نظم تعيين الجنس والوراثة المرتبطة بالجنس

Sex Determination and sex-linked genetics systems

تعيين الجنس: Sex Determination

ان تعيين الجنس في الكائنات الحية المختلفة من المواضيع البايولوجية التي تناولها العلماء في الكثير من بحوثهم ودراساتهم. والجنس يتكون من الذكور والاناث في الحيوانات والنباتات وباعداد متساوية تقريبا مع سهولة تمييز كل جنس عن الاخر مظهرياً مما جعل الباحثين يعتقدون بوجود جهاز خاص يسبب هذه الظاهرة. وبتقدم علم الخلية وجد ان كل الكميتات الذكرية (الحيامن) والانثوية (البيوض) تحتوي على اجزاء متشابهة مثل الكروموسومات على الرغم من اختلافهم في اجزاء اخرى، لذا فالاساس المادي للوراثة يعتمد اعتماداً كلياً عليها وبصورة متساوية. واوضحت دراسات تعيين الجنسين ان صفات الذكر والانثى تنتقل من جيل لأخر بنفس طريقة انتقال الصفات الوراثية الأخرى، لذا فتحديد الجنس يكون تحت تاثير وراثي. وتكمن اهمية الجنس في توفير كميات هائلة من التغايرات الوراثية كما مر معنا سابقاً، والذي تعتمد عليه عملية التطور الطبيعي وانتشار وبقاء الأنماط الوراثية الأكثر ثباتاً. وهناك حالتان في الحيوانات والنباتات التي تتكاثربها جنسياً، وهي خاصة بانواع الكميتات التي يكونها الكائن الحي وهي:

1- كائنات احادية المسكن: Monoicous: وفيها ينتج الفرد كلا الكميتات الذكرية والانثوية في تكاثره الجنسي.

2- كائنات ثنائية المسكن: Dioecious: وهنا تتكون الكميتات الذكرية في كائن والانثوية في كائن آخر. وفيها شكلين من الاختلافات بين نوعي الافراد ثنائية المسكن وهي:

أ- اختلافات جنسية أولية تعود الى انواع الكميتات التي ينتجها كل نوع والى الاعضاء الجنسية التي تكونها.

ب- اختلافات او صفات جنسية ثانوية، حيث يختلف كل جنس عن الاخر في الافراد ثنائية المسكن بعدد من الصفات المظهرية، ففي الانسان مثلاً يختلف الذكور عن الاناث في الصوت وغزارة الشعر وتوزيع الدهن في مناطق مختلفة من الجسم.

كروموسومات الجنس في الكائنات ثنائية المجموعة الكروموسومية:

يعد العالم الالماني Henking 1891 اول من شاهد وجود اختلافات بين كروموسومات الجنسين، فقد لاحظ ان نصف الكميات الذكرية (الحيوانات المنوية) التي تنتجها بعض الحشرات تحتوي على كروموسوم زائد اطلق عليه اسم الجسم X (X-body). ثم اكتشف العالم Meclung 1902 أن الخلايا الجسمية في انثى الجراد تحتوي على 24 كروموسوم بينما في الذكور فانها تحتوي على 23 كروموسوم. وفي عام 1905 تتبع ستيفسون تكوين الكميتات الذكرية والانثوية في الحشرات وادرك أن الجسم X عبارة عن كروموسوم، وبذلك استبدل اسم الجسم X باسم كروموسوم X ولاحظ ان الذكور تحمل كروموسومين

Dr. Ahmed Shehab

غير متماثلين بينما كانت الاناث خالية من هذه الظاهرة، ورمز لهذا الزوج من الكروموسومات في الذكر بالرمز XY، وبذلك تكون الاناث XX بالنسبة لهذا الزوج من الكروموسومات .

تعيين الجنس في الانسان:

يرجع جنس الفرد في الانسان الى انعزال زوج خاص من الكروموسومات تعرف با (X) و(Y). ويتم تحديد الجنس وقت الاخصاب بالضبط، اذ بمجرد أن ينجح حيوان منوي (الكميت الذكري في اخصاب بيضة يتحدد عندها جنس الفرد تبعا لما يحمله من كروسومي الجنس، فاخصاب حيوان منوي يحمل كروموسوم X لبيضة ينتج زايكوت تركيبه XX ليكون انثى، بينما ينتج عن اتحاد بيضة مع حيوان منوي يمتلك ضمن تركيبه الكروموسومي الكروموسوم Y يتكون زايكوت XY ليكون ذكر وهذه هي عملية تعيين الجنس في الانسان.

العوامل الأساسية المؤثرة في تحديد الجنس:

1- العوامل الوراثية:

يتوقف تحديد الجنس على التركيب الكروموسومي، حيث كثيراً ما تختلف اجهزة تحديد الجنس، فقد يكون الاختلاف في التركيب الوراثي بين الذكر والانثى محصوراً في زوج واحد فقط من الجينات او في مجموعة من الجينات وقد يكون الاختلاف اكثر من ذلك فيشمل كروموسوم باكمله او حتى اكثر من كروموسوم واحد.

2- العوامل البيئية والعمر:

ان تحديد الجنس قد لا يتحدد في وقت الاخصاب في بعض الكائنات الحية ولكن يتحدد بفعل عوامل بيئية معينة، وهناك بعض الحيوانات والنباتات تعتمد على البيئة كلياً في تحديد اتجاه الجنس فيها، مثلا أن الجنس في الدودة البحرية المسماة Ophryotrocha يتوقف على عمر الدودة نفسها اضافة الى البيئة المحيطة بها، فجميع الأفراد الصغيرة السن تكون ذكوراً وكلما تقدمت في العمر تتحول الى اناث، وان الإناث الكبيرة السن يمكن أن تصبح ذكوراً عند تجويعها او وضعها في ماء يحتوي على ايونات البوتاسيوم. اما الدودة البحرية Bonellia فالاناث يبلغ طولها حوالي انج اما الذكور فهي صغيرة جدا يصعب رؤيتها بالعين المجردة، وصغر حجمها سببه نقص في التركيب التشريحي لجهازها الهضمي لذلك فهي تعيش متطفلة على الجهاز التناسلي للانثى. فالبيوض تفقس الى يرقات ذكور واناث، ولكن تحديد الجنس في الديدان البالغة يعتمد على تغذيتها، فاليرقات الحرة في تغذيتها في مياه البحر تصبح اناث، أما اليرقات التي تعيش متطفلة على القناة التناسلية للانثى فتصبح ذكور. ويبدو أن سبب ذلك يعود الى الاناث حيث تفرز مواد كيماوية مسببة ظمور اعضاء التذكير في اليرقة المتطفلة.

Dr. Ahmed Shehab

نظم تعيين الجنس:

ان معظم نظم تعيين الجنس تكون تحت تحكم العوامل الوراثية ويمكن تقسيمها الى الاقسام التالية:

1- النظام الاول: نظام XY- XX:

ومن الأمثلة على هذا النظام في تحديد الجنس هوما موجود في الانسان واللبائن وبعض النباتات الراقية حيث يكون الذكر XY والانثى XX . لذا فنصف كميات الذكر تحمل كروموسوم Y والنصف الاخر يحمل الكروموسوم X، أي أن الذكور هي الجنس غير المتماثل الكميات، اما الاناث فهي متماثلة الكميات أي تعطي كميات من نوع واحد (X) ان الكروموسوم Y يختلف حجماً وشكلاً عن الكروموسوم X، وان النسبة الجنسية الناتجة من هذا النظام هي 1:1 في كل جيل كما يلي:

Parent (P.)	XX	×	XY
		↓	
Gamete (G.)	(X) (X)		(X) (Y)
Second Filial (F1)	XX		XY
	50% اناث		50% ذكور

2- النظام الثاني: نظام XO- XX:

يوجد هذا النظام في العديد من الحشرات كالجراد والصراصر، وفيه تكون الاناث ذات تركيب كروموسومي XX وتنتج نوعاً واحداً من الكميات أي ان الاناث هي الجنس المتماثل الكميات Homogametic، بينما الذكور فهي متباينة الكميات وتحتوي على كروموسوم X واحد فقط، لذا فتركيبها الكروموسومي الثنائي (XO) وعند تكوين الكاميتات فنصفها يحمل الكروموسوم X والنصف الاخر لا يحتوي على كروموسوم مماثل للكروموسوم X وهي لا تحتوي على كروموسوم Y ايضاً لذا يستعمل الرمز O للدالة على عدم وجود الكروموسوم Y، والمثال العام على هذا النظام في تعيين الجنس

Parent (P.)	انثى	XX	×	XO ذكر
			↓	
Gamete (G.)		(X) (X)		(X) (O)
Second Filial (F1)		XX		XO
		انثى		ذكر

Dr. Ahmed Shehab

3- النظام الثالث: نظام ZW -ZZ:

في هذا النظام تكون الذكور هي الجنس المتماثل الكميتات وتركيبها الكروموسومي (ZZ) والاناث غير متماثلة الكميتات وتركيبها (ZW) أي أن الذكور تعطي نوع واحد من الكميتات (Z) اما الاناث فتعطي نوعين من الكميتات هي (Z) و(W). ويوجد هذا النظام في الطيور والدواجن والأسماك والفراشات كما في المثال التالي:

Parent (P.)	انثى	ZW	×	ZZ	ذكر
Gamete (G.)		(Z) (W)		(Z) (Z)	
Second Filial (F1)		ZZ		ZW	
		انثى		ذكر	

4- النظام الرابع: نظام ZO -ZZ:

يوجد هذا النظام في الدواجن، حيث لا تحتوي اناث بعض الأنواع على كروموسوم مشابه لكروموسوم الجنس الوحيد، وهو يشبه نظام (XO) السابق والمثال على هذا النظام:

Parent (P.)	ذكر	ZZ	×	ZO	انثى
Gamete (G.)		(Z) (Z)		(Z) (O)	
Second Filial (F1)		ZZ		ZO	
		ذكر		انثى	

5- النظام الخامس: النظام الاحادي للفرد ثنائي المجموعة الكروموسومية:

كما في نحل العسل حيث تكون الاناث ثنائية المجموعة الكروموسومية وتحمل 32 كروموسوماً في كل خلية جسمية اما الذكور فتحتوي خلاياه الجسمية على 16 كروموسوم فقط، (X+15) أي ينتج من بيضة غير مخصبة، فالملكة تحتوي على 32 كروموسوم (XX+ 30) وكذلك العاملة العقيمة تركيبها (XX+ 30)، لكن نوع الغذاء هو الذي يحدد نوع التركيب الوراثي للعاملة، والغذاء المجهز للملكة (في طور اليرقة) هو الذي يحولها الى ملكة بينما العاملات فلها غذاء خاص فتتحول الى اناث عقيمة، وتتكون الذكور من بيوض غير ملقحة.

Dr. Ahmed Shehab

6- نظام التوازن الوراثي:

في ذبابة الفاكهة (الدروسفلا) وهي تتبع نظام XY في تحديد الجنس فعلى الرغم من آن وجود كروموسوم Y يعتبر مهم لخصوبة الذكرالا انه يبدو ليس للكروموسوم Y علاقة بتعيين الجنس، وبدلا من ذلك فان عوامل التذكير الموجودة على الكروموسومات الجسمية توزن مقابل عوامل التأنيث الموجودة على الكروموسوم X. فاذا أحتوت كل مجموعة احادية من الكروموسومات الجسمية على عوامل محددة للتذكير بقيمة مساوية الواحد صحيح (1) فان كل كروموسوم X يحمل عوامل محددة للتانيث بقيمة تساوي 1.5 فاذا افترضنا ان A تمثل مجموعة جسمية احادية في الذكور العادية (AA XY) نجد ان محددات التذكير \ محددات التانيث تكون بنسبة 2 : 1.5 وبالتالي سيكون ذكر، والانثى العادية (AA XX) تحتوي على نسبة محددات التذكير\محددات التانيث بنسبة 2 : 3 وعلى ذلك فتكون انثى.

تعيين الجنس في البكتريا:

تتكاثر البكتريا لا جنسياً بواسطة أنقسام الخلية، وتتكاثر جنسية بواسطة الاقتران، والتزاوج بين خلايا البكتريا يتم عن طريق اتصال الخليتين البكتريتين ببعضهما بواسطة انبوب التزاوج حيث تعطي احدى الخلايا وعن طريق هذا الجسر جزء أو كل الكروموسوم الذي تملكه الى الخلية الاخرى وبذلك تصبح الخلية المستقبلة ثنائية diploid بصورة مؤقتة ثم تعود الخلية الى طبيعتها بعد الانقسام الخلوي التالي، والحالة الثنائية لاتكون تامة الا اذا مرت كل الجينات من الخلية الواهبة الى الخلية المستقبلة ولكن عادة تكون الحالة الثنائية جزئية، اي لعدد من جينات الخلية الواهية ويمكن ان تعد الخلية الواهبة ذكر والخلية المستقبلة انثى. وتتحدد الذكورة نتيجة احتواء الخلية على عامل الخصوبة (Fertility) (F Factor) وتتحد الأنوثة نتيجة غياب هذا العامل (حيث F* للذكر وF للانثى) وهذا العامل قد يوجد في السايتوبلازم مستقلاً عن الكروموسوم وقد يكون موجوداً على كروموسوم الخلية، واذا انتقل عامل الخصوبة من الخلية الواهبة الى المستقبلة فان الخلية المستقبلة تتحول من حالة التانيث الى حالة التذكير.

الوراثة المرتبطة بالجنس: Sex linkage:

وتشمل دراسة طبيعة توارث الصفات التي تكون جيناتها واقعة على الكروموسومات الجنسية، فيقال للجينات الواقعة على كروموسوم X كما في اللبائن وحشرة الدروسفلا وغيرها او على الكروموسوم Z كما في الطيور بانها جينات مرتبطة بالجنس. وتمثل الجينات الواقعة على الكروموسوم X بأليلين في الاناث بينما في الذكور فتمثل باليل واحد. ومن جهة اخرى تقع بعض الجينات على كروموسوم Y ويظهر تأثيرها في الذكور فقط.

Dr. Ahmed Shehab

توارث الصفات المرتبطة بالجنس:

1-الارتباط التام بالجنس:

الارتباط التام بالجنس في حشرة ذبابة الفاكهة: اكتشفت اولى حالات الارتباط بالجنس في حشرة الدروسفلا من قبل العالم موركان عام 1910 وقد حصل على اول صفة مرتبطة بصورة تامة بالجنس هي صفة العيون البيضاء حيث توجد المورثة لهذه الصفة على كروموسوم X الجنسي ولاتوجد على كروموسوم Y الجنسي حيث اجري تزاوج بين ذكر ابيض العينين مع انثي حمراء العينين وحصل على نسب مختلفة في الجيل الاول والثاني في كلا التزاوجين لأن ظهور الصفة في الجيل الاول والثاني كان مختلف بأختلاف الجنس ذكور واناث في كلا الجيلين وكلا التزاوجين العكسيين وهذا عكس ما لوحظ في الصفات المندلية عند دراستها لأنها كانت مورثة للصفات المندلية تقع على الكروموسومات الجسمية فقط وغير مرتبطة او متأثرة بالجنس:

مثال1:

	ذكر ابيض العينين	×	انثى حمراء العينين		ذكر احمر العينين	×	انثى بيضاء العينين
P1 :	X^wY	×	X^+X^+	P1:	X^+Y	×	X^wX^w
		↓				↓	
	ذكر احمر العينين	:	انثى حمراء العينين		ذكر ابيض العينين	:	انثى حمراء العينين
F1 :	X^+Y	:	X^+X^w	F1 :	X^wY	:	X^+X^w
		↓				↓	
F2	X^wY :	X^+Y :	X^+X^w :	X^+X^+ :	X^wY :	X^wX^w :	X^+X^w :
	ذكرابيض	ذكراحمر	انثى حمراء	انثى حمراء	ذكرابيض	ذكراحمر	انثى بيضاء	انثى حمراء

مثال 2:

في الإنسان: من الامراض التي وصفت لأول مرة مرض عمى الألوان وهو مرض شائع ومرتبط بالجنس ويتميز المريض بعدم القدرة على التمييز بين الألوان في الضوء ألأعتيادي ويتحكم به جين متنحي يقع على الكروموسوم X الجنسي وان كروموسوم Y لايحمل الليل لهذا الجين لذلك تكون الاصابة في الذكور كبيرة بحدود 2 من 25 فرد اي بحدود 8% في حين تصل في الاناث 1 لكل 20 انثى اي بحدود 0.5% لأن الاناث تحمل كروموسومين X وقد تحمل على واحد منها جين متنحي وفي الكروموسوم الاخر جين سائد وعلية تكون طبيعية ولكنها حاملة للجين الخاص بالاصابة بعمى الالوان، ويمكن تتبع ظهور حالة عمي الألوان كما في التضريب التالي:

Parent (P.)	X^+X^+	×	X^CY
	انثى سليمة		ذكر مصاب
Second Filial (F1)	X^+X^C		X^+Y

ذكر سليم انثى سليمة

* وعند عكس عملية التلقيح:

Parent (P.) $X^{C}X^{C}$ × $X^{+}Y$

انثى مصابة ذكر سليم

Second Filial (F1) $X^{+}X^{C}$ $X^{C}Y$

انثى سليمة ذكرمصاب

لذا يظهر المرض دائما في الذكور اذا كانت الأم مصابة لانها تعطي كروموسوم X لابنائها الذكور، اما الاب فيعطي كروموسوم X لبناته.

2-الارتباط الجزئي بالجنس:

الجينات المرتبطة بالجنس في الانسان والدروسفلا لايوجد لها أليلات على الكروموسومات Y، لكن على الرغم من ذلك لوحظ ان هناك اجزاء من كروموسوم Y تماثل أجزاء من كروموسوم X، بمعنى أن الاليل الموجود على كروموسوم X يكون له اليل على الكروموسوم Y. وتعرف هذه الجينات بانها مرتبطة بالجنس جزئياً، وازواج هذه الأليلات تنعزل عن بعضها وتنتقل الى الاجيال التالية بطريقة تشابه طريقة انتقال الجينات المحمولة على الكروموسومات الجسمية.

وراثة الصفات المحددة بالجنس:

هي دراسة الجينات التي يتحدد تاثيرها على الشكل المظهري بناء على وجود او غياب هورمونات الجنس ولذلك ينحصر تاثيرها في احد الجنسين دون الجنس الاخر، وان هذه الجينات هي المسؤلة عن ظهور علامات الجنس الثانوية، مثلا ظهور اللحية في الرجال صفة محددة بالجنس حيث لاتوجد في النساء الاعتياديات، ويظهر ان هذا يعتمد على انتاج الهورمونات الجنسية وان أي تغير في انتاج هذه الهورمونات يقود الى الحصول على نساء ملتحيات ايضاً. ومن الأمثلة الواضحة على الصفات المحددة بالجنس هي شكل الريش في الطيور، حيث توجد اختلافات في شكل الريش بين الذكور والاناث، فيكون للديكة ريش طويل ومدبب ومنحني الحافة ويتواجد في الرقبة والذيل واحيانا يكون مزركش اللون، أما في الاناث فيكون الريش اقصر واكثر استقامة وبدون حافة. وجد ان الجين (H) هوالمسؤل عن ظهور صفة ريش الدجاجة وهو سائد على اليله الجين المتنحي (h) المسؤل على صفة ريش الديكة وكما يلي:

التركيب الوراثي	الانثى	الذكر
HH	ريش الدجاجة	ريش الدجاجة
Hh	ريش الدجاجة	ريش الدجاجة
hh	ريش الدجاجة	ريش الديكة

Dr. Ahmed Shehab

ويمكن تلخيص فعل هذين الجينين كما يلي:

1- الجين H يعطي ريش دجاجة بوجود أي من هورموني الجنسين وهو سائد على اليله المتنحي الجين h.

2- الجين h يعطي ريش ديكة بغياب الهورمون الانثوي ووجود الهورمون الذكري، ولكنه ينتج ريش دجاجة بوجود الهورمون الانثوي.

السيادة المتأثر بالجنس (وراثة الصفات المتاثرة بالجنس):

ان الصفات المتأثرة والمحددة بالجنس تكون محمولة على الكروموسومات الجسمية لكن الهرومونات الجنسية لها تأثير كبير على نواتج هذه الجينات ومثال ذلك صفة الصلع في الانسان متأثرة بالجنس حيث ان متباين الزيجة تكون السيادة مختلفة بين الجنسين حيث الجين المتغلب B او تكتب b^+ في الذكر Bb يكون اصلع اما في الاناث تكون غير صلعاء، وتكون الاناث صلعاء عند وجود كلا الاليلين اي BB انثى مصابة بالصلع، BB ذكور مصابة بالصلع،bb الذكور والاناث غير مصابين بالصلع. كذلك صفة اخرى في الانسان هي طول اصبع السبابة وسببها جين S او S^+ متغلب في الذكور فالمتباين الزيجة Ss في الذكور تكون السبابة قصيرة وفي الاناث ويلة، SS ذكور واناث طويلة السبابة، ss قصير السبابة ذكور واناث.

تعمل كما يلي:

التركيب الوراثي	الذكر	الانثى
BB	اصلع	صلعاء
Bb	اصلع	ذات شعر
bb	ذو شعر	ذات شعر

التركيب الوراثي	الذكر	الانثى
SS	طويل السبابة	طويل السبابة
Ss	قصير السبابة	طويل السبابة
ss	قصير السبابة	قصير السبابة

تحديد الجنس في النباتات:

النباتات احادية المسكن: Monoicous: لاتحتوي على كروموسومات الجنس وان قدرة الخلايا الناتجة من الانقسام الاختزالي (المحتوية على نفس التراكيب الوراثية قدرتها على

Dr Ahmed Sherif

انتاج انسجة ذات وظائف جنسية مختلفة في زهرة كاملة يدل بوضوح على مقدرتها الثنائية الكامنة لمثل هذه الوظائف .

اما في النباتات الثنائية المسكن: Dioecious: ومثالها نباتات اللايكنيز الذي يحتوي على الجنسين (مذكر ومؤنث) حيث يكون التركيب الوراثي للنبات الذكر XY والانثى XX فقد وجد Warmke 1946م ان نسبة الكروموسومات الجنسية الى الجسيمة أي (X/A) ليس لها علاقة في تحديد جنس النبات، لكنه وجد أن نسبة (X/Y) لها دور في تحديد الجنس. فاذا كانت النسبة نصف او واحد او واحد ونصف فان النباتات تحمل ازهاراً مذكرة فقط، واذا كانت النسبة اثنان او ثلاثة فان النباتات تحمل ازهار مذكرة مع بعض الازهار الكاملة، اما النباتات التي تحتوي على اربع مجاميع من الكروموسومات الجميسة (4A) واربع كروموسومات (X) وكروموسوم واحد (Y) فتكون ازهار النباتات تامة وقد تظهر بعض الازهار المذكرة.

Dr. Ahmed Shehab

المصادر:

- ايوب، محمد احمد وعلاوي، رعد حساني سلطان وسعيد، محمد زغلول;. (2018). كتاب الوراثة العملي. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل.
- Internet