

الوراثة الكمية ووراثة العشائر والوراثة السيتوبلاسمية

Quantitative and Population Genetics, Evolution and Cytoplasmic Inheritance

أولاً: الوراثة الكمية Quantitative Genetics

صفات الكائنات الحية

أ: صفات مكتسبة: هي الصفات غير القابلة للتوارث يكتسبها الفرد من البيئة.
 ب: صفات وراثية: هي الصفات القابلة للتوارث والانتقال بين الأجيال. حيث يتحدد النمط الوراثي genotype للفرد عند الإخصاب باندماج المادة الوراثية (الـ DNA)، الموجودة في الأعراس الذكورية والأنثوية. وما لم تحدث طفرات وراثية mutations، يظل النمط الوراثي ثابتاً طوال حياة الفرد، ويحدّد جميع صفاته، مسبباً النمط الظاهري phenotype لكل من صفاته.
 وتُصنّف الصفات الوراثية للكائن الحي في مجموعتين:

1- الصفات النوعية أو الوصفية Qualitative traits: وهي الصفات الوراثية البسيطة، هي صفات متقطعة التوزيع، أي أنها لا تقاس بوحدات القياس لكنها توصف وصفاً. وقد نتجت هذه الصفات من تأثير وتحكم عدد قليل نسبياً من المورثات بها (زوج واحد من العوامل الوراثية أو زوجان على الأكثر)، يسهل تتبع عملية الانعزال segregation فيها، حيث لوحظ من دراستنا السابقة للصفات المنديلية الكلاسيكية المتوارثة وقوع الفئات المظهرية ضمن حدود يمكن تمييزها بسهولة، بحيث يمكن وصف كل فئة بصفة معينة، وبالتالي يسهل تتبع الصفات المورثة، أي يسهل وضعها وتصنيفها وتحديد فئاتها المظهرية في مجموعات متميزة من الأنماط الظاهرية، بحيث يتشارك أفراد المجموعة الواحدة في النمط الوراثي الذي يقابل صفات معينة، ويكون الاختلاف والتباين variation في هذه الصفات بشكل متقطع، لا تتأثر كثيراً بالظروف البيئية حيث يكون تأثير البيئة قليل وقد يندمج - معامل توريثها عالي. ومن أمثلة ذلك: * عند النبات: ألوان الأزهار، ألوان الثمار، شكل الأوراق، تجعد البذور، امتلاء البذور، موضع الزهرة، شكل القرون في النباتات البقولية لون القرون شكل البذور لون البذور، وجود أو عدم وجود السفا في سنابل الشعير؛ * وعند الحيوان: ألوان جلد المواشي، لون فراء الأرانب وألوان ريش الطيور، ووجود القرون في الماشية أو غيابها، ولون المخطم، ووجود الريش أو عدمه على أرجل الدجاج، شكل العرف في الدواجن. * وعند الإنسان: الصلع وغيرها.

2- الصفات الكمية Quantitative traits: وهي الصفات الوراثية التي تعتمد على الكميات، فيعبر عن الصفة الوراثية بكمية، وتُسمى بالصفات المترية أو المقاسة Metrical traits لأنها تُقاس بوحدات القياس المعروفة (الطول والحجم والوزن)، أي أنها تهتم بدرجة الصفة وبذا تشكل اختلافات مستمرة، أما الصفات النوعية فإنها تهتم بنوع أو شكل الصفة. - هي صفات مستمرة التوزيع، تتميز باستمرار في الشكل المظهري، وتدرج في الصفات من مستوى إلى آخر، دون وجود فواصل محددة بين المستويات المختلفة، كما في صفات الطول، والمحصول، وقوة النمو، وموعد النضج. - التباين في الصفات اللثمية متصل عادة، وتسلك تلك الصفات مسلكاً يتفق وقوانين الوراثة، ويمكن معالجتها بطرائق رياضية وإحصائية خاصة. - يتحكم بغالبية الصفات الكمية عدد كبير من العوامل الوراثية Multiple factors من إذ تنتج من فعل وتفاعل عدة مورثات تتراوح من 10- 100 مورث أو أكثر من ذلك - وعادة ما تخضع هذه الصفات إلى التوزيع الطبيعي المستمر Continuous Variation.

- ولا يمكن تحديد الصفات الكمية بطريقة سهلة، ولا يمكن وضع الأفراد في مجموعات مختلفة أي يصعب تحديد فئاتها المظهرية إلى مجاميع متميزة - في الصفات الكمية تؤثر عوامل كثيرة على توريث هذه الصفات مثل التفاعل الوراثي والتفوق والوراثة السايكوبلازمية والظروف البيئية- تتأثر هذه الصفات بعوامل البيئة المختلفة ويكون تأثير البيئة كبير، ولكن تأثرها يكون بنسب مختلفة يمكن أن تكون مؤقتة أو دائمة - معامل توريثها منخفض . - إن معظم الصفات المهمة في تربية النبات والحيوان هي صفات كمية. أمثلة على الصفات الكمية المهمة زراعياً واقتصادياً... في الزراعة: * عند النبات: الناتج الزراعي في وحدة المساحة ، مثلاً صفة غلة محصول الذرة أو البطاطا أو العنب من وحدة المساحة، وزن الثمار ووزن البذور، حجم الثمار والبذور، التركيب الكيميائي في أجزاء النبات المختلفة. * عند الحيوان: كمية الحليب الناتج من البقرة و صنفه وتركيبه، أو عدد البيض من الدجاج وأحجامه، أو إنتاج اللحم من العجول و صنفه، أوزان الجسم عند الحيوانات وأحجامها، سرعة النمو، الكفاءة الغذائية، كمية الصوف ونوعيته، مواصفات الذبيحة، معدل المواليد. ولذا فإن معظم التجارب في المحطات الزراعية التجريبية في سورية وفي بقية أنحاء العالم تدور حول دراسة هذه الصفات وتحسينها.

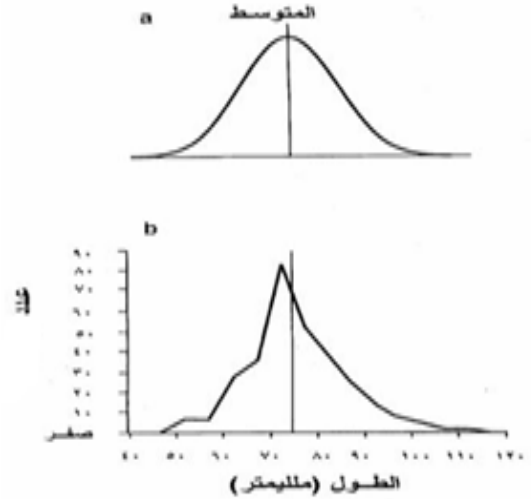
* أما عند الإنسان يمكن الإشارة إلى معدلات نمو الأطفال ووزن الإنسان البالغ وطوله، وضغط الدم ومستوى الكوليسترول في الدم وطول العمر، معدل الذكاء، الكفاءة الغذائية، وغيرها.

خصائص وراثه الصفات الكمية: يمكن تلخيص أهم خصائص وراثه الصفات الكمية بما يلي :

- 1- لا يمكن تحدي أثر المورثة بدقة لاشتراكها مع عدد كبير من المورثات لإظهار الصفات، حيث يتحكم بالصفة الكمية عدة عوامل وراثية، أي مورثات ذات تأثير كبير وواضح يطلق عليها اسم المورثات الرئيسية Major genes وعوامل وراثية أخرى ذات تأثير بسيط على الصفة يطلق عليها اسم المورثات الثانوية Minor genes؛ ومن جهة أخرى فإن التأثيرات المتعددة للمورثة الواحدة pleiotropism تشير إلى تحكم مورثة ما بعدة صفات في آن واحد، وقد يكون للمورثة تأثير رئيس وتأثيرات ثانوية. ومن أمثلة ذلك مرض فقر الدم المنجلي sickle cell anemia التي تسببها مورثة متنحية تأثيرها الأساسي في تكوين خضاب دم hemoglobin شاذ، ولها تأثيرات ثانوية أخرى (تم ذكرها بالتفصيل في المحاضرة السابقة).
- 2- تُعد المورثات الثانوية أكثر تأثراً بالعوامل البيئية من المورثات الرئيسية ، ولا يمكن قياس تأثير البيئة في كل عامل منها على حدة.
- 3- لا يظهر أثر المورثات الثانوية، إلا بعد تجمع عدد كبير منها في التركيب الوراثي.
- 4- تنعزل المورثات الثانوية بكثرة، وتتوزع على أعداد كبيرة من التراكيب الوراثية، ويساوي عدد تلك التراكيب الوراثية 3^n ، حيث تمثل n عدد أزواج المورثات التي يختلف فيها الأبوان.
- 5- لا يتأثر الشكل المظهري كثيراً بإحلال مورثة محل أخرى؛ لذا فإن تراكيباً وراثية كثيرة يمكن أن تعطي الشكل المظهري نفسه.
- 6- تمتلك بعض المورثات الثانوية تأثيراً متعددًا على الشكل المظهري، وقد يكون لها فعل محور لفعل المورثات الأخرى، أو مثبت لها.
- 7- قد يظهر في الجيل الانعزالي الأول F_2 لبعض التلقيحات، ما يعرف بالانعزال الفائق الحدود Transgressive segregation، حيث تزداد قيمة بعض الأفراد عن الأب الأعلى، أو تقل عن الأب الأدنى في الصفة المدروسة، ويحدث ذلك عندما يختلف الأبوان في المورثات المسؤولة عن الصفة، أو في بعضها؛ مما يؤدي إلى انعزال أفراد في الجيل الثاني، تحتوي على قرائن تزيد من الصفة بالمقارنة مع الأب الأعلى أو تتركز فيها القرائن التي تخفض من الصفة.

التوزيع الطبيعي للصفات الكمية Normal Distribution of Quantitative Traits

تظهر دراسة صفة كمية في عشيرة كبيرة الحجم أو مجتمع أعداد كبيرة بأن عدد قليل من الأفراد يحملون الأنماط الظاهرية القصوى (المتطرفة) أي أعلى أو أقل، بينما يكون أكثر الأفراد بالقرب من قيمة المتوسط لتلك العشيرة. يرجع السبب في عدم انتماء الأفراد إلى فئات محددة بالنسبة للصفات الكمية خلافاً للحال مع الصفات الوصفية في أنها أكثر تعقيداً من الناحية الوراثة حيث يتحكم في الصفات الوصفية 1-3 زوج من المورثات في حين يتحكم في الصفات الكمية عشرات بل المئات من المورثات. وجدير بالذكر أنه من الصعب تحديد العدد الحقيقي، بالإضافة إلى اختلاط المورثات في أثناء الانقسام الميوزي نتيجة العبور والتوزيع المستقل للصبغيات، وتؤدي هذه الأحداث إلى ضمان استقبال أي من النسل لرسالة وراثية مختلفة قليلاً.



الشكل يوضح توزيعاً لصفة كمية (الطول) في عشيرة ينتج عنه منحنى ناقوسي Bell-shaped ومتوسط يقسم المنحنى إلى نصفين عند قمته.

لاحظ علماء الوراثة بين عام 1900-1910م بأن الاختلافات المستمرة تعكس آلية وراثية قد تختلف عن تلك الاختلافات غير المستمرة، لذا وضعت فرضية المورثات المتعددة Multiple-genes Hypothesis من قبل العالمين Nilsson-Ehle في السويد و East في الولايات المتحدة للفترة بين 1910م إلى 1913م. ولتفسير الاختلافات المستمرة قام العالم Nilsson-Ehle بدراسة وراثية اللون في حبوب القمح، والعالم East بدراسة طول عرنوس الذرة الصفراء. ويعتبر الآن مفهوم الجينات المتعددة للصفات الكمية أحد الأساسيات المهمة في علم الوراثة، حيث يدعم هذا المفهوم باستعمال الطرق الإحصائية التي صممت من قبل فيشر Fisher في إنكلترا ورايت Wright في الولايات المتحدة وغيرهم من علماء الوراثة. وتوجد مقاييس احصائية تستخدم لدراسة الصفات الكمية وهي المتوسط والتباين أو معامل الاختلاف، والانحراف القياسي.

فرضية المورثات المتعددة تنص هذه النظرية على أن الصفة الكمية تتأثر بفعل عدد من المورثات ذات التأثير الصغير والتي تحتل مواقع كروموسومية متعددة، وهذه المورثات متشابهة ولها تأثير تراكمي Cumulative effect أي أن تأثيرات المورثات المفردة تضاف لبعضها، وتتأثر الصفات الكمية بالبيئة إلى حد كبير ومن المؤكد أنها نتيجة تفاعل بين التركيب الوراثي للكائن والظروف البيئية التي تحيط به. ويمكن أن تعزى الاختلافات في الصفات الكمية أيضاً إلى عدد كبير من المورثات التي يطلق عليها Polygenes إذ أن تأثير المورث الواحد على هذه الصفة بسيط ويعرف **التعدد الجيني polygene** بأنه المورث الذي له وبمفرده تأثير طفيف على الشكل الظاهري ولكن بالاشتراك مع عدد قليل أو كبير من المورثات الأخرى يستطيع التحكم في الصفة الكمية مثل حاصل النبات.

طول العرنوس في الذرة الصفراء Ear Length in Maize

درس ايبست East عام 1913م وراثية طول عرنوس الذرة الصفراء بتضريب الصنف Tom Thumb قصير العرنوس ذا طول 5-8سم ومتوسط 6.6سم، بالصنف Black Mexican طويل العرنوس ذا طول 13-21سم ومتوسط 16.8سم. كان متوسط طول العرنايين في الجيل الأول F₁

وسطاً بين الأبوين حيث كان طول العرنوس 9-15 سم وبمتوسط 12.1 سم. أما طول عرنوس الجيل الثاني F_2 فإنها بلغت مدى واسع 7-21 سم، وكان عدد قليل منها بقدر طول عرنوس الصنف القصير العرنوس، وعدد قليل آخر منها بقدر طول عرنوس الصنف الطويل العرنوس، وعدد كبير منها متوسطة الطول بقدر طول عرنوس الجيل الأول بمعدل 12.9 سم. إن هذه النتائج من حيث الأساس مشابهة الى نتائج لون حبة القمح، لكن في هذه الحالة لا يمكن تصنيف العرنوس الى مجاميع متميزة من حيث الطول. إلا إن الزيادة في الاختلاف في الجيل الثاني مقارنة بالأباء وبالجيل الأول يمكن تفسيرها على أساس حدوث انحرالات وراثية (انحرال عدد من المورثات وهي التي تؤثر على طول العرنوس بصورة تجميعية - إضافية- تراكمية). وبذا يكون سبب الاختلاف بين عرنوس كل من الأبوين والجيل الأول بيئي، أما سبب الاختلاف بين العرنوس في الجيل الثاني فترجع إلى كل من الاختلافات في العوامل الوراثة والبيئية (بسبب انحرال عدد من المورثات التي قدرت بأربعة أزواج وكل زوج ينتج تأثير متساوي بمقدار 2.55 سم إلى الطول الأساسي من العرنوس).

التباين ومكوناته في الصفات الكمية

يصعب في الصفات الكمية تتبع كل مورثة على حده في الأجيال الانعزالية، كما يصعب تقسيم النباتات إلى أقسام محددة، حسب النسب المنذلية المعروفة كما في الصفات الوصفية، أو التي يتحكم فيها عدد قليل من المورثات. ويسعى المربي بدلاً من ذلك إلى تقدير الاختلافات المشاهدة في الصفة بين الأفراد في العشائر بمقياس يُعرف باسم التباين Variance، وهو قيمة إحصائية، ومحتويات التباين المختلفة تمثل التباين الوراثي Genotypic Variance وهو تباين القيم الوراثية، والتباين البيئي Environmental Variance وهو التباين الذي يرجع إلى الظروف البيئية، وبالتالي فإن التباين الكلي Total Variance هو التباين المظهري Phenotypic Variance وهو عبارة عن مجموع المكونات منفردة.

وعلى ذلك فإن التباين الكلي (المظهري) = تباين التركيب الوراثي + تباين الظروف البيئية:

$$V_P = V_G + V_E$$

ولأن تقسيم التباين الكلي إلى تباين الظروف البيئية وتباين التركيب الوراثي لا يؤدي إلى تفهم الباحث المحتوى الوراثي لأفراد العشيرة، أي: الخواص الوراثية للعشيرة، ولا يكشف عن أسباب التشابه بين الأقارب. لذلك يجب تقسيم التباين الوراثي Genotypic Variance إلى مكوناته المختلفة وذلك حسب انواع التفاعل المورثي، كما يلي:

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

$$V_P = (V_A + V_D + V_I) + V_E$$

V_A يمثل التباين الوراثي التجميعي (التراكمي، الإضافي) Additive Variance وهو مقياس لقيمة التربية، ويرجع إلى اختلاف التراكيب الوراثية الأصلية في التأثير على الصفة، وهو يعد أهم مكونات التباين الوراثي، لأنه الوحيد الذي يمكن الاعتماد عليه عند الانتخاب.

V_D يمثل التباين الوراثي السياتي Dominance Variance وهو مقياس للانحراف الذي يعود إلى السيادة، نتيجة للتفاعل بين المورثات الأليلية.

V_I يمثل تباين التفاعل Interaction Variance وهو مقياس للانحراف الذي يعود إلى التفاعل بين المورثات غير الأليلية، أي: إلى حالات التفوق Epistasis .

V_E يمثل التباين البيئي Environmental Variance وهو تباين ناتج عن المسببات غير الوراثية، التي تؤثر في النهاية على التباين المظهري الكلي للصفة. ويتوقف أثر هذه المسببات على الصفة والكائن موضوع الدراسة.

- عموماً، إن هدف المربي هو تقليل التباين البيئي في تجربته، لأنه يُعد مصدر خطأ في التجارب الوراثية، ومن الصعب جداً التخلص منه، لارتباطه بالتركيب الوراثي لأفراد العشيرة في الصفة المدروسة، والخلفية الوراثية لأفراد العشيرة والتأثيرات الأمية وغيرها من العوامل الأخرى. ويمكن للمربي أن يقلل من أثر التباين البيئي عن طريق التصميم الصحيح والإدارة الدقيقة للتجارب المختلفة. وهذا الأمر يساعد الباحث على دراسة أثر العوامل الوراثية بشكل واضح ودقيق. وتُعد العوامل المناخية والتغذية من أكثر المسببات الخارجية للتباين البيئي شيوعاً. ولحسن الحظ أن هذين العاملين يقعان إلى حد ما تحت تحكم الباحث خاصة في التجارب المخبرية. ويمكن للتباين البيئي أن ينجم عن الخطأ في أخذ القراءات أو القياسات كالأطوال أو الأوزان أو الأحجام على الرغم من عدم أهمية هذا المصدر، لأن الباحث يقوم بإجراء قياساته بدرجة عالية من الدقة، بحيث يمكن إهمال هذا النوع من التباين بالنسبة للتباين الناتج عن مصادر أخرى.

التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة:

إن القيمة الظاهرية P لفرد في بيئة ما تساوي القيمة الوراثية G لذلك الفرد والقيمة البيئية E بافتراض عدم وجود تفاعل وراثي - بيئي. وتصبح القيمة الظاهرية للفرد بوجود تفاعل وراثي - بيئي كما يلي: $P = G + E + G \times E$

حيث تمثل $G \times E$ تأثير التفاعل البيئي الوراثي. أما على مستوى التباين Variance فإن التباين الشكلي لفرد ما يساوي التباين الوراثي + التباين البيئي بافتراض عدم وجود تفاعل ما بين البيئة والطرز الوراثي ($G \times E$). ويضاف إلى هذه العلاقة عامل آخر وهو $V_{G \times E}$ في حال وجود تفاعل ما بين البيئة والطرز الوراثي ومن ثم فإن: $V_P = V_G + V_{G \times E} + V_E$ حيث تمثل $V_{G \times E}$ تباين التفاعل البيئي الوراثي.

تقدير عدد المورثات المسؤولة عن الصفات الكمية

تساعد معرفة عدد المورثات التي تعين الصفات الكمية في تطوير طرق جديدة وكفوءة للبحث عنها، وكذلك يمكن الاستفادة من هذه المعلومات مباشرة في تربية النبات والحيوان. ولكن يصعب تعيين عدد المورثات الناتجة من تهجين ما بالضبط بسبب وجود اختلافات بيئية واختلافات وراثية بنفس القياس. حيث يمكن إجراء تقدير تقريبي لبعض الصفات وذلك بتعيين تكرار حدوث كلاً من الطرفين في الجيل الثاني اللذين يشبهان النمط الظاهري للأبوين. وتعتبر هذه الطريقة طريقة تقريبية لعدد المورثات الفعالة ولكنها مفيدة للتحليل الوراثي الأول. استنتج نلسون طريقة حساب عدد الجينات التي تحكم صفة كمية كالتالي:

النسبة المئوية لأفراد الجيل الثاني المشابهة لأحد الأبوين	
عدد أزواج المورثات	النسبة المئوية لأفراد الجيل الثاني المشابهة لأحد الأبوين
وجود زوج واحد من المورثات	إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{4}$ من الجيل الثاني
وجود زوجين من المورثات	إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{16}$ من الجيل الثاني
وجود ثلاث أزواج من المورثات	إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{64}$ من الجيل الثاني
وجود أربع أزواج من المورثات	إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{256}$ من الجيل الثاني
وجود خمس أزواج من المورثات	إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{1024}$ من الجيل الثاني

وتوجد طريقة أخرى لتقدير عدد المورثات للصفة الكمية بالاستفادة من قيمة الاختلاف الوراثي، وتحت شروط معينة. فمثلاً تتألف عشيرة من أفراد متشابهة التركيب الوراثي، ولكنها تظهر الاختلاف بالنمط الظاهري، وتعرف هذه الظاهرة بالسلالة النقية. ويكون هذا الاختلاف في السلالة النقية اختلافاً بيئياً، حيث ينتج من تصالبات بين صنفين نقيين هجين في الجيل الأول يكون متناسق وراثياً، ويكون الاختلاف بالنمط الوراثي بين أفراد الجيل الثاني، فيكون أكثر من اختلاف بين أفراد الجيل الأول بسبب انعزال المورثات، لذا توجد تراكيب جديدة في أفراد الجيل الثاني، ولهذا تكون معدلات توزيع أفراد الجيل الأول والجيل الثاني متوسطة بين معدلي الأبوين في الصفة الكمية ذات التوزيع الطبيعي. وإذا لم يحدث تبدل في البيئة من جيل لآخر (ويمكن السيطرة على ذلك بالتجربة) فإن اختلاف العوامل البيئية بين أفراد الجيل الأول يجب أن يكون مساوياً إلى اختلاف العوامل البيئية بين أفراد الجيل الثاني. لذا تعزى الزيادة في الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الثاني على الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الأول إلى أسباب وراثية. وعليه فإن الاختلاف الوراثي بين أفراد الجيل الثاني (σ_{GF2}^2) يساوي الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الثاني (σ_{PF2}^2) ناقصاً الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الأول (σ_{PF1}^2)، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية

$$\sigma_{GF2}^2 = \sigma_{PF2}^2 - \sigma_{PF1}^2$$

ويعبر عن الاختلاف الوراثي بين أفراد الجيل الثاني بالمعادلة التالية:

$$\sigma_{GF2}^2 = \frac{a^2 \cdot N}{2}$$

حيث a مقدار مساهمة كل أليل فعال (قرين فعال).

N عدد أزواج المورثات المتعلقة في الصفة الكمية.

ويمكن تقدير قيمة a من الصيغة: $a = \frac{D}{2N}$

حيث D تمثل قيمة الفرق بين متوسطي الأبوين لصفة كمية وبالتعويض يكون مقدار N كما يلي:

$$\sigma_{PF2}^2 - \sigma_{PF1}^2 = \sigma_{GF2}^2 = \frac{a^2 D}{2} = \frac{D^2}{8N}$$

$$N = \frac{D^2}{8(\sigma_{PF2}^2 - \sigma_{PF1}^2)}$$

يرمز σ_{PF1}^2 إلى الاختلاف بالنمط الظاهري بين أفراد الجيل الأول.

ويرمز σ_{PF2}^2 إلى الاختلاف بالنمط الظاهري بين أفراد الجيل الثاني.

ويرمز σ_{GF2}^2 إلى الاختلاف بالنمط الوراثي بين أفراد الجيل الثاني.

وعند استعمال هذه المعادلة تكون قيمة N كالتالي $N = \frac{D^2}{8(\sigma_{PF2}^2 - \sigma_{PF1}^2)}$ وتفترض هذه

المعادلة مايلي:

1. تكون مساهمة المورثات المتعددة متساوية وبصورة إضافية لإنتاج الصفة الكمية حيث لكل المورثات الدرجة نفسها من الأهمية في التأثير بالصفة.
2. لا يوجد سيادة كاملة بين أليلات المورثات المتعددة وإنما لكل المورثات درجة سيادة واحدة.
3. عدم وجود أي ارتباط أو تفاعل بين المورثات المتعددة المتحكمة بالصفة.
4. يكون أحد الأبوين فقط، مصدراً لجمع القرائن المؤثرة بالصفة في أحد الاتجاهات.

$$N = \frac{D^2}{8V_A} \quad \text{كما يمكن حساب عدد المورثات من المعادلة التالية:}$$

حيث $V_A =$ التباين التجمعي الذي يحسب من المعادلة التالية $\frac{1}{2} V_A = 2V_{F2} - (V_{B1} + V_{B2})$ V_{F2} تمثل تباينات الجيل الثاني.

V_{B1} و V_{B2} تباينات عشائر التلقيحات الرجعية للأبوين الأول والثاني على التوالي.

درجة التوريث Heritability وطرائق تقديرها:

يقصد بدرجة التوريث مقدار التطابق بين ظهور الصفة في الأنسال وظهورها في آبائها من النباتات المنتخبة. وبتعبير آخر، هي المقدرة على توريث صفة ما من نبات منتخب إلى نسله. ويرمز لها بأحد الرمزين H^2 أو h^2 والرقم 2 هنا لا يعني تربيع القيمة، وإنما يمثل نسبة. إن معرفة مقدار درجة التوريث لكل صفة كمية ضروري لإتباع طريقة معينة في التربية وتحسين هذه الصفة.

وعموماً يلاحظ وجود قيمتين لدرجة التوريث، الأولى على النطاق العريض (المعنى الواسع) والثانية على النطاق الضيق، إضافة إلى ما يعرف بدرجة التوريث المدركة أو الواقعة. وتُعد درجة التوريث لأي صفة كمية أحد أهم ميزات هذه الصفة، حيث أنها تعبر عن الجزء من التباين الكلي العائد إلى متوسط تأثير المورثات، وبالتالي فهي تمثل الجزء من التباين الذي يحدد درجة التشابه والتماثل بين الأقارب. وتُعد الوظيفة التنبؤية من أهم وظائف درجة التوريث في البحوث والدراسات الوراثية، فهي تعطينا تصوراً عن أهمية الاعتماد على قيمة الشكل المظهري كمؤشر ودليل على القيمة التوريثية.

فمن المعروف أن المربي يستطيع قياس قيمة الشكل الظاهري مباشرة، إلا أن القيمة المهمة، والتي تحدد صفات الجيل التالي هي القيمة التوريثية لهذه الأفراد، وعليه فإن مقدار النجاح المتحصل عليه من تغيير صفات عشيرة ما، يتوقف إلى حد بعيد على معرفة درجة التوافق بين قيمة الشكل المظهري والقيمة التوريثية لأفراد هذه العشيرة اللذين تم انتخابهم كأباء.

درجة التوريث بالمعنى الواسع (على النطاق العريض) Broad-Sense heritability

تتضمن كل التباين الوراثي الناتج من التأثير الإضافي (التجمعي، التراكمي) Additive (A) للمورثات المتعددة، وتأثير السيادة Dominance (D) بين أليلات المورثات المتعددة، وتأثير التفاعل بين المورثات المتعددة Interaction (I).

$$h_{bs}^2 = \frac{V_G}{V_P}$$

حيث V_G : التباين الوراثي. V_P : التباين الكلي (تباين الشكل الظاهري)

ويشمل التباين الكلي التباين الوراثي والتباين البيئي $V_P = V_G + V_E$ وترجع أهمية درجة التوريث إلى أن الانتخاب لصفة ما، تقل فاعليته كلما انخفضت درجة التوريث؛ لأن النباتات المنتخبة ربما لا تعكس حقيقة التراكيب الوراثية المرغوب فيها.

درجة التوريث بالمعنى الضيق (على النطاق الضيق) Narrow sense heritability

شمل التباين الوراثي الناتج من التأثير الإضافي فقط للمورثات المتعددة، وهي درجة التوريث الأهم للمربي، لأنها تأخذ في الاعتبار نسبة التباين الإضافي V_A إلى التباين الكلي V_P

$$h_{ns}^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

ويعد التباين الإضافي من أهم مكونات التباين الوراثي المؤثرة في فاعلية عملية الانتخاب. وتتراوح قيمة درجة التوريث لصفة ما بين الصفر إلى الواحد الصحيح.

ويمكن حساب قيمة التوريث بالحس الواقع Board sense كمايلي :

1. إذا كان كل التباين الكلي (تباين الشكل الظاهري) هو تباين بيئي أي تباين ذو طبيعة بيئية أي إن: $V_E = V_P$ ويكون $V_G = 0$ وعليه تكون قيمة التوريث مساوية إلى الصفر .
2. إذا كان كل التباين الكلي ذو منشأ وراثي. أي أن: $V_G = V_P$ وبذا تكون قيمة التوريث مساوية الى واحد .
3. إذا كان نصف التباين الكلي (التباين في الشكل الظاهري) يرجع إلى التباين الوراثي فإن هذا يعني أن النصف الآخر من التباين في الشكل الظاهري يرجع إلى التباين البيئي. أي أن: $V_G = \frac{1}{2} V_P$ وبذا تكون قيمة التوريث مساوية الى النصف.

ثانياً: وراثة العشائر Population Genetics

العشيرة Population: بمعناها الواسع، هي مجموعة من الكائنات الحية تشترك بخواص معينة، وعلم الوراثة يهتم بصفة خاصة بدراسة العشيرة المنديلية Mendelian Population. والعشيرة المنديلية: عبارة عن من مجموعة كبيرة من الأفراد (عشيرة كبيرة الحجم)، تشترك بخواص معينة، و تتكاثر جنسياً، ويجري التلقيح الخلطي بينها، أي يحدث التزاوج الجنسي فيها عشوائياً، ومن هذا يتبين لنا بلن النباتات التي تتكاثر خضرياً أي التي تتكاثر لا جنسياً لا تعتبر من العشائر المنديلية.

والنوع Species هو أقصى امتداد للعشيرة المنديلية، والذي يحدد نطاق حدوث التلقيحات ، حيث يعتبر النوع أكبر عشيرة مندلية لأنه يحدث داخله التزاوج بين الأفراد بطلاقة وتشترك هذه الأفراد مع بعضهما بمستودع جيني حيث ينقسم النوع إلى عدة عشائر مندلية وكل عشيرة يمكن أن تحتوي على العديد من تحت العشائر. وعادةً، لا يحدث التزاوج بين الأفراد التابعة لأنواع مختلفة، وعليه، فلا يطلق اسم عشيرة مندلية على مجموعة الافراد التابعة لأنواع مختلفة. أما في علم تربية النبات، فيمكن أن تطلق كلمة عشيرة على أفراد الجيل الأول ، أو الأجيال التالية له في تهجين ما، فيقال عشيرة الجيل الأول F_1 population (ترمز F إلى كلمة Filal التي تعني تتابعاً بعد جيل (الآباء)، وعشيرة الجيل الثاني F_2 ... الخ.

وفي العشائر الطبيعية للكائنات الحية تختلف أفراد العشيرة فيما بينها من حيث التركيب الوراثي والشكل المظهري وعلى ذلك ففي أي عشيرة عندما يراد وصف التراكيب الوراثية لمجموعة من الافراد يجب القيام بالآتي:

- 1- تحديد و وصف التراكيب الوراثية Genotypes المختلفة الخاصة بأفراد العشيرة.
- 2- تحديد تكرار كل تركيب وراثي Frequencies of genotypes من هذه التراكيب الوراثية المختلفة.

ولتوضيح ذلك سنفترض أننا ندرس موقع وراثي ما، خاص بصفة ما، في أفراد إحدى العشائر. هذا الموقع الوراثي موجود على إحدى الصبغيات الجسمي. وسوف نرسم له بالرمز A وله قرينان هما A_1 و A_2

وبالتالي يلاحظ وجود ثلاثة تراكيب وراثية فقط بالنسبة لهذا الموقع الوراثي وهي: A_1A_1 و A_1A_2 و A_2A_2

وعندما نقوم بوصف هذه العشيرة يجب أن نقول أن هذه العشيرة تتكون من التراكيب الوراثية الثلاثة A_1A_1 و A_1A_2 و A_2A_2 ويكون وصفنا أكثر دقة عندما نحدد نسبة أو تكرار كل تركيب وراثي بأن نقول مثلاً إن: 20 % من هذه العشيرة ذات تركيب وراثي A_1A_1 . 70 % من هذه العشيرة ذات تركيب وراثي A_1A_2 . 10 % من هذه العشيرة ذات تركيب وراثي A_2A_2 .

هذه النسب المئوية أو التكرارات، تعرف بأنها تكرارات التراكيب الوراثي، ويعرف تكرار تركيب وراثي بأنه النسبة المئوية لهذا التركيب الوراثي بين الأفراد، وبالتالي فإن مجموع نسب أو تكرارات التراكيب الوراثية لموقع وراثي معين يساوي واحد أو 100%.

التكرار الوراثي The Concept of Gene Frequency:

تهتم دراسة العشيرة من الناحية الوراثية بمايلي:

1- دراسة التراكيب الوراثية للأفراد، وتكرارات هذه التراكيب الوراثية.

2- دراسة انتقال المورثات من جيل إلى الجيل التالي.

وعند انتقال المورثات من جيل إلى الجيل التالي، فإن التراكيب الوراثية للأباء تتحلل إلى مكوناتها من القرائن، أثناء تكوين الأعراس المذكورة والمؤنثة للأباء. تنتقل هذه القرائن إلى الجيل التالي عن طريق الأعراس، حيث تنشأ مجموعة جديدة من التراكيب الوراثية في النسل الناتج. ويعني ذلك أن القرائن الموجودة في عشيرة من العشائر لها خاصية الدوام، والاستمرار من جيل إلى الجيل التالي. في حين نلاحظ أن التراكيب الوراثية ليست لها خاصية الدوام والاستمرار، على الرغم من أن هذه التراكيب الوراثية مكونة من النظائر سالفة الذكر.

قانون هاردي - وينبرج The Hardy – Weinberg Law ووازن العشيرة:

في سنة 1908 توصل كل من العالمين الانكليزي Hardy المتخصص بالرياضيات والعالم الالماني Weinberg المتخصص بالفيزياء كل على حده الى القاعدة او القانون التالي: { في العشائر كبيرة الحجم، والتي يحدث فيها المزواج عشوائياً وفي حالة غياب القوى (الانتخاب والطفرات والهجرة) التي تتسبب في تغيير التكرار الوراثي لمورثة معينة، فلي العشائر المنديلية تحتوي على أي نسب لكل من الصفات السائدة والمتنحية، ولا تتبع في ذلك أي نسبة منديلية معروفة وتظل هذه النسب (أي: تكرار المورثات وتكرار التراكيب الوراثية في العشيرة) ثابتة جيلاً بعد جيل { ويطلق على هذه العشيرة بأنها في حالة توازن Equilibrium. شروط اوازن العشيرة:

1. أن يكون عدد الأفراد في العشيرة كبيراً نسبياً.
2. أن يتم التزاوج بين الأفراد في العشيرة بطريقة عشوائية بحيث يكون لكل فرد نفس الفرصة لأن يتزاوج مع أي فرد آخر.
3. أن لا تحدث هجرة Migration من وإلى هذا المجتمع.
4. أن لا يحدث أي نوع من الانتخاب Selection في المجتمع.
5. كذلك يفترض عدم حدوث أي طفرة Mutation في المجتمع تؤدي إلى تغيير الاليلات.

ثالثاً: الوراثة السيتوبلازمية Cytoplasmic Inheritance أو الوراثة اللا نووية (خارج النواة) Extranuclear Inheritance، الوراثة اللاصبغية (خارج الكروموزوم)، الوراثة اللامندلية:

توجد معظم المعلومات الوراثية مشفرة ومخزونة في جزيئات الـ DNA المنتظمة على شكل عدد من الكروموسومات المتواجدة في النواة في كافة الكائنات حقيقية النواة. وهكذا يمكن التنبؤ بكيفية وراثية الصفات وظهورها في الأفراد عن طريق معرفة سلوك الكروموسومات خلال الانقسام. لقد لوحظ أن وجود الـ DNA لا يقتصر على الكروموسومات فقط بل تم اكتشافه في أوائل الستينات في بعض العضيات الخلوية مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء والأجسام القاعدية للأسواط. ويفسر هذا الاكتشاف بعض جوانب الوراثة السيتوبلازمية والوراثة خارج النوية والتي هي شكل غير مندلي من التوريث.

إن طريقة انتقال جزيئات الـ DNA لهذه العضيات للأبناء تتم بشكل مختلف عن نظام التوريث المنديلي تتضمن انتقال معلومات وراثية من سيتوبلازم البيضة المخصبة إلى ابنائها وليس من المادة الوراثية النووية للفرد الجديد (أي أن السلوك الوراثي لهذه الصفات يكون محكوماً بجينات الأم وليس بالتركيب الوراثي للجنين)، وبالتالي يتم انتقال المعلومات الوراثية من خلال حدوث تضاعف ذاتي لعضيات السيتوبلازم مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء وغيرها.

تختلف جزيئات DNA السيتوبلازم في تسلسل النيوكليوتيدات الخاصة بها عن DNA النواة، حيث يكون DNA السيتوبلازم مجرد من البروتين شأنه في ذلك شأن جزيئات الـ DNA في بدائيات النواة كالبكتيريا وفي الرواشح (الفيروسات)، كما أن عملية تضاعف جزيئات DNA للعضيات السيتوبلازمية تشابه عملية تضاعفها في بدائية النواة.

إن DNA العضيات السيتوبلازمية أبعد ما يكون عن الخمول إذ بينت الدراسات قيامه باستنساخ mRNA وقدرته على صنع البروتين ومضاعفة نفسه.

- تعد الوراثة اللا نووية أكثر تعقيداً من الوراثة النووية، وذلك لأن السلوك المنتظم للكروموسومات في كل من الانقسام الميوزي والإخصاب سهل تحديد التوارث لأي زوج من الصفات المظهرية المتقابلة. أما في المحتويات اللا نووية المظمورة في السيتوبلازم فلا يوجد مثل هذا السلوك المنتظم للكروموسومات. إن احد المظاهر المهمة لسلوك السيتوبلازم تكون في عملية إنتاج الجاميطات. إذ أن البيضة تحتوي على كمية أكبر من السيتوبلازم مقارنة مع النطفة التي تحمل كمية قليلة من السيتوبلازم. وهذا يقود إلى الاعتقاد أن نتائج التلقيح العكسي تكون مختلفة بالنسبة للصفات التي تورث عن طريق السيتوبلازم. لذا فإن مثل هذه الصفات تنتقل عن إلى النسل الناتج عن طريق الأم. وتهتم الوراثة اللا نووية في دراسة مثل هذه الظواهر.

ولو أن Ephrussi افترض أن هذه ليست حقيقة مؤكدة، إذ أن الكمية الضئيلة من السيتوبلازم التي تحملها النطفة قد تحتوي على المادة الأساسية لتوارث بعض الصفات، فقد تكون الميتوكوندريا التي تحتويها النطفة الذكرية ذات أثر فعال في الوراثة اللا نووية، لذا يتطلب معرفة إمكانية وجود عوامل بيولوجية أخرى تعمل على نقل الصفات من جيل إلى آخر إلى جانب الكروموسومات الحاملة للجينات. وفي حال وجود مثل هذه العوامل يتطلب التعرف على مدى أهميتها في التوارث، وأي نوع من القوانين تتبع في سلوكها.

هنالك ثلاثة أنواع من المؤثرات؛ التي تؤثر على النمط المظهري للكائن الحي في الوراثة السيتوبلاسمية، وهي :

- 1- التأثير الأمي الناتج عن تأثير نواتج المورثات النووية المخزونة في سيتوبلازم البيضة المخصبة؛ خلال فترة النمو الأولى.
- 2- التأثير الناتج عن وجود التعايش السلمي بين بعض الأحياء المجهرية والخلايا حقيقية النواة.
- 3- التأثير الناتج عن وجود الأحماض النووية (الـ DNA) في الميتوكوندريا والكلوروبلاست.

خصائص الوراثة السيتوبلازمية:

يمكن التعرف على الصفات التي تحكمها مورثات سيتوبلاسمية من خلال المعايير الخمسة الآتية:

- 1- تشير الاختلافات في التهجينات العكسية Reciprocal crosses والمنحرفة عن قوانين مندل مع استبعاد الارتباط بالجنس إلى أن أحد الآباء (عادةً الأم) قد بذل تأثيراً أكبر من الأب الثاني (الأب) في إظهار الصفة، فإذا أظهر نسل ما الصفات الخاصة بالأم فقط، فإن الوراثة الأمية تكون الفعالة، وإذا ما أمكن أن يعزى ذلك إلى مساهمة غير متساوية لكل من الأب المذكر والمؤنث، فإن الوراثة السيتوبلاسمية تصبح هي المحتملة.

2- يتسبب التلقيح الرجعي المتكرر مع أحد الأبوين، ولعدة أجيال إلى استرجاع التركيب الوراثي للأب الرجعي بنسبة تقارب 100%، بذلك يمكن اعتبار استمرارية تواجد صفة ما في النسل، على الرغم من استرجاع كامل التركيب الوراثي للنبات الأب في النبات المدروس إلى ارتباط هذه الصفة بسيتوبلازما الأم.

3- يمكن الاستدلال على المادة الوراثية السيتوبلازمية عن طريق غياب الانعزال في الانقسام الاختزالي، أو بالانعزال الذي لا يتبع القوانين المندلية.

4- تشغل المورثات الصبغية مواقع معينة في الجينوم، ولها خرائط محددة ذات أماكن ثابتة بالنسبة للمورثات الأخرى. ربما يستبعد هذا النوع من المعلومات قاعدة التوارث الصبغي، ويقترح وجود الوراثة اللانوية إذا توفرت النتائج الكافية.

5- ربما يوضح إحلال النواة تجريبياً التأثير النسبي للنواة والسيتوبلازم، فانتقال الصفات دون انتقال مورثات النواة، سوف يُعزى إلى التوارث اللانوي.

أمثلة على التوريث السيتوبلازمي:

1- حالات تظهر التأثيرات الأمية Maternal Effect

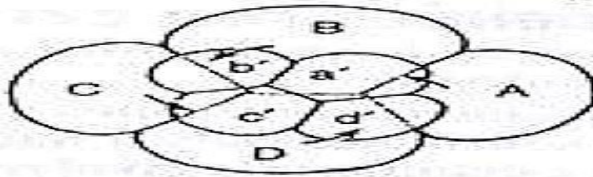
يقصد بالتأثير الأمي أن النمط المظهري للجنين يتأثر بالنمط الوراثي للأم فقط، وليس الأب مما يشكل انحرافاً عن قوانين الوراثة المندلية، التي يكون فيها تأثير الأب مساوياً لتأثير الأم. حيث إنه من المتوقع أن تتأثر البويضات والأجنة ببيئة الأم خلال تطورها داخلها، فالأم هي مصدر السيتوبلازم، ومصدر الغذاء أيضاً، كما أن للأم تأثيرات خاصة على التفاعل الوراثي، الذي يترك أثره في البويضة أو الجنين. وقد أمكن إثبات أو نقص تأثير الأم بالتجارب العكسية. ففي حال وجود تأثير أمي فإن نتائج التهجينات العكسية سوف تختلف عن بعضها بمورثات الأم.

مثال: تأثيرات الأم على حلزونة القواقع:

يعد اتجاه تحلزن صدفة قوقع الماء *Limnaea peregra* من أول وأفضل الأمثلة المعروفة للحالات التي يعتمد مظهر الفرد فيها على التركيب الوراثي للأم التي نشأ منها وليس على تركيب الفرد نفسه. حيث تؤثر الأم على اتجاه وطريقة التفاف وتحلزن صدفة القوقع. ويوجد طرازين حسب تحلزن والتفاف صدفة القوقع:

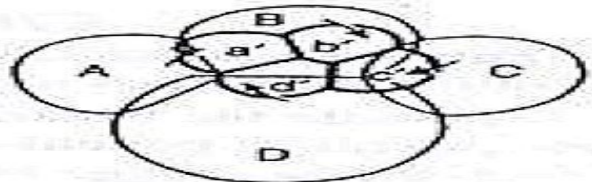
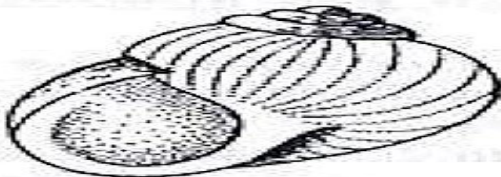
أ- تحلزن الصدفة إلى اليمين (التفاف الصدفة باتجاه عقارب الساعة Dextral) وتكون الفتحة التي يخرج منها الحيوان إلى اليسار.

ب- تحلزن الصدفة إلى اليسار (عكس عقارب الساعة sinistral) وتكون الفتحة التي يخرج منها الحيوان إلى اليمين.



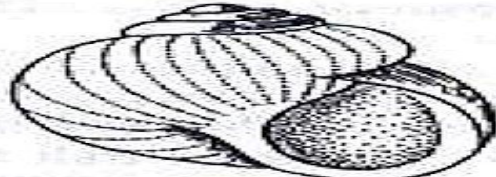
A. Sinistral cleavage

تحلزن الصدفة إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) وتكون الفتحة التي يخرج منها الحيوان إلى اليمين.

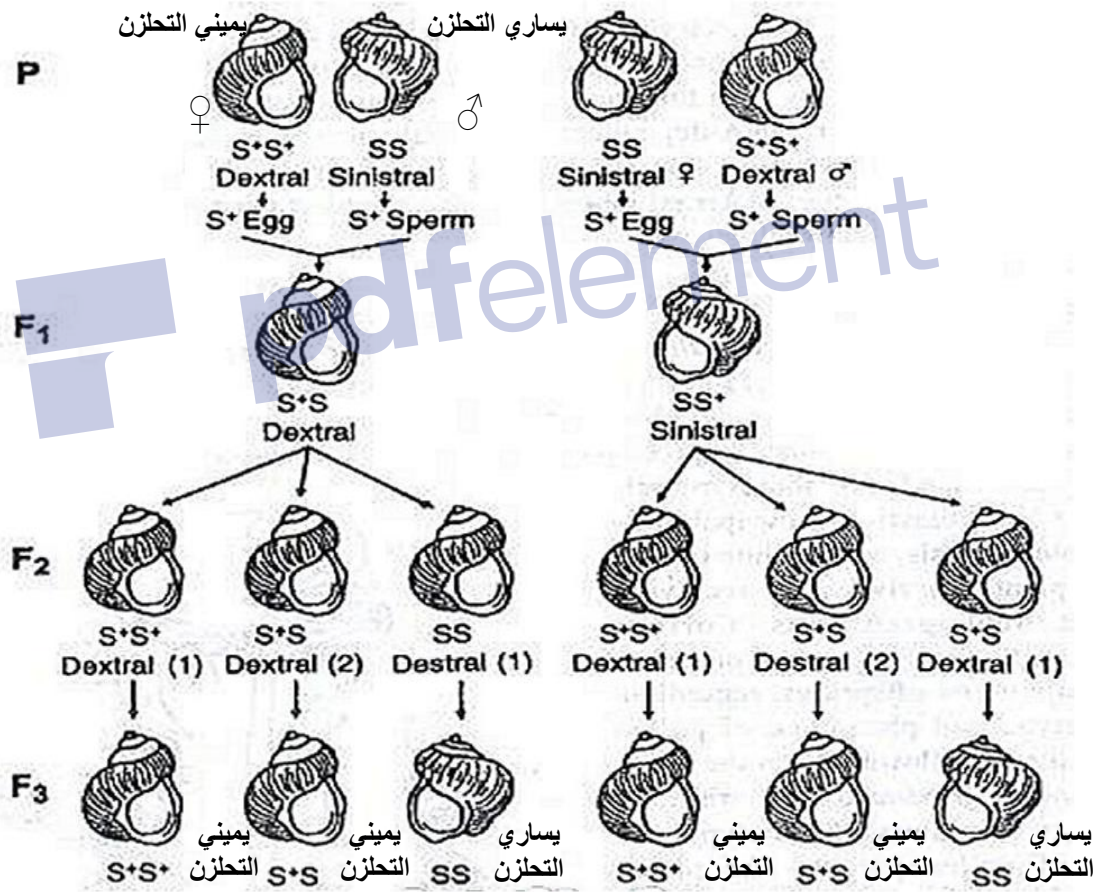


B. Dextral cleavage

تحلزن الصدفة إلى اليمين (باتجاه عقارب الساعة) وتكون الفتحة التي يخرج منها الحيوان إلى اليسار.



عند إجراء التهجين بين إناث يمينية التحلزن مع ذكور يسارية التحلزن كانت أفراد الجيل الأول كلها ذات حلزون يميني، (حيث أظهرت أفراد الجيل الأول اتجاه مشابه لالتفاف حلزون الأم). وعند تلقيح أفراد الجيل الأول ذاتياً كانت جميع أفراد الجيل الثاني يمينية الالتفاف أيضاً بما في ذلك الأفراد ذات التركيب الوراثي المتنحي (الذي من المفترض أن تكون يسارية) حسب قوانين مندل ولكن تأثير التركيب الوراثي للأم التي نشأ منها كان له دور كبير في تغيير اتجاه التحلزن. وعند إجراء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الثاني ينتج كل قوقع نسلًا معيناً بنسبة (1) ذو اتجاه أيسر : (3) ذو اتجاه أيمن، وهذا يشير إلى أن الاتجاه الأيمن هي الصفة السائدة. نلاحظ عند إجراء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الثاني ذات التركيب الوراثي المتنحي SS كان النسل الناتج يسارياً فقط، وذلك تبعاً للتركيب الوراثي للأم، وليس لشكلها الظاهري، بينما أنتجت جميع الأفراد ذات التركيب الوراثي S^+S و S^+S^+ نسلًا جميعه يميني التحلزن. ويحدث الانعزال في الجيل الثالث بدلاً من حدوثه الاعتيادي في الجيل الثاني ويعرف بالانعزال المتأخر Delayed segregation.



وعند إجراء التلقيحات العكسية بين إناث يسارية التحلزن مع ذكور يمينية التحلزن كانت جميع أفراد الجيل الأول يسارية التحلزن مشابه لالتفاف حلزون الأم، وعند تلقيح أفراد الجيل الأول ذاتياً كانت جميع أفراد الجيل الثاني يمينية الالتفاف. أما إذا لقحت أفراد الجيل الثاني ذات التركيب الوراثي المتنحي SS ذاتياً فإنها تنتج أفراداً كلها يسارية التحلزن. يعتمد اتجاه حلزونة صدفة القوقع على اتجاه وشكل المغزل في أول انقسام اختزالي بعد الإخصاب. علماً أن الحلزونة باتجاه اليمين سائدة على الحلزونة باتجاه اليسار.

2- التأثير الناتج عن وجود التعايش السلمي بين بعض الأحياء المجهرية والخلايا حقيقية النواة: تتأثر الأشكال المظهرية لبعض الكائنات حقيقية النواة بالغزو البكتيري وغيرها من الأحياء المجهرية، حيث يتعايش الكائن المجهرى مع الخلية حقيقية النواة التي يتواجد معظمها في سيتوبلازم البويض.

مثال: وجود جسيمات أو دقائق الكابا في البراميسيوم

أوضح Sonnebom أن هذه الصفة تتضمن نوعاً من الوراثة اللا نووية، فقد لاحظ التأثير الدائم للعوامل خارج النواة في البراميسيوم. فقد لوحظ أن بعض سلالات البراميسيوم من نوع اوريليا (*Paramecium aurelia*) تمتاز بقدرتها على افراز مادة سامة قاتلة تدعى (البراميسين *Paramecin*)، تنتشر في الوسط المائي أو في بيئة سائلة تشل أو تقتل هذه المادة أفراد السلالات الأخرى العائدة لنفس النوع عند وجودها في نفس الوسط، حيث تقوم هذه المادة بتفجير الفجوات الغذائية للبراميسيوم الحساس المبتلع لها.

تُدعى سلالة البراميسيوم المنتجة للبراميسين (المادة المميتة) بالبراميسيوم القاتل *Killer Paramecium Sensitive paramecium*. اما البراميسيوم الذي يموت ويُقتل بسببها فيدعى البراميسيوم الحساس

وقد شوهدت في سايتوبلازم البراميسيوم القاتل جسيمات أو دقائق صغيرة سميت دقائق كابا *Kappa* تشبه البكتيريا ربما تحتوي فيروسات ملتهمة معينة. ويعتقد أن قيام هذه الفيروسات بالتكاثر خلال عملية التضاعف هو الذي يؤدي الى انتاجها مواد سامة (والتي تدعى بالبراميسين) قابلة لان تقتل السلالات الحساسة. اتضح فيما بعد أن دقائق كابا هي بكتريا في حالة تعايش مع البراميسيوم واسمها العلمي *Caedobacter taeniospiralis*.

تحتوي دقائق كابا على DNA وبروتين، وكل خلية براميسيوم تحتوي على 100-200 جسيمة منها، ويعتمد وجود دقائق كابا في البراميسيوم بصورة دائمة على امتلاك البراميسيوم لأليل نووي سائد يرمز له بالحرف K ويكون البراميسيوم قاتلاً عندما يحتوي على دقائق كابا وعلى الأليل السائد K في الحالتين (-Kk (KK).

بينما يكون البراميسيوم حساساً في كل من هاتين الحالتين:

1- عندما يكون الجين متحي *kk* حتى وإن احتوى على دقائق كابا لأنه لا يستطيع الاحتفاظ بدقائق كابا حيث يفقدها بعد عدد قليل من الانقسامات.

2- عندما يكون الجين سائد نقي *KK* أو سائد هجين *Kk* وذلك في حالة عدم وجود دقائق كابا، حيث ان الأليل السائد *K* لا يمكن أن ينتج ويخلق البكتريا أو دقائق كابا من العدم وإنما يحتاج لوجود عدد قليل منها في الخلية.

أظهرت التلقيحات بين أفراد من السلالة القاتلة مع أخرى من السلالة الحساسة أن هذه الصفة تعزى إلى وجود جين سائد *K*، فيعطي التلقيح $KK \times kk$ أفراد خليطة *Kk* وتكون أفراد المستعمرة جميعها قاتلة. ويجب أن يعطي التلقيح $Kk \times Kk$ النسبة 3 قاتلة: 1 حساس وذلك يشير إلى عدم وجود ظاهرة الوراثة اللا نووية.

إلا انه قد وجد أن فترة الاقتران القصيرة في التزاوج $kk \times KK$ تؤدي إلى أن المستعمرة الناتجة من الفرد *kk* تكون حساسة رغم أنها تحمل التركيب الجيني *Kk*، أما إذا كانت فترة الاقتران طويلة نسبياً فان المستعمرة الناتجة تكون قاتلة.

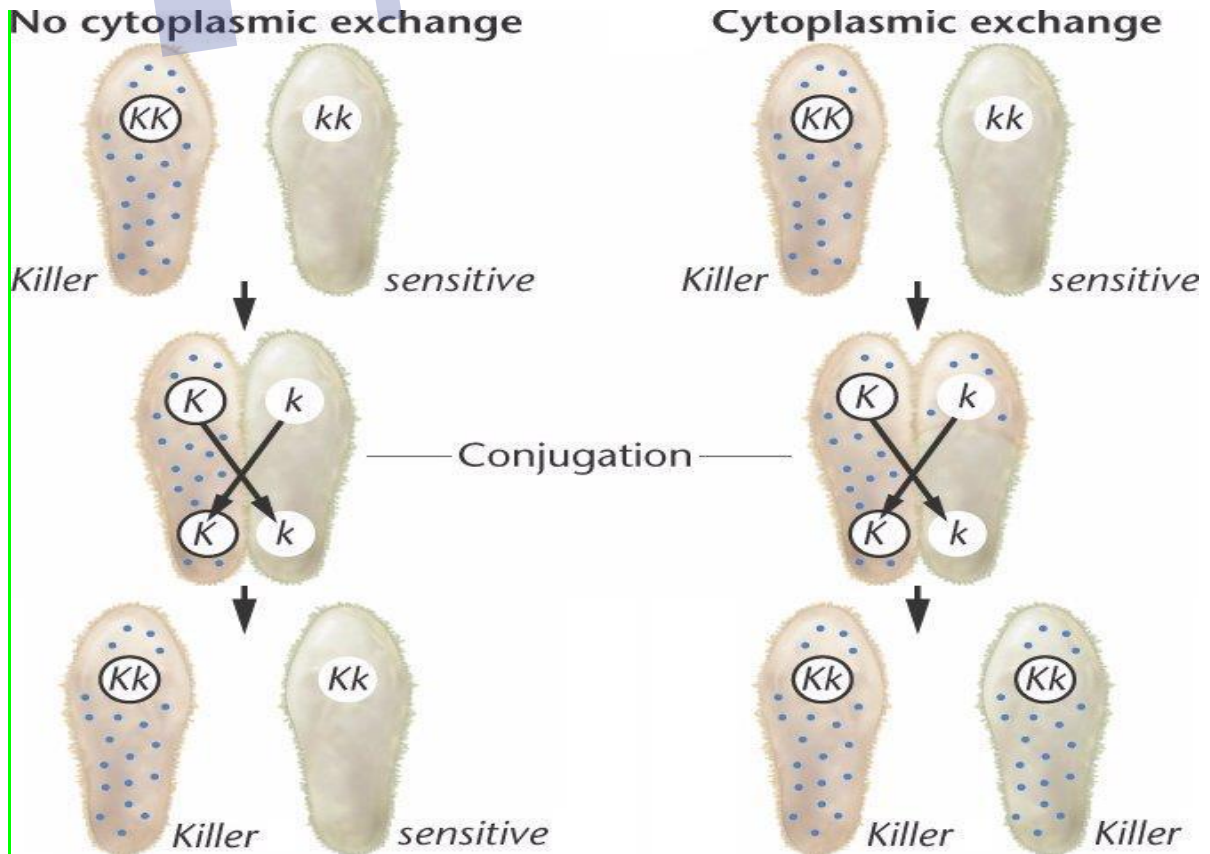
- فعندما يقترن فرد قاتل *KK* بأخر حساس *kk* في ظروف ملائمة (وذلك لتجنب قتل الفرد الحساس) يتم تبادل المادة النووية دون أن يحدث تبادل في السيتوبلازم (أي أن فترة الاقتران

قصيرة). وبعد انتهاء الاقتران يعطي الفرد الحساس سلالة حساسة تحمل الأليل النووي السائد في الحالة الهجينة أو متباينة الزيجة Kk لكن تنقصها بكتريا كابا، كما يعطي الفرد القاتل سلالة قاتلة Kk تحمل الأليل السائد وبكتريا كابا مما يدل على ان صفة القتل لا تورث عن طريق النواة وأن السلالة الناتجة من الفرد القاتل ترث بكتريا كابا بينما لا ترثها سلالة الفرد الحساس لأنه لم يحدث انتقال للسايتوبلازم . وبما أن المحتويات النووية متماثلة في كلا الحالتين، فلا بد أن يعزى الاختلاف إلى التبادل السيتوبلازمي أثناء عملية الاقتران بين القاتل والحساس. يسمى العامل اللازم لصفة القتل بعامل Kappa الذي يمكن أن ينتج ذاتياً بوجود الجين K. يمكن إثبات ذلك من دراسة المستعمرات kk الناتجة عن التزاوج $kk \times Kk$ ، فعندما تكون مدة الاقتران طويلة فان المستعمرات الناتجة تكون حاملة لكابا وتكون قاتلة لكنها تفقده بعد فترة وتصبح حساسة لأنها لا تستطيع إنتاج هذا المادة. فضلاً عن أن كابا لا يمكن أن ينشأ مع وجود الجين K إذا كانت مدة الاقتران قصيرة، لذا فإن كابا هي جزيئات تعرف بالجينات البلازمية Plasmagenes وأنها ذات صفات خاصة وتحتوي على الحمض النووي DNA، وهي تتكاثر ذاتياً إلا أنها تعتمد على وجود الجين النووي K، الذي يعتقد انه ينتج عامل كيموحيوي ضروري لنمو وتكاثر كابا.

- وعندما تطول فترة الاقتران بين السلالتين القاتلة والحساسة يتم تبادل كمية كبيرة من السايتوبلازم بين الفردين المقترنين اضافةً الى تبادل المادة النووية، وبعد اكتمال الاقتران تنتج سلالتان قاتلتان مما يدل على ان صفة القتل تورث عن طريق السايتوبلازم .

يظهر مما تقدم أن القدرة على بناء المادة القاتلة تكمن في بكتريا كابا وإن وجود هذه البكتريا يخضع لسيطرة المورثات النووية لأن بكتريا كابا لا يمكن أن تتكاثر إلا إذا وجد الأليل النووي السائد K في النواة.

أما السلالة الحساسة فإنها تحمل الأليل النووي السائد في الحالة متباينة الزيجة Kk لكن تنقصها بكتريا كابا.



3- التأثير الناتج عن وجود الأحماض النووية في الميتوكوندريا والكلوروبلاست

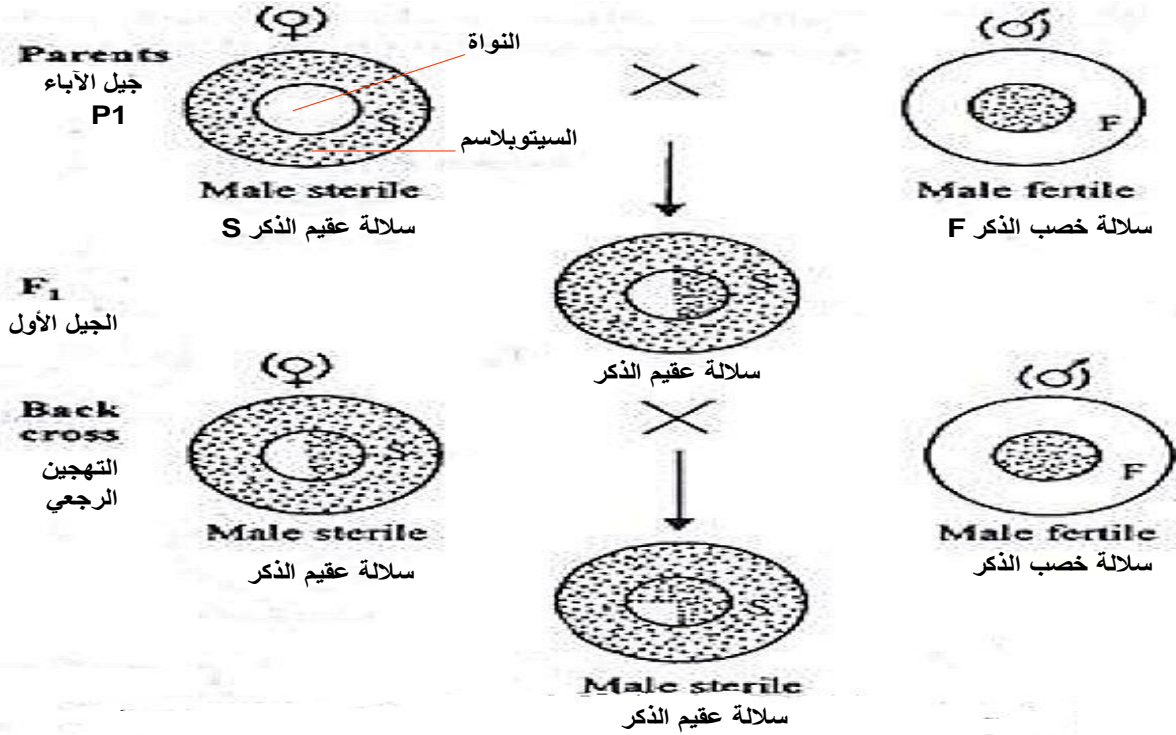
تحتوي بعض عضيات الخلية مثل الميتوكوندريا والكلوروبلاست على أحماض أمينية مستقلة في أنماطها الوراثية عن النمط الوراثي لـ DNA النواة، وتؤثر هذه الأحماض النووية أحياناً على النمط المظهري للكائن الحي.

مثال: العقم الذكري السيتوبلاسمي في الذرة

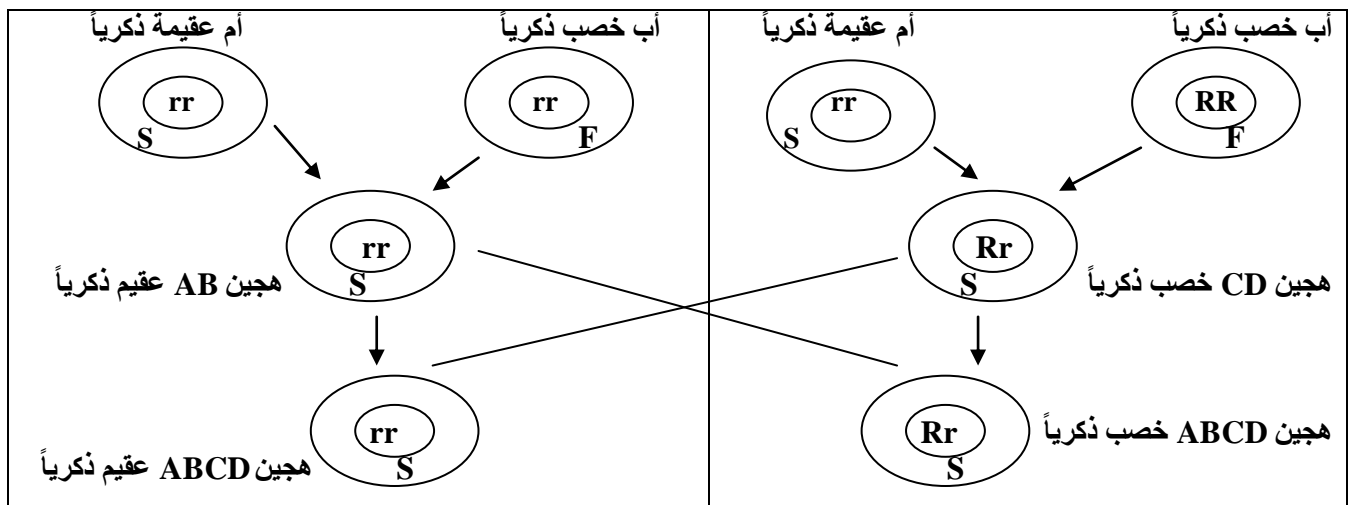
عرف العالمان and Crane و Lawrence العقم بصورة عامة بأنه الحالة التي يكون فيها عدم تكوين البذور راجعاً إلى عدم قدرة حبوب اللقاح أو البويضات أي الجاميطات المؤنثة والجاميطات المذكرة من القيام بوظائفها في عملية الاخصاب بسبب عدم حيويتها، لأن أي نقص في تكوين أي عضو من الأعضاء التناسلية قد يسبب حالة العقم. وقد يحدث العقم أيضاً عند إجراء التهجين بين الأنواع أو الأجناس فنجد أن السبب هنا هو اختلاف أعداد الكروموسومات بين الأنواع أو الأجناس المستخدمة في التهجين حيث أن الكروموسومات لا يمكنها الازدواج أثناء الانقسام الاختزالي. أما العقم الذكري Male Sterility يقصد به عدم تكوين أعضاء التذكير في الزهرة أو عدم اكتمال تكوينها تكويناً كافياً مما يسبب عدم تفتح المياسم وبالتالي عدم انتشار حبوب اللقاح. وسببه ان الخلايا التناسلية الذكرية (الجاميطات الذكرية) تكون غير فعالة مما ينتج عن ذلك عدم استطاعة النباتات العقيمة من إنتاج البذور من دون استعمال ملحقات خارجية، والعقم الذكري صفة وراثية ذات قيمة اقتصادية كبيرة، حيث يمكن لمربي النبات ان يستغل هذه الظاهرة في إنتاج هجن الجيل الأول بسهولة ويسر لأنه يوفر عليه مشقة عملية الخصي والتي تعني ازالة اعضاء التذكير (المتوك) من الزهرة المراد تلقيحها وجعلها ام في عملية التهجين، وكذلك يقلل من تكاليف إنتاج الهجن. وبصورة عامة يمكن اعتبار العقم الذكري عملية خصي وراثي طبيعي للنبات. يتحكم بالعقم الذكري عوامل متعددة منها ما هو وراثي ومنها ما هو سيتوبلاسمي أو يكون نتيجة التفاعل بين العوامل الوراثية والسيتوبلاسمية.

ينتشر العقم الذكري السيتوبلاسمي في عدد كبير من الأنواع النباتية كالذرة و الشعير والقمح والبصل والبنندورة والخوخ والكتان وغيرها. ولقد اكتشفت ظاهرة العقم الذكري السيتوبلاسمي في الذرة الصفراء في بدايات القرن الماضي من قبل الباحث الروسي Khadgina والباحث الأمريكي Rhoades ونبات الذرة الصفراء ثنائي الجنس وحيد المسكن يحمل النورة المذكرة في قمة النبات بينما يحمل النورات المؤنثة في أباط الأوراق.

عند تلقيح نبات لا يعطي حبوب الطلع (عقيم الذكر) بحبوب طلع طبيعية مأخوذة من نباتات عادية، فإن النسل الناتج في معظم الحالات يكون ذا حبوب طلع عقيمة. وعند إجراء التهجين الرجعي للنباتات حاملة البذور من السلالة العقيمة ذكراً لعدة أجيال حتى يحدث تبادل صبغيات السلالة العقيمة بصبغيات السلالة الخصبة ذكراً، يبقى النسل الناتج عقيم الذكر، بحيث تنتقل هذه الصفة عن طريق السلالة الأم مما يؤكد أن توريث هذه الصفة يتم عن طريق عامل سيتوبلاسمي.



يرمز للسيتوبلازم المسبب لعقم حبوب اللقاح بالرمز S، كما يرمز للسيتوبلازم في النباتات خصبة الذكر بالرمز F. كما أن للطابع الوراثي للنباتات تأثير محدد في عمل السيتوبلازم العقيم، إذ وجد أن النواة تضم مورثات مسؤولة عن إعادة الخصوبة لحبوب الطع ويرمز لمورثات إعادة الخصوبة R، وهي تؤثر في العامل السيتوبلازمي S، وتوقف عمله وبالتالي فإن النبات يعطي حبوب لقاح خصبة. يمكن للعامل السيتوبلازمي S أن يسبب عقم حبوب اللقاح فقط عند وجود مورثات r متتحة في النواة بحالة أصيلة وراثياً rr ولا يسبب هذا العامل السيتوبلازمي عقمًا ذكرياً عند وجود مورثات R في النواة بحالة خليطة أو أصيلة وراثياً (RR - Rr) بسبب خصوبة حبوب اللقاح.



آلية توريث العقم السيتوبلازمي إلى النسل بوجود المورثة المرجعة للخصوبة R

انتهت المحاضرة
