أساسيات علم الوراثة

الطبيعة الكيميائية للجين "Chemical nature of gene":

يتصل علم الوراثة (Genetics) اتصالاً وثيقاً بعلم الخلية (Cytology)؛ حيث إن الخلية تمثل وحدة التركيب البنائي في الكائنات الحية من حيوان أو نبات. وقد اختبرت الكائنات بدائية النواة (Prokaryotes) وهي الكائنات التي تفتقد إلى الأنوية المميزة ولا تمارس عملية الانقسام الميوزي مثل البكتيريا والطحالب الخضراء منذ أوائل الأربعينيات لإجراء التجارب لمعرفة مادة الوراثة أو العوامل المسئولة عن نقل الصفات الوراثية، وذلك على الرغم من أن الكائنات حقيقية الأنوية (Eukaryotes) والتي تحاط فيها النواة بغشاء نووي وكتلة من السيتوبلازم وتمارس عملية الانقسام الميوزي، هي الأكثر أهمية من الناحية العملية بالنسبة لعلماء الوراثة.

وقد تمثلت الإنجازات المبكرة في التعرف على الجزيئات الحاملة للمعلومات الوراثية وهي جزيئات DNA وليس البروتين. أي أن المعلومات الوراثية محمولة في الحامض النووي الديوكسيريبوزي، كما أنه في حالة غياب هذا الحامض النووي فإن الحامض النووي الريبوزي RNA يكون هو المادة الوراثية وذلك يحدث في بعض الفيروسات مثل فيروس تبقع التبغ. تحمل هذه الصفات الوراثية على عوامل تسمى الجينات.

ولكن كيف يمكن لوحدات جينات DNA أن تتحكم في صفات معينة للكائن الحي؟ وكيف تحوي مجاميع وحدات DNA في البويضات المخصبة تكوين الكائنات الكاملة ؟

المنظور الوظيفي للجين "Functional perspectives of gene":

تؤدي الجينات وظيفتها من خلال : عملية التكرار (Replication) مكونة وحدات مماثلة لنفسها.

من خلال عملية النسخ (Transcription) والترجمة (Translation) حيث يتم بناء البروتينات؛ وهي التي تعمل كمحددات لأيض الخلية. بواسطة دور الجينات في تكوين البروتينات الأنزيمية، وهي التي تقوم بدور العوامل المساعدة للتفاعلات الحيوية بالخلايا. وعلى هذا فإن الحامض النووي DNA يحمل خصائص نمو، وتمايز، ووظيفة خلايا الكائن الحي.

نظرية الكروموسوم "Chromosome theory":

اقترح العالم 'فلهلم رو' عام ١٨٨٣ أن كروموسومات النواة تحمل العوامل الوراثية (الجينات)، وكان النموذج الوحيد الذي استطاع استنباطه ليوافق نتائجه الوراثية يتلخص في كونها أجسام منتظمة في صفوف أو سلاسل، ولها القدرة على التكرار بدقة أثناء انقسام الخلية. هذا وقد بدا أن مكونات النواة التي صممت بدقة لحمل الجينات وتحقيق المتطلبات السابقة هي الكروموسومات.

بعد ذلك قدم 'مورجان' ومعاونوه النظرية التي تنص على أن الجين يعد جزءاً محدداً من الكروموسوم.

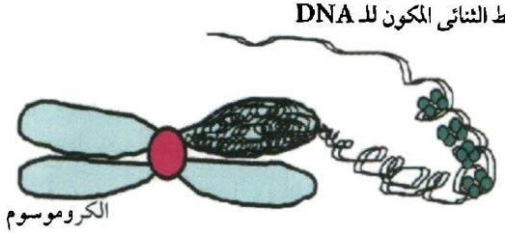
دمج 'مولر' العلمين اللذين أسسهما في نظرية الكروموسوم وهما: علم الوراثة وعلم الخلية وبذلك ظهر علم الوراثة الخلوية (Cytogenetics).

تعريف الكروموسوم:

يعرف الكروموسوم بأنه تركيب نووي (أي يقع داخل النواة) له خصائص ومميزات ووظائف محددة.

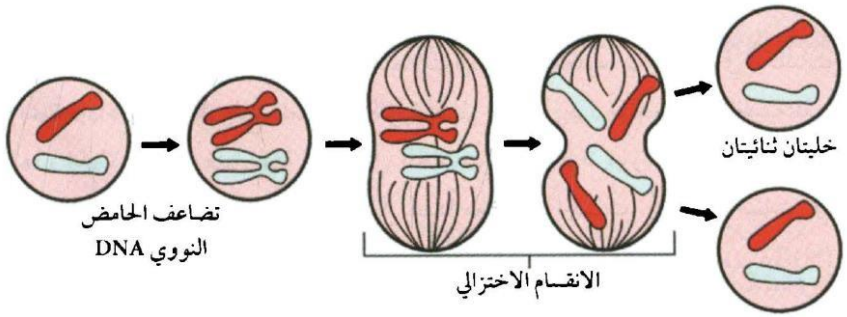
يتميز بالقدرة على الازدواج الذاتي (Autoreduplication)، مع الاحتفاظ بخصائصه المرفولوجية والسيتولوجية أثناء مراحل انقسام الخلية المتتابعة وهو المسئول عن حمل الجينات.

فالكروموسومات (**شكل ١**) هي الحاملات الطبيعية للمعلومات الوراثية في الكائنات الحية فإذا افترضنا أن جميع المعلومات الوراثية الموجودة في فرد ما هي هيئته الجينية ففي هذه الحالة تكون هذه الهيئة الجينية في الكائنات مميزة النواة موزعة على مجموعة من الكروموسومات، كل واحدة منها تحمل عدداً معينا من الجينات، وتوجد الجينات في الخلايا الجسدية محمولة على كروموسومات ممثلة بالعدد 2N، وتكون كل مجموعة (N) محتوية على الهيئة الجينية كاملة والمجموعتان متماثلتان تماما، أي أن كل جين ممثل مرتين لأن كل كروموسوم ممثل مرتين.



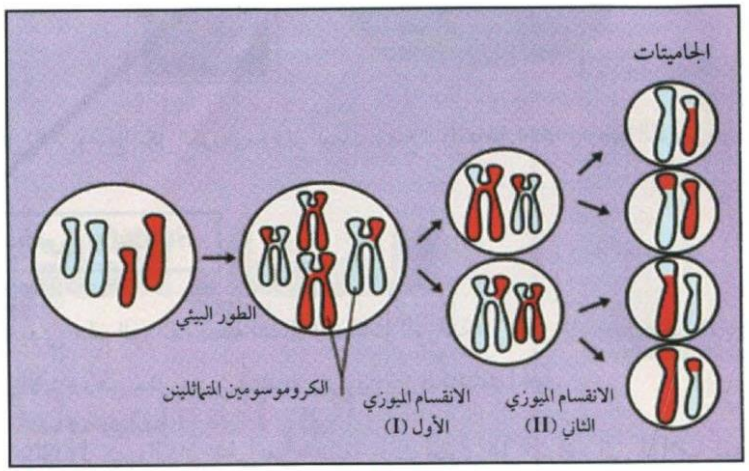
شكل (١): رسم تخطيطي لشكل الكروموسوم

ويبدو أنه من الضروري لاستمرار أي نوع من الكائنات فلابد لكل خلية عندما تنقسم إلى خليتين جديدتين أن تحمل كل خلية جديدة منها تجمعاً كروموسومياً كاملاً (2N)، ويحدث هذا نتيجة للانقسام الميتوزي في الخلايا الجسدية (**شكل ٢**)، ويلاحظ أن عملية الانقسام الميتوزي تؤدي إلى تكوين خليتين صغيرتين تحتوي كل واحدة منها على نفس عدد الكروموسومات (2N) الموجودة في الخلية الأصلية؛ وبذلك يظل عدد الكروموسومات ثابتا في جميع الخلايا الجسدية، ويلاحظ أن الخليتين الناتجتين تحتوي كلٍ منهما على نفس الكروموسومات والجينات الموجودة في زميلتها الأخرى، وفي الحيواناتِ التي تتكاثر لا جنسيا يعتبر الانقسام الميتوزي هو الآلية الوحيدة للنقل الأمين للأوامر الوراثية من الآباء إلى الأبناء.



شكل (٢): يوضح خطوات الانقسام الميتوزي في خلية جسدية

أما في الحيوانات التي تتكاثر جنسياً "Sexually" فيجب أن ينتج الآباء خلايا جنسية (Sex cells) أو جاميتات تحتوي فقط على نصف عدد الكروموسومات (N)، ولذلك فإن النسل الناتج من اتحاد الجاميتات المنوية الذكرية "Sperm" والبويضة "Ovum" يحتوي على نفس عدد الكروموسومات (2N) كما في الخلية الأصلية، وهذا يحتاج إلى نوع خاص من الانقسام يسمى الانقسام الاختزالي Meiosis.

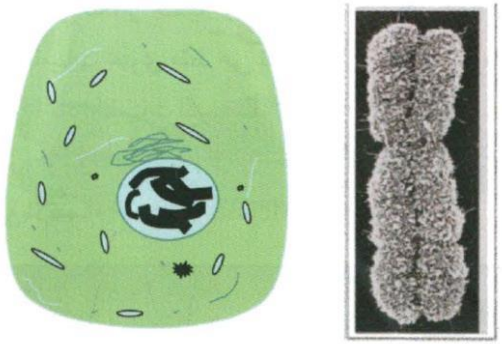


شكل (٣): يوضح خطوات الانقسام الاختزالي في خلية جنسية

أهمية النواة:

بالإضافة إلى الدور الأساسي الذي تقوم به النواة في حمل الكروموسومات وعمليات الانقسام الخلوي، فإنها تلعب دوراً هاماً في العمليات الحيوية المختلفة للخلية، وتكاد تكون العنصر الأساسي في حياة الخلية، ويستدل على ذلك عندما يلاحظ أن الخلايا التي لا توجد بها أنوية مثل كرات الدم الحمراء لا يمكنها أن تعيش لفترة طويلة، فلا تتجاوز حياتها ١٠٠ - ١٢٠ يوما تقريبا تتهدم بعدها وتموت.

وكذلك وجد تجريبياً أنه عند تجزئة الأميبا إلى جزئين يحتوي أحدهما على النواة، فإن ذلك الجزء ينمو ويقوم بكل وظائفه ويعيش حياة عادية تماماً، بينما يذوي الجزء الآخر الخالي من النواة تدريجياً ويموت.



شكل (٤): يوضح شكل الكروموسوم إلى اليمين، وضع النواة داخل الخلية وداخلها الكروموسومات

ملخص Summary

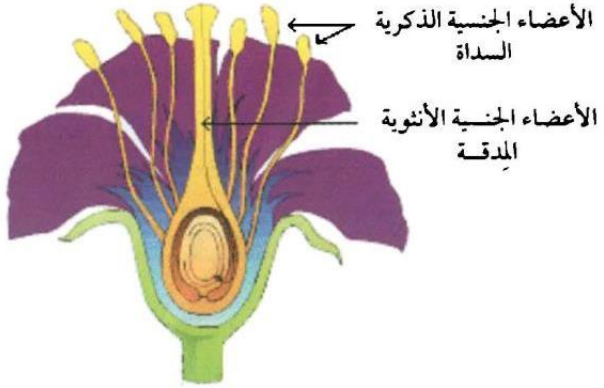
* يعنى علم الوراثة بكيفية انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل ومن الآباء إلى الأبناء وهو يمثل أسس التشابه والتباين بين الكائنات الحية.

* وحدة تركيب الكائن الحي هي الخلية؛ حيث تحتوي على النواة والتي لها أهمية كبيرة في حياة الخلية؛ حيث تحتوي على الكروموسومات التي تعتبر الحاملات الطبيعية للمادة الوراثية فهي تحمل الجينات المسئولة عن نقل الصفات الوراثية من جيل إلى جيل ومن الآباء إلى الأبناء. ويعتبر DNA أو الحامض النووي الديوكسيريبوزي هو التركيب الكيميائي لمادة الوراثة في جميع الكائنات الحية عدا بعض الفيروسات التي تفتقد إلى وجود DNA مثل فيروس تبقع التبغ، وفى هذه الحالة تصبح مادة الوراثة هي الحامض النووي الريبوزى (RNA).

* تتمتع المادة الوراثية بالقدرة على التضاعف وتكوين وحدات مماثلة لنفسها، والقدرة على النسخ والترجمة وبذلك تتحكم في بناء البروتينات وكذلك البروتينات الأنزيمية، التي تساعد بدورها في جميع العمليات الحيوية بالخلية، وبالتالي فإن مادة الوراثة تحمل خصائص نمو وتمايز ووظيفة خلايا الكائن الحي.

قدم مندل أول برهان علمي موثق بالنتائج والأدلة لتفسير توارث الصفات عبر سلسلة طويلة من التجارب على نبات البازلاء أثبت من خلالها أن التوارث يتم عبر وحدات معينة وهي الجينات تنتقل من جيل إلى جيل عبر الخلايا الجنسية أو الجاميتات.

بدأ مندل في دراسة توارث سبع صفات محددة ويسهل تميزها في نبات البازلاء، وركز اهتمامه في صفة واحدة كل مرة "Monohybrid crosses" أو ما يسمى بالهجين الأحادي وهذه الصفات هي: طول النبات، لون البذور، شكل البذور، لون القرون، لون الأزهار، موضع الأزهار، لون الفلقة. وبعد تأكده من النتائج بدأ في دراسة وراثة كل صفتين انعزاليتين في نفس الهجين أو ما يسمى بالهجين الثنائي "Dihybrid crosses".



شكل (٦): قطاع طولي لزهرة نبات البسلة يوضح أعضاء التكاثر
الذكرية والأنثوية الموجودة في نفس الزهرة

لون القرون	شكل القرون	لون البذور	شكل البذور	طول النبات	لون الزهرة	وضع الزهرة
صفراء	ممتلئ	صفراء	مستدير	طويل	أبيض	محوري
خضراء	فارغ	خضراء	مجعد	قصير	أرجواني	طرفي

الصفات السبعة لنبات البازلاء التي قام مندل بدراستها

قانون مندل الأول:

من النتائج الأولية لتجارب مندل وجد أنه عند تلقيح صنفي بسلة (نقية) يختلفان في صفة واحدة محددة (زوج من الصفات المتضادة) فإن أفراد الجيل الأول تكون متجانسة وتشبه أحد الأبوين، بينما تختفي الصفة الأخرى تماماً في أفراد الجيل الأول.

وتسمى الصفة التي تظهر في أفراد الجيل الأول بالصفة السائدة (Dominant)

وتسمي الصفة التي لم تظهر في أفراد الجيل الأول بالصفة المتنحية (Recessive)

تعريفات هامة :

الصفة السائدة: هي الصفة التي تظهر في جميع أفراد الجيل الأول الناتج من تزاوج فردين يختلفان في زوج أو أكثر من الصفات المتضادة.

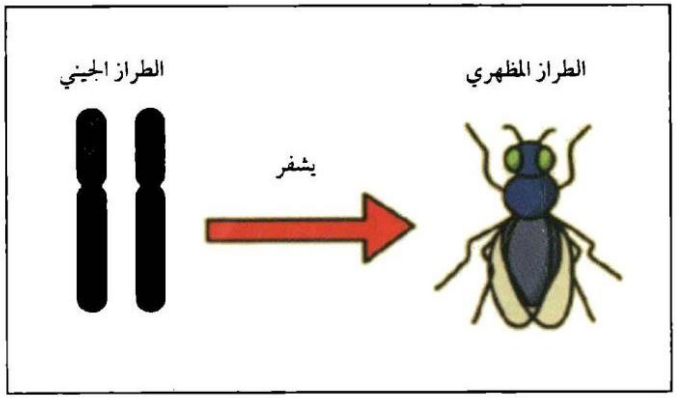
الصفة المتنحية: هي الصفة التي تختفي في أفراد الجيل الأول الناتج من تزاوج فردين يختلفان في زوج أو أكثر من الصفات المتضادة.

فرد الصفة النقية هو: الفرد الذي يحمل جيني الصفة متماثلين إما كلاهما سائد وإما كلاهما متنحٍ (Homozygous individual)

فرد الصفة الهجينة هو: الفرد الذي يحمل جيني الصفة مختلفين أحدهما سائد والآخر متنح (Heterozygous individual)

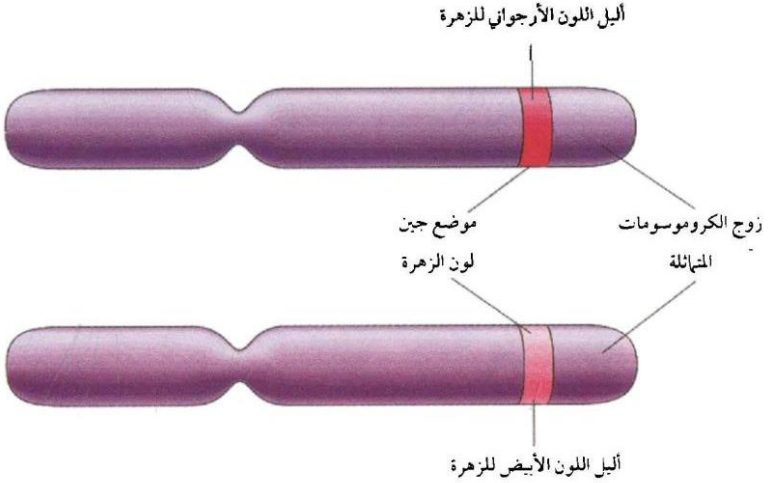
الطراز الجيني Genotype: هو مجموعة الجينات التي يتوارثها الفرد عن آبائه.

الطراز المظهري Phenotype: هو مجموعة الصفات التي تظهر على الكائن الحي وتكون بدرجات متفاوتة في النسل.



شكل (٨) يوضح المقصود بالطراز الجيني والطراز المظهري

الجينات الأليلية: هي الجينات التي تحكم نفس الصفة وتحتل نفس الموقع على الكروموسومات المتماثلة.



موقع الجينات الاليلية على الكروموسومات المتماثلة

* إن الصفات التي قام مندل بدراستها يمكن تصنيفها بدون أي مشاكل تذكر، فالبذور صفراء أو خضراء، مستديرة أو مجعدة، والنباتات قصيرة أو طويلة بدون وجود صفات وسطية.

* والنجاح الحقيقي لمندل هو تمكنه من تسجيل أعداد النباتات التي تحمل كل صفة في كل جيل، وبذا حول تلك النتائج إلى أرقام عددية يسهل مناقشتها. واهتمامه بحفظ هذه الأرقام ومتابعتها يعطيه التسلسل المنطقي لكل صفة عبر الأجيال.

* ومن ضمن العوامل التي ساعدت على نجاح مندل أنه أجرى هذه الأبحاث على نبات البسلة التي تتميز بأنها ذاتية التلقيح، ولا خوف من حدوث تلقيح خلطي طبيعي. ووجود أصناف متعددة لكل منها صفات محددة مميزة. ونسبة إلى تلقيحها الذاتي فإن هذه الأصناف نقية بالنسبة للصفات التي تحملها، وهذه الأصناف يمكن بسهولة أن تلقح خلطياً مع بعضها البعض والنسل الناتج عنها خصب.

* وقد حالف الحظ مندل، إذ إنه بالرغم من قيامه بدراسة سبع صفات في نبات البسلة فقد كانت كل صفة منها على كروموسوم منفصل عن الأخريات. وفي مجمله يمكن القول إن مندل وفق للأسباب الآتية :

١ - اختيار النبات (أ) تلقيح ذاتي (ب) سلالات مختلفة عن بعضها بفروق ظاهرة.

٢ - اختيار الصفات (أ) سهلة التحديد (ب) يمكن متابعتها بسهولة من خلال الشكل الظاهري.

٣- حفظ سجلات الأعداد بعد حصر كل فئة من فئات النسل الناتج من كل تلقيح على حدة ومقارنتها بمعادلات رياضية لإيجاد التفسير العلمي لهذه النتائج.

٤-الطريقة: صفة واحدة في كل وقت بينما كان الباحثون السابقون يدرسون جميع الصفات في نفس الوقت.