الباب التاسع

توارث الصفات المتلازمة مع الجنس

Inheritance Related to Sex

وضح لنا الآن من مناقشة الباب السابق العلاقة التى تربط ما بين تحديد الجنس ووجود كروموسومات معينة وكيف أن هذه العلاقة وضحت منذ بداية القرن العشرين . لكن بقى هناك أيضاً كثير من المسائل التى تواجه العلماء والتى تتلخص فى معرفة ما هى تلك العلاقة التى تربط ما بين الجنس وتلك الصفات الجسمية التى يتصف بها أى كائن حى .

لقد لاحظ Kolereuter ــ رائد علم تهجين النباتات فى القرن السابع عشر ــ أنه لا توجد أية إختلافات جوهرية فى الشكل المظهرى لنسل الهجن الناتجة من تهجيناته أو تلقيحاتها العكسية . أى بمعنى آخر لا توجد إختلافات بين التهجين والتهجين العكسى له . وهذه الحقيقة تعنى أنه بالرغم من أن الأباء قد تختلف عن بعضها البعض فى كثير من صفاتها فان هذه الصفات تصل إلى نسل هجنها من كلا الأبوين بالتساوى بغض النظر عن جنس الآباء المستخدمة . وعلى الرغم من هذه القاعدة والتى أقام أساسها Kolereuter منذ القرن السابع عشر فانه توجد بعض الاستثناءات لها . فعلى سبيل المثال قد لوحظ ــ منذ فترة طويلة ــ أن هناك بعض الصفات تكون مرتبطة بجنس معين دون الآخر . ومن أشهر أمثله هذه الصفات هو مرض سيولة الدم Haemophilia والذى عرف منذ مئات السنين وخاصة عقب إجراء عملية الختان للأطفال . حيث ترجع خطورة هذا المرض إلى أن دم المصاب لا يتلزن ــ لا يتجلط ــ coagulate والذى بدوره يتسبب عنه نزيف حاد حتى ولو من جرح بسيط مما يؤدى إلى الموت . ولقد اتضح أن هذا المرض يظهر

بنسبة كبيرة جدا فى الأطفال الذكور أكثر مما هو موجود بالأناث . حيث تبلغ هذه النسبة فى الذكور حوالى واحد فى كل عشرة آلاف وفى الإناث تبلغ النسبة واحد فى المليون . ويطلق أيضاً على هذا المرض اسم المرض الملكى Royal disease لإنتشاره فى العائلات المالكة فى كل من انجلترا ــ والعائلات المالكة السابقة ــ فى ألمانيا وأسبانيا وروسيا . أنتقل هذا المرض من الملكة فيكتوريا ملكة انجلترا عن طريق بناتها إلى العائلات المالكة الأخرى حيث أورثت ثلاثة على الأقل من أطفالها التسعة جين هذا المرض وأن نصف عدد أطفالها الذكور كان مصابا بهذا المرض أيضاً . وهذا يدل على أن الملكة فيكتوريا كانت خليطة التركيب الوراثى لجين المرض ــ جين متنحى ــ والذى يحمل على كروموسوم X .

وحيث أنه قد لوحظ أن الأطفال الذكور هم دائما الأطفال المصابين بالمرض دون الاناث فهذا أدى بالتالى إلى الاعتقاد بأن الإناث التى تكون متماثلة homozygous لكروموسومى X وبالتالى لجين المرض والتى تعطى فقط أطفالا ذكوراً مصابين بالمرض تكون نادرة الوجود فى العشيرة .

من هذا نجد أنه إذا فرض وكانت كروموسومات الجنس هذه تحمل جينات تتحكم فى بعض صفات الكائن الجسمية الأخرى خلافا لتحديد جنسه : فإن الاختلاف فى الجنس بالتالى ــ ذكرا أو أنثى ــ لابد وأن يؤدى إلى نظام توارثى معين خاص بتلك الصفات يختلف تماما عما تناولناه فى الأبواب السابقة والتى لاحظنا فيها أن جينات هذه الصفات التى درست كانت محمولة على الكروموسومات الجسمية . ولم نلاحظ فى نسب الأشكال المظهرية المتحصل عليها فى نسل التهجين المختلفة سواء النسبة ٣ : ١ أو ٩ : ٣ : ٣ : ١ أو ٩ : ٧ ... الخ أية علاقة مع جنس النسل نفسه . حيث وجدنا أن مثل هذه النسب تظهر فى أفراد النسل سواء كانت ذكورا أو اناثا وسواء استخدمنا التلقيح المباشر أو التلقيح العكسى .

وبناء على ذلك فاننا نتوقع أن الجينات المحمولة على كروموسوم X فقط وليس لها أية اليلات على كروموسوم Y سوف تتواجد فى الاناث على هيئة ثنائية أى أن الأنثى تحمل اليلان . فى حين نجد أن الذكر يحمل اليلا واحدا من هذا الجين . وبذلك نصل إلى تحديد السبب فى كون مثل هذه الصفات أكثر إنتشاراً فى الذكور عما هو موجود فى الاناث . أيضا نتوقع من هذا أن الاناث قد تكون متماثلة homozygous أو خليطة heterozgous أما الذكور تعرف بأنها نصف متماثلة hemizygous نظراً لوجود اليل واحد فقط بها من هذا الزوج من الجينات .

ونظراً لما اتضح لنا الآن من تلازم الشكل المظهرى للفرد مع جنسه فى مثل تلك الصفات فإنه يمكننا الآن مناقشة تلك الجينات المحمولة على كروموسوم الجنس من الوجهات الثلاثة التالية :

١ ــ الجينات المرتبطة بالجنس Sex - linked genes

وهذه هى الجينات التى تحمل على كروموسوم X فقط ولا توجد لها اليلات محمولة على كروموسوم Y .

٢ ــ الجينات المرتبطة جزئيا بالجنس .

Partialy or incomplete sex Linkage genes

وتلك هى الجينات التى تحمل على كروموسوم X وتوجد لها اليلات محمولة على كروموسوم Y أيضا .

٣ ــ التوارث عن طريق كروموسوم Y holandric genes

وهى تلك الجينات التى تحمل على كروموسوم Y فقط ولا يقابلها اليلات على كروموسوم X .

كما نعلم أن هناك أيضا جينات أخرى محمولة على الكروموسومات الجسمية . فقد تكون بعض هذه الجينات المحمولة على الكروموسومات

الجسمية autosmes لها تأثير على الشكل المظهرى للفرد والذى يتوقف بالتالى على جنس الفرد الموجود فيه التركيب الوراثى ومن هذه الصفات الأخيرة يوجد القسمان التاليان :

١ ــ الصفات المقتصرة على الجنس Sex limited genes

نجد أن هذه الصفات تكون قاصرة الظهور على جنس واحد فقط من الكائن ولا تظهر مطلقا فى الجنس الآخر بالرغم من أن كلا الجنسين يحملان نفس التركيب الوراثى الواحد .

٢ ــ الصفات المتأثرة بالجنس Sex - influenced genes

هنا نجد أن اتجاه السيادة بين اليلى زوج الجينات للصفة المتأثرة بالجنس يعتمد إعتماداً كلياً على جنس الفرد الموجود به التركيب الوراثى .

وسنتناول فيما يلى بعض النقاط التفصيلية لكل قسم مما سبق .

أولا : الصفات المرتبطة بالجنس Sex - linked genes

لم يستطع العلماء تفسير ميكانيكية توارث تلك الصفات التى تتلازم مع الجنس إلا بعد اكتشاف طرقا وتكنيكات معينة يرجع الفضل فى اكتشافها إلى العالم مورجان Morgan (١٩١٠) ومعاونوه . حيث حصل هذا العالم نتيجة دراساته العديدة على حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر على الدليل القاطع بأن بعض الصفات الخاصة بهذه الحشرة مرتبطة مع جنس الفرد نفسه وتسلك سلوكا متلازما مع كروموسوم الجنس X . وعلاوة على ذلك فإن هذه الحقيقة التى اكتشفها مورجان ومعاونوه أعطت الأساس العلمى لنظرية الكروموسوم Chromosome theory والتى تنص على « أن الجينات ما هى إلا عبارة عن أجسام محمولة على الكروموسوم ومرتبة ترتيباً طولياً عليه » .

ولكى نتفهم كيفية الوصول إلى هذه النتيجة يجب علينا أن نبدأ الطريق من بدايته . حصل مورجان عام (١٩١٠) من سلالة برية (حمراء العين) من

حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر فى معمله على ذكر أبيض العين وهذه الصفة (الطفرة) لم تكن موجودة أصلا فى السلالة البرية ولقد تمكن من الحصول على سلالة تمتاز بهذه الصفة ألا وهى صفة العين البيضاء عن طريق تلقيحها مع أشقائها الإناث الحمراء العين . وبتتبع السلوك الجينى لهذه الصفة الجديدة فلقد وضحت من نتائجها العلاقة الوثيقة بين هذه الصفة وجنس الفرد نفسه . وفيما يلى ملخص للتجارب التى قام بها مورجان على تلك الصفة .

١ ــ التلقيح بين ذكر أبيض العينين (الطفرة) مع أنثى حمراء العينين (برية) :

قام مورجان باجراء التلقيح بين الذكر الأبيض العينين مع أنثى حمراء العينين من السلالة البرية المرباه بالمعمل وفحص نسل الجيل الأول الناتج من هذا التهجين فوجد أن نسل F_1 هذا سواء كانت ذكوراً أو إناثاً هى جميعاً أفراداً ذات عيون حمراء . وعندما تزاوجت ذكور من الجيل الأول مع إناث من نفس الجيل وذلك للحصول على F_2 كانت مجاميع الشكل المظهرى تلك فى الجيل الثانى هى ذكور حمراء وذكور بيضاء وأيضا أناث حمراء ولم توجد اطلاقا أنثى بيضاء فى الجيل الثانى . هذه النقطة الأخيرة لم يسبق ملاحظتها فى التجارب السابقة . ويمكن توضيح هذا التهجين أيضا كما يلى :ــ

ذكر أبيض العين × أنثى حمراء العين	الآباء
حمراء العين ذكورا واناثا	الجيل الأول
ذكور حمراء: ذكور بيضاء: اناث حمراء	الجيل الثانى
١٠١١ ٧٨٢ ٢٤٥٩	عدد الأفراد

(لم تشاهد أية إناث بيضاء العين)

ووجد كذلك أن نسبة الذكور الحمراء : الذكور البيضاء هى نسبة ١ : ١ فى F_2 أى أن نصف الذكور فى الجيل الثانى كانت حمراء والنصف الآخر كانت بيضاء العين . أما بالنسبة للصفة نفسها فكانت نسبة الأفراد الحمراء (أناث وذكور) إلى نسبة الأفراد البيضاء (ذكور فقط) فى الجيل الثانى هى كنسب ٣ : ١ هذه النسبة الأخيرة ٣ : ١ وكذلك ظهور صفة العين الحمراء فى أفراد الجيل الأول جميعا تدل على أن هناك زوجا واحدا فقط من الجينات يتحكم فى توارث هذه الصفة وأن اليل اللون الأحمر هو الاليل السائد على اللون الأبيض .

كذلك وجد نتيجة التربية أن الاناث المتحصل عليها فى الجيل الثانى كان نصفها متماثلا لا ليلى العين الحمراء والنصف الآخر خليطا بالنسبة لا ليلى العين الحمراء . والاناث الخليطة هذه فى العين الحمراء (فى F_2) تشبه تلك الاناث الحمراء الخليطة الموجودة فى الجيل الأول وذلك لأنه لو لقحت مثل هذه الأناث رجعياً إلى ذكر أبيض العين نجد أن النسل الناتج من هذا التلقيح الرجعى يقع فى أربعة مجاميع شكل مظهرى كما يلى :ـــ

أنثى حمراء × ذكر أبيض تلقيح رجعى

(خليطة من الجيل الأول)

أو الجيل الثانى

أناث بيضاء:	أناث حمراء:	ذكور بيضاء:	ذكور حمراء:	نسل التلقيح
١	: ١	: ١	: ١	الرجعى

وبإجراء التلقيح العكسى للتلقيح السابق أى استخدام الأب المذكر هو الأحمر العين والأم هى البيضاء العين فاننا نجد أن نتائج هذا التلقيح العكسى سوف تصبح كما يلى :ـــ

٢ ـــ التلقيح بين ذكر أحمر العينين (برى) وأنثى بيضاء العينين (طفرة) :

وجد باجراء التلقيح العكسى reciprocol cross ـــ للتلقيح السابق ـــ أى أننا أستخدمنا هنا الأب المذكر يتصف باحمرار العين أما الأم فتتصف بانها تحمل (الطفرة) العين البيضاء . ولقد لوحظ أن نتائج التلقيح العكسى هذا كانت مختلفة تمام الإختلاف عما وجد فى التلقيح السابق . وهذا الإختلاف من الممكن تبسيطه فى النقاط التالية :

الجيل الأول فى هذا التلقيح العكسى كان على الوجه التالى :

ـــ كانت جميع أناث الجيل الأول حمراء العين .

ـــ كانت جميع ذكور الجيل الأول بيضاء العين .

لاحظ هنا أن صفة الأب المذكر ظهرت فى إناث نسله فقط ولم تظهر فى أبنائه الذكور كذلك ظهرت صفة الأم فى أبنائها الذكور ولم تظهر فى بناتها . أى أن صفة الأب المذكر إنتقلت إلى الإناث وصفة الأم إنتقلت إلى الذكور فى F_1 أى حدث تبادل عكسى للصفة مع الجنس أى أن الصفة تظهر كما لو كانت تنتقل من جنس إلى الجنس الآخر أثناء إنتقالها من جيل إلى الجيل التالى . وتعرف هذه الظاهرة باسم الوراثة التصالبية Criss - cross inheritance .

وعند إجراء التلقيح ما بين ذكور وإناث الجيل الأول للحصول على الجيل الثانى لوحظ الإختلاف الثانى فى F_2 عن التلقيح السابق حيث وجد أن :

الجيل الثانى فى هذا التلقيح العكسى كان على الوجه التالى :

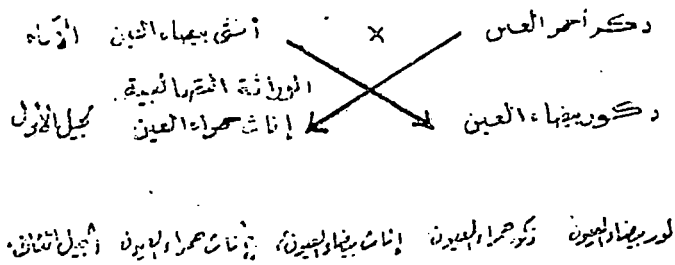
ـــ نصف الأناث فى الجيل الثانى كانت حمراء العيون .

ـــ نصف الأناث الآخر فى الجيل الثانى كانت بيضاء العيون .

ـــ نصف الذكور فى الجيل الثانى كانت حمراء العيون .

نصف الذكور الآخر فى الجيل الثانى كانت بيضاء العيون .

وكانت النسبة لهذه الأربعة أشكال مظهرية فى الجيل الثانى كنسبة ١ : ١ : ١ : ١ فإذا أوضحنا التلقيح العكسى فيما يلى سوف نجد :ـــ



١ : ١ : ١ : ١

نجد من نتائج التلقيح السابق والتلقيح العكسى له وجود إختلافات بين نتائجهما تتلازم مع جنس الفرد نفسه وظهور ظاهرة الوراثة التصالبية criss-cross inheritance فى F_1 عندما كان الأب المذكر حاملا الاليل السائد والأم حاملة للاليلين المتنحيين للصفة . هذه النتائج أيضا لم تلاحظها فى تجارب الأبواب السابقة ـــ فكيف اذن فسر مورجان هذه النتائج ؟

تفسير مورجان لوراثة صفة لون العين البيضاء فى حشرة الدروسفيلا ميلانوجستر .

وضع مورجان الفروض التالية ليتمكن من الوصول إلى تفسير النتائج الخاصة بتجارب توارث صفة العين البيضاء فى الدروسفيلا . وهذه الفروض تتلخص فيما يلى :ـــ

أولا : إفترض مورجان أن الجين المسئول عن لون العين البيضاء فى ذبابة الدروسفيلا محمولا على كروموسوم (X) وإن هذا الكروموسوم أما أن يحمل اليل اللون الأحمر أو اليل اللون الأبيض للعين .

ثانيا : اليل لون العين البيضاء هو اليل متنحى أمام اليل اللون الأحمر .

ثالثا : إناث الجيل الأول ـــ الناتجة من التلقيح بين ذكر أبيض العين مع أنثى حمراء العين ـــ هى إناث خليطة التركيب الوراثى بالنسبة لهذا الزوج من الجينات ولكنها حمراء العين من ناحية الشكل المظهرى ذلك لأن اليل اللون

الأحمر سائد على اليل اللون الأبيض . ومن هذا الفرض نجد أن الشكل المظهرى للاناث البيضاء العين لن يحدث فى الاناث إلا إذا كانت متماثلة بالنسبة لا ليل العين الأبيض حيث أن الأنثى هى الجنس المتماثل الجاميطات homogametic sex أو بمعنى أنها تحمل كروموسومين من كروموسومات X كما أثبت ذلك كل من ولسون وستيفن Wilson and Stevens وآخرون . أما بالنسبة للذكر فهو الجنس المختلف الجاميطات heterogametic sex أى يحمل كروموسوم X وكروموسوم Y .

رابعا : كروموسوم Y لا يحمل أى الاليلين الذى يؤثر على صفة العين البيضاء أو الحمراء وتبعاً لذلك فان وجود أى من الاليلين على كروموسوم X فى الذكر فان أثر هذا الاليل يظهر على لون عيون الذكور .

ومن هذه الفروض نجد أن هناك عدة إحتمالات للتراكيب الوراثية بالنسبة للذكور والإناث تبعا لأشكالها المظهرية بالنسبة لصفة لون العين . هذه الإحتمالات ـــ بافتراض أن اليل العين البيضاء هو W واليل العين الحمراء هو + W ـــ هى .

أ ـــ بالنسبة للذكور :

ب ـــ بالنسبة للإناث :

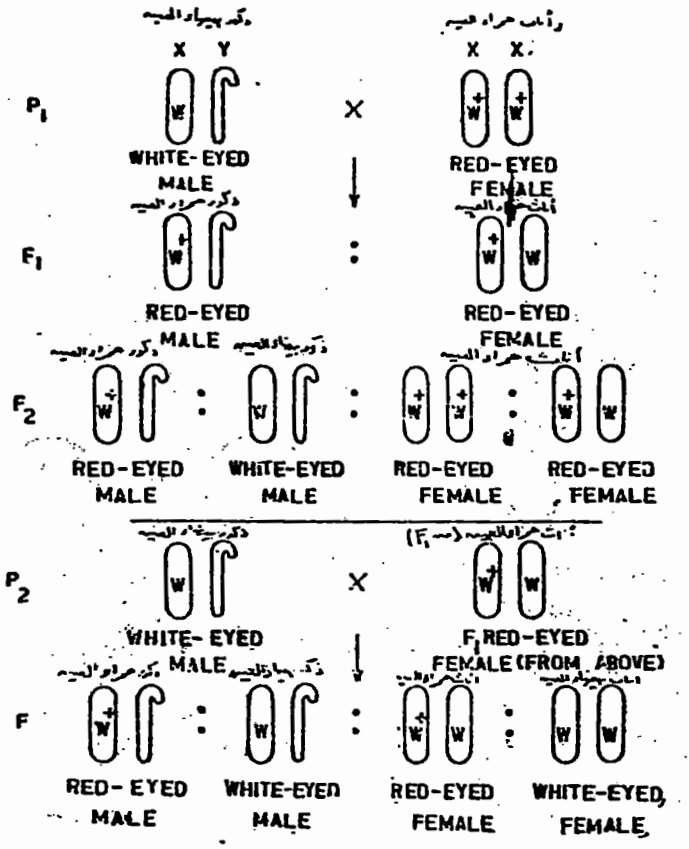
ب ـ بالنسبة للاناث :

وبناء على فروض مورجان هذه يمكننا تتبع سلوك وراثة صفة العين البيضاء فى الدروسفيلا وتفسير النتائج المتحصل عليها من التجارب السابقة :

أولا : التلقيح بين ذكر أبيض العين مع أنثى حمراء العين :

يوضح شكل رقم (١٢) النتائج المتوقع الحصول عليها تبعا لفروض مورجان كذلك أيضا يوضح لنا هذا الشكل نتائج التلقيح الرجعى المتوقع الحصول عليه من تلقيح اناث الجيل الأول الخليطة رجعيا إلى الذكر الأبيض العين .

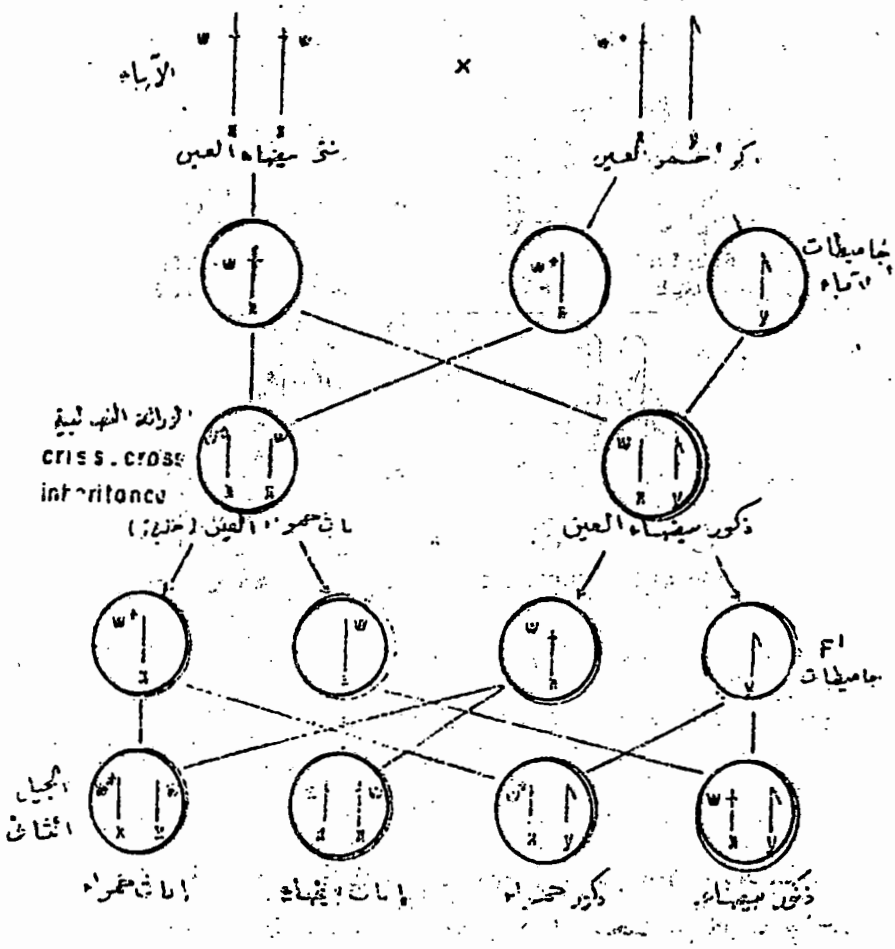
ومن هذا والشكل نجد أن النتائج المتوقع الحصول عليها والمبنية على فروض مورجان تتطابق تمام الانطباق مع تلك النتائج المشاهدة والتى حصل عليها فعلا من تجارب التربية على حشرة الدروسفيلا بالنسبة لهذا التلقيح .



شكل رقم (١٢) : طريقة توارث صفة لون العين الحمراء والبيضاء
فى الدروسفيلا المرتبطة بكروموسوم الجنس X كما وضحت من تجارب مورجان

ثانيا : التلقيح بين ذكر أحمر العين مع أنثى بيضاء العين :

أيضا بناء على فروض مورجان نجد أنه يمكننا تتبع التحليل الوراثى لهذا التلقيح كما يلى :



من هذه النتائج يمكننا ملاحظة النقط التالية :

ـــ يورث الذكر صفاته المرتبطة بالجنس والمحمولة على كروموسوم X لاحفاده الذكور عن طريق بناته ولا يورثها مطلقا لهؤلاء الأحفاد عن طريق أبنائه .

ـــ كروموسوم X المفرد الموجود فى الذكر يتحصل عليه دائما عن طريق أمه . أما كروموسوم Y الموجود فى الذكر فيتحصل عليه دائما عن طريق أبيه

ـــ كروموسومى XX فى الاناث يأتى أحدهما للأنثى عن طريق الأم بينما الكروموسوم الآخر (X) تتحصل عليه نفس الأنثى من أبيها . أى أن الاناث هي فقط الأفراد التى يصلها كروموسوم X من أبيها .

ـــ ترجع أهمية وراثة لون العين الأبيض والأحمر فى الدروسفيلا إلى أنها أول حالة تمكن فيها الباحثون من الربط بين أحد الجينات وكروموسوم معين . ولقد تم بعد ذلك ملاحظة وجود حوالى ١٤٠ صفة أخرى تسلك نفس سلوك صفة لون العين الأبيض والأحمر أى أنها صفات مرتبطة ومحمولة على كروموسوم الجنس X .

وإذا سلمنا فى صحة فروض مورجان فعلى أساسها سوف نتوقع النتائج التالية :

١ ـــ إذا أجرى تلقيح بين ذكور بيضاء العين مع أناث بيضاء العين أيضا فاننا نتوقع أن أفراد النسل سواء كانت ذكوراً أو أناثا سوف تكون فقط بيضاء العين .

٢ ـــ أناث الجيل الأول الناتجة من التلقيح بين ذكور بيضاء واناث حمراء سوف تكون خليطة التركيب الوراثى بالنسبة لاليل العين البيضاء وسوف تنتج أناث الجيل الأول هذه ٥٠٪ من ذكور نسلها ذكورا بيضاء العين مع أى تهجين باب أحمر أو أبيض العين .

هذه الأناث الخليطة سوف تنتج أيضا إذا ما هجنت بذكور بيضاء العين ٥٠٪ من نسل بناتها أناثا بيضاء العين .

٣ ـــ ذكور الجيل الأول الحمراء العين الناتجة من التهجين بين أب مذكر أبيض العين مع أم حمراء العين سوف تنتج فقط اناثا حمراء العين عندما تلقح

ذكور F_1 الحمراء العين مع أناث بيضاء . ومن جهة أخرى سوف نجد أن جميع ذكور نسل التلقيح الأخير هى ذكور بيضاء العين .

٤ ــ أناث الجيل الثانى الحمراء العين الناتجة من التهجين بين ذكر أبيض العين وأم حمراء العين سوف تكون ذات تركيبين وراثيين مختلفين أحدهما متماثل والآخر خليط . وللتفرقة بينهما تلقح هذه الاناث (فى F_2) مع ذكور بيضاء العين فالاناث المتماثلة للعين الحمراء سوف تعطى نسلا جميعه ــ ذكورا واناثا ــ أحمر العيون أما الاناث الخليطة (فى F_2) فانها سوف تعطى أناث حمراء : أناث بيضاء : ذكور حمراء : ذكور بيضاء من مثل هذا التلقيح .

وسوف نترك للطالب نفسه اثبات مثل هذه النتائج السابقة .

اثبات بريدجز لنظرية مورجان :ــ

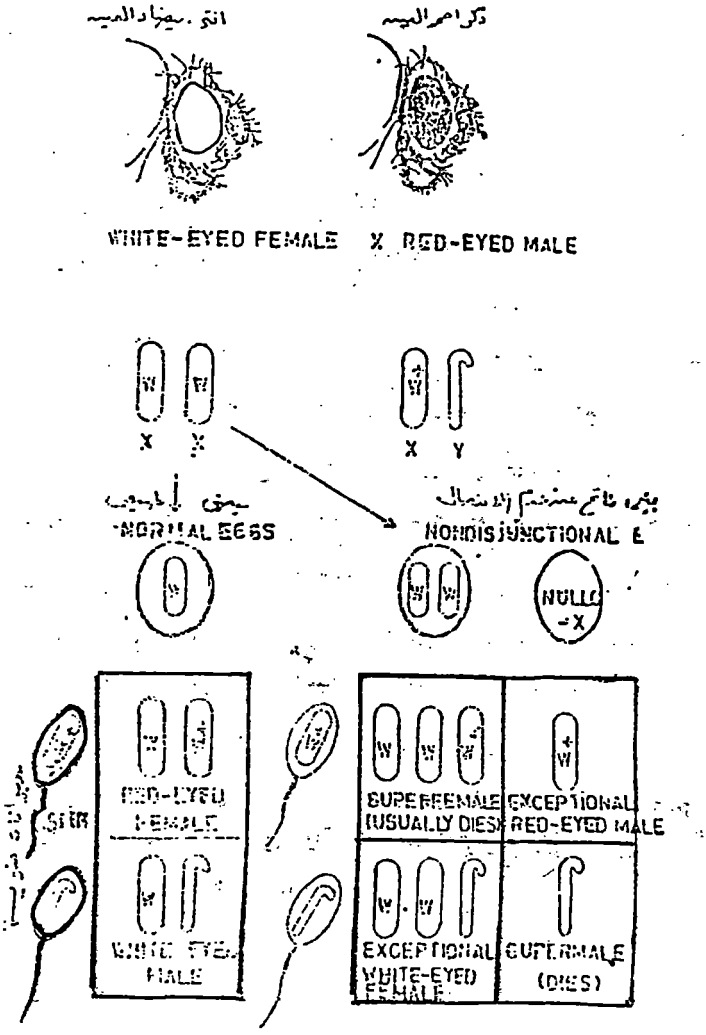
ا ــ ظاهرة عدم الانفصال لكروموسومى XX :ــ

لم تثبت نظرية مورجان الخاصة بتوارث صفة العين البيضاء والحمراء عن طريق ارتباطها بكروموسوم X فى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر عن طريق تجارب التربية فقط لكن أيضا أمكن اثبات تلك النظرية سيتولوجيا عن طريق تجارب بريدجز Bridges عام ١٩١٦ .

وإذا ما استرجعنا مناقشتنا السابقة فى الباب الثامن الخاصة بظاهرة عدم انفصال كروموسومى XX الأولى فى حشرة الدروسفيلا ــ نجد أن بريدجز قد استفاد فعلا من تلك الظاهرة فى اثبات نظرية مورجان من الوجهة السيتولوجية أيضا . فلقد لاحظ بريدجز Bridges أن الأنثى البيضاء العين عندما تلقح مع ذكر أحمر العين فغالبا ما ينتج هذا التلقيح نسلا به بعض الأفراد الشاذة بنسبة نادرة جدا ــ حوالى حشرة واحدة فى كل ٢٠٠٠ حشرة ــ وهذه الأفراد الشاذة لم تكن متوقعة الظهور فى هذا النسل . فنحن نعلم كنتيجة لتجارب مورجان أنه بتلقيح ذكر أحمر العين مع أنثى بيضاء العينين سوف يكون النسل الناتج فى الجيل الأول مكونا من أناث حمراء العين مثل أبيها وذكوراً بيضاء

العين مثل أمهاتها (الوراثة التصالبية) . فعلاوة على هذا النسل المشاهد من تجارب مورجان تحصل بريدجز Bridges على أفراد شاذة بنسبة نادرة جدا وهى ذكر شاذ أحمر العين مثل الأب وأنثى شاذة بيضاء العين مثل الأم وعلى اناث فائقة الأنوثة وذكور فائقة الذكورة . وبالرغم من أن تفاصيل مثل هذه الحالة لم تكن قد وضحت تماما فى مثل هذا الوقف إلا أن بريدجز قد أرجع ظهور مثل هذه الأفراد الشاذة إلى ظاهرة عدم الانفصال الأولى لكروموسومى XX . وشكل رقم (١٣) يفسر لنا كيفية الحصول على مثل هذه الأفراد الشاذة عن طريق ظاهرة عدم الانفصال الأولى لكروموسومى XX .

تبعا لظاهرة عدم الانفصال الأولى لكروموسومى XX فى الأنثى البيضاء العين نجد أنها تنتج بيضا طبيعيا تحمل كل بيضة فيه كروموسوم X واحد فقط بالاضافة إلى أنها أيضا تنتج نوعين آخرين من البيض نتيجة عدم الانفصال الأولى لكروموسومى XX أحد هذين النوعين يحمل كروموسومى الجنس XX والنوع الأخير لا يحمل أية كروموسومات X . وبالطبع كروموسومات X هنا الناتجة من هذه الأنثى البيضاء سوف تحمل كل منها اليل العين البيضاء (w) . أما بالنسبة للذكر فهو ينتج طبيعيا نوعين من الحيوانات المنوية أحدهما به كروموسوم X ويحمل اليل لون العين الحمراء والآخر يحمل كروموسوم Y وهذا بالطبع لا يحمل اليل لون العين الحمراء وباخصاب نوعى الحيوانات المنوية مع الثلاث أنواع من البيضات الناتجة من هذه الأنثى نجد أن النسل يتكون من (كما هو موضح أيضا فى شكل ١٣) :ـــ



شكل رقم (١٣) : النسل الناتج من تهجين أنثى بيضاء العين مع ذكر أحمر العين نتيجة لظاهرة عدم الانفصال الأولى للأنثى فى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر

ـــ أناث حمراء العين ـــ ذكور بيضاء العين	طبيعية وعددها كبير جدا
ـــ ذكور شاذة حمراء العين ـــ أناث شاذة بيضاء العين	شاذة ونادرة جدا
ـــ أناث فائقة الأنوثة ـــ ذكور فائقة الذكورة	شاذة ونادرة جدا .

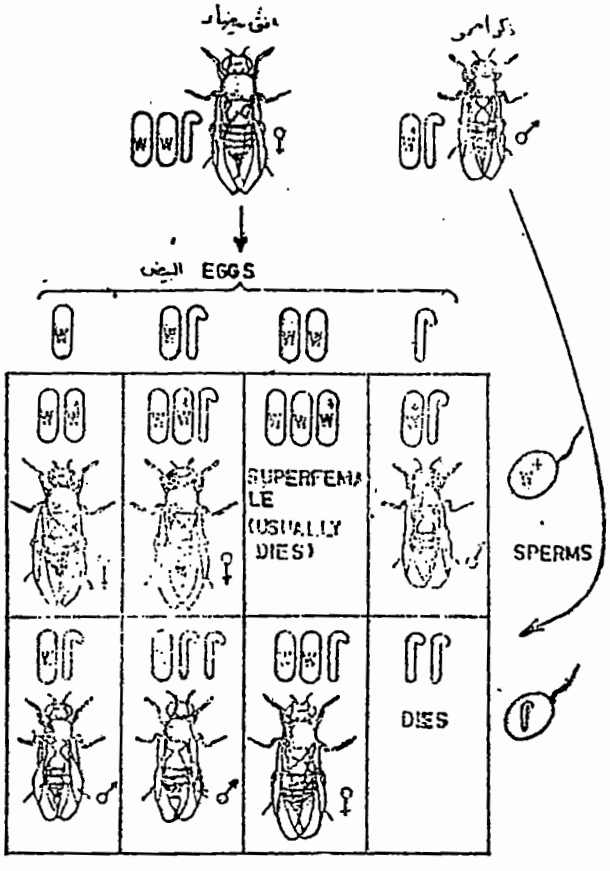
ولكى يثبت بريدجز طبيعة هذه الأفراد الشاذة الناتجة من التلقيح السابق على أساس ظاهرة عدم الانفصال الأولى لكروموسومى XX فلقد أخذ الاناث الشاذة البيضاء العين الناتجة فى الجيل الأول من التهجين السابق ولقحها مع ذكر أحمر طبيعى . فهذه الأنثى الشاذة البيضاء العين إذا كانت فعلا ناتجة عن طريق ظاهرة عدم الانفصال الأولى لكروموسومى XX ـــ وليس عن طريق أى شىء آخر ـــ فانه يتوقع أن يكون تركيبها الجينى الكروموسومى هو : $X^{w} X^{w} Y$ وبالتالى سوف يحدث لها أيضا عدم انفصال ثانوى لكروموسومى الجنس XX . حيث نجد أن مثل هذه الأنثى سوف تنتج أربعة أنواع من الجاميطات نوع به كروموسوم X مفرد ونوع آخر به كروموسوم Y مفرد أما النوعان الآخران فاحدهما به كروموسومى YX والآخر به كروموسومى XX نتيجة لظاهرة عدم الانفصال الثانوى لكروموسومى XX .

أما بالنسبة للذكر الأحمر العينين فنجد أن جاميطاته (جيواناته المنوية) طبيعية نوع به كروموسوم X والنوع الآخر به كروموسوم Y . وباخصاب الأربعة أنواع من الجاميطات الناتجة من الأنثى البيضاء العين نتيجة لعدم الانفصال الثانوى بنوعى الحيوانات المنوية الناتجة من الذكر الأحمر العينين سوف نجد ثمانية تراكيب زيجوتية موضحة فى شكل رقم (١٤) بالنسبة للتركيب الكروموسومى أو الجينى . هذا النسل الناتج شكل رقم (١٤) سوف يشتمل على ذكور XYY بيضاء العين (خصبة) .

لم يتوقف بريدجز عند هذا الحد بل استمر أيضا فى تجاربه من وجهة أخرى حيث تم فحص أفراد هذا النسل سيتولوجيا . حيث دلت النتائج السيتولوجية بالنسبة لتوزيع كروموسومات الجنس سواء كانت X أما Y أنها معضدة للأشكال المظهرية المتوقع الحصول عليها نتيجة لظاهرة عدم انفصال كروموسومى X . وعلى هذا فلقد قدم بريدجز الدليل العملى على صحة نظرية مورجان والتى تنص على أن جين صفة لون العين الأبيض والأحمر فى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر هو جين محمول على كروموسوم X فى هذه الحشرة .

ب ــ كروموسومى X المتصلان :ــ

اكتشفت مسز مورجان L. V. Morgan (زوجة مورجان) ــ مباشرة بعد اكتشاف بريدجز لظاهرة عدم الانفصال الأولى والثانوى لكروموسومى الجنس XX ــ سلالة أخرى من الدروسفيلا ميلانو جستر والتى يحدث فيها ظاهرة عدم الانفصال بنسبة ١٠٠٪ من جميع الأفراد . وهذه السلالة تتكون من أناث عندما تلقح بذكور تحمل جين متنحى مرتبط بالجنس فان هذه الاناث دائما تنتج اناثاً فى نسلها مشابهة تماما لأمهاتها وأيضا تنتج ذكورا مشابهة تماما لابائها . فمثلا إذا هجن ذكر أبيض العين مع هذه الاناث من السلالة التى وجدتها مسز مورجان فان النسل دائما يكون فى مجموعتين : المجموعة الأولى عبارة عن ذكور تشبه أبائها أى ذكور بيضاء العين . والمجموعة الثانية عبارة عن أناث حمراء العين تشبه دائما أمهاتها . هذا السلوك من التوارث أدى إلى استنتاج أن هذه الأناث فى نسل هذا التهجين ينتقل إليها كروموسومى XX من أمهاتها بينما ذكور نسل هذا التلقيح ينتقل إليها كروموسوم X مفرد فقط من أبائها .



شكل رقم (١٤) : النسل الناتج من التهجين بين أنثى بيضاء العين (XXY) مع ذكر أحمر العين (XY) فى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر نتيجة لظاهرة عدم الانفصال الثانوى .

ولقد تمكنت أيضا مسز مورجان من تكوين سلالة من هذه الحشرة اناثها بيضاء العين والتى تمتاز بهذه الظاهرة أى أن هذه الأناث تنقل إلى نباتها كروموسومى XX . من جهة أخرى تمتاز جميع ذكور هذه السلالة الجديدة بأنها حمراء العين وهذه الذكور أيضا تنقل إلى أبنائها الذكور فقط كروموسوم X الخاص بها .

فسر انتاج مثل هذه السلالة على أساس أن كروموسومى XX لها ما هما الاكروموسومان متصلان فى الاناث . نجد أن فى هذه السلالة هذه الأناث ما هى إلا اناثا ذات تركيب كروموسومى XXY مشابهة فى ذلك للسلالة التى حصل عليها بريدجز Bridges ولكن الاختلاف بين سلالة مسز مورجان وبريدجز هو فى أن سلالة مسز مورجان يكون كروموسومى XX متصلان معا وبذلك فانهما يتوارثان معا كوحدة واحدة وعليه فاننا سوف نرمز لهما $\widehat{XX}$ (attached X) .

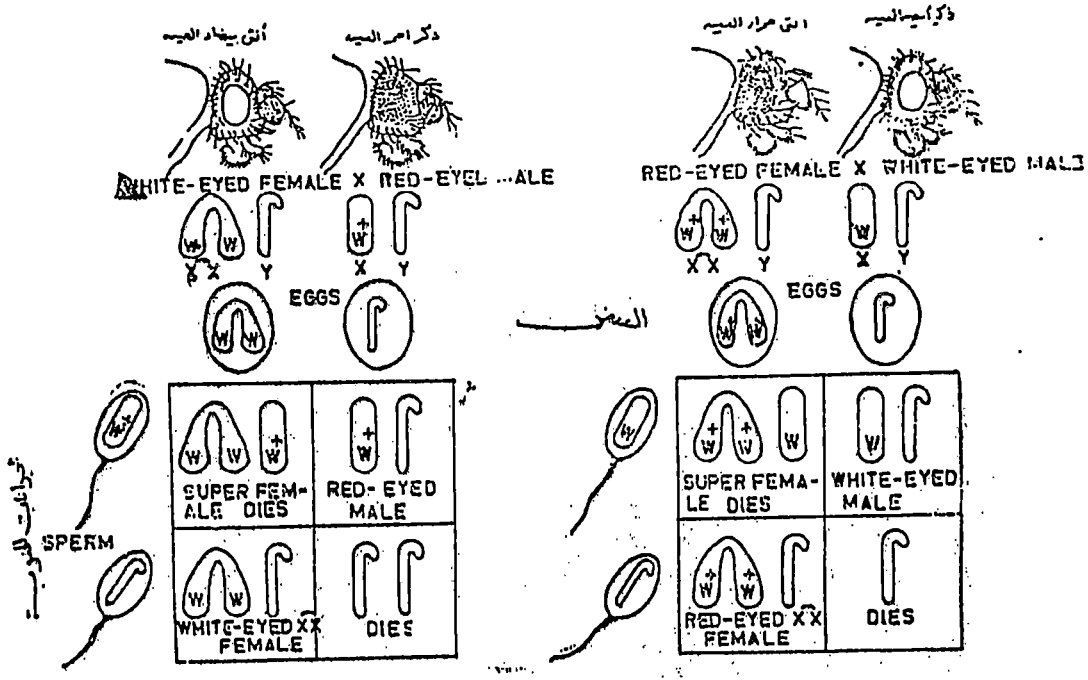
مثل هذه الأناث المتصلة لكروموسومى X (XX) سوف تنتج فقط نوعين من الجاميطات المؤنثة (البيض) . النوع الأول سوف يكون محتويا على كروموسومى XX المتصلان والنوع الآخر من البيض سوف يحتوى على كروموسومى Y فقط . أما الحيوانات المنوية الناتجة من الذكور فسوف تكون أيضا فى نوعين الأول منهما سوف يحمل كروموسوم X والثانى سوف يحمل كروموسوم Y . اخصاب نوع البيض الذى به كروموسومى XX المتصلان بالحيوان المنوى المحتوى على كروموسوم Y سوف ينتج عنه أناث بها كروموسومى XX وهذه الأناث خصبة . بينما ينتج الاخصاب لنفس نوع البيضات التى بها كروموسومى XX المتصلان بالحيوان المنوى الذى يحمل كروموسوم X أناثا فائقة الأنوثة تحتوى على ثلاثة كروموسومات X وهذه غالبا ما تموت فى مرحلة البيضة ــ واخصاب البيضات المحتوى على كروموسوم Y بحيوان منوى يحتوى على كروموسوم Y أيضا سوف ينتج زيجوتا محتويا على كروموسومين لـ Y وهذه غالبا ما تموت . لكن هذا البيض المحتوى

على كروموسوم Y عندما يخصب بالحيوان المنوى المحتوى على كروموسوم X سوف ينتج عنه ذكور طبيعية . لكن هذه الذكور الأخيرة وصل إليها كروموسوم Y من أمها وكروموسوم X من أبيها خلافا للحالة الطبيعية التى وجدناها فى حشرة الدروسفيلا والتى وجدنا فيها ان الابن الذكر يأخذ عن أبيه كروموسوم Y وعن أمه كروموسوم X .

وبناء على ظاهرة كروموسومى X المتصلان (XX) سوف نجد أن اناث النسل ينتقل إليها كروموسومى XX الأميان وكروموسوم Y الأبوى . بينما العكس هو الصحيح بالنسبة لذكور النسل أى أنها تأخذ عن أمها كروموسوم Y وعن أبيها كروموسوم X .

وبناء على ذلك فاننا نجد أن الصفات المرتبطة بالجنس فى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر مثل صفة لون العين الأبيض تنتقل مباشرة من الأمهات إلى بناتها ومن الآباء إلى أبنائهم الذكور مباشرة (كما هو موضح فى شكل رقم ١٥) . ومن جهة أخرى فلقد تأيدت مثل هذه النتائج معمليا ـــ حيث دلت النتائج الستيولوجية على أن كروموسومى الجنس XX هما كروموسومان متصلان فعلا عند منطقة السنترومير فى مثل هذه السلالة .

نخلص الآن من أن الفحص السيتولوجى سواء لظاهرة عدم الانفصال الأولى والثانوى لكروموسومى X أو لظاهرة كروموسومى XX المتصلان قد قدمتا الدليل العملى على صحة نظرية الكروموسومات فى الوراثة . وبالطبع يرجع الفضل هذا إلى مورجان وزوجته وتلاميذه وعلى رأسهم بريدجز .



شكل رقم (١٥) : النسل الناتج عن طريق سلوك كروموسومى X المتصلان فى انثى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر لصفة لون العين المرتبطة بالجنس

الأرتباط بالجنس فى الانسان Sex - linkage in man

لاحظنا فى بداية مناقشتنا للباب الحالى أن الصفات المرتبطة بالجنس لوحظت فى الواقع أول ما لوحظت على الانسان كما وجدنا فى مثال مرض سيولة الدم haemophilia لكن نظرا لعدم توفر المعلومات الكافية فى ذلك الحين فلقد انتظرت مثل هذه الصفات وتفسير سلوكها إلى الوقت الذى تبلورت فيه نظرية الكروموسوم بواسطة مورجان وتلامذته . عندئذ فقط أمكن وضع التفسير الصحيح عن سبب اختفاء بعض الصفات المعينة فى الأب وعدم ظهورها فى أفراد نسله سواء كان ذكورا أو أناثا أى أنها تختفى مباشرة فى الجيل التالى ثم تعاود الظهور مرة أخرى فى الذكور فى أجيال تالية . وأيضا لماذا تظهر مثل هذه الصفات بنسبة أكبر فى الذكور عما هو موجود فى الأناث ؟.

يتقدم الدراسة أيضا أمكن لماك كوزيك Mc Kusik عام ١٩٧٥ أن يقرر أن ٩٣ صفة مرتبطة بالجنس فى الانسان علاوة على ٧٨ صفة أخرى يحتمل أن تكون أيضا مرتبطة بالجنس ومعظم هذه الصفات يتسبب فى وراثتها اليلات متنحية .

وسوف نتناول بالمناقشة أهم مرضين يصيبان الانسان وفى نفس الوقت هما مرضان مرتبطان بالجنس . هذان المرضان هما :ـــ

١ ـــ مرض عمى الألوان color blindness

٢ ـــ مرض سيولة الدم haemophilia

(١) السلوك الوراثى لمرض عمى الألوان فى الانسان :

يتسبب هذا المرض الوراثى فى أن الفرد المصاب به ليس لديه القدرة على التميز بين اللون الأحمر الخفيف واللون الأخضر الخفيف وكذلك اللون الرمادى فى الضوء الباهت . وقد توجد حالات من المرض شديدة جدا تؤدى إلى عدم المقدرة اطلاقا على التميز بين اللونين الأحمر والأخضر على الأطلاق . وعلى هذا

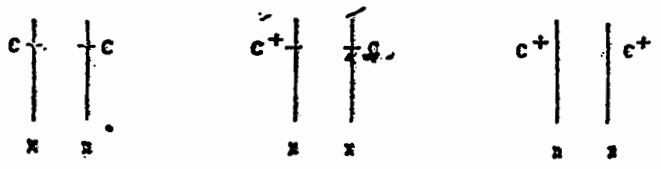
فان الفرد المصاب بهذه الحالة الأخيرة يكون عرضه للتسبب فى حوادث الطرق العامة وخاصة إذا ما كان قائدا لسيارة . وجد أن هذا المرض أيضا من أكثر الصفات المرتبطة بالجنس حيث وجد أن نسبة الاناث المصابة هى ٠,٠٠٥ فقط من مجموع الأناث .

يتسبب هذا المرض عن جين متنحى يرمز له بالرمز c ويحمل على كروموسوم X فقط ولا يحمل كروموسوم Y أى اليل له . أى أن التركيب الوراثى للذكر فى الانسان بالنسبة لهذا الجين يكون نصف متماثل hemizygous سواء أكان للاليل السائد أو المتنحى . أما الأناث فهى أما أن تكون متماثلة أصيلة للاليل السائد أو خليطة أو متماثلة أصيلة للاليل المتنحى (اليل المرض) . أى بعبارة أخرى فانه يمكننا تمثيل التراكيب الوراثية والكروموسومية المحتملة لكل من الذكور والأناث كما يلى :

الذكور :

ذكر سليم ذكر مصاب بعمى الألوان

الأناث :

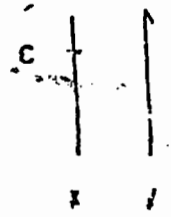


أنثى أصيلة متماثلة سليمة — أنثى خليطة سليمة لكنها حاملة للمرض — أنثى أصيلة متماثلة مريضة

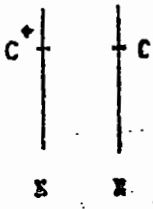
وبوجود تركيبين وراثيين بالنسبة للذكور وثلاثة تراكيب وراثية مختلفة بالنسبة للأناث فاننا نجد أن هناك ستة احتمالات مختلفة لجميع الزيجات المتوقعة فيما بين هذه التراكيب الوراثية المختلفة لكل من الآباء والأمهات . وكل زيجة من هذه الزيجات الستة سوف تعطى نسلا وذكورا واناثا يتوقف ظهور المرض عليهم تبعا لما يصله من اليل المرض وكروموسوم X أو كروموسوم Y من أبوية . وفيما يلى سوف تتبع بالتحليل الوراثى احتمالين فقط من هذه الاحتمالات الستة وسوف نترك الاحتمالات الأربعة الباقية من الزيجات ليحاول الطالب فيها بنفس الطريقة ليرى بنفسه نتيجة النسل المتوقع لمثل هذه الزيجات :ـــ

ا ـــ تزاوج بين ذكر مريض بعمى ألوان وأنثى جاملة للمرض :

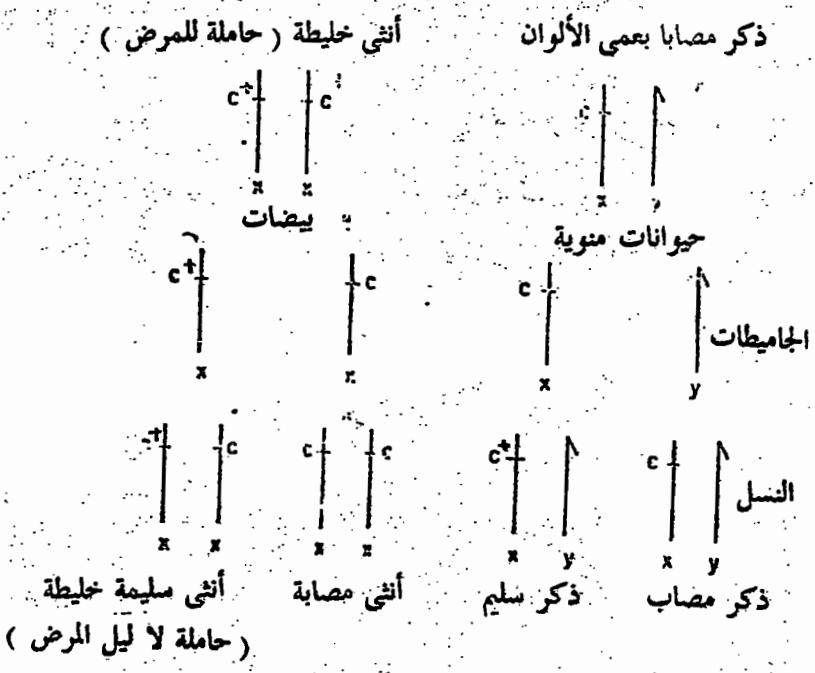
بما أن الذكر هنا مريض وحيث أنه نصف متماثل واليل المرض هو اليل متنحى فعليه يكون تركيب هذا الذكر هو :



وبالنسبة للأنثى فهى حاملة للمرض أى أنها سليمة ولكنها حاملة لا ليل المرض c أو بمعنى آخر تكون خليطة التركيب الوراثى حيث أنها متماثلة بالنسبة لكروموسومى X . وتركيبها الوراثى يكون :



وبالتزاوج بينهما سوف نجد أن أفراد النسل ستكون على الوجه التالى :ـــ



أى أن النسل سوف يقع فى أربعة مجاميع :ـــ

ـــ ذكور مصابة .

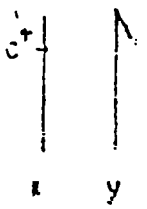
ـــ ذكور سليمة .

ـــ أناث مصابة (متماثلة) .

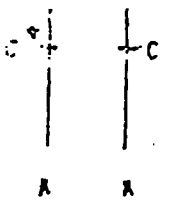
ـــ أناث حاملة لا ليل المرض (سليمة) .

ب ــ تزاوج بين ذكر طبيعى (سليم) وأنثى حاملة لاليل المرض :

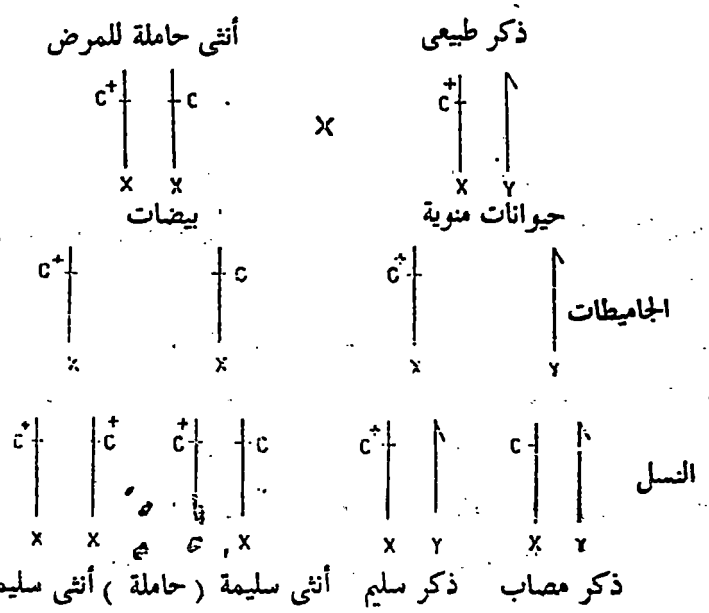
سيكون الذكر هنا ذو تركيب كروموسومى ووراثى كما يلى :ــ



والأنثى سيكون تركيبها الوراثى والكروموسومى هو :



والتزاوج بين هذين الفردين سوف ينتج نسلا كما يلى :ــ



أى سيكون ربع النسل هنا مصابا (نصف عدد الذكور الناتجة) أما بالنسبة للأناث فسوف تقع فى تركيبين وراثيين أحدهما متماثل أصيل والآخر خليطه التركيب الوراثى وحاملة لاليل المرض ولكنها أيضا سليمة من ناحية الشكل المظهرى .

(٢) السلوك الوراثى لمرض سيولة الدم Haemophilia

اتضح لنا فيما سبق أن سلوك هذا المرض هو سلوك العوامل الوراثية المتنحية والمرتبطة بالجنس حيث يرمز لاليل المرض بالرمز h والية السائدة H . وحيث أن الذكر فى الانسان هو الفرد المختلف الجاميطات والأنثى هى الفرد المتماثل الجاميطات . فسوف نجد أيضا أن هناك عدة احتمالات للتركيب الوراثى للذكور والأناث فى التزاوجات المختلفة مشابه لما وجد فى مرض عمى الألوان بالاستعاضة بالـ h عن الـ c فى المرض السابق .

وجد كذلك أن هذه الصفة تكاد تكون قاصرة على الذكور فقط (بنسبة $\frac{١}{١٠,٠٠٠}$) وبناء على الاحتمالات المتوقعة نتيجة التزاوج الاعتباطى بين الذكور والاناث فى العشيرة الانسانية نجد أن احتمال هذا المرض بالنسبة للأناث سوف يكون بنسبة واحد لكل مائة مليون مولودة أنثى .

ونظرا لاحتمال حدوث الموت للأفراد الذكور والأناث المصابون بهذا المرض قبل سن البلوغ فان تكرار مثل هؤلاء الأفراد البالغين سوف يكون أقل مما سبق . لكن قد تعيش الأنثى المصابة بالمرض إلى ما بعد البلوغ وتتزاوج بشخص مصاب أيضا بهذا المرض ــ احتمال هذه الزيجة ضعيف جدا فى العشيرة ــ فنجد من هذا التزاوج أن تكون جميع الذكور والأناث مصابة بالمرض . ومن جهة أخرى إذا تزاوج شخص مصاب بأنثى حاملة للمرض (سليمة) أى خليطة التركيب الوراثى فنجد أن النسل سوف تكون نصف النبات من هذا التزاوج مصابات بالمرض والنصف الآخر غير مصابات بالمرض

بالاضافة إلى أن نصف الذكور سوف يكونون مصابين بالمرض والنصف الآخر سليم . احتمال حدوث مثل هذا التزاوج ضعيف أيضا فى العشيرة .

الأرتباط بالجنس فى الكائنات ذات النظام XX - XO

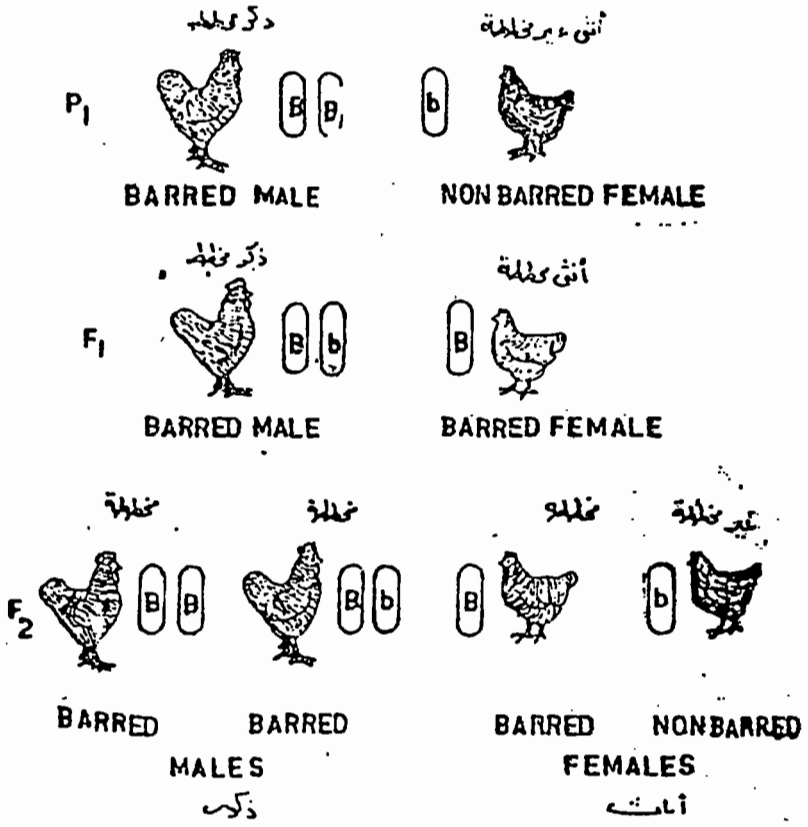
تسلك الصفات المرتبطة بالجنس فى الكائنات ذات النظام (XX-XO) سلوك الصفات المرتبطة بالجنس ذات النظام (XX - XY) ذلك لأن الارتباط بالجنس هنا أيضا يعنى وجود العوامل الوراثية محمولة على كروموسوم X فقط . وفى النظام XX - XO نجد أن الاناث هى الجنس المتماثل بالجاميطات homogametic sex أو بمعنى أن الاناث سوف تكون ذات تركيب أصيل متماثل بالنسبة للاليل السائد أو خليطة أو متماثلة أصيلة للاليل المتنحى .

الارتباط بالجنس فى الطيور والفراشات :

فى الطيور والفراشات ينعكس الوضع حيث نجد هنا أن الأناث هى الجنس غير متماثل الجاميطات heterogametic sex والذكور هى الجنس المتماثل الجاميطات homogametic sex بخلاف ما وجد فى حشرة الدروسفيلا والانسان . وعلى هذا فان التركيب الكروموسومى للاناث هو ZW والتركيب الكروموسومى للذكور هو ZZ ومن الطبيعى أن نتوقع أن النتائج التى ينتظر الحصول عليها للصفات المرتبطة بالجنس فى الطيور والفراشات (النظام ZZ-ZW) ما هى إلا حالة عكسية للأفراد ذات التركيب (XX - XY) . وسوف نتوقع أيضا بأن الجينات المرتبطة بالجنس فى الطيور والفراشات تتبع فى انتقالها من جيل إلى الجيل التالى نظام الوراثة التصالبية criss-cross inheritance ولكن بحالة عكسية لما فى الدروسفيلا والإنسان أى يصبح الطريق من الأم نصف المتماثلة hemizygous إلى الأبناء الذكور الخليطة heterozygous ثم إلى الأناث الحفيدات .

نعتبر صفة الريش فى الدجاج barred feathers ـــ دجاج بلا يموث روك Plymooth Rock ـــ من أشهر الأمثلة على الصفات المرتبطة بالجنس فى

الطيور . حيث وجد أن الريش المخطط هو الصفة السائدة (B) وأن صفة عدم التخطيط هي الصفة المتنحية (b) وأن كلا من الاليلين B-b يحملان على كروموسوم Z ولا توجد أية اليلات على كروموسوم W . ويوضح لنا شكل رقم (١٦) طريقة توارث هذه الصفة فى الدجاج حيث نلاحظ أن هذه النتائج الحالية هى حالة عكسية لما وجد فى الدروسفيلا والانسان لسببين بسيطين هما أن النظام الكروموسومى فى الطيور هو ZW - ZZ وأن اليل الصفة هنا هو اليل سائد وليس متنحى كما وجد فى الحالات السابقة .



شكل رقم (١٦) : طريقة توارث صفة تخطيط الريش فى الدجاج فى تهجين لذكر مخطط وأنثى غير مخططة الريش

أيضا نجد هنا فى الطيور والفراشات أن الأنثى الأم تورث بنتها كروموسوم W الخالى من الاليلات وتورث كروموسوم Z الحامل للجينات المرتبطة بالجنس إلى ابنها الذكر بينما يورث الأب كلا من ابنه وابنته كروموسوما من كروموسومى Z .

العوامل المميتة المرتبطة بالجنس :ـ

عرفنا سابقا العامل المميت بأنه العامل الوراثى الذى يتسبب فى وفاة الفرد الحامل له فى أدواره الأولى من الحياة ويتراوح هذا التأثير من بعد الولادة إلى ماقبل سن البلوغ . يمكن اعتبار الجين المتحكم فى مرض سيولة الدم عاملا وراثيا مميتا متنحيا مرتبطا بالجنس recessive sex-Linked lethal حيث أنه يتسبب غالبا فى موت الفرد الذى يعانى من سيولة الدم . ذلك لأن الجروح البسيطة لا تؤثر على الفرد الطبيعى فى حين أنها تؤدى إلى حالات نزف شديد مميت عند من يعانى من سيولة الدم . ونتيجة لموت هذه الأفراد المصابة فاننا نتوقع تحورات فى النسبة الجنسية فيها بين الولادة والبلوغ عن النسب المتوقعة .

مثال آخر عن العامل المتنحى المميت المرتبط بالجنس فى الانسان هو مرض اضمحلال العضلات Duchenne or Progressive pseudohypertrophic والتى تبدوا فيه الأفراد المصابة طبيعية فى مرحلة الطفولة لكن بتقدم العمر تضمحل العضلات خاصة عضلات الأطراف مما يدعو المريض إلى استعمال الكرسى المتحرك فى سن ١٢ عاما وبتقدم المرض يؤدى إلى الوفاة غالبا قبل سن العشرين . ولم يعرف حتى الآن طريقة لعلاج هذا المرض . وعلى هذا فان الجين المتنحى المسؤول يعتبر عاملا مميتا مرتبطا بالجنس محمولا على كروموسوم X . وبموت هذه الأفراد المصابة نجد أن النسبة الجنسية بالتالى تتحور عن النسبة العادية ١ : ١ .

ثانيا :ـ الأرتباط الجزئى بالجنس Partial sex Linked

إذا ما وجدت صفة يتحكم فيها زوج من الجينات وكان اليل من هذا الزوج

محمولا على كروموسوم الجنس X (مثلا فى الانسان) والاليل الآخر محمولا على كروموسوم Y فعندئذ يقال لمثل هذه الصفة أنها صفة مرتبطة ارتباطا جزئيا بالجنس . وهذا بالفعل ما تم الحصول عليه فى كل من الانسان والدروسفيلا حيث وجد أن هناك أجزاءا من كروموسوم Y تماثل أجزاء من كروموسوم X . أو بمعنى آخر أنه إذا ما وجد اليل محمولا على كروموسوم X فى هذه الأجزاء فان اليلة يكون محمولا على كروموسوم Y . ماذا نتوقع إذن لسلوك مثل تلك الصفات المرتبطة ارتباطا جزئيا بالجنس ؟. سنجد أن أزواج الجينات المرتبطة ارتباطا جزئيا بالجنس سوف تنعزل عن بعضها وتنتقل من جيل إلى آخر مثلما شاهدنا فى سلوك الصفات التى تحمل جيناتها على الكروموسومات الجسمية . لكن فى هذه الحالة الأخيرة نجد أن الاليلات المحمولة على الكروموسومات الجسمية سوف تكون مستقلة تماما عن الجنس . هذا الوضع الأخير سوف يختلف بالنسبة للصفات المرتبطة ارتباطا جزئيا بالجنس ذلك لأن الأشكال المظهرية المتحصل عليها من مثل هذه التزاوجات التى تحدث الصفات المرتبطة ارتباطا جزئيا بالجنس سوف تتوقف على جنس الأفراد الداخلة فى هذه التلقيحات .

ومن أمثلة الصفات المرتبطة جزئيا بالجنس فى الانسان هى :ـــ

ـــ عمى الألوان الكلى total Color blindness

ـــ التهاب الشبكية الملون reinitis Pigneniosa

ثالثا :ـــ التوارث عن طريق كروموسوم Y. Holandric genes

اتضح لنا من الدراسة السابقة أن كروموسوم Y فى الدروسفيلا يلزم لاتمام الخصوبة . بينما يلزم وجود كروموسوم Y فى الانسان لاظهار صفات التذكير Male determining أيضا سبق لنا الاشارة أن كروموسوم Y نادرا ما يحمل جينات خاصة بصفات الكائن لكن وجدت حالات قليلة تحمل جينات معينة .

هذه الجينات قد تحمل اليلاتها على كروموسوم X واليلاتها الأخرى ، على كروموسوم Y وفى هذه الحالة تكون هذه الجينات هى جينات مرتبطة ارتباطا جزئيا بالجنس ــ وقد تكون هناك جينات أخرى تكون قاصرة على كروموسوم Y فقط أى تحمل على كروموسوم Y فقط ولا يحمل كروموسوم X أى اليلات لها . فى مثل هذه الحالات الأخيرة أى وجود جينات محمولة على كروموسوم Y ولا توجد لها أية اليلات على كروموسوم X يطلق عليها اسم Holandric genes .

وتبعا للسلوك الكروموسومى لهذه الصفات Holandric سوف نجد أن هذه الصفات تنتقل من الآباء الذكور إلى أبنائهم الذكور دون الاناث فى كل جيل .

من أشهر الأمثلة على الصفات Holandric هى صفة نمو الشعر الغزير على الأذن Hypertrichosis . حيث نوحظ أن هذه الصفة منتشرة بكثرة بين الهنود . وبدراسة عديد من سجلات نسب هذه الأفراد وجدت أن هذه الصفة تظهر فى كل الذكور فى الأجيال المتتالية بعد أن لوحظ ظهورها لأول مرة على ذكر واحد فى جيل سابق . ويهمنا هنا أن نذكر أنه قد يكون من الصعوبة بمكان التفرقة بين الجينات المحمولة على كروموسوم Y أى الصفات الـ Holandric وتلك الصفات المقتصرة على الجنس Sex - limited التى سوف نناقشها فى الجزء التالى .

رابعا ــ الصفات القاصرة على الجنس ــ Sex - limited genes

إذا ما كان وجود أو غياب هرمونات الجنسية Sex - hormones - سواء الذكرية أو الأنثوية ــ يؤثر ويحدد بالتالى على اظهار الأشكال المظهرية لبعض الصفات المعينة ــ المحمولة جيناتها على الكروموسومات الجسمية autosmes - فى جنس معين دون الآخر فان مثل هذه الجينات يقال عنها أنها جينات قاصرة على الجنس . لهذا فانه من المتوقع أن نجد تركيباً وراثياً معينا يظهر شكلا مظهريا معينا يتوقف على وجود هرمونات جنسية معينة من عدمه . وبالتالى

فان هذا الشكل المظهرى لهذا التركيب الوراثى ـــ الموجود فى الذكور والاناث ـــ سوف يختلف فى حالة الذكور عما هو موجود فى حالة الاناث . وهناك أمثلة عديدة للصفات المقتصرة على الجنس سواء فى الانسان أو الحيوان أو الحشرات . فمثلا نمو شعر الذقن beard development فى الرجال ما هى إلا صفة مقتصرة على الجنس فى الانسان ذلك لأن نمو شعر الذقن فى الرجال بصورة طبيعية يتوقف على وجود الهرمونات الجنسية المذكرة ويرجع عدم نمو شعر الذقن فى الاناث التى لها نفس التركيب الوراثى لعدم وجود مثل هذه الهرمونات الجنسية فى الاناث بالرغم من أن الدراسات قد بينت أن عدد الشعيرات فى الوحدة المربعة للجلد لا يختلف فى حالة الرجال عنه فى حالة الأناث ، وللتأكد من أن هذه الصفة تقتصر على جنس الرجال فقط فلقد درست حالات الاضطرابات فى هرمونات الجنس فى الأناث فوجد أن هذه الاضطرابات تؤدى بالتالى إلى نمو شعر الذقن فى الأناث بدرجة تماثل الدرجة الموجودة بالرجال .

هناك أيضا مثال آخر عن الصفات المقتصرة على الجنس فى الحشرات ألا وهو ظهور اللونين الأبيض والأصفر فى فراشة أبى دقيق البرسيم ، حيث يلاحظ أن ذكور هذه الحشرة جميعا ذات لون أصفر . بينما اناثها جميعا ذات لونين الأصفر والأبيض . ووجد أن صفة اللون الأبيض فى الأناث هى صفة سائدة على اللون الأصفر . ووجد كذلك أن الذكور المحتوية على اليل اللون الأبيض لا يعطى الشكل المظهرى الموجود فى الاناث نظرا لغياب الهرمونات الجنسية الأنثوية فى الذكر . وعلى هذا فان جميع الذكور فى تلك الحشرات ذات لون واحد وهو اللون الأصفر .

أيضا من أشهر أمثلة الصفات المقتصرة على الجنس فى الدجاج هى صفة اختلاف شكل الريش فى الذكور عن الأناث. ففى سلالة اللجهورن Leghorn مثلا نجد أنها تمتاز :ـــ

١ ـــ ريش الديك Cock - feathers وتكون الريشة فيه طويلة Long مدببة Pointed ـــ ومقوسة Curved خاصة فى الذيل والرقبة .

٢ ـــ ريش الدجاجات Hen - feathers وتكون الريشة فيه قصيرة Short - مستديرة الطرف Rounded - ومستقيمة Straight .

فى سلالة أخرى مثل Sebright bantam وجد أن الذكور والأناث تمتاز جميعا بصفة ريش الدجاج Hen - feathers . بينما فى سلالات أخرى مثل Hamburgs, Wyandottes نجد أن الإناث تمتاز بصفة ريش الدجاجات . وسلالة اللجهورى تمتاز أناثها بصفة ريش الدجاجات والذكور بصفة ريش الديك .

ولوحظ أيضا أن صفة ريش الدجاجات Hen - feathers يتحكم فى وراثتها الجين H السائد . بينما يتحكم الجين h فى توارث صفة ريش الديك Cock-feathers وعلى هذا فان التراكيب الوراثية المختلفة وأشكالها المظهرية الناتجة عنها مع ملاحظة أن جين هذه الصفة هو جين مقتصر على الجنس موضحة فى الجدول التالى :ـــ

التركيب الوراثى	الشكل المظهرى للريش	
	فى الأناث	فى الذكور
HH	ريش دجاجة hen - feathers	ريش دجاجة hen - feathers
Hh	ريش دجاجة hen - feathers	ريش دجاجة hen - feathers
hh	ريش دجاجة hen - feathers	ريش ديك cock - feathers

وعلى هذا نجد أن السلالة Sebright bantam هو ذات التركيب الوراثى HH بينما السلالتان Hamburgs, Wyandottes فهى أما ذو تركيب وراثى HH أو hh . بينما سلالة اللجهورن Leghorns فهى ذات تركيب وراثى hh فقط .

ولقد ثبت أيضا بالتجربة أن هذا الجين هو جين لصفة مقتصرة على الجنس يعتمد تأثيره على وجود الهرمونات الجنسية . فعندما أزيلت المبايض والخصى من هذه الأفراد وجد أن هذه الأفراد قد أظهرت صفة ريش الديك cock-fecthers . وعلى هذا فان تأثير الجين يتوقف على وجود الهرمون الجنسى .

ومن المهم هنا أن نشير إلى أن الصفات المقتصرة على الجنس sex-limited تختلف أختلافا واضحا عن الصفات المرتبطة بالجنس sex-linked . حيث نجد الصفة المرتبطة بالجنس تحدث فى كلا الجنسين بالرغم من اختلاف نسبة ظهورها فى الذكور عن الاناث بينما الصفات المقتصرة على الجنس تظهر فقط فى جنس واحد دون الآخر وأن ظهور الصفة يعتمد كليا على التفاعل مابين التركيب الوراثى وهرمون الجنس . والصفات المقتصرة على الجنس هى المسؤولة عن أظهار الصفات الجنسية الثانوية مثل نمو الذقن فى الرجال .

خامسا : الصفات المتأثرة بالجنس sex - influenced genes

تختلف الصفات المتأثرة بالجنس عن تلك المقتصرة بالجنس فى أن الصفة المتأثرة بالجنس تظهر فى الجنسين ذلك بالنسبة للتراكيب الوراثية المتماثلة سواء السائدة الأصيلة أو المتنحية الأصيلة بنسب تتوقف على الجنس . أما الأفراد الخليطة التركيب الوراثى فعلاقة السيادة بين اليلى زوج الجينات المتحكم فى وراثه الصفة المتأثرة بالجنس تتوقف على جنس الفرد الحامل لهذا التركيب الوراثى الخليط . كما يجب أيضا أن نتذكر أن الصفات المتأثرة بالجنس تختلف عن تلك المرتبطة بالجنس فى أن الصفة المتأثرة بالجنس يتحكم فيها جينات تكون محمولة على الكروموسومات الجسمية autosomes وليست محمولة على الكروموسومات الجنسية .

ومن أشهر أمثلة الصفات المتأثرة بالجنس هى الصفات التالية :ـــ

١ ـــ صفة الصلع فى الانسان Baldness .

٢ ـــ لون الشعر فى ماشبه الايرشير .

٣ ــ وجود أو عدم وجود القرون فى الأغنام .

١ ــ وراثة صفة الصلع فى الانسان Baldness in man

هناك من الأسباب العديدة التى تؤدى إلى صلع الرأس فى الانسان ، فقد تكون هذه الأسباب مرضية أو نتيجة للمعاملة بالاشعاع أو نتيجة لاضطرابات غدد معينة ــ الغدة الدرقية thyroid gland - ولكن هناك من الأدلة العلمية ما يؤيد أن هذه الصفة تسلك سلوكا وراثيا .

نلاحظ أن صفة الصلع شائعة الانتشار بين الرجال ونادرة الحدوث بين النساء وفى حالة إذا ما وجدت أنثى صلعاء فان شعرها لا يسقط تماما من قمة الرأس ولكن كثافته تقل بدرجة كبيرة . لوحظ كذلك أن صفة الصلع يتحكم فيها زوج من الجينات موجود على أحد الكروموسومات الجسمية ويرمز لهذا الجين بالرمز B . وعلى هذا نجد أن هناك ثلاثة احتمالات للتراكيب الوراثية المختلفة من هذا الجين والشكل المظهرى لكل منها موضح فى الجدول التالى :ــ

التركيب الوراثى	الشكل المظهرى فى الأناث	الشكل المظهرى فى الذكور
BB	صلعاء	أصلع
Bb	غير صلعاء (عادية)	أصلع
bb	غير صلعاء (عادية)	غير أصلع

من هذا الجدول نجد أن التركيب الوراثى السائد الأصيل BB يكون له شكل مظهرى واحد سواء فى الذكور أو الاناث وتكون جميع الأفراد الحاملة له ــ ذكورا واناثا ــ هى أفراد صلعاء . أيضا بالنسبة للتركيب الوراثى المتنحى الأصيل bb فهى أفراد غير صلعاء سواء كانت ذكورا أو اناثا . أما

الأفراد الخليطة التركيب الوراثى Bb فالوضع هنا يتوقف على ما إذا كان هذا التركيب الوراثى موجودا فى الرجل أو موجودا فى المرأة . ففى هذا التركيب الوراثى تسود B على b فى الرجل ويصبح الفرد أصلعا . أما إذا وجد هذا التركيب فى المرأة فنجد أن علاقة السيادة هنا تنعكس وتصبح b سائدة على B وبذلك تصبح المرأة غير صلعاء .

٢ ــ وراثة اللون فى ماشية الايرشير :ــ

وجد أيضا أن اللون الأحمر والموجينو لشعر ماشية الايرشير هى صفة متأثرة بالجنس . ويتحكم فيها أيضا زوج من الجينات يرمز له بالرمز M-m . وأيضا علاقة السيادة فى التركيب الوراثى الخليط تتوقف على جنس الفرد نفسه كما يتضح من الجدول التالى :ــ

التركيب الوراثى	الشكل المظهرى فى الأناث	الشكل المظهرى فى الذكور
MM	لون موجينو	لون موجينو
Mm	لون أحمر	لون موجينو
mm	لون أحمر	لون أحمر

أى أن M المسؤولة عن اللون الموجينو سائدة على m المسؤولة عن اللون الأحمر إذا وجدت فى الذكور والعكس صحيح أى أن m (اليل اللون الأحمر) تكون سائدة على M (اليل اللون الموجينو) فى الاناث .

٣ ــ وراثة القرون فى الأغنام :

بانتاج أفراد خليطة التركيب الوراثى لجين صفة القرون فى الأغنام عن طريق

تلقيح سلالة أصيلة تمتاز بوجود القرون فى الذكور والاناث Dorset مع سلالة أخرى أصيلة تمتاز بعدم وجود القرون فى الذكور والاناث . Suffolk أفراد الجيل الأول الخليطة هذه تتوقف فيها علاقة السيادة على جنس الفرد نفسه فنجد أن H تكون سائدة فى الذكور مما يسبب فى ظهور القرون بها . لكن فى الاناث نجد أن h تسود سيادة تامة على H وبذا تصبح الاناث عديمة القرون .