

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

كلية الطفوم / جامعة الانبار

قسم علوم الحياة

الوراثة
Genetics

للصف الثالث

المحاضرات السابعة

(تعين الجنس)

م . د . ريم خالد ابراهيم المحمدي

تحيين الجنس

Sex determination

لم يكن مندل كما ذكرنا سابقاً يعلم شيء عن الكروموسومات أو دورها ، وقد اكتشفت هذه فيما بعد وبيّنت نتائج الدراسات التي أجريت حول ذلك أن ما ذهب إليه مندل في تفسير نتائجه كان صحيحاً تماماً فيما يتعلق بالصفات التي درسها . وعلى الرغم من بعض الاختلافات في عمليات الانقسام الخلوي إلا أن خصائصها الرئيسية واحدة . وأجمعت كلها على دور الكروموسومات والانقسامات الخلوية الاختزالية في تدوير صفات الأفراد وتمريرها إلى الأجيال الجديدة على الرغم من عدم معرفة موقع المورثات . إلا أن جميع الشكوك اتجهت إلى أن المورثات محمولة بصورة ما على الكروموسومات حتى جاء الدليل القاطع من نتائج تجارب الوراثة الجزيئية الأولية التي أثبتت أن الـ DNA هو المادة الوراثية وأن موقعها على الكروموسومات وهو ما أثبت التلازم بين المورثات والكروموسومات وأثبت أيضاً الفرض الوراثي الذي يربط بين الصفات والمورثات التي كانوا يسمونها سابقاً بالشيء الذي ينتقل من الآباء إلى الابناء عبر الخلايا الجنسية .

لقد أوضحت الدراسات السايتولوجية التي أجريت من قبل العديد من العلماء الذين عاصروا مندل أو جاءو بعده بقليل بأن أعداد الكروموسومات في خلايا النوع الواحد ثابتة (باستثناء الخلايا الجنسية طبعاً) . هذا إضافة إلى أن الكروموسومات تكون مميزة عن بعضها ومتفاوتة في الحجم . كما بيّنت هذه الدراسات وجود منطقة ضيقية في كل كروموسوم (السنترومير) تختلف هذه في موقعها بين الكروموسومات .

توسعت الدراسات السايتولوجية في بداية هذا القرن نتيجة لتطور المجاهر والادوات والطرق الكيميائية بحيث أصبح بالمكان تمييز الكروموسومات عن بعضها . وقد لفتت نتائج هذه الدراسات الانظار إلى وجود اختلاف بسيط في عدد الكروموسومات أو في شكل بعض منها في ذكور وإناث الحيوانات التي درست . مما حدا بالعلماء إلى الاهتمام بها مفترضين بأنه ربما لها دور في تحديد الجنس وتعيينه . وهكذا انطلقت بداية الدراسات التي أثبتت وجود علاقة بين الكروموسومات والجنس .

الクロموسومات وتعيين الجنس :

لقد بذلت محاولات عديدة في بدايات هذا القرن لمعرفة الانظمة التي تحدد جنس

الكائنات وتحديد الاسباب التي تؤدي بالبويضة المخصبة لأن تصبح ذكراً أو انثى . ولقد بينت الدراسات التي اجرتها مكلنخ عام 1901 وثم ويلسون بنفس العام أن تحديد الجنس في الخلايا يعود لوجود كروموسوماً إضافياً واحداً أو زوج من الكروموسومات القرينة المختلفة مظهرياً . وقد توصلت هذه الدراسات بأن الإناث تنتج خلايا جنسية متماثلة الجنس بينما ينتج الذكر خلايا متباينة الجنس اعتماداً على نوع الكروموسومات الجنسية . اطلق على هذه الكروموسومات بـكروموسومات الجنس .

إن الطريقة التي تختلف فيها الكروموسومات في الجنسين ليست واحدة في الكائنات المختلفة . فمثلاً في إناث البق المعروف بـ Protenor وجد بأن الخلايا البيضية لها تحتوي على سبعة كروموسومات ثابتة في جميع البيوض بينما تحتوي الجاميات الذكرية الناجحة من الانقسام الاختزالي خلايا الذكر على نوعين من الجاميات أحدها بستة كروموسومات واخرى بسبعة كروموسومات . ويعود الفرق في ذلك إلى أن الخلايا الانثوية قبل الانقسام الاختزالي تحتوي على 14 كروموسوماً مقارنة مع 13 كروموسوم في الخلايا الذكرية . لذلك فإنه عند حصول الاخصاب فإن البويضة المخصبة سوف تحتوي على عدد مختلف من الكروموسومات اعتماداً على نوع الجامية الذكرية التي خصبتها . فإذا تم اخصابها بواسطة حيوان متوي بسبعة كروموسومات فإنها ستنتج انثى . أما إذا خصبت بـحيوان متوي بستة كروموسومات فإنها ستنتج ذكراً . واستناداً إلى هذا فإن الكروموسوم المفرد سوف يعين الجنس في هذه الحشرات . ولذلك أطلق عليه بـكروموسوم الجنس \times وأطلق على الكروموسومات المتبقية بالجسمية أو الاتوسومية .

في أحياط أخرى مثل اللبائن والدروسوفيلا وغيرها وجد أن عدد الكروموسومات متساوي في كل من الذكر والانثى ولكن الاختلاف في وجود كروموسوم واحد يختلف في الهيئة والشكل . وفي الدروسوفيلا مثلاً يوجد في خلايا الإناث أربعة أزواج كروموسومية عصوية بينما تحتوي خلايا الذكور على ثلاثة أزواج كروموسومية وزوج قرين مختلف الهيئة . أحد هذه الكروموسومات القرينة المختلفة الهيئة ذو نهاية معقوفة تشبه الخطاف بينما يكون الكروموسوم القرین الآخر عصوي مشابه لـكروموسومات الجنس في الخلايا الانثوية .

سمى الكروموسوم المعقوف هذا بالكروموسوم الجنسي y .

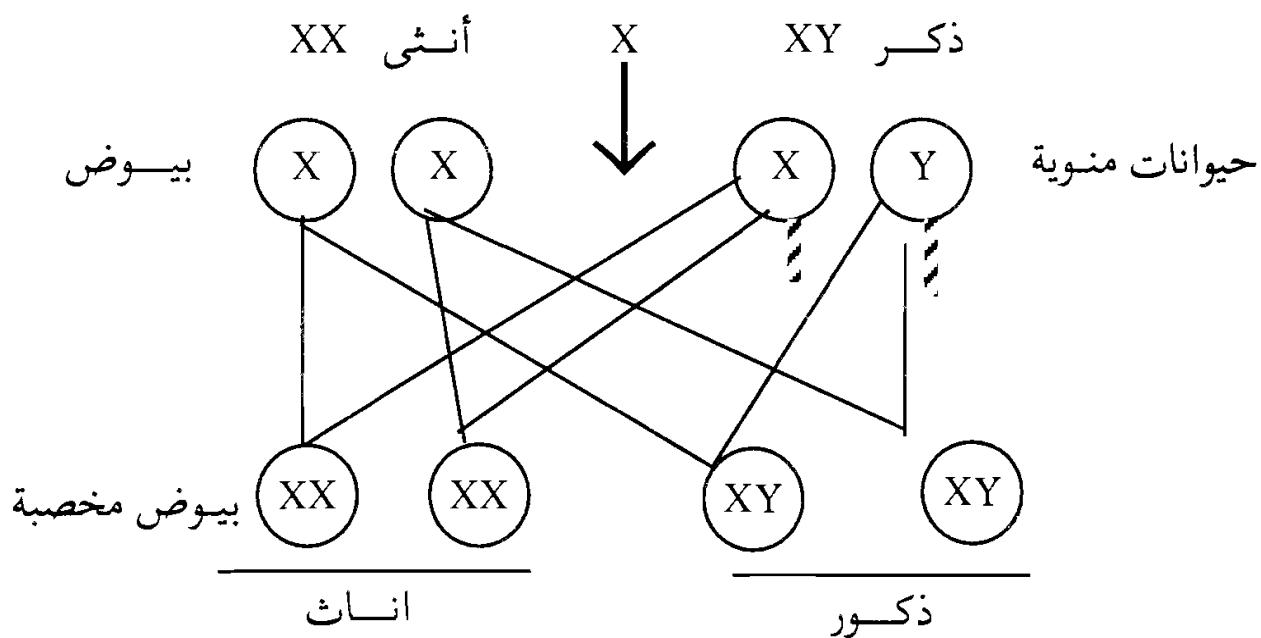
وعلى ذلك فإن جميع بيووض الإناث تحتوي على ثلاثة كروموسومات جسمية زائداً كروموسوم الجنس x بينما تكون الحيوانات المنوية بنوعين من التراكيب الكروموسومية أحدها بثلاثة كروموسومات جسمية زائداً كروموسوم x وآخر بثلاثة كروموسومات جسمية زائداً كروموسوم y . واستناداً لذلك فإن البيضة المخصبة يمكن أن تؤدي إلى ذكور في حالة أخصابها بالنوع الثاني من الحيوانات المنوية أو إلى إناث في حالة أخصابها بالنوع الأول. وقد وجد بأن هذه الكروموسومات تلعب نفس الدور بصورة أو باخرى في معظم الاحياء.

أنظمة تعين الجنس :

هناك ثلاثة أنظمة رئيسية في تعين الجنس من خلال كروموسومات الجنس ولا يعني هذا سيادة هذه الانظمة في جميع الاحياء بل هناك شذوذًا في تحديد الجنس يعتمد على عوامل اخرى سنتحدث عنه فيما بعد.

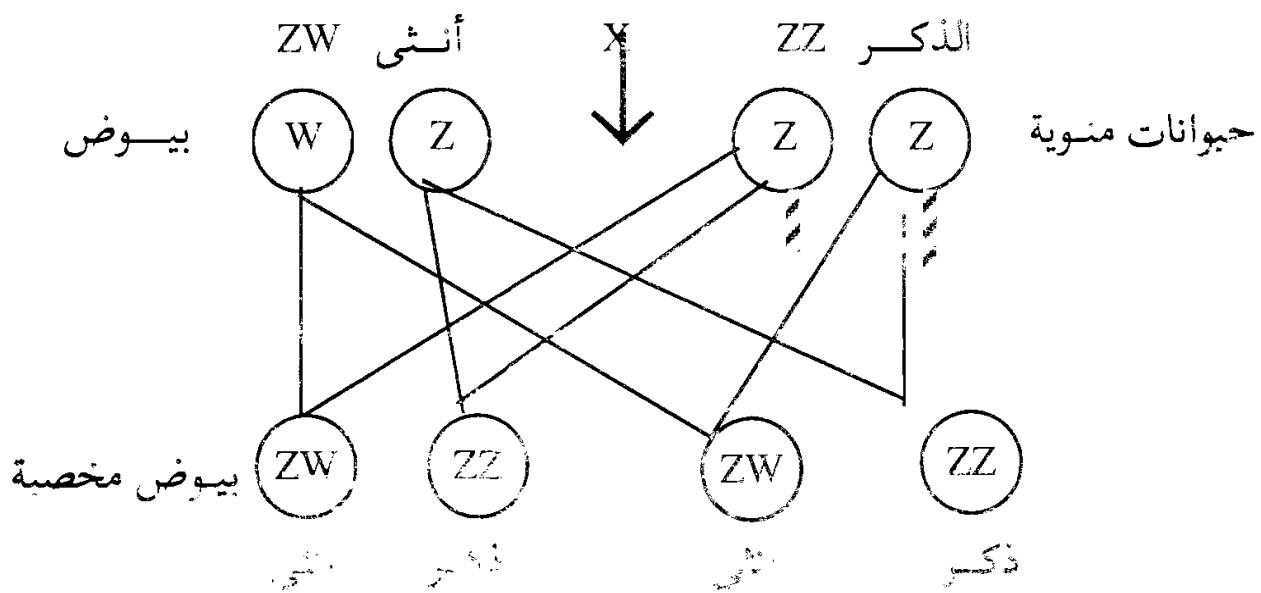
أولاً : نظام xy, xx :

يعتمد هذا النظام على وجود كروموسومات xy في الخلايا الذكرية و xx في الخلايا الانثوية. يعتبر هذا النظام الاكثر انتشاراً بين الاحياء ويمكن ملاحظته في الحشرات واللافقاريات وبعض الاسماك والثدييات والنباتات ثنائية المسكن. وتتساوى في هذا النظام اعداد الكروموسومات سوى في الخلايا الانثوية أو الذكرية. ففي الخلايا البشرية هناك 46 كروموسوماً يمثل 44 منها الكروموسومات الاوتوسومية بينما يمثل الزوج الآخر الكروموسومات الجنسية. وطبقاً للانقسام الاختزالي فإن الذكور تعطي نوعان من الحيوانات المنوية نصفها يحتوي على كروموسوم y زائداً 22 كروموسوماً جسمياً والنصف الآخر يحتوي على كروموسوم x زائداً 22 كروموسوماً جسمياً. بينما تنتج الإناث بيوضاً متماثلة الكروموسومات يحتوي كل منها بعد الانقسام الاختزالي على كروموسوم x زائداً 22 كروموسوماً جسمياً. وعند الاخصاب يتعين الجنس اعتماداً على نوع الحيوان المنوي الذي يدخل البيضة. فالحيوانات المنوية التي تحتوي على كروموسوم x تعطي إناثاً بينما الحيوانات المنوية التي تحتوي على كروموسوم x تعطي ذكوراً.



ثانياً : نظام zz ، zw

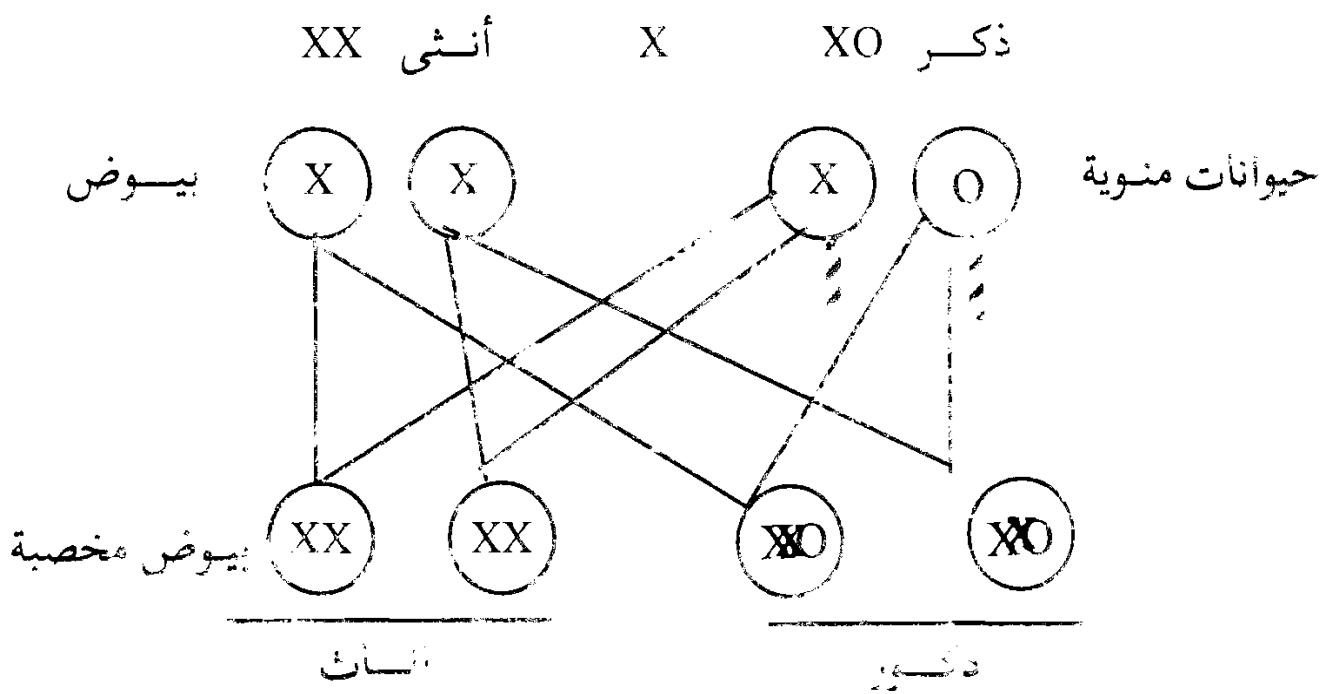
تنعكس العلاقة في تحديد الجنس في بعض الاحياء حيث تحتوي الخلايا الذكرية على كروموسومي xx بينما تحتوي خلايا الإناث على كروموسومي xy . ويطلق على كروموسومي الجنس في هذا النظام z ، w حيث يستخدم الرمز z بدلاً من x والرمز w بدلاً من y . لذلك فإن هذا النظام يختلف عن النظام السابق في نوعي الكروموسومين المحددين للجنس إضافة إلى أنه في النظام zz - zw تعمل الإناث على إنتاج نوعين مختلفين من البيوض وليس الذكور كما هو الحال في النظام xx - xy . ينتشر هذا النظام في الطيور والفراسات وبعض الأسماك وبعض الزواحف والبرمائيات .



ثالثاً : نظام xx ، $x0$:

يعتمد هذا النظام على وجود كروموسومي xx في الاناث بينما تحتوي الخلايا الذكورية على كروموسوم x واحد مع غياب كروموسوم y . لذلك اطلق على تركيب الخلايا الذكورية $x0$.

اكتشف هذا النظام منذ العام 1891 من قبل هنكنج أثناء دراسة لانقسام الاختزالي لذكور حشرات البق *Pyrrhocoris apterus* . لاحظ هنكنج أن الخلايا الجنسية بعد الانقسام الاختزالي لخلايا الذكور تكون على نوعين . الاول يحتوي على 12 كروموسوماً والنوع الثاني على 11 كروموسوماً . وقد توصل إلى ان هذا الاختلاف له علاقة بتحديد الجنس . فقد وجد بأن البيوض الناتجة عن الانقسام الاختزالي تحتوي كروموسوم x زائداً الكروموسومات الجسمية بينما يحتوي نصف الخلايا الجنسية الذكورية على كروموسوم x مفرد زائداً الكروموسومات الجسمية والنصف الآخر يحتوي فقط على الكروموسومات الجسمية . وعند الاصحاب يتحدد جنس الحشرات اعتماداً على نوع الحيوانات المنوية التي شارك في الاصحاب . فالذكور تنتج من اصحاب بيضة بحيوان منوي لا يحتوي على كروموسوم جنسي والاناث من الاصحاب بحيوان منوي يحتوي على كروموسوم x .



ينتشر هذا النظام في الحشرات التي تتبع رتبة نصفية الاجنحة ومستقيمة الاجنحة كالنطاطات والصراصير وكذلك بعض الفراشات .

تعيين الجنس بالتوازن الوراثي :

لقد وجد من خلال دراسة العديد من الاحياء سايتولوجياً بأن هناك مجاميع من هذه الاحياء لا يتم فيها تعيين الجنس اعتماداً على الانظمة السابقة أو وجود الكروموسومات الجنسية بل يعتمد ذلك على توازن مورثات معينة موجودة على الكروموسومات الجنسية والبعض منها تشتراك الكروموسومات الجنسية أيضاً في تحديد الجنس بغض النظر من وجود الكروموسوم X أو Y .

وفيما يلي نستعرض أمثلة لذلك .

التوازن الوراثي لتحديد الجنس في الدروسوفيلا :

تنص نظرية التوازن الوراثي على أن التركيب الوراثي لكل فرد بها امكانات كل من الجنسين الانثى والذكر وأن تحديد الجنس فيها يعتمد على حالة التوازن بينهما . فإذا فقد التوازن لصالح جنس معين أصبح الفرد من هذا الجنس . واستناداً إلى هذه النظرية فإن الكروموسومات ليست سوى مجرد حوامل لهذه المورثات . واستناداً إلى ذلك وجد بريدجز بأن كروموسوم X في الدروسوفيلا يحمل مورثات توجيه الأفراد لتصبح ذكوراً . وجد بريدجز أثناء عمله في وراثة الصفات في الدروسوفيلا أن بعض الإناث ثلاثة الكروموسوم X (3X) وتتشابه هذه مع الإناث العادية إضافة لكونها خصيبة وعند تلقيحها بذكور ثنائية المجموعة فإنه حصل على طرز متنوعة من الدروسوفيلا وكالتالي :

- 1 - إناث ثلاثة الكروموسوم X وثلاثة الكروموسومات الجنسية (3A + 3X) .
- 2 - إناث عادية (2A + 2X) .
- 3 - إناث ثنائية الكروموسوم X زائداً كروموسوم Y ومجموعتين من الكروموسومات الجنسية (2A + XXY) .
- 4 - أفراد بينية الجنس (غير معروفة إذا كانت ذكراً أم انثى) زوجية لكتروموسوم X مع

- ثلاثة مجموعات من الكروموسومات الجنسية ($3A + 2x$) عقيمة .
- 5 - أفراد بينية الجنس ذات xxY مع ثلاثة مجموعات من الكروموسومات الجنسية ($3A + xxy$) عقيمة .
- 6 - ذكور عادية ذات كروموسوم x وأخر y مع مجموعتي كروموسومات جسمية ($2A + xy$)
- 7 - إناث فائقة ثلاثة كروموسوم x مع مجموعتي كروموسومات جسمية ($A + 2A$) عقيمة ($3x$)
- 8 - ذكور فائقة ذات كروموسوم x وأخر y وثلاثة مجموعات كروموسومات جسمية ($3A + xy$) عقيمة .

فسر بريديجز نتائجه هذه إلى أن الجنس في الدروس وفيلا يتحدد بـ كروموسوم x والكروموسومات الجنسية على حد سواء . فالحشرات البينية الجنس ($3A + xxy$, $3A + 2x$) اختلت عندها الانوثة وامتلكت بعض الصفات الذكرية بسبب زيادة أعداد الكروموسومات الجنسية وهو ما يدفع للاعتقاد بوجود مورثات ذات تأثير ذكري في الكروموسومات الجنسية بسبب زيادة عددها نتيجة لزيادة عدد الكروموسومات الجنسية . فإذا ما وجد في بيضة مخصبة مجموعة كروموسومية جسمية ثنائية وغياب لأحد أفراد كروموسوم x فإن اتجاه تحديد الجنس فيها يميل إلى الذكورة بسبب زيادة تأثير مورثات الاتجاه الذكري المحمولة على الكروموسومات الجنسية ونتيجة لاحتلال التوازن بين مورثات توجيه الجنس بسبب فقدان أحد أفراد كروموسوم x . أما إذا كانت نسبة التأثير الوراثي وسط بين الاتجاه الذكري والأنثوي فإنها تؤدي إلى إنتاج الأفراد البينية الجنس .

واستناداً إلى ذلك فإن النسبة بين كروموسوم x إلى الكروموسومات الجنسية لها علاقة في تعين الجنس حيث تصبح الأفراد إناثاً عندما تكون النسبة تساوي واحد وتتساوي نصف لتصبح الأفراد ذكوراً وبين هاتين القيمتين (0.67) لتصبح بينية الجنس . أما بالنسبة للذكور الفائقة فالقيمة تساوي 0.33 و 1.5 لإناث الفائقة . كما أن لا أهمية لـ كروموسوم x في تحديد الجنس ولكنه ضروري لاظهار الخصوبة .

$$\frac{\text{عدد كروموسومات } x}{\text{عدد مجاميع الكروموسومات الجنسية}} = \text{النسبة الجنسية}$$

النسبة الجنسية	التركيب الكروموسومي	جنس الافراد
0.5	2 A + X	ذكر
0.5	4 A + 2 X	ذكر
0.3	3 A + X	ذكر
1	2 A + 2 X	أنثى
1.5	2 A + 3 X	أنثى فائقة
1.3	3 A + 4 X	أنثى

التوازن الوراثي لتحديد الجنس في فراشة الغجر : Gypsy moth

يتبع نظام تحديد الجنس في فراشة الغجر (الليمونتاريا دسبار) التي درسها العالم جولد شميット إلى توازن مورثات معينة في الكروموسومات الجنسية والجسمية وأن عملية ظهور الذكورة أو الانوثة يعتمد على وجود هذه المورثات بنسبة معينة وهو ما يشابه ما يحصل في الدروسوفيلا التي تم الحديث عنها سابقاً .

تحتفل الذكور في هذه الفراشات عن الإناث مظاهرياً وبشكل يمكن من خلاله التعرف بسهولة عليهما في سكان معين لهذه الحشرة . وقد عمل الانتخاب الطبيعي على وجود توازن وراثي ثابت في كل سكان هذه الحشرات بحيث يمكن ايجاد الذكور والإناث فقط فيها ولا وجود لحالات بينية أو غيرها .

لقد وجد شميット بأنه عند تلقيح سلالات من أصل أوروبي مع سلالات يابانية أو إذا هجنت سلالات في شمال اليابان مع جنوبها فإن الأجيال الناتجة عنهما تحتوي على بعض الأفراد بينية الجنس .

التهجين الأول : ذكر فراشة ياباني ↓ ذكر فراشة اوربية

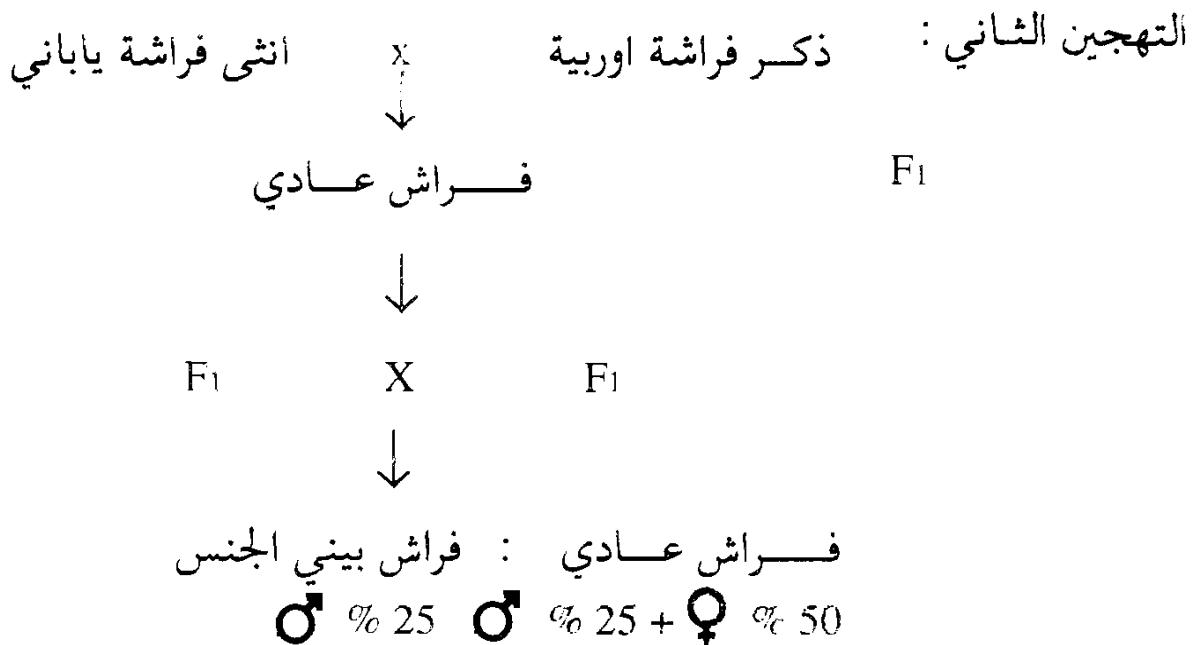
فراش عادي : فراش بيني الجنس F1

ذكور اناث

F2 F1

فراش عادي . فراش بيني الجنس

50 ♂ + 25 ♀ : 25 ♂ 25 ♀



وقد فسر جولد شميتس نتائجه الى أن الجنس في هذه الحشرة يتبعن بتفاعل مورثات الذكورة الموجودة على كروموسوم x مع مورثات الانوثة الموجودة على كروموسوم y أو في السايتوبلازم بحيث أن وجود كروموسومين من xx يؤدي لانتاج ذكور ووجود كروموسوم x واحد زائداً كروموسوم y لانتاج الاناث .

كما أن مورثات الذكورة الموجودة على كروموسوم x في السلالة اليابانية أقوى من تلك الموجودة على كروموسوم x في السلالة الأوروبية لذلك فإن وجود كروموسوم x من السلالة اليابانية وكروموسوم y من السلالة الأوروبية لا يكفي لاظهار صفة الانوثة في الأفراد الجديدة بسبب قوة مورثات الذكورة . لهذا تصبح هذه الافراد بينية الجنس . وقد افترض شميتس بأن الافراد البينية الجنس تبدأ تكوينها كإناث أو ذكور وتستمر هكذا حتى الوصول إلى نقطة تحول حاسمة يتغير فيها مسار التكوين نحو الجنس الآخر .

التوازن الوراثي في تحديد جنس غشائية الاجنحة :

تنشأ جميع الذكور في معظم الحشرات ومن ضمنها غشائية الاجنحة نتيجة لعدم تلقيح البيوض وبعملية تدعى بالتكاثر العذري . بينما تنشأ الإناث من البيوض الخصبة . وتبعداً لذلك فإننا نجد أن الذكور تكون احادية المجموعة الكروموسومية والإناث ثنائية المجموعة الكروموسومية وذلك بغض النظر عن كروموسومات الجنس . إلا أنه

ووجدت حالات شاذة عن ما هو مذكور سابقاً .

فقد وجد العالم هوتينج أثناء عمله في دراسة الانقسامات الاختزالية للزنبرو الطفيلي *Habrobracon juglandis* بأنه عندما يكون الأبوان شديداً القرابة فإنه يظهر إلى جانب الذكور الأحادية المجموعة الكروموسومية قليل من الذكور الثانية المجموعة وتحتوي هذه على 20 كروموسوماً مثل الإناث بدلًا عن عشرة كروموسومات كما هو الحال في الذكور الاعتيادية . وقد وجد هوتينج بأن تحديد الجنس في هذه الحشرات يعتمد على الحالة الأصلية أو الخلطية لعدد من المورثات a, b, \dots المحمولة على كروموسوم x .

فالبيوض الخصبة الثنائية المجموعة التي تحتوي على اليارات مختلفة لهذه المورثات (xa, xb) تنمو لتصبح إناثاً أما إذا احتوت بعض البيوض الخصبة ثنائية المجموعة على اليارات أصلية (xa, xb, \dots) فإنها تتطور إلى ذكور ثنائية المجاميع الكروموسومية . أما في حالات التكاثر العذري فإن الذكور تكون عادةً أحادية الاليل (\dots, xb, xa) .

ويمكن ملاحظة نفس النظام تقريباً في النحل والدبابير والنمل والدبابير المتطفلة . فذكور النحل على سبيل المثال تنشأ من التكاثر العذري ويكون عدد الكروموسومات فيها 16 كروموسوماً × مقارنة مع 32 كروموسوماً في الشغالات أو الملكات التي تنشأ في البيوض الخصبة .

التوازن الوراثي في تحديد الجنس في النباتات الراقية :

تحديد الجنس في نباتات القرنفل : *Melandrium*

يحدد الجنس في نباتات القرنفل اعتماداً على وجود كروموسومي xx لتحديد الانوثة ($22 + xx$) و xy لتحديد الذكورة ($22 + xy$) . وفي كلا الجنسين فإن هناك مجموعتين كروموسومية إضافة لكتروموسومات الجنس .

وقد وجد العلماء وستر جارد وورمكي وبلاكسلي بأن بعض هذه النباتات تحتوي على مجاميع رباعية من الكروموسومات وتقع هذه في ثلاثة طرز وهي إناث بوغية ($4x$)

(+ 44) وذكور بوجية ($y_2 + x_2 + 44$) وذكور بوجية ($y_3 + x_3 + 44$) . وقد وجد هؤلاء العلماء بأن لكتوموسوم y أهمية كبيرة في تحديد الذكورة على عكس ما هو موجود في حشرات الدروسوفيلا حيث لا أهمية له في تحديد الجنس .

وعند دراسة كروموسومات الجنس x, y في نبات القرنفل *Melandrium album* وجد بأن الجنس في هذه النباتات يتحدد بتوازن مورثات معينة محمولة على كروموسومات x, y . فقد وجد بأن كروموسوم y يحتوي على ثلاثة مورثات I, II, III لا يوجد لها نظائر على كروموسوم X وموثر رابع IV له نظير على كروموسوم X

بينما وجد بأن كروموسوم x يحتوي على مورثان هما المورث IV النظير ومورث آخر V لا يوجد له نظير على كروموسوم y .

ولقد وجد بأن مورث I يعمل في حالة وجوده على تبليط الانوثة واظهار الذكورة بينما يعمل المورث II في حالة وجوده وبغياب المورث I على اظهار الانوثة والذكورة .

- 1 - وجود المورثات $I, II, III \leftarrow$ ذكور
- 2 - وجود المورثات $III, II \leftarrow$ أناث + ذكور
- 3 - وجود المورثات $III, I \leftarrow$ أناث

ويلاحظ بأن للكروموسومات الجسمية دوراً في تعين الجنس اضافة لدور الكروموسومات الجنسية . وقد وجد بأن هناك نسبة بين كروموسوم y و x تحدد جنس النبات وكما يلي :

$$1.5 - 0.5 = \frac{X}{Y}$$

$$\text{نبات ذكر مع وجود اباغ خنثى} \quad 3 - 2 = \frac{X}{Y}$$

$$4 = \frac{X}{Y}$$

المصدر : كتاب الوراثة العامة
تأليف : الدكتور عبد الحسين الفيصل