis**).

3 - الجذور الحرة **Free Radicals**

أيونات سالبة تحتوي على إلكترون أو إلكترونات غير مرتبطة (حرة) وتكون فعالة جداً، حيث أنها ترتبط بأي شيء يصادفها، كالبروتين، الشحوم أو الـ **DNA** في الخلية فتسبب تلف الخلية. ولكن يوجد في الخلية انزيم يسمى (**Superoxide dismutase (SOD**) ، يعادل أو يطفى هذه الجذور الحرة فتتخلص الخلية من شرورها. ولكن بتقدم العمر يتضاءل

إنتاج هذا الانزيم، فيؤدي الى تلف الخلية كالعلامات التي تظهر على الجلد مثل تجاعيد الوجه (دليل على نقص هذا الانزيم) . إن براعم القمح Wheat sprout غنية جداً بهذا الانزيم والمواد ضد التأكسد مثل الكلوتاثيون . ويوجد هذا الانزيم أيضاً في الذرة والصويا. إضافة إلى المواد المضادة للتأكسد المعروفة مثل فيتامينات C و E و الكاروتين التي تقي من التأكسد.

٤ - نقص الطاقة التي تنتج في الخلية من قبل المايتوكوندريا

- ٥

الميتاكوندريا حبيبات خيطية تشبه حبوب القهوة في شكلها، موجودة في سايتوبلازم الخلية وتحتوي على قطعة كبيرة من DNA تتكوّن من ١٦,٥٦٩ زوج قاعدة . يتراوح عدد الميتاكوندريا بين بضع مئات وبضعة آلاف في كل خلية. ان أهمية الميتاكوندريا للخلية تكون بإنتاجها الطاقة التي تحتاجها الخلية لأداء عملها. هذه الطاقة تتمثل بجزئية تسمى أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP Adenosine triphosphate) يدخل الكلوكوز الخلية بعد أن يفتح الإنسولين أبواب الخلية له، فيتجزأ بواسطة انزيمات معينة بطريقتين: طريقة التأيض اللاهوائي Glycolysis التي تقع في سايتوبلازم الخلية (خارج الميتاكوندريا)، فتتولد ATP ، كما وإن الشحوم تتحطم هنا أيضاً وتستهلك طاقة. غير أن إنتاج الـ ATP ليس كثيراً أو كافياً لسد حاجات الخلية المتعددة، وهنا يكون الأوكسجين والميتاكوندريا هامّين، حيث تتم عملية تأييض او تحلل الكلوكوز داخل الميتاكوندريا فيما تسمى بدورة كريبس 'sKreb، الذي يكون إنتاج الـ ATP فيها كثيراً. في هذه العملية تُنتج ٢٤-٢٨ جزئية ATP مقابل ٤ جزيئات فقط في العملية الأولى (اللاهوائية) . وهذه كمية كافية من الطاقة التي تحتاجها الخلية لصنع البروتين من الحوامض الأمينية ولتضاعف الـ DNA مثلاً، فإذا لم يتمّ هذان الأمران، لا تنقسم الخلية، ويتضاءل النسيج أو العضو، وخصوصاً العضلة التي تحتاج إلى طاقة كبيرة للقيام بالأعمال الفيزيائية البدنية. لذا تتميز خلايا العضلة عن بقية الأنسجة بوجود عدد كبير من الميتاكوندريا

ان المصاب بمرض السكر ونتيجة لعدم وجود الإنسولين أو وجوده بكمية غير كافية، أو مقاومة الخلايا له، تسبب قلّة (دخول) الكلوكوز إلى الخلية، فلا تكون ثمة طاقة كافية، فيشعر المصاب بالانحلال والإعياء إضافة إلى عواقب وجود الكلوكوز بتركيز عالٍ في دمه.

ان DNA الميتاكوندريا عرضة للتشوهات عشرَ مراتٍ أكثرَ من DNA النواة كما ان انقسام الخلية الجنسية في المرأة إلى أربع بيوض تتوزع الميتاكوندريا في هذه البيوض عشوائياً، فقد تكون إحدى البيوض مملأً بميتاكوندريا مشوّهة وميتاكوندريا البيضة الأخرى سالمة، ولما كانت بيضة واحدة فقط تتخصّب وتتفخس الثلاث الأخرى، يلعب الحظّ دورَه هنا في تكوين الطفل من حيث استلامه ميتاكوندريا جيدة أو رديئة، معتمداً على البيضة المخصّبة. كما أنّ عمر الأم يلعب دوراً أيضاً، حيث يزداد تشوّه الميتاكوندريا بتقدم العمر.

في الشيخوخة تتضاءل الإفرازات من انزيمات وهورمونات، فيتضاءل إنتاج الطاقة، لتشوّه الميتاكوندريا من ناحية، فيبطل عملها، ولعدم دخول كمية كافية من الكلوكوز إليها، فيكون إنتاج الـ ATP (الطاقة) قليلاً. ثمّ إنّ الفضلات الناتجة عن تأييض المواد الغذائية - الجذور الحرة تتراكم لعدم وجود آلية فعّالة للتخلص منها، تسبب تدهوراً في صحة المُسنّ واضمحلال الأنسجة العضلية (بسبب قلّة إفراز هورمون النمو والتستوستيرون) وتظهر هذه الاعراض بعد الأربعين سنة من العمر وتتسارع بعد سنّ الخامسة والسبعين، حيث يكون النقص في الـ ATP واضحاً .