

الوراثة النظري

الفصل الأول - مقدمة عن تأريخ وتطور علم الوراثة وأهميته العلمية والعملية وعلاقته بالعلوم الأخرى
يعتبر علم الوراثة من العلوم الحديثة وقد نمت وتطور بسرعة كبيرة خلال السنين القليلة الماضية وقد امتدت فروعه إلى جميع حقول علوم الحياة تقريباً، وقد أتاح التخصص المتنوع للوراثة من احتلال مركز فريد في الوقت الحاضر ضمن علوم الحياة حيث أنها تربط معاً حقول المعرفة المختلفة والتي تضم الشكل Form والوظيفة Function والتغير Change وكان هذا الربط بين العلوم نابغاً من تفاعل المستويات المختلفة للوراثة والتي تعمل خلالها ابتداءً من جزيئات الخلايا مروراً بالمراحل التطورية للفرد إلى جميع الكائنات الحية.

لقد بدأ التعريف بالوراثة من الملاحظات البسيطة بين الأحياء المختلفة من حيث أن الكائن الحي يولد كائناً حياً مشابهاً فمثلاً القطّة تولد قطط والكلبة تولد كلاباً، وبمرور الزمن حل محل هذه الملاحظة البسيطة العديد من الأسئلة المعقدة مثل:

ما هو مصدر هذا التشابه العجيب بين الأجيال؟

ماهي العوامل التي تؤدي إلى التشابه أو الاختلاف بين الأجيال؟

ماهي الأشياء التي تتوارث والتي لا تتوارث؟

ماهي العوامل الوراثية التي يمتلكها أفراد النوع الواحد وأي العوامل التي تختلف فيها؟

لماذا وكيف تنشأ الأنواع الجديدة؟

- كيف نسيطر على الوراثة؟

إن العامل المشترك بين جميع هذه الأسئلة هو المواد وكيفية التوارث Materials and modes inheritance وعليه فإن علم الوراثة هو العلم الذي يبحث عن حل لهذه الأسئلة ويمكن تعريفه بأنه ((العلم الذي يدرس المواد الحياتية التي تنتقل بين أجيال الكائنات الحية))

وبشكل أدق فإن علم الوراثة يدرس:

1- ماهية المادة الوراثية؟

2- كيفية انتقالها بين الأجيال القادمة؟

3- تأثير هذه المادة على الكائن الحي واجياله.

وإذا أطلقنا على هذه المواد الموروثة بالمادة الوراثية Genetic Material يمكننا تحديد حقول

الدراسة التالية:

1- ماهي المادة الوراثية وأين توجد؟

2- كيف تكونت هذه المادة الوراثية وكيفية انتقالها إلى الجيل التالي لتأمين استمراريتها وكيفية تغييرها.

3- كيف تنتظم المادة الوراثية وكيف تعمل من حيث الترجمة المادية للصفات ابتداءً من المادة الوراثية.

4- ماذا يحدث للمادة الوراثية بين مجاميع الأحياء بمرور الوقت.

تعتبر الأسئلة أعلاه هي أقسام الوراثة مع افتراض أن قسماً منها له أهمية خاصة لعصور تاريخية معينة وساهت العلوم الأخرى في رفق علم الوراثة بمعلومات جديدة فتحت المجال للمختصين في علوم الوراثة إلى البحث في جميع الكائنات الحية من أبسطها كالفايروسات والبكتريا مروراً بالأنواع النباتية والحيوانية والإنسان.

مقدمة تاريخية:

بدأ علم الوراثة الحديث عندما اكتشف العالم Gregor Mendel من دراسته على البزاليا قوانين التوارث المسماة باسمه وأوضح بأنها وحدات بدائية تتحكم بالصفات الموروثة وهذه الوحدات تنتقل بين الأجيال بنظام متجانس محقق النتائج ويمكن أن تدعى مثل هذه الوحدات بالوحدة الوراثية أو الجين Gene والتي يجب أن يتوفر فيها شرطين أساسين هما:

1- أنها تورث بين الأجيال بشكل أن لكل جين نسخة حقيقية من هذه الوحدة الطبيعية.

2- تجهز حاملها بمعلومات عن التركيب والوظيفة وغيرها من الفعاليات الحيوية.

ولوجود هاتين الخاصيتين للجين هناك طريقتين للبحث التاريخي للظواهر الوراثية هما:

1- التعرف على طبيعة الوحدة الفيزيو-كيميائية.

2- اكتشاف طرق وكيفية وسلوكية وكيفية ظهور وتوارث الصفة البيولوجية.

حتى حلول القرن العشرين كان البحث في هذين الاتجاهين منفصلاً عن بعضه بسبب ضآلة المعلومات عن مادة التوارث والصفة المتوارثة.

هناك عدة نظريات حول الوراثة ظهرت قبل القرن الثامن عشر ومن بينها:

1- نظرية النشوء الذاتي Spontaneous Generation في العديد من الكائنات الحية وخصوصاً البدائية منها من توافقات معينة للمواد المتفسخة.

2- إن مولد الكائن الجديد يكون فقط من خلال استمرارية الحياة أي النقل المستمر للمادة الحية من جيل إلى آخر وتسمى هذه النظرية Preformation.

3- إن العوامل الجديدة مثل الأنسجة والأعضاء تظهر خلال تطور الكائن الحي ولا توجد في تكوينه الأصلي ويعتقد بأن هذه الأعضاء تظهر بصورة حديثة من خلال قوى حيوية غامضة وتسمى هذه النظرية Epigenesis.

4- إن نشوء الأعضاء الجديدة يكون نتيجة تحول تدريجي من أنسجة متخصصة بصورة تدريجية ومنتزعة.

اعتقد داروين بوجود جسيمات غير مرئية تشكل نسخاً صغيرة ومضبوطة لكل عضو من أعضاء الجسم ومكوناته تدعى بالبريم Gemmules وهي جسيمات تطوف بحرية أرجاء الجسم في مجرى الدم ثم تنتقل إلى الأعضاء الجنسية حيث يتم تشكيلها في كاميطات.

في نهاية القرن التاسع عشر تم الحصول على العديد من الاكتشافات المهمة والتي ارسى الدعائم للتحقيق الأدق للمصادر الوراثية وذلك عن طريق معرفة تفاصيل موسعة عن تركيب الخلية والانقسام الخلوي. وظهرت فكرة الخيوط النووية التي تصطبغ بصبغة داكنة والتي سميت بالصبغيات Chromosomes وإنها تنقسم طولياً خلال الانقسام الخلوي ويبقى الطول الكلي للصبغيات ثابتاً في جميع خلايا الكائن الحي ما عدا في فترة تكوين الكاميتات. وفي الكاميتات يختزل عدد الكروموسومات ويعود وضع الكروموسومات إلى طبيعته عند اتحاد نواتي الكاميتات الذكرية والانثوية خلال الأخصاب لتكوين أول خلية جنينية.

لذا فإن الربط الخلوي بين الأبناء والآباء والذي يحدث من خلال الكاميطات يرافق الارتباط الكروموسومي بين جيل وآخر. إن كروموسومات الأبناء تساوي كميّاً عدد كروموسومات الآباء وكذلك مساوية لها نوعياً أيضاً وأي اختلاف في طول الكروموسومات للآباء سيمرر إلى الأبناء.

إن الكائن الحي يعطي شكلين من الأنسجة وهي:

1- **الخلايا الجسمية Somatoplasma**: وهي الأنسجة الضرورية لفعالية الأعضاء ولكنها تفتقد القدرة على التكاثر الجنسي وبالتالي فهي لا تنتقل إلى الأبناء.

2- **الخلايا الجنسية Germplasma**: وهي الأنسجة المستخدمة لأغراض التكاثر والانتقال للأبناء وأي تغيير يحدث فيها يؤدي إلى حدوث تغيير في الوراثة.

- **صفات الأحياء المفيدة في التجارب الوراثية:**

1- التباين.

2- القدرة على تكوين اتحادات جديدة.

3- التزاوج المنتظم.

4- قصر دورة الحياة.

5- عدد كبير من الأبناء.

6- سهولة إدارة الكائن الحي من الناحية العملية.

الاستخدامات العملية في الوراثة:

1- تحسين وزيادة إنتاجية المحاصيل الغذائية والحيوانات الزراعية.

2- استنباط الأصناف والسلالات المقاومة للأمراض والملائمة للتربية.

3- الاستخدامات في العلوم الطبية للتعرف على الكثير من الأمراض والحالات الشائعة.

4- حقل الاستشارات الوراثية.

5- استخدام الوراثة في الميادين الشرعية مثل مجاميع الدم وبصمة الـ DNA لحل مشاكل الأبوة وخط الأطفال في المستشفيات والأطفال غير الشرعيين.

الوراثة النظرية

تجارب مندل:

أوضح العالم الراهب غريغور مندل أنه بالإمكان استخدام الجبر البسيط في وصف ميل النسل إلى التشابه مع الآباء وقد أوجد هذا العالم طريقة تحليل المعلومات الوراثية والتي لا تزال تستخدم حتى الوقت الحاضر والتي أشرت ولادة علم الوراثة كطريقة مميزة للنظر إلى الكائنات الحية وتحليل الظواهر البيولوجية، وقد وضع مندل اثنين من الظواهر المهمة للجين الا وهي:

- 1- إن الجين ينتقل من الآباء إلى الأبناء.
 - 2- إن الجين له تأثير معين على الكائن الحي الذي يحتويه.
- يعرف الجين على أنه أصغر وحدة في الكائن الذي له القدرة على نقل وإظهار المعلومات الوراثية.

لقد وقع اختيار مندل لنبات البازليا في دراسته للأسباب الآتية:

- 1- إن نظام الزهرة في البازليا يضمن التلقيح الذاتي وعدم التلوث بلقاح غريب.
- 2- إن عملية التلقيح الصناعي بسيطة وسهلة لا تتعدى فتح الغلاف ونزع المتك من ازهار الأم قبل انفتاحها والتلقيح مباشرة بلقاح النبات المرغوب.
- 3- وجود أصناف أصلية كثيرة من البازليا بينها فروق عديدة من الصفات التي يمكن تمييزها بسهولة.
- 4- إن الهجين والنسل الناتج منها كاملة الخصوبة.

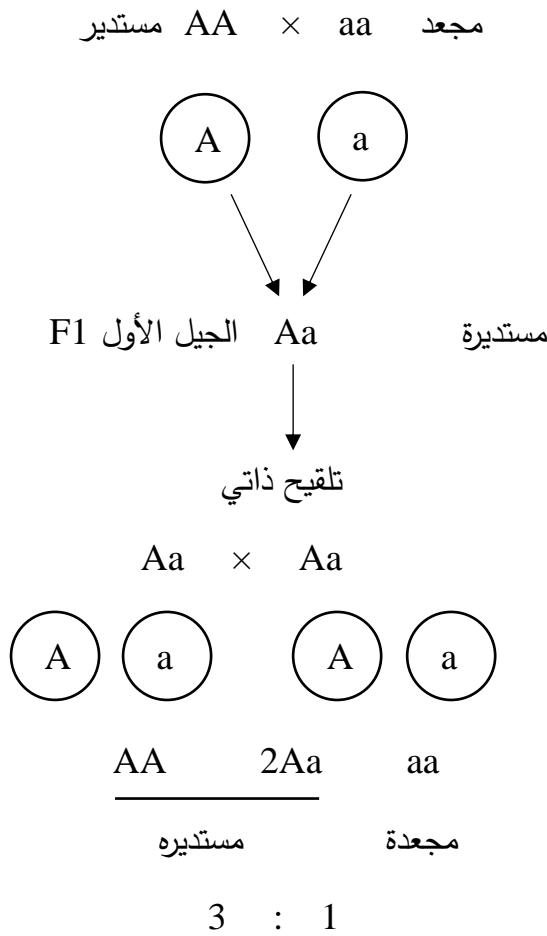
والأسباب التي ذكرها تظهر الخصائص التي يجب إن يتميز بها الكائن الحي الذي يستعمل حالياً في الدراسات الوراثية وهي:

- 1- يتميز أفراده باختلاف أو تباين في صفاتها المحلية.
 - 2- سهولة تربيته وتنمية أجياله وبتكاليف قليلة ووقت قصير.
 - 3- قصر دورة حياته.
 - 4- سهولة تزاوجه وكثرة عدد أفراد نسله.
 - 5- سهولة التعرف على التراكيب الجديدة.
- لذلك تعتبر الكائنات الدقيقة مثل الفيروسات والبكتريا والفطريات وبعض الحشرات مثل الدروسوفيليا مناسبة أكثر في الدراسات الوراثية. ولكل جين شكلين مختلفين للجين التي يطلق عليها اسم الاليلات alleles.

تعريف الاليلات alleles: هي الأشكال البديلة للجين التي لها نواتج جينية متماثلة تقريباً وتعمل بشكل متكافئ في التوريث.

قانون مندل في انعزال الاليلات: Mendel's law of Segregation of Alleles

قام مندل بتهجين نبات أصيل homozygous له اليلات متماثلة وبذوره مدورة الشكل بنسختين من الاليل A وتركيبه الوراثي AA مع نبات أصيل آخر ينتج بذوراً مجعدة (نسختين من الاليل a) وتركيبه الوراثي (aa) وذلك بنقل حبوب اللقاح من أحد النباتات إلى مبيض نبات آخر وكونها أصيلة فإنها تنتج نوعاً واحداً من الكميات gametes وتسمى هذه التجربة بتهجين الهجين الأحادي وتكون جميع بذور الجيل الأول F₁ خليطة heterozygous (Aa) ويكون اليل الاستدارة (A) من أحد الآباء واليل التجعد (a) من الأب الآخر وكان اليل الاستدارة سائداً (بسبب ظهوره) واليل التجعد كان متنحياً (بسبب عدم ظهوره).



وعند زراعة هذه البذور حصل على الجيل الثالث المكون من:

1/4 AA أصيل مستدير

1/2 Aa خليط مستدير

1/4 aa أصيل مجعد

النسبة هي: 1 : 2 : 1

وقد لاحظ مندل أن هذه النسبة الوراثية تتفق تماماً مع المعادلة الجبرية $(A^2+2Aa+a^2)$

من التجارب التي اجراها مندل قام باستخلاص الملاحظات التالية:

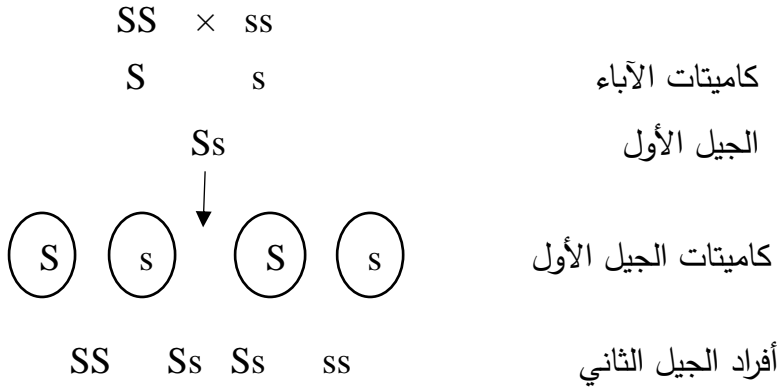
- 1- وجود عوامل (تدعى بالمحددات الوراثية أو العوامل) ذات طبيعة خاصة.
- 2- لكل نبات بزاليا بالغ اثنان من العوامل واحد من كل أب ولكل صفة.
- 3- لكل خلية جنسية عامل واحد فقط (حبة لقاح أو بيضة).
- 4- خلال تكوين الخلايا الجنسية يمكن لأي زوج من العوامل في نبات الأب أن يمر بتكرار متساوي إلى الخلايا الجنسية.

5- يكون اتحاد الخلايا الجنسية لغرض تكوين الفرد الجديد أو اللاقحة Zygote عشوائياً.

ومن خلال هذه التجارب التي تشمل الهجين لصفة واحدة قام باستنتاج قانون انعزال الاليلات والذي ينص: ((عاملا أي زوج من الصفات المتضادة أو الاليلية ينعزلان عن بعضهما عند تكوين الكاميتات دون أي تغيير)).

الطرز المظهري والتركيب الوراثي:

لو فرضنا أن التركيب الوراثي (SS) يرمز إلى الفرد الطويل (الأب) والتركيب (ss) يرمز للفرد القصير للأب الآخر فعند تزاوجهما ينتج أفراد الجيل الأول (Ss) وتكون كلها طويلة، وعند تزاوج أفراد الجيل الأول مع بعضها نحصل على اتحاد كميتين إما تكونا متماثلين (s) مع (s) أو (S) مع (S) وإما مختلفين (s) مع (S) أو بالعكس وعلى النحو الآتي:



النسبة المظهرية (1) قصير: (3) طويل

النسبة الوراثية (1) قصير أصيل: (2) طويل خليط: (1) طويل أصيل

ويعرف التركيب العاملي للفرد بالتركيب الوراثي Genotype والشكل الظاهري بالمظهر الخارجي Phenotype ويدعى (SS) أو (ss) متماثل التركيب العاملي أو أصيل homozygous والفرد الخليط (Ss) مختلف أو غير متماثل التركيب العاملي أو خليط Heterozygote، والأفراد التي تظهر بها الصفة السائدة قد تكون أصيلة أو خليطة وعليه فإن ((فئات الشكل الظاهري في الجيل الثاني لا تدل على التركيب العاملي وتعرف النسبة المبنية على الشكل الظاهري بالنسبة المظهرية Phenotypic ratio والنسبة المبنية على التركيب العاملي بالنسبة الوراثية Genotypic ratio)).

السلالة النقية - الهجين:

احدى الصفات التي تظهر في نبات الكوليوس هو شكل حافة الورقة من حيث شكل التفصيص، بعض النباتات لها حافة غير عميقة التفصيص وبعضها ذات تفصيص عميق ولنفرض أن نباتين قد استنبط بعد أجيال عديدة من التلقيح الذاتي (أي النبات يكون أب وأم في نفس الوقت)، فإذا اعطي كل نبات بعد إعادة الزراعة المظهر الخارجي نفسه أي نبات ذو أوراق عميقة، والنبات ذو الأوراق الخفيفة التفصيص يعطي دائماً نبات ذوات أوراق خفيفة التفصيص، فإنه يطلق على مثل هذه الحالة أسم نباتات نقية الآباء Pure breeding ، ولو اجري تهجين بين هذين النباتين النقيين وراثياً أي بين نبات عميق وآخر خفيف التفصيص، قد يظهر الناتج كما يلي:

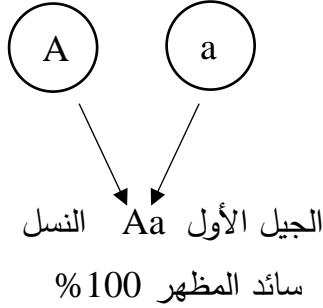
- 1- ان جميع النسل يشبه أحد الأبوين فقط.
- 2- بعض النسل يشبه الأب والبعض الآخر يشبه الأم.
- 3- جميع النسل متشابه فيما بينهما وتأخذ مظهراً وسطياً بين الأبوين.
- 4- لا يشبه النسل أي من الأبوين ولا يكون وسطاً بينهما.
- 5- يظهر عدد كبير من الأشكال في النسل بعضها عميق التفصيص والبعض الآخر خفيف التفصيص والباقي ذات تغيير مستمر بين الآباء.

الوراثة النظري

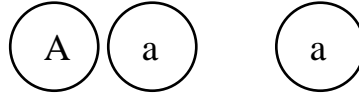
التلقيح الاختباري: وهو عملية التلقيح بالمتحي الأصيل لغرض التمييز بين الفرد السائد الخليط والفرد السائد الأصيل من خلال دراسة صفات النسل الناتج.

فإذا كان هناك فرد سائد المظهر ونريد معرفة ما إذا كان أصيلاً أم خليطاً نقوم بتلقيحه بالمتحي فإذا أعطى نسلًا بنسبة 100% سائد فيمكننا الحكم عليه بأنه أصيل، أما إذا أعطى نسلًا 50% متحي و 50% سائد فيدل ذلك على كون الفرد المختبر خليطاً.

متحي aa × AA أصيل



Aa × aa



Aa : aa
متحي 50% سائد 50%

التلقيح الرجعي:

إذا لقح فرد هجين من $F1$ إلى أحد أبويه أو مثلهما في التركيب الوراثي يكون نصف النسل الناتج خليط والنصف الآخر نقي وهذا إثبات كون الفرد الخليط ينتج نوعين من الكميات بأعداد متساوية.

مثال:

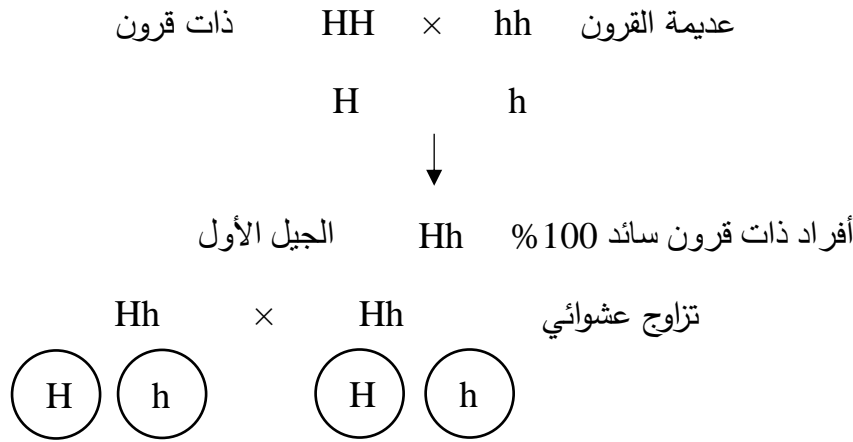
P: أبيض الأزهار cc × أحمر الأزهار CC
G: c C
F1: حمراء Cc × CC
P2: Cc × cc
F2: أبيض متحي نقي cc 1 : أحمر هجين Cc 1 CC : 1 Cc

وهذه بعض التحقيقات للتأكد من صحة فروض العالم مندل.

تحويلات النسب المنديلية: (3 : 1)

1- السيادة التامة: هو أن الصفة تظهر نفسها بصورة كاملة في جميع النسل. وعند تهجين الأفراد المختلفة من النسل أو السماح لها بالتلقيح الذاتي فيمكن أن تظهر $\frac{3}{4}$ من أفراد الجيل الثاني سائدة و $\frac{1}{4}$ متحي.

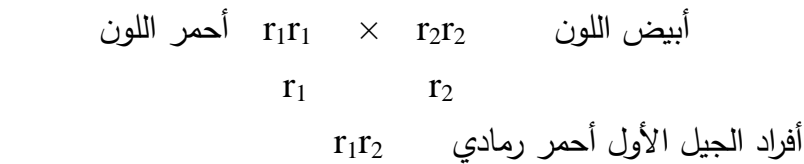
مثال: تتزاوج أبقار ذات قرون أصيلة مع أبقار عديمة القرون (متتحية أصيلة)، ماذا سيكون أفراد الجيل الأول والثاني؟



$\frac{1}{4} HH$	$\frac{1}{2} Hh$	$\frac{1}{4} hh$
ذات قرون سائدة		عديمة القرون متتحية
3	:	1
$\frac{3}{4}$		$\frac{1}{4}$

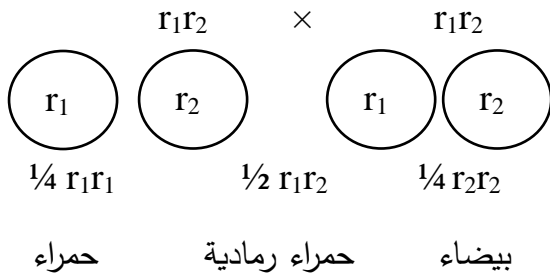
2- السيادة غير التامة:

يقصد بالسيادة غير التامة أن التزاوج الناتج بين أفراد سائدة أصيلة مع أفراد متتحية أصيلة سيعطي أفراداً في الجيل الأول تحمل صفة وسطية بين الأبوين ومثال على ذلك في أبقار الشورتهورن، هناك أفراد أصيلة حمراء اللون يرمز لها r_1r_1 وأفراد بيضاء اللون ويرمز لها r_2r_2 فعند تزاوج أبناء من كلا اللونين فإن النسل الناتج سيكون ذات لون أحمر رمادي وكما يلي:



وعند السماح للأفراد ذات اللون الأحمر رمادي بالتزاوج سيكون الجيل الثاني

25% أفراد حمراء اللون ، 50% أفراد حمراء رمادية اللون ، 25% أفراد بيضاء اللون وكما يلي:



3- السيادة المشتركة: Codominance

في هذه الحالة توجد على سبيل المثال في الأبقار هناك أفراد هجينة (خليطة) تظهر عند فحص جلد الأبقار المشخصة بلون جسم Roan (رون) بصورة مقربة نجد أن جلدها يحتوي على الشعيرات الحمراء والبيضاء. كذلك الحال في مجاميع الدم في الانسان MN حيث ينتج اجساماً مضاداً من كلا النوعين M وN ولا تنتج مادة وسطية بين الاثنين وهذا ما يدعى بالسيادة المشاركة أو المشتركة.

4-السيادة الفوقية أو التفوق Epistasis:

يدعى تداخل النشاط للجينات المختلفة (غير الاليلية) بالتفوق فعندما يقوم جين بإخفاء تأثير جين آخر غير اليلي يكون متفوقاً على ذلك الجين. فالتفوق هو تداخل بين الجينات غير الاليلية. أما السيادة فهي تداخل بين الاليلات المختلفة للجين ذاته.

مثال: في دجاج الكهرون الأبيض فإن اللون الأبيض ناتج عن وجود جين سائد مانع للون (I) حتى لو كان الطائر يحتوي على جينات اللون فإنها لا تستطيع أن تظهر تأثيرها بوجود الجين (I-). من ناحية أخرى فإن وجود سلالة أبيض سلكي تكون بيضاء بسبب احتوائها على الجين المتحمي (c) والذي يعمل على منع صنع المادة الأساسية الضرورية للصبغة.

عند التهجين بين اللوكهرون الأبيض (IICC) مع أبيض سلكي ينتج نسبة الجيل الثاني 13 : 1 وكما يلي:

P: ابيض سلكي iicc × IICC لكهرون ابيض

F1: الجيل الأول IiCc

ابيض IiCc × IiCc

نلاحظ أن الجين I متفوق على الجين المسؤول عن اللون C لذا فعامل إنتاج اللون هو جين متفوق عليه(متخفي) ولهذا تحولت النسبة إلى 3: 13

	IC	Ic	iC	ic
IC	IICC أبيض	IICc أبيض	IiCC أبيض	IiCc أبيض
Ic	IICc أبيض	Iicc أبيض	IiCc أبيض	Iicc أبيض
iC	IiCC أبيض	IiCc أبيض	iiCC ملون	iiCc ملون
ic	IiCc أبيض	Iicc أبيض	iiCc ملون	iiCc أبيض

النسبة 13 : 3

$$F2: \frac{9 I_C_ : 3 I_cc : 1 iicc : 3 ii C_}{13 \text{ ريش ابيض}} : \text{ريش ملون}$$

الوراثة النظرية

العوامل المميتة: هو محور ثاني للنسب المظهرية للصفة الواحدة ناتج عن تأثير الجينات التي تميت حاملها ذو تركيب وراثي معين. وهنا تظهر أهمية التأثير عند مرحلة التطور التي يظهر فيها التأثير المميت Lethal effect مثال على ذلك صفة الدجاج الزاحف Creeper Fowl ويكون للطائر المريض بهذه الحالة سيقان واجنحة قصيرة ومشوهة فعند تهجين Creeper × Creeper ينتج عنه دائماً 2 زاحف إلى 1 عادي، أما الطائر الزاحف النقي homozygous Creeper فيتميز بتشوهات كبيرة أكثر من الهجين، لذا فإنه يموت خلال فترة الحضانة (بعد أربعة أيام)، وعند تضريب زاحف هجين مع زاحف هجين نحصل على التراكيب التالية:

$$\frac{1}{4} \text{ عادي} + \frac{1}{2} \text{ زاحف} + \frac{1}{4} \text{ ميت}$$

وقد أوضح العالم لاندور Landauer أن الجين الذي ينتج هذا المرض يسبب تأخير نمو الجنين بصورة عامة وإن التأثير يكون أكبر في مرحلة تكوين الأطراف.

وفي الإنسان هنالك جين متغلب يسبب المرض المعروف بـ Huntington's chorea فعند وجود هذا الجين مع زوج آخر من الجينات التي تسبب الاذن الطليقة (A _ free lobes) و (aa) يسبب الاذن الملتصقة، فعند الزواج بين امرأة ورجل مختلفان وراثياً للصفاتين أي (HhAa) × (HhAa) (حيث H يمثل الجين الذي يسبب المرض و h الجين الذي يعطي المظهر الاعتيادي) ويتوقع نسبة 9 : 3 : 3 : 1 في البداية ثم تصبح النسبة 3 اذن طليقة : 1 اذن ملتصقة بعد ظهور اعراض المرض وموت الافراد الحاملة للجين المتغلب (بعد عمر 35 سنة).

وفي النباتات التي تتميز بقدرتها على صناعة غذائها بنفسها من ثاني أوكسيد الكربون والماء بواسطة التركيب الضوئي ومثال على ذلك في الذرة الصفراء *Zea mays* هناك العديد من الجينات التي تؤثر في إنتاج الكلوروفيل ويرمز لأحد هذه الجينات (G) والذي ينتج كلوروفيل بشكل اعتيادي وهو جين تام السيادة على اليه g بحيث أن النباتات ذات التركيب الوراثي Gg تحتوي على الكلوروفيل وتستطيع القيام بعملية التركيب الضوئي والنباتات ذات التركيب الوراثي (gg) لا تنتج الكلوروفيل وتكون بيضاء مصفرة (بسبب استمرار انتاجها للصبغات الكاروتينية) وعلى هذا الأساس فإن:

$\frac{1}{4}$ النسل للآباء الهجينة يخلو من الكلوروفيل والنسبة المظهرية 3 : 1 اخضر إلى اصفر، لذا فإن التضييب بين هجينين نحصل على النسبة المظهرية (3 : 1) أو (1 : 3) بدلاً من النسبة المعروفة 3 : 1 بعد حوالي الأسبوعين.

P: اخضر هجين $Gg \times Gg$ اخضر هجين

F1: $\frac{1}{4}$ اخضر نقي + $\frac{1}{2}$ اخضر هجين + $\frac{1}{4}$ اصفر يموت

وعليه تتحول النسبة الوراثية إلى 2 : 1 وكلالهما ذات شكل مظهري واحد وهو الأخضر لان الأصفر (gg) يموت بسبب وجود الجين المتنحي المميت.

الوراثة النظري

تحويلات النسب المنذلية للهجين الثنائي

نسب زوجين من الجينات الحرة:

في حالة السيادة التامة: في نبات الكوليوس لوحظ أن هناك تعرق منتظم (عادي) Regular وهو عبارة عن عرق وسطي ذو فروع منتظمة والتعرق الآخر هو شاذ التعريق Irregular، من الناحية الوراثة تكون صفة عدم الانتظام في التعرق سائدة على صفة التعرق المنتظم فعند تهجين نبات نقي وراثياً لكل من صفتي التفصيص العميق الحافة DD وذو تعرق غير منتظم مع نبات آخر ذو تفصيص خفيف dd وتعرق منتظم وكما يلي:

خفيف التفصيص منتظم التعرق	×	عميق التفصيص غير منتظم التعرق
ddii		DDII
الكاميت		الجيل الأول عميق التفصيص غير منتظم التعرق
DdIi		

نتائج التزاوج بين أفراد الجيل الأول ستكون:

1/16 خفيف التفصيص منتظم التعرق

3/16 عميق التفصيص منتظم التعرق

3/16 خفيف التفصيص غير منتظم التعرق

9/16 عميق التفصيص غير منتظم التعرق

$$9/16 D_I_ + 3/16 ddI_ + 3/16 D_ii + 1/16 ddii$$

تكون النسب المظهرية كالاتي وبطريقة سريعة

$$\begin{aligned} & 3/4 D_ + 1/4 dd \\ & 3/4 I_ + 1/4 ii \end{aligned}$$

التفوق المتنحي: هذه الحالة يمكن ملاحظتها في لون الفئران:

- اللون البري (اجوتي: agouti) وجود حزم لونية الشعر فيكون الجزء القريب من الجلد ذو لون رمادي بعدها حزمة صفراء ثم الجزء البعيد عن الجلد يكون لونها أسود.
- الأبيض التام ويسمى البينو Albino فقدان كلي للصبغة (شعر أبيض وعيون وردية).
- الأسود التام.

فعند تهجين فئران سوداء مع بيضاء تكون أفراد الجيل الأول اجوتي وعند تزاوج داخلي لهذه الأفراد تكون النسبة:

$$9 \text{ اجوتي و } 3 \text{ اسود و } 4 \text{ ابيض}$$

لو فرضنا أن أحد زوجي الجينات يشتمل على الليل واحد لإنتاج اللون والآخر للون المضاد وهذا الأخير قد يعود إلى وجود انزيم غير فعال أو فقده في إحدى المراحل لإنتاج الصبغة ونفترض أيضاً أن الزوج الآخر من الجينات يشتمل على الليل اللون الاجوتي والليل اللون الأسود.

فلو جربنا التركيب الوراثية الآتية:

A (اجوتي) تكون الحلقة الصفراء C_ أسود

a عدم تكوين الحلقة الصفراء cc البينو (تأثيره متفوق متتحي)

سيكون تغلب اللون الاجوتي على الأسود من الفئة 9/16 للاجوتي مقابل 3/16 للأسود في الجيل الثاني.

البينو × أسود
aaCC × AAcc
اجوتي AaCc

اجوتي 9/16 A_ C_

أسود 3/16 aaC_

البينو 3/16 A_cc

البينو 1/16 aacc

نلاحظ أن أي فرد تركيبه الوراثي CC_ يكون أبيض ويسمى مثل هذا الجين الذي يخفي تأثير أحد أو كل من الأزواج المختلفة من الجينات بالجين المتفوق فالجين c متفوق على كل من A و a ويمكن أن نطلق على مثل هذه الحالة بالتفوق المتتحي بسبب كون الزوج المتتحي CC متفوقاً على الزوج الآخر.

التفوق المتتحي متماثل التأثير: وهذه الظاهرة لوحظت في بعض أنواع البرسيم الأبيض حيث تحتوي على نسبة عالية من حامض هيدروسيانيك (HCN) في حين أنواع أخرى لا تحتوي على هذا الحامض.

إن الأنواع التي تحتوي على هذا الحامض لها مجموع خضري قوي وعند تضريب نباتات تحتوي على الحامض (موجب+) مع أخرى لا تحتوي على الحامض (سالِب)، وبافتراض أن وجود الحامض يتحكم به زوج من الجينات مع وجود سيادة تامة فعند التضريب نحصل في الجيل الأول كله موجب

سالِب × موجب

الجيل الأول موجب

الجيل الثاني 1 سالِب : 3 موجب

ولكن في احدى التهجينات حصل العالم أتوود وسوليفان على نتائج غير متوقعة

سالِب × موجب

الجيل الأول موجب

الجيل الثاني 1 سالِب : 3 موجب

256 : 351

وهذه مغايرة للنسبة المتوقعة 1 : 3 أي (455 : 152) لذلك اقترح بوجود التفوق المتتحي متماثل التأثير والتي تشير إلى وجود زوجين من الجينات يتحكمان في محتوى حامض الهيدروسيانيك HCN .

التفوق السائد المتنحي:

لوحظت هذه الحالة في سلالة معينة من دجاج اللوكهورن الأبيض حيث أن اللون الأبيض يعود إلى وجود جين سائد مانع للون (I).

حتى وإن كان الطائر يحتوي على جينات اللون فإن تأثيرها لا يظهر بسبب وجود الجين (I₋). من جهة ثانية فإن سلالة الدجاج أبيض سلبي تكون بيضاء بسبب احتوائها على الجين المتنحي (c) والذي يعمل على منع صنع المادة الأساس الضرورية للصبغة وعند التهجين بين

لوكهورن أبيض IICC × iicc مع أبيض سلبي تكون نسبة الجيل الثاني 3 : 13 كما يلي :

P: ابيض سلبي IICC × iicc لوكهورن ابيض
F1: أبيض IiCc الجيل الأول
ابيض IiCc × IiCc

في الجيل الثاني ستكون النسب الوراثية والمظهرية كما يلي:

I_C_ : 9 أبيض

ii C_ : 3 ملون

I_ cc : 3 أبيض بسبب وجود الجين المانع للون I

iicc : 1 أبيض بسبب وجود cc المتنحي يمنع ظهور الصبغة.

أي أن النسبة تكون أبيض 13 وملون 3 .

الوراثة النظري

الايالات المتعددة وتوارث مجاميع الدم (الفصل الحادي عشر)

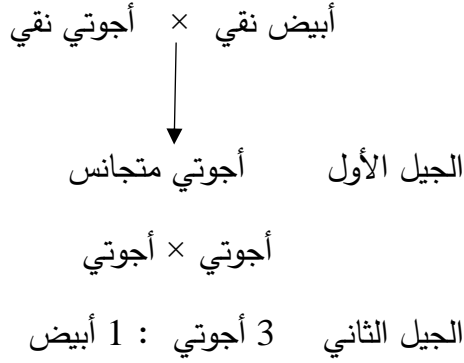
الايالات المتعددة: تسمى الايالات بالمتعددة Multiple Allele في حالة اشغال ثلاثة أو أكثر من

الجينات نفس الموقع الكروموسومي لزوج معين من الكروموسومات المتشابهة.

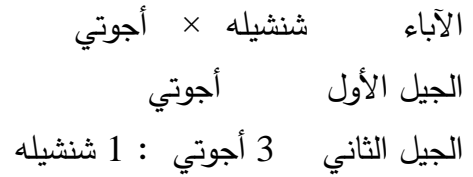
مفهوم الايالات المتعددة: في الارانب يكون لون الفرد للطرز البرية ذو لون أجوتي agouti ويكون لون الشعر بشكل حزم لونية مختلفة فالقسم القريب من الجلد يكون ذو لون رمادي تليها حزمة صفراء بينما يكون لون أطراف الشعر أسود أو قهوائي.

أما الارانب البيضاء Albino فهي لا تحتوي على أي صبغة، وعند تزواج أفراد نقية ذات لون أجوتي مع أفراد نقية ذات لون أبيض تكون أفراد الجيل الأول أجوتي. أما أفراد الجيل الثاني الناتج من تزواج أفراد الجيل الأول فنحصل على ثلاث نسب مظهرية أجوتي إلى واحد أبيض.

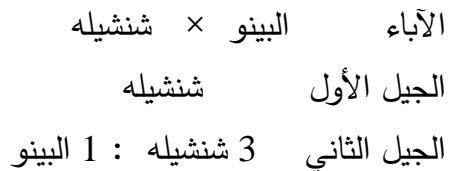
هذه الحالة تدل على توارث زوج واحد من الجينات وأن اللون الأجوتي متغلب على اللون الأبيض



هناك نوع آخر من الارانب يدعى لونها (شنشيله) وهو لون فاقد للصبغة الصفراء ويكون لون الشعر (أسود رمادي) فعند اجراء تضريب بين أجوتي وشنشيله نحصل على النسب الآتية:



هذا يعني أن الأجوتي متغلب على الشنشيله، أما عند تهجين أفراد شنشيله مع أفراد ذات لون أبيض فتكون الأفراد للجيلين الأول والثاني كالاتي:



أي أن جينات الشينشيله والأبيض اليلية أيضاً ويطلق عليها سلسلة الايالات المتعددة. Multiple Alleles

هناك نوع آخر من الأرناب لون الفرد يدعى هيمالايا يكون لون الفرد فيها أبيض ماعدا الأطراف (الأنف، الأذن، الأقدام، الذيل) والعيون تكون ملونة. فعند إجراء التهجين للهيمالايا لوحظ أن هذا النوع متغلب على الأبيض ولكنه متحي بالنسبة للأجوتي والشنشيليا

الآباء هيمالايا × البينو
الجيل الأول هيمالايا
الجيل الثاني 3 هيمالايا : 1 البينو

الآباء هيمالايا × شنشيله
الجيل الأول شنشيله

الجيل الثاني 3 شنشيله : 1 هيمالايا

يرمز للجين الأجوتي بالرمز C^+ ، يرمز للجين الشنشيله بالرمز C^{ch} ، يرمز للجين الهيمالايا بالرمز C^h ، يرمز للجين الأبيض بالرمز C ، ويكون النسل الناتج في الجيل الأول والثاني للتهجينات السابقة (المظهر الخارجي والتركيب الوراثي) لهذه السلسلة كالآتي:

التركيب الوراثي	المظهر الخارجي
C^+C^+ , C^+C^{ch} , C^+C^h , C^+C	أجوتي
$C^{ch}C^{ch}$, $C^{ch}C^h$, $C^{ch}C$	شنشيله
C^hC^h , C^hC	هيمالايا
CC	البينو

ويلاحظ أنه بالإمكان الحصول على عدة تراكيب وراثية فمثلاً زوج واحد من الاليلات يعطي ثلاث تراكيب وراثية وكلما زاد عدد الاليلات زادت عدد التركيب الوراثية بسرعة أكبر كما في الجدول الآتي:

عدد التراكيب الوراثية	عدد الاليلات في السلسلة
3	2
6	3
10	4
15	5
$n(n+1)/2$	n

إن هذه الزيادة في عدد التراكيب الوراثية بصورة أسرع من الزيادة في عدد الاليلات يعطي زيادة كبيرة في التباين الوراثي في المجتمعات النباتية أو الحيوانية.

لون الفراء البلاتيني في الثعالب: هنالك أنواع للون فراء الثعالب وكما موضح في الجدول:

الشكل المظهري	التركيب الوراثي
فضي Silver – Wild -type	W^+W^+
بلاتيني Platinum	$W^P W^+$
بيضاء الوجه فضية الفراء	$W W^+$
تموت: اليلاتها تسبب الموت إذا ظهرت بحالة نقية في التركيب الوراثي	$W^P W^P$
	WW
	$W^P W$

إن وراثة لون فراء الثعالب صفة يهتم بها المربين لما فيها من فائدة اقتصادية وعائد ضخم على الرغم من معرفتهم بوجود عوامل مميتة إذا كانت بحالة نقية.

مجاميع الدم في الانسان:

تفاعل الانتيجين مع الأجسام المضادة Antigen-Antibody Reaction

يتكون الدم من مكونين أساسين:

الأول: خلايا كريات الدم الحمراء والبيضاء والمسطحة.

الثاني: سائل بلازما الدم أو المصل Serum وهو بلازما الدم الخالية من البروتين المسمى الفايبرونوجين Fibrinogen.

عند زرق أو حقن عنصر دخيل (الانتيجين) في مجرى الدم لحيوان مثلاً يحفز الدم على إنتاج أجسام خاصة تدعى بالأجسام المضادة Antibody والتي تتفاعل مع الانتيجين Antigen الداخل وهذه الأجسام المضادة تسمى بالأجسام المكتسبة لاعتماد إنتاجها على دخول جسم غريب، ويكون هذا الشكل الأساسي لعملية المناعة Immunization، وفي بعض الحالات تنتج الأجسام المضادة بصورة طبيعية من قبل الدم حتى في غياب الانتيجين المناسب، وتعمل هذه الأجسام المضادة الطبيعية Natural antibodies.

طبيعة توارث مجاميع الدم A و B و AB و O:

لوحظ من خلال الدراسات التي أجريت في تحليل نسب الانسان أن الأطفال ينتجون الانتيجين A فقط عندما يكون أحد الأبوين منتجاً لهذا الانتيجين وبالمثل بالنسبة للانتيجين B. وكذلك يمكن أن نجد أفراد مجموعة الدم O في نسل الآباء للذين لهم مجموعة الدم A و B، ويقترح تنحي جين مجموعة الدم O. إن زواج أب من مجموعة الدم A من أم من مجموعة الدم B يعطي في بعض الأحيان أطفال من مجموعة AB.

من خلال تحليل النسب لوحظ أن امتلاك الفرد أي اثنين من سلسلة الاليات المتعددة وبسبب أن الانتيجين المعني به هو من الشكل المعروف بـ Isoagglutinogens لذا تعرف هذه الجينات بـ I^A و I^B و i.

إن الانتيجين M و N لمجاميع دم الانسان لا يوجد لها أهمية في مجاميع الدم لأن الانسان لا ينتج مساحات الأجسام لهذه الانتيجينات، إلا أن لها أهمية خاصة من الناحية الوراثية من حيث اعتماد توارثها على زوج من الجينات المشاركة يطلق عليها L^M و L^N وببساطة يطلق عليها M و N فقط والتي تنتج المظاهر التالية:

الانتيجين المنتج	المظهر الخارجي
M	M
N	N
M و N	MN

في دراسة لوحظ أن نسبة الأفراد ذو M هو 29.2% ونسبة الأفراد MN = 49.6% ونسبة الأفراد N = 21.2% أي أن الجين M نفس الفرص من تكرار الجين N في أبناء الأفراد الناتجة للحصول على النسبة المذكورة 1:2، أن نسب النسل تعتمد بدرجة كبيرة على تكرار حدوث هذه الاليات.

الوراثة النظرية

مجاميع الدم في الإنسان Blood groups:

تولدت الاكتشافات والأبحاث حتى عرفت أربعة مجاميع أساسية للدم وهي: A , B , AB , O وهي مهمة في عملية نقل الدم. طبيعة توارث مجاميع الدم هي من سلسلة الاليلات المتعددة في البشر فهناك موقع جيني يسيطر على أنماط مجاميع الدم الأربعة وللموقع الجيني ABO ثلاثة اليلات شائعة هي I^O و I^A و I^B (الرمز I يرمز للانتجين)، للاليلات I^A و I^B سيادة مشتركة حيث أن للهجين $I^A I^B$ الانتجينات B-antigen و A-antigen أما الاليل I^O فهو متنح حيث لا توجد انتجينات للتركيب الوراثي $I^O I^O$ على الخلايا الدم الحمراء وعلى هذا الأساس يمكن وضع الجدول الآتي:

التركيب الوراثي	الجسم المضاد في المصل	الانتجين في الخلايا	المظهر الخارجي
$I^O I^O$	A , B	-----	O
$I^O I^A$ و $I^A I^A$	B	A	A
$I^B I^O$ و $I^B I^B$	A	B	B
$I^A I^B$	-----	A , B	AB

من الواضح وجود ثلاث اليلات للجين هي I^O و I^B و I^A ولكن في أي وقت يمتلك الإنسان اثنين منها فقط . وقد أشارت دراسات وجود مجاميع ثانوية أخرى مثل مجموعة I^A موجودة في 4 اليلات على الأقل مثل $I^{A1} I^{A2} I^{A3} I^{A4}$ ولكن الشائع على بقية السلالات هو I^{A2} ويمكن تمثيل علاقات السيادة لهذه الاليلات $I^A (I^{A1} I^{A2} I^{A3} I^{A4}) = I^B > I^O$.

مجموعة الدم M-N:

اكتشفت هذه المجاميع في عام 1927م وهو وجود نوعين من المستضدات على كريات الدم الحمراء ومستقلة عن المجاميع الأخرى، تختلف هاتين المجموعتين عن مجاميع ABO من أنها لا يوجد لها أجسام مضادة في مصل الدم بالإضافة إلى أن جسم الفرد لا يحرض لتكوين أجسام مضادة ضد المستضدات طبيعياً ولهذا ليس لهذه المجموعة أهمية في عمليات نقل الدم لكن أهميتها ترجع إلى الناحية الوراثية في تثبيت الأبوة.

إن السيادة بين المستضدين هما سيادة مشتركة

أمثلة: في أي من الحالات التالية يمكن إجراء نقل دم؟

الجدول الآتي يوضح عمليات نقل الدم في الإنسان بين شخص مانح وآخر مستلم.

المستلم المانح	A	B	AB	O
A	√	X	√	X
B	X	√	√	X
AB	X	X	√	X
O	√	√	√	√

عامل الـ RH: RH-Factor:-

في سنة 1940 تم حقن دم قرد من نوع Rheus إلى أرنب ولوحظ أن الأرنب قد كون مضاد ضد بعض صفات الدم للقرد وأنتج أجسام مضادة. وقد لوحظ أن هذه الأجسام المضادة من الأرنب ليس لها القدرة على التجلط في كريات دم القرد ولوحظت كذلك هذه الحالة في 85% من دم الإنسان أيضاً وعلى ذلك سميت الأجسام المضادة التي أنتجها الأرنب anti RH وسمي الأفراد الذين يتجلط دمهم بهذه الأجسام المضادة بـ RH⁺ بينما الذين لا يتأثر دمهم بها بـ RH⁻ وتكون نسبتهم 15% وقد لوحظ أنه نتيجة لنقل الدم من شخص لآخر تتكون نفس الأجسام المضادة وب نفس الطريقة السابقة إن هذه الأجسام المضادة RH ليست موجودة بشكل اعتيادي في السيرم ولكنها تتواجد كرد فعل دخول دم يحمل RH مخالفة مثلا قد توجد نتيجة للحمل ففي المرأة RH⁻ حملت طفلا من أب RH⁺ أو كنتيجة لنقل دم من شخص RH⁺ لآخر RH⁻.

أي يعني RH⁻ هي عدم قابلية أو قبول الدم لـ RH⁺ وعلى ذلك فعند نقل دم RH⁺ لشخص RH⁻ لأول مرة فإنه قد لا يحدث مشاكل وذلك لعدم تكون أجسام مضادة بالحجم الكافي لطرد الدم المنقول إليه ولكن في المرة الثانية فإن الأجسام المضادة قد تكونت وبذلك يرفض الدم لشخص RH⁻ دماً منقول إليه من شخص RH⁺. وب نفس الطريقة فإن امرأة RH⁻ تحمل لأول مرة بطفل RH⁺ قد تلد بدون مشاكل لكن في

المرّة الثانية والثالثة فإن كريات الدم تتعرض للتحلل وبالتالي يموت الطفل بما يعرف بمرض فقر الدم الشديد للطفل الذي يولد حياً (آرام الحمر الجنيني) Erythroblastosis fetalis أو يموت الجنين قبل الولادة.

علاقة مجاميع الدم في الإنسان مع بعض الأمراض:

وجد أحد العلماء عام 1953 أن سرطان المعدة والاثني عشري أكثر انتشاراً في الأشخاص الذين فصيلة دمهم A أو بحوالي 40% أكثر من المجاميع الأخرى. مجموعة O أقل عرضة للإصابة بتشوهات الأظافر ورضفة الركبة وأكثر إصابة بقرحة المعدة والأمعاء الدقيقة من الفصائل الأخرى.

وراثة مجاميع الدم في الحيوانات أزرعية:

المجاميع الدموية تتبع وراثة السيادة المشتركة كما هو في الإنسان ولكنها وراثة معقدة وذلك لوجود عدد من المواقع الجينية مسؤولة عن هذه الصفة وتعدد الاليلات لكل موقع جيني لذا فكل حيوان من النوع الواحد له تركيبة وراثية فريدة من نوعها لمجموعة دمه وعلى الرغم من ذلك يمكن تحديد الحيوان أو النسب إلى أبائه من فحص مجاميع الدم كما في الخيول والماشية، ومجاميع الدم غير مهمة من الناحية العلاجية ولكنها مهمة في حالات نقل الدم حيث يجب إجراء اختبار التطابق. من الحالات المسجلة حالة اليرقان التحليلي لكريات الدم الحمراء في المهر المولود حديثاً نتيجة تناوله حليب السرسوب من الأم الحاوي على الأجسام المضادة المحطمة R.B.C. عندما تكون مجموعة دم المهر مختلفة عن دم الأم ويمكن منع حدوث هذه الحالة بمنع المهر رضاعة أمه خلال 36 ساعة الأولى من ولادته لمنع امتصاص الأجسام المضادة في القناة الهضمية.

هناك عدة مجاميع لفصائل الدم يحكمها عدد من الاليلات المتعددة حيث أن للفصائل فوائد مهمة أهمها:

1- معرفة آباء الحيوان: وتفيد في اختبار نسب الحيوان لأغراض التربية والتحسين وكشف حالات التزوير ومخالفة لوائح جمعيات تسجيل السلالات.

2- تفيد في الكشف عن حالة الأنثى التوأم العقيم في الأبقار Freemartin وتحصل هذه الحالة عند اتحاد الأوعية الدموية المشيمية للتوائم (ذكر وأنثى) فينتج عنه دورة دموية واحدة تسمح لهمون الذكر بالدخول إلى الدورة الدموية للأنثى والتأثير على الجهاز التناسلي، كما يؤدي هذا الاتصال إلى تبادل خلايا الدم في الأجنة وتستقر هذه الخلايا بالأنسجة التي تكون الدم.

الوراثة النظري

تحديد الجنس Sex Determination

يمكن التعرف على شكلين من الكائنات المتكاثره جنسياً وهما:

- 1- أحادية المسكن Monoecious: والتي ينتج فيها الفرد كل من الكاميتات المؤنثة والكاميتات المذكرة كما هو الحال في نباتات الحنطة والشعير والذرة الصفراء.
- 2- ثنائية المسكن Dioecious: وهي أن الفرد ينتج الكاميتات المؤنثة أو المذكرة كما هو الحال في أشجار النخيل ومعظم الحيوانات وفي هذا النوع يتميز الجنس اختلاف الكميّات والعضو الجنسي الرئيسي الذي ينتجه الفرد.

الكروموسومات الجنسية Sex Chromosomes

تتميز العديد من النباتات الراقية وبعض الحيوانات بكونها خنثى hermaphroditic وذلك لإمكان كائن واحد أن يعطي كاميتات ذكورية وانثوية أي أن هذا الكائن الحي يحمل معلومات وراثية لكلا الجنسين. وعندما يكون الجنسين منفصلين فإن بعضاً من المعلومات الوراثية التي تحدد الجنس تكون منفصلة أيضاً. ولا يعرف عدد الجينات التي تتحكم في جنس أي من الكائنات الراقية ولكنها تكون محصورة في زوج من الكروموسومات تدعى بالكروموسومات الجنسية Sex chromosomes لتمييزها عن الكروموسومات الجسمية Autosomal chromosomes وفيما يلي سنتطرق إلى مختلف الأنظمة المتعددة للكروموسومات الجنسية وعلاقتها بتحديد الجنس في بعض الكائنات.

1- نظام XX-XO:

في عام 1801 تم اكتشاف الجسم المجهول وهو عبارة عن كروموسوم عرف فيما بعد بكروموسوم الجنس. في الحشرات توجد اختلافات كروموسومية بين الجنسين حيث يرمز للأنثى بالرمز (XX) وذلك لاحتوائها على كروموسومين من (X). عند الانقسام الميوزي تحمل جميع البيوض كروموسوم الجنس (XO). أما في الذكور فإن نصف السبيرمات فقط تحمل كروموسوم الجنس (X) أما النصف الآخر فلا يحتوي على كروموسوم للجنس لذا يرمز لهذا بالرمز (O). فالبيضة التي تخصب من قبل سبيرم نوع (X) ستعطي انثى (XX) أما التي تخصب بـ (O) فستعطي ذكراً (XO).

2- نظام XX-XY:

لوحظ في بعض الحشرات أن الاناث تمتلك اثنتين من الكروموسومات الجنسية (XX) ولكن الذكور تحتوي بالإضافة إلى كروموسوم (X) على كروموسوم آخر ومختلف في الحجم يدعى كروموسوم (Y)

وهذا النظام موجود في أنواع كثيرة من الحيوانات، وتسمى هذه الكروموسومات X و Y بالكروموسومات الجنسية، أما الكروموسومات الباقية فتدعى بالكروموسومات الجسمية. ففي كلا النظامين XX-XO و XX-XY فإن البيوض جميعها تحتوي على كروموسوم X واحد بينما السبيرمات في الذكور فإنها تكون على شكلين X و O أو X و Y. وفي هذه الحالة نجد أن الذكر يكون مختلف الكميات لأنه ينتج نوعين من السبيرمات وفي هذه الحالة فإن الذكر هو الذي يحدد نوع الفرد الناتج من التلقيح.

3- نظام ZZ-ZW:

في هذا النظام تكون الإناث مختلفة الكميات بينما الذكور تكون متشابه الكميات فتكون الإناث ذات تركيب ZW والذكور ذات تركيب ZZ وهذا النظام موجود في الطيور والدواجن والفرشاشات وبعض أنواع الأسماك، أي أن الانثى هي التي تحدد جنس الفرد الناتج.

يمكن تلخيص أشكال كروموسومات الجنس المختلفة كما يلي:

الأمثلة	الذكر	الانثى
الدروسوفيلا، الانسان وغيرها من اللبائن وبعض النباتات	XY	XX
الجراد وبعض الحشرات متعددة الارجل ونصفية الاجنحة	XO	XX
الطيور والدواجن والفرشاشات والعتث	ZZ	ZW
حشيشة الكبد Liverworts	Y	X

التمايز الجنسي: Sex Differentiation

أ- الوراثة والجنس: Genetic Sex

من المعلوم أن للأنثى الاعتيادية كروموسومين من X أما الذكر فله كروموسوم واحد X وكروموسوم Y وأن الجنس سواء للذكر أو الانثى يحدد بجينات على هذه الكروموسومات لذلك يمكن القول ان الاناث لها تصميم كروموسومي XX وللذكور XY بالرغم من وجود حالات غير اعتيادية اخرى.

ب- الغدد والجنس: Gonadal Sex

تعمل المواد الكيماوية (المنتجة من قبل الخلايا الجنسية التي تحتوي على XX) على حث منطقة القشرة لغدد غير متميزة لتكوين نسيج المبيض. أما في أجنة (XY) فإن المنبهات الكيماوية المنتجة منها تؤدي إلى إنتاج الخصيتان من أنسجة الغدد الداخلية غير المتميزة. لذا فإن الوراثة الجنسية XX تترافق مع غدد وإنتاج هرمونات الغدد الجنسية للمبايض و XY مع الغدد الذكرية للخصيتان.

ج-الأعضاء الجنسية والجنس: Genital Sex

تعمل الغدد الجنسية على إنتاج هرمونات تتحكم في تطوير شكل الفتحة التناسلية الخارجية والقناة التناسلية. يتطور عن أجنة XX المبايض والعضو التناسلي الانثوي وقناة مولر، أما أجنة XY فيتطور عنها الخصيتان والعضو الذكري الخارجي وقنوات ولفيان، في أجنة XX تتوقف قناة ولفيان بينما في XY تتوقف قناة مولر. لذا فإن هناك تمييز واضح بين الأعضاء الجنسية الذكرية والانثوية.

د- العلاقات الجسمية والجنس: Somatic Sex

تستمر الزيادة في إنتاج الهرمونات الغدية المسؤولة عن ظهور علامات الجنس الثانوية في كلا الجنسين، ففي الذكور يكون نمو الشعر في الجسم والوجه وكذلك زيادة حجم الحنجرة وبالتالي خشونة الصوت وكذلك نمو عضلات الجسم. أما في الإناث فتكون العلامات الثانوية في الطبقة الشحمية تحت الجلد وعلى الأرداف ونمو الصدر وأبعاد الحوض وأبعاد الجسم العامة.

الوراثة النظري

الارتباط والعبور الوراثي

عند وجود جينين أو أكثر على نفس الكروموسوم يقال بأنها جينات مرتبطة *linked* وقد تكون الجينات مرتبطة على كروموسوم جسمي أو جنسي وتميل الجينات الموجودة على نفس الكروموسوم إلى البقاء معاً خلال عملية تكوين الكميئات. ونستطيع أن نحكم فيما إذا كان جينين مرتبطين على كروموسوم واحد أو على كروموسومات مختلفة عن طريق إجراء التهجين الاختباري *test cross* للأفراد الهجينة لصفيتين.

من المثال المذكور في المحاضرات السابقة بخصوص نبات الكوليوس ذو التفصيص العميق والتعريق الشاذ مع نبات خفيف التفصيص ومنتظم التعريق لوحظ أن المظاهر المتحبة كانت أربعة فئات بنسبة 1:1:1:1 وهذه النتيجة متوقعة أيضاً على أساس سلوك الكروموسومات أثناء الانقسام الميوزي وكون أن كل زوج من الجينات المذكورة موجودة على أزواج مختلفة من الكروموسومات. حيث يتيح عدم الارتباط بين الجينات الفرصة لكل فرد من الزوج الواحد من الجينات ليتحد بصورة عشوائية مع أيّاً من أفراد الزوج الآخر من الجينات ليطي أربعة أنواع من الكميئات وهي *di* و *dI* و *Di* و *DI* وبأعداد متساوية للهجين بصفيتين.

أما في حالة كون الجينات مرتبطة على كروموسوم واحد فإنها لا تنعزل بصورة حرة وتميل إلى البقاء معاً كما في الآباء وبالتالي يحصل انحراف في النسبة المتحصل عليها من التهجين الاختباري، ففي هذه الحالة نحصل على النسبة المظهرية 1:1 بدلاً من 1:1:1:1 (هذا في حالة عدم حصول العبور الوراثي بين الجينات المرتبطة).

خلال الدور التمهيدي الأول من الانقسام لا تبقى الجينات المرتبطة معاً بسبب حدوث التبادل بين الكروماتيدات غير الأخوية حيث تترافق الكروموسومات المتشابهة وتحدث نقاط العبور الوراثي تدعى بالكيازما *Chiasma* والتي تعطي اتحادات جديدة للكميئات.

إن أعداد الجينات يفوق أعداد أزواج الكروموسومات بشكل كبير جداً ففي ذبابة الدروسوفيلا تحتوي على أربعة أزواج من الكروموسومات في حين عدد الجينات قد يزيد على عشرة آلاف جين أو أكثر.

الجينات المرتبطة:

تعمل جميع الجينات المحمولة على كروموسوم معين على مجموعة ارتباط واحد linkage group ويتوقع أن تتوارث بشكل مجاميع إذا لم يحدث عبور وراثي وعليه يتوقع أن يكون عدد مجاميع الارتباط في الكائن الحي مساوياً إلى العدد الأحادي للكروموسومات. اقترح العالم Sutton سنة 1903 بوجود حمل الكروموسوم لأكثر من جين واحد وان الجينات الممثلة بأي فرد من الكروموسومات يجب أن تتوارث معاً.

تجربة باتسون وبونيت:

درس Bateson وBunnett التوارث في نبات البزاليا الحلوة لزوجين من الجينات

الزوج الأول: يؤثر على لون الزهرة إما بنفسجي (P) أو أحمر (p)

الزوج الثاني يؤثر على شكل حبوب اللقاح إما طويل (L) أو مستدير (l) وكلا الجينين يعكسان سيادة

تامة. وقاما بإجراء التهجين الآتي:

الإباء حمراء وحبوب لقاح مستديرة PPLL × ppll بنفسجي وحبوب لقاح طويلة

PpLl (F1)

الجيل الثاني

النسبة المتوقعة F2

1:3:3:9

العدد المتوقع		العدد الملاحظ	
P-L-	240	P-L-	296
P-l	80	P-l	19
pL-	80	pL-	27
ppl	27	ppl	85

لوحظ ارتفاع أعداد البنفسجي الطويل والأحمر مستدير وهي مخالفة للنسبة 1:3:3:9 للتوزيع الحر وهاتان النسبتان البنفسجي طويل حبة اللقاح والأحمر مستدير حبة اللقاح تشبهان الإباء الذين استخدموا في التهجين وقد فسر الباحثان ذلك بأن هناك نوع من التجاذب بين الجينات السائدة (PL) والجينات المتنحية (pl) مما منع انعزالها بصورة حرة في الجيل الأول.

العبور الوراثي:

يتم الحصول على الاتحادات الجديدة للجينات الواقعة على نفس كروموسوم عن طريق العبور الوراثي Crossing over وهي طريقة يتم من خلالها تبادل أجزاء من الكروموسومات المتشابهة وبهذا تبدو أهمية العبور واضحة.

فالعبور والتوزيع الحر من أهم الميكانيكيات لغرض الحصول على الاتحادات الجديدة للجينات. ويعمل الانتخاب الطبيعي على حفظ التوافقات التي تؤدي إلى الحصول على كائن له الحد الأقصى من الملائمة fitness أي الاحتمال الأقصى لتكاثر التراكيب الوراثية.

يمكن تلخيص أهم المظاهر المهمة للعبور الوراثي وكما يلي:

1- يدعى موقع الجين على الكروموسوم باللوкус (locus (وجمعها loci) وتترتب المواقع الجينية على الكروموسوم بشكل طولي وفي بعض الأحيان يستخدم مصطلح اللوكس للتعبير عن مواقع مجموعة من الجينات المتجاورة والتي لها نشاطات متشابهة.

2- يحتل اليل الجين في الحالة الخليطة موقعيهما على الكروموسومات المتشابهة. أي أن الاليل (A) يحتل نفس الموقع في الكروموسوم الشبيه (1) وأن الاليل (a) يشغل نفس الموقع في الكروموسوم الشبيه (2).

3- يشمل العبور الوراثي على كسر كل من الكروموسومات المتشابهة (الكروماتيدات) وتبادل الأجزاء.

4- يحصل العبور خلال اقتران الكروموسومات المتشابهة في الدور التمهيدي الأول (دور الزايكوتين) والدور الضام من الانقسام الميوزي حيث أن تصنيع الكروموسوم يحصل خلال الدور البييني. لذا فإن العبور الميوزي يحصل في مرحلة الرباعية بعد التكرار أي بعد تضاعف الكروموسوم بحيث يوجد لدينا أربعة كروماتيدات كل زوج من الكروموسومات المتشابهة.

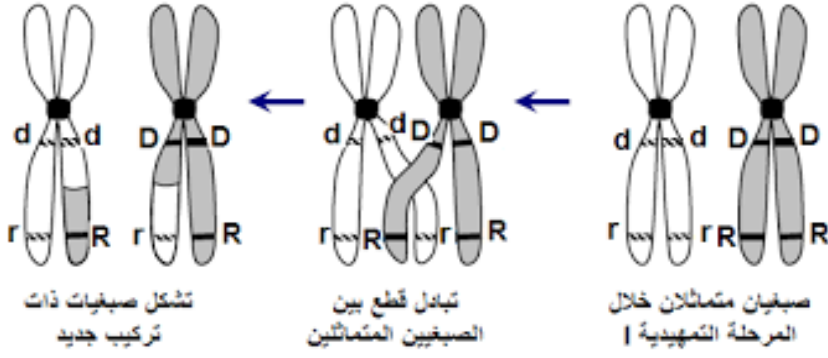
يحصل العبور في الكروماتيدات الاختية ولكن نادراً ما يمكن كشفه وراثياً وذلك لكون الكروماتيدات الاختية متشابهة من الناحية الوراثية.

5- تتكون الكروموسومات التي لها توافقات جينية جديدة بحصول العبور في منطقة بين موقعين للجينات.

6- يزداد احتمال حصول الكيازما بين الموقعين بزيادة المسافة بين الموقعين على الكروموسوم.

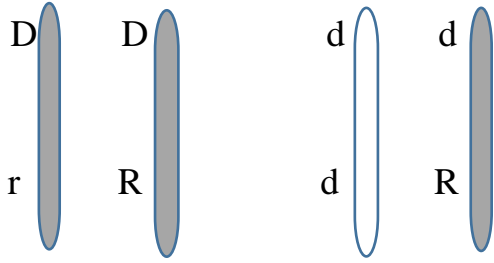
الوراثة النظرية

بعض مظاهر الكيازما



توجد كيازما واحدة على الأقل وكلما زاد طول الكروموسوم ضمن النوع الواحد زاد عدد الكيازما، وكلما كان الجينين

متباعدين على الكروموسوم كلما زاد احتمال حصول الكيازما بينهما.



وبالعكس كلما كان الجينين متقاربين كلما قل حدوث الكيازما.

العبور الوراثي يشمل اثنين من الكروماتيدات الأربعة لزوج من الكروموسومات المتشابهة.

مجاميع الارتباط Linkage groups

اكتشفت هذه الحالة من قبل (مورجان Morgan سنة 1910) حيث أشار بوضوح إلى وجود الارتباط وان الجينات المرتبطة تتوارث معاً وأنها تتفصل نتيجة العبور الوراثي كما استنتج وجود علاقة بين بين تكرار الاتحادات الجديدة والمسافة الطويلة التي تفصل الجينات على الكروموسوم وأطلق على وجود جينين سائدين أو متتحيين على كروموسوم بحالة الأزواج Coupling أما وجود جين سائد مع جين متنحي على الكروموسوم فأطلق عليها بحالة التنافر Repulsion وسماها العالم Haldan (1940) فيما بعد Trans وCis.

ونتيجةً للأبحاث المتعددة أصبح بالإمكان عمل خرائط كروموسومية توضح مجاميع الارتباط والمسافة النسبية بين الجينات المتعاقبة على الكروموسوم حيث تم إيجاد مجاميع الارتباط الأربع لحشرة الدروسوفيليا وعدد من الحيوانات والنباتات ومن خلال هذه المعلومات استطاع العلماء الوراثةيون تعيين الموقع النسبي للجينات على الكروموسومات التي لم تكن تعرف ماهيته.

ومن ذلك أصبح واضحاً أن عدد مجاميع الارتباط لأي نوع يساوي العدد الأحادي للكروموسومات. أما في حالة النوع الذي يحتوي على كروموسومات جنسية غير متماثلة فالعدد يكون أكثر بواحد من العدد الأحادي للكروموسومات.

ولا يجب أن يزيد عدد مجاميع الارتباط عن عدد أزواج الكروموسومات في النوع الثنائي.

الأدلة السايولوجية لاقتراح العبور الوراثي بتبادل كروموسومي

عند حدوث تزواج بين زوج من الكروموسومات المتشابهة يصحبه تبادلاً للجينات (أي عبور وراثي). استطاع العالمان كريكتون وماكلنتوك سنة 1931 إلى تقديم دليلاً مقنعاً عن التوافق بين الأدلة السايولوجية والنتائج الوراثية.

في نبات الذرة يفترق الكروموسوم (9) (وهو الكروموسوم القصير الثاني من مجموعة عشرة أزواج من الكروموسومات) التابع ولكن وجد العالمان المذكوران أن نبات من ضرب معين أن زوج الكروموسومات التاسع كان غير متماثل. فأحد كروموسومات الزوج التاسع يحتوي على تابع في نهاية ذراعه القصير بالإضافة إلى قطعة منقولة من كروموسوم (8) أما الكروموسوم الآخر من الزوج (9) فكان اعتيادياً ولا يحتوي على تابع أو قطعة مضافة من كروموسوم (8).

في عام 1931 أجرى العالم شتيرن Stern عملاً مشابهاً لما وجدته العالمان أعلاه حيث برهن أن العبور الوراثي يترافق مع تبادل أجزاء من الكروموسومات المتشابهة حيث استخدم اناث حشرة الدروسوفيليا التي يتصل بها كروموسوم الجنس بقطعة من كروموسوم Y.

يمكن تلخيص المعلومات عن العبور الوراثي كما يلي:

1- بعض الجينات تتعزل بصورة عشوائية وتدعى مثل هذه الجينات بالجينات غير المرتبطة Unlinked genes.

2- لا تتعزل الجينات الأخرى بصورة عشوائية ولكنها مرتبطة وتدعى هذه بمجاميع الارتباط Linkage groups وتميل إلى أن تنتقل بشكل مجاميع مرتبطة.

3- في الخلايا الثنائية توجد كروموسومات بشكل أزواج والتي تميل إلى أن تنتقل بشكل وحدات.

4- لا تبقى الجينات معاً بصورة دائمية حيث أن مراراً يحصل لها عملية تبادل متقابل والذي يسمى بالعبور الوراثي.

5- ان الكروموسومات تشكل الكيازما وتتبادل الأجزاء بصورة متقابلة وينعكس هذا التبادل في العبور الوراثي. الارتباط إذن هو المسؤول عن عدم الانعزال للجينات عشوائياً وحدث العبور الوراثي هو سبب لظهور التراكيب الجديدة والعبورية.

أنواع العبور المزدوج: هناك ثلاثة أنماط أساسية من العبور الوراثي المزدوج وهي:

1- **الثنائي:** وهو العبور الوراثي المزدوج بين نفس الكروماتيدات التي حصل بها العبور المفرد.

2- **الثلاثي:** ويكون العبور بين ثلاثة من الكروماتيدات حيث يشترك أحدهما مرتين.

3- **الرباعية:** وهو يشمل على زوج من الكروماتيدات المختلفة.

رسم الخرائط الكروموسومية:

إن الذي يتحكم في نسب العبور الوراثي المسافة بين الجينات أي يزداد احتمال حدوثه بين جينين معينين كلما ازدادت المسافة بينهما أي أن نسبة العبور الوراثي تتناسب مع المسافة بين الجينات. إن هذه العلاقة صحيحة رغم أنها غير متساوية في جميع أجزاء الكروموسوم. فحدث عبور وراثي يقلل من احتمال حدوث عبور وراثي آخر قريب منه ويقل العبور الوراثي قرب نهايتي الكروموسوم. وقد اتفق العلماء في مجال الوراثة على اتباع وحدة قياس تدعى بالوحدة الوراثية أو تسمى العبورية الخرائطية Map unit والتي تعبر عن المسافة بين الجينات المرتبطة.

الوحدة الخرائطية العبورية تساوي 1% العبور الوراثي (اتحادات جديدة) أي أنها تمثل المسافة الطويلة التي يلاحظ فيها 1% عبور وراثي. فمثلاً في نبات البازاليا الحلوة كانت المسافة بين R و Ro هو 12.5 وحدة خرائطية.

الوراثة النظري

الارتباط التام وغير التام والأساس الخلوي للعبور

الارتباط التام Complete Linkage

يعتبر الارتباط تاماً عندما تكون الجينات متقاربة جداً وتنتقل معاً على الدوام من جيل لآخر. فمثلاً كل طفرات الكروموسوم الرابع في ذبابة الفاكهة من نوع *D. melanogaster* تنعزل قليلاً أو لا تنعزل كل واحدة عن الأخرى أثناء الانتقال. فعند تضريب ذبابة تحمل الجينات التي تنتج أجنحة منحنية وشعيرات مخلوقة الواقعة على الكروموسوم الرابع ونرمز لها بـ $b\ s / b\ s$ مع ذبابة طبيعية، سينتج F_1 ذو مظهر طبيعي ومتباين الزيجة للجينات الطافرة. وعندما ضرب هذا الـ F_1 مع سلالة ذات أجنحة منحنية ومخلوقة بحالة متماثلة الزيجة كان النسل الناتج ذات نمط ظاهري إما منحنية ومخلوقة أو طبيعية لكلا الصفتين وعملياً لم تظهر ذبابات ذات أجنحة منحنية وشعيرات طبيعية أو ذات أجنحة طبيعية وشعيرات مخلوقة. أن عدم وجود أي درجة من الانعزال الحر بين هذين الزوجين من الجينات يكون دليلاً على الارتباط الشديد بينهما. ويوجد هذا الارتباط عندما يكون جين المنحنية وجين المخلوقة مشتركين معاً على نفس الكروموسومات، وكذلك عندما يكون كل منهما مشتركاً مع أحد الجينين الطبيعيين على نفس الكروموسوم، كما في المثال التالي: يمكن إجراء تضريب خلفي لـ F_1 (الناتج من تضريب ذبابات متماثلة الزيجة ذات أجنحة منحنية وشعيرات طبيعية بذبابات ذات أجنحة طبيعية وشعيرات مخلوقة) مع ذبابات من السلالة المنحنية والمخلوقة. ويكون النسل الناتج من هذا التضريب الخلفي ذات نمط ظاهري مشابه إلى الأبوين الأصليين: أي ذات أجنحة منحنية وشعيرات طبيعية وأخرى ذات أجنحة طبيعية وشعيرات مخلوقة.

كذلك لوحظ الارتباط التام الناتج من عدم وجود العبور لكل أزواج الجينات في كل من زمر الارتباط الأخرى عندما تستعمل ذكور ذبابة الفاكهة كأب بحالة متباينة الزيجة، فمثلاً يقع جين العيون الأرجوانية وجين الأجنحة الأثرية في زمرة الارتباط الثانية وهما متحيان إلى جين العيون الحمراء وجين الأجنحة الطويلة الطبيعيين. فمن تضريب ذبابة متماثلة الزيجة للأرجوانية والأثرية على ذبابة طبيعية (العيون الحمراء والأجنحة الطويلة)، ينتج كل نسل F_1 متباينة الزيجة وطبيعية. ومن التضريب الخلفي لذكر F_1 على أنثى متماثلة الزيجة للأرجوانية والأثرية، ينتج نمطان ظاهريان فقط: أرجوانية وأثرية (متماثلة الزيجة) وطبيعية للفتين (متباينة الزيجة).

ويظهر الارتباط التام كخاصية في ذكور ذبابة الفاكهة وفي الجنس المتباين المشيج Heterogametic sex لأنواع قليلة أخرى (كإناث دودة الحرير).

الارتباط غير التام Incomplete Linkage

أتضح لدينا بأن الارتباط التام بين الجينات على نفس الكروموسوم نادر في معظم الأنواع التي تتكاثر جنسياً. وكقاعدة يكون الارتباط غير تام، ويكون الانعزال الحر جزئياً بين أزواج الجينات في أكثر زمر الارتباط، وكان موركان أول من لاحظ ذلك بوضوح في التضريبات بين السلالة ذات العيون البيضاء والأجنحة المصغرة والسلالة الطبيعية في ذبابة الفاكهة، إن هذه الصفات مرتبطة بالجنس. وعندما زواج موركان ذكر ذو عيون بيضاء وأجنحة مصغرة على أنثى طبيعية وذات النمط البري كانت ذكور وإناث F_1 من النمط البري. فإذا كان الانعزال بين جين البيضاء وجين المصغرة على كروموسوم X انعزالاً حراً، فيجب أن تظهر ذكور F_2 بأربعة أنماط ظاهرية: نمط بري $w^+ m^+$ ، بيضاء ومصغرة $w m$ ، بيضاء $w m^+$ ، مصغرة $w^+ m$ ويتكرر متساوي. أما إذا كان الارتباط بين جين البيضاء وجين المصغرة ارتباطاً تاماً، فيجب أن تظهر الأنماط الأبوية الأصلية فقط بين ذكور F_2 . وبالحقيقة لاحظ موركان بأن نتائج F_2 تقع بين الارتباط التام والانعزال الحر لهذين الزوجين من الجينات حيث نتج 1190 ذكر في F_2 ، كان منها 37.6 بيضاء أو مصغرة والتي تمثل الأنماط الأبوية.

أفترض موركان بأن الجينات توجد بترتيب خطي على طول الكروموسوم، وعليه يكون الارتباط علاقة فيزيائية بين الجينات التي يمكن تحويلها بواسطة العبور الفيزيائي بين أزواج الجينات على الكروموسومات المتماثلة، ونظرية العبور هذه تتفق جيداً مع النظرية التي قدمت من قبل جانسن Janssen في عام 1909م والتي تنص على إن التصالبات Chiasmata الملحوظة خلويًا تمثل نقاط عبور بين الكروموسومات المتماثلة.

الأساس الخلوي للعبور Cytological Basis Of Crossing Over

قدم الدليل الوراثي للارتباط والعبور قبل توضيح الأساس الخلوي لهما. حيث أفترض بأن الجينات المرتبطة تترتب ترتيباً خطياً على كروموسوماتها الخاصة وأعتبر العبور الوراثي نتيجة لتبادل أجزاء بين الكروموسومات المتماثلة. وفي البداية لم يمكن برهان هذه النظرية خلويًا لأن الكروموسومات المتماثلة تظهر عند فحصها مجهرياً بأنها متشابهة تماماً، وكان مستحيلًا ملاحظة تبدل محلات أجزاء الكروموسومات

لحين دمج علامات مرئية بالمجهر على الكروموسومات. وأنجز ستيرن Stern عام 1931م البرهان الخلوي للعبور بتجاربه الكلاسيكية على ذبابة الفاكهة، وكذلك أنجز كريكتون Creighton وماك كلينتوك Mc Clintock عام 1931م نفس الشيء بتجاربهما على الذرة الصفراء.

حصل ستيرن على ذبابات ذات كروموسومات X التي يمكن تمييزها بالمجهر حيث أن جزءاً من كروموسوم Y قد أنكسر ثم التحق بأحد كروموسومي X في السلالة الأولى. وكسر جزء من كروموسوم X بمعاملته بالأشعة السينية ثم ألحق بالكروموسوم الرابع الصغير في السلالة الثانية. ومن تضريب هاتين السلالتين ينتج ذبابات الجيل الأول التي يمكن تمييز كل من كروموسومي X للإناث بالفحص المجهرى، وبذا أصبح من الممكن برهان حدوث العبور خلويًا. حيث أخذ ستيرن إناثاً متباينة الزيجة إلى الجين c الذي ينتج العيون القرنفلية Carnation والجين B الذي ينتج العيون القضيبيية Bar، يرتبط هذان الجينان بكروموسوم X. ضُربت هذه الإناث ذات العيون الحمراء اللون والقضيبيية الشكل على الذكور ذات العيون القرنفلية اللون والطبيعية الشكل. درست الأنماط الظاهرية للذبابات الناتجة من هذا التضريب وعزلت الذبابات الحاوية على تراكيب جديدة الناتجة من العبور، وعند فحص خلايا هذه الذبابات بالمجهر أظهرت تبدل في كروموسومي X ناتج من تبادل بين الكروموسومات المتماثلة أثناء الانقسام الميوزي وبذا قدم الأساس الفيزيائي أو الخلوي للعبور.

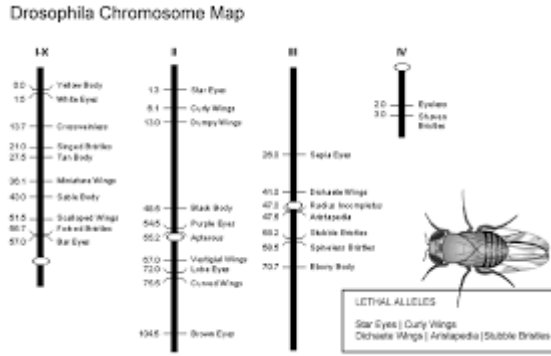
أستعمل كريكتون وماك كلينتوك عقدة على نهاية كروموسوم معين وشدود مرئي على الكروموسوم المثل له كعلامات خلوية في الذرة الصفراء، وعلى العموم كانت نتائجهم مشابهة لنتائج ستيرن.

الخرائط الوراثية Gene Mapping

الخريطة الوراثية أو الخريطة الجينية (Gene Mapping) هي علم تحديد وتوقع مواضع الجينات على جزيئة (DNA)، وقياس المسافات بين هذه الجينات (سواءً بواسطة وحدات الربط الجينية أو بواسطة الوحدات الفيزيائية التقليدية) في الكائنات المختلفة.

وضعت أسس عمل الخرائط الوراثية للدروسوفيلا عام 1911م بعد تبني Morgan فكرة أحد تلامذته ستورنفانت A.Sturtevant، وكان جوهر الفكرة هو استخدام الاختلاف في درجة الارتباط بين الجينات مقاسة بنسبة التراكيب أو التوافقات الجديدة والتي ترتبط بالاختلافات في المسافات التي تفصلها. وقد بدأ ستورنفانت في استعمال هذه الفكرة في تحديد ترتيب خمسة من الجينات على كروموسوم الجنس X في الدروسوفيلا والمسافات بينها. ونشر العديد من الخرائط الوراثية لكروموسومات العديد من الكائنات الحيوانية

والنباتية إضافة إلى خرائط كروموسومات البكتريا والفايروس. كما أن التوافقات الجديدة للجينات المرتبطة تنشأ نتيجة العبور الوراثي وهي عملية يحصل خلالها كسر وتبادل للأجزاء الكروموسومية المتشابهة. أهم صفات خارطة الارتباط هو استقامتها، أي أن جينات خارطة معينة ترسم بشكل طولي. في حالة ارتسامها بشكل دائري كما في البكتريا والفايروس فهذا أيضاً مستقيم ولكن مغلق.



الخارطة الكروموسومية للدروسوفيليا **Drosophila Chromosome Map**

وترسم الخرائط الوراثية لعدة أغراض منها:

- 1- معرفة القيمة الوراثية للنوع.
- 2- تحديد موقع الجين على الكروموسوم لتمييزه عن غيره والاستفادة من ذلك في عمليات النقل الجيني.
- 3- إضافة إلى معرفة نوع الطفرات التي حصلت على الكروموسوم إن كانت طفرات جينية أو كروموسومية.
- 4- تحديد عدد الجينات التي تؤثر في الصفة.

الوراثة النظرية

التهجين الاختباري لثلاث نقاط The three-point testcross

إن التهجين الاختباري للتهجين الثلاثي هي الطريقة الشائعة لرسم الخرائط الوراثية للكروموسوم مثال ذلك التهجين في الدروسوفيليا، حيث أن علامة (+) للدلالة على الطراز البري والحروف الصغيرة للدلالة على الجينات المتنحية وسنأخذ الجينات المعروفة التالية:

رمز الجين	المظهر الخارجي
+	جناح اعتيادي (سائد)
cu	جناح معقوص (متنحي)
+	صدر اعتيادي (سائد)
sr	صدر مخطط (سائد)
+	شعر اعتيادي (سائد)
ss	شعر عديم الاشواك (متنحي)

تبين معلومات الجيل الاختباري ما يلي:

1- إن الأفراد (اعتيادي اعتيادي اعتيادي) يجب أن تنتج عن كميته فيها كروموسوم +++ من الام و cu ss sr من الاب. وبسبب كون الكاميتات غير العبورية (الابوية) أكثر تكراراً من الكاميتات العبورية لذا فإن الحشرات ذات التركيب الوراثي cu ss sr / +++ و cu ss sr / ss ss سوف تكون الأغلبية فيما إذا كان الارتباط من النوع الازدواجي.

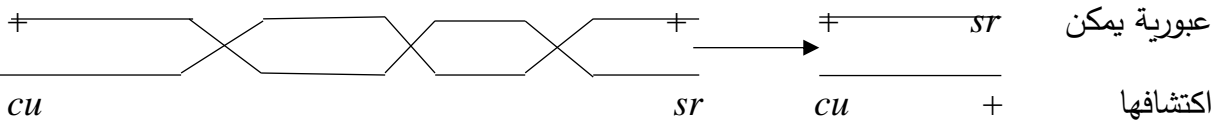
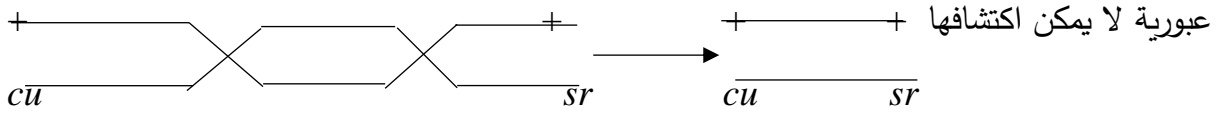
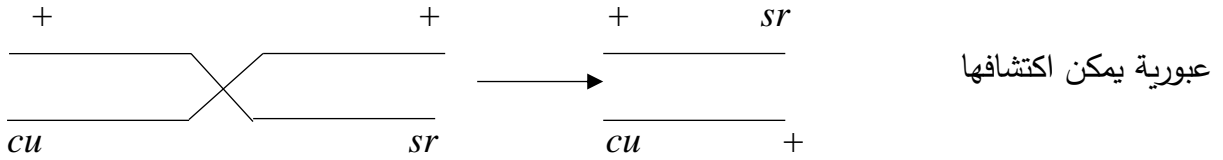
2- تظهر أفراد تتصف بالعبور الوراثي المزدوج (ولا يمكن ملاحظة مثل هذه الأفراد في التضريب الذي يشمل زوج واحد من الصفات مثل sr , cu تنتج هذه الأفراد من حدوث عبورين.

3- يمكن التعرف على العبور المزدوج من النسل الأقل عدداً ويستعمل لإيجاد نظام توالي الجينات على الكروموسوم حيث تقارن بالتركيب الوراثي للأباء والجدات الذي اختلف يكون ترتيبه بالوسط. وبسبب تعرفنا على أن + ss + و sr + cu كعبور وراثي مزدوج فإن هناك توالياً واحداً للجينات في حالة الازدواج في الام والذي يعطي هذا التوافق للعبور الوراثي المزدوج.

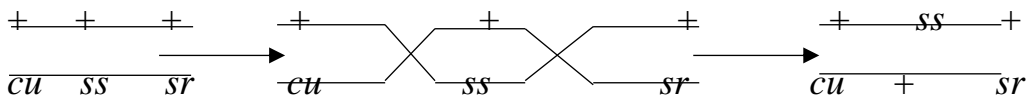
مخطط 1

الاب الاختباري الهجين لثلاث صفات				
الآباء معقوص عديم الاشواك مخطط × اعتيادي اعتيادي اعتيادي				
+++ / cu ss sr cu ss sr/ cu ss sr				
النسل				
الطرز	النسبة المئوية	عدد الأفراد	كروموسوم الام	مظهر الجيل الأول
أبوية وليست عبورية	%88.2	430	+++	اعتيادي اعتيادي اعتيادي
		452	cu ss sr	معقوص عديم الاشواك مخطط
عبور وراثي مفرد	%8.2	45	+ ss sr	اعتيادي عديم الاشواك مخطط
		38	cu ++	معقوص اعتيادي اعتيادي
عبور وراثي مفرد	%3.3	16	++ sr	اعتيادي اعتيادي مخطط
		17	cu ss +	معقوص عديم الاشواك اعتيادي
عبور وراثي مزدوج	%0.2	1	+ ss +	اعتيادي عديم الاشواك اعتيادي
		1	cu + sr	معقوص اعتيادي مخطط

%100 1000 المجموع



عبورين بين الجينات الأول والثالث في المتتالية.



التداخل والتوافق:

يعرف التداخل أنه ((تأثير العبور في موقع جيني معين على احتمالية حدوث عبور في موقع جيني مجاور على الكروموسوم نفسه، ويعد التداخل موجباً إذا قلت احتمالية العبور، أو يعد سالباً إذا زادت احتمالية العبور فيه)).

ويحدث العبور نتيجة عدم قدرة الكروموسوم فيزيائياً على الانحناء إلى مدى معين من المسافات، نظرياً يمكن حدوث العبور المزدوج كل 10-15 وحدة وراثية، ولكن عملياً قد لا يحدث العبور إلا كل 30-25 وحدة وراثية، ومن المعتاد جداً ملاحظة كون العبور الوراثة المزدوج في النسبة الملاحظة أقل من المحسوبة، ويقترح من هذا أن حدوث عبور وراثي يقلل من احتمال حدوث عبور وراثي آخر في منطقة مقاربة، تدعى مثل هذه الظاهرة بالتداخل *Interference*،

يظهر أن التداخل يكون غير متساوي في مختلف أجزاء الكروموسوم كذلك بين العديد من الكروموسومات، وبصورة عامة يظهر أن التداخل يكون أكبر ما يمكن قرب السنتروميير وفي أطراف الكروموسوم، ويعبر عن درجة التداخل اعتيادياً كعامل للتوافق أو ببساطة التوافق والذي يساوي:

$$\frac{\text{التكرار الحقيقي للعبور المزدوج}}{\text{التكرار المحسوب للعبور المزدوج}} = \text{التوافق}$$

ومن مثالنا في الدروسوفيليا

$$0.67 = \frac{0.002}{0.003} = \text{التوافق}$$

بانخفاض التداخل يزداد التوافق إلى الواحد. واعتيادياً تتراوح قيم التوافق بين الصفر وواحد وان بغياب التداخل يعطي توافقاً قدره (1) بينما يعطي التداخل الكامل القيمة صفر وبصورة عامة يكون التوافق صغيراً في المسافات الخرائطية القصيرة.

الوراثة النظري

الطفرة وتركيب المادة الوراثية - تركيب الاحماض النووية (DNA) و (RNA) وأوجه التشابه

والاختلاف بينهما - تكرار واستنساخ المادة الوراثية

المادة الوراثية Genetic Material

نبذة عن الكروموسومات:

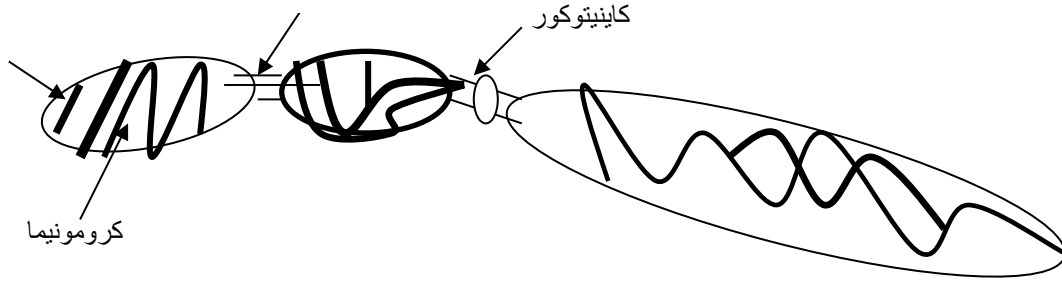
يتكون الكروموسوم من خيط واحد أو أكثر من الخيوط والألياف الحلزونية الملتوية وموجودة في الحشوة Matrix وهي تدعى بالكرومونيوماتا (خيط كروماتيني) ومفردها كرومونيما، ويعتقد وجود خيطين على الأقل من هذه الخيوط وقد تكون أربعة. وكل كرومونيما تتكون من عدة ليفات دقيقة لم يعرف عددها بدقة لكن يعتقد انه يتجاوز 64 ليفة، وهناك اجزاء من الكروموسومات تظهر بصورة واضحة في الدور التمهيدي Prophase وهي الكروماتين الذي يكون بنوعين:

١. الكروماتين المتغاير Heterochromatin: الذي يكون داكن اللون والحلزون فيه شديد الالتفاف وهو يعتبر من المناطق غير النشطة او الخاملة وراثياً، وان منطقة السنترومير تكون عادة من نوع الكروماتين المتغاير (فقدانه او إزالته لا يؤثر على الشكل المظهري للكائن الحي).

٢. الكروماتين الحقيقي Euchromatin: الذي يصطبغ بلون فاتح والحلزون فيه قليل الالتفاف، وهو يعد من الناحية الوراثية الجزء النشط الفعال وراثياً، والتميز بين نوعين الكروماتين ليس بالأمر الهين ويحتاج الى خبرة وممارسة.

التخصر الثانوي

الحشوة



كروموسوم جسمي في الدور الانفصالي

حجم الكروموسوم: يقصد بالحجم طول وقطر الكروموسوم وفي النوع الواحد من الكائنات الحية هناك اختلافات في حجم ch في اطوالها أما اقطارها فواحدة. ويكون ch سمياً كلما ازداد انكماشاً بمعنى ان قطر ch يتباين عكسياً مع طوله. وتختلف اطوال ch في الانسجة المختلفة للكائن الواحد كما أنها تأخذ مظهراً مخالفاً في بعض الانسجة. وهناك علاقة بين كمية الـ DNA وحجم ch فقد وجد ان طول 31سم من الحلزون المزدوج للـ DNA يعادل 1 بيكوغرام Pikogram ويطلق عليه ايضاً مايكرو مايكروغرام. ولهذا قد نجد مصطلحات للـ ch فمنها ما يسمى صغير أو قزم ومنها ما يسمى بالعملاقة.

الجينات: أصغر وحدة وراثية في الكائن الحي تقوم بوظيفة حمل ونقل المعلومات الوراثية عبر الاجيال ومن اهم مميزاتها:

- ١- خزن المعلومات الوراثية الهائلة وحملها من خلية إلى أخرى عبر الأجيال.
- ٢- لها القدرة على التكاثر عبر عملية الاستنساخ لنفسها في كل انقسام للخلية وبدقة عالية.
- ٣- ترجمة المعلومات المخزنة الى افعال واعمال حيوية لان المادة الوراثية تقوم بإظهار الصفة في التركيب الوراثي الذي تحمله وهذا هو الفرق بين الاداء أو الشكل المظهري للصفة phenotype وبين التركيب الوراثي الذي يحمله Genotype والذي يؤدي الى اظهار الشكل.
- ٤- للجينات قابلية محددة للتغير، لأنه إذا حدث خطأ في الاستنساخ فيتم الاستنساخ في الانقسامات الاخرى بكل امانة ودقة وكأنه الاصل. ان القدرة على التغيير مهمة جداً من ناحية التطور الحيوي او العضوي للنوع وبالرغم من انه قد يكون ضاراً في بعض الاحيان وهناك مصدران او سببان لحدوث هذا التغيير في النظم الوراثية وهما:

أ- الطفرة Mutation (مهمة). ب- اعادة التركيب Recombination

- ٥- إن تحليل جينوم الفأر والدراسات المقارنة مع الجينوم البشري كشفت عن 1200 جيناً بشرياً لم تكن معروفة من قبل. ولقد وجد بأن الكثير من الـ DNA الذي يقدر الفرق بين الانسان والفأر لا يقع ضمن الجينات المسؤولة عن صنع البروتينات ولكنه يقع ضمن قطع كبيرة من الـ DNA كان يعرف سابقاً بالمهمل Junk DNA والذي له وظائف تنظيمية مهمة.
 - ٦- إن اكتشاف 90% من الجينات المتعلقة بالأمراض متناظرة بالإنسان والفأر وهذا يدعم استخدام الفأر كنموذج حيوي لدراسة الأمراض البشرية.
 - ٧- أقرب الباحثين من التعرف على الجين الذي يحدد طول العمر والذي ينتقل عبر ch الجنس إلى الأبناء وهناك بعض الأدلة التي تشير إلى النقص المستمر في طول بعض الأجزاء الرئيسية في شريط الـ DNA ربما كان هو السبب في امراض الشيخوخة وطول العمر.
- وعادة تتواجد الجينات بشكل زوجي، والجزء المفرد للصفة يسمى الـ Allele بمعنى أن الصفة الواحدة لها اليان قد يكون AA ، Aa ، aa ، ما عدا في صفات قليلة وجد ان الصفة لها أكثر من زوج واحد من الجينات وتسمى هذه الاليات بالمتعددة.

المادة الوراثية: ان ch الكائنات الراقية تتكون من بروتين نووي يتكون من اتحاد الاحماض الامينية وبعض البروتينات ذات الخصائص القاعدية القوية مثل الهستونات او البروتامينات او كلاهما معاً. والاحماض النووية هي التي تحمل المعلومات الوراثية فقط. وتتركب هذه من وحدات تسمى نيوكليوتيدات Nucleotides وتتكون كل وحدة من هذه الوحدات من:

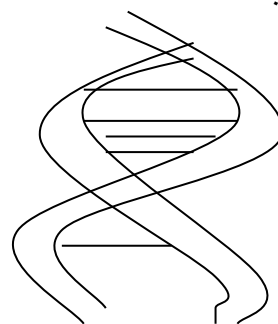
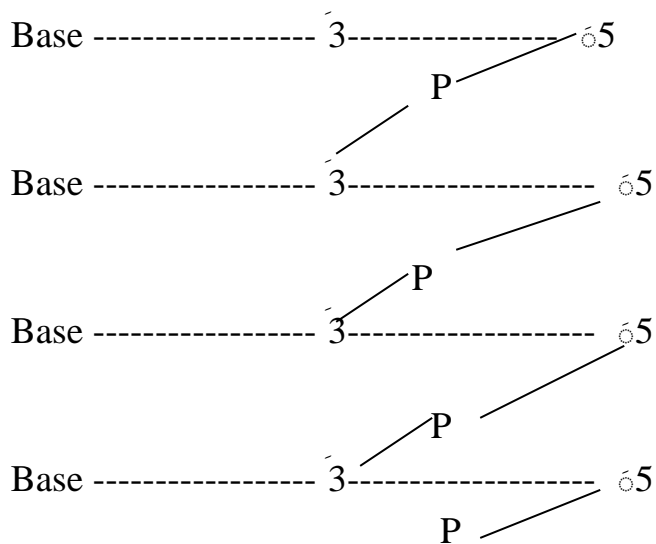
١- قواعد نيتروجينية Nitrogen bases هما البيورينات Purines والبيريمينات Pyrimidine

٢- السكر الخماسي المعروف بـ Pentose حيث تعرف الجزيئة المكونة من السكر وأحد القواعد باسم نيوكليوسيدة Nucleoside.

٣- مجموعة الفوسفات (PO4) Phosphate group حيث ترتبط كل نيوكليوسيدة بمجموعة فوسفاتية لتصبح نيوكليوتيدة. Nucleoside



ولتكوين سلسلة متعددة من النيوكليوتيدات Polynucleotide ترتبط أزواج النيوكليوتيدات بأصرة ثنائية من نوع phospho-di-ester بين الموضع ٣ في سكر النيوكليوتيدات والموضع ٥ للسكر في النيوكليوتيدة المجاورة (٥ - ٣) وتكون الاواصر في احدى السلسلتين في اتجاه (٥ - ٣) بينما في السلسلة الاخرى تكون بالترتيب العكسي (٣ - ٥) وكما يتضح من الشكل المبسط التالي:



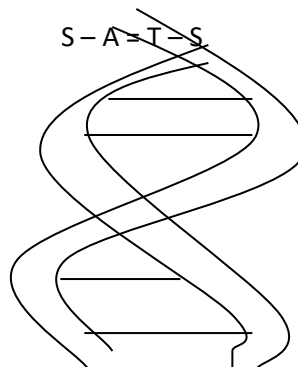
S - T = - A - S

P P

S - G = C - S

P P

S - A = T - S



نموذج واطسن وكريك لجزيء الـ DNA

ان الاحماض النووية توجد عادة بشكلين هما DNA (Deoxynucleic acid) و RNA (Ribonucleic acid) واهم الفروقات بينهما:

RNA	DNA
١. يتكون من خيط منفرد s.s.	١. يتكون من خيط مزدوج double strand
٢. يتكون من سكر الرايبوز.	٢. يحتوي على سكر الرايبوز ديوكسي.

<p>٣. يحتوي على N.B اليوراسيل بدلاً من الثايمين وهي قاعدة بيريميدينية لذا يزدوج ال U مع A.</p> <p>٤. جزيئاته أقصر.</p> <p>٥. يوجد ب ٣ اشكال R , T, M. RNA</p>	<p>٣. يحتوي على N.B الادنين والكوانين وهما أكثر البيورينات شيوعاً، والسيتوسين والثايمين وهي أكثر البريميدينيات شيوعاً فيزدوج A مع T</p> <p>٤. جزيئاته طويلة.</p> <p>٥. يوجد في شكل واحد.</p>
---	--

ان أهم انواع RNA:

١. RNA الرسول (m-RNA) وظيفته نقل المعلومات الوراثية من DNA الى الرايبوسومات (النواة).
٢. RNA الناقل (t-RNA) وظيفته نقل الاحماض الامينية المنشطة الى الرايبوسومات ويوجد في السايوبلازم.
٣. RNA الرايبوسومي (r-RNA) وتشارك هذه الجزيئات في بناء الرايبوسوم.

الوراثة النظري

تكرار المادة الوراثية (DNA Replication)

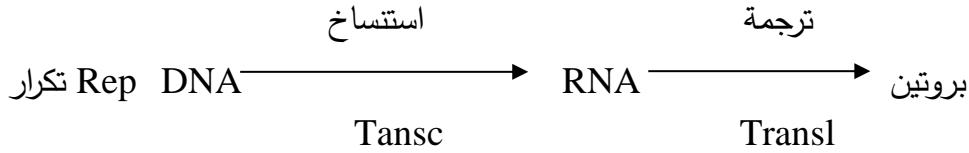
وتتم عبر الخطوات الملخصة الآتية:

١. التكرار Replicating: تكوين خليتين جديدين من انقسام الخلية الام محتوية على جميع المعلومات الوراثية من خلال تضاعف المادة الوراثية في خلية الام. وتشارك في العملية عدة انزيمات منها DNA polymerase و DNA ligase.

٢. الاستنساخ Transcription: يتم عبور المادة الوراثية في DNA عن طريق الحامض النووي m-RNA من DNA النواة الى الرايبوسومات في السايوتوبلازم بمساعدة انزيم RNA-polymerase.

٣. الترجمة Translation: المعلومات الوراثية يتم التعبير عنها على صورة شفرات عن طريق الترجمة الى مختلف العمليات الحيوية مثل النمو والتمايز الخلوي.

ان تتابع النيوكليوتيدات في جزيئة DNA يمكن ان تترجم الى تتابع من الاحماض الامينية في بروتين معين، ومجموعة النيوكليوتيدات التي تحدد بروتيناً واحداً معيناً يمكن اعتبارها جينا واحداً، والجينات لا تشارك مباشرة في تخليق البروتين بل يستنسخ تتابع النيوكليوتيدات في DNA الى تتابع مكمل في جزيئات RNA وهو m-RNA. وهذه الجزيئات تشارك في عملية تخليق البروتين ويمكن تلخيص هذه العلاقة بين المادة الوراثية وتخليق البروتين بالمعادلة التي يطلق عليها اسم Central dogma:



والبروتينات الناتجة هي المواد الاساسية التي تحدد النمط المظهري للكائن الحي فقد تكون للبروتينات اعمال وظيفية أي انزيمية او تركيبية حيث تدخل في بناء الخلية وتبنى البروتينات عادة من سلسلة طويلة من الاحماض الامينية تدعى polypeptide chains وتصنع بصورة كاملة في السايوتوبلازم. ان التركيب الاساسي للبروتين هو الحامض الاميني وهناك 20 حامض مهم واخرى اقل اهمية والبروتين عبارة عن جزيئة كبيرة وثقيلة ومعقدة وذات قيمة بيولوجية عظيمة.

الطفرة الوراثية:

هي أي تغيير يحصل في المادة الكيميائية للجينات وتنتج عنها تغيرات معينة تنتقل من جيل لآخر وهذا لا يشمل حالات الشذوذ الكروموسومي. والطفرة على انواع منها نادرة الحدوث وهي التي لا تستطيع ان تحدث تغيراً في تكرار الجين مثلاً طفرة كل 100,000 جين لكن هذا لا يمنع من اهميتها وذلك لتراكمها على مدى الاجيال، واخرى متوالية الحدوث التي تحصل بشكل متقارب ومنتظم وبمعدل معين بحيث يمكن الاستفادة منها مثلاً طفرة تسبب مقاومة الحيوان لظروف بيئية صعبة او لمرض معين بشكل عام معظم الطفرات ضارة ومميتة لكنها مع ذلك تؤدي الى نوع من التباين الوراثي الذي قد يستفيد منه الانسان. كما

قد تكون الطفرات اما طبيعية وهي تحدث بصورة طبيعية بسبب الظروف البيئية وتغيراتها وما يرافق ذلك من ظهور اشكال مظهرية جديدة، او مستحدثة أي التي تحدث نتيجة مؤثرات صناعية ومن اهم هذه المسببات:

١. استخدام المطفرات الكيميائية مثل المواد الإكليلية، مشابهاً للقواعد، الاكريدينات، مواد متفرقة.
 ٢. الصدمات الحرارية مثل التعرض لدرجات مفاجئة مرتفعة او منخفضة جداً.
 ٣. الاشعاعات النووية والذرية والاشعة السينية والفوق البنفسجية.
- وفي اغلب الاحيان فان عمل المطفرات الصناعية (الكيميائية) يكون على موضع القاعدة النيتروجينية في DNA مسبباً تغيرات في موقعها ونوعها وبالتالي تتغير نوع الشفرات والاداء المظهري للصفة.
١. المواد الإكليلية (غاز الخردل، غاز الكبريت، خردل النتروجين، EMS , EES , NTG).
 ٢. مشابهاً للقواعد (2AP, 5BU).
 ٣. الاكريدينات (البروفلافين، الاكريدن اورنخ، ICR 191, ICR170).
 ٤. المواد الخاصة بإزالة مجموعة الامين (حامض النتروز).
 ٥. مواد متفرقة (الهيدروكسيل امين).
 ٦. المضادات الحيوية وأشباهاها حيث تقوم ولاسيما المضادة منها للأمراض السرطانية بإحداث طفرات في الخلايا السرطانية لمنعها من التكاثر فمثلاً يمنع الستربتوماسين تكون الخلايا الابتدائية من خلال منع ترجمة الشفرة الوراثية الموجودة على m-RNA ويمنع التتراسايكلين تكون البروتين من خلال اتحاده مع الرايبوسومات في منطقة T. site مما يؤدي إلى توقف حركة t-RNA.

الهندسة الوراثية:

هو استخدام التقنيات التجريبية لإنتاج جزيئات DNA تحتوي جينات جديدة او تكوينات Secomleinate او اتحادات جديدة من الجينات وهو ايضاً استخدام الكائنات الحية التي تكون عادة وليس دائماً الميكروبات في العمليات الصناعية. بدأت التقنية بتسلسل مختصر انه يؤخذ نباتين او حيوانين A و B ويتم تزاوجهما ثم ينتجون نسلأ

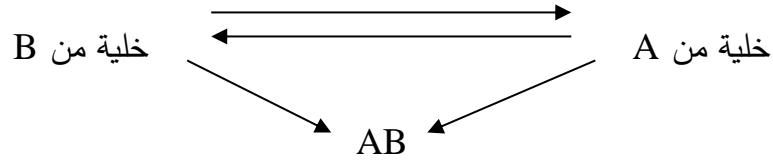
$$A \times B$$

$$F1: AA: AB : BB$$

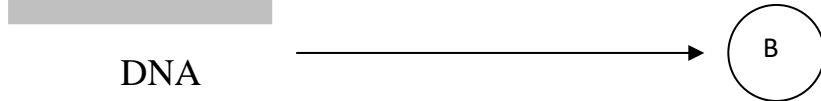
وهذا يسمى انتخاب طبيعي والفرد الناتج يكون هجين من الابوين ويسمى hybrid، تطورات عملية الانتخاب فأصبحت تؤخذ خلية من أحد الابوين وتزرع في الثاني كالاتي:

$$\text{خلية من الفرد } A \times B \text{ فرد كامل}$$

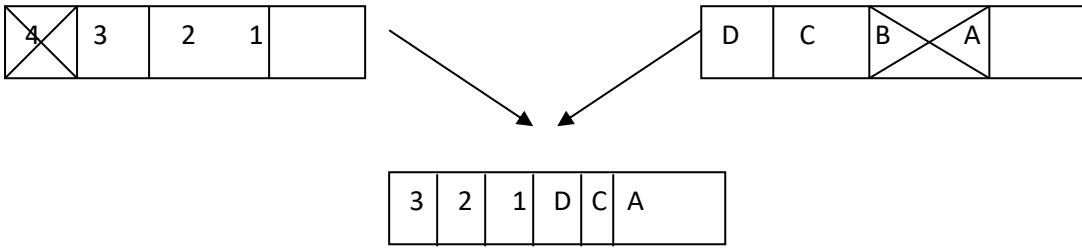
ثم تطورت العملية فأصبحت تؤخذ خلية من A مع خلية من B ويتم تزاوجهما بوجود عوامل مساعدة كالاتي:



هذه العملية تسمى اندماج fusion بواسطة طاقة كهربائية عالية وطالما كان الاندماج بين خليتين أو سايتوبلازمين فإن الفرد الخليط الجديد يسمى Cybrid. ثم تطورت العملية فأصبحت يؤخذ جزء من DNA ويدخل الى الخلية الثانية من الفرد الآخر داخل النواة وكالاتي:



فأصبحت العملية على مستوى جزيئات molecules وقد تكون القطعة بلاسميد أو ميتوكوندريا أو كروموسوم. ثم تطورت العملية فأصبحت فقط على مستوى ch بقطع اجزاء منه من الفرد ونلحمها مع اجزاء من ch في الفرد الثاني كالاتي:



وهذا هو اساس التقنيات في الهندسة الوراثية والتي اهمها:

١. الاندماج الخلوي cell fusion.
٢. التنقيب الكهربائي electroporation.
٣. الحقن micro injection.
٤. استخدام مسدس الكلونة shat-gun-cloning.
٥. كلونة الجينات gene-cloning.

الوراثة النظري

تركيب الخلية الحية

تعد الخلية أصغر وحدة أساسية في الحياة ابتداءً من الخلية البسيطة للبكتريا إلى التركيب المعقد للنباتات واللبائن والإنسان. والخلايا في الكائنات المعقدة وحتى في الفرد نفسه لا تبدو متشابهة لأنه ليست هناك خلية نموذجية، حيث أنها لا تختلف بالحجم والشكل والوظيفة فحسب (قطر الخلية حوالي 10 مايكرون ويتكون جسم الإنسان من 250×10^{12}) بل بالمكونات أيضا لكنها جميعاً تمثل وحدات المادة الحية ولها صفات مشتركة ومهمة وأهمها الجينات على شكل كروموسومات التي تشترك في دورات انقسام الخلايا وعمليات التكاثر الأساسية للكائن الكامل. ان أهم محتويات الخلية الحيوانية هي الآتي:

1- غشاء الخلية Cell membrane: وهو غشاء مختلف النفاذية تدخل من خلاله مواد إلى الداخل كما يمكن لمنتجات الخلية ان تمر خلاله.

2- النواة Nucleus: تنظم النمو والتكاثر للخلية وتتكون من:

أ- الكروموسومات: وهي حاملة العوامل الوراثية واهم من كل فعاليات الخلية وترى بوضوح خلال الانقسام النووي فقط.

ب- النوية Nucleolus: تتحكم في تخليق الرايبوسومات أو RNA الرايبوسومي وتخفي خلال التضاعف الخلوي.

ج- السائل النووي Nucleoplasm يحتوي على المواد اللازمة لبناء DNA وجزيئات m RNA التي تكون وسيط بين النواة والسيتوبلازم.

د- الغشاء النووي: Nuclear membrane يوفر اتصال اختياري بين مواد النواة والسيتوبلازم.

3- السيتوبلازم يحوي ميكانيكية لانجاز التعليمات المجهزة من قبل النواة ويحتوي على:

أ- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum: وهي أسطح قابلة للتمدد بدرجة كبيرة لإجراء التفاعلات الحياتية على أسطح الأغشية أو خلال الأسطح.

ب- الرايبوسومات محل تخليق البروتين وتظهر كنقاط سوداء تحت أطراف الشبكة الاندوبلازمية الداخلية.

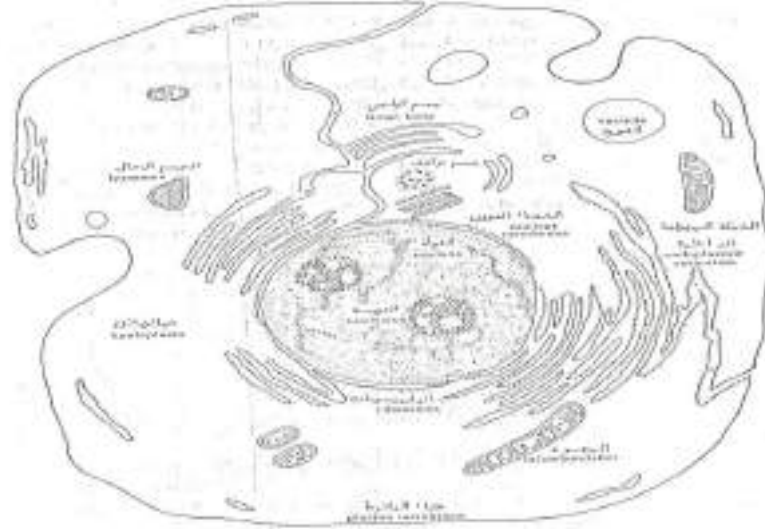
ج- الجسم المركزي (Centriole) Centro some تكون الأقطاب لعمليات الانقسام وهي قابلة للتكرار.

د- المايوتوكونديريا وظيفتها إنتاج الطاقة من خلال (beta oxidation , electron transfer chain , Krebs cycle) للأحماض الدهنية .

هـ- جسم كولجي Golgi لإنتاج الإفرازات الخلوية.

و- الجسم الحال Lysosome: إنتاج أنزيمات الهضم داخل الخلية وتساعد على التخلص من الأجسام الغريبة والبكتريا وربما تمزقها بسبب موت الخلية.

ز- الفجوات vacuole مستودعات لخرن الماء الزائد والمنتجات المهملة والصبغات الذائبة.
 ح- الهيالوبلازم يحتوي على أنزيمات للتحلل المائي للكلوكوز وفيه مواد كالكسكريات، أحماض امينية، ماء، فتأمينات، نيوكليوتيدات. وتختلف الخلية الحيوانية عن النباتية باحتوائها على الجسم الحال (اللايسوسوم) وعدم احتوائها على البلاستيكيات.



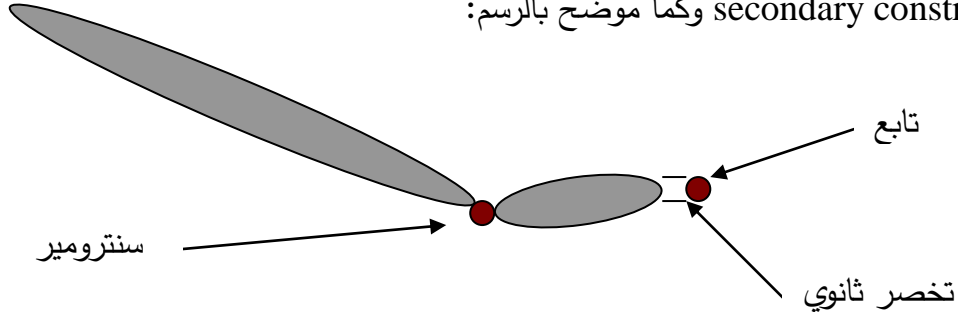
أعداد الكروموسومات في بعض الكائنات الحية:

تبدو على هيئة خطوط مستقلة عن بعضها ورفيعة جداً حيث يبلغ قطرها 10-50 نانوميتر وهي موجودة بشكل أزواج وتنقسم بعملية الانقسام الاختزالي وتعود وتتحد عند تكوين الكميات، كذلك العوامل المنديلية تكون بشكل أزواج يتميز كل نوع من الكائنات الحية بعدد وشكل ثابت من ch لايتغير أبداً ويبقى عدد الكروموسومات ثابتاً في جميع الخلايا أثناء الانقسام الخيطي في الحالات الطبيعية وفيما يلي جدول يوضح عدد الـ ch في بعض الكائنات الحية.

عدد الكروموسومات	نوع الكائن
46	الإنسان
64	الحصان
62	الحمار
60	الماعز
54	الأغنام
60	الماشية
78	الدجاج
82	الرومي
48	السماك المسطح

هناك صفات قليلة تفيد التعرف على بعض الكروموسومات وغيرها وهي:

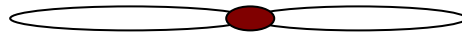
1. طول الكروموسوم.
2. موقع السنترومير على الكروموسوم والأطوال النسبية لذراعي الكروموسوم (حسب النوع) .
3. وجود التوابع Satellites التي يفصلها عن جسم الكروموسوم منطقة تعرف بالانقباض الثانوي secondary constriction وكما موضح بالرسم:



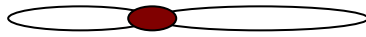
إن انصب الأدوار لدراسة ch هو الدور الاستوائي وكذلك بداية الدور الانفصالي حيث تصل ch إلى أقصى درجات القصر والسمك وعلى الرغم يلاحظ تشابه كبير بين ch المختلفة المكونة للمجموعة الكروموسومية في الكائنات الحية التي تحمل أعدادا كبيرة من ch مما يؤدي إلى عدم تمييز أزواج ch المختلفة عن بعضها إضافة إلى صعوبة تعيين ch الذي يحمل جينا معيناً له تأثير معين على الطراز المظهري وكذلك عدم تمييز الكروموسومات بسهولة في حالة الشذوذ للكروموسوم.

1. إذا كان السنترومير في وسط الكروموسوم بحيث يكون ذراعا الكروموسوم متساويان في الطول

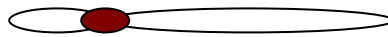
يعرف ch باسم الوسطي أو المركزي Metacentric



2. إذا كان السنترومير في منطقة لاتضعف ذراعا ch بالتساوي فيسمى دون الوسطي . submetacentric



3. إذا كان الذراعين غير متساويين بالطول يسمى ch طرفي acrocentric .

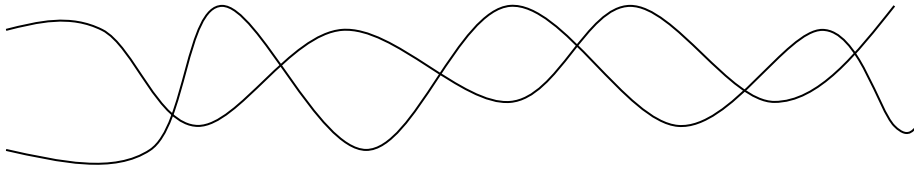


4. الكروموسوم الذي يكون فيه السنترومير في نهايته الطرفية يسمى ch نهائي Telocentric .



الجينات Genes

هي وحدات الوراثة المندلية وتكون محمولة على الكروموسومات في موضع معين يسمى locus وتوجد مئات بل آلاف من الجينات على كل ch عادة ولكننا لا نعرف منها إلا ما كانت اليلاتها تختلف في تأثيرها بالنسبة لبعضها. وجد ان الكروموسوم يحتوي على بروتينات وأحماض نووية هما , DNA RNA ويوجد الأول غالبا في السائتوبلازم ولكن يوجد أيضا داخل النواة . أما الثاني فيوجد في النواة وغالبا في الكروموسوم وهذان الحامضان متشابهان إلى حد كبير فكل منها عبارة عن سلسلة طويلة من جزيئات الفوسفات والسكر المرتبط مع مجاميع جانبية أزوتية تسمى قواعد وهذا الجزئي من الحامض طويل على هيئة سلم حلزوني يطلق عليه helix أو helical structure.



إذا كان هذا هو تركيب الجين الكيميائي فيكيف ان هنالك عدداً كبيراً من الجينات التي تختلف عن بعضها البعض والتي يبلغ عددها في معظم الحيوانات عدة آلاف؟ والجواب انه من الممكن حدوث تغيرات نتيجة لنسبة سلاسل القواعد المتصلة بجزيئة الفوسفات والسكر أو في تواليها بالنسبة لبعضها فإذا علمنا أن سلسلة DNA طويلة جداً نسبياً وان أي تغييراً في الترتيب قد يحدث تغير في الجين نفسه أمكننا تصور الكمية الهائلة من الاختلافات التي تحدث بتغير الترتيب وحده علاوة على تغير طول السلسلة من جيل لآخر. إن أحدث المعلومات المسجلة مع بداية القرن 21 هي:

1- يعتقد ان التركيب الجيني للجسم البشري وبعض أعضائه هي الدماغ 3200 جين، العين 550 جين، الثدي 690، العظام 900، الرحم 1000، البروستات 1200.

2- في اكتشاف خريطة الجينوم البشري وجد ان عدد الجينات فيها أكثر من 100000 جين وهذه الجينات هي التي تحدد كل العمليات للجسم سواء أكانت نباتية، عضوية أو أنزيمات.

3- إن الخيط الواحد من DNA عبارة عن عقل الكتروني والمستخرج من خلية واحدة من خلايا الجسم يمكنه ان يحمل من المعلومات ما يحتاج في تسجيله ألف كتاب كل كتاب يحتوي على 600 صفحة وهي تحدد كل صفات الإنسان.

4- طول DNA في خلية واحدة يعد مؤشر جيد على درجة تعقيد جسم ذلك الكائن.

5- إن تحليل جينوم الفار والدراسات المقارنة مع الجينوم البشري كشفت عن 1200 جيناً بشرياً لم تكن معروفة من قبل. ولقد وجد بان الكثير من DNA الذي يقدر الفرق بين الإنسان والفار لا يقع ضمن الجينات المسؤولة عن صنع البروتينات ولكنه يقع ضمن قطع كبيرة من الـDNA كان يعرف سابقا بالمهمل Junk DNA والذي له وظائف تنظيمية مهمة.