

الوراثة المرتبطة بالجنس

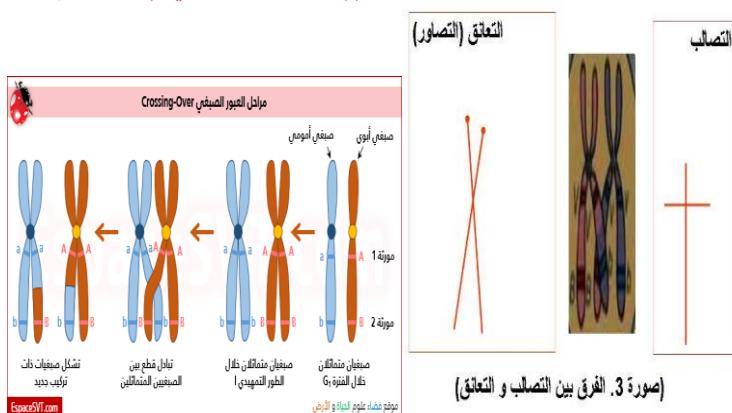
Sex – Linked Inheritance

يعتبر الانعزال والتوزيع الحر للجينات الناتج من سلوك الكروموسومات أثناء الانقسام الميوزي صفة أساسية لنظرية الكروموسوم الوراثية التي دعمت بالعديد من الظواهر الوراثية . من هذه الظواهر هي الوراثة المرتبطة بالجنس حيث يكون انتقال المادة الوراثية متعلقا بجنس الآباء والأبناء أو بعبارة أخرى تكون وراثة جينات خاصة مرتبطة بوراثة كروموسوم خاص وهو كروموسوم الجنس X . أن الوراثة المرتبطة بالجنس معروفة في العديد من الكائنات الحية ثنائية المجموعة الكروموسومية .
إذا نخلص إلى التالي :

- كروموسومات الجنس تسلك سلوكاً خاصاً عند انتقالها من جيل إلى جيل حيث ينتقل كروموسوم X من الأب إلى الإناث بينما ينتقل كروموسوم Y من الأب إلى الذكور، ولذلك فإن الجينات الموجودة على كروموسومات الجنس تسلك سلوكاً لا يتفق مع قانون مندل للانعزال والتوزيع الحر للجينات.
 - سلوك الصفات التي توجد جيناتها على كروموسوم الجنس يرتبط بسلوك هذه الكروموسومات، وتسمى هذه بالجينات المرتبطة بالجنس. تختلف الكروموسومات الجنسية في الشكل الظاهري ومن حيث ما يحمل كل منها من جينات بمعنى انها يحييان على أجزاء متشابهة وأخرى غير متشابهة تسمى الجينات التي تحمل على الأجزاء غير المتشابهة بكروموسوم X بالجينات المرتبطة بالجنس **Sex – Linked** أو **الجينات المرتبطة بكروموسوم X** تسمى الجينات الموجودة فقط على كروموسوم Y **Holandric Genes** وتظهر في الذكور فقط.
 - معظم الصفات المرتبطة بالجنس توجد على كروموسوم X بينما يوجد عدد قليل منها على كروموسوم Y.
 - صفات الأب تنتقل إلى الإناث وصفات الأم تنتقل إلى الذكور فإن الصفات الموجودة على كروموسوم X

تعرف بالصفات التعانق (التصالبية)

فَأَحْسَنَ صُورَكُمْ) فيصف عملية التلاقي بين الكروموسومات المتماثلة في الإنقسام الميوزى الأول بالميل والتعانق الذى لا يكون إلا على شكل حرف اكس(X))



- توجد اختلافات رئيسية بين الصفات المرتبطة بالجنس و الصفات الأخرى التي توجد جيناتها على الكروموسومات الجنسية .
 - الصفات المرتبطة بالجنس الموجودة على كروموسوم X لا يكون لها آليات متضادة على كروموسوم Y وبالتالي فإنها إذا كانت متتحية فلن تظهر في الإناث الخليطة ولكن تظهر في الذكور لوجودها بحالة فردية.
 - من خصائص الصفات المرتبطة بالجنس و التي تميزها عن غير المرتبطة بالجنس أنها تظهر بتكرار أعلى في الذكور عن الإناث .
 - تنتقل من الأب من خلال بناته إلى أحفاده الذكور و لا يمكن أن تنتقل من الأب إلى أولاده مباشرة و أنها تنتقل إلى البنات من أب سائد الصفة و أم خليطة التركيب الوراثي أو ذات تركيب وراثي متتحي .
 - أغلب الصفات المرتبطة بالجنس متتحية و القليل منها سائدة و هي تسبب الكثير من الأمراض الوراثية (عمر اللونين الأخضر و الأحمر، سيولة الدم ، نقص فيتامين د ، ضمور العضلات في الصغار و البالغين ، تأكل العصب البصري ، متلازمة ليش-ننهان و متلازمة هنتر).

Sex Linkage In Drosophila

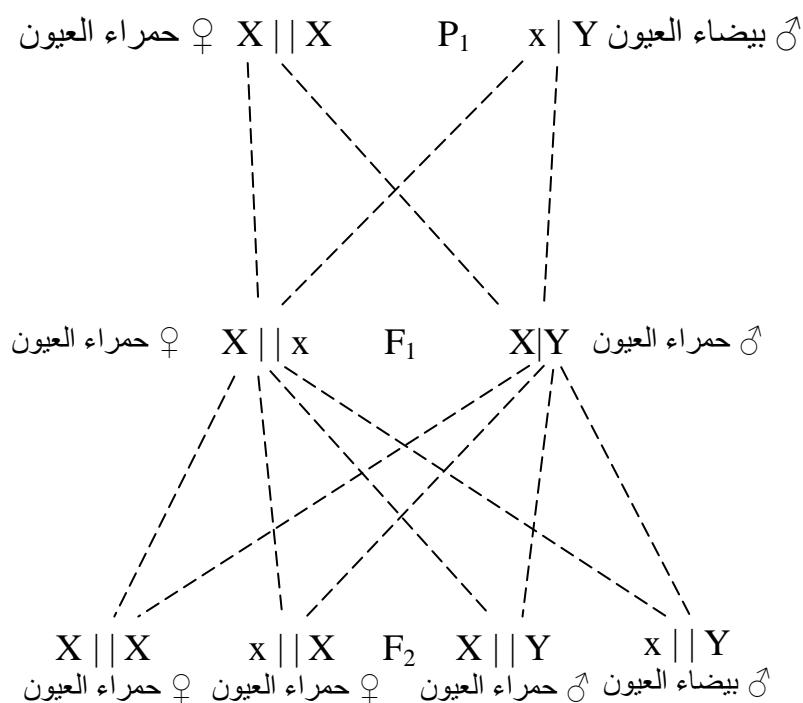
الارتباط بالجنس في ذبابة الفاكهة

يظهر بأن الجنس في ذبابة الفاكهة الطبيعية يعتمد على وجود زوج من كروموسومات X في واحد وクロムソーム Y واحد في الذكور . لاحظ مورجان Morgan عام 1910م ، أنثاء قيامه بتجارب تربية ذبابة الفاكهة من النمط البري ذو العيون الحمراء ، ذبابة واحدة ذات عيون بيضاء والتي ربى منها سلالة نقية ذات عيون بيضاء . ظهرت العيون البيضاء بواسطة الطفرة Mutation . ولدراسة هذا النمط الظاهري الجديد ، زواج مورجان إناث ذات عيون حمراء مع ذكور ذات عيون بيضاء ولاحظ بأن جميع ذبابات الجيل الأول (F_1) ذات عيون حمراء . وعلى ذبابات الجيل الثاني (F_2) لاحظ بأن حوالي ثلاثة أربعاء ذات عيون حمراء وحوالي ربعها ذات عيون بيضاء . تظهر هذه النتائج لهذا الحد بأنها مشابهة إلى نتائج تزاوج أحادية الهجين(قانون الانعزال) التي فسرت على أساس انعزال زوج واحد من الجينات . ولكن عند تصنيف ذبابات الجيل الثاني (F_2) إلى الجنس ولون العيون ، وجد مورجان بأن كل الإناث حملت عيون حمراء بينما نصف الذكور حمل عيونا حمراء والنصف الآخر حمل عيونا بيضاء ، أي أن العيون البيضاء وهي الصفة المتنحية كانت مقتصرة على الذكور فقط في الجيل الثاني ، وهذه النتيجة تختلف عن نتيجة تزاوج أحادية الهجين السابقة (قانون الانعزال) والتي تظهر الصفة المتنحية في كل من الإناث والذكور بنسبة متساوية . كذلك أجري مورجان تزاوج متبدلاً Reciprocal cross وذلك بتزويج إناث ذات عيون بيضاء ، مع ذكور ذات عيون حمراء ولاحظ على ذبابات الجيل الأول (F_1) بأن الإناث ذات عيون حمراء وأما الذكور ذات عيون بيضاء ، ومن ذبابات الجيل الثاني (F_2) إلى الجنس ولون العيون وجد مورجان أن نصف الإناث ونصف الذكور ذات عيون بيضاء بينما

النصف الآخر من الإناث والذكور ذات عيون حمراء . وهذه النتائج في الجيل الأول والجيل الثاني تختلف أيضا عن نتائج تزووج أحدى الهرجين (قانون الانعزال).

لتفسير نتائج هذه التزاوج التي تضمنت دراسة وراثة صفة لون العين في ذبابة الفاكهة

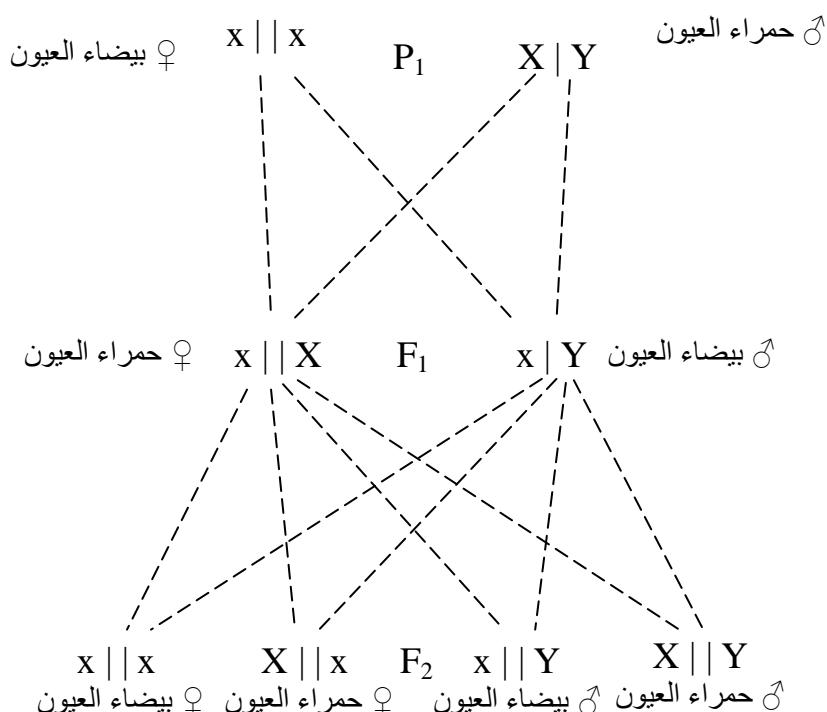
أفترض مورجان بأن جين لون العين يقع على كروموسوم X وأن كروموسوم Y لا يحمل أليل لهذا الجين ولتوسيع هذه الفرضية يرمز لجين العين الحمراء السائد بـ W ولجين العين البيضاء المتنحي بـ w ويمثل كروموسوم X بخط على شكل قضيب ويمثل كروموسوم Y بخط نهايته معقوفة (شاهد الصورة (أ)). ثم نتابع نتائج التزاوج الأول في F_1 وفي F_2 كما موضحة بالشكل (- 1) ، وكذلك نتابع نتائج التزاوج الثاني (المتبادل) في F_1 وفي F_2 كما موضحة في الشكل (- 2) . نلاحظ أن النتائج الفرضية مطابقة للنتائج التجريبية لكلا التزاوجين .



شكل (- 1) وراثة لون العيون المرتبطة بالجنس في الدروسوفيلا . الآباء: الإناث حمراء العيون والذكور بيضاء العيون . التزاوج المتبادل موضح في الشكل (- 2) .

الصفات المرتبطة بالجنس كاللون العين البيضاء في التزاوج الأول مثلا (- 1) تتبع وراثة الطراز المتقاطع Criss cross pattern of inheritance حيث ينتقل الذكر صفتة المرتبطة بالجنس إلى أحفاده (الذكور) بواسطة بناته وليس بواسطة أبناءه وعليه فإن الصفة المرتبطة بالجنس تظهر التناوب أو التقاطع من جنس إلى آخر أثناء مرورها من جيل إلى آخر . ويتبع كروموسوم X وراثة الطراز المتقاطع أيضا حيث تحصل البنات

فقط على كروموسوم X من الآباء بينما تحصل البنات والبنون على كروموسوم X من الأمهات . وبعد اكتشاف وراثة جين لون العين ، تم اكتشاف حوالي 140 جين في ذبابة الفاكهة من نوع *Drosophila melanogaster* التي تتبع طريقة وراثة مشابهة لوراثة جين لون العين وهذا يدل على أن هذه الجينات تقع على كروموسوم X .

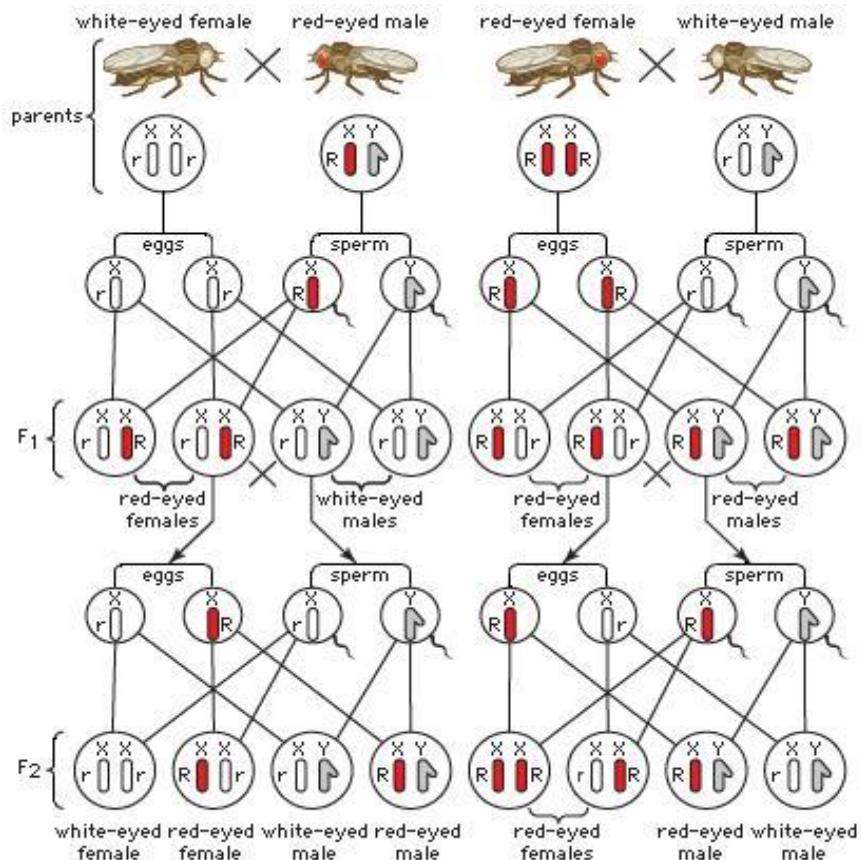


شكل (- 2) وراثة لون العيون المرتبطة بالجنس في الدروسوفيلا . الآباء : الإناث ببيضاء اللون والذكور حمراء العيون .

قدم كل من ستون Sutton و برفرى Boveri نظرية عامة لنظرية الكروموسوم الوراثية وكذلك دراسة وراثة الارتباط بالجنس تقدم دليلاً واضحاً وخاصاً لهذه النظرية لأن جينات معينة ترتبط أو تقع على كروموسوم معين وهو كروموسوم X .

يعتبر كروموسوم Y خالي من الجينات بصورة عامة ، الآن أن ذراعه القصير في ذبابة الفاكهة من نوع *D. melanogaster* يحمل جين الشعيرات القصيرة bristles ويرمز له بـ (b) ويشار إلى الجينات التي تقع على كروموسوم X ولها أليلات على كروموسوم Y بالجينات المرتبطة جزئياً بالجنس . Incompletely sex-linked genes





© 2008 Encyclopædia Britannica, Inc.

أجري مورجان تزاوج
متبادلاً وذلك بتزويج إناث
ذات عيون بيضاء ، مع
ذكور ذات عيون حمراء

Reciprocal cross

Sex linkage in human

الارتباط بالجنس في الإنسان

يحدث الارتباط بالجنس في الإنسان مثل ما يحدث في ذبابة الفاكهة وحيوانات كثيرة . وتشير الدراسات للصفات المرتبطة بالجنس في الإنسان (البالغ عددها أكثر من 120 صفة) بأن الأسس الوراثية التي طبقت على وراثة الارتباط بالجنس في ذبابة الفاكهة يمكن تطبيقها على الإنسان أيضاً . ومن هذه الصفات الشائعة في الإنسان هي عمى اللون وبالأخص للأخضر والأحمر Red-green color blindness وكل الحقائق المعروفة عن الوراثة هذه الصفة يمكن تفسيرها بافتراض وجود جين متاح يقع على كروموسوم X مسؤولاً عن عمى اللون ، وأن كروموسوم Y لا يحمل أليلاً لهذا الجين . وهذا الافتراض يشابه ذلك الافتراض لجين العيون البيضاء في ذبابة الفاكهة . وبذا يمكن بسهولة معرفة سبب ارتفاع نسبة عمى اللون في الذكور عن تلك في الإناث ، وذلك لأنها تتبعن جين متاح وتحمل الذكور كروموسوم X واحد أما الإناث فأنها تحمل كروموسومين X الذي يؤدي إلى عدم ظهور عمى اللون في الإناث متباعدة الامشاج . وبناء على هذه الحقائق يمكن توقع أنجاب بنين عمى اللون من أم عميماء اللون بغض النظر عن صفة زوجها ، والذي إذا كان ذو رؤية

طبيعية تكون البنات ذات رؤية طبيعية ، وهؤلاء البنات من الأم المذكورة تحمل جينات متتحية إلى عمى اللون ، وإذا ما تزوجت هؤلاء البنات إلى رجال ذا رؤية طبيعية ، سينجتون كل البنات طبيعية وحوالى نصف البنين طبيعيين والنصف الآخر عمى اللون . يمكن الحصول على بنت عميماء اللون من زواج رجل اعمى اللون على امرأة متباعدة الامشاج أو متماثلة الامشاج لجين عمى اللون .

Hemophilia **وصفة أخرى مرتبطة بالجنس في الإنسان هي مرض الناعور أو النزف الوراثي**

والمقتصر كلياً على الرجال والناتج من جين متتحي مرتبط بالجنس أيضاً .

بالإضافة إلى الجزء الغير متماثل من كروموسوم X الذي يحمل الجينات المرتبطة بالجنس ، فإن جزء من كروموسوم X في الإنسان يكون متماثل مع جزء من كروموسوم Y وهذه الحالة تشبه الحالة في ذبابة الفاكهة للجزء الذي يحمل الجين b للشعيرات القصيرة . ومن دراسات السلالة في الإنسان أفترض وقوع عدة جينات في هذا الجزء المتماثل . وتشمل هذه جين العمى الكلوي ، وجين إنصياغ الشبكية ، وجين مرض الجلد ، وجين انحطاط الشبكية المتزايدة ، وجين التهاب الكلية . وتوجد هذه الجينات في كروموسوم X وكروموسوم Y كأزواج أليلية وتنعزل مثل انزال الأزواج (الجسدية)الأوتوسومية لكنها لا تنعزل بصورة مستقلة عن الجنس كما تفعل الجينات الأوتوسومية . مع أن هذه الجينات تقع على كروموسوم X ، إلا انه لا يتوقع إتباعها وراثة الطراز المتقاطع للارتباط الجنسي ، بسبب ترتيبها الزوجي (الأليلي) ولذا أطلق عليها بالجينات المرتبطة جزئياً

متلازمة ليش-نيهان Lesh-nyhan syndrome

من الصفات المتتحية المرتبطة بالجنس.

- مرض وراثي يعاني المصابون به من زيادة نسبة حمض البوريك نتيجة عدم إفراز إنزيم HGPRT الذي يساهم في تخليق نيوكليلوتيدات الجوانين.
- تظهر أعراض المرض على الأطفال عقب الولادة وتزداد مع الأيام نتيجة تزايد نسبة حمض اليوريك في البول.
- تبدو على الأطفال أعراض خوار الأعصاب فلا يستطيعون الجلوس أو الحركة ، كما تزداد عصبيتهم لدرجة إيذاء أنفسهم .
- يموت الأطفال المصابون بمتلازمة ليش-نيهان نتيجة القصور البولي و العصبي.
- كل المرضى ذكور ، أما الإناث الحاملات (قد تصاب بالتهاب المفصل النقرسي،) بدون مشاكل أخرى

متلازمة هنتر Hunter syndrome

- من الأمراض الوراثية الخطيرة المرتبطة بالجنس.
- كل المرضى ذكور
- يعاني الأطفال المصابون بها من التخلف العقلي و النمو الكثيف لشعر الوجه و الجلد و شكل مميز للوجه يشمل أنف عريض و لسان مدلٍ من الفم .

- ترتبط هذه الأعراض بتحولات غير طبيعية لعديدات سكر مخاطية تتكون خلال مراحل الحمل الأولى . بسبب عدم وجود الإنزيم الذي يقوم بتحليل الجزيئات السكرية المذكورة ، أو بسبب عدم قدرة هذا الإنزيم على أداء وظيفته بالشكل الصحيح.
- يمكن الكشف عن إصابة الجنين بمتلازمة هنتر قبل الولادة و ذلك بسحب بعض الخلايا من السائل الأمينوتي لرحم الأم و صبغها بمادة التوليدين .

الارتباط بكروموسوم Y في الإنسان Y Chromosome Linkage in Man

أشارت بعض دراسات السلالات في الإنسان بوجود جينات متميزة على جزء من كروموسوم Y ، وهذا الجزء لا يوجد له جزء مماثل من كروموسوم X . يتوقع بأن هذه الجينات تسيطر على الوراثة الهولاندرية Holandric inheritance حيث إنها تنتقل بصورة خاصة خلال الذكر (أي من الأب إلى الابن مباشرة) ومثالها الأذن المشعرة Hairy pinna حيث يكون نمو الشعر على الحافة الخارجية من الأذن . ونحتاج إلى أدلة كاملة لإثبات وجود جينات أخرى مرتبطة بكروموسوم Y في الإنسان

Sex-Influenced Dominance

السيادة المتأثرة بالجنس

قد تختلف سيادة الأليلات بحالة متباين الأمشاج في الجنسين ، ويطلق على هذه الظاهرة السيادة المتأثرة بالجنس ، وبذا تكون الصفات المعنية صفات متأثرة بالجنس . وتتأثر نواتج جين متباينات الأمشاج في الجنسين بهرمونات الجنس ، فمثلاً تسلك الجينات الجسدية المسئولة عن القرون في بعض سلالات الأغنام بصورة مختلفة بوجود هرمونات الجنس الذكرية والأنثوية .

مثال: ففي سلالة أغنام دروسيت Dorset توجد القرون في كلا الجنسين ويكون جين القرون بحالة متماثلة للأمشاج h^+ . وفي سلالة السفولك Suffolk يكون كلا الجنسين بدون قرون ويكون النمط الوراثي $h\ h$. وفي F_1 الناتج من تزاوج هاتين السلالتين ، تكون الذكور ذات قرون والإإناث بدون قرون . بما أن الجنسين متتشابهان وراثياً $h^+ \ h$ ، فعليه يسلك الجين h^+ كسائل في الذكور ومتتحي في الإناث . ونتج في F_2 ذكوراً بنسبة ثلاثة قرون إلى واحد بدون قرون ، بينما كانت الإناث بنسبة ثلاثة بدون قرون إلى واحد ذات قرون . وينتج التزاوج المتبادل نفس النتائج في F_1 وفي F_2 مما يدل على أن هذه الصفة ليست مرتبطة بالجنس . ويرجع ذلك في الغالب إلى الاختلافات في هرمونات الجنس بين الإناث والذكور .

p	Suffolk	X	Dorset
دون قرون			أغنام بقرون
$h\ h$	x	$h^+ \ h^+$	
G	h		h^+
F_1		$h^+ h$	

تكون الذكور ذات قرون والإإناث بدون قرون بحيث يكون h^+ سائدة للذكور ومتتحية في الإناث

- ذكور بقرون : ذكر واحد عديم القرن

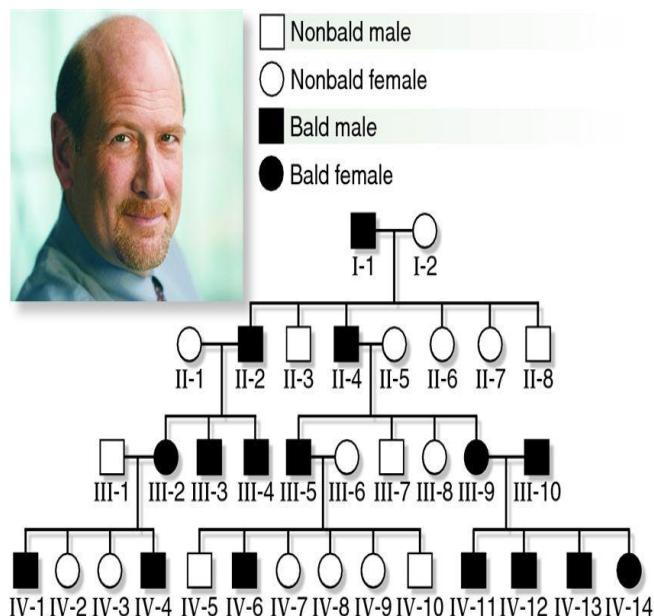
- إناث عديمة القرون : أنثى واحدة بقرون

توجد بعض الصفات بالإنسان كالصلع ونمط معين من الناصية البيضاء وعدم وجود أسنان الرباعيات العلوية ونمط خاص من التوسع في مفاصل الأصابع التي تتبع نفس الحالة الوراثية . ويعتبر الصلع Baldness من الأمثلة المألوفة على السيادة المتأثرة بالجنس في الإنسان . الجين لهذه الصفة b يكون سائداً في الذكور وينتاج الصلع سواء كان بحالة b أو بحالة b^+ ولكنه يكون متتحياً في الإناث ، وينتج الصلع فيهن عندما يكون بحالة b فقط . وتقسير ذلك يعود إلى تركيز الهرمون الذكري ، حيث لوحظ أن تردد الصلع في المخصيين مثل ترددده في النساء ، وعندما أعطي الشحومون الخصوي Testesterone إلى عدد من المخصيين ، ظهر الصلع في عدد كبير منهم . وكذلك يخف الشعر في رأس النساء اللواتي يتناولن الهرمون الذكري لعلاج نوع من الأمراض Estrogen-dependent malignancy

• ذكر وانثى سليمين b^+b^+

• ذكر اصلع وانثى سليمة حاملة لجين الصلع b^+b

ذكر اصلع وانثى صلداء $b\ b^+$



تعبير الجين المحدد بالجنس

قد يعبر جنس واحد بصورة منتظمة عن صفة خاصة، كذلك ينقل جينات إلى الذرية التي تنتج نمط ظاهري مختلف في الجنس الآخر . وتسمى هذه الحالة بـ **تعبير الجين المحدد بالجنس** التي ينتج عنها صفات محددة بالجنس . ليس لهذه الصفات جينات على كروموسوم الجنس كالصفات المرتبطة بالجنس.

مثال على تعبير الجين المحدد بالجنس : هو إنتاج الحليب في الأبقار والثدييات الأخرى الذي يكون محدوداً بالجنس المجهز بالغدد الثديية النامية والهرمونات المناسبة .

تكون بعض الثيران لها طلب كبير من قبل مربي الأبقار وشركات التلقيح الصناعي لأن أهمياتهم وبنائهم تمتلك أرقام عالية جداً لإنتاج الحليب . وتعتبر هذه الثيران ذات أهمية مثل أهمية الأبقار في مناهج انتخاب الإنتاجية العالمية من الحليب . كذلك لوحظ دور الهرمونات الجنسية للتأثير على تعبير الجين المحدد بالجنس

تجريبياً في الفئران ، حيث أن الاختلاف في مصل بروتيني يعتمد على نمط وراثي مناسب وجود الشحمون الخصوي ، ولذا فإن هذه الصفة محددة في الذكور .

الصفات الكمية Quantitative Genetics

تمتاز الصفات الكمية بعدما امكانية تصنيفها إلى مجامع متميزة ولكن يمكن التعبير عنها بوحدات قياس المسافة والوزن او الحجم وبذا تشكل اختلافات مستمرة وهي تنتج من تداخل فعل عدة جينات تتراوح من 10 الى 100 جين او أكثر وهي كما في الصفات النوعية تتأثر بالعوامل البيئية.

الأمثلة على الصفات الكمية

أولا: الصفات المهمة من الناحية الزراعية والاقتصادية كإنتاج الحبوب وارتفاع النبات وإنتاج الحليب والبيض ومن الصفات الكمية في الإنسان على سبيل المثال الوزن والقامة ولون الوجه.... الخ

لون بذرة الخنطة : عند تلقيح نباتي خنطة من سلاله احمر داكن البذور مع أبيض البذور كانت جميع النباتات الناتجة F1 ذات لون متوسط الحمرة ، وبصورة ادق لها لون وسط يشير الى الوهلة الاولى انها الجينات المسئولة عن البذور الخنطة تتبع السيادة الغير تامه ، غير ان الطراز المظهرى للجيل الثاني الناتجة من التلقيح الذاتي لافراد الجيل الاول اظهرت نسبة 1:4:6:4:1 وكان مجموعها 16 (الفئات المظهرية) مما يدل على أن صفة لون البذور تحكم بزوجين من العوامل الوراثية . فتكون كتالى

			بذور حمراء X بذور بيضاء
P	aabb	x	AABB
G	ab		AB
F1			متوسطة الحمرة AaBb
تم تلقيح F1 ذاتياً			
P	AaBb	X	AaBb
G (AB) (Ab) (aB) (ab) x (AB) (Ab) (aB) (ab)			

الجيل الثاني ↓

♂ ♀	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB أحمر داكن	AABb أحمر	AaBB أحمر	AaBb متوسط الحمرة
Ab	AABb أحمر	AAbb متوسط الحمرة	AaBb متوسط الحمرة	Aabb أحمر فاتح
ab	AaBb أحمر	AaBb متوسط الحمرة	aaBB متوسط الحمرة	aaBb أحمر فاتح
ab	AaBb متوسط الحمرة	Aabb أحمر فاتح	aaBb أحمر فاتح	aabb أبيض

كالتالي :

نسبة أفراد الجيل الثاني	الطراز المظاهري	عدد الأليلات السائدة التي تعطي الصبغة	الطرز المظاهرية
16/1	أحمر داكن	4	AABB
16/4	أحمر	3	AABb or AaBB
16/6	متوسط الحمرة	2	AAAb or AaBb or aaBB
16/4	أحمر فاتح	1	aaBb or Aabb
16/1	أبيض	0	aabb

يتضح من السابق ان هناك اربعة اليلات سائدة تشارك في انتاج الصبغة الحمراء وان الزيادة في تركيزها تكون بواسطة الاليلات المشاركة في انتاجها من تركيز اللون الااحمر بحيث يكون هناك مدى من اللون الااحمر الداكن الذي تشارك فيه اربعة اليلات سائدة الى اللون الابيض الذي لا يحتوي على صبغة حمراء وذلك لعدم احتواه على اي من الاليلات السائدة تعطي الصبغة الحمراء.

مثال اخر لصفات الكمية

ثانياً: لون البشرة

تتوارث هذه الصفة بتاثير اكثرا من زوج من العوامل يجعلها الفرد وتكون الاختلافات متساوية من العوامل المضادة وتكون هذه الاختلافات المتساوية عن العوامل المضادة متدرجة بحيث لا يمكن تقسيم الأفراد إلى مجتمع

بسبب طرزهم المظهرية وللبيئة تأثير واضح على توارث هذه الصفة وتكون الطرز الوراثية والجينية على

الجدول الآتي:

الطرز المظهرية التركيب الجيني

AABB	سود
AABb و AaBb	اسمر
AaBb و aaBB و AAbb	متوسط
aaBb و Aabb	فاتح
aabb	ابيض قوقازي

● (A, B, C) النقاط السوداء تشير لوجود أليل سائد

○ (a, b, c) النقاط البيضاء تشير لوجود أليل متمن

