الباب الثامن

تحديد الجنس Sex determination

إذا ما نظرنا حولنا والقينا نظرة فاحصة على ما يحيط بنا من كائنات سواء حيوانية أو نباتية أو حتى بما فيها الانسان وأيضا باسترجاع معلوماتنا السابقة من فروع علم البيولوجى الأخرى نجد أن أغلب الحيوانات وبعض النباتات تنقسم أفرادها إلى مجموعتين ولكل من هاتين المجموعتين مميزات وصفات خاصة نستطيع على أساسها القول بأن هذا الفرد المعين هو ذكرا وأن هذا الفرد الآخر هو أنثى . أى أن هذه المجموعة ثنائية الجنس bisexual أو ثنائية المسكن dioecious . وهذه المجموعة الثنائية المسكن نجد أن الأفراد الذكور تنتج فقط الجاميطات المذكرة (حيوانات منوية أو حبوب لقاح) من أعضاء متخصصة وهى الخصية والمتك . وأن الأفراد الأناث تنتج فقط الجاميطات المؤنثة أى البيضات من أعضاء متخصصة أيضا يطلق عليها المبيض .

ومن جهة أخرى نجد أن هناك مجموعة أخرى من الكائنات تشمل معظم النباتات وبعض الحيوانات الدنيئة يكون فيها عضوى انتاج الجاميطات المذكرة والجاميطات المؤنثة محمولة على نفس الفرد الواحد أى أنها خنثى hermaphrodit أو أحادية المسكن monoecious أو بمعنى آخر أن كل فرد من هذه المجموعة له القدرة على أنتاج كل من نوعى الجاميطات المذكرة والمؤنثة معا .

أيضا إذا ما دققنا الفحص بالنسبة للمجموعة الثنائية المسكن نجد أن هناك اختلافات عديدة متباينة تميز قسمى هذه المجموعة من ناحية الجنس . هذه الاختلافات العديدة من الممكن تقسيمها إلى قسمين هما : ١ ــ اختلافات جنسية أولية : حيث تعتمد هذه الاختلافات على نوع الجاميطات التى ينتجها الفرد ذاته وكذلك تعتمد على الأعضاء الجنسية المتخصصة لانتاج مثل هذه الجاميطات .

٢ ــ اختلافات جنسية ثانوية . حيث تعتمد هذه الاختلافات الثانوية على اختلافات مظهرية أخرى عديدة خلاف السابقة مثل حجم الصدر ــ الصوت ــ الشعر ــ توزيع الدهن على مناطق مختلفة فى الجسم كما هو ملاحظ فى الانسان . أو قد تكون الأفراد الذكور ذات ألوان مميزة وأحجام أكبر مما فى الاناث بالنسبة للحيوان .

وقديما كانت ميكانيكية توارث الجنس من المشاكل التى واجهها العلماء بالبحث والدراسة وذلك لأن الجنس فى الكائنات الحية قد لوحظ خاصة فى الإنسان منذ بدء الخليقة وأيضا لوحظ الجنس فى الحيوان والنبات بعد ذلك وأن عدد الذكور مساو لعدد الإناث فى كل كائن على مستوى العشيرة . ولقد حاول كثير من الناس تفسير هذه الميكانيكية حيث وصل بهم الخيال إلى الاعتقاد فى بعض الأساطير التى تعتقد فى أن الاخصاب فى الليالى القمرية يكون سبباً فى إنتاج ذكور وإناث تبعا لحالة القمر . أيضا هناك بعض الأساطير الأخرى التى تعتقد فى تأثير الرياح على الجنس الناتج .. الخ من الأساطير القديمة ــ جميع هذه الأفكار والأساطير لم تكن بالطبع مبنية على أساس فحص المادة المسؤولة عن تعيين الجنس . لكن باكتشاف قوانين مندل عام ١٩٠٠ فان البحث عن ميكانيكية توارث الجنس اعتمد منذ ذلك الحين على فحص ودراسة المظاهر السيتولوجية المسؤولة عن هذه الظاهرة .

وبالمناقشة التفصيلية المبسطة التالية سوف نركز كلامنا عن الطرق والوسائل التى يتحدد عن طريقها جنس الفرد . فبناء على معلوماتنا الحالية سوف نجد أن الطرق أو الوسائل أما أن تكون طرقا ووسائلا كروموسومية أو جينية ومن الصعب فى أغلب الأحوال التفرقة بين هذين النوعين من وسائل تحديد الجنس .

نظرية الكروموسومات فى تعيين الجنس

Chromosomal Sex determination

باستعراض التطور التاريخى الذى تركز على الكشف عن تلك الوسائل المسؤولة عن تعيين الجنس فى الكائنات المختلفة بنسب متساوية نجد أن أول من لاحظ أن كلا من الأب والأم يتشاركان بالتساوى فى توريث صفاتهما إلى نسلهما هو ليوناردو دافنيشى Leonardo da Vinici (١٤٥٢ ــ ١٥١٩) . كذلك ساد الاعتقاد من قديم إلى أواخر القرن الثامن عشر أن الأمهات هى التى تهيىء البيئة الداخلية للجنين بينما الأب هو المسؤول فقط عن اعطاء الجنين الحياة الجديدة . ولقد أوضح سبالانزانى Spallanzani (١٧٢٩ ــ ١٧٩٩) نتيجة لتجاربه أن الاخصاب لا يتم فى الضفادع إذا ما رشح السائل المنوى .

اكتشف بعد ذلك أن الحيوانات المنوية والبيض للكائنات المختلفة رغم أنهما مختلفان عن بعضهما إلا أن كل منهما يشتركان فى احتوائهما على النواة والكروموسومات .

وأول من لاحظ وجود اختلافات عددية كروموسومية بين ذكور واناث حشرة Pyrrhosoris apterns هو هنكنج عام ١٨٩١ . حيث لاحظ هذا العالم الألمانى عند تناوله بالدراسة الانقسام الاختزالى (الميوزى) لهذه الحشرة وجود جسم كروماتينى مفرد زائد أطلق عليه اسم X-body موجود فقط فى نصف عدد الحيوانات المنوية من ذكور هذه الحشرة . أو بمعنى آخر أن ذكور هذه الحشرة تنتج نوعين من الحيوانات المنوية النوع الأول منهما يحتوى على أثنى عشر كروموسوما والنوع الثانى يحتوى على احدى عشر كروموسوما فقط . مغزى وجود هذا الكروموسوم الزائد لم يستطع هنكنج تفهمه فى حينه . لكن فى عام ١٩٠٢ بين عالم أمريكى ــ ماك كلنج Mc Clung ــ إن الخلايا الجسمية لاناث النطاط grasshopper تحتوى على ٢٤ كروموسوما . بينما

تحتوى الخلايا الجسمية لذكور نفس الحشرة على ٢٣ كروموسوما فقط . بعد ذلك بثلاث سنوات أى فى عام ١٩٠٥ نجح كل من العالمين ولسون وستيفنز Wilson, Stevens من تتبع عمليات تكوين كل من نوعى الجاميطات المذكرة والمؤنثه فى عديد من هذه الحشرات . وعلى هذا فلقد اتضح أن X-body الذى اكتشفه هنكنج سابقا ماهو إلا كروموسوم X (X-chromosome) . نجد من هذا أنه فى العديد من الحشرات التى درست يوجد اختلاف فى عدد الكروموسومات بالنسبة للذكور والاناث . هذا الاختلاف يرجع إلى زوج واحد فقط من الكروموسومات لكن بقية الأزواج متشابهة فى الجنسين حيث تحتوى أنوية الأناث على زوج من هذه الكروموسومات الجنسية XX بينما تحتوى أنوية الذكور فقط على كروموسوم جنس واحد XO علاوة على أزواج الكروموسومات المتماثلة فى الجنسين . والنتيجة النهائية للانقسام الميوزى فى مثل هذه الكائنات سوف نجد أن جميع البيضات الناتجة (الجاميطات المؤنثة) تحتوى كل منها على كروموسوم X . أو بمعنى آخر أن الاناث تنتج نوعا واحدا فقط من البيضات تحتوى كل منها على كروموسوم X بينما نجد أن الذكور تنتج نوعين متساويين من الحيوانات المنوية: النوع الأول منها يحتوى على كروموسوم X والنوع الآخر لا يحتوى هذا الكروموسوم وفى الكلا النوعين من الحيوانات المنوية توجد أيضا عدد الكروموسومات المتشابهة لما هو موجود فى البيضة حيث تعرف هذه الكروموسومات المتشابهة والموجودة فى كل من الحيوانات المنوية والبيضات باسم الكروموسومات الجسمية autosomes . وعند تمام التلقيح والاخصاب فى مثل هذه الحشرات فإن اتحاد نوعى الحيوانات المنوية بالبيضات سوف يكون النسل متساوياً بالنسبة لعدد الذكور والاناث أى بنسبة ١ : ١ .

لقد اقترح ماك كلنج أنه من حيث أن النسبة الجنسية بين الذكور والاناث فى كل جيل من الأجيال المتتالية تتوافق مع النسبة ١ : ١ فان ميكانيكية نظرية الكروموسومات فى تعيين الجنس لابد وأن تتوفر لها الشروط التالية :

١ ــ إن المسؤول عن تعيين الجنس لابد وأن يقع على كروموسومات معينة أو أن يكون هو نفسه هذا الكروموسوم المعين وهذا الكروموسوم لابد وأن يسلك سلوكا طبيعيا فى الانقسام الميوزى عند تكوين الجاميطات .

٢ ــ إن تحتوى جميع خلايا الحيوان المسؤولة عن تعيين الجنس (الذكر) وإلى حين تكوين الجاميطات هذا العامل أو الكروموسوم .

٣ ــ عند تكوين الجاميطات فلا بد وأن تكون عدد الحيوانات المنوية المحتوية على هذا العامل الجنسى أو الكروموسوم الجنسى متساوية مع عدد الحيوانات المنوية الغير محتوية على هذا العامل أو الكروموسوم .

أيضا اكتشف ستيفنز عام ١٩٠٥ فى حشرة Tenebrio أن كلا من ذكورها وأناثها يتواجد فى أنويتها نفس العدد الثنائى من الكروموسومات . لكن أحد أزواج الكروموسومات فى الذكور يتكون من كروموسومين منفردين غير متماثلين فاحدهما أكبر من الآخر بينما كانت الاناث خالية من هذه الظاهرة . ونتيجة لاختلاف زوج معين من أزواج الكروموسومات المتماثلة فى الذكر فلقد اصطلح على اعطاء الرمز XY للتركيب الكروموسومى للذكر والاصطلاح XX للتركيب الكروموسومى للأنثى .

تتابعت أيضا الاكتشافات بعد ذلك إلى أن استقر أخيرا على تصنيف الاختلافات الكروموسومية بين الجنسين فى الكائنات المختلفة إلى الأقسام الثلاثة التالية :ــ

١ ــ الكائنات الثنائية المجموعة الكروموسومية : Diploid organisms

الذكر ينتج نوعين مختلفين من الجاميطات : male heterogametic

أولا ــ النظام XX-XO : XX-XO System

يلاحظ انتشار هذا النظام فى عديد من أنواع الحشرات . فكما سبق توضيحه أن أنوية خلايا جسم الذكور تحتوى على عدد من أزواج

الكروموسومات الجسمية المتماثلة علاوة على كروموسوم جنسى مفرد . فإذا ما رمزنا إلى أزواج الكروموسومات الجسمية المتماثلة بالرمز AA فاننا نستطيع بذلك أن نرمز للتركيب الكروموسومى الثنائى الخاص بالذكور بالرمز .

« AA + XO »

ثانيا ـــ النظام XX-XY **XX-XY System**

ينتشر هذا النظام الجنسى فى كثير من أنواع الحيوانات وخاصة أنواع الحيوانات الثديية وحشرة الدروسفيلا بالاضافة إلى انتشاره أيضا فى بعض النباتات مثل جنس Lychnis . فى مثل هذه الكائنات نجد أن أنوية خلايا جسم الذكور تحتوى على عدد من أزواج الكروموسومات الجسمية المتماثلة علاوة على زوج جنسى آخر غير متماثل وهو الزوج Y ، X . أى أن التركيب الكروموسومى الثنائى الخاص بهذه الذكور هو :

« AA + XY »

أما الأناث فهى ذات تركيب كروموسومى ثنائى متماثل بالنسبة لجميع الكروموسومات الجسمية والجنسية أى : « AA + XX » .

فى هذا النظام أيضا نجد أن الذكور تكون نوعين من الجاميطات « الحيوانات المنوية » بنسبة متساوية . النصف الأول منها يحتوى على مجموعة كروموسومات جسمية وكروموسوم الجنس X . والنصف الآخر يحتوى على مجموعة كروموسومية جسمية واحدة وكروموسوم الجنس Y . والاناث هنا تكون أيضا نوع واحد من البيضات جميعه يحتوى على مجموعة كروموسومات جسمية وكروموسوم X . ونتيجة لتلقيح واخصاب نوعى الحيوانات المنوية المتساويين لنوع البيضات يتكون النسل فى مجموعتين أحداهما ذكور والأخرى اناث بنسبة ١ : ١ كما يلى :

الذكر	AA + XY		AA + XX الأنثى الأباء
	الانقسام الاختزالى		
الحيوانات	A + Y , A + X		A + X البيضات
المنوية	heterogametic		homogametic
	التلقيح الاخصاب		
النسل	AA + XY		AA + XX
	ذكور		أناث
بنسبة	١		١

الأنثى تنتج نوعين مختلفين من الجاميطات Female Heterogametic

ثالثا ـــ النظام ZZ-ZW ZZ-ZW System

يوجد هذا النوع من التركيب الكروموسومى الجنسى فى الطيور وبعض الأسماك والفراشات وأبى دقيق . فى هذا التركيب الكروموسومى الحالى نجد أن الوضع ينعكس لما هو موجود فى النظام الثانى XX-XY . أو بمعنى آخر تكون أنوية خلايا جسم الأناث محتوية على عدد من أزواج الكروموسومات الجسمية المتماثلة علاوة على زوج من الكروموسومات الجنسية الغير متماثلة أى أن تركيب الأنثى الكروموسومى من حيث كروموسوم الجنسى هو XY . أما بالنسبة لانوية خلايا جسم الذكور فهى تحتوى على عدد أزواج الكروموسومات الجسمية المتماثلة وأيضا على زوج الكروموسومات الجنسية المتماثلة أى XX أى أنها بالتالى هى الجنس المتماثل الجاميطات homogametic . ولقد اتفق للتفرقة بين النظام الثالث والنظام الثانى السابق على اعطاء الرمز ZZ ، ZW لزوج الكروموسومات الجنسية المتماثل والغير متماثل على التوالى ـــ أما بالنسبة للتركيب الثنائى لبقية الكروموسومات ـــ الكروموسومات الجسمية ـــ فيرمز لها بالرمز AA ـــ ولتفهم ثبات النسبة الجنسية ١ : ١ فى مثل هذه الكائنات نتتبع التحليل التالى :ـــ

الذكـــر	AA + ZZ	AA + ZW	الأنثى الأباء
الحيوانات المنوية	A + Z	A + Z , A + W	الأنقسام الاختزالى
	homogametic	heterogametic	البيضات
	التلقيح والاخصاب		
النسل	AA + ZW	AA + ZZ	
	أناث	ذكور	
بنسبة	١	١	

ب ـ الكائنات الاحادية المجموعة الكروموسوية :

Monoploid organisms

تشبه النباتات المسماة (Liverworts (division Bryophyta بقية النباتات التى تتكاثر جنسيا فى تميزها بوجود ظاهرة تبادل الأجيال alternation of generation ـــ التى سبق شرحها عند الكلام عن التكاثر ـــ حيث يتبادل الطور الجاميطوفيتى الأحادى الكروموسومى والذى يحدث التكاثر فيه جنسيا مع الطور الأسبوروفيتى الثنائى العدد الكروموسومى والذى يحدث فيه التكاثر اللاجنسى asexual reproduction .

درس ألن Allen عام ١٩١٩ المجموعة الكروموسومية للطور الاسبوروفيتى لنبات Sphaerocarpos وهو من نباتات Liverwort حيث وجدها تتكون من سبعة أزواج من الكروموسومات المتماثلة علاوة على زوج ثامن حيث يتكون هذا الزوج الثامن من كروموسومين غير متماثلين أحدهما أكبر من الآخر . ورمز للكروموسوم الكبير هذا بالرمز X chromosome بينما زميله الصغير بالرمز Y chromosome .

يحدث فى الانقسام الاختزالى فى نهاية الطور الأسبوروفيتى وبداية الطور الجاميطوفيتى ان ينعزل كروموسوما الزوج الثامن هذان عن بعضهما وتكون النتيجة النهائية لهذا الانقسام هو تكون أربعة خلايا بوغيه miospores من كل خلية بوغية أمية meiocyte ، من هذه الأربعة خلايا الناتجة اثنتان يصل إليهما كروموسوم X والاثنتان الأخريتان يصل إليهما كروموسوم Y . تنمو الخليتان المحتويتان على كروموسوم X لتعطى الطور الجاميطوفيتى المؤنث بينما تنمو الخليتان المحتويتان على كروموسوم Y لتعطى الطور الجاميطوفيتى المذكر . وعلى هذا فان الأناث يكون تركيبها الكروموسومى فى الطور الجاميطوفيتى من ناحية كروموسوم الجنس فهو X ويكون التركيب الكروموسومى للذكر فى الطور الجاميطوفيتى من ناحية كروموسوم الجنس فهو Y وأخيرا فالتركيب الكروموسومى للطور الاسبوروفيتى الثنائى لهذا النبات فهو XY .

وفيما يلى ملخص للنظم الكروموسومية المختلفة والتى على أساسها يتعين الجنس فى الكائنات المختلفة .

الأناث	الذكور	أمثلة الكائنات
XX	XY	دروسفيلا ــ إنسان ــ بعض الثدييات الأخرى بعض النباتات ثنائية المسكن مغطاه البذور .
XX	XO	النطاط ــ عديد من الحشرات Orthoptera و Hemiptera .
ZW	ZZ	الطيور ــ الفراشات ــ موث .
X	Y	نباتات Liverworts .

كيف يتعين الجنس فى الكائنات المختلفة بناء على نظرية الكروموسومات ؟؟

الآن قد يتساءل البعض منا نتيجة لاستعراض الاختلافات الكروموسومية السابقة فى تعيين الجنس فى الكائنات المختلفة ويواجه بأسئلة عدة منها على سبيل المثال :

ـــ هل يتعين جنس ذكر الدروسفيلا نتيجة لوجود كروموسوم Y أم أنه يتعين نتيجة لوجوذ كروموسوم X ؟. وهل بالتالى يتعين جنس أنثى الدروسفيلا نتيجة لغياب كروموسوم Y أم أنه يتعين لوجود كروموسومى جنس XX ؟.

وهل تعيين الجنس فى مثل هذه الكائنات يعتمد أساساً على الكروموسومات الجنسية ومستقلا عن الكروموسومات الجسمية ؟. أم أن الكروموسومات الجسمية تلعب دورا هاما فى تعيين الجنس بجانب الكروموسومات الجنسية ؟.

ـــ هل ميكانيكية تعيين الجنس فى الانسان هى نفسها الموجودة فى حشرة الدورسفيلا حيث أن كل من الكائنين يتبعان النظام XX-XY ؟ . وهل هناك جينات معينة تتحكم فى تعيين الجنس فى مثل هذه الكائنات وما هو دورها ؟ وما هى الأسباب التى على أساسها ينقلب جنس الفرد إلى الجنس الآخر sex-reversal ؟. وما هى أيضا تلك الأسباب التى تؤدى إلى ظهور أفراد تجمع صفات الجنسين معا (أفراد مذنثة Gynandromorphs) كأن تكون بعض أجزاء جسمها يتصف بالذكورة والبعض الآخر يتصف بالأنوثة فى كائنات من المفروض فيها أن الكائن الفرد أما أن يكون ذكرا أو أنثى ؟

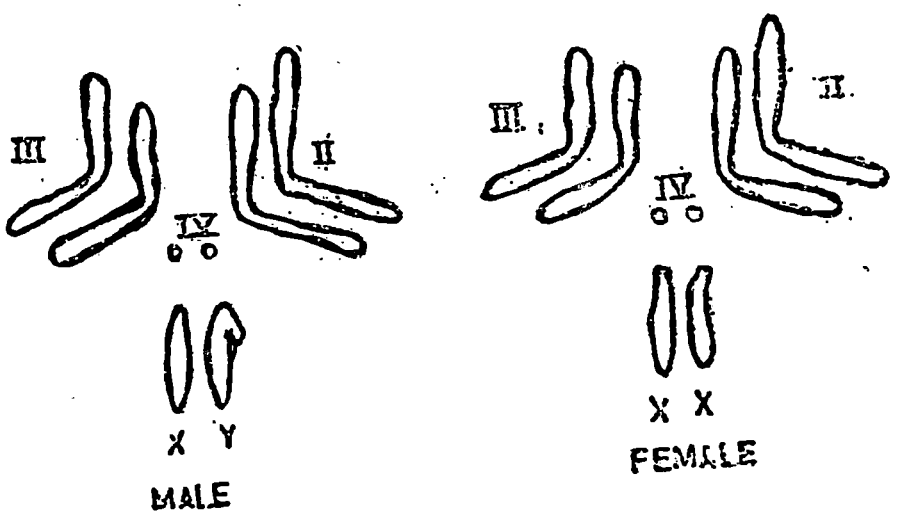
جميع هذه التساؤلات هامة جدا وتوجد على الأقل حاليا إجابات جزئية سوف نحاول فيما يلى مناقشتها .

أولا : فى حشرة الدروسفيلا ميلانوجستر :

١ ــ عدم الانفصال الأولى لكروموسومى الجنس XX

Primary nondisjunction of X chromosomes

دلت الأبحاث الوراثية على حشرة الدروسفيلا ميلانوجستر **Drosophila melanogaster** على أن تعيين الجنس فيها أكثر تعقيدا مما هو متوقع على أساس نظرية الكروموسومات الخاصة بها إلا وهو النظام XX-XY . ففى هذه الحشرة نجد أن العدد الزوجى من الكروموسومات هو أربعة أزواج (2nd = 8) كما هو موضح فى الشكل التالى (شكل رقم ٩) .

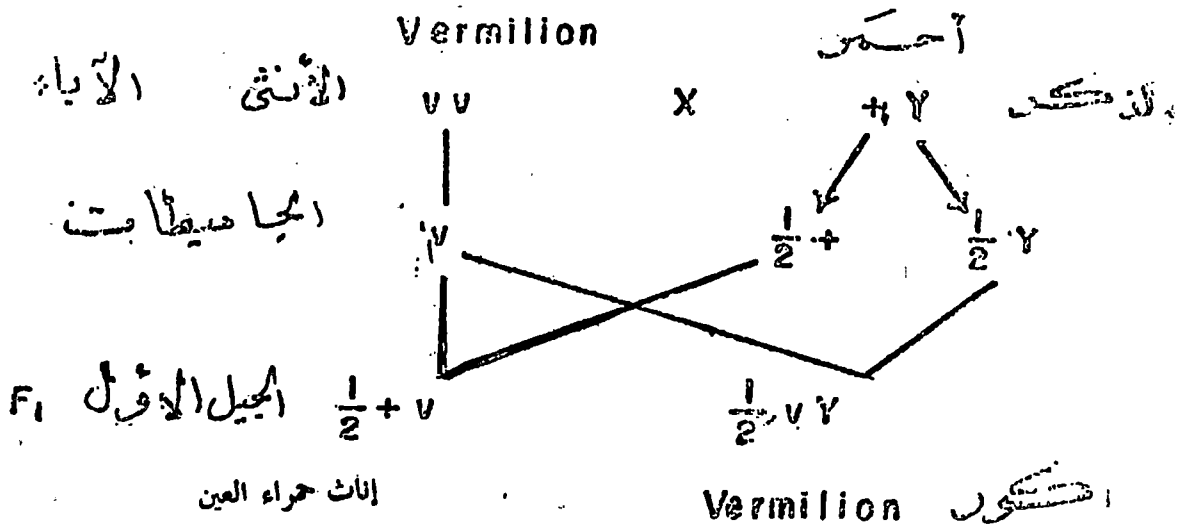


شكل رقم (٩) : كروموسومات حشرة الدروسفيلا ميلانوجستر
فى كل من الذكور والإناث

ولقد تمكن بريدجز Bridges فى الفترة من ١٩١٦ ــ ١٩٢٥ من التوصل لمعرفة خصائص نظام تعيين الجنس فى تلك الحشرة من نتائج تجارب التربية المكثفة التى أجراها فى معمله . واشتملت هذه التجارب على التجربة التالية :

يقع جين لون العين الحمراء (اللون الأحمر للعين هو اللون البرى فى الدروسفيلا) السائد (+) على كروموسوم الجنس × بينما اليل هذا الجين (v) المتنحى يتسبب عنه ظهور لون Vermilion للعين ــ أحمر فاتح جدا ــ وبهذا فاننا نتوقع أن اللون vermilion يظهر فى الاناث المتنحية المتماثلة نظرا لتركيبها الكروموسومى XX أى أن تركيبها الجينى سوف يكون (vv) . بينما الذكور سوف تكون نصف متماثلة hemizygous ذلك لأن هذه الذكور تركيبها الكروموسومى بالنسبة لكروموسوم الجنس هو XY وحيث أنه يوجد هنا كروموسوم X واحد فقط وان كروموسوم Y لا يحمل أى جين فعليه يكون التركيب الجينى للذكر لصفة الـ Vermilion هو v فقط (سيتم مناقشة الارتباط بالجنس تفصيليا فى الباب التالى) :

وعندما أجرى التهجين بين أنثى Vermilion مع ذكر أحمر العين فان النسل الناتج من مثل هذا التهجين كان يتكون من أناث حمراء العين وذكور عيونها فاتحة Vermilion كما هو موضح فيما يلى :ــ


Vermilion
الأنثى الآباء
v v
X
+ ٢
الذكر
الجاميطات
١
$\frac{1}{2}$ +
$\frac{1}{2}$ ٢
F1 الجيل الأول
$\frac{1}{2}$ + ١
$\frac{1}{2}$ ٧ ٢
إناث حمراء العين
Vermilion ذكور

وجد بريدجز Bridges فى بعض حالات هذا التهجين النادرة احتواء نسل الجيل الأول على عدد قليل جدا (١/٣٠٠٠ — ١/٢٠٠٠) من الأناث Vermilion eyed وذكور حمراء العين red eyed الغير متوقع الحصول عليها من مثل هذا التهجين بجانب ما هو متوقع من النسل الاناث الحمراء العين والذكور الـ Vermilion السابق توضيحه .

ولقد حاول بريدجز بناء على نتائج هذه التجارب النادرة وضع تفسير لهذا السلوك الذى يؤدى إلى انتاج نسل غير متوقع من مثل هذا التهجين . حيث افترض أن ظهور هذه الأفراد الشاذة فى مثل هذا النسل إنما يرجع إلى عدم انفصال كروموسومى XX عن بعضهما — فى الأنثى الثنائية التركيب الكروموسومى الجنسى XX — فى دور الانفصال الأول anaphase I من الانقسام الميوزى المسؤولة عن انتاج الجاميطات المؤنثة Oogenesis . وبناء على هذا الافتراض فلقد أطلق بريدجز على هذه الظاهرة الاصطلاح عدم الإنفصال الأول Primary nondisjunction . فإذا ما أخذنا هذا الافتراض فى اعتبارنا فاننا سوف نجد أن هذه الأنثى والتى حدثت فيها ظاهرة عدم الانفصال الأول سوف تكون ثلاثة أنواع من البيضات حيث يشمل النوع الأول الغالبية العظمى من جميع البويضات الناتجة وفى هذا النوع سوف تحمل البويضة كروموسوما جنسياً واحداً فقط أى X . بينما يشمل النوع الثانى والثالث عدداً قليلاً نادراً من البويضات من المجموع الكلى من البويضات الناتجة يحمل أحد هذين النوعين النادرين من البويضات كروموسومين جنسيين أى XX . بينما النوع الأخير فلا تحمل فيه البويضة أى كروموسومات جنس على الاطلاق . ولتتبع مثل هذا السلوك فانه من المفيد أن نرمز لكل كروموسوم جنس X كما يلى :—

كروموسوم جنس X يحمل اليل العين الحمراء السائدة	X^+
كروموسوم جنس X يحمل اليل العين Vermilion المتنحى	X^v
كروموسوم جنس Y لا يحمل أى جين	Y
المجموعة الأحادية من الكروموسومات الجسمية	A

وبناء على هذه الرموز فانه من السهولة الآن تتبع تجربة بريدجز كما يلى :ـــ

الذكر	AAX^+Y	AAX^vX^v	الأنثى	الأباء
	red-eyed	Vermilion-eyed		
الحيوانات المنوية	AX^+	AX^v	جاميطات الأنثى (البويضات)	
	AY	AX^vX^v	بويضات نادرة	AX^v بويضات عديدة
		AO	بويضات نادرة	

ونتيجة لاخصاب نوعى الحيوانات المنوية التى ينتجها الذكر مع الثلاثة أنواع من البويضات يكون هناك ستة احتمالات مختلفة من ناحية التركيب الكروموسومى والجينى لأفراد الجيل الأول من هذا النهجين موضحه فيما يلى :ـــ

أناث حمراء (عديدة)	AAX^+X^v	أفراد الجيل الأول F_1
أناث فائقة (نادرة وتموت) (ضعيفة وتموت فى دور العذراء)	$AAX^+X^vX^v$	
ذكور عقيمة حمراء (نادرة)	AAX^+O	
ذكور Vermilion (عديدة)	AAX^vY	
أناث Vermilion (نادرة)	AAX^vX^vX	
تموت (نادرة) فى طور البيضة	$AAOY$	

بفحص هذه النتائج جيدا نجد أن كروموسوم Y فى حد ذاته لا يحدد

الذكورة ذلك لأن التركيب الكروموسومى AAXXY كانت أنثى خصبة تماما . لكن كروموسوم Y له علاقة بخصوبة الذكر ذلك لأن التركيب الكروموسومى AAXO كان ذكرا طبيعيا من ناحية الشكل المظهرى ولكنه كان عقيما تماما Sterile .

٢ ــ عدم الانفصال الثانوى لكروموسومى الجنس XX .

Secondary nondisjunction of X Chromosomes.

لم يكتف بريدجز Bridges بالنتائج السابقة فقط . استمر فى اجراء تهجينات أخرى حيث أخذ الاناث الشاذة ذات العيون Vermilion والتى ظهرت فى نسل التهجين السابق بأعداد نادرة نتيجة عدم الانفصال الأول وكان تركيبها الكروموسومى والجينى هو $AAX^{v}X^{v}Y$ وهجنها مع ذكور عادية حمراء العيون تركيبها الكروموسومى والجينى هو $AAX^{+}Y$. حيث كان النسل مكون من ستة مجاميع ولكل مجموعة من هذه المجاميع الستة نسبة معينة موضحة فيما يلى :ــ

ذكر عادى $AAX^{+}Y$ أحمر العين

انثى شاذة $AAX^{v}X^{v}Y^{+}$ Vermilion الآباء من التهجين السابق ناتجه عن عدم الانفصال الأولى

النسل	٠,٤٦	أناث حمراء العين
	٠,٠٢	اناث Vermilion
	٠,٠٢	ذكور حمراء
	٠,٤٦	ذكور Vermilion
تموت	٠,٠٢	أناث شاذة
	٠,٠٢	OYY

وبفحص المجاميع الستة لهذا النسل فسر Bridges انتاج أناث Vermilion

وذكور حمراء الأعين على أساس عدم الانفصال الثانوى لكروموسومى الجنس XX . Secondary nondisjunction وأساس هذا التفسير هو تتبع سلوك الكروموسومات فى الأنثى الأم الشاذة فى الانقسام الميوزى لأتمام عملية انتاج الجاميطات المؤنثة Oogenesis . حيث نجد أن عملية الاقتران الكروموسومى Synapsis لكروموسومات الجنس فى هذه الأنثى XXY سوف لا يتم بالصورة الطبيعية كما هو حادث فى الانقسام الميوزى العادى وذلك لسبب بسيط جدا هو أنه فى حالة تلك الأنثى الشاذة توجد ثلاثة كروموسومات جنس والاقتران سوف يتم بينها . ولقد دلت نتائج هذه التجربة أن هناك عدة احتمالات لعملية الاقتران هذه للثلاث كروموسومات الجنسية هي :

١ ــ قد يحدث الاقتران بين كروموسومى الجنس X ويظل كروموسوم Y منفردا أى (XX type) .

٢ ــ أو قد يحدث الاقتران ما بين كروموسوم الجنس X ، كروموسوم الجنس Y ويظل كروموسوم الجنس X الثانى منفردا بدون اقتران أى (XY type) .

وجد يريد جزان احتمال الاقتران الأول أى من النوع XX type يحدث بنسبة ٨٤٪ وان احتمال الاقتران من النوع XY type يحدث بنسبة ١٦٪ من مجموع الحالات .

ماهو المتوقع إذا بالنسبة لسلوك كروموسومات الجنس هذه نتيجة لاحتمالى الاقتران السابقين فى بقية أدوار الانقسام الميوزى ؟. وللاجابة على مثل هذا السؤال يجب علينا أن نتتبع هذا السلوك لكل احتمال على حدة ونصل إلى نهاية أدوار الانقسام الميوزى أى إلى نواتج عملية انتاج البويضات Oogenesis .

فتبعا للاحتمال الأول وهو الذى فيه يقترن كروموسومى الجنس XX معا ويتبقى كروموسوم Y منفردا بدون اقتران وهو الذى يحدث بنسبة ٨٤٪ من الحالات نجد أنه فى الدور الانفصالى الأول ينفصل كروموسومى الجنس

المقترنان معا XX ويذهب كل منهما إلى قطب مختلف بينما كروموسوم Y المنفرد له الفرصة فى أن يذهب إلى أى من قطبى الخلية والنتيجة النهائية لهذا الانفصال هو فقط انتاج نوعين من البويضات تركيبهما الكروموسومى بويضات تشمل كروموسوم جنس X وبويضات أخرى تشمل كرموسومى الجنسى XY معا ونسبة كل من هذين النوعين من البويضات هى ٠,٤٢ .

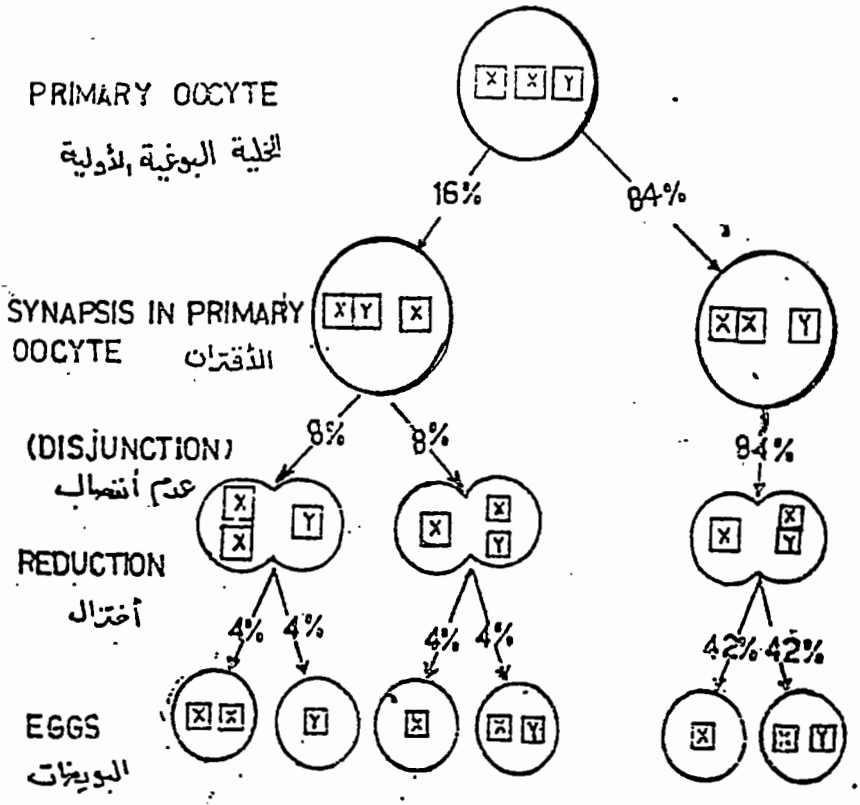
فبناء على الاحتمال الثانى وهو الذى يقترن فيه كروموسومى الجنس XY معا ويتبقى كروموسوم الجنس الثانى X منفردا بدون اقتران وهو الذى يحدث بنسبة ١٦٪ من الحالات نجد أنه فى دور الانفصال الأول أن ينفصل كروموسوم X عن كروموسوم Y ويذهب كل منهما إلى قطب مختلف من أقطاب الخلية بينما كروموسوم X المنفرد له الفرصة فى أن يذهب إلى أى من القطبين وبذلك تكون النتيجة النهائية هو انتاج أربعة أنواع مختلفة من البويضات نسبة كل منها هى ٠,٤ هذه الأربعة أنواع من البويضات ذات تركيب كروموسومى هو :

$$XX , Y , X , XY$$

فإذا ما أخذنا فى اعتبارنا النتيجة النهائية لكلا الاحتمالين نجد أنه نتيجة لعدم الانفصال الثانوى أن تكون لدينا أربعة أنواع من البويضات تركيبها الكروموسومي ونسبة كل منها موضحة قرين كل منها كما يلى :ـــ

$X^{٧}Y$	٠,٤٦
$X^{٧}$	٠,٤٦
$X^{٧}X^{٧}$	٠,٠٤
Y	٠,٠٤

هذه النتيجة السابقة من الممكن توضيحها بيانيا فى الشكل التالى (شكل رقم ١٠) :ـــ



شكل رقم (١٠) : يوضح عدم الأنفصال الثانوى للكروموسومات XXY فى حشرة الدروسفيلا ميلانوجسترما يؤدى إلى الحصول على ٤٦٪ ، ٤٦٪ ، ٤٪ ، ٤٪ للبويضات X ، XY ، XX ، Y على التوالى

والآن بعد أن توصلنا إلى أنواع البويضات المحتمل الحصول عليها من هذه الأنثى الشاذة نتيجة لعدم الانفصال الثانوى ونسبة حدوث كل منها تنتقل إلى تتبع عملية انتاج الحيوانات المنوية من الأب المذكر الطبيعى الأحمر العينين . فهذا الأب تركيبه طبيعى وبذلك فاننا نجد أنه ينتج نوعين فقط مختلفين متساويين من الحيوانات هما :

+ X بنسبة ٥٠.

، Y بنسبة ٥٠.

بالطبع سوف يتم التلقيح والاخصاب بين نوعى الحيوانات المنوية هذه مع الأربعة أنواع من البويضات المختلفة التركيب وبذلك فهناك ثمانية احتمالات لانتاج تراكيب زيجوتيه مختلفة (من الممكن تجميعها فى ستة أقسام مظهرية) للنسل الناتج من هذا التهجين . هذه الاحتمالات المختلفة ونسبة كل منها موضحة فيما يلى :ـــ

البويضات ونسبة كل منها			
Y	$X^{r}X^{r}$	X^{r}	$X^{r}Y$
,٠٤	,٠٤	٠,٤٦	٠,٤٦

الحيوانات المنوية ونسبة كل منها	أنثى حمراء العين	أنثى حمراء العين	أنثى فائقة الأنوثة	ذكر أحمر العين
	$X + X^{r}Y$	$X + X^{r}$	$X + X^{r}X^{r}$	X + Y
٠,٥ X +	٠,٢٣	٠,٢٣	,٠٢	,٠٢
٠,٥ Y	$X^{r}YY$	$X^{r}Y$	$X^{r}X^{r}Y$	YY
	٠,٢٣	٠,٢٣	٠,٠٢	٠,٠٢

زيجوت يموت أنثى Vermilion ذكر Vermilion ذكر Vermilion

ومن هذا التحليل نجد أن لدينا ستة أشكال مظهرية هى كالتالى :ـــ

١ ـــ الاناث الحمراء العين $X + X^{r}$ ، $X + X^{r}Y$ = ٠,٢٣ + ٠,٢٣ = ٠,٤٦

٢ ـــ أناث فائقة الأنوثة $X + X^{r}X^{r}$ = ٠,٠٢

٣ ـــ ذكور حمراء العين $X - Y$ = ٠,٠٢

٤ ـــ ذكور Vermilion $X^{r}Y, X^{r}YY$ ٠,٢٣ + ,٢٣ = ٠,٤٦

٥ ـــ أنثى Vermilion $X^{r}X^{r}Y$ = ٠,٠٢

٦ ـــ زيجوت يموت YY = ٠,٠٢

بمقارنة هذه النتيجة النهائية المتوقع الحصول عليها بناء على افتراضات بريدجز نجد أنها تتوافق تماما مع تلك المشاهدة نتيجة التجربة فى هذا التهجين الأخير

٣ ــ الحشرات ذات كروموسومى الجنس XX

المتصلان Attached-X flies

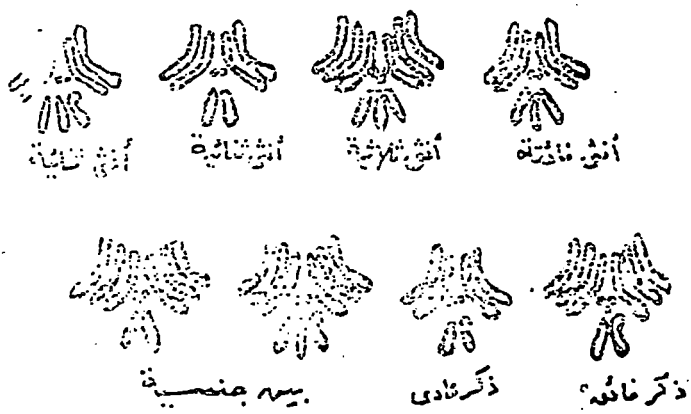
اكتشف مورجان Morgan عام ١٩٢٢ سلالة من سلالات الدروسفيلا ميلا نوجستر كل اناثها بدون استثناء يحدث فيها ظاهرة عدم انفصال كروموسومى الجنس XX عن بعضهما nondisjunction . أى أن كروموسومى الجنس XX يكونان متصلان بعضهما البعض باستمرار ولهذا يعبر عن هذه الحالة بـ $\widehat{XX}$. حيث يسلك هذان الكروموسومان فى الانقسام الميوزى سلوك وحدة واحدة ويتجهان معا دائما إلى نفس القطب والنتيجة النهائية لتكوين البويضات هو تكوين نوعين من البويضات هما AXX ، AO .

٤ ــ الحشرات الثلاثية المجموعة الكروموسومية ونظرية التوازن الجينى

تبلور الاعتقاد فى تلك الفترة ١٩٢٠ ــ نتيجة للتجارب السابقة على حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر ــ بأن الجنس فى هذه الحشرة يتحدد بواسطة كروموسومات الجنس فقط . أى أن الفرد الذى يحتوى على كروموسومى الجنس XX يكون أنثى بينما الفرد الذى يحتوى على كروموسوم جنسى واحد فقط يكون ذكرا وأن كروموسوم Y ليس له أى تأثير فى تحديد أو تعيين الجنس حيث أنه وجدت بعض الحشرات وكان بها كروموسومى جنس بالاضافة إلى كروموسوم Y أى أن تركيبها هو XXY وكانت اناثا ــ راجع عدم الانفصال الأولى والثانوى السابق مناقشتهما . كذلك وجدت أفراداً كانت تحتوى على كروموسوم X وليس كروموسوم Y ومع ذلك كانت ذكورا ولكنها عقيمة . ومن تلك النقطة نجد أن كروموسوم Y لابد من وجوده فى الذكر لاتمام الخصوبة Fertility . وفى عام ١٩٢٢ أثبت Bridges من نتائج تجارية المستمرة على حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر أن النظرية التى تفترض بأن كروموسوم

الجنس بمفردة هو الأساس لتعيين الجنس ما هى إلا نظرية خاطئة . وكان الدليل القاطع الذى تحصل عليه بريدجز من تجاربه هو أنه تمكن من الحصول على حشرات ثلاثية المجموعة الكروموسومية (3 n) وحشرات أخرى رباعية المجموعة الكروموسومية (4 n) . أى أن عدد المجاميع الكروموسومية ممثل ثلاثة وأربعة مرات على التوالى فى تلك الحشرات . أو بمعنى آخر أن كل كروموسوم — سواء كان كروموسوما جسميا أو جنسيا — ممثل فى النواة ثلاثة مرات فى الحشرات الثلاثية وأربعة ف الحشرات الرباعية .

والآن سوف نركز مناقشتنا على تجارب ا جز على الحشرات الثلاثية المجموعة الكروموسومية ولقد وجد أن أناث تلك الحشرات الثلاثية Triploid females خصبة حيث أنها كانت تشبه تماما الاناث الثنائية المجموعة الكروموسومية Diploid females . استمر بريدجز بعد حصوله على تلك الاناث الثلاثية فى تجاربه حيث أجرى تلقيحا بين أناث ثلاثية المجموعة الكروموسومية Triploid females مع ذكور ثنائية عادية Diploid males : وكان النسل الناتج من هذا التلقيح يقع فى ثمانية مجاميع شكل مظهرى موضحة كما يلى (شكل رقم ١١) :—



شكل رقم (١١) : التراكيب الكروموسومية الثمانية الناتجة من تزاوج أنثى ثلاثية المجموعة الكروموسومية مع ذكر ثنائى عادى فى حشرة الدروسفيلا ميلانوجستر

١ ــ أناث ثلاثية المجموعة الكروموسومية (triploid females 3n) أى تحتوى على ثلاثة مجاميع كروموسومات جسمية autosomes وثلاثة كروموسومات جنس أى أن تركيبها هو AAA + XXX .

٢ ــ أناث ثنائية المجموعة الكروموسومية (diploid females 2n) أى تحتوى على مجموعتى كروموسومات جسمية autosomes وكروموسومى جنس XX أى أن تركيبها هو AA + XX .

٣ ــ أناث ثنائية المجموعة الكروموسومية ــ جسمية وجنسية ــ ولكنها بالاضافة إلى ذلك تحتوى على كروموسوم Y . أى تحتوى مجموعتى كروموسومات جسمية وكروموسومى جنس XX وكروموسوم Y أى أن تركيبها هو AA + XXY .

٤ ــ حشرات بين جنسية Intersexes وهذه الحشرات تحتوى على ثلاثة مجموعات من الكروموسومات الجسمية وكروموسومى جنس XX . أى أن تركيبها هو AAA + XX .

٥ ــ حشرات بين جنسية Intersexes تختلف عن المجموعة السابقة فى أنها تحتوى ــ بالاضافة إلى التركيب السابق ــ على كروموسوم Y . أى أن تركيبها هو AAA + XXY .

٦ ــ ذكور عادية ثنائية المجموعة الكروموسومية أى تحتوى على مجموعتى كروموسومات جسمية وكروموسوم جنس X وكروموسوم Y . أى أن تركيبها هو AA + XY .

٧ ــ أناث فائقة الأنوثة Superfemales وهذه الأناث تحتوى على مجموعتى كروموسومات جسمية بالاضافة إلى ثلاثة كروموسومات جنس X . أى أن تركيبها هو AA + XXX .

٨ ــ ذكور فائقة الذكورة Supermales وهذه الذكور تحتوى على ثلاثة

مجاميع كروموسومات جسمية بالاضافة إلى وجود كروموسوم Y وكروموسوم X أى أن تركيبها هو AAA + XY .

ولقد وجد أن كلا من الحشرات البين جنسية intersexes والاناث الفائقة الأنوثة superfemales والذكور الفائقة الذكورة supermales جميعها تكون عقيمة .

بوصول بريدجز إلى هذه النتائج وخاصة نتيجة لوجود الأفراد البين جنسية intersexes والأفراد الثلاثية triploid فلقد أمكنه من التوصل إلى نظرية جديدة على أساسها يتحدد أو يتعين الجنس فى حشرة الدروسفيلا . هذه النظرية هى التى نطلق عليها الآن نظرية التوازن الجينى والتى تفترض بأن « يتعين الجنس فى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر بواسطة كل من الكروموسومات الجنسية والكروموسومات الجسمية وأن النسبة بين كروموسومات الجنس ومجموعات الكروموسومات الجسمية ratio of X chromosomes to autosomes هى الأساس فى تعيين الجنس »

ويمكن توضيح هذه النظرية بمناقشة الجدول التالى الموضح به مجاميع الشكل المظهرى الناتجة من التلقيح السابق :ـــ

مجاميع النسل	عدد كروموسومات X	عدد مجموعات الكروموسومات الجسمية A	النسبة ـــ A	كروموسوم Y	الحيوية
١ ــ أناث ثلاثية (AAA + XXX)	٣	٣		ــ	حصبة
٢ ــ أناث ثنائيه (AA + XX)	٢	٢		ــ	حصبة
٣ ــ أناث ثنائية (AA + YXX)	٢	٢		١	خصبه
٤ ــ بين جنسية (AAA + XX)	٢	٣	٠٠	ــ	عقيمة
٥ ــ بين جنسية (AAA + XXY)	٢	٣	٠٧	١	عقيمة
٦ ــ دكور ثنائية (AA + XY)	١	٢	٠٥٠	١	خصبة
٧ ــ أناث فائقة الأنوثة (AA + XXX)	٣	٢	٠٠٥	ــ	عقيمة
٨ ــ دكور فائقة الذكورة (AAA + XY)	١	٣	٠١٢	١	عقيمة

أما من حيث كيفية الحصول على الثمانية مجاميع السابقة فهذا من السهل تفهمه وتتبعه إذا ما علمنا أن الأنثى الثلاثية المجموعة الكروموسومية المستخدمة كأم فى هذه التجربة يمكنها أن تكون أربعة أنواع مختلفة من البيضات نتيجة للانقسام الاختزالى فى عملية الـ Oogenesis . هذه الأربعة أنواع من الجاميطات المؤنثة هى .

$$(A + X), (AA + X), (AA + XX), (A + XX)$$

وكما نعلم بالطبع فان الذكر الثنائى يعطى نوعين مختلفين من الجاميطات (الحيوانات المنوية) هما :

$$(A + X), (A + Y)$$

وتلقيح هذان النوعان من الحيوانات المنوية للأربع أنواع المختلفة من البيضات ينتج لدينا ثمانية احتمالات للتراكيب الزيجوتية للنسل الناتج كما يلى :ـــ

الحيوانات المنوية	البيضـــات			
	(A + X)	(AA + X)	(AA + XX)	(A + XX)
(A + X)	(AA + XX) أناث ثنائية	(AAA + XX) بين جنسية	(AAA + XXX) أناث ثلاثية	(AA + XXX) أناث فائقة
(X + Y)	(AA + XY) ذكور ثنائية	(AAA + XY) ذكور فائقة	(AAA + XXY) بين جنسية	(AA + XXY) أناث ثنائية

من جميع هذه النتائج السابقة نجد أن ميكانيكية تعيين الجنس فى الدروسفيلا ميلانو جستر تتوقف على النقاط التالية :ـــ

١ ـــ يتعين الجنس على أساس النسبة ما بين كروموسوم الجنس X ومجموعات الكروموسومات الجسمية ففى الاناث العادية تكون النسبة ١ وفى الذكور تكون النسبة ٥,٠ مهما تعددت المجموعة الكروموسومية .

٢ ــ توجد الجنيات المحددة للذكورة على الكروموسومات الجسمية (A) بينما توجد الجينات المحددة للأنوثة على كروموسوم الجنس X .

٣ ــ ليس لكروموسوم Y وظيفة فى تعيين الجنس ولكنه مسئوول عن الخصوبة فى الذكور .

٤ ــ إذا كانت نسبة كروموسومات الجنس إلى مجموعة الكروموسومات الجسمية أكبر من ١ فانها تعطى أناثا فائقة . وإذا كانت النسبة أقل من ٠,٥ فانها تعطى أفرادا فائقة الذكورة .

٥ ــ إذا كانت تلك النسبة محصورة ما بين ٠,٥ ــ ١ فان الأفراد الحاملة لهذه النسبة تكون بين جنسية .

إذا فالنظرية التى كانت تفترض أن الحشرة التى تحتوى على كروموسومى الجنس XX تكون أنثى طبيعية هى نظرية خاطئة ذلك لأن الأفراد التى تحتوى على كروموسومى XX تكون فى بعض الأحيان بين جنسية intersex . أى أنها تحتوى على صفات التذكير بجانب صفات التأنيث . ذلك لأن الحشرات بين الجنسية قد تحولت من صفة الأنوثة إلى صفة الذكورة نتيجة لوجود مجموعة زائدة من كروموسومات الجسم .

فمن ذلك نجد أن كروموسومات الجسم autosomes تلعب دورا مهما فى تحديد الجنس . وعليه تكون كروموسومات الجسم هى المسؤولة عن وجود صفات التذكير فى هذه الحشرات .

كذلك نجد أن فى كل من الجنسين توجد مجموعتان من الجينات احداهما تتحكم فى الصفات المذكرة والأخرى تتحكم فى الصفات المؤنثة . لكن تأثير هاتان المجموعتان من الجينات غير متساوى . حيث أن مجموعة الجينات التى تنتج الصفات المؤنثة تفوق فى تأثيرها مجموعة الجينات التى تنتج الصفات المذكرة وإثبات ذلك أن التركيب الكروموسومى AA + XX والتركيب الكروموسومى AAA + XXX عبارة عن إناث .

الجينات التى تظهر الصفات الجنسية الخاصة بالذكر الموجودة على كروموسومات الجسم autosomes عددها كبير جدا وتفوق عدد الجينات التى تظهر صفات التأنيث . ولكن الجينات الموجودة على كروموسوم الجنس تفوق فى تأثيرها النهائى الجينات الموجودة على كروموسومات الجسم . ففى الزيجوت الناتج الثنائى التركيب الكروموسومى diploid إذا فقد أحد كروموسومات الجنس فتأثير الجينات الموجودة على كروموسومات الجسم يفوق تأثير الجينات الموجودة على كروموسوم الجنس الباقى وبذلك نحصل على ذكر .

ولقد يعن لنا الآن أن نتساءل بناء على هذه المعلومات السابقة هل يمكننا أن نحصل على ذكر من الدروسفيلا ثلاثى المجموعة الكروموسومية ؟ والوصول لاجابة هذا التساؤل نتركها للطالب نفسه .

٥ ــ الأفراد المذنثة Gynandromorphs

الأفراد المذنثة هى عبارة عن الأفراد الخليطة الجنس . أو بمعنى أن الفرد المذنث هو ذلك الفرد الذى يحمل صفات التذكير على أجزاء معينة من الجسم ويحمل أيضا صفات التأنيث على أجزاء أخرى من الجسم . ولقد تمكن من الحصول على هذه الأفراد فى حشرة الدروسفيلا ميلانو جستر حيث استخدمها مورجان وبريدجز Morgan and Bridges فى اثبات أن الجنس يتعين بواسطة كروموسومات الجنس .

منشأ الأفراد المذنثة Origin of gynandromorphs

ينشأ الفرد المذنث عن زيجوت كان فى الأصل محتوياً على كروموسومى الجنس XX ولذلك فانه كان من المتوقع أن يكون أنثى . ولكن بسبب ما ــ بعد عدة انقسامات لخليه الزيجوت ــ أن فقد أحد كروموسومى الجنس X من بعض الخلايا . وعلى ذلك نجد أن هناك بعض الخلايا يكون تركيبها AA + XX والبعض الآخر تركيبة AA + XO نتيجة فقد كروموسوم X الثانى . وعلى ذلك فان الأنسجة التى تنشأ عن هذه الخلايا التى حدث فيها هذا الفقد لكروموسوم

X أى تركيبها AA + XO تكون أنسجة مثل الأنسجة التى توجد فى الذكر العادى . بينما الخلايا المحتوية على كروموسومى XX تكون أنسجة أخرى مثل الأنسجة التى توجد فى الأنثى . هذا يعنى أن بعض أنسجة هذا الفرد تتصف بصفات الذكر والبعض الآخر يتصف بصفات الأنثى . وهذه الحالة أيضا أى حالة الأفراد المذنثة تثبت أيضا أن كروموسوم Y ليس له تأثير على تعيين الجنس فى الدروسفيلا .

تعيين الجنس فى الانسان : Sex determination in Man

يتحدد الجنس فى الانسان أو الكائنات الأخرى ذات التركيب الكروموسومى المشابه لتركيب الانسان فى اللحظة التى يتم فيها الاخصاب . ويتوقف نوع الجنس الناتج ـــ النسل ـــ على ما إذا كان الحيوان المنوى Sperm محتويا على كروموسوم X أو محتويا على كروموسوم Y . قبل هذه اللحظة فان مستقبل البويضة غير محدد ويمكن أن ينتج منها أنثى أو ذكر . وعلى ذلك فان مستقبل أى خلية حيوان منوى بمفردها سواء إذا كانت محتوية على X أو Y يتوقف على تمكنها من اخصاب البويضة .

وحيث أن نوعى الحيوانات المنوية السابقة يتكونان فى نفس الوقت Simultaneously لأى رجل فان جنس أطفاله لا يتقرر أو يتحدد قبل اللحظة التى يتم فيها اخصاب حيوانه المنوى (X أو Y) لبيضة زوجته .

من المعروف الآن أن الخلايا الجسمية للانسان تحتوى اثنان وعشرون زوجا من الكروموسومات الجسمية بالاضافة إلى زوج من الكروموسومات الجنسية X ، Y (2n = 46) . وكما سبق توضيحه فإن الإنسان يتبع النظام XX-XY فى تحديد جنسه . أى أن الإنسان يتشابه فى ذلك مع الدروسفيلا من حيث أن الذكر هو الجنس مختلف الجاميطات hetrogametic Sex وأن الأنثى هى الجنس المتماثلة الجاميطات homogametic Sex .

ولقد أتضح لنا أهمية الكروموسومات الجسمية فى حشرة الدروسفيلا فى

تعيين جنس الذكر أو الأنثى وكذلك أهمية كروموسوم Y لنفس الحشرة فى تحديد خصوبة الذكر . والآن فبما أن الإنسان وحشرة الدروسفيلا ينتميان إلى نظام كروموسومى واحد هو XX-XY فهل نتوقع بناء على هذا أن يتعين الجنس فى الإنسان كما حدث فى حشرة الدروسفيلا أى بناء على نظرية التوازن الجينى أم لا ؟. وهل يلعب كروموسوم Y دورا مماثلا فى الإنسان كدوره فى حشرة الدروسفيلا من حيث خصوبة الذكر فقط أم أنه يلزم تواجده لاظهار صفات التذكير على الفرد ؟. ونحن نعلم جميعا أن الانسان ليس بالمادة الجيدة للدراسات الوراثية لسبب بسيط جدا وهو أنه لا يمكن أبدا توجيه التزاوجات بين أفراد بنى الانسان تبعا لرغبة باحث أو عالم . لهذا فلقد تطلب أجابة مثل هذه التساؤلات البحث والدراسة لعائلات موجودة فعلا ودراسة سجلاتها وكذلك التركيز على دراسة أعراض الأمراض الوراثية الناتجة بين بنى البشر .

فحتى عام ١٩٥٩ لم يكن معروفا ان لكروموسوم Y دورا فى تحديد صفة التذكير فى الانسان the male determining role of the Y chromosomes- أو بمعنى آخر هل وجود كروموسوم Y فى البويضة المخصبة هو الذى يدفعها إلى أن تتشكل إلى ذكر ؟. وهل غياب كروموسوم Y من البويضة المخصبة يجعلها تتشكل إلى أنثى ؟. فأى ذكر يمكن تفريقه عن أى أنثى ليس فقط عن طريق احتوائه على كروموسوم Y ولكن أيضا يمكن تفريقه على أساس احتوائه على كروموسوم X واحد فقط بدلا من اثنان . لذلك فلقد تساءل العلماء هل يتحدد الجنس فى الذكر نتيجة وجود كروموسوم X واحد فقط أو نتيجة لوجود كروموسوم Y ؟. فبالنسبة لحشرة الدروسفيلا كما سبق القول وجدنا أن كروموسوم Y لا يحتوى على عوامل أو جينات تحدد الجنس Sex determiners . لذلك لسبب بسيط هو أن الحشرات الشاذة المحتوية على كروموسوم X واحد وخالية من كروموسوم Y أى تركيبها AA + XO تعتبر ذكورا . كذلك فان الحشرات المحتوية على زوج من الكروموسومات XX بالإضافة إلى وجود كروموسوم Y واحد أو اثنان أى أن التركيب XXYY أو XXY تعتبر أناثا .

ومن جهة أخرى فلقد دلت الأبحاث فى حشرة دودة الحرير Bombyx mori أن الحشرات الشاذة فيها أثبتت أن كروموسوم Y يحمل عوامل أو جينات تحدد الجنس Sex determiners بعكس ما وجد فى حشرة الدروسفيلا ـــ فهل يتشابه دور كروموسوم Y فى الإنسان لما هو موجود فى حشرة الدروسفيلا أم لحشرة دودة الحرير ؟. ولقد تم التوصل إلى اجابة هذا التساؤل نتيجة فحص ودراسة الأفراد الشواذ من الناحية الوراثية دراسة مستفيضة .

أولا :ـ الأفراد الكلينفلتر Klinefelter Syndrome

يقترب هؤلاء الأفراد فى شكلهم المظهرى العام من شكل الذكر العادى حيث أن الأعضاء التناسلية الخارجية تظهر بشكل عادى طبيعى . لكن الفحص الدقيق لهؤلاء الأفراد يدل على وجود عدة اختلافات عن الذكر العادى خاصة عند تقدمهم فى العمر . وتشمل هذه الاختلافات المظهرية الخصى حيث تكون صغيرة بدرجة كبيرة . ولا تفرز الخصية حيوانات منوية . ويصاب أيضا هؤلاء الأفراد بمرض التخلف العقلى . كما تكون الأزرع أطول من المتوسط . أيضا تظهر عليهم مظهرا من مظاهر الاناث وهو تضخم ونمو الثديان بدرجة ملحوظة . ويدل الفحص الستيولوجى على أن هؤلاء الأفراد موجبى لاختبار كرومانين الجنس Sex chromatine Positve . (سوف نتكلم عن هذا الاختبار فى نهاية هذا الجزء) .

وباحصاء عدد الكروموسومات فى خلايا هؤلاء الأفراد سيتولوجيا وجد أن أنوية خلاياهم تحتوى على ٤٧ كروموسوما بدلا من ٤٦ الكروموسوم الموجودين فى نواة الشخص الطبيعى . أى بزيادة كروموسوم مفرد عن العدد الطبيعى ووجد أن هذا الكروموسوم الزائد هو عبارة عن كروموسوم X . أو بمعنى أن هؤلاء الأفراد تركيبهم الكروموسومى يشمل مجموعتان للكروموسومات الجسمية بالإضافة إلى كروموسومى X وكروموسوم Y مفرد أى AA + XXY . أى أن هذا التركيب الكروموسومى هو نفسه الخاص

التركيب الكروموسومى للاناث علاوة على وجود كروموسوم Y . وقد يعزى نشأة هؤلاء الأفراد أما لاحتمال عدم الانفصال الأولى لكروموسومى XX فى الاناث أو لكروموسومى XY فى الذكور . ومعدل ظهور هؤلاء الأفراد هو تقريبا بنسبة $\frac{1}{500}$ وقد وجد تيرهجين ورملاؤه Terhegen عام ١٩٧٣ بعض حالات كلينفلتر تحتوى على أكثر من كروموسوم Y . أيضاً وجدت حالات أخرى من هؤلاء الأفراد تشمل أكثر من كروموسومين لـ X .

جميع هذه الحالات دلت على أن وجود كروموسوم Y واحد فقط فى التركيب الكروموسومى للفرد يؤدى إلى ظهور صفات التذكير مهما كان عدد كروموسومات X أى أن كروموسوم Y فى الانسان هو الذى يتحكم فى إظهار صفات التذكير بعكس ما وجد فى حشرة الدروسفيلا .

ثانيا ـــ الأفراد التيرنر The Turner Syndrome

يقترب هؤلاء الأفراد فى شكلهم المظهرى العام من شكل الإناث . لكن أيضا الفحص الدقيق لأشكالهم المظهرية دل على وجود إختلافات عن الأنثى الطبيعية هذه الإختلافات تشمل صغر وعدم نضج المبايض . تمتاز بالعقم . يشبه الصدر صدر الذكر والثديان صغيران غير تامى النمو . ذوى ذكاء أقل من المتوسط . نتيجة سالبة لإختبار كروماتين الجنس .

وبإحصاء عدد كروموسومات أنوية خلاياهم وجد أن العدد الكروموسومى لهم هو ٤٥ كروموسوما وليس ٤٦ كروموسوما كما فى الحالة الطبيعية ـــ أى بفقد كروموسوم عن العدد الطبيعى والفقد هنا هو لأحد كروموسومى الجنس . أى أن تركيبهم الكروموسومى هو AA + XO . ووجد أن منشأ هؤلاء الأفراد نتيجة لعدم الإنفصال الكروموسومى فى الأب المذكر . ومعدل ظهور هؤلاء الأفراد يتراوح بين $\frac{1}{10,000}$ ـــ $\frac{3}{10,000}$ من حالات الولادة .

تدل حالات التيرنر أيضاً على دليل آخر ألا وهو أن غياب كروموسوم Y من التركيب الكروموسومى للفرد (الزيجوت) يؤدى إلى ظهور صفات التأنيث .

ثالثا ـــ الاناث المتعددة لكروموسوم X Poly - X Females

لاحظ جاكوب Jacobs وزملاؤه عام ١٩٥٩ أول حالة من حالة الإناث الثلاثية لكروموسوم X (AA + XXX) . وكان شكلها المظهرى كشكل الأنثى الطبيعية لكنها تمتاز بعدم تمام نضج الأعضاء التناسلية الداخلية والأثدية وبالتخلف العقلى . ووجد أن معدل ظهور هذه الحالات يتراوح ما بين $\frac{١}{١٠٠٠}$ ـــ $\frac{١}{٢٠٠٠}$ من المواليد الإناث .

بناء على هذه الحالات الشاذة من أفراد بنى الإنسان وغيرها ـــ التى لم نتناولها بالمناقشة ـــ فلقد توفرت لدينا الأدلة الآن والتى على أساسها نستطيع القول بأن الجنس يتعين فى الإنسان بناء على وجود كل من كروموسوم X وكروموسوم Y . ولا تلعب الكروموسومات الجسمية autosomes دورا فى تحديد الجنس فى هذا الكائن . ووجود كروموسوم Y فى الإنسان لازم لاظهار صفات التذكير وأن جرعة واحدة منه كافية للتغلب على عدد من الجرعات المحمولة على أكثر من كروموسوم X . وفى غياب كروموسوم Y يلعب كروموسوم X دورا فى إظهار صفات التأنيث . ومن المهم هنا أن نشير أيضا إلى أن كروموسوم Y يلعب نفس الدور كما وجد فى الإنسان فى بعض الثدييات الأخرى حيث ثبت ذلك فى الفيران .

اختبار كروماتين الجنس فى نوايا الدور البينى

X and Y chromatin in interphase nuclei

قد تتمكن اللهفة بعضا منا ـــ طبقا لبعض التقاليد الإجتماعية القديمة أو دفاعا عن الأرث أو اسم العائلة فى إنجاب الذكور وعدم تفضيلهم لإنجاب

الإناث وقد يلوم الزوج زوجته لإنجابها الإناث معتقدا ـــ وهذا إعتقاد خاطىء بالطبع ـــ فى أن الأم هى المسئولة عن إنجابهن . ومن جهة أخرى قد يعتقد البعض منا أن الأب هو المسئول عن تحديد جنس أطفاله نظرا لأنه هو الجنس المختلف الجاميطات لكن كما وجدنا سابقا فإن جنس الجنين لا يتحدد إلا منذ اللحظة التى يتم فيها اخصاب البيضة بحيوان منوى . وبما أن الأب يعطى نوعين مختلفين متساويين من الحيوانات المنوية إحداهما يحتوى كروموسوم Y والآخر يحتوى كروموسوم X والنوعان ينتجان فى وقت واحد . فمن هذا نجد أنه ليس الأب ولا الأم مسؤولان عن جنس نسلهما لكن الصدفة فقط هى التى يتوقف عليها من أى نوعى الحيوانات المنوية سوف يتم إخصاب البيضة وبالتالى جنس الجنين . فقد تكون هناك بعض الظروف البيئية المحيطة تعمل على زيادة سرعة نوع معين من الحيوانات المنوية أو ثباطها لكن هذا لن يغير من الحقيقة فى شىء .

وقد يسأل البعض منا عن وجود طريقة علمية حديثة للتكهن بنوع الحمل قبل الولادة من عدمه . فإن وجدت فما مدى احتمال تلك الطريقة ؟.

لقد ثبت فعلا أنه إذا ما أخذنا خلايا طلائية من فم الإنسان ، وتم صبغها بصبغة معينة يمكن بها التعرف على التركيب الكروموسومى الخاص بكروموسومات الجنس .

فإذا ما أخذت هذه الخلايا الطلائية من فم أنثى وصبغت نجد أن هذه الخلايا الأنثوية تحتوى جسما يقبل الصبغ بشدة أطلق عليه اسم جسم بار Barbody وبناء على نتيجة الصبغ هذه فلقد اصطلح على اطلاق الاصطلاح أن الاناث موجبه لكروماتين الجنس Sex chromatin positive . بينما إذا أخذت تلك الخلايا من الذكور فان جسم بار Bar body لا يظهر فى مثل هذه الخلايا الذكرية . وعليه تعرف الذكور على أنها سالبة لكروماتين الجنس Sex chromatin negative .

وقد يظهر جسم بار على شكل نصف كروى أو قرصى أو عصوى أو مثلث الشكل ويوجد عادة ملاصقا للسطح الداخلى للغشاء النووى للخلايا المفحوصة . وعدد أجسام بار هذه فى الخلايا الأنثوية يقل بمقدار واحد عن عدد كروموسومات الجنس X الموجودة فى الخلية المفحوصة . أى أن عدد أجسام بار فى خلية الأنثى الطلائية الثنائية = عدد كروموسومات الجنس ناقص واحد = ٢ ــ ١ = ١ .

لوحظ ذلك ان ٣٨٪ ــ ٨٠٪ من الخلايا الطلائية المأخوذة من الاناث الطبيعية والمفحوصة بهذا الاختبار هى فقط التى تظهر هذه الخاصية . أما النسبة الباقية فلا يظهر فيها جسم بار ويتوقف هذا بسبب اختلاف الطرق السيتولوجية المختلفة لطريقة الاختبار .

ولقد طبقت هذه الخاصية وأمكن استخدامها فى محاولة التكهن بمعرفة نوع الجنسن للسيدة الحامل . حيث يقوم الطبيب المولد Synecologist بسحب عينه من السائل الأمينوسى بواسطة ابرة رفيعة من السيدة الحامل وهى فى شهورها الأخيرة من الحمل . تفحص بعد ذلك الخلايا الموجودة بهذا السائل وتصبغ فاذا مادل الاختبار على أنه موجب الصبغ أى بمعنى وجود جسم بار فى هذه الخلايا أدى ذلك إلى التهكن باحتمال ٣٨ ــ ٨٠٪ فى أن الجنين سيكون أنثى . أما إذا كان الاختبار سالب لكروماتين الجنسى أدى ذلك إلى التهكن بان الجنين سيكون ذكرا .

وبواسطة هذه الطريقة أيضا يمكن التكهن بوجود أفراد غير طبيعية مثلا XXXY أو XXXXY اذ سيكون عدد أجسام بار فيها جسمان وثلاثة أجسام بار على التوالى .

التوأم Twins

التوأم هى الأفراد الناتجة عن زيجوتات مخصبة فى نفس الوقت وموجودة معا فى رحم الأم طوال فترة الحمل وتولد فى وقت واحد تقريبا . هذه الأفراد قد

تكون من جنس واحد أى أما أن تكون أناثا أو ذكور أو قد تكون من الجنسين معا أى أناثا وذكورا . ويعتبر جالتون Galton عام ١٨٧٥ أول من شاهد هذه الظاهرة . وتقسم التوائم إلى نوعين هما :ـــ

١ ـــ توائم صنويه Identical twins

هذا النوع من التوائم يكون دائما متشابها فى الجنس والتركيب الوراثى والشكل المظهرى حتى لو اختلفت البيئة التى يعيش فيها كل فرد منها . منشأ هذه التوائم ناتج عن اخصاب بيضة واحدة من الأم بحيوان منوى واحد من الأب أى تكون زيجوت واحد ثم ينقسم هذا الزيجوت إلى اثنين .. أو أكثر فى حالات قليله . وكل قسم يكون فردا (جنينا) بمفرده وعلى هذا فهذا النوع من التوائم يسمى وحيدة الزيجوت monozygotic (MZ)

٢ ـــ توائم غير صنوية Nonidentical twins

هذا النوع من التوائم قد يكون متشابها أو مختلفا فى الجنس . ومنشأها نتيجة لافراز الأم لأكثر من بويضة (بويضتين أو أكثر) بدلا من بويضة واحدة وفى نفس الوقت تخصيب كل بويضة بحيوان منوى مختلف . وعلى هذا فعلاقة أفراد التوائم الواحد لا تتعدى عن كونها علاقة بين أخوة أشقاء ولكن هؤلاء الأخوة (أفراد التوأم) اشتركوا معا فى نفس الظروف البيئية الداخلية للأم أثناء فترة الحمل . ولهذا أيضا يطلق على هذا النوع توائم ثنائية الزيجوت أو ثلاثية .. تبعا لعدد أفراد التوأم الناتجة .

وتعتبر التوائم وخاصة التوائم الصنوية من أهم الأفراد التى تستعمل فى الأبحاث والدراسات الوراثية .

قد تلعب بعض الظروف أو العوامل المختلفة دورا على نسبة إنتاج التوائم . لكن بصورة مبدئية وجد أن نسبة ولادة التوائم الصنوية فى الانسان كشواذ طبيعية تحدث بحوالى ٣ ـــ ٤ لكل ألف ولادة . كذلك أوضحت الدراسات أن عمر الأم يعتبر عاملا هاما فى ظهور توائم غير صنوية

ثالثا : تعيين الجنس فى رتبة غشائية الأجنحة

Sex determination in Hymenoptera

تتميز حشرات رتبة غشائية الأجنحة بوجود ظاهرة التوالد البكرى Parthenogenesis . وتعرف ظاهرة التوالد البكرى بأنها تلك الطريقة من التكاثر والتى فيها ينتج الفرد من بيضة غير مخصبة . فى هذه الحالة فانه من المتوقع أن يكون الفرد الناتج من هذه البيضة الغير مخصبة ، ماهو إلا فرد أحادى المجموعة الكروموسومية (n) . أما الزيجوت المتكون من البيضة المخصبة بحيوان منوى فهو بالطبع يحتوى على العدد الثنائى من الكروموسومات (2 n) . ولقد وجد أن ذكور هذه الحشرات مثل النمل والنحل والزنابير تنمو من البيض الغير مخصب أى أنها أحادية المجموعة الكروموسومية . بينما الإناث تنمو من البيض المخصب أى أنها ثنائية المجموعة الكروموسومية . أنثى هذه الحشرات تضع بيضاً وجنس الأفراد الناتجة من هذا البيض يتوقف على ما إذا كان البيض مخصباً أم لا . فإذا ، وضعت الأنثى بيضا بدون أن تلقح وبالتالى بدون أن يخصب البيض فالأفراد الناتجة سوف تكون ذكوراً . بينما إذا وضعت الأنثى وكانت ملحقة فانها فى تلك الحالة تستطيع أن تضع بيضا غير مخصب ينتج ذكوراً وبيضاً آخر مخصباً ينتج عنه إناث . وعلى ذلك فلقد استنتج أنه إذا كانت الحالة الأحادية haploidy تنتج ذكوراً بينما الحالة الثنائية diploidy تنتج إناثا ، فان مجموعتى الكروموسومات two sets of chromosomes فى الإناث لابد وأن تختلفا فى صفاتهما عن بعضهما . وعلى ذلك فلقد إقترح أن الإناث هنا تكون خليطة لعديد من المقاطع الكروموسومية التى تحمل كل منها عدد جينات . وهذه الجينات جميعاً تكون سلسلة اليلات متعددة تتحكم فى تعيين الجنس فى هذه الحشرات . أما بالنسبة للذكور فهى أحادية المجموعة الكروموسومية وعليه فانها لن تكون أبدا خليطة فى هذه القطع الكروموسومية و هذه الجينات . وهذا بالتالى يؤدى إلى أن الأفراد الأحادية تنتج ذكور

ولقد أثبت Whiting هذه النقطة بواسطة إنتاج أفراد ذكور وإناث متماثلة فى هذه المقاطع الكروموسومية وليست خليطة .

رابعا : تحديد الجنس فى النباتات :

١ ــ فى نبات Melandrium album أو Lychnis dioica

يعتبر هذا النبات من النباتات الزهرية التى تتبع العائلة Caryophyllaceae . وأطلق عليه إسم Lychnis dioica حيث كان يسمى Melandrium . ولقد درس نظام تحديد الجنس فى هذا النبات دراسة مستفيضة وأنه لمن المفيد مناقشة ميكانيكية تحديد الجنس هنا حيث مازال هذا النظام يمثل تحورا للنظام XY-XX الكروموسومى .

ولقد تناولنا فى مناقشتنا السابقة ظاهرة تبادل الأجيال alternation of generations فى النباتات الراقية . ففى النباتات مغطاة البذور angiosperms نجد أن النبات التام النمو هو الذى يمثل الطور الأسبوروفيتى الثنائى المجموعة الكروموسومية ــ ويشمل معظم فترة حياة النبات ــ وهذا الطور هو الطور اللاجنسى asexual .

أما الطور الجاميطو فيتى الأحادى المجموعة الكروموسومية وهو الطور الجنسى يكون غير واضح للعين المجردة (ويحتاج إلى الميكروسكوب لدراسته) فيعتبر متطفلا على الطور الأسبوروفيتى داخل أنسجته .

أزهار النباتات المغطاة البذور قد تكون مذكرة فقط Staminate أى تحتوى أعضاء التذكير فقط وهى الأسدية والمتك والتى بدورها تعطى الخلايا البوغية الأمية الأولية المذكرة والتى تنتهى بتكوين حبوب اللقاح (الطور الجاميطوفيتى) أو قد تكون الأزهار مؤنثة pistilate أى تحتوى فقط على أعضاء التأنيث من مبيض وقلم وميسم . والمبيض يعطى الخلايا البوغية الأمية الأولية المؤنثة والتى تنتج البيضات (الطور الجاميطوفيتى) . وأخيرا قد تكون الأزهار التابعة لهذه النباتات أزهارا خنثى أو كاملة perfect أى تحتوى على كل

من أعضاء التذكير stamens وأعضاء التأنيث pistils .

نجد فى جنس Lychnis أزهارا . أما أن تكون أزهارا مذكرة فقط أو أزهارا مؤنثة فقط . كذلك يعتبر هذا النبات ثنائى المسكن dioecious . أو بمعنى أن هناك نباتات مذكرة فقط وأخرى مؤنثة فقط . ولقد وجد أن النباتات المذكرة تحمل التركيب الكروموسومى XY . أما النباتات المؤنثة فهى تحمل التركيب الكروموسومى XX .

وجد وارمك Warmke عام ١٩٤٦ من دراسته على تحديد الجنس فى هذا النبات أن النسبة مابين X : A ليس لها علاقة فى تحديد الجنس . أى أن هذا النبات لا يشابه تلك الحالة الموجودة فى حشرة الدروسفيلا ميلا نوجستر . وباستمرار دراسة وارمك على سلالات متضاعفة كروموسوميا من هذا النبات وجد أن النسبة . ما بين X : Y تلعب دورا هاما فى تحديد الجنس هنا . فاذا ما كانت هذه النسبة $\frac{X}{Y}$ = ٠,٥ أو ١,٠ أو ١,٥ فان هذه النباتات التى بها هذه النسب تكون نباتات مذكرة فقط . أما إذا كانت هذه النسبة $\frac{X}{Y}$ = ٢,٠ أو ٣,٠ فان نباتات هذه المجموعة تحمل أزهارا مذكرة مع ظهور بعض الأزهار الخنثى أو الكاملة perfect . كذلك وجد أنه فى النباتات التى تحتوى على أربعة مجاميع كروموسومات جسمية autosomes وأربعة كروموسومات X وكروموسوم Y فانها تحمل أزهارا خنثى أو كاملة perfect مع ظهور بعض الأزهار المذكرة . هذه النتائج ملخصه فى الجدول التالى :

عدد مجاميع الكروموسومات الجسمية autosomes (A)	كروموسومات الجنس X, Y	النسبة $\frac{X}{Y}$	جنس النبات
AA	XYY	٠,٥	
AA	XY	١,٠	
AAA	XY	١,٠	ذكـــور
AAAA	XY	١,٠	
AAAA	XX YY	١,٠	
AAAA	XXX YY	١,٥	
AA	XX Y	٢,٠	
AAA	XX Y	٢,٠	
AAAA	XX Y	٢,٠	ذكور مع ظهور
AAAA	XXXX YY	٢,٠	أفراد خنثى
AAA	XXX Y	٣,٠	
AAAA	XXX Y	٣,٠	
AAAA	XXXX Y	٤,٠	خنثى مع ظهور أفراد ذكور

٢ ــ نبات الذرة Zea mays

يعتبر نبات الذرة Zea mays أحادى المسكن monocious لوجود كل من الأزهار المذكرة والمؤنثة على نفس النبات ، وتتجمع الأزهار المذكرة فى نورة مذكرة tassel تقع فى قمة النبات . بينما تتجمع الأزهار المؤنثة فى نورة مؤنثة (الكوز) تحمل على جانب الساق .

ولقد وجد أن هناك زوجين مستقلين من الجنيات وهى $B_s\ b_s$ ، $T_s\ t_s$ يتحكمان فى تحديد الجنس فى هذا النبات . فإذا ما وجد التركيب الوراثى المتنحى $b_s\ b_s$ بمفرده يعطى نباتات مذكرة أى تحمل فقط النورة المذكرة الطبيعية ولا تحمل على الاطلاق أى كيزان .

أما إذا ما كان التركيب الوراثى هو $t_s\ t_s$ فى حالة متنحية متماثلة يعمل على تحويل النورة الموجودة على قمة النبات إلى نورة مؤنثة .

وإذا ما أخذنا زوجى الجينات هذه معا نجد أنه يمكننا الحصول على التراكيب الوراثية التالية وهذه بالتالى سوف تعطى الأشكال المظهرية قرين كل منها :ــ

التركيب الوراثى	الشكل المظهرى
$B_s - T_s -$	نبات طبيعى أحادى المسكن
$b_s\ b_s\ T_s -$	نبات مذكر فقط staminate
$B_s - t_s\ t_s$	نبات مؤنث فقط ــ الكوز فى قمة النبات وأيضا على الجانب
$b_s\ b_s\ t_s\ t_s$	نبات مؤنث فقط ــ الكيزان على قمة النبات فقط

نباتات ثنائية المسكن

نلاحظ من ذلك أن هذه الجينات تلعب دورا فى تحديد الجنس فى الذرة وهى بالتالى تلعب دورا فى تحديد ظاهرة أحادية أو ثنائية المسكن . لذلك فانه يعتقد أن مثل هذه الحالات قد لعبت دورا مماثلا فى الماضى فى التاريخ التطورى لبعض النباتات مما أدى إلى تطورها إلى نباتات ثنائية المسكن .