

م / 1 المقدمة

أن حقائق الوراثة Heredity عرفت منذ قديم الزمان وتعني عودة ظهور خصائص ومميزات وصفات الكائن الحي في نسله , مثل الانسان لابد ان يكون انسانا مشابها عادة لابائه واجداده في بعض الخواص وكذلك الحال بالنسبة لانواع الكائنات الحية الاخرى, فدائما نباتات الرز والشعير والذرة تنتج شاكلتهاحتى عندما تزرع جنبا الى جنب وتحت نفس الظروف البيئية والغذائية .

وبما ان أي مادة حية تنشأ من مادة حية سابقة لها في الوجود , وبما ان لاي كان حي دورة حياتية محددة تنتهي بموته , ولكي تستمر الحياة ان تنتقل خصائص المادة الحية من افراد الى افراد اخرى جديدة تنشأ عنها فتكونت الاباء والابناء وتعاقبت الاجيال.

ويعتبر البابليين والآشوريين والمصريين والصينيين القدماء , اول من استخدم الوراثة بطريقة عملية في تربية الحيوانات والنباتات , حيث قاموا بانتخاب بعضها وحسنوها وغيروا كثيرا من صفاتها باتباع قواعد وراثية سليمة .

يعتبر علم الوراثة من العلوم الحديثة الذي نما وتطور بسرعة كبيرة خلال السنوات القليلة الماضية وقد اتاح التخصص المتنوع في الوراثة أخذه مركزاً فريداً ضمن علوم الحياة , حيث انها تربط معا حقول المعرفة المختلفة.

اذ ظهرت نظريات كثيرة حول تفسيرات علم الوراثة أهمها :-

1- نظرية Hippo cart (أبو قراط) :- اذ تقول هذه النظرية بان (التوارث ينتقل عن طريق الحيوانات المنوية التي اعتبرها مركز(متجمعة) من جميع اجزاء الجسم وبالتالي انتقال العوامل الوراثية عن طريق هذا المركز) الا ان العالم (ارستوتاليس) Aristo tales لم يتفق معه في هذا الرأي ووضع نظريته التي هي واحدة من النظريات التي تقول بان (التوارث ينتقل بواسطة الحيوانات المنوية التي تحمل المعلومات او الخطط على صيغة شفرات من الاباء الى الابناء وعلى اساس هذه المعلومات يتشكل الجنين في رحم الام).

2- نظرية Lamark (لامارك) (1744-1829) واعتقد فيها ان :- (الصفات المكتسبة acquired characters التي تتكون اثناء حياة الفرد ومن مؤثرات خارجية تتوارث من جيل الى اخر وتبعا لرايه فان جميع الاختلافات التي تحصل في الكائنات الحية هي صفات مكتسبة وبالنتيجة فان هذه الصفات تتوارث من جيل الى اخر . الا ان هذه النظرية خاطئ وغير مأخوذ فيه حاليا.

3- نظرية Weismann (ويسمنن) (1834-1914) وفيها فند :- ماجاء في نظرية لامارك عندما طبق تجربة بسيطة وذلك بقطع لذبول الفئران ولجيل واحد ثم وضعها في قفص خاص وبعد التتابع والتزاوج لاحظ بعد عدة اجيال بان الافراد الناتجة ذات ذبول سليمه طبيعياً أي ان صفة قطع الذبول لم تتوارث من جيل الى اخر وبذلك اثبت عدم توارث الصفات المكتسبة .

وافترض وايزمان : ان الكائن الحي المتعدد الخلايا يعطي شكلين من الانسجة هما

1- الخلايا الجسمية Somata plasm

2- الخلايا الجنسية Germ plasm

أي انه قسم خلايا الكائن الحي الى مجموعتين , وبذلك ان أي تغير في الخلايا الجسمية لايتوارث الا ان التغيرات في الخلايا الجنسية يتوارث بين الاجيال , وقد وضعت هذه النظرية الجيرم بلازم الاساس العلمي للفكر الوراثة الحديث .

تميز القرنين ال17 و18 بدراسات منتظمة لتصنيف الاحياء البايولوجية الى انواع منفصلة استنادا الى العالم (ليناوس 1707-1778) وهو مؤسس علم التصنيف الحديث وكذلك تم اكتشاف البيضة والحيمن والبويضة في هذه الفترة .

4- نظرية Darwin (1809-1882) اذ يعتبر مؤسس نظرية التطور الحديثه

(نظرية الانتخاب الطبيعي) والتي تنص على :-

أ- تعد التغيرات مستمرة الحصول في الطبيعة

ب- بسبب كثرة النسل تحدث المنافسة على البقاء وبذلك يكون البقاء للاصلح بفعل الانتخاب الطبيعي

ت- يستمر بقاء الافراد المنتخبة طبيعيا من خلال التوارث (كما ذكر بنظريته ان الانسان انحدر من القرد).

5- قوانين مندل G.J.Mendel (1822-1884) :-

نشر كريكور مندل نظريته بقانونيها 1866 في برن بالمانيا على شكل بحث يقر مبدءاً جديداً وهو (ان الكائن الحي يتكون من عدد كبير من الصفات التي تسلك سلوكا مستقلا عن بعضها البعض) . الا ان دراساته تلك لم تكتشف الا بعد 35 سنة حين اعاد اكتشافها العلماء Defries و Correns و Tschermak في عام 1900 كلا على انفراد .

وقد اعقب اكتشاف قوانينه الوراثة ظهور عصر جديد من التقدم السريع في علم الوراثة من خلال اكتشافات كبيرة منها :-

تسمية النواه Nucleus ثم وصفها من قبل روبرت براون في نهاية القرن ال19, وفي عام 1902 وضع كل من Sutton و Boveri الاساس الفيزيائي للوراثة من خلال وصف توازن سلوك العوامل المنديلية وسلوك الكروموسومات اثناء الانقسام الميوزي.

ثم جاءت نظرية الارتباط ونظرية الكروموسومات لوراثة الصفات من قبل موركن في نفس العام , وكذلك وضع فليمنك واخرون مصطلح الانقسام الميوزي .

وقد اطلق فيما بعد Strasburger و Waldeyer مصطلحا الكروموسومس chromosomes و gamets , وفي عام 1906 وضع Bateson مصطلح الوراثة Genetics ليشمل كل ما يتعلق بتوارث الصفات والتباينات .

ثم ظهر علم الوراثة السائتولوجية cytogenetics , وادخل العالم Winkler 1916 مصطلح الجينوم genome لوصف هيئة الكروموسوم وجاءت دراسات عديدة اثمرت بتقسيم انواع الحنطة على اساس العدد الكروموسومي لها ومجموعاته (1918-1921) وفي نفس العام اكتشفت الطفرة Mutation وهي اهم الظواهر الوراثة من قبل العالم Devries , وكذلك توصل العالمان هاردي وونبيرك كلا على انفراد الى قانونهما في وراثة العشائر , وفي عام 1928 وصف Stadler التاثير

المطفر ل x-ray في الشعير , وفي عام 1933 اكتشف Rhodes العقم الذكري السائتوبلزومي في نبات الذرة الصفراء .

إضافة الى كم هائل من الاكتشافات والنظريات كانت ثمرة بحوث علماء الى حد يومنا هذا اسهمت وتساهم في تطور علم الوراثة .

يعرف علم الوراثة :-

بأنه أحد فروع علم الأحياء الذي يختص بدراسة التوارث والتباين محاولا كشف القوانين التي تتحكم في التشابهات والاختلافات بين الأفراد التي ترتبط فيما بينها بصلة عضوية معينة , كما يبحث في كيفية انتقال المعلومات الوراثية وكيفية تعبيرها داخل الكائن الحي , ودراسة الجينات خلال تباينها ومعرفة تركيبها ووظيفتها وطرق انتقالها من جيل الى جيل .

او هو علم دراسة التشابه والاختلاف بين الابناء من جهة وبين الالباء والاقارب من جهة اخرى .

ويعرف بالمفهوم المعاصر :- هو العلم الذي يهتم بأساليب انتقال المعلومات البيولوجية بين الاجيال وسيطرة هذه المعلومات على النشاطات الحيوية والنمو والتمايز بصورة الحياة المتباينة .

كما يمكن القول بان الوراثة منهج للتفكير بني على اساس مجموعة كبيرة من الثوابت والمتغيرات العلمية المختصة بدراسة الحقائق البيولوجية او المخطط الوراثي .

اهمية العلوم الوراثية علميا وعمليا .

1- معرفة الاسس الوراثية للكائنات الحية المسببة للافات المرضية والحشرية في الانسان والحيوان والنبات. من هذه الكائنات : الفطريات والبكتريا والفايروسات والحشرات الضارة حيث يمكن استخدام علم الوراثة المقاومة البيولوجية للحشرات الضارة واستنباط سلالات من النباتات تقاوم الكثير من الافات الحشرية والفطرية , وكذلك استطاع علم الوراثة دراسة اسباب نشوء سلالات حشرية وفطريات مقاومة لبعض المبيدات ةمعرفتها .

2- استخدام علم الوراثة في تشخيص بعض الامراض الوراثية . مثل مرض نرف الدم الوراثي وعمى الالوان , وكذلك دراسة مجاميع الدم واصنافها في الانسان وتشخيصها قبل نقل الدم من شخص لآخر وتحديدالسلاله للزوجين قبل الزواج .

3- وفي المجال الزراعي والحيواني : استخدم في انتاج الذرة الهجينة والقمح الشيلمي (الترتكيلي)والكثير من الحيوانات الهجينة (النعجه دولي مثلا) وتربية الحشرات النافعة مثل النحل ودودة الحرير .

4- يعمل علم الوراثة على استغلال الجزء غير المستغل من المادة الوراثية الموجودة في خلايا الكائنات الحية حيث ان 5-10% فقط من DNA في الانسان مستغل ,فلو استطاع الانسان من استغلال الجزء غير المستغل لامكن استحداث تغييرات نوعية وكمية في الصفات المرغوبة للانسان .

- 5- زراعة الانسجة والاعضاء البشرية نتيجة لفقدانها او توقفها عن العمل فمثلا زراعة الكلية ونقلها من شخص لاخر اذ تجرى الكثير من الدراسات التي لها علاقة بعلم الوراثة لتحديد امكانية قبول الجزء المنقول وهذا تحدده القرابة الوراثية بين الاثنتين كما حصل في زراعة اول ذراعين في العالم عام 2008 تموز في المانيا.
- 6- عن طريق احداث الطفرات الوراثية يمكننا الحصول على تغيرات وراثية في الكائن الحي وانتخاب المفيد منها , مثل تربية الاصناف الطويلة او القصيرة المقاومة للجفاف وغيرها من الصفات المرغوبة .
- 7- لعب علم الوراثة دورا هاما في تطوير بعض العلوم الصرفة كعلم التصنيف Taxonomy اذ كان يعتمد في التصنيف على الصفات المورفولوجية والمظهرية اما في الوقت الحاضر فقد اعتمد على الجينات وعدد الكروموسومات مما استحدث قسم خاص سمي بقسم التصنيف الخلوي , كما يعتبر علم الوراثة مهما للعاملين في مجال تطوير الكائنات الحية .

فروع علم الوراثة

- 1- علم الوراثة التقليدي (المنديلي أو علم وراثة الانتقال) Classical Genetics :- يهتم بدراسة انتقال الجينات من جيل لجيل , كما يهتم أيضاً بكيفية تكوين الأتحادات الوراثية الجديدة للجينات .
- 2- علم الوراثة الجزيئي: Moleculer Genetics: يهتم بدراسة تركيب ووظيفة الجينات على المستوى الجزيئي.
- 3- علم وراثة العشائر : Population Genetics : يهتم بدراسة توزيع وسلوك الجينات في العشائر مع التركيز على التباين الوراثي وكيفية ارتباط هذا التباين ببيئة الكائن الحي.
- 4- علم الوراثة الخلوية Cytogenetic : يهتم بدراسة كل ما يتعلق بالكروموسومات.
- 5 - علم الوراثة البشرية (الوراثة في الإنسان) Human Genetics :- يهتم بالدراسة العلمية للتوارث والتباين في الانسان.
- 6 – علم الوراثة الطبية (Medical Genetics) : يهتم بتطبيق اساسيات الوراثة البشرية في الطب .
- 7- الوراثة الكيموحيوية : تهتم بدراسة سلوك ال DNA .
- 8- وراثة الفطريات :
- 9- الوراثة الكمية :
- 10- بالوراثة الاحصائية :
- 11- الطفرات والمطفرات :
- 12- الهندسة الوراثية :

صفات الاحياء المفيدة في التجارب الوراثة التطبيقية :-

هناك مجموعة من الصفات المهمة الواجب توفرها في النبات والحيوان لغرض ملائمتها للدراسات الوراثة وهي :-

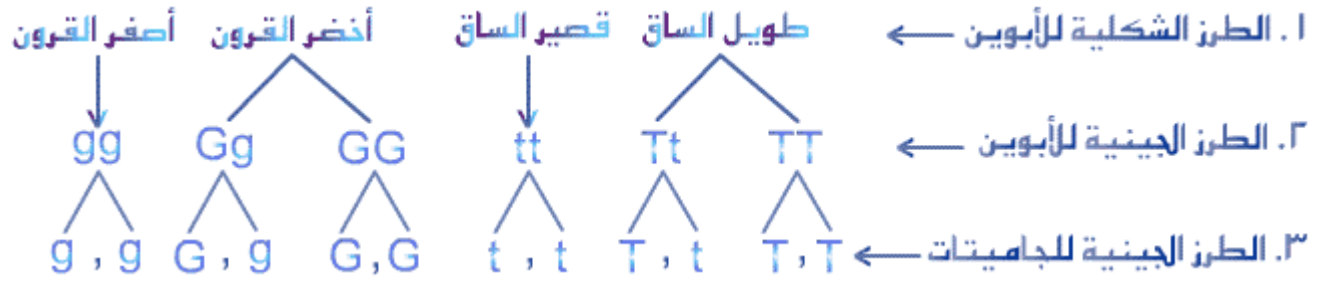
- 1- التباين : يجب ان يتميز الكائن الحي في عدد من الصفات المختلفة , حيث لايمكن الاستفادة من حقل حنطة او رز متجانس لصفة طول السنبله في عملية الانتخاب selection لعدم وجود التباين لهذه الصفة في الحقل.
- 2- قصر دورة الحياة : المعرفة الوراثة تكون سهلة اذا كان الكائن المنتخب ذو دورة حياة قصيرة (عمره)كما في البكتريا المفضله في التجارب الوراثة اذ تكون دورة حياتها 30 دقيقة والدروسوفيل .
- 3- سهولة ادراة الكائن الحي عمليا :يفضل ان يكون الكائن المستعمل سهل الادارة والسيطرة المختبرية كالفئران والارانب والنباتات والكائنات الدقيقة .
- 4- كثرة النسل : يجب ان يتميز بتكوين اعداد كبيرة من النسل أي الابناء لسهولة تسجيل الداتا وتحليل الاحصائي وتقليل نسبة الخطا .
- 5- التزاوج المنتظم : وهذا يساعد على تحليل الكثير من الصفات الوراثة بسهولة من خلال انتخاب السلالات لهدف معين كالفئران والارانب وذبابه الفاكهة والذرة الصفراء والرز.
- 6- القدرة على تكوين اتحادات جديدة : أي يمكن ان يتكون تباينات وراثية جديدة يتمكن من خلالها الباحث التمييز وانتخاب الافضل حسب هدف البحث.

المسألة الوراثة :

على الرغم أنه يمكن اتباع عدة أساليب أو طرائق مختلفة في حل المسائل الوراثة إلا أنه - تسهياً وتيسيراً يقترح اتباع الخطوات الأساسية التالية والاهتداء بها في حل المسألة الوراثة وهي :

1. كتابة الطرز الشكلية " التركيب الشكلي " Phenotype , للأبوين .
2. تحديد الطرز الجينية " التركيب الجيني الوراثي " Genotype للأبوين.
3. تحديد الطرز الجينية للجاميتات المذكرة والمؤنثة المحتمل تكوينها .
4. تحديد التركيب الجيني الوراثي " الطرز الجينية " للأبناء المحتمل إنجابهم .
5. تحديد التركيب الشكلي " الطرز الشكلية " للأبناء المحتمل إنجابهم .
6. الإستنتاجات الوراثة التي يمكن إستنتاجها من حل المسألة الوراثة .

ويمكننا تمثيل حل المسألة الوراثية على الصورة التالية :



يمكنك دراسة المثال التالي للتوضيح :















Mendelian inheritance الوراثة المندلية م / 2

كانت نظرية الامتزاج blending theory تمثل الصورة السابقة للوراثة قبل عهد مندل حيث كان يعتقد ان المادة الوراثية شئى مشابه للسائل ولذا فان الابناء الناتجة عن تزاوج حيوانات سوداء باخرى بيضاء اللون تكون رصاصية اللون وان المادة الوراثية المختلطة لاتستطيع الانفصال تماما وبالرغم من ان مندل توصل الى قوانينه الوراثية عام 1865 لكنها بقيت غير معروفة لعدة سنوات وفي عام 1900 توصل ثلاثة من العلماء الى نفس ماتوصل اليه مندل وهم العالم الهولندي de vries والعالم الالمانى correns والعالم النمساوي Von Tschermak , اذ ولد gregor mendel عام 1822 ودخل الكنيسة في برون وتخرج راهبا عام 1847 وبعدها اصبح معلما عام 1854 . عمل تجاربه الوراثية على 10000 نبات بزاليا *Pisum sativum* واكثر خلال عدة سنوات في كنيسة الدير عام 1857 واطن نتائج ابحاثه عام 1865 تحت عنوان (تجارب على التهجينات في النبات Experiments in plant hybridization) ونشرت في العام التالي . يعتبر مندل ابا لعلم الوراثة نتيجة عمله الدقيق وتجاربه التي اجراها على نبات البزاليا وقد اصبحت الاستنتاجات التي حصل عليها أساسا لعلم الوراثة اليوم وقد تمكن مندل من ذلك للأسباب التالية :

- 1- ركز اهتمامه على صفة واحدة او عدد قليل من الصفات الواضحة للعيان
- 2- قام باجراء تهجينات محددة بحيث تحكم في اختيار ابوين يختلفان في صفة واحدة او صفتين على الاكثر .
- 3- وضع نظرية تقول ان الذي يتحكم في هذه الصفات هي عوامل Factors (تعرف الان باسم الجينات) وقد أشار في أبحاثه أهميه اختيار المادة الأصلحه للبحث لنجاح البحث وسرد الأسباب التي من أجلها وقع اختياره على نبات البزاليا التي يمكن تلخيصها في اللاتي :-
- 1- أن نظام الأزهره يضمن التلقيح الذاتي وعدم التلوث بلقاح غريب
- 2- أن عملية التلقيح الصناعي بسيطة لاتتعدى فتح الغلاف ونزع أمتك من الزهرة إلام قبل انفتاحها (عملية نزع أمتك من الزهرة Emasculation) والتلقيح مباشرة من النبات المرغوب استعماله كاب .
- 3- وجود أصناف أصلحه كثيرة بينها فروق عديدة يمكن تمييزها بسهولة.
- 4- إن الهجين أو النسل الناتج من تضريب أبوين مختلفين بصفه واحده أو أكثر كاملة الخصوبة.
- 5- قصر دوره حياته.

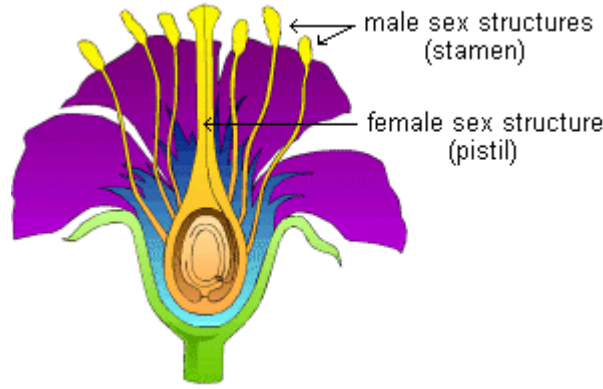
وقد درس مندل سبعة أزواج من الصفات كما مبين في الجدول

المتحية Recessive	السائدة dominant	ألفه
قصيرة 1\2 – 4\3 قدم	طويلا 6-7 قدم	ارتفاع الساق
صفراء	خضراء	لون أقرنه غير الناضجة
طرفية	إبطيه الموقع	موقع الزهرة
خضراء	صفراء	شكل المادة الغذائية في الناضجة
مجعدة	ملساء	شكل البذرة
مضغوطة	منتفخة	شكل أقرنه
ابيض	بنفسجي	لون الزهرة

	Seed shape	Seed colour	Flower colour	Flower position	Pod colour	Pod shape	Plant height
Dominant trait	 round	 yellow	 purple	 axial (side)	 green	 inflated	 tall
Recessive trait	 wrinkled	 green	 white	 terminal (tips)	 yellow	 constricted	 short

الاول :- قانون انعزال الصفات **Low of Segregation** :

وينص على ((العوامل الوراثية المزدوجة في الفرد تنعزل عن بعضها عند تكوين الامشاج ثم تعود لتزدوج بعملية الاخصاب عند تكوين الفرد الجديد)) هذا في حالة اختلاف النباتات المرباة في صفة واحدة بينهما، إذ أجرى مندل تضريبات بصورة دقيقة عندما كانت البزاليا في حالة التزهير حيث يطلق على التضريب الأولي بين أي ضربين نقيين مختلفين بصفه واحده أو عده صفات بالجيل الأبوي P1 أو **parental generation** ولمنع التلقيح الذاتي في الأزهار المستعملة في التجربة ترفع متوكها (**emasculation**) قبل نضجها التام ثم تغطي بأكياس ورقية خاصة وفي الوقت المناسب تؤخذ حبوب القاح من النبات المعتبر ذكري إلى ميسم الزهرة المغطاة والمعتبرة انثويه وتترك البذور لتنضج على النباتات وعنده زراعة هذه البذور الهجينة فإنها تنمو الى نباتات تعرف بذرية الجيل الأول **First Filial generation** أو **F1** والتي تتفتح ذاتياً أو بصورة طبيعيه لإنتاج بذور عنده زراعتها تعطي نباتات تدعى نباتات الجيل الثاني أو يرمز لها **Second filial generation** أو **F2**



التراكيب التنكاثرية لزهرة نبات البزاليا

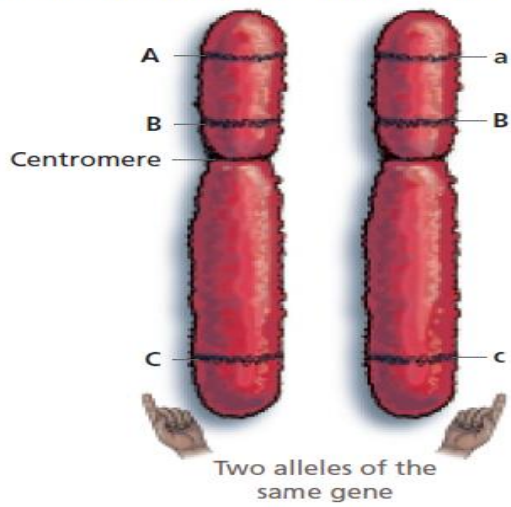
كما قام مندل بإجراء تضريبات رجعيه أو خلفيه **Back crosses** ولاحظ مندل أن ظروف البيئة كالترربة والحرارة والضوء تؤثر في نمو البزاليا الا إن العامل الوراثي كان هو العامل المحدد للصفات وقد وضع مندل الفرضية التالية :

تتعين الصفات المتضادة كطول الساق وقصره في البزاليا بوحدات او عوامل **factors** تنتقل من الإباء إلى الأبناء بواسطة الامشاج **gamets** وان هذه العوامل لا تمتزج ولا يوتر احدهما على الآخر في الهجين لكنها تنعزل وتذهب إلى الأمشاج التي يكونها الهجين والتي بدورها تتحد عشوائيان لتكون ابناء الجيل التالي ولتوضيح هذه الفرضية تستعمل الحروف الهجائية كرموز للعوامل أي الجينات ولكل عامل (جين) صورتان **Allel omosphs** تحتل كل منها نفس الموقع على الكر موسومين المتماثلين ويسمى كل فرد من هذه الصور اليل **Allele** حيث يشير الحرف الكبير للصفة السائدة **Dominant** والصغيرة إلى

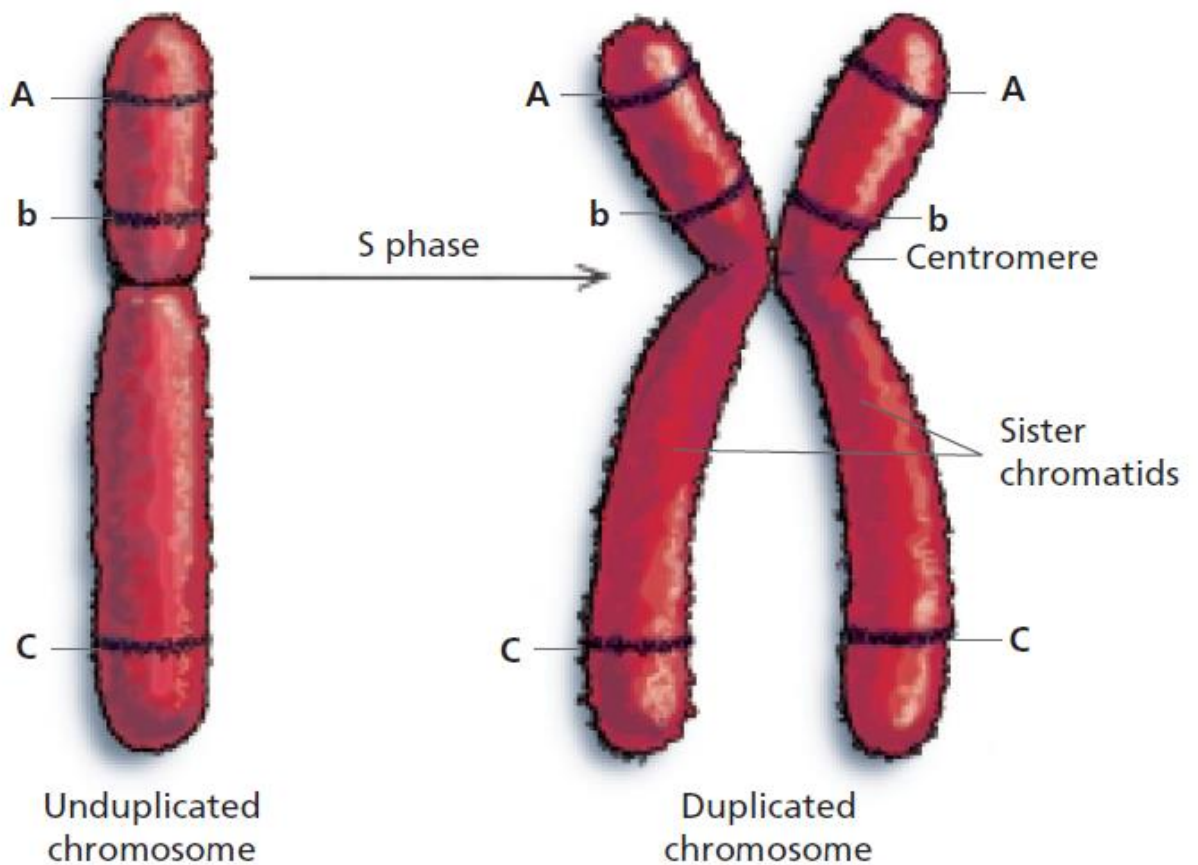
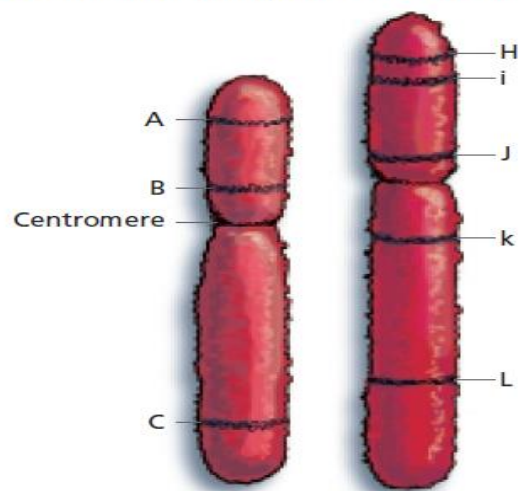
	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

المتنحية **Recessive**

(a) Homologous pair of chromosomes



(b) Nonhomologous pair of chromosomes



بما أن كل نبات ينشأ من اتحاد مشيجين, فيرمز للنبات النقي طويل الساق ولكون صفة الساق الطويل سائدة في نبات البزاليا الطراز الوراثي (TT) وينتج نوعاً واحداً من الأمشاج ويرمز لها (T)

كما يرمز للنبات قصير الساق وكون عامل صفة قصر الساق متنحية الطراز الوراثي (tt) وينتج ايضاً نوعاً واحداً من الأمشاج ويرمز لها (t)

وعنده تضريب الأبوين فان نباتات الجيل الأول كلها تكون طويلة الساق لان الاليل T سائد على الاليل t وحسب فرضية مندل فان العوامل لم تمتزج ولم تتأثر ببعضها لكنها تنعزل وتدخل إلى أمشاج مختلفة يحصل بينها إخصاب بصورة عشوائية لتكون نباتات الجيل الثاني

كما قام مندل بأجراء التضريب الرجعي Back cross بين الهجن وبين ضروب الاباء النقية. وقام بتجارب وتضريبات اخرى كتضريب أفراد متباينة الزيجة أو مجهولة التركيب الوراثي مع أفراد متماثلة الزيجة للجين المتنحي وهو ما يطلق عليه التضريب الاختباري test cross، والذي يعتبر ذو أهمية عالية جداً وله استعمالات كثيرة في علم الوراثة .

إما الكائنات الحية التي تحمل وحدتي أليل واحد مثل DD أو dd تكون متماثلة الزيجة Homozygous وتلك التي تحمل اليلين مختلفين مثل Dd يطلق عليها متباين الزيجة Heterozygous، وان تضريب فردين مختلفين وراثين بزواج واحد من الليلات يطلق عليه تضريب أحادي الهجين Mono Hybrid CROSS

مثال : - ضرب مندل في إحدى تجاربه نباتات بزاليا نقيه طويل الساق وأخرى قصيرة الساق فكانت جميع نباتات الجيل الأول طويلة الساق حدد الطرز الوراثية للنباتات الابويه وأفراد الجيل الأول

- نرمر لعامل صفة الطول بالحرف T

- بما أن نباتات الجيل الأول كانت كلها طويلة الساق

أذان الطرز الوراثي للنباتات طويلة الساق TT

وللنباتات قصيرة الساق tt

	طويلة	×	قصيرة
P	TT	Meiosis	tt
G	T		t
	Fertilization		
F1	Tt 100% طويل الساق هجين		

يكون النبات النقي طويل الساق نوعاً واحداً من الأمشاج كما يكون النبات قصير الساق نوعاً واحداً من الأمشاج وعنده ترك نباتات الجيل الأول للتلقيح الذاتي تظهر أصفه السائدة بنسبة 75% والصفة المتنحية بنسبة 25% من أفراد الجيل الثاني .

		طويلة		x	طويلة	
P	G1	Tt		Meiosis	Tt	
		t	T		T	t
		Fertilization				
F2		TT		Tt	tt	
		1/4	1/2		1/4	
Genotypic ratio		1:2:1				
Phenotypic ratio		3:1				

اوضحت دراسة الانعزال لمندل كيفية انتقال زوج واحد من العوامل من الإباء إلى الأبناء وبما إن كل كائن حي يحمل أكثر من زوجاً واحداً من العوامل بل عدداً كبيراً منها والتي بدورها تعين الصفات العديدة للكائن الحي لذا أوضح مندل كيفية انتقال أزواج العوامل المختلفة بقانون يعرف (قانون مندل الثاني أو قانون الانعزال المستقل أو مبداء التوزيع المستقل او قانون التوزيع الحر).

الثاني :- قانون التوزيع الحر Low of Independent Assortment

والذي ينص (إذا اختلف فردين في زوجين من الصفات النقية المتضادة فعند تكون أمشاج الجيل الأول لهما ينعزل عاملاً كل زوج من الصفات بصورة مستقلة عن انعزال عاملي الزوج الآخر وتظهر صفة كل زوج في الجيل الثاني بنسبة 3:1 (سائد إلى متنحي)) حيث ضرب مندل نباتات بزا ليا نقيه ذات بذور مستديرة صفراء مع نباتات ذات بذور مجعدة خضراء حيث تكونت أبناء الجيل الأول هجناً متباين الزيجة، ثم تركت نباتات الجيل الأول للتضريب الذاتي يطلق على هذا التضريب بين إباء مختلفين بزوجين من الأليلات تضريب ثنائي الهجين Dihybridcross إن الطراز الوراثي لهجين الجيل الأول هو Ww Gg وحسب مبداء الانعزال المستقل يكون انعزال العامل W مع العامل G إلى مشيج أو يكون مع العامل g وكذلك فإن الأليل المتنحي w قد ينعزل مع G ويدخل إلى مشيج أو مع g ويدخل إلى مشيج آخر (مبداء التوزيع الحر) ، وبذلك تتكون (4) أنواع من الأمشاج الذكرية و (4) أنواع من الأمشاج الأنثوية ينتج عنها (16) احتمال

ولتسهيل الحصول على هذه الاحتمالات نستخدم مربع punnet +sequare حيث يساعد في تصور جميع الاحتمالات في الاتحادات المشيجيه ويمكن الاستعاضة عنه بطريقه التشعب (Branching method of genetics problems) (المثال في الكتاب صفحة 31-38)

مثال:- ضرب مندل نباتي بزاليا احدهما بذوره ملساء ذات لون اصفر مع آخر مجعد لبذور وبلون اخضر فكانت أفراد الجيل الناتج من التضريب كلها ملساء البذور ذات لون اصفر ثم تركت أفراد الجيل الأول للتلقيح الذاتي حدد الطرز الوراثية للابوين ونسبة الطرز المظهرية والوراثية إلى أفراد الجيل الثاني ؟

3/م اعتماد طريقة التشعب للمسائل الوراثية *Branching method of genetic problems*

تعتبر هذه الطريقة أكثر سهولة من مربع بنت للحصول على نسب الطرز الوراثية والمظهرية لأفراد الجيل الثاني الناتجة من تضريب ثنائي الهجين *dihybrid cross*

مثال :- عنده تزاوج مجموعة من الكلاب طويلة الشعر ذات طبيعة ملساء مع كلاب قصيرة الشعر ذات طبيعة مجعدة كانت جميع الكلاب الناتجة من التزاوج طويلة الشعر ذات طبيعة ملساء، تركت فيما بعد للتزاوج فيما بينها . حدد الطرز الوراثية للأباء ونسبة الطرز المظهرية والوراثية لأفراد الجيل الثاني .

الجواب

نرمز إلى صفة طول الشعر بالحرف A :-

ونرمز إلى صفة ذات طبيعة الملساء بالحرف B :-

بما إن :- جميع أفراد الناتجة من التضريب الأول كانت طويلة الشعر ملساء

إذن :- صفة الشعر الطويل والطبيعة الملساء سائدة على صفة الشعر القصير المجعد وعليه يمكن القول إن الطرز الوراثي للأبوين AA BB (شعر طويل ملس) ، aa bb (شعر قصير مجعد)

خطوات حل المسألة:-

	طويلة ملساء	x	قصيرة مجعدة
P	AABB	Meiosis	aabb
G	AB		ab
	Fertilization		
F1	AaBb 100% طويلة الشعر بطبيعة ملساء هجين		

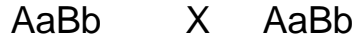
تركت كلاب الجيل الأول للتزاوج فيما بينها(طريقة التشعب)

1- تحديد نسبة الأمشاج التي ينتجها كل فرد من الأفراد (تجزئة الفرد ثنائي الهجين إلى أحادي الهجين)



وبموجب مبدأ الانعزال فان الاليل A قد يعزل مع الاليل B في مشيج أو الاليل b في مشيج آخر وكذلك الحال بالنسبة إلى الاليل a .

2- تحديد الطرز الوراثية بتجزئة تضريب ثنائي الهجين إلى تضريب أحادي الهجين



يتم تجزئته إلى



وبعد من السهل معرفة نسبة الأنماط الوراثية للأفراد للجيل الثاني

	1/4AA		1/4BB
Aa X Aa →	2/4 Aa	Bb X Bb →	2/4Bb
	1/4aa		1/4bb

ثم تضم الأنماط الوراثية الناتجة من تضريب أحادي الهجين

	1/4 BB	1/16 AABB
	2/4 Bb ⇨	2/16 AABb
1/4 AA →	1/4 bb	1/16 AAbb
	1/4 BB	2/16 AaBB
	2/4 Bb ⇨	4/16 AaBb
2/4 Aa →	1/4 bb	2/16 Aabb
	1/4 BB	1/16 aaBB
	2/4 Bb ⇨	2/16 aaBb
1/4 aa →	1/4 bb	1/16 aabb

3- تحديد نسب الانماط المظهرية :

	3/4 طبيعة ملساء ⇨	9/16 طويلة الشعر طبيعة ملساء
3/4 طويلة الشعر ⇨	1/4 طبيعة مجعدة ⇨	3/16 طويلة الشعر طبيعة مجعدة
	3/4 طبيعة ملساء ⇨	3/16 قصيرة الشعر طبيعة ملساء
1/4 قصيرة الشعر ⇨	1/4 طبيعة مجعدة ⇨	1/16 قصيرة الشعر طبيعة مجعدة

إي إن نسبة الأنماط الظاهرية 9:3:3:1

أنواع السيادة Types of dominance

أن الصفات التي درسها مندل في الذراليا كانت احدها سائدة سيادة كاملة على الأخرى الا إن الباحثين اكتشفوا أنواع أخرى من السيادة أدت إلى ظهور نسبة من الأنماط الظاهرية تختلف عن نسبة المندلية في الجيل الثاني الناتج من تضريب احادي الهجين . الا إن عوامل هذه الصفات خضعت لمبدأ الانعزال principle of segregation

1 - السيادة الكاملة Complete dominance

يكون النمط الوراثي في السيادة الكاملة نفس النمط الظاهري للنمط الوراثي المتماثل أو المتباين على الرغم من وجود ألبين المتنحي لكونه مخفي وظيفياً بمعنى آخر أن النمط المظهري لأفراد الجيل الأول يشابه النمط المظهري إلى احد الأبوين (النقي)

2- السيادة غير الكاملة Incomplete dominance

في حالات كثيرة فان هناك أنماطاً ظاهرية لا يمكن تفسيرها بموجب السيادة الكاملة مثلاً عنده تضريب نبات حلق السبع احمر الإزهار مع نبات آخر ولكن ابيض الأزهار ينتج جيل هجين ينتج أزهار وردية أما في الجيل الثاني فنحصل على النسب المظهرية التالية

1 : 2 : 1 partial dominance

بيضاء وردية حمراء

3- السيادة الفوقية Over dominance

يكون متباين الزيجة في السيادة الفوقية ذو نمطاً ظاهرياً عنده قياسه كميأ أعلى من كلا الأبوين متماثلين الزيجة ويسبب السيادة الفوقية فان نسبة الطرز المظهرية إلى أفراد الجيل الثاني تكون 1:2:1 بدلاً من النسب المندلية الكلاسيكية 3:1

مثال

اجري تضريب بين ذبابتى فاكهه واحدة منها حمراء العيون نقيه والثانية بيضاء العيون فكانت افراد الجيل الاول كانت ذات عيون حمراء براقه وعنده ترك ازواج الجيل الاول للترواج فكان بالنسبة التالية 1/4 حمراء 2/4 حمراء براقه 1/4 بيضاء

4- السيادة المواكبة (المشاركة) Co dominance

تكون السيادة مواكبه أو مشاركته عندما يعبر كل من الاليلين (Allele) بصوره كاملة عن تأثيرهما في متباين الزيجة فمثلاً في الإنسان يعبر Allele I^A عن مجموعة الدم A الاليل B عن مجموعة الدم B فمتباين الزيجة لهاذين الاليلين يعبر عنه كل من مجموعة الدم A وB وعليه فان تزاوج فردين متماثلين الزيجة لمجموعتين الدم A وB ينتج أبناء متماثل الزيجة AB وان تزاوج فردياً متباينين الزيجة من مجموعة الدم AB ينتج عنه أبناء بنسبة 1:2:1 وهي نسبة محوره عن نسبه مندل الكلاسيكية 3:1

بعض المصطلحات المهمة

1- **Homozygous**:- متماثل الزيجة الصفة معينه. هو الفرد الذي يحمل صورته متماثلة للجين المسؤول عن تلك الصفة الواقعة على الكروموسومين المتماثلين (TT, BB)

2- **Heterozygous**:- متباين الزيجة لصفه ما. هو الفرد الذي يحمل صورته متباينة للجين المسؤول عن تلك الصفة مثلا (Tt , Bb)

3- **dominance** :- السيادة . يقصد بها أن احد اليولي الجين المعين يغطي أو يلغي تأثير لاليل الأخر النفس الجين عندما يجتمعان في متباين الزيجة في السيادة الكاملة وعليه يعرف الاليل السائد بـ (Dominant allele) والاليل المتتحي بـ (Recessive allele)

4- **Hybrid**:- الهجين. هو لفرد الناتج من تضريب أبوين نقيين بالنسبة للصفة المدروسة.

بمعنى آخر هو لفرد الناتج من تضريب أبوين متماثلين الزيجة بالنسبة للصفة المدرسه .

كأن يضرب نبات البزاليا أحمر الإزهار مع نبات آخر ابيض الإزهار فأن جميع أفراد أجيل الأول إزهاره حمراء لأنها هجينه

5- **Back crosses**:-التضريب الرجعي. هو تضريب احد الأفراد الناتجة من التزوج مع احد الأبوين.

ملاحظه :- (يفيد على الحصول على صفات نقيه بنسبه أعلى . ويستقل في مجال التحسين الوراثي).

6- **Test cross**:- التضريب الاختباري . هو تضريب بين فردين مختلفين في المظهر الخارجي يحمل إحداهما الصفة السائدة والأخر يحمل الصفة المتتحية .

ملاحظة:- (يفيد في معرفة الفرد الذي يحمل الصفة السائدة).

7- **Reciprocal cross** :-التضريب المتعكس. تلقيح الأفراد الذكورية ولأنثوية بصورة متعكسة

ملاحظة:- (يفيد في دراسة ارتباط الصفة بكروموسومات الجنس ومعرفة الوراثة الأمية)

المحاضرة الرابعة/ الحامض النووي DNA

الأحماض النووية هي التي تسبب الإختلاف بين البشر، من حيث: الشكل، واللون. و قد تمكن قديما العالمان جيمس واطسون وفرنسين كريك في منتصف القرن الـ 20 من اكتشاف الشكل الأساسي للحمض النووي DNA، والذي أدى إلى التعرف على الكثير من المعلومات حول كيفية تخزين و حفظ المعلومات الوراثية، و كيفية نقلها من جيل لآخر.

مكونات الأحماض النووية:

تتكون الكروموسومات في الخلايا الحية من مادتين أساسيتين:

- الحمض DNA، الذي يشكل المادة الوراثية، ومجموعة من البروتينات تعرف بالهستونات، حيث يقوم شريط الـ DNA بالاتفاف حولها بشكل متكرر مشكلا النيوكليوسوم، فيؤدي إلى تكثيف المادة الوراثية مما يساعد على تخزينها في حيز صغير داخل أنوية الخلايا.
- الحمض RNA، الذي يوجد منه أنواع متعددة، و يلعب كل من هذه الأنواع دورا أساسيا في ترجمة المادة الوراثية في جزيء DNA إلى بروتينات عدة، تقوم بأداء كافة الوظائف اللازمة لحياة الكائنات الحية.

التركيب الكيميائي للحمض النووي:

تتكون الحموض النووية DNA و RNA من سلاسل من وحدات كيميائية تسمى بـ النيكلوتيدات، ويتكون كل نيكلوتيد من ثلاث مكونات رئيسية:

- جزيء سكر خماسي (رايبوز، أو رايبوز منقوص الأكسجين).
- مجموعة من الفوسفات.
- قاعدة نيتروجينية. و تتكون القواعد النيتروجينية من:

أ- بيورينات، وتشمل قاعدتين هما: أدنين A، جوانين G، و تتألف كل منها من حلقتين.

ب- بيرمدينات، وتشتمل على ثلاث قواعد: ثايمين T، سايتوسين C، و يوراسيل U، و يتألف كل منها على حلقة واحدة.

ويختلف تركيب النيوكليوتيدات بعضها عن بعض بناء على نوع القاعدة النيتروجينية الموجودة فيها، و جزيء السكر.

الحمض النووي: DNA

والـ DNA، هو اختصار لـ (الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين). ويتألف من سلسلتين من النيوكليوتيدات تلتفان حول بعضهما بشكل حلزوني، ويلاحظ أن القاعدة النيتروجينية **أدينين A** تكون في أحد السلاسل تكون متقابلة مع القاعدة النيتروجينية **ثايمين T** في السلسلة الثانية، وترتبط معها برابطتين من الروابط **الهيدروجينية** بينما تكون القاعدة النيتروجينية **جوانين G** متقابلة مع القاعدة النيتروجينية **سايروسين C** و ترتبط معها 3 روابط هيدروجينية.

والقاعدة النيتروجينية يوراسيل U، لا تدخل في تركيب DNA.

وتتكون سلسلة الحمض النووي DNA من ارتباط مجموعة من الفوسفات في كل نيوكليوتيد مع سكر الرايبوز منقوص الأكسجين في النيوكليوتيد. وتشكل سلسلة القواعد النيتروجينية في جزيء DNA مخزون المعلومات الوراثية، ويسمى ترتيبها بالشفيرة الوراثية التي تميز الكائنات الحية عن بعضها.

الحمض النووي: RNA

تعني كلمة الـ RNA، بالحمض النووي الرايبوزي، ويتألف من سلسلة واحد فقط من النيوكليوتيدات التي ترتبط بعضها مع بعض بنفس الطريقة التي يرتبط بها جزيء DNA، ولكنه يختلف عن جزيء DNA في احتوائه على القاعدة النيتروجينية **يوراسيل U**، بدلا من احتوائه على **الثيامين T**.

توجد ثلاث أنواع من الحمض النووي RNA داخل الخلايا و هي:

- mRNA أو RNA الرسول، ويقوم بنقل الشيفرة الوراثية من **الجينات** في النواة إلى الرايبوسومات، ليتم تصنيع البروتينات المختلفة داخل السيتوبلازم.
- tRNA أو RNA الناقل، و يقوم بنقل **الحموض الامينية** في السيتوسول إلى الرايبوسومات لاستخدامها في عملية بناء البروتينات.
- rRNA أو الرايبوسومي، يستخدم في إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل نواة الخلية.

الفرق بين DNA و RNA:

الحمض النووي RNA	الحمض النووي DNA
يتكون من سكر رايبوزي غير منقوص الأكسجين	يتكون من سكر رايبوزي منقوص الأكسجين
يحتوي على القاعدة النيتروجينية اليوراسيل	لا يحتوي على القاعدة النيتروجينية اليوراسيل
يتكون من سلسلة واحدة فقط	يتكون من سلسلتين

آلية تضاعف الحمض النووي DNA:

إن مقدرة الخلايا الحية في الحفاظ على درجة عالية من الدقة في الاستمرار في وظائفها من جيل لآخر تعتمد على قدرتها على مضاعفة المعلومات الوراثية المخزونة في جزيء الـ DNA، المكون للكروموسوم، و يكون ذلك في طور البيني قبيل عملية الانقسام و إنتاج خلايا جديدة.

الشروط الواجب توافرها حتى يتضاعف جزيء DNA:

1. جزيء DNA الذي تلتزم مضاعفته ليتم إنتاج جزيئات DNA جديدة تحمل نفس المعلومات الوراثية.
2. كميات كافية من النيوكليوتيدات الأربعة المختلفة التي تدخل في تركيب (T, A, G, C).
3. إنزيم التضاعف (إنزيم بلمرة DNA)، إضافة إلى بعض الإنزيمات والبروتينات الأخرى اللازمة لإتمام العملية.

خطوات عملية التضاعف:

1. تنفصل سلسلتا جزيء DNA بعضها عن بعض بشكل تدريجي، نتيجة تكسر الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد النيتروجينية ببعضها، فتتحول إلى سلاسل أحادية بدءاً من نقطة محددة، و ينشطر بشكل طولي حتى نهاية السلسلة.
2. يرتبط إنزيم التضاعف بالسلسلة الأحادية، ويقوم بوضع النيوكليوتيدات الموجودة في السائل النووي الواحدة تلو الأخرى بشكل متمم حسب ترتيب القواعد النيتروجينية الموجودة في سلسلة جزيء DNA الذي يتم تضاعفه بحيث يتم وضع نيوكليوتيد T مقابل نيوكليوتيد A، ونيوكليوتيد G مقابل نيوكليوتيد C، وتستمر هذه العملية بتحريك إنزيم التضاعف من نقطة البدء حتى نهاية السلسلة.

3. تتم عمليتي تضاعف سلسلتي جزيء DNA في وقت واحد وبنفس السرعة، فينتج من هذه العملية جزيئان كاملان من DNA، يحتوي كل منهما على سلسلة قديمة وأخرى جديدة.
4. بعد الانتهاء من هذه العملية تقوم **بروتينات** الهستونات الأصلية والجديدة بالارتباط جميعها بجزيئي DNA، لتكوين الكروموسومات وتكثيفها داخل **النواة**.

الطفرة الوراثية:

يؤدي حدوث أي خطأ في ترتيب أو تسلسل القواعد النيتروجينية في جزيء DNA إلى تغيير المعلومات الوراثية، فينتج عن ذلك بما يسمى بالطفرة، كما يؤدي هذا التغيير في الخلايا الجسدية إلى خلل لدى الفرد الذي حدث له ذلك التغيير، و في حالة حصول الطفرة الوراثية في الخلايا الجنسية يصبح بالامكان نقل هذه الطفرة من جيل لآخر، وذلك يؤدي إلى ظهور الامراض الوراثية.

عوامل حدوث الطفرة الوراثية:

1. **عوامل داخلية:** أثناء عملية التضاعف يقوم **إنزيم** التضاعف بوضع النيوكليوتيدات في غير موضعها الصحيح، و تنتج الطفرة عند عدم قدرة الخلايا على إصلاح كافة الأخطاء الناتجة عن ذلك.
2. **عوامل خارجية:** كالإشعاعات المختلفة، و بعض **المواد الكيميائية**، أو بعض أنواع **الفيروسات** التي تؤدي إلى إحداث تغيير في تركيب القواعد النيتروجينية لجزيء DNA.

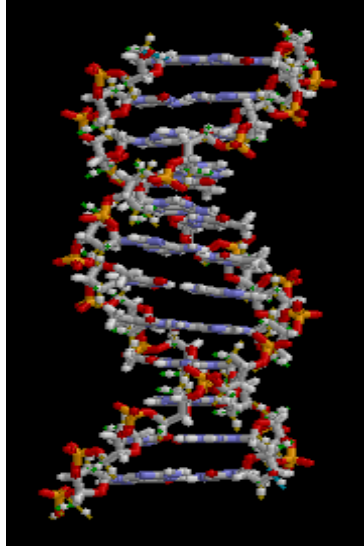
وتكمن خطورة هذه الطفرات عند حصولها في الجينات الموجودة على الكروموسومات، مما يؤدي إلى التأثير على عملها أو إيقاف عملها بشكل تام، فيسبب ذلك حدوث الإختلال في الوظائف المترتبة بهذه الجينات و ظهور لعدد من **الأمراض**.

ملاحظات:

- بالإمكان التعرف على عدد الكروموسومات و حجمها عن طريق فصلها عن مكونات **الخلية** الأخرى و صبغ جزيء الـ DNA بصبغات خاصة ذات ألوان مختلفة.
- عدد النيوكليوتيدات الموجودة في كروموسومات الإنسان تبلغ 3.2 **مليار نيوكليوتيد**، بينما يبلغ عددها على الكروموسوم الوحيد في **بكتيريا القولون** E.coli حوالي **مليون نيوكليوتيد**.

- الجينات في كروموسومات الإنسان تحتل فقط ما مقداره 5% من حجم الكروموسوم تقريبا، في حين أن 95% من المساحة المتبقية ليس فيها جينات.
- الحمض النووي DNA موجود في نواة الخلية، إضافة إلى وجوده أيضا في المايโทكوندريا في الخلايا التي لها نواة حقيقية كخلايا الإنسان كما توجد في البلاستيدات الخضراء.
- التركيب الكيميائي الأساسي للحموض النووية متطابق في كافة خلايا الكائنات الحية من نباتات وحيوان وحتى في الفيروسات وتختلف في الطول وترتيب سلسلة القواعد النيتروجينية.
- الرابطة الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية في جزيء DNA هي رابطة بين ذرة هيدروجين من قاعدة نيتروجينية و ذرة نيتروجين من قاعدة نيتروجينية متقابلة معها.
- عملية التضاعف تبدأ من نقطة معينة في جزيء DNA بشكل دائم ولها تركيب خاص، ويوجد في كروموسوم البكتيريا نقطة واحد فقط، بينما يوجد في كروموسومات الإنسان الآلاف من هذه المواقع ليتيح إتمام العملية بسرعة.
- إنزيم تضاعف جزيء DNA يقوم بعملية وضع النيوكليوتيدات ضمن التسلسل اللازم بدقة متناهية، ومع ذلك قد تحدث بعض الأخطاء، وتقوم الخلايا بإصلاح هذه الأخطاء بعد الانتهاء من عملية التضاعف بآليات خاصة و ذلك باستخدام مجموعة من الإنزيمات.
- تستطيع الخلية أن تقوم بإصلاح الطفرات الوراثية التي قد تحدث في جزيء DNA بواسطة آليات خاصة لذلك. و يحدث الخلل غالباً عندما يكون معدل حصول هذه الطفرات أعلى من قدرة الخلايا على إصلاحها.

حمض نووي ريبوي منقوص الأكسجين



نموذج لمقطع من جزيئات الدنا على شكل لولبي مزدوج في فضاء ثلاثي الأبعاد

الحمض النووي الريبوي منقوص الأكسجين (بالإنجليزية: DNA) (Deoxyribonucleic acid) ويعرف بالعربية الحَمْن أو الحمض المُردَّان الرِّبِّيّ التَّوَيّ هو الحمض النووي الذي يحتوي على التعليمات الجينية التي تصف التطور البيولوجي للكائنات الحية ومعظم الفيروسات كما أنه يحوي التعليمات الوراثية اللازمة لأداء الوظائف الحيوية لكل الكائنات الحية.

يعتبر وسيلة التخزين الطويل الأجل للمعلومات الوراثية و هي الوظيفة الأساسية لجزيئات الدنا بالإضافة إلى أنه يمكن من خلال هذه الجزيئات الحصول على المعلومات اللازمة لبناء البروتينات و الحمض الريبوي النووي (بالإنجليزية: RNA).

تسمى قطع الدنا (DNA) التي تحمل معلومات وراثية يمكن ترجمتها لبروتينات بالمورثات (بالإنجليزية: Genes). تتواجد بعض قطع الدنا لأغراض تركيبية و تنظيمية.

كيميائياً؛ يعتبر الدنا مكوّناً (عديد جزيئات) يتكون من وحدات بناء تسمى النيوكليوتيدات. وتتكون كل نيوكليوتيدة من ثلاثة جزيئات هي: سكر خماسي دي أوكسي ريبوز (سكر ريبوي منقوص الأكسجين)، مجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية (أحدي قواعد البيورين أو البيريميدين) ويتم اتصال جزيئات السكر و الفوسفات بشكل متتابع لتكوين ما يعرف بهيكل سكر الفوسفات بحيث تتصل مجموعة الفوسفات بذرة الكربون 5 لسكر النيوكليوتيدة التي تتبع لها عن طريق رابطة تساهمية وبذرة الكربون 3 لسكر النيوكليوتيدة التالية عن طريق رابطة استيرية ويتم ارتباط القواعد النيتروجينية على هيكل سكر الفوسفات عن طريق ارتباطها بذرة الكربون 1 على جزيء السكر

المقابل. ويعطي تتابع القواعد النيروجينية على طول هيكل سكر الفوسفات في جزيء الدنا أكواداً أو شفرات يمكن من خلالها تحديد تتابع **الأحماض الأمينية** للبروتين المقابل ويتم ذلك كما يلي:

يتم نسخ جزيء رنا مقابل لجزيء الدنا المحتوي على كود البروتين في عملية تسمى بعملية النسخ **(بالإنجليزية: Transcription)** ويتم ترجمة الرمز إلى أحماض أمينية مقابلة خلال عملية الترجمة **(بالإنجليزية: Translation)** لتعطي البروتين المقابل. وليس بالضرورة أن تتم ترجمة الشفرات إلى بروتين إذ أن بعض جزيئات الرنا تدخل في تركيبات مثل **الريبوسومات (بالإنجليزية: Ribosomes)** و**الاسبليسوسومات (بالإنجليزية: Spliceosomes)**.

ينظم الدنا داخل الخلية في تركيبات تسمى **(الأجسام الصبغية أو الكروموسومات، والكروموسومات في مجموعها تكون ما يعرف بالجينوم (بالإنجليزية: Genome) (المحتوي الجيني أو الصبغي للخلية). قبل انقسام الخلية تتضاعف الصبغيات فيما يعرف بتضاعف الدنا DNA Replication ويتم ذلك في كل من بدائيات النوى (بالإنجليزية: Prokaryotes) وفي حقيقيات النواة (بالإنجليزية: Eukaryotes).**

📌محة تاريخية:

تعود أول ملاحظة للدنا في العلم الحديث للطبيب السويسري **فريدريك ميسشر** في سنة 1869 عندما استطاع استخلاص مادة مجهرية من **القيح** واسمها نووين (نيوكلين) بسبب وجودها داخل **النواة**. وفي سنة 1929 استطاع **فيبي ليفني** من اكتشاف مكونات الوحدة الأساسية **للدنا** وهي **النويدات** وبين أن الدنا ما هو إلا تكرار لهذه الوحدة.

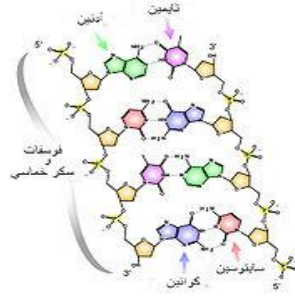
في سنة 1943 أجرى **أوزوالد أفري** تجربة بمزج بكتيريا نيموكوكس **(الاسم العلمي: Pneumococcus)** ميتة وتحمل خاصية السطح الناعم مع بكتيريا حية من نفس النوع ولكنها ذات سطح خشن. نتائج التجربة كانت انتقال خاصية السطح الخشن إلى البكتيريا ذات السطح الناعم. وسمي الدنا بالعامل الناقل.

وفي سنة 1953 وبالاعتماد على الصور السينية المأخوذة بواسطة **روزاليند فرانكلين** والمعلومات المتوفرة عن القواعد و طريقة ارتباطها ببعضها، طرح كل من **جيمس واتسون** و**فرانسيس كريك** نموذجهما **(اللولبي المزدوج)** ونشروا تجاربهم في مجلة **الطبيعة**. وفي سنة 1957 وضع كريك العقيدة الأساسية لعلم الأحياء الجزيئي ووضح العلاقة ما بين الدنا و**الرنا** و**البروتينات**. وبين كريك لاحقاً أن **الكودونات** تتكون من 3 قواعد مما ساعد علماء آخرين على فك الشيفرة الوراثية وتحديد الكودونات المشفرة للأحماض الأمينية. وفي سنة 1958 أوضح العالمان ميليسون وستال طريقة **تناسخ الدنا** ووصفها بالشبه محافظة. حصل واتسون وكريك وموريس على **جائزة نوبل** في الطب لاكتشافاتهم في هذا الحقل في سنة 1962.

الخواص الفيزيائية والكيميائية:

يعتبر **الدنا** عديد جزيئات مكثوراً (بوليمر) طويلاً مكون من وحدات متكررة تعرف بالنيوكليوتيدات (بالإنجليزية: Nucleotides) حيث يبلغ عرض سلسلة الدنا من 22 إلى 26 **انجستروم** وطول النيوكليوتيدة الواحدة 3.3 انجستروم. ولكن بالرغم من أن كل نيوكليوتيدة صغيرة جداً في الحجم إلا أن مكاثير الدنا يمكنها تشكيل جزيئات ضخمة تحتوي على ملايين النيوكليوتيدات فمثلاً يبلغ طول الصبغي رقم 1 (أكبر كروموسوم بشري) حوالي 220 مليون قاعدة مزدوجة.

مكونات الدنا: (DNA)



صورة تبين التركيب الكيميائي للدنا.

يتكون الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين من سلسلتين متوازيتين تنتظمان على هيئة سلم ملتف لولبيا (Double Helix). يتكون جانبا السلم اللولبي من تعاقب **السكر خماسي** وقاعدة **الفوسفات** بينما تتصل القواعد النيتروجينية من الداخل. تتكون الوحدة الأساسية لبناء جزيئة الدنا، والتي تسمى **بالنيوكليوتيد** من ثلاثة أجزاء، وهي:

1. **السكر الخماسي** (ريبوز) منقوص الأكسجين.
2. مجموعة **فوسفات**.
3. قاعدة (تخزن المعلومات في الدنا باستخدام هذه القواعد) وهي من نوعان :

1. اثنتان من البيورينات (Purines) وهما:

1. **أدينين** Adenine وتختصر A

2. **جوانين** Guanine وتختصر G

2. اثنتان من البايريميدينات (Pyrimidines) وهما :

1. **الثايمين** Thymine وتختصر T

2. **الساييتوسين** Cytosine وتختصر C

ترتبط جزيئات السكر في الدنا **برابطة فوسفاتية (بالإنجليزية: Bond Phosphodiester)** في كل من ذرات الكربون الثالثة والخامسة، بينما ترتبط القاعدة النيتروجينية بذرة الكربون الأولى للسكر الخماسي. ترتبط القواعد ببعضها **برابطة هيدروجينية (بالإنجليزية: Hydrogen Bond)**. ترتبط القواعد مع بعضها بشكل منظم بحيث ترتبط القاعدة أدنين مع القاعدة ثايمين في السلسلة المقابلة برابطة هيدروجينية ثنائية، بينما يرتبط الكوانين مع السائتوسين برابطة هيدروجينية ثلاثية.

تسمى أحد سلسلتي الدنا بالنهاية الخامسة (ويرمز لها 5') وذلك لعدم ارتباط ذرة الكربون الخامسة بسكر خماسي، بينما السلسلة الأخرى تسمى بالنهاية الثالثة (3') ولنفس السبب السابق. وتلتقي السلسلتان بشكل متواز و عكسي **(بالإنجليزية: Antiparallel)**، بحيث أن 5' يقابلها على السلسلة المتوازية 3'.

يلتف الدنا (DNA) حول نفسه التفافاً لولبياً و هو ما يعرف باسم **الالتفاف المفرط** وقد يكون هذا الالتفاف بنفس اتجاه التفاف سلسلتي الدنا مما يجعل القواعد قريبة من بعضها بشكل كبير ويسمى التفافاً مفرطاً إيجابياً. أما إذا كان هذا الالتفاف بعكس اتجاه التفاف سلسلتي الدنا فيسمى التفافاً مفرطاً سلبياً وتكون القواعد متباعدة عن بعضها ومعظم الخلايا تظهر هذا النوع من الالتفاف المفرط.

حمض ربيبي نووي



صورة توضح الرنا مع قواعده النيتروجينية في اليسار. والدنا في اليمين.

الحمض الريبوي النووي أو الحَرْن (بالإنجليزية: Ribonucleic acid)، اختصاره رنا RNA أو آر إن إيه) عبارة عن بوليمر حمضي نووي مؤلف من ارتباط تكافؤي لمجموعة من النيكلوتيدات . تتميز نيكلوتيدات الرنا عن نيكلوتيدات الدنا بأنها تحوي حلقة ريبوز كما تضم يوراسيل، في حين تحوي نيكلوتيدات الدنا ريبوز منقوص الأكسجين (بالإنجليزية: Deoxyribose) وثايمين. يتم تخليق الحمض الريبوي عن طريق عملية النسخ الوراثة اعتماداً على بنية المورثات في الدنا بوساطة أنزيمات تدعى رنا بوليميراز ثم تجرى عليها تعديلات أخرى بوساطة أنزيمات أخرى. تعمل الرنا كقالب لترجمة الجينات إلى بروتينات، وأيضاً كناقل للحموض الأمينية إلى الريبوسومات لتشكيل البروتينات، وأيضاً هو مكون أساسي في بنية الريبوسوم.

التاريخ:

اكتشفت الحموض النووية عام 1868 من قبل يوهان داغيا إياها بداية (النويين) (بالإنجليزية: Nuclein) بما أنه وجده بداية ضمن النواة الخلوية. لكن لاحقاً سرعان ما اكتشف أن الخلايا طلائية النواة التي لا تحتوي نواة حقيقية تحوي أيضاً ضمن الستوبلازما الحموض النووية. بدأ البحث في دور الرنا في اصطناع البروتينات في عام 1939 على أساس تجارب أجريت من قبل العالم السويدي كاسبيرسون (Caspersson Torbjörn) والعالم البلجيكي جان براشيه (بالفرنسية: Jean Brachet) و جاك شولتز (بالإنجليزية: Jack Schultz). أما هوبرت كانترين فهو أول من تحدث عن دور الرنا كناقل للحموض النووية إلى الريبوسومات لإتمام عملية تخليق البروتين.

الفيروسات:

تستخدم فيروسات RNA امكانيات الخلية المضيفة في نسخ مزيداً من جزيئات RNA الفيروسي بعض هذه الجزيئات تمثل المادة الوراثية للفيروس وبعضها يمثل mRNA الفيروسي الذي تترجم رايوسومات الخلية العائل معلوماته إلى بروتينات الفلنسة وجلايكوبروتينات تنقل داخل فريعات (حوامل) إلى غشاء الخلية العائل وبذلك تكون مواقع خروج للفيروسات من الخلية العائل.

الجدير بالذكر أن RNA هو المادة الوراثية في الفيروسات ولذا تكون مقاومة الفيروسات صعبة بعض الشيء لأنها تطفر سريعاً

ان العوامل او المادة الوراثية التي نسميها اليوم DNA (Deoxy Ribonucleic acid) الحامض النووي كانت سابقا ,تدرس دراسة ظاهرية او وظيفية وحسب الصفة او الصفات التي يبرزها العامل الوراثي في الكروموسومات دون معرفة ماهية هذه المادة الوراثية .

واليوم المادة الوراثية هي ال DNA وهو عبارة عن حامض نووي .

الشروط التي تتوفر في المادة الوراثية هي :-

- 1- لها القابلية على التكاثر الذاتي اثناء نمو الخلية وانقسامها .
- 2- انها ثابتة . وعلية فان الطفرات نادرة الحدوث ولا تدخل المادة الوراثية في التفاعلات الكيمياوية الا انها تسيطر وتشرف على تلك التفاعلات .
- 3- ان المادة الوراثية تحوي جميع الحقائق البايولوجية .
- 4- لها القابلية على نقل الحقائق الى الخلايا ثم الى الاجيال القادمة (الحقائق : المعلومات الوراثية و الصفات) . وهناك ثلاث تجارب للتعرف على المادة الوراثية :-

اولا :- تجربة التحول البكتيري : Trans formation هو انتقال المادة الوراثية من جيل الى اخر مباشرة , اذ بدأت هذه التجربة عام 1928 من قبل Griffith حول تحول المادة الوراثية في بكتريا ذات الرئة وهي المسؤولة عن احداث التهاب رئوي في اللبائن , و اشار الباحث الى نتائج مهمة في وقته الا انه لم يتمكن من تفسيرها , الى ان جاء الباحث Avery وجماعته عام 1942 وقامو بتطبيق نفس التجربة على بكتريا ذات الرئة وتمكنو من نقل المادة الوراثية من بكتريا الى اخرى ووجدوا سلالتين من هذه البكتريا :-

- 1- السلالة الاولى : يرمز لها برمز S , وتكون مغلفة بروتين املس , يسبب الالتهاب الرئوي في اللبائن وظهرت لها عدة طرز منها : S , S , S , S .
 - 2- السلالة الثانية : يرمز لها ب R , وتكون مغلفة بروتين خشن , ليس لها القابلية على اصابة اللبائن وقد ظهرت لها عدة طرز منها : R , R , R , R .
- طريقة التجربة :

سلاله S -- حقن ---- الفئران ---- تسبب ----- موت الفئران .

سلاله S ----- تسخين ----- الفئران ----- لا تسبب ----- موت الفئران .

سلاله R ----- حقن ----- الفئران ----- لا تسبب ----- موت الفئران .

سلاله S + R ---- سحب سلاله R وتحقن ---- الفئران ---- تسبب ---- موت الفئران .

ثانيا :- تجربة النقل المحدود : هي تجربة نقل المادة الوراثية من بكتريا لاخرى بواسطة الفيروس .

بكتريا سلاله A تسبب موت الانسان و B لا تسبب موت الانسان

حقن سلالة A للانسان -----يسبب مرض التهاب القولون , اما حقن سلالة B للانسان لايسبب المرض, اما حقن سلالة A مع التسخين لايسبب المرض .

وعند وضع سلالة A في وسط غذائي فيه فيروس ثم نقل الى وسط اخر فيه سلالة B وبعد عدة اجيال حقن الانسان بسلالة B يسبب المرض والاصابة .

ثالثا :- التزاوج البكتيري :-

في بكتريا القولون *E. coli* , يحصل تزاوج طبيعي بين الخلايا ويمكن نقل المادة الوراثية اثناء التزاوج من الخلية الذكرية المسماة F+ الى الخلية الانثوية المسماة F- وبعد ذلك تكون الاجيال الناتجة من هذا التزاوج حاوية على صفات الذكر والانثى وهذه الطريقة تدعى بطريقة نقل المادة الوراثية عن طريق التزاوج البكتيري .

المحاضرة الخامسة / ظاهرة السيادة وظاهرة التفوق

تحصل ظاهرة السيادة بين الاليلين لموقع جيني معين وهي عملية كبح جيني داخلي (ضمني) Inter (Intra allelic gene suppression أو أخفاء تأثير أليل عندما يعبر الاليل الآخر عن نمطه الظاهري في نفس الموقع الجيني.

أما التفوق Epitasis:- هي كبح تعبير جين معين عندما يعبر جين آخر في موقع آخر عن نفسه (بيني) Inter allelic gene suppression ولفهم ظاهرة التفوق هناك بعض الامثلة عن نسبة الأنماط الظاهرية الناتجة عن طريق التداخلات بين فعل زوجين من الجينات .

1- التفوق السائد Dominant Epistasis

تحدث عندما يعطي الاليل السائد لجين معين (A) نمطه الظاهري مخفي بذلك النمط الظاهري للجين الآخر (B) وبحالته الاليليه المختلفة (bb, Bb, BB) ولا تستطيع الاليليات التحت تفوقيه Hypostatic allele من التعبير عن نفسها الا عند ما يكون الموقع التفوق (A) محتل أو مشغول من قبل الاليل المتنحي متمائل الزيجة (aa) ولهذا فان النمطين الوراثيين.

A-B-

A-bb

تنتج نفس النمط الظاهري بينما لطرز الوراثة

aa BB , aa Bb

aa bb

تعطي نمطين ظاهريين مختلفين لذلك فان النسبة الكلاسيكية المندلية التي هي 9:3:3:1 سوف تتحول إلى 12:3:1

مثال :- لون ثمرة القرع الصيفي summer squasb

يتميز للون الأبيض لفاكهة القرع الصيفي بكونه سائد على الملون فإذا رمزنا للجين المسئول عن لون الثمرة الأبيض بالحرف A والحرف B للملون (الأصفر) فإذا ما تم تضريب الصنف الأبيض الذي يحمل الطرز الوراثة التالية (AA BB) مع الصنف الملون (aa BB) .



فان النمط الظاهري لإفراد الجيل الأول (بيضاء) كلها بيضاء لان الموقع المسئول عن اللون الأبيض مشغول بأحد الليلات السائدة ولكونه يظهر تفوق سائد.

P AA bb X aa BB
meiosis
Ab a B
Fertilization
F1 Aa Bb
تمرين :- وعند ترك نباتات الجيل الأول للتلقيح الذاتي احسب نسبة النمط الظاهري لنباتات الجيل الثاني

2-التفوق المتنحي Recessive Epistasis

في حالات معينة يمنع النمط الوراثي متماثل الزيجة المتنحي التعبير عن المظهري الاليلات في موقع الجيني الأخر لذا نقول بان الموقع A يظهر تفوق متنحي على الموقع B تستطيع الاليلات في الموقع B التعبير عن نفسها عندما يقوم الاليل السائد للموقع A حاضرا لهذا السبب فان النمطين الوراثيين (aa bb) و (aa BB), (Bb) تعطي نمطا وراثيا متشابهان بلاضافه إلى الأنماط الظاهرية للأنماط الوراثة التي هي (AA BB) و (Aa Bb) و (AA bb) و (Aa Bb)

لذا نحصل على النسب المظهرية 9:4:3:1 بدلا من 9:3:3:1

مثال:- وراثة لون الفئران

يسيطر على وراثة لون الفئران زوجين من الاليلات تنعزل عن بعضها بصورة حرة وهما الموقع الجيني الأول C والموقع الجيني الثاني A حيث ان الفئران المتماثلة الزيجة للاليلات المتنحية c لا تستطيع صنع

الصبغة في أي مكان من جسم الفأره لذلك تمتلك الفأرة شعر امهق (albino) في حين الفأر متمائل الزيجة للأليلات المتنحية a يملك شعر اسود في حالة حضور الاليل السائد للموقع C فعند تزاوج فأر اسود مع آخر امهق فأن جميع أفراد الناتجة من التضريب كانت رمادية



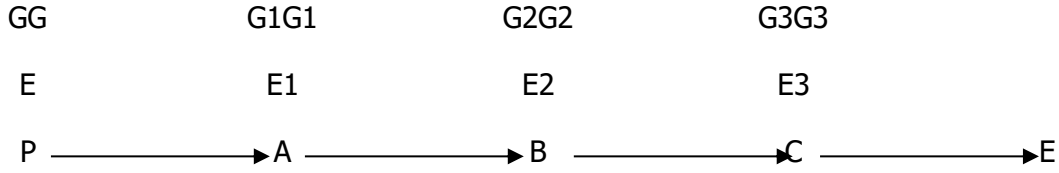
P CCaa X ccAA
meosis
Ca cA
Fertilization
F1 CcAa
تمرين :- وعند ترك فئران الجيل الأول للتزاوج فيما بينها احسب نسبة النمط الظاهري لفئران الجيل الثاني

تداخل الفعل الجيني

Gene Interaction

أن للجين قابليه على الانعزال خلال الانقسام الاختزالي وله القابلية في التعبير عن نفسه من خلا النمط الظاهري الخاص باشكاله المتعددة (الأليليات) فقد تكون له صفة السيادة (A,B) أو التنحي (a ,b) ويتولد النمط الظاهري hpano type نتيجة إلى تعبير النواتج الجينية عن نفسها في محيط معين حيث يشمل هذا المحيط كل العوامل الخارجية(خارج الخلية) أن التفاعلات الكيموحيوية Bio chemical التي تحصل في الخلية تشكل مايسمى الايض الوسطي الذي هو (Inter mediary metabolism) على أساس التغير التدريجي الذي يطلق عليه (step wise conversation) التحول التدريجي من مادة إلى مادة أخرى وأن

كل خطوة تحتاج إلى إنزيم معين وان مجموع الخطوات تحول المادة الأولية (precursor) الى الناتج النهائي (end product) وهي بذلك تشكل مايسمى بمسار البناء الحيوي Bio synthetic path (way) وان هذه المسار يحتاج النواتج الجينية الإنزيمية والتي تعود إلى جينات متعددة حيث أن كل ناتج أيضي مثل (A,B,C....end) يتكون بواسطة العامل المساعد للإنزيمات (E) والداخلة في المسار ولتي تعين من قبل عدد من الجينات (G)



ويحدث التداخل الجيني عندما يقرر جينان أو أكثر الإنزيمات الداخلية في مسار البناء الحيوي فإذا كانت المادة (end product) مادة أساسية لإنتاج نمط ظاهري طبيعي والجينات (g3g3) المتنحية تنتج إنزيمات معيبة (defective enzymes) فان النمط الوراثي المتنحي لأي موقع من مواقع الجينية اعلاه سوف يؤدي إلى أنتاج نمط ظاهري طافر فإذا كان ألجين الطافر هو ألجين (g3) فان الناتج الجيني هو e3 ويكون معيباً ولا يؤدي إلى تحول المادة C إلى المادة E لذلك فان المادة C سوف تتجمع تجمع تراكمي ونتيجة لذلك يقال أن الطفرات تؤدي إلى أعاقه ايضية (metabolis Block) فإذا ما أعطي الكائن الحامل للطفرة g2 أي من المادتين أما المادة C أو المادة E فأنه يعطي النمط الطبيعي وعلية يمكن القول أن ألجين البري G3 يعتمد على ألجين البري G2 لكي يعطي نمط ظاهري طبيعي وفي حالة النمط الوراثي متماثل الزيجة لاليل المتنحي g2 فان طريق البناء الحيوي سوف ينتهي بانتاج المادة A وان ليس للجين البري في الموقع الجينية التالية ول ألجين الطافر أي تأثير على النمط الظاهري ويسمى العامل أو ألجين المثبط لعمل جين آخر في موقع **آخر باللجين المتفوق (epistatic Gene)** أما الموقع أو ألجين المثبط فيسمى **باللجين المتفوق عليا (Hypostatic Gene)**.

مظاهر التفاعل (التداخل) الجيني Gene Interaction

ذكرنا سابقا عن وجود زوجين من الجينات ، فكل زوج يكون مستقلا تمام الاستقلال في انعزاله عن الزوج الاخر ، ولا يوجد أي تفاعل بين هذه الجينات ، فكل جين مسؤول عن اظهار صفة مظهرية معينة . وبتقدم الابحاث وجد ان بعض الصفات تقع تحت تأثير عدد من ازواج الجينات التي قد يتفاعل بعضها مع البعض الاخر لانتاج مظاهر خارجية معينة . فوراثة شكل العرف في الدجاج comb-shape in fowls هي احدى

حالات التفاعل لتأثير زوجين من الجينات على مظهر خارجي واحد اكتشفت بواسطة العالمين بيتسون

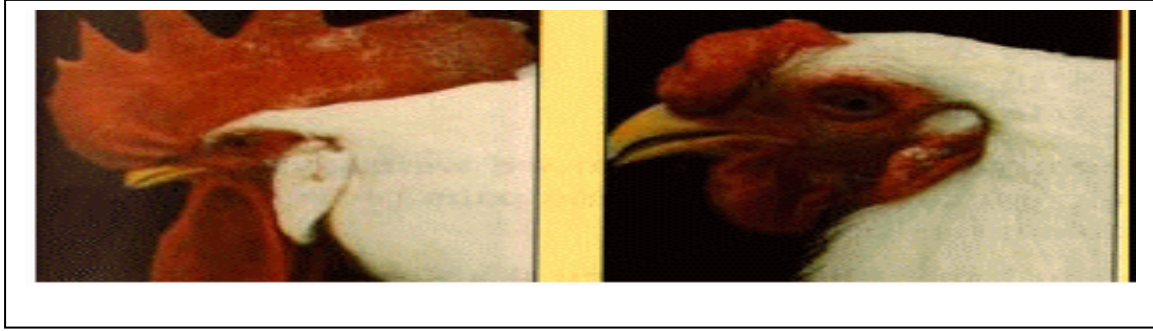
Bateson و بنت Punnett

توجد في الدجاج سلالات اصيلة ذات عرف وردي rose-combed كما في سلالة الوايندوت Wyandotte وسلالات اخرى اصيلة ذات عرف بازلائي pea-combed كما في سلالة البراهما Brahma وسلالات اخرى اصيلة ذات عرف مفرد single-combed كما في سلالة اللكهورن لقد وجد ان العرف البازلاني متغلب على العرف المفرد بسبب ان افراد الجيل الاول الناتجة من تلقيح افراد بازلائية العرف باخرى مفردة العرف هي بازلائية العرف . ونسبة افراد الجيل الثاني هي 3 بازلائية العرف : 1 مفردة العرف وهذا يدل ان العرف البازلاني يختلف عن العرف المفرد في جين متغلب P فتبعاً لذلك يكون التركيب الوراثي للعرف المفرد PP وللعرف البازلاني pp وبالمثل اعطت التلقيحات بين العرف الوردي والعرف المفرد ، افراد ذات عرف وردي ، بينما كانت النسبة في الجيل الثاني 3 عرف وردي : 1 عرف مفرد ، وهذا يدل ان العرف الوردي يختلف عن العرف المفرد في جين متغلب R . وتبعاً لذلك يكون التركيب الوراثي للعرف المفرد rr وللعرف الوردي RR .

وحيث ان الدجاج المفرد العرف في كلا التلقيحين كان من سلالة واحدة ، لذلك لا بد وان يكون التركيب الوراثي للعرف المفرد rr pp ونتيجة لذلك فان العرف البازلاني يختلف عن العرف المفرد في زوج متغلب من الجينات ، لذلك يجب ان يكون تركيبه الوراثي rr pp وبالمثل يجب ان يكون التركيب الوراثي للعرف الوردي RR pp التضريب بين افراد بازلائية العرف واخرى وردية العرف اعطت افراد الجيل الاول جوزية العرف وسميت هذه الصفة بهذه التسمية لان العرف يشبه نصف ثمرة الجوز وهي صفة توجد في السلالة المعروفة باسم المالاي Malay اما المظاهر الخارجية لافراد الجيل الثاني الناتجة عن تزاوج افراد الجيل الاول فيما بينهم فكانت بنسبة وافراد جوزية العرف 3 افراد بازلائية العرف : 3 افراد وردية العرف : 1 فرد مفرد العرف

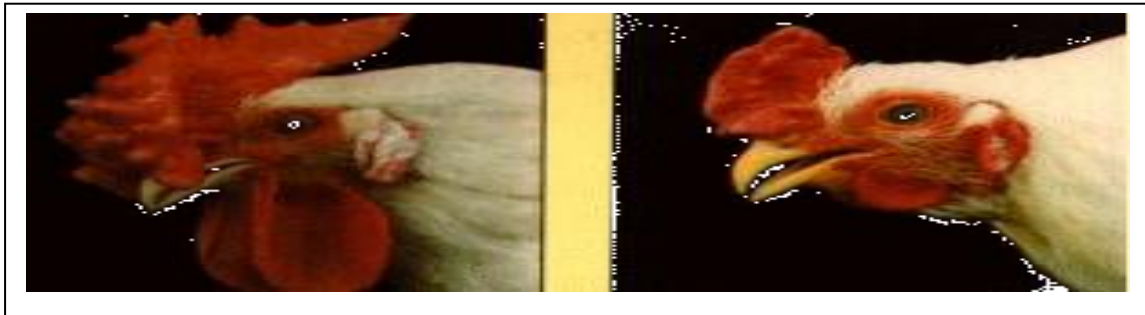
ان الحصول على عرف مفرد في الجيل الثاني بنسبة 1/16 هو دليل على ان العرف المفرد يحتوي على زوجي الجينات في حالة متنحية وهذه الجينات مستقلة في انعزالها وتوزيعها . ويدل الحصول على العرف الجوزي بنسبة 9/16 على ان هذه الصفة تتوقف على وجود جينين غير اليين متغلبين - P - R على الاقل وكذلك لا بد ان تحتوي الافراد ذات العرف البازلاني على جين واحد على الاقل من زوج من الجينات في الحالة السائدة والزوج الاخر في حالة متنحية أي - P - rr وبالمثل الافراد ذات العرف الوردي تكون R- pp . هذه الحالة هي ابسط حالات التفاعل الجيني ، فكل من الجينين P , R كانا مستقلين في تأثيرهما على الصفة ، ولكن اشتراكهما معا في تركيب وراثي واحد احدث مظهرا خارجيا جديدا . توجد امثلة كثيرة تكون فيها الصفة تحت تأثير زوجين من الجينات او اكثر . ويحصل احيانا احد الجينات يخفي تأثير الجين الاخر

بطريقة مشابهة عندما يكون الاليل المتغلب يخفي تأثير الجين المتنحي. ان ظاهرة قيام جين باخفاء تأثير جين اخر غير اليلي له تسمى بالتفوق Epistasis ويظهر التفوق تأثيره بتحويل النسب المندلية للمظاهر الخارجية المتحصل عليها في الجيل الثاني تبعا لكون التفوق سائدا او متنحيا وتبعا للعلاقة التفاعلية بين الجينات غير الاليلية اذا كانت متبادلة او غير متبادلة



ب

أ



د

ج

إشكال العرف في الدجاج العرف الجوزي walnut (أ) و العرف المفرد single (ب) والعرف البازلاني pea (ج) والعرف الوردي rose (د)