

مقدمة في تطور وتاريخ علم الوراثة

أولاً- التعريف بعلم الوراثة :

عرف علم الوراثة في اوائل القرن العشرين بأنه العلم الذي يبحث في اساسيات التشابه والاختلاف Variation في الصفات بين الافراد الذين تربطهم صلة قرابة . أي انه العلم الذي يدرس العلاقة بين الاجيال المتعاقبة المسؤولة عن اسس التوريث Heredity.

ولكن هذا التعريف يعتبر حالياً غير شامل لمحتويات هذا العلم نتيجة لتشعبه وتطوره السريع وشموله كل ما يتعلق بالمادة الحية (الوراثية) التي تنتقل بين الاجيال من حيث :

أ- معرفة المادة الوراثية وتركيبها ووتحديد اماكن وجودها وكيفية تنظيمها .

ب- طريقة تكوين المادة الوراثية وكيفية انتقالها بين الأجيال وتطورها بمرور الزمن تلقائياً او صناعياً

ج- كيفية عمل المادة الوراثية وتأثيرها في صفات الكائن الحي .

د- كيفية توزيع الاختلافات في العشائر الاحيائية وتأثير عوامل البيئة والتكوين عليها .

وأستناداً على ذلك فلتعريف المقبول حالياً لعلم الوراثة ((هو العلم الذي يدرس كل مايتعلق بالمواد الحية التي تنتقل بين اجيال الكائنات الحية أي المادة الوراثية)) .

ويتعتبر علم الوراثة من أحدث العلوم اليايولوجية لان مولده جاء في بداية القرن العشرين عند اكتشاف قوانين مندل . وخلال النصف الثاني من القرن العشرين وضعت دعائم علم الوراثة واكشفت قوانينه المختلفة وأثبتت الحقائق العلمية المتعلقة بها مكونة ما يعرف بالوراثة التقليدية Classical Genetics، وفي النصف الثاني من القرن السابق شهد علم الوراثة تقدماً كبيراً لم يشهده غيره من العلوم مكوناً ما يعرف بالوراثة الحديثة Modern genetics . وقد تشعب علم الوراثة وتفرع بحيث أصبح بالإمكان اعتبار أي من فروع علم الوراثة مستقلاً بذاته ومن أهم فروع ما يلي :

- 1- الوراثة السائتولوجية Cytogenetics
- 2- وراثة العشائر Population Genetics
- 3- الوراثة الكمية Quantitative Genetics
- 4- الوراثة التكوينية Development Genetics
- 5- الوراثة الفسيولوجية Physiological Genetics

كلية الزراعة / جامعة ديالى

- 6- الوراثة الإشعاعية Radiation Genetics
- 7- وراثة الطفرات واستحداثها Mutagenesis
- 8- وراثة الأحياء الدقيقة Microbial Genetics
- 9- الوراثة والكيمياء الحيوية Biochemical
- 10 – وراثة المناعة Immune Genetics
- 11- الوراثة التطبيقية Applied Genetics
- 12- الوراثة الجزيئية Molecular Genetics
- 13- الهندسة الوراثية Engineering Genetic

ولاشك أن هنالك تداخلا بين هذه الفروع كما انه لا يوجد من المختصين في الدراسات الوراثية من يمكنه الإلمام بكل هذه الفروع والاتجاهات . ويعتبر علم الوراثة علما أساسيا يعتمد على إجراء التجارب وتحليل النتائج واستنباط القوانين وإثباتها لذلك فهو يحتاج بلوره إلى الإلمام الجيد بكثير من العلوم الأساسية إلى يعتمد عليها مثل علوم الكيمياء بكافة فروعها وعلوم المورفولوجيا مثل التشريح والاجنة والانسجة وكذلك فهو يحتاج الى علوم الفيزياء والرياضيات وعلوم البيئة واخيرا فهو يحتاج وبصورة لاغنى عنها الى علوم الاحصاء الوراثي وتصميم التجارب .

ثانيا :- اهمية العلوم الوراثية :

من الحقائق المؤكدة انه قبل ان يبدأ الانسان تساؤله عن الوراثة والتوريث ، فان الآلية الوراثية كانت تعمل في الطبيعة وبصورة فعالة. والسؤال الذي يبرز هنا هو كيف ولماذا اكتشفت مثل هذه الآلية ، فالمعروف حالياً أن المجتمعات النباتية والحيوانية قد بنت امكانية ذاتية للثبات والتغير والذان يعتمدان على الوراثة ، وقد اصبح التغير الذي حصل من خلال اليات معينة وعند فترة طويلة من الزمن ما يعرف بالتطور Evolution للمجتمعات الحية (الكائنات الحية) .

ثم تدخل الانسان ليتم انجاز الكثير من التغيرات الوراثية وتحويرها لخدمة البشرية فقد تم استئناس الكثير من النباتات البرية والحيوانات عن طريق التربية بالانتخاب أو بالتهجين، وقد اصبح لعلم الوراثة تطبيقات علمية هامة في مجالات الزراعة والطب والاجتماع .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ان علم الوراثة من اهم ركائز النهوض بالانتاج الزراعي عن طريق استخدامه في انتاج سلالات عالية الانتاج من ناحية الكمية والنوعية للنباتات والحيوانات على حد سواء، كما يستخدم هذا العلم للحصول على حشرات نافعة والحصول على بكتريا وفطريات تتميز بانتاج عال من المضادات الحيوية . وفي مجالات الطب لم يقتصر علم الوراثة على دراسة المسببات الوراثية لبعض الامراض مثل امراض العيون والجلد والامراض العصبية والنفسية والاجرام بل تعداه الى استعماله في مجال اثبات الابوة والبنوة عن طريق دراسة مجاميع الدم وراثيا . كذلك استعملت القوانين الوراثية في دراسات الاجتماع والتاريخ وتحسين الجنس البشري عن طريق معرفة اثر التزاوج بين الاقارب او التحكم في تزاوج بعض اصحاب الامراض الوراثية .

وقد اصبح لعلم الوراثة اهمية كبيرة من الناحية العلمية نتيجة لارتباطه بغيره من العلوم التي تثر بها او اثر عليها وساهم في تطويرها . ان علاقة علم الوراثة بعلم الخلية مثلا ساعد على تفهم وشرح بعض نظريات النشو الذاتي ووضع اسس جديدة لعلم التصنيف Taxonomy و علم البيضة و علم الفسلجة والكيمياء الحياتية والبكتريا والاحصاء الوراثي وغيرها .

ثالثا :- بعض نظريات فكرة التوارث القديمة والحديثة حسب تطورها الزمني :

1- نظرية التخلق (النشو) الذاتي Spontaneous generation theory

ومفادها انه مرت على الارض فترات من الزمن كان فيها الناس يعتقدون بالخرافات والاساطير القائلة بان جميع الاحياء يمكن ان تنشأ من اشياء اخرى كالأشجار والحيوانات والصخور كما انها يمكن ان تعود الى اجسام طبيعية او جمادات موجودة في الكون، لم يكن هذا اعتقاد الناس البسطاء فقط بل ان اشهر الفلاسفة مثل ارسطو عام 384 ق.م لم يتردد بالقول انه ليس النبات فقط بل حتى الاحياء المعقدة مثل القراد والبعوض والذباب والقواقع والاحياء الاخرى يمكن ان تنشأ من المواد المتفسخة .

2- نظرية التخلق المسبق (السبقي) Preformation T. :

وتسمى بنظرية سبق التكوين، ومفادها ان جميع الكائنات الحية توجد بشكلها الطبيعي العادي ولكن بحجوم متناهية في الصغر داخل الخلايا الجنسية لذلك اعتقد بعض اصحاب هذه النظرية ان الانسان يوجد بشكله الطبيعي ولكن صغير جدا داخل الحيمن وان الحيمن هو الذي سيعطي الفرد الجديد وهو الذي يقوم بنقل الصفات وسميت هذه المجموعة من العلماء Animaleulists (الحيمنيون) والى جانب ذلك كانت هناك مجموعة اخرى من العلماء تدعى ال-Ovists أي البيضيون والتي تعتقد في كون البويضات هي المسؤلة عن نقل المادة الوراثية لانها تحقوي على الانسان المصغر بداخلها وان السائل المنوي وظيفته ادمة نمو البيضة .

3- نظرية التخلق المتعاقب Epigenesis T. :

اوجد هذه النظرية كل من Wolf و 1737 Vonbear م حيث اعتقد بان تطور الكائن الحي يحتاج الى عمليات معقدة وليس فقط الى عملية النمو بسيطة . فعلمية النمو تتكون من شقين هما زيادة حجم الاعضاء الموجودة وظهور اعضاء جديدة لم تكن موجودة مسبقا في الكائن الحي . لقد اعتقد Wolf ان ظهور الاعضاء الجديدة للجنين تعود الى قوة غيبية مجهولة في الرحم تساعد على ظهورها .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

4- نظرية توريث الصفات المكتسبة : Aquired characters T.

تبنى هذه النظرية العالم الفرنسي لامارك Lamark 1832 م الملقب بابي التطور الطبيعي Natural Evaluation و محتوى هذه النظرية ان اعضاء الجسم تتحور وتتطور بتأثير عوامل البيئة المحيطة بها لتلائم ما تقوم به وظائف وان هذه الصفات المكتسبة تتورث وتنتقل من جيل الى اخر. وبتعبير اخر فان هذه النظرية تقول ان اعضاء الجسم تنمو نتيجة لاستعمالها وتضمحل نتيجة لاهمالها او لعدم استعمالها وان هذا الاستعمال او الاهمال هو المسؤول عن ظهور او ضمور الاعضاء وان التغيرات في صفات الفرد نتيجة الاستعمال او الاهمال تورث الى ابناءه .

5- نظرية شمولية التكوين : Pangenesis

وضع هذه النظرية العالم البيولوجي Darwin (دارون) وتفترض هذه النظرية ان كل خلية من خلايا الجسم تنتج مشابهاً او جسيمات مصغرة تنتقل الى المبايض او الخصى عن طريق الدم ثم تتجمع في الكامينات وعندما تتحد الكامينات المذكرة والمؤنثة وتتكون اللاقحة (الزايكوت) والتي تعطي الفرد الجديد تتجمع الجسيمات المتخلفة وتعطي خلايا وانسجة متشابهة لانسجة الآباء وقد اثبت لاحقا خطأ هذه النظرية .

6- نظرية الاحتواء : Encapsulation T.

وضع هذه النظرية العالم Bonvet ومفادها ان الام تحتوي على اصول او جراثيم Germs لكل ابنائها واحفادها وهكذا فمثلا اعتقد هذا العالم ان امنا حواء كان في مبايضها كل جراثيم الافراد التي ظهرت والتي ستظهر على مدى الزمان على شكل صناديق داخل صناديق وكل ام تورث بقية الصناديق بعد ان تكونت هي من الصندوق الخارجي وهكذا.

7- نظرية الخلية : Cell Theory

اقترح كل من شوان Shawn و شلايدن Shleiden 1855م ان تكون نظرية الخلية اساساً لعملية التكاثر والتوارث في الكائنات الحية وتفترض هذه النظرية ان كل كائن حي يتكون من خلية واحدة او اكثر وان الخلايا لا تأتي الا من خلايا حية سبقتها في التكوين فمثلاً جسم الانسان، خلاياه كلها تأتي من البيضة المخصبة نتيجة الانقسامات الجسمية المتتالية وبهذه المرحلة وصل عالم الوراثة مرحلة العصر الحاضر من شمول وتعقيد وتعدد .

8- نظرية النسيج الجنسي: Germoplasm T.

اوجد هذه النظرية العالم وايزمان 1843 م حيث قسم جسم الكائن الحي إلى أنسجة جسمية وأخرى جنسية والأنسجة الجنسية تكون الخلايا الجنسية Gametes و الخالصة بعملية التكاثر و الأنسجة الجسمية تكون خلايا الجسمية الداخلة بعملية النمو Growth . ويعتبر ايزمان اول من دحض نظرية الصفات المكتسبة باستعمال تجاربه الشهيرة على الفئران .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

9- النظرية الكروموسومية في الوراثة :

وهي نظرية اشترك في وضعها العديد من العلماء فهي حصيلة الانجازات العلمية المتلاحقة في مجال علم الوراثة بعد إعادة اكتشاف قوانين مندل 1900 م ولكن يعود الفضل في وضع أساسها الاول الى العالم (فيلهلم رو 1883) حينما اقترح أن كروموسومات النواة هي الحاملة للعوامل الوراثية وهي عبارة عن أجسام منتظمة في صفوف على طول الكروموسوم وسميت بعدها بالجينات ، وكل كروموسوم يحمل مجموعة منها وهي تتوارث عليه سوية من جيل لآخر .

رابعاً : تطور علم الوراثة :

1- اكتشاف الجنس في النبات :

في السابق لم يكن الجنس معروفاً لدى الكثير من الناس، أي لم يعرفوا الذكر من الأنثى لكثير من الاحياء، لكن في العراق عرف ذكر النخيل من انثاه ، ولم تكن هناك تجارب علمية في هذا الحقل . الى ان جاء العالم كاميرارس 1694 Camerarius والذي عمل على نبات التوت و نبات الخروع والذرة حيث أزال أعضاء التانيث ولاحظ عدم تكون الحبوب ثم بعد ذلك استطاع أثبات ضرورة انتقال أشياء معينة من الذكر إلى الأنثى لكي تكون بنور وثمر .

2- التهجين بين النبات :

أول من عمل في هذا المجال 1717 Fairchild ثم 1760 Koelreuter والذي عمل الكثير من التهجينات ولانواع وأصناف مختلفة من النبات وكذلك فهو درس الافراد الناتجة من التهجين ، وشاهد أن الإبناء التي تنتج تكون صفاتها تتشابه الصفات الإباء وبعضها تتفوق عليها .

3- التهجين العكسي: Reciprocal crosses

وهو أن تستعمل احد الصنفين كاب مرة وأم في المرة التالية وهذا يستخدم لمعرفة تأثيرات الام الوراثة أو مايعرف بالوراثة السايوبلازمية .

ثم جاء العالم 1825 Gantener م وعمل آلاف التهجينات والتي شملت 700 نوع نباتي وأستطاع الحصول على حوالي (250) هجين مميز ، أمكن الاستفادة منها وفاز بذلك على جائزة من أكاديمية العلوم الهولندية .

ثم لاحظ العديد من العلماء ظاهرة السيادة أي أن الفرد الهجين يحمل صفة أحد الإباء (الصفة السلدة) ولاحظوا الأنعزالات Segregation وهو ظهور صفات الأبوين في الجيل الثاني وهذا يعني أن السيادة والانعزال اكتشفا قبل مندل والذي اكتشفت قوانينه سنة 1866 م والتي أهملت في البداية ثم اعيد اكتشافها في بداية القرن العشرين من قبل كل من النمسلوي Van Tschermak والهولندي De Vries والالمانى Gorrens كل على انفراد سنة 1900 م وفي هذا التاريخ بدأ علم الوراثة .

الماضرة الثانية

الأساس السايولوجي للوراثة المنديلية

انقسام الخلية : Cell Division

يتوقف نمو الكائن الحي على ازدياد عدد الخلايا نتيجة انقسامها المتتالي وكذلك على زيادة حجمها، وفي الكائنات متعددة الخلايا Multicellular organism ينمو الفرد حتى يصل الى حجمه الطبيعي عند البلوغ نتيجة لهذه العمليات بالإضافة الى تمايز الخلايا (Differentiation) عن بعضها في الشكل الوظيفة اثناء النمو من خلية أحادية (البيضة المخصبة) حتى الفرد البالغ.

يعد انقسام الخلية وسيلة من وسائل التكاثر في الكائنات الوحيدة الخلية Organisms Unicellular وفي كثير من الأحيان يعد الوسيلة الوحيدة. تعتمد الكائنات الحية التي تتكاثر جنسيا على انقسام الخلية لتكوين الكميات (الأمشاج) ويشمل انقسام الخلية المحتوية على نواة على انقسامين متميزين ومتكاملين مع بعضهما تماما وهما :

1- انقسام النواة Karyokinesis

2- انقسام السايوبلازم Cytokinesis

لايبدأ انقسام السايوبلازم إلا بعد بداية انقسام النواة وقد يتأخر إلى حين إتمام انقسام النواة وقد لا يحدث على الإطلاق. وهناك نوعان من الانقسامات النووية هما :

1- الانقسام الخيطي (الانقسام غير المباشر) Mitosis ويحدث في الخلايا الجسمية او الخضرية .

2- الانقسام الاختزالي (الانقسام المنصف) Meiosis يحدث في الخلايا الجنسية ويقود الى تكوين الكميات (الخلايا التناسلية) في الكائنات الحيوانية والنباتية التي تتكاثر جنسيا .

دورة الخلية المتطورة Eukaryotic Cell Cycle:

ويقصد بدورة الخلية سلسلة من المراحل من نهاية انقسام خيطي (اعتيادي) Mitosis الى نهاية انقسام خيطي اخر. وتكون بالتتابع $G1 \rightarrow S \rightarrow G2 \rightarrow M$ حيث يرمز الحرف G لفترات النمو growth و S لفترة التخليق synthesis و M للانقسام الخيطي، والمرحلة التي تبدأ من نهاية انقسام خيطي الى بداية انقسام خيطي اخر تعرف بمرحلة النور البيني interphase cycle ويختلف طول هذه الفترة حسب نوع الكائن الحي

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ودرجة نضجه وعلى نوع النسيج الذي تنتمي إليه الخلية وعلى الظروف البيئية الأخرى المحيطة بها. وتعرف مرحلة الدور البيئي بأنها مجموعة الأنشطة التي تحدث في الخلية ما بين نهاية انقسام خلوي وبداية الانقسام الذي يليه وتشمل على: $G1 \rightarrow S \rightarrow G2$ من السلسلة المذكورة انفا .

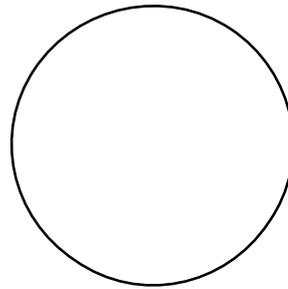
ويمكن تقسيم دورة الخلية الى الفترات الآتية :

1- فترة النمو الأولى (G1) First growth stage :

تعرف هذه المرحلة بمرحلة النمو والتمثيل ، فالنواة والساييتوبلازم يكبران ويقتربان من حجمهما الطبيعي ، وتكون الكروموسومات ممتدة باقصى درجات الامتداد والاستطالة داخل النوة، ويتم تخليق البروتين في هذه الفترة وتستغرق من 30-40% من مدة الدور البيئي ، وقد تختفي هذه الفترة كما في الخلايا سريعة الانقسام في المراحل الاولية لنمو أجنة الثدييات كما قد تكون طويلة جداً كما في خلايا جنور الذرة الناضجة حيث تستغرق أكثر من 150 ساعة .

2- فترة التخليق او التكوين Synthesis stage :

يتم في هذه الفترة تخليق الحامض النووي DNA وكذلك الهستونات Histones . وفيها تزودج الكروموسومات طويلاً ويكون كل كروموسوم مكوناً من كروماتيدتين Two chromatids . وتستغرق هذه الفترة من (35-45%) من الدور البيئي وتمثل أطول فترة فيه كما موضح في الشكل التالي:



3- فترة النمو الثانية (G2) second growth stage :

تكون هذه الفترة اقل وضوحاً من فترة النمو الأولى ، ويستمر فيها نشاط تكوين البروتين وتكون مدتها قصيرة فتبلغ 10-20% من الدور البيئي.

كلية الزراعة / جامعة ديالى

4- فترة الانقسام الخيطي (الانقسام غير المباشر) Mitosis :

وهي الفترة التي يتم فيها انقسام الخلية وتتكون من أربعة مراحل أو أوارهي : التمهيدي Prophase والاستوائي metaphase والانفصلي anaphase والنهائي telophase .
ان فترة الانقسام الاعتيادي (M) هي قصيرة نسبياً (كما في الشكل أعلاه) إذا ما قورنت بالفترات الأخرى لدورة الخلية .

ان طول فترة النمو الأولى (G1) هو الأكثر تبايناً للنوع الواحد من الخلايا قياساً بأطوال الفترات الأخرى وذلك لاعتمادها على الظروف البيئية ، فعندما تكون العناصر الغذائية نادرة أو قليلة مثلاً تبقى الخلية في حالة توقف عن النمو stationary وعن الفعاليات الحيوية وتبقى في فترة (G1) الى حين توفر العناصر الغذائية . وبصورة عامة تكون فترتي التخليق (s) والانقسام الاعتيادي (M) من أهم الفترات ، وطوليهما الأكثر ثباتاً حيث يتم فيها تخليق الـ DNA وفيهما تتضاعف الكروموسومات وتوزع وتنفصل الكروموسومات المتضاعفة الى الخلايا البنوية (الخلايا الناتجة) .

الانقسام الخيطي (غير المباشر) Mitosis :

عام 1883 أشار فلمنك Flemming إلى التغيرات التي تسلكها النواة خلال الانقسام لتكوين نواتين شقيقتين ، وأطلق اسم كروماتين Chromatin على أجزاء النواة القابلة للاصطبغ . تنفصل الكروموسومات (الصبغيات) طولياً في أثناء انقسام الخلية ويتم هذا الانقسام في خلايا كافة الحيوانات والنباتات الرقيقة لزيادة عدد خلايا الجسم اللازمة للنمو أو لتعويض الخلايا وترميم الأنسجة . يتضمن الانقسام الخيطي انقسام النواة Karyokinesis والساييتوبلازم Cytokinesis . وإذا حدث انقسام النواة دون ان يتبعه انقسام الساييتوبلازم ينتج عن ذلك خلية عديدة النوى coenocytes كما في الفطر الغروي slime mold وإذا افتقدت الخلايا الى جدار الخلية كلياً ظهر نسيج يتكون من كتلة بروتوبلازمية فيها نوى متعددة كما في العضلة المخططة striped muscle وتدعى هذه الحالة syncytium .

يطلق على الانقسام الخيطي (غير المباشر) أيضاً اسم انقسام الخلية الجسدية Somatic cell division ويمر الانقسام الخيطي بأوار متتالية هي :

1- الدور التمهيدي prophase :

يبدأ الدور التمهيدي للانقسام الخيطي بنهاية فترة النمو الثانية (G2) حيث يبدأ حجم النواة بالزيادة وتظهر الكروموسومات (الصبغات) موزعة عشوائياً فيها ومزدوجة طولياً ويسمى كل من نصف كروموسوم كروماتيدة Chromatid أو جديلة ، ويكون الكروماتيدان ملتصقين بواسطة السنتروميير Centromere مركز الكروموسوم (الصبغي) . ويبدو السنتروميير في النواة المصبوغة منطقة صغيرة رقيقة نسبياً وكروية الشكل . تزداد الكروموسومات في التثخن والقصر نتيجة تحلزن Coiling الكروماتيدات الشقيقة حول نفسها . ويعد قصر الكروموسومات وتثخنها من أهم سمات هذا الدور .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

يبدو السنتروميير إذا فحص بالمكروسكوب الاليكتروني منطقة غامقة ومعقدة التركيب بداخلها مركزان يعرف كل منهما باسم مركز حركة الكروماتيد أو خيط الكروموسوم Kinetochore ، ويوجد مركز واحد لكل كروماتيدة شقيقة ، وتتصل خيوط المغزل Microtubules spindle بمركز حركة خيط الكروموسوم . ولمنطقة السنتروميير اهمية كبيرة فإذا انكسر الكروموسوم نتيجة المعاملة ببعض الكيميلويات او الأشعة السينية x-rays فان شظايا الكروموسوم غير المحتوية على السنتروميير fragments a centric تبقى في الساييتوبلازم لعجزها عن الحركة لذا تفقد نهائيا.

يبدأ الجسم المركزي Centro some بالازدواج وتبدأ النوية nucleolus بالاختفاء التدريجي حيث تختفي نهائيا في نهاية الدور، وقد تبقى في بعض الحشائش والاشنات ، حيث تتوقف عن العمل وتطرح في الساييتوبلازم. أن تحلل واختفاء غشاء النوية unclar membrane يبدأ في هذا الدور ولا تعرف ميكانيكية هذا الاختفاء بصورة كاملة ولكن يعتقد اكثرالعلماء أن ذلك يحدث نتيجة عملية أنزيمية بدليل تراكم الميتاكوندريا حول غشاء النوية في خلايا الحيوانية أما باجير(1968) Bajer فيعتقد أن سبب اختفاء غشاء النوية يعود إلى الشد والضغوط التي تسببها خيوط المغزل.

وبتقدم هذا الدور يبدأ جدار النوية بالاختفاء ويتكون المغزل spindle وملحقاته ويسمى جهاز الانقسام الخيطي (الاعتيادي) ، وهو يشغل معظم الحيز داخل الخلية ، ويتكون جهاز الانقسام الخيطي من أنابيب رفيعة جداً تعريف باسم الألياف المغزلية microtubules التي يتراوح قطرها بين 15 — 30 نانوميتر وبترتيب مواز للمغزل وتكون بثلاثة أشكال وهي الألياف المستمرة continuous fibers وتمتد من احد أقطاب المغزل إلى القطب الأخر، والألياف الكروموسومية وتمتد من احد قطبي المغزل إلى مركز حركة خيط الكروموسوم أو الكروماتيد. وشكل ثالث لوحظ من قبل بعض الباحثين وتدعى الألياف المركزية interzonal fibers وتكون بين السنترومييرات للكروموسومات المفصولة والمتجهة إلى قطبي الخلية ويكون ذلك في آخر الدور الانفصالي.

وتتركب الألياف المغزلية من 90% بروتين والقليل من الحامض النووي الرايبوزي RNA (حوالي 5%) وكمية قليلة من السكريات متعددة Polysaccharides و lipids وشحوم ، وفي نهاية هذا الدور تتحرك الكروموسومات المزدوجة إلى المستوى الوسطي midplane للمغزل ويطلق على هذه الفترة ما قبل الاستوائي prometaphase أو metakinesis . ان الدور التمهيدي يستغرق معظم وقت الانقسام الخيطي في غالبية الكائنات الحية .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

2- الدور الاستوائي Metaphase :

يختفي كليا الغشاء النووي وتظهر خيوط المغزل spindle بوضوح في هذا الدور على الرغم من ان بداية تكونها كان في نهاية الدور السابق وبداية الدور ما قبل الاستوائي ومن أهم مميزات هذا الدور ان الكروموسومات (الصبغيات) ترتب نفسها بحيث تشمل المستوى الوسطي (الاستوائي) للمغزل ، وتكون السنترومييرت موجودة في هذا المحور الاستوائي في حين تتجه اذرع الكروموسومات في اي اتجاه كان . وفي هذا الدور تصل الكروموسومات لى أقصى درجات القصر والثخن الممكنة. وتبقى الكروماتيدات الشقيقة sister chromatids

ملتصقة معاً بواسطة ألياف الكروماتين chromatin fiber التي تربط منطقتي السنتروميير مع بعض .

يعد هذا الدور انسب المراحل لدراسة الكروموسومات والتعرف على شكلها الخارجي وعلى العدد الحقيقي لها ولاسيما عندما تفحص لخلية من احد اقطابها . وباستعمال المايكروسكوب الالكتروني اتضح أن ما يسهل عملية انفصال الكروماتيدات الشقيقة عن بعضها في الدور الانفصالي anaphase هو اتجاه مركز حركة خيط الكروموسوم kinetochore الخاص بإحدى الكروماتيدات الشقيقة لأحد الأقطاب في حين مركز حركة خيط الكروموسوم الخاص بالكروماتيدة الأخرى الشقيقة يواجه القطب الأخر.

3- الدور الانفصالي Anaphase :

وفي بداية هذا الدور ينقسم السنتروميير وتنفصل الكروماتيدين الشقيقين (جديلتي الكروموسوم) وتتجه كل واحدة إلى قطب يخالف الذي تتجه إليه الكروماتيدة الأخرى، وعند انفصال الكروماتيدين الشقيقين تعد كل كروماتيدة كروموسوما مستقلاً جيداً تسمى كروموسومت بنتية Daughter chromosomes حيث تنفصلان دائماً عند نقطة الاتصال وهذه النقطة تكون في المقدمة نحو القطب وتجر وراءها ذراعي الكروموسومات البنئية التي لا تستطيع التحرك بدونها، وماذا وجد الكروموسوم بلا سنتروميير فان حركته قد تتبع سيل التيار على طول المغزل او يبقى جسماً خاملاً بالقرب من المنطقة الاستوائية . تتجه الكروموسومات الى قطبي الخلية، حيث ان عدد وشكل الكروموسومات التي تذهب الى احد القطبين تساوي تماماً عدد وشكل الكروموسومات التي تذهب لى القطب الثاني. وعند وصول الكروموسومات البنئية الى قطبي الخلية يكون هذا الدور قد انتهى .

4 - الدور النهائي Telophase :

يبدأ هذا الدور عند وصول الكروموسومات إلى قطبي المغزل وتبدو الكروموسومات بشكل خيوط منفردة Single strands ، وينتهي بتكوين نواتين جديدتين ودخول كل منهما فترة النمو الأولى (G1) من الدور البيني interphase وبعد اكتمال سحب الكروموسومات يبدأ تكوين غشاء نووي جديد من بقايا الغشاء النووي القديم او من مواد مشتقة من الشبكة الاندوبلازمية، أو من مواد مخلقة من مكونات خلوية معينة. ثم يبدأ جهاز الانقسام الاعتيادي بالاختفاء . وتبدأ بعد ذلك النوية بالتكون والظهور بمنطقة جوار تنظيم النوية Unicellular organizer site ثم تأخذ الكروموسومات بالاستطالة وتصبح خيوطاً رفيعة متشابكة ويصعب

كلية الزراعة / جامعة ديالى

التعرف عليها كوحدات مستقلة ، ثم يحدث تضاعف للكروموسومات بحيث يصبح كل كروموسومات مكونا من كروماتيدتين شقيقتين وذلك في فترة التخليق (S) من الدور البيئي Interphase .

انقسام السايوتوبلازم Cytokinesis :

يحدث انقسام السايوتوبلازم في أثناء الدور النهائي من الانقسام الخيطي وبعض الأحيان يبدأ في الدور الانفصالي . في خلايا النباتات الراقية يتم انقسام الخلية بتكوين صحيفة خلوية cell plate عند المستوى الاستوائي للخلية ، ويتم ذلك بتكوين مجموعة من البثرات vesicles في وسط الجهاز الخيطي ثم تلتحم هذه البثرات ابتداء من مركز المغزل لتكوين جسم الفراكموبلاست phragmoplast ، وبذلك تتكون الصحيفة الخلوية خلال جسم الفراكموبلاست ثم تمتد بصورة تدريجية ابتداء من منتصفه لتقسيم الفراكموبلاست الى قسمين ، ثم يختفي جسم الفراكموبلاست وتنمو الصحيفة الخلوية، وتعرف بالصحيفة الوسطى middle lamella التي تتحول الى جدار خلوي نتيجة الترسيبات على جانبيها في كل من الخليتين البنيتيتين . وفي الخلايا الحيوانية يتم انقسام السايوتوبلازم عن طريق حدوث تحضر أو أخدود furrowing يزداد في العمق تدريجياً إلى ان تنقسم الخلية إلى خليتين .

اهمية الانقسام الخيطي significance of mitosis :

الانقسام الاعيادي يؤدي الى إنتاج خليتين جديدتين متماثلتين في محتوياتهما وخاصة المحتوى الكروموسومي كما ونوعا . حيث يتم توزيع الكروموسومات بكميات متساوية تماماً على الخليتين الجديدتين الجسديتين وبطريقة منظمة جيلاً بعد آخر . إن عملية تضاعف الكروموسومات في فترة التخليق (S) من الدور البيئي تنتج كروموسومات جديدة متشابهة في شكلها وفي محتواها من العوامل الوراثية (الجينات) ، وهذا يدل أن الكروموسومات يمكنها أن تقوم بعملية حمل الجينات وان الكروموسومات هي المكون الوحيد التي لها نظام يضمن توزيعها بانتظام وبالتساوي على الخلايا الجديدة ، لذا فهي انصب مكونات الخلية لحمل الجينات وضمان وتوزيعها الى الخلايا الجديدة . وعلى الرغم من توفر بعض الأدلة على أن ميكانيكية الانقسام الخيطي تؤكد موقع الجينات على الكروموسومات ، فلا يزال بحاجة الى بعض البراهين الكيميائية والفيزيائية ، ومع هذا فان نظرية موقع الجينات على الكروموسومات تبدو صحيحة ومقنعة بدرجة كبيرة .

الانقسام الاختزالي (الانقسام المنصف) Meiosis :

تتحد الكميات الذكرية والأنثوية أي الخليتان الجنسيان Sex cells الحاويتان على نصف العدد الأصلي من الكروموسومات بعملية الإخصاب Syngamy لتكوين البيضة المخصبة (اللاقحة) Zygote التي تستلم العدد الكامل من الكروموسومات (2n) أي ضعف عدد الكروموسومات الموجودة في كل كميته. بما أن البيضة المخصبة تتكون من اتحاد نواتي الكميته الذكرية والأنثوية فأنها تحتوي على جميع الكروموسومات الموجودة في نواة الكميته الذكرية والكمية الأنثوية . وكر وموسومات كل كميته تحفظ بخواصها بصورة

كلية الزراعة / جامعة ديالى

مستقلة في البيضة المخصبة نتيجة وجود الكروموسومات في أزواج متشابهة او متناظرة homologous pairs في الخلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية diploid الكميئات تكون أحادية المجموعة الكروموسومية ويعبر عن المحتوى الكروموسومي لها بالرمز (n) .

من المعلوم أن احد أفراد زوج الكروموسومات المتناظرة يأتي من الأب paternal والآخر من الأم maternal فإذا احتوت نواة الحيوان المنوي على كروموسوم طرفي السنترومير Telocentric وله تابع satellite وطوله في الدور الاستوائي خمسة مايكرومترات فلا بد ان تحتوي نواة البيضة على كروموسوم له نفس المواصفات هذه identical chromosome. هذا بالنسبة لجميع الكروموسومات الجسدية autosomes التي تتشابه في الذكور والاناث . لكن الأمر يختلف في الكروموسومات الجنسية Sex chromosome . وبما ان الخلايا النتحبة تحتوي على كل ازواج الكروموسومات الموجودة فيها .

إن عملية الإخصاب تؤدي إلى إجماع كروموسومات كل كميته في نواة البيضة المخصبة ولتعديل تأثير عملية الاتحاد هذه Syngamy لابد من وجود عملية أخرى في مرحلة ما قبل تكوين الكاميئات في نور حياة الكائن الحي تؤدي إلى اختزال عدد الكروموسومات في الكميئات الناتجة إلى النصف (n)، تدعى هذه العملية الانقسام الاختزالي (الانقسام المنصف) meiosis وهو الحدث الوراثي والخلوي الاساسي الثاني في الدورة الجنسية للكلن الحي بعد عملية الإخصاب. يشمل الانقسام الاختزالي على انقسامين متعاقبين لكل واحد منهما ادواره الخاصة، الانقسام الاول يشمل انقسام الكروموسومات النظيرة مؤدياً إلى تكوين نواتين احاديتين المجموعة الكروموسومية (n) . والانقسام الثاني يشمل الانفصال الطولي لكروماديتي كل كروموسوم في كل من النواتين الاحاديتين منتجاً اربع نوى احادية المجموعة الكروموسومية ، وتتكون الكميئات الجنسية بعد انقسام السائتوبلازم .

ان كل خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) يطلق عليها meicyte ، وتكون على وشك الخول في عملية الانقسام الاختزالي والذي يشتمل على الادوار التالية :

اولاً:

الانقسام الاختزالي الاول - 1 Meiosis :

1- الدور التمهيدي الاول - 1 Prophase :

ينقسم هذا الدور إلى مراحل مختلفة متتالية ومتداخلة بلا حد فاصل والسبب هو السلوك المعقد والتغيرات الشكلية للكروموسومات في هذا الدور وهذه الأدوار هي :

كلية الزراعة / جامعة ديالى

أ - الطور القلادي Leptotene stage :

وفيه تبدأ الكروموسومات في الظهور وتبدو واضحة تحت المجهر الاعتيادي كأجسام خيطية رفيعة على الرغم من ان الدراسات الكيميائية والتصوير أشعاعي الذاتي chemical autoradiography studies and اشارات الى ان تضاعف الخيوط الكروموسومية تحدث في فترة التخليق S-Stage في الدور البيئي interphase السابق للدور التمهيدي. هذا ولعدم مشاهدة الكروماتيدات يبدو الكروموسوم خيطا رفيعا مفردا وفي نهاية هذا الدور تقصر وتتخذ الكروموسومات تدريجيا وبما يشبه الانقسام الخيطي .

ب - الطور الاتحادي Zygotene stage :

بعد تثخن الكروموسومات يقترن كل زوج كروموسومي متناظر homologous pairs مع بعضها ويتجاوران بحيث يتوازي محورهما الطوليان ، وتعرف هذه العملية باسم الاقتران synapsis وهي الظاهرة التي يتميز بها الانقسام الاختزالي عن الانقسام الخيطي . وهي عملية دقيقة تتم بين النقاط المتماثلة على طول الكروموسومين ، ويبدو الكروموسوم تحت المجهر مزدوجا طوليا . وهناك تركيب معقد بين الكروموسومات المقترنة synaptnemal complex لتثبيت الكروموسومات المتشابهة اثناء عملية الاقتران وعملية العبور crossing-over ولا يوجد هذا التركيب المعقد في الكائنات الحية التي لا يحدث فيها العبور .

ج - الطور الضلم Pachytene stage :

يبدو كل كروموسوم مكون من كروماتيدتين وبشكل واضح ، والكروموسومان المقترنان يكونان وحدة ثنائية الكروموسوم تحتوي على أربعة كروماتيدات (اربع خيوط كروموسومية) tetrads . وتتبادل الكروماتيدات غير الشقيقة بعض الأجزاء الكروماتيدية (المادة الوراثية) وتدعى هذه بعملية العبور - over crossing . ومما يدل على حدوث هذه العملية وجود التصالب بشكل X وتدعى هذه النقطة باسم كيازما او التصالب chiasma (الجمع كيازماتا chiasmata) وأساس هذا التداخل غير واضح تماما، وكلما كان زوج الكروموسومات طويلا كلما زاد احتمال حدوث أكثر من كيازما واحدة ان كيازما في منطقة معينة تقلل من احتمال تكوين تصالب آخر بجوارها على الذراع الكروموسومي نفسه.

د- الطور الأزواجي Deplotene stage :

يبدأ انفصال الكروموسومين المقترنين (الكروموسومات المتناظرة) عن بعضهما ما عدا منطقة الكيازما ، وتستمر الكروموسومات في زيادة السمك والقصر .

هـ - الطور المفرج Diakinesis :

يعد هذا الطور اخر مرحلة من الدور التمهيدي وفيه تصل الكروموسومات الى اقصر طول واكثر سمك ممكنين . وفي بدايته تنفصل الكروموسومات المقترنة وتنتشر متباعدة عن بعضها داخل النواة قريبا من غشائها وتبدأ الكيازمات في عملية الانزلاق Terminalization وفيها تتحرك تدريجيا الى الخارج باتجاه

كلية الزراعة / جامعة ديالى

أذراع الكروموسوم السانبة وذلك نتيجة لتواصل قصر الكروموسومات وأخيراً تبدأ النوية في الاختفاء ويبدأ الغشاء النووي في التحلل والاختفاء ويبدأ المغزل في التكوين وخيوطه في الظهور .

2- الدور الاستوائي الأول 1 - Metaphase:

تصل الكروموسومات المتناظرة والمقترنة وهي الوحدات الثنائية bivalent خط استواء المغزل ، ويختلف هذا الدور عن نظيره في الانقسام الخيطي mitotic metaphase حيث أن والوحدات الثنائية الكروموسوم هي التي تترتب في الخط الاستوائي وليست الكروموسومات الأحادية كما هو الحال في الانقسام الخيطي . إضافة إلى ذلك فإن عدد الوحدات الثنائية هو العدد الاحادي لما تحتويه من كروموسومات monoplid number بينما الكروموسومات في الانقسام الخيطي والتي تصطف في خط الاستواء لها العدد الثنائي . أن سنتروميير كل كروموسوم في الوحدة الثنائية يتجه إلى أحد أقطاب المغزل بينما يتجه سنتروميير الكروموسوم الآخر إلى القطب الآخر للمغزل وأن اتجاه كل كروموسوم من الوحدة الثنائية إلى أحد أقسام المغزل يكون بطريقة عشوائية، فقد يتجه الكروموسوم الأبوي paternal من الوحدة الثنائية إلى قطب ، بينما في الوحدة الثنائية الأخرى يتجه الكروموسوم الأمي maternal من الأم إلى القطب الآخر. والطريقة العشوائية هذه في توزيع الكروموسومات لها أهمية كبيرة من الناحية الوراثةية .

3 - الدور الانفصال الأول 1 - Anaphase:

يحدث في هذا الدور انفصال disjunction للكروموسومين المتناظرين المقترنين ويتجه كل كروموسوم إلى قطب مخالف للقطب الذي يتجه إليه الكروموسوم الآخر وكل كروموسوم يكون مزوج التركيب طولياً ، أي يتكون من كروماتيدين ويتم انزلاق الكيازومات مؤدياً إلى انتهائها جراء عملية انفصال الكروموسومات المقترنة . يختلف الانقسام الاختزالي عن الانقسام الخيطي بلنسبة لهذا الدور ، حيث يتم في الانقسام الخيطي انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضها وتتجه كل كروماتيدة إلى قطب مخالف للقطب الذي تذهب إليه شقيقتها ، وكل كروماتيدة تعد كروموسوماً جديداً وبذلك تحتوي نواة كل خلية جديدة على النسخة نفسها من الكروموسومات التي كانت موجودة في النواة الأم. بينما يذهب في الانقسام الاختزالي كروموسوم واحد من كل وحدة ثنائية الكروموسوم إلى أحد الأقطاب بينما يتجه الكروموسوم الآخر القرين الملقب الآخر ونتيجة لهذا العملية يتجمع في كل قطب نصف عدد الكروموسومات وبالتالي تحتوي كل نواة جديدة على نصف العدد ، بمعنى آخر يتم في الانقسام الخيطي انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما بينما في الانقسام الاختزالي يتم انفصال الكروموسومين المتناظرين homologous chromosome (وكل كروموسوم مكون من كروماتيدين).

4- الدور النهائي الاول Telophase :

بوصول الكروموسومات الى قطبي المغزل ينتهي الدور الانفصالي الاول ويبدأ الدور النهائي الاول . يختلف هذا الدور في الكائنات الحية ، في بعض الحالات يظهر الغشاء النووي حول الكروموسومات ثم تظهر النوية بجوار منطقة تنظيمها ثم ينقسم الساييتوبلازم فتتكون خليتان جديدتان تدخلان الدور البيئي الذي يستمر فترة قصيرة او طويلة نسبيا بين الانقسام الاختزالي الاول والثاني . في حالات اخرى لا يحدث انقسام السيتوبلازم بل تدخل النواة مباشرة الى الدور التمهيدي الثاني وفي كل هذه الحالات يحقق الانقسام الاختزالي الاول انفصال الكروموسومات المتناظرة ويؤدي الى خفض عدد الكروموسومات في النوى الناتجة من الانقسام الى النصف .

ثانيا: الانقسام الاختزالي (المنصف الثاني) 11 - Meiosis

1- الدور التمهيدي الثاني 11 – Prophast :

يكون هذا الدور قصيرا ويشبه ظاهريا الدور التمهيدي للانقسام الخيطي عدا ان الكروماتيدات الاختيين للكروموسوم تكونان منفرجتين عن بعضهما ولا تبدو عليهما التلافيف الحلزونية بصورة واضحة.

2- الدور الاستوائي الثاني 11-Metaphase :

يظهر مغزلان لخلية متعامدان على المحور الطولي للمغزل في الدور الاستوائي الاول . ويترتب العدد الاحادي للكروموسومات على خط استواء المغزل ويكون كل كروموسوم مكون من كروماتيدتين متصلتين في منطقة السنتروميير ويستغرق هذا الدور فترة قصيرة .

3- الدور الانفصالي الثاني 11-Anaphase:

ينشق كل سنتروميير طوليا ويؤدي ذلك الى انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما واتجاه كل واحدة منهما الى قطب مخالف للقطب الذي تتجه اليه الاخرى ، يتشابه هذا الدور مع الدور الانفصالي في الانقسام الخيطي وينتهي عند وصول الكروموسومات الجديدة الى الاقطاب.

4 - الدور النهائي الثاني 11-Telophase:

عند وصول الكروموسومات الى الأقطاب تبدأ بالطول واتحافة وتلتف حول بعضها أي تعود الى صورتها التي وجدت عليها في الدور البيئي ، وتظهر النوية والغشاء النووي وينقسم الساييتوبلازم وبذلك تنفصل كل نواة عن الأخرى .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

أهمية الانقسام الاختزالي Significant of Meiosis

يؤدي الانقسام الاختزالي الى خفض عدد الكروموسومات الى النصف في الكميات الناتجة بحيث تتكون أربع نوى أحادية **monoploid** من نواة واحدة ثنائية **diploid** هي الأم ، وبذلك يعدل الانقسام الاختزالي تأثير مضاعفة عدد الكروموسومات الناتجة من عملية اتحاد الكميات بعملية الإخصاب .

يؤدي الانقسام الاختزالي الأول إلى اختزال عدد الكروموسومات من العدد الثنائي إلى العدد الأحادي ، بينما في الانقسام الاختزالي الثاني يتم توزيع الكروموسومات الموجودة في النواة الأحادية بالتساوي على النواتين الجديدتين ، لذا فإن الانقسام الاختزالي هو لاختزال عدد الكروموسومات **of chromosomes** **Equational of** والثاني هو لمعادلة وتوزيع الكروموسومات **Equational of** **reducitional of** **chromosomes** .

ان للانقسام الاختزالي نورا كبيرا في استحداث الاختلافات في الصفات الوراثية التي تتحكم بها الجينات المحمولة على الكروموسومات بطريقتين أساسيتين هما :

1 - التوزيع العشوائي للكروموسومات الأبوية والأمية على نواتج الانقسام:

ولتوضيح ذلك نفرض ان لدينا فردا خليطا لثلاثة أزواج من الجينات **trihybrid** وتركيبه الوراثي **Aa Bb Cc** ولنفرض ان الجينات **ABC** جاءت من الأب واليالاتها **abc** جاءت من الأم ، وان كل زوج من هذه الاليات محمول على زوج من الكروموسومات . فمثلا زوج الاليات **Aa** يحمل على زوج الكروموسوم رقم 1 وزوج الاليات **Bb** يحمل على زوج الكروموسوم رقم 2 وزوج الاليات **Cc** يحمل على زوج الكروموسوم رقم 3. في الدور التمهيدي الأول يقترن الكروموسوم الأبوي **paternal** رقم 1 مع الكروموسوم الأمي **maternal** رقم 1 وهكذا بالنسبة للزوجين الآخرين رقم 2,3 . ويترتب كل زوج من الكروموسومات المتناظرة في المستوى الوسطي للمغزل وذاك في الدور الاستوائي الأول بطريقة عشوائية . بمعنى ان الكروموسوم الأبوي في أي زوج لديه الفرصة نفسها مثل الكروموسوم الأمي لكي يواجه اي قطب معين من أقطاب الخلية . وبالنتيجة فان لكل نواة مكونة في الدور النهائي الأول الفرصة نفسها لتحتوي على الكروموسوم أبوي أو أمي من الوحدة الثنائية التي تحتوي على كروموسومين المتناظرين وهكذا ، ففي حالة وجود ثلاثة أزواج من الاليات . وكل زوج محمول على زوج من الكروموسومات المتناظرة من الممكن الحصول على ثمانية تركيبات وراثية مختلفة في الدور النهائي **Telophase I** هي:

كلية الزراعة / جامعة ديالى

النواة الأولى	النواة الثانية
ABC	abc

أما الانقسام الاختزالي الثاني 11- meiosis فإنه يعمل على مضاعفة عدد كل تركيب وراثي من التراكيب المبينة في الجدول المنكور أعلاه. وهو يوضح أنواع الكميات المختلفة والتي ينتجها الفرد الخليط وهي تمثل أنواع التوافقات الممكنة combinations التي تحملها كميات الفرد الخليط وتكون 2n حيث ان n هو عدد العوامل الخليطة في التركيب الوراثي للفرد. وإذا اخذ من هذا الفرد عدد كبير من الكميات يلاحظ ان الأنواع الثمانية من الكميات هي تكون مماثلة وبأعداد متسوية .

وفي الكائنات الحية متعددة الكروموسومات يكون عدد أنواع التراكيب الوراثية للكميات كبير جدا، فمثلا في الإنسان يوجد 23 زوج من الكروموسومات ولو فرضنا إن فردا يحمل زوجا واحدا م الليلات بحالة خليطة على كل زوج من أزواج الكروموسومات، فإن هذا الفرد يكون قادرا على إنتاج (2^{23}) = 8.38 مليون نوع ممكن من التوافيق المختلفة من الكميات، وبتحاد الكميات الذكرية والأنثوية وبصورة عشوائية يكون التركيب الوراثي للبيضة المخصبة واحدا من 64 تريلون تقريبا من تركيب وراثي مختلف ممكن (واحد تريلون = الرقم واحد وإمامه 12 صفر). لقد فرضنا في مثالنا السابق زوجا واحدا من الليلات بحالة خليطة على كل زوج من أزواج الكروموسومات فقط ومن هنا نلاحظ ضخامة الاختلافات الوراثية الممكنة من عملية توزيع الكروموسومات على الأقطاب عشوائيا .

2 - العبور Crossing over :

لتوضيح دور العبور نفترض ان هناك ثلاثة جينات (ABC) محمولة على الكروموسوم نفسه اي انها جينات مرتبطة Linked. ولنفرض ان الفرد الخليط heterozygote اخذ من ابيه الاليلات ABC ويحمل الكروموسوم المتناظر الذي وصله من الام الاليلات abc . وفي الانقسام الاختزالي لهذا الفرد اذا لم يحدث أي عبور بمعنى عدم تكوين أي كيازما (تصلب) فانه ينتج نوعان فقط من الكميات هما ABC ، abc وبنسب متساوية ، أما إذا حدث عبور بين الجينين A وB وبين الجينين B وC فسوف ينتج الفرد ثمانية أنواع من الكميات بنسب مختلفة ويتوقف تكرار كل نوع على معدل العبور بين الجينات المختلفة . وظاهرة العبور مهمة في تحديد مواقع الجينات على الكروموسومات والمسافات التي تفصلها عند وضع الخرائط الوراثية للكروموسومات كما سنلاحظ ذلك في ما بعد .

الماضرة الثانية

الأساس السيتولوجي للوراثة المندلية

انقسام الخلية : Cell Division

يتوقف نمو الكائن الحي على ازدياد عدد الخلايا نتيجة انقسامها المتتالي وكذلك على زيادة حجمها، وفي الكائنات متعددة الخلايا Multicellular organism ينمو الفرد حتى يصل الى حجمه الطبيعي عند البلوغ نتيجة لهذه العمليات بالإضافة الى تمايز الخلايا (Differentiation) عن بعضها في الشكل الوظيفة اثناء النمو من خلية أحادية (البيضة المخصبة) حتى الفرد البالغ.

يعد انقسام الخلية وسيلة من وسائل التكاثر في الكائنات الوحيدة الخلية Organisms Unicellular وفي كثير من الأحيان يعد الوسيلة الوحيدة. تعتمد الكائنات الحية التي تتكاثر جنسيا على انقسام الخلية لتكوين الكميات (الأمشاج) ويشمل انقسام الخلية المحتوية على نواة على انقسامين متميزين ومتكاملين مع بعضهما تماما وهما :

1- انقسام النواة Karyokinesis

2- انقسام السايوتوبلازم Cytokinesis

لايبدأ انقسام السايوتوبلازم إلا بعد بداية انقسام النواة وقد يتأخر إلى حين إتمام انقسام النواة وقد لا يحدث على الإطلاق. وهناك نوعان من الانقسامات النووية هما :

1- الانقسام الخيطي (الانقسام غير المباشر) Mitosis ويحدث في الخلايا الجسمية والخضرية

2- الانقسام الاختزالي (الانقسام المنصف) Meiosis يحدث في الخلايا الجنسية ويقود الى تكوين الكميات (الخلايا التناسلية) في الكائنات الحيوانية والنباتية التي تتكاثر جنسيا .

دورة الخلية المتطورة Eukaryotic Cell Cycle:

ويقصد بدورة الخلية سلسلة من المراحل من نهاية انقسام خيطي (اعتيادي) Mitosis الى نهاية انقسام خيطي اخر. وتكون بالتتابع $G1 \rightarrow S \rightarrow G2 \rightarrow M$ حيث يرمز الحرف G لفترات النمو growth و S لفترة التخليق synthesis و M للانقسام الخيطي، والمرحلة التي تبدأ من نهاية انقسام خيطي الى بداية انقسام خيطي اخر تعرف بمرحلة الدور البيئي interphase cycle ويختلف طول هذه الفترة حسب نوع الكائن الحي ودرجة نضجه وعلى نوع النسيج الذي تنتمي إليه الخلية وعلى الظروف البيئية الأخرى المحيطة بها. وتعرف مرحلة الدور البيئي بأنها مجموعة الأنشطة التي تحدث في الخلية ما بين نهاية انقسام خلوي وبداية الانقسام الذي يليه وتشمل على: $G1 \rightarrow S \rightarrow G2$ من السلسلة المذكورة انفا .

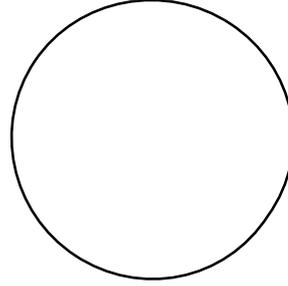
ويمكن تقسيم دورة الخلية الى الفترات الآتية :

1- فترة النمو الأولى (G1) First growth stage :

تعرف هذه المرحلة بمرحلة النمو والتمثيل ، فالنواة والساييتوبلازم يكبران ويقتربان من حجمهما الطبيعي ، وتكون الكروموسومات ممتدة باقصى درجات الامتداد والاستطالة داخل النواة، ويتم تخليق البروتين في هذه الفترة وتستغرق من 30-40% من مدة الدور البيئي ، وقد تختفي هذه الفترة كما في الخلايا سريعة الانقسام في المراحل الاولى لثدييات كما قد تكون طويلة جداً كما في خلايا جنور الذرة الناضجة حيث تستغرق أكثر من 150 ساعة .

2- فترة التخليق او التكوين Synthesis stage :

يتم في هذه الفترة تخليق الحامض النووي DNA وكذلك الهستونات Histones . وفيها تزودج الكروموسومات طويلاً ويكون كل كروموسوم مكوناً من كروماتيدتين Two chromatids وتستغرق هذه الفترة من (35-45%) من الدور البيئي وتمثل أطول فترة فيه كما موضح في الشكل التالي:



3- فترة النمو الثانية (G2 second growth stage)

تكون هذه الفترة اقل وضوحاً من فترة النمو الأولى ، ويستمر فيها نشاط تكوين البروتين وتكون مدتها قصيرة فتبلغ 10-20% من الدور البيئي.

4- فترة الانقسام الخيطي (الانقسام غير المباشر) Mitosis :

وهي الفترة التي يتم فيها انقسام الخلية وتتكون من أربعة مراحل او أوارهي : التمهيدي Prophase والاستوائي metaphase والانفصلي anaphase والنهائي telophase .

ان فترة الانقسام الاعتيادي (M) هي قصيرة نسبياً (كما في الشكل أعلاه) إذا ما قورنت بالفترات الأخرى لدورة الخلية .

ان طول فترة النمو الأولى (G1) هو الأكثر تبايناً للنوع الواحد من الخلايا قياساً بأطوال الفترات الأخرى وذلك لاعتمادها على الظروف البيئية ، فعندما تكون العناصر الغذائية نادرة او قليلة مثلاً تبقى الخلية في حالة توقف عن النمو stationary وعن الفعاليات الحيوية وتبقى في فترة (G1) الى حين توفر العناصر الغذائية . وبصورة عامة تكون فترتي التخليق (s) والانقسام الاعتيادي (M) من أهم الفترات ، وطوليهما الأكثر ثباتاً حيث يتم فيها تخليق الـ DNA وفيهما تتضاعف الكروموسومات وتتوزع وتنفصل الكروموسومات المتضاعفة الى الخلايا البنوية (الخلايا الناتجة) .

الانقسام الخيطي (غير المباشر) Mitosis :

عام 1883 أشار فلمنك Flemming إلى التغيرات التي تسلكها النواة خلال الانقسام لتكوين نواتين شقيقتين ، وأطلق اسم كروماتين Chromatin على اجزاء النواة القابلة للاصطبغ . تنفصل الكروموسومات (الصبغيات) طولياً في اثناء انقسام الخلية ويتم هذا الانقسام في خلايا كافة الحيوانات والنباتات الراقية لزيادة عدد خلايا الجسم اللازمة للنمو او لتعويض الخلايا وترميم الأنسجة . يتضمن الانقسام الخيطي انقسام النواة Karyokinesis والسايكوبلازم Cytokinesis . وإذا حدث انقسام النواة دون ان يتبعه انقسام السايكوبلازم ينتج عن ذلك خلية عديدة النوى coenocytes كما في الفطر الغروي slime mold وإذا افتقدت الخلايا الى

كلية الزراعة / جامعة ديالى

جدار الخلية كليا ظهر نسيج يتكون من كتلة بروتوبلازمية فيها نوى متعددة كما في العضلة المخططة striped muscle وتدعى هذه الحلة syncytium .

يطلق على الانقسام الخيطي (غير المباشر) أيضا اسم انقسام الخلية الجسدية Somatic cell division ويمر الانقسام الخيطي بانوار متتالية هي :

4- الدور التمهيدي prophase :

يبدأ الدور التمهيدي للانقسام الخيطي بنهاية فترة النمو الثانية (G2) حيث يبدأ حجم النواة بالزيادة وتظهر الكروموسومات (الصبغات) موزعة عشوائيا فيها ومزدوجة طوليا ويسمى كل من نصف كروموسوم كروماتيدة Chromatid أو جدلية ، ويكون الكروماتيدان ملتصقين بواسطة السنتروميير Centromere مركز الكروموسوم (الصبغي) . ويبدو السنتروميير في النواة المصبوغة منطقة صغيرة رائقة نسبيا وكروية الشكل . تزداد الكروموسومات في التثخن والقصر نتيجة تحلزن Coiling الكروماتيدات الشقيقة حول نفسها . ويعد قصر الكروموسومات وتثخنها من أهم سمات هذا الدور .

يبدو السنتروميير إذا فحص بالمكروسكوب الاليكتروني منطقة غامقة ومعقدة التركيب بداخلها مركزان يعرف كل منهما باسم مركز حركة الكروماتيد أو خيط الكروموسوم Kinetochore ، ويوجد مركز واحد لكل كروماتيدة شقيقة ، وتتصل خيوط المغزل Microtubules spindle بمركز حركة خيط الكروموسوم . ولمنطقة السنتروميير أهمية كبيرة فإذا انكسر الكروموسوم نتيجة المعاملة ببعض الكيميوليات او الأشعة السينية x-rays فان شظايا الكروموسوم غير المحتوية على السنتروميير fragments a centric تبقى في السايوتوبلازم لعجزها عن الحركة لذا تفقد نهائيا.

يبدأ الجسم المركزي Centro some بالازدواج وتبدأ النوية nucleolus بالاختفاء التدريجي حيث تختفي نهائيا في نهاية الدور، وقد تبقى في بعض الحشائش والاشنات ، حيث تتوقف عن العمل وتطرح في السايوتوبلازم. أن تحلل واختفاء غشاء النوية unclar membrane يبدأ في هذا الدور ولا تعرف ميكانيكية هذا الاختفاء بصورة كاملة ولكن يعتقد اكثر العلماء أن ذلك يحدث نتيجة عملية أنزيمية بدليل تراكم الميتاكوندريا حول غشاء النواة في خلايا الحيوانية أما باجير(1968) Bajer فيعتقد أن سبب اختفاء غشاء النواة يعود إلى الشد والضغط التي تسببها خيوط المغزل.

وبتقدم هذا الدور يبدأ جدار النواة بالاختفاء ويتكون المغزل spindle وملحقاته ويسمى جهاز الانقسام الخيطي (الاعتيادي) ، وهو يشغل معظم الحيز داخل الخلية ، ويتكون جهاز الانقسام الخيطي من أنابيب رفيعة جداً تعريف باسم الألياف المغزلية microtubules التي يتراوح قطرها بين 15 — 30 نانوميتر وبترتيب مواز للمغزل وتكون بثلاثة أشكال وهي الألياف المستمرة continuous fibers وتمتد من احد أقطاب المغزل إلى القطب الآخر، والألياف الكروموسومية وتمتد من احد قطبي المغزل إلى مركز حركة خيط الكروموسوم أو الكروماتيد. وشكل ثالث لوحظ من قبل بعض الباحثين وتدعى الألياف المركزية interzonal

كلية الزراعة / جامعة ديالى

fibers وتكون بين السنتروميترات للكروموسومات المفصولة والمتجهة إلى قطبي الخلية ويكون ذلك في آخر الدور الانفصالي.

وتتركب الألياف المغزلية من 90% بروتين والقليل من الحامض النووي الرايبوزي RNA (حوالي 5%) وكمية قليلة من السكريات متعددة Polysaccharides و lipids، وفي نهاية هذا الدور تتحرك الكروموسومات المزوجة إلى المستوى الوسطي midplane للمغزل ويطلق على هذه الفترة ما قبل الاستوائي prometaphase أو metakinesis. ان الدور التمهيدي يستغرق معظم وقت الانقسام الخيطي في غالبية الكائنات الحية .

5- الدور الاستوائي Metaphase :

يختفي كليا الغشاء النووي وتظهر خيوط المغزل spindle بوضوح في هذا الدور على الرغم من ان بداية تكونها كان في نهاية الدور السابق وبداية الدور ما قبل الاستوائي ومن أهم مميزات هذا الدور ان الكروموسومات (الصبغيات) ترتب نفسها بحيث تشمل المستوى الوسطي (الاستوائي) للمغزل ، وتكون السنتروميترات موجودة في هذا المحور الاستوائي في حين تتجه انحرع الكروموسومات في اي اتجاه كان . وفي هذا الدور تصل الكروموسومات لى أقصى درجات القصر والثخن الممكنة. وتبقى الكروماتيدات الشقيقة sister chromatids

ملتصقة معاً بواسطة ألياف الكروماتين chromatin fiber التي تربط منطقتي السنتروميتر مع بعض .

يعد هذا الدور انسب المراحل لدراسة الكروموسومات والتعرف على شكلها الخارجي وعلى العدد الحقيقي لها ولاسيما عندما تفحص لخلية من احد اقطابها . وباستعمال المايكروسكوب الالكتروني اتضح أن ما يسهل عملية انفصال الكروماتيدات الشقيقة عن بعضها في الدور الانفصالي anaphase هو اتجاه مركز حركة خيط الكروموسوم kinetochore الخاص بإحدى الكروماتيدات الشقيقة لأحد الأقطاب في حين مركز حركة خيط الكروموسوم الخاص بالكروماتيدة الأخرى الشقيقة يواجه القطب الأخر.

6- الدور الانفصالي Anaphase :

وفي بداية هذا الدور ينقسم السنتروميتر وتنفصل الكروماتيدين الشقيقين (جديلتي الكروموسوم) وتتجه كل واحدة إلى قطب يخالف الذي تتجه إليه الكروماتيدة الأخرى، وعند انفصال الكروماتيدين الشقيقين تعد كل كروماتيدة كروموسوما مستقلاً جديداً تسمى كروموسومات بنتية Daughter chromosomes حيث تنفصلان دائماً عند نقطة الاتصال وهذه النقطة تكون في المقدمة نحو القطب وتجر وراءها ذراعي الكروموسومات البنتية التي لا تستطيع التحرك بدونها، وماذا وجد الكروموسوم بلا سنتروميتر فان حركته قد تتبع سيل التيار على طول المغزل او يبقى جسماً خاملاً بالقرب من المنطقة الاستوائية . تتجه الكروموسومات إلى قطبي الخلية، حيث ان عدد وشكل الكروموسومات التي تذهب إلى احد القطبين تساوي تماماً عدد وشكل

كلية الزراعة / جامعة ديالى

الكروموسومات التي تذهب إلى القطب الثاني. وعند وصول الكروموسومات البنائية إلى قطبي الخلية يكون هذا الدور قد انتهى .

4 - الدور النهائي Telophase :

يبدأ هذا الدور عند وصول الكروموسومات إلى قطبي المغزل وتبدو الكروموسومات بشكل خيوط منفردة Single strands ، وينتهي بتكوين نواتين جديدتين ودخول كل منهما فترة النمو الأولى (G1) من الدور البيئي interphase وبعد اكتمال سحب الكروموسومات يبدأ تكوين غشاء نووي جديد من بقايا الغشاء النووي القديم او من مواد مشتقة من الشبكة الاندوبلازمية، أو من مواد مخلقة من مكونات خلوية معينة. ثم يبدأ جهاز الانقسام الاعتيادي بالاختفاء . وتبدأ بعد ذلك النوية بالتكون والظهور بمنطقة جوار تنظيم النوية Unicellular organizer site ثم تأخذ الكروموسومات بالاستطالة وتصبح خيوطا رفيعة متشابكة ويصعب التعرف عليها كوحدات مستقلة ، ثم يحدث تضاعف للكروموسومات بحيث يصبح كل كروموسومات مكونا من كروماتيدتين شقيقتين وذلك في فترة التخليق (S) من الدور البيئي Interphase .

انقسام السايوتوبلازم Cytokinesis :

يحدث انقسام السايوتوبلازم في أثناء الدور النهائي من الانقسام الخيطي وبعض الأحيان يبدأ في الدور الانفصالي . في خلايا النباتات الراقية يتم انقسام الخلية بتكوين صحيفة خلوية cell plate عند المستوى الاستوائي للخلية ، ويتم ذلك بتكوين مجموعة من البثرات vesicles في وسط الجهاز الخيطي ثم تلتحم هذه البثرات ابتداء من مركز المغزل لتكوين جسم الفراكموبلاست phragmoplast ، وبذلك تتكون الصفيحة الخلوية خلال جسم الفراكموبلاست ثم تمتد بصورة تدريجية ابتداء من منتصفه لتقسيم الفراكموبلاست إلى قسمين ، ثم يختفي جسم الفراكموبلاست وتنمو الصفيحة الخلوية، وتعرف بالصحيفة الوسطى middle lamella التي تتحول إلى جدار خلوي نتيجة الترسيبات على جانبيها في كل من الخليتين البنيتيتين . وفي الخلايا الحيوانية يتم انقسام السايوتوبلازم عن طريق حدوث تحضر أو أخدود furrowing يزداد في العمق تدريجياً إلى ان تنقسم الخلية إلى خليتين .

اهمية الانقسام الخيطي significance of mitosis :

الانقسام الاعتيادي يؤدي إلى إنتاج خليتين جديدتين متماثلتين في محتوياتهما وخاصة المحتوى الكروموسومي كما ونوعا . حيث يتم توزيع الكروموسومات بكميات متساوية تماماً على الخليتين الجديدتين الجسديتين وبطريقة منتظمة جيلاً بعد آخر . إن عملية تضاعف الكروموسومات في فترة التخليق (S) من الدور البيئي تنتج كروموسومات جديدة متشابهة في شكلها وفي محتواها من العوامل الوراثة (الجينات) ، وهذا يدل أن الكروموسومات يمكنها أن تقوم بعملية حمل الجينات وان الكروموسومات هي المكون الوحيد التي لها نظام يضمن توزيعها بانتظام وبالتسوي على الخلايا الجديدة ، لذا فهي انسب مكونات الخلية لحمل

كلية الزراعة / جامعة ديالى

الجينات وضمان وتوزيعها الى الخلايا الجديدة . وعلى الرغم من توفر بعض الأدلة على أن ميكانيكية الانقسام الخيطي تؤكد موقع الجينات على الكروموسومات ، فلا يزال بحاجة الى بعض البراهين الكيميلوية والفيزيائية ، ومع هذا فان نظرية موقع الجينات على الكروموسومات تبدو صحيحة ومقنعة بدرجة كبيرة .

الانقسام الاختزالي (الانقسام المنصف) Meiosis :

تتحد الكميات الذكرية والأنثوية أي الخليتان الجنسيان Sex cells الحاويتان على نصف العدد الأصلي من الكروموسومات بعملية الإخصاب Syngamy لتكوين البيضة المخصبة (اللاقحة) Zygote التي تستلم العدد الكامل من الكروموسومات (2n) أي ضعف عدد الكروموسومات الموجودة في كل كميته. بما أن البيضة المخصبة تتكون من اتحاد نواتي الكميته الذكرية والأنثوية فإنها تحتوي على جميع الكروموسومات الموجودة في نواة الكميته الذكرية والكمية الأنثوية . وكر وموسومات كل كميته تحفظ بخواصها بصورة مستقلة في البيضة المخصبة نتيجة وجود الكروموسومات في أزواج متشابهة او متناظرة homologous pairs في الخلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية diploid الكميته تكون أحادية المجموعة الكروموسومية ويعبر عن المحتوى الكروموسومي لها بالرمز (n) .

من المعلوم أن احد أفراد زوج الكروموسومات المتناظرة يأتي من الأب paternal والآخر من الأم maternal فإذا احتوت نواة الحيوان المنوي على كروموسوم طرفي السنتروميير Telocentric وله تابع satellite وطوله في الدور الاستوائي خمسة مايكروميترات فلا بد ان تحتوي نواة البيضة على كروموسوم له نفس المواصفات هذه identical chromosome . هذا بالنسبة لجميع الكروموسومات الجسدية autosomes التي تتشابه في الذكور والاناث . لكن الأمر يختلف في الكروموسومات الجنسية Sex chromosome . وبما ان الخلايا المخصبة (الزيجة zygote) تتكاثر عن طريق الانقسام الاعتيادي لذا فان جميع الخلايا الناتجة تحتوي على كل ازواج الكروموسومات الموجودة فيها .

إن عملية الإخصاب تؤدي إلى إدماج كروموسومات كل كميته في نواة البيضة المخصبة ولتعديل تأثير عملية الاتحاد هذه Syngamy لابد من وجود عملية أخرى في مرحلة ما قبل تكوين الكاميته في دور حياة الكائن الحي تؤدي الى اختزال عدد الكروموسومات في الكميته الناتجة الى النصف (n)، تدعى هذه العملية الانقسام الاختزالي (الانقسام المنصف) meiosis وهو الحدث الوراثي والخلوي الاساسي الثاني في الدورة الجنسية للكلن الحي بعد عملية الإخصاب. يشمل الانقسام الاختزالي على انقسامين متعاقبين لكل واحد منهما ادواره الخاصة ، الانقسام الاول يشمل انقسام الكروموسومات النظيرة مؤديا الى تكوين نواتين احاديتي المجموعة الكروموسومية (n) . والانقسام الثاني يشمل الانفصال الطولي لكروماديتي كل كروموسوم في كل من النواتين الاحاديتين منتجا اربع نوى احادية المجموعة الكروموسومية ، وتتكون الكميته الجنسية بعد انقسام الساييتوبلازم .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ان كل خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية ($2n$) يطلق عليها **meiocyte** ، وتكون على وشك الخول في عملية الانقسام الاختزالي والذي يشتمل على الادوار التالية :

اولا:

الانقسام الاختزالي الاول - 1 - Meiosis :

1- الدور التمهيدي الاول - 1 - Prophase :

ينقسم هذا الدور الى مراحل مختلفة متتالية ومتداخلة بلا حد فاصل والسبب هو السلوك المعقد والتغيرات الشكلية للكروموسومات في هذا الدور وهذه الأدوار هي :

أ - الطور القلادي **Leptotene stage** :

وفيه تبدأ الكروموسومات في الظهور وتبدو واضحة تحت المجهر الاعتيادي كأجسام خيطية رفيعة على الرغم من ان الدراسات الكيماوية والتصوير الشعاعي الذاتي **chemical autoradiography studies** and اشارات الى ان تضاعف الخيوط الكروموسومية تحدث في فترة التخليق **S-Stage** في الدور البييني **interphase** السابق للدور التمهيدي. هذا ولعدم مشاهدة الكروماتيدات يبدو الكروموسوم خيطا رفيعا مفردا وفي نهاية هذا الدور تقصر وتتخذ الكروموسومات تدريجيا وبما يشبه الانقسام الخيطي .

ب - الطور الاتحادي **Zygotene stage** :

بعد تثخن الكروموسومات يقترن كل زوج كروموسومي متناظر **homologous pairs** مع بعضها ويتجاوران بحيث يتوازي محورهما الطوليان ، وتعرف هذه العملية باسم الاقتران **synapsis** وهي الظاهرة التي يتميز بها الانقسام الاختزالي عن الانقسام الخيطي . وهي عملية دقيقة تتم بين النقاط المتماثلة على طول الكروموسومين ، ويبدو الكروموسوم تحت المجهر مزدوجا طويلا . وهناك تركيب معقد بين الكروموسومات المقترنة **synaptnemal complex** لتثبيت الكروموسومات المتشابهة اثناء عملية الاقتران وعملية العبور **crossing-over** ولا يوجد هذا التركيب المعقد في الكائنات الحية التي لا يحدث فيها العبور .

ج - الطور الضام **Pachytene stage** :

يبدو كل كروموسوم مكون من كروماتيدتين وبشكل واضح ، والكروموسومان المقترنان يكونان وحدة ثنائية الكروموسوم تحتوي على أربعة كروماتيدات (اربع خيوط كروموسومية) **tetrads** . وتتبادل الكروماتيدات غير الشقيقة بعض الأجزاء الكروماتيدية (المادة الوراثية) وتدعى هذه بعملية العبور - **over crossing** . ومما يدل على حدوث هذه العملية وجود التصالب بشكل **X** وتدعى هذه النقطة باسم كيازما او التصالب **chiasma** (الجمع كيازماتا **chiasmata**) وأساس هذا التداخل غير واضح تماما، وكلما

كلية الزراعة / جامعة ديالى

كان زوج الكروموسومات طويلاً كلما زاد احتمال حدوث أكثر من كيزما واحدة ان كيزما في منطقة معينة تقلل من احتمال تكوين تصالب آخر بجوارها على الذراع الكروموسومي نفسه.

د- الطور الأزواجي Deplotene stage:

يبدأ انفصال الكروموسومين المقتربين (الكروموسومات المتناظرة) عن بعضهما ما عدا منطقة الكيزما ، وتستمر الكروموسومات في زيادة السمك والقصر .

هـ - الطور المفرغ Diakinesis :

يعد هذا الطور آخر مرحلة من الدور التمهيدي وفيه تصل الكروموسومات الى اقصر طول واكثر سمك ممكنين . وفي بدايته تنفصل الكروموسومات المقتربة وتنتشر متباعدة عن بعضها داخل النواة قريباً من غشائها وتبدأ الكيزمات في عملية الانزلاق Terminalization وفيها تتحرك تدريجياً الى الخارج باتجاه أذراع الكروموسوم السانبة وذلك نتيجة لتواصل قصر الكروموسومات وأخيراً تبدأ النوية في الاختفاء ويبدأ الغشاء النووي في التحلل والاختفاء ويبدأ المغزل في التكوين وخبوطه في الظهور .

2- الدور الاستوائي الأول 1-Metaphase:

تصل الكروموسومات المتناظرة والمقتربة وهي الوحدات الثنائية bivalent خط استواء المغزل ، ويختلف هذا الدور عن نظيره في الانقسام الخيطي mitotic metaphase حيث أن والوحدات الثنائية الكروموسوم هي التي تترتب في الخط الاستوائي وليست الكروموسومات الأحادية كما هو الحال في الانقسام الخيطي . إضافة الى ذلك فان عدد الوحدات الثنائية هو العدد الاحادي لما تحتويه من كروموسومات monoplid number بينما الكروموسومات في الانقسام الخيطي والتي تصطف في خط الاستواء لها العدد الثنائي . أن سنتروميير كل كروموسوم في الوحدة الثنائية يتجه الى احد أقطاب المغزل بينما يتجه سنتروميير الكروموسوم الآخر الى القطب الآخر للمغزل وأن اتجاه كل كروموسوم من الواحدة الثنائية الى احد أقسام المغزل يكون بطريقة عشوائية، فقد يتجه الكروموسوم الأبوي paternal من الوحدة الثنائية الى قطب ، بينما في الواحدة الثنائية الأخرى يتجه الكروموسوم الأمي maternal الى القطب الأخرى. والطريقة العشوائية هذه في توزيع الكروموسومات لها أهمية كبيرة من الناحية الوراثة .

3 - الدور الانفصال الأول 1-Anaphase:

يحدث في هذا الدور انفصال disjunction للكروموسومين المتناظرين المقتربين ويتجه كل كروموسوم الى قطب مخالف للقطب الذي يتجه اليه الكروموسوم الآخر وكل كروموسوم يكون مزوج التركيب طويلاً ، أي يتكون من كروماتيدين ويتم انزلاق الكيزمات مؤدياً الى انتهائها جراء عملية انفصال الكروموسومات المقتربة . يختلف الانقسام الاختزالي عن الانقسام الخيطي بلنسبة لهذا الدور ، حيث يتم في الانقسام الخيطي انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضها وتتجه كل كروماتيدة الى قطب مخالف للقطب الذي تذهب اليه

كلية الزراعة / جامعة ديالى

شقيقتها ، وكل كروماتيدة تعد كروموسوماً جديداً وبذلك تحتوي نواة كل خلية جديدة على النسخة نفسها من الكروموسومات التي كانت موجودة في النواة الأم. بينما يذهب في الانقسام الاختزالي كروموسوم واحد من كل وحدة ثنائية الكروموسوم الى احد الأقطاب بينما يتجه الكروموسوم الأخر القرين الناقطب الأخر ونتيجة لهذا العملية يتجمع في كل قطب نصف عدد الكروموسومات وبالتالي تحتوي كل نواة جديدة على نصف العدد ، بمعنى آخر يتم في الانقسام الخيطي انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما بينما في الانقسام الاختزالي يتم انفصال الكروموسومين المتناظرين homologous chromosome (وكل كروموسوم مكون من كروماتيدين).

4- الدور النهائي الاول Telophase :

بوصول الكروموسومات الى قطبي المغزل ينتهي الدور الانفصالي الاول ويبدأ الدور النهائي الاول . يختلف هذا الدور في الكائنات الحية ، في بعض الحالات يظهر الغشاء النووي حول الكروموسومات ثم تظهر النوية بجوار منطقة تنظيمها ثم ينقسم السايكوبلازم فتكون خليتان جديدتان تدخلان الدور البييني الذي يستمر فترة قصيرة او طويلة نسبياً بين الانقسام الاختزالي الاول والثاني . في حالات اخرى لا يحدث انقسام السيتوبلازم بل تدخل النواة مباشرة الى الدور التمهيدي الثاني وفي كل هذه الحالات يحقق الانقسام الاختزالي الاول انفصال الكروموسومات المتناظرة ويؤدي الى خفض عدد الكروموسومات في النوى الناتجة من الانقسام الى النصف .

ثانياً : الانقسام الاختزالي (المنصف الثاني) 11 - Meiosis

1- الدور التمهيدي الثاني 11 - Prophase :

يكون هذا الدور قصيراً ويشبه ظاهرياً الدور التمهيدي للانقسام الخيطي عدا ان الكروماتيدتين الاختيين للكروموسوم تكونان منفرجتين عن بعضهما ولا تبدو عليهما التلافيف الحلزونية بصورة واضحة.

2- الدور الاستوائي الثاني 11 - Metaphase :

يظهر مغزلان للخلية متعامدان على المحور الطولي للمغزل في الدور الاستوائي الاول . ويترتب العدد الاحادي للكروموسومات على خط استواء المغزل ويكون كل كروموسوم مكون من كروماتيدتين متصلتين في منطقة السنتروميير ويستغرق هذا الدور فترة قصيرة .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

3- الدور الانفصالي الثاني 11-Anaphase:

ينشق كل سنترومير طوليا ويؤدي ذلك الى انفصال الكروماتيدتين الشقيقتين عن بعضهما واتجاه كل واحدة منهما الى قطب مخالف للقطب الذي تتجه اليه الاخرى ، يتشابه هذا الدور مع الدور الانفصالي في الانقسام الخيطي وينتهي عند وصول الكروموسومات الجديدة الى الاقطاب.

4 - الدور النهائي الثاني 11-Telophase:

عند وصول الكروموسومات الى الاقطاب تبدأ بالطول واتحافة وتلتف حول بعضها أي تعود الى صورتها التي وجدت عليها في الدور البيني وتظهر النوية والغشاء النووي وينقسم الساييتوبلازم وبذلك تنفصل كل نواة عن الأخرى .

أهمية الانقسام الاختزالي Significant of Meiosis:

يؤدي الانقسام الاختزالي الى خفض عدد الكروموسومات الى النصف في الكميات الناتجة بحيث تتكون أربع نوى أحادية **monoploid** من نواة واحدة ثنائية **diploid** هي الأم ، وبذلك يعدل الانقسام الاختزالي تأثير مضاعفة عدد الكوموسومات الناتجة من عملية اتحاد الكميات بعملية الإخصاب .

يؤدي الانقسام الاختزالي الأول إلى اختزال عدد الكروموسومات من العدد الثنائي الى العدد الأحادي ، بينما في الانقسام الاختزالي الثاني يتم توزيع الكروموسومات الموجودة في النواة الأحادية بالتساوي على النواتين الجديدتين ، لذا فإن الانقسام الاختزالي هو لاختزال عدد الكروموسومات **of chromosomes** **reducitional** والانقسام الاختزالي الثاني هو لمعادلة وتوزيع الكروموسومات **Equational of chromosomes** .

ان للانقسام الاختزالي دورا كبيرا في استحداث الاختلافات في الصفات الوراثية التي تتحكم بها الجينات المحمولة على الكروموسومات بطريقتين أساسيتين هما :

1 - التوزيع العشوائي للكروموسومات الأبوية والأمية على نواتج الانقسام:

ولتوضيح ذلك نفرض ان لدينا فردا خليطا لثلاثة أزواج من الجينات **trihybrid** وتركيبه الوراثي **Aa Bb Cc** ولنفرض ان الجينات **ABC** جاءت من الأب واليالاتها **abc** جاءت من الأم ، وان كل زوج من هذه الاليات محمول على زوج من الكروموسومات . فمثلا زوج الاليات **Aa** يحمل على زوج الكروموسوم رقم 1 وزوج الاليات **Bb** يحمل على زوج الكروموسوم رقم 2 وزوج الاليات **Cc** يحمل على زوج الكروموسوم رقم 3. في الدور التمهيدي الأول يقترن الكروموسوم الأبوي **paternal** رقم 1 مع الكروموسوم الأمي **maternal** رقم 1 وهكذا بالنسبة للزوجين الآخرين رقم 2,3 . ويترتب كل زوج من الكروموسومات المتناظرة في المستوى الوسطي للمعزل وذاك في الدور الاستوائي الأول بطريقة عشوائية .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

بمعنى ان الكروموسوم الأبوي في أي زوج لديه الفرصة نفسها مثل الكروموسوم الأمي لكي يواجه اي قطب معين من أقطاب الخلية . وبالنتيجة فان لكل نواة متكونة في الدور النهائي الأول الفرصة نفسها لتحتوي على الكروموسوم أبوي أو أمي من الوحدة الثنائية التي تحتوي على كروموسومين المتناظرين وهكذا ، ففي حالة وجود ثلاثة أزواج من الاليلات . وكل زوج محمول على زوج من الكروموسومات المتناظرة من الممكن الحصول على ثمانية تركيبات وراثية مختلفة في الدور النهائي Telophase I هي:

النواة الأولى	النواة الثانية
ABC	abc

أما الانقسام الاختزالي الثاني 11- meiosis فانه يعمل على مضاعفة عدد كل تركيب وراثي من التراكيب المبينة في الجدول المنكور أعلاه. وهو يوضح أنواع الكميات المختلفة والتي ينتجها الفرد الخليط وهي تمثل أنواع التوافقات الممكنة combinations التي تحملها كميات الفرد الخليط وتكون 2n حيث ان n هو عدد العوامل الخليطة في التركيب الوراثي للفرد. وإذا اخذ من هذا الفرد عدد كبير من الكميات يلاحظ ان الأنواع الثمانية من الكميات هي تكون مماثلة وبأعداد متسوية .

وفي الكائنات الحية متعددة الكروموسومات يكون عدد أنواع التراكيب الوراثية للكميات كبير جدا، فمثلا في الإنسان يوجد 23 زوج من الكروموسومات ولو فرضنا إن فردا يحمل زوجا واحدا م اليليات بحالة خليطة على كل زوج من أزواج الكروموسومات، فان هذا الفرد يكون قادرا على إنتاج (2^{23}) = 8.38 مليون نوع ممكن من التوافيق المختلفة من الكميات، وبتحاد الكميات الذكرية والأنثوية وبصورة عشوائية يكون التركيب الوراثي للبيضة المخصبة واحدا من 64 تريلون تقريبا من تركيب وراثي مختلف ممكن (واحد تريلون = الرقم واحد وإمامه 12 صفر). لقد فرضنا في مثالنا السابق زوجا واحدا من الاليلات بحالة خليطة على كل زوج من أزواج الكروموسومات فقط ومن هنا نلاحظ ضخامة الاختلافات الوراثية الممكنة من عملية توزيع الكروموسومات على الأقطاب عشوائيا .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

2 - العبور Crossing over :

لتوضيح دور العبور نفترض ان هناك ثلاثة جينات (ABC) محمولة على الكروموسوم نفسه اي انها جينات مرتبطة **Linked**. ولنفرض ان الفرد الخليط heterozygote اخذ من ابيه الاليات ABC ويحمل الكروموسوم المتناظر الذي وصله من الام الاليات abc. وفي الانقسام الاختزالي لهذا الفرد اذا لم يحدث أي عبور بمعنى عدم تكوين أي كيازما (تصلب) فانه ينتج نوعان فقط من الكميات هما ABC ، abc وبنسب متساوية ، أما إذا حدث عبور بين الجينين A وB وبين الجينين B وC فسوف ينتج الفرد ثمانية أنواع من الكميات بنسب مختلة ويتوقف تكرار كل نوع على معدل العبور بين الجينات المختلفة. وظاهرة العبور مهمة في تحديد مواقع الجينات على الكروموسومات والمسافات التي تفصلها عند وضع الخرائط الوراثية للكروموسومات كما سنلاحظ ذلك في ما بعد .

الوراثة المنديلية

المحاضرة الثالثة

تعود نشأة علم الوراثة الى العالم كريكور مندل (1822 - 1884م) والذي يعد بحق والد علم الوراثة ، والذي عمل راهبا في دير بمدينة برون Brunn والتي كانت تابعة للنمسا وتعد الان جزء من سلوفاكيا، التحق مندل بجامعة فيينا في عام 1851 م لدراسة العلوم الطبيعية، عاد بعدها الى الدير في عام 1854 واصبح مدرس للعلوم فيه، وخلال عمله في الدير وبالذات في عام 1857 بدأ بأجراء تجاربه الرائدة على نبات البزاليا **Pisum sativum** في مساحة محددة بحديقة الدير ، حيث بدأ بجمع الضروب المختلفة واجراء التضييبات بينها واستمر في تجاربه لمدة سبع سنوات وقلم بعرض نتاج أبحاثه خلال اجتماعين لجمعية التاريخ الطبيعي في برون ، نشرت هذه الابحاث (التي تضمنت ما يعرف ألان بقوانين مندل) في المجلة العلمية للجمعية عام 1866 وتحت عنوان (تجارب في تهجين النباتات) ، ثم غلف النسيان أبحاثه العلمية حتى عام 1900 عندما اكتشفها في وقت واحد وكل على حدة ثلاثة من ابرز علماء النبات انذاك وهم دي فريز (vries de) في هولندا وكورنيس (Correns) في المانيا وتشيرماك (Tschermak) من النمسا.

وفي الحقيقة فان مندل لم يكن اول اجري تجارب التهجين، إذ سبقه الى ذلك عدد من الباحثين ولكن مندل كان اول من حلل نتاجه على اساس سلوك الصفات الفردية، ونظر الكثير ممن سبقوا مندل الى الكائن ككل عند تحليل النتائج وبذلك تمكوا فقط من ملاحظة وجه التشابه والاختلاف بين الأباء وافراد نسلهم وفاتهم دراسة الاختلافات الفردية.

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ويعود سبب نجاح مندل الى استخدامه للطريقة العلمية في تصميم تجاربه وتصنيف نباتات البزاليا الناتجة من تهجيناته ومقارنة نسبها بنماذج رياضية وصياغة فرضية لتفسير ما وجده من اختلافات وانتقال وحدات التوارث التي فسرها بصورة صحيحة من خلال استنباط نموذج رياضي دقيق لانتقال الصفات الوراثية.

ويعود نجاح مندل الى عوامل واسباب اخرى منها اختياره الحكيم لنبات البزاليا وذلك بسبب كونه نباتا حوليا وله مجموعة من الصفات الواضحة ويمكن تنميته وتضريبه بسهولة كبيرة وهو نبات ذاتي التلقيح ، اذ انه يحمل ازهار كاملة حاوية على اعضاء التأيث والتذكير ويمكن اجراء التلقيح الخاطي اذا ما رغب الباحث بذلك ، وكان مندل موفقاً حين اختار هذا النبات لانه ثنائي المجموعة الكروموسومية ، ولو انه اختار اي من النبات المتضاعفة العدد الكروموسومي لما تمكن من الحصول على تلك النتائج البسيطة والواضحة وقد اختار مندل سبعة ازواج من الصفات المختلفة التي يمكن تمييزها بسهولة وهي :

ت	الصفة	الساددة	المتنحية
1	ارتفاع الساق	طويلة	قصيرة
2	لون القرنة (غير الناضجة)	خضراء	صفراء
3	شكل القرنة (غير الناضجة)	منفوخة	مضغوطة (محززة بالبذور)
4	موقع الزهرة	ابطية	نهائية
5	لون الفلقات	صفراء	خضراء
6	شكل البذرة الناضجة	ممتلئة	مجعدة
7	لون غلاف البذرة	ابيض	رمادي

ملاحظة: صفة القصرة (لون غلاف البذرة) متلازمة ايجابيا مع صفة لون الازهر

فالبنور البيضاء تنتج ازهار بيضاء والبنور الرمادية عند زراعتها تعطي نباتات ازهارها قرمزية (بنفسجية).

اجرى مندل تهجيناته في دقة تامة ولكي يمنع حدوث التلقيح الذاتي في الازهار المراد تهجينها عمل على نزع المتك من تلك الازهار قبل نضجها الكامل ، وفي وقت اجراء التلقيح نقل حبوب اللقاح من الازهار المختارة كاب الى ميسم الزهرة الام ويطلق على التضريب الاولي بين أي ضريبين نقيين مختلفين بصفة واحدة او عدة صفات بالجيل الابوي Parental generation او (P_1) وتترك البنور المتكونة لتتضج على النبات . وعند زراعة هذه البنور فانها تنمو الى نباتات تعرف بذرية الجيل الاول F_1 Generation او (F_1) (والحرف F مأخوذ من كلمة Filial) والتي تتلقح ذاتيا لانتاج بنور تشكل عند زراعتها ونموها ذرية الجيل الثاني F_2 Generation ، ويمكن ان تستمر تجارب التهجين لعدة اجيال ، كما اجري مندل تضريبات رجعية (عكسية) back cross ويتم هذا التضريب بين الذرية (النسل) الناتج من الهجن والاصناف النقية المستخدمة كآباء .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

وامتاز مندل بقدرته على التصميم الجيد لكل تجاربه وعلى تخيله لابعاد كل تجربة والمشاكل التي يمكن ان تنتج عنها، ولاحظ ايضا ان الطقس والتربة وظروف الرطوبة تؤثر على نمو النباتات الا ان العامل الوراثي كان هو العامل الاساس في تجاربه. قدم مندل فرضيات لنتائجه والتي تعرف الان بقوانين مندل الوراثة، والتي تشمل مبدئين اساسيين هما الانعزال والتوزيع الحر للجينات.

اولا- قانون مندل الاول :

مبدأ الانعزال : Principle of Segregation

من النتائج التي حصل عليها مندل من تضريب نباتات البازلاء ذات الصفات النقية التي درسها، استمد مندل قانونه الاول وهو قانون انعزال الصفات، والذي يشير الى ان:

[الصفات الوراثية تحدد بوحدات او عوامل (Factors)، تنتقل من الاباء الى الابناء بواسطة الامشاج (الكميات Gametes)، وتكون هذه الوحدات او العوامل بصورة مزوجة في الاباء وعند تكوين الامشاج او الكاميات تنعزل هذه العوامل عن بعضها بحيث يحصل كل كميته على واحد من هذه الازواج]. وعند اتحاد الكميات الذكرية والانثوية تعود هذه العوامل الى الاتحاد والازدواج لتكوين البيضة المخصبة الزايكوت (Zygote)، ويظهر الجيل الاول حامل للصفة السائدة او المتغلبة، اما الجيل الثاني فيظهر بنسبة 3 سائد : 1متنحي.

واشار الى ان العوامل المختلفة للصفة مثل طول الساق لا تمتزج ولا يؤثر احدها على الاخرى في الهجن الناتجة من افراد الجيل الاول، بل انها تنعزل Segregate ويذهب كل عامل الى كميته مختلف وهذه الكميات تتحد بصورة عشوائية لتكوين ابناء الجيل الثاني. ولتوضح هذا المبدأ تستعمل الحروف الهجائية كرموز للعوامل او الجينات ولكل عامل من عوامل الصفات صورتان (Allelomorphs) تحتل كل منهما نفس الموقع على احد الكروموسومين المتماثلين، ويسمى كل فرد من هذه الصورتين اليل Allele وعلى الرغم من عدم وجود قاعدة ثابتة للرموز في علم الوراثة فان العوامل تعتبر وحدات مطلقة اذ ان كلا منهما يمكن يرمز له بالاحرف A او B او أي حرف اخر ولكن عادة يشير الحرف الكبير الى الجين السائد والصغير الى المتنحي فاذا اخذنا الصفتين المتضادتين (الطول والقصر) لنبات البازاليا، فان صفة الطول هي السائدة فيرمز لها بالرمز D وحيث ان صفة القصر هي نتاج لطفرة وهي متنحية فيرمز لها بالرمز d ولان كل من الصفتين تنشأ من اتحاد مشيجين فيرمز للنبات النقي طويل الساق بالرمز DD وينتج نوع واحد من الامشاج D ويرمز للنبات الهجين طويل الساق بالرمز Dd وينتج نوعين من الامشاج D و d ويرمز للنبات النقي قصير الساق بالرمز dd وينتج نوع واحد من الامشاج هو d، فلو افترضنا ان تضريبا لحادي الهجين قد تم بين نباتات البازاليا طويلة وقصيرة الساق فما هي النتائج المتوقعة لهذا التضريب :

كلية الزراعة / جامعة ديالى

الاباء (p ₁):	طويلة الساق	×	قصير الساق
	DD		dd
امشاج الاباء	(D)	↓	(d)
الجيل الاول F ₁	Dd		
	طويلة الساق		
F ₁ × F ₁ (اخصاب ذاتي)	Dd	×	Dd
	↓		↓
امشاج الجيل الاول F ₁	(D) (d)		(D) (d)
	طويل الساق × طويلة الساق		

	♂	D	d
♀	D	DD طويلة الساق	Dd طويلة الساق
	d	Dd طويلة الساق	Dd قصير الساق

ستكون النسبة 3: 1 أي ثلاثة طويلة الساق و1 قصيرة الساق .

ومن الضروري هنا التاكيد على ان لنسبة 3:1 تتطلب توفر بعض الظواهر والشروط لتحقيق هذه النسبة وتعرف بفرضيات قانون مندل الاول وهي :

- 1- جميع الكميات والزيجات تكون ذات حيوية متساوية (Equal Viability)
- 2- تتحد الكميات مع بعضها بطريقة عشوائية وبلا تفضيل (Randomness)
- 3- وجود السيدة التامة في الصفة (Dominance)
- 4- تتحدد الصفة بزواج واحد من الجينات (Diploid)

الطراز المظهري والطراز (التركيب) الوراثي :

يطلق الطراز المظهري (Phenotype) على شكل الكائن الحي الخارجي بالنسبة لصفة واحدة او لمجموعة من الصفات فالطراز المظهري هو أي صفة متغيرة او واضحة وقابلة للتقدير وموجودة في الكائن الحي ومثال ذلك طول الساق ولون الازهار، ويمكن القول ان الطراز المظهري هو محصلة نواتج الجين المعبر عنها في بيئة معينة.

أما التركيب الوراثي (Genotype) فيمثل مجموعة الجينات التي يحملها الفرد بالنسبة لصفة واحدة أو لمجموعة من الصفات، ويتحدد التركيب الوراثي عند الاخصاب و يحمله الكائن الحي بلا تغيير (بأستثناء الطفرات الوراثية) طيلة حياته، ويكون التركيب الوراثي على نوعين :

- 1- متماثل الزيجة (Homozygous) وينتج من اتحاد كميتين يحملان اليات متماثلة Identical Alleles وينتج نوعاً واحداً من الاليات المحمولة في الكميات ويعد التركيب الوراثي نقي او متماثلاً .
- 2- متباين الزيجة (Heterozygous) وهو التركيب الوراثي الخليط او الهجين (Hybrid) وينتج عند اتحاد كميتين يحملان اليين مختلفين، ويعطي نوعين مختلفين من الكميات، وتعد صفة الهجين (Hybrid) مرادفة للفرد ذو التركيب الوراثي متباين الزيجة .

ولغرض التعرف على التركيب الوراثي للصفة السائدة في الجيل الأول أجرى مندل تجارب أخرى لدعم استنتاجاته ، حيث يتشابه التركيب الوراثي النقي السائد مع التركيب الوراثي الخيطي أو الهجين من حيث الشكل المظهري فصفة طول الساق ذي التركيب الوراثي (DD) تملك نفس النمط المظهري للتركيب الوراثي الهجين (Dd) ولغرض معرفة النمط الوراثي الدقيق يجري تضريب يعرف باسم التضريب الاختباري (Testcross) .

في تضريب الاختبار هناك احتمالين للتركيب الوراثي :

- 1- فإذا كان التركيب الوراثي المجهول متماثل الزيجة سائد (AA)فانه يعطي نوع واحد من الكميات وهي (A) ، وعند تضريبه مع الاب المتنحي النقي (aa) والذي يعطي أيضا نوع واحد من الكميات (a) فسوف تكون جميع الذرية الناتجة حاملة للصفة السائدة وبتركيب وراثي خليط (هجين Aa) .

$$(a) \rightarrow Aa \ 100\% \times AA \rightarrow (A)$$

- 2- اما اذا كان التركيب الوراثي الهجين المجهول متباين الزيجة (Aa) فانه يعطي نوعين من الكميات وهي (A) و (a) ، وعند تضريبه مع الاب المتنحي (aa) والذي يعطي نوع واحد من الكميات (a) فسوف تكون نصف الذرية الناتجة حاملة للصفة السائدة والنصف الاخر حاملة للصفة المتنحية . وكالاتي :

$$Aa \rightarrow \{ (A) + (a) \} \times (a) = Aa \ 50\% + aa \ 50\%$$

كلية الزراعة / جامعة ديالى

وللتضريب الاختباري اهمية كبيرة في علم الوراثة ويستعمل في برامج التربية العملية لتعيين النمط الوراثي لفرد ما والذي قد يحمل اليلات متنحية والتي يختفي تعبيرها بليلات سائدة .

التضريب العكسي Backcross :

يرد مصطلح التضريب العكسي في عدد كبير من مصادر وكتب الوراثة بصيغة المرادف لتضريب الاختبار Testcross ، في حين تشير مصادر اخرى الى ان التضريب العكسي يتضمن تزواج احد افراد نسل الجيل الاول (F1) رجعيًا مع احد ابويه او مع افراد لهم تركيب وراثي يماثل تركيب الوراثي احد الابوين .

تضريبات احادية الهجين Monohybrid Crosses :

تتكون الهجن من تضريب فردين مختلفين وراثيا فمثلا التضريب (aa×AA) والامتضمن اباء مختلفة بزواج واحد من الاليلات ، يطلق عليها تضريبات احادية الهجين متباين الزيجة لزوج واحد من الاليلات، وتعد هذه التضاربات اساساً للوراثة المنديلية .

تحويلات النسبة المنديلية للشكل المظهري 1:3

على الرغم من سريان قانون الانعزال في كثير من الكائنات الحية وعلى الصفات متعددة فان عدد من الحالات تظهر شذوذاً عن النسبة المنديلية المتوقعة وهذا يعني اما ظهور صفات جديدة غير موجودة في الابوين ، او ان تكون الصفة حالة وسطية بين صفة الابوين وهذا له علاقة بموضع السيادة .

انواع السيادة Types of Dominance

تمكن الباحثون من اكتشاف انواع اخرى من السيادة التي ادت الى ظهور نسب مختلفة لانماط المظهرية في الجيل الثاني F2 تختلف عن النسب المنديلية والتي تخضع صفاتها المتضادة الى السيادة الكاملة . وهناك عدة انواع للسيادة منها :

1- السيادة الكاملة Complete Dominance

في هذا النوع من السيادة يكون متباين الزيجة (Aa) له نفس النمط المظهري لمتماثل الزيجة (AA) أي ان الجين المتنحي (a) موجود ولكنة مخفي وظيفيا . وتؤدي السيادة الكاملة الى ظهور النسبة التقليدية 1:3 في الجيل الثاني من تضريبات احادية الهجين .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

2- السيادة الغير كاملة (شبه السيادة) Incomplete Dominance

وفيها يكون الفرد الهجين حالة وسط بين الابوين وتؤدي الى الحصول على انماط ظاهرية لايمكن تفسيرها على ضوء السيادة الكاملة كلنسبة المحورة عن النسبة المنديلية 1:3 فعند تضريب نبات ذي ازهار حمراء يعود لنبات طق السبع مع نبات مماثل ذي ازهار بيضاء يكون ناتج الجيل الاول F1 ذي ازهار وردية Pink وفي الجيل الثاني تظهر النسبة (1) حمراء : (2) وردية : (1) بيضاء بسبب السيادة غير الكاملة .

3- السيادة المشتركة (التعدلية) Co dominance:

وتظهر هذه السيادة عندما يكون بقدره كل من الابوين التعبير عن نفسها في الافراد الخليطة (الهجينة) ، ويعمل كل اليل بطريقة محددة ومستقلا عن الاخر ويكون التأثير مشتركا في متباين الزيجة وتعد انتيجينات مجاميع الدم ABO في الانسان مثلا واضحا للسيادة المشتركة ، فالتزاوج بين افراد من طراز دم AB سوف ينتج نسل بنسبة 1 من طراز الدم A : 2 من طراز الدم AB : 1 من طراز الدم B وهذه النسبة أي 1:2:1 محورة عن النسبة المنديلية 1:3 ولكنها خاضعة لمبدأ الانعزال ايضا .

4- السيادة التفوقية: Over dominance

ويظهر هذا النوع من السيادة في الحالات المتعلقة بالصلاحية الحيوية مثل الحجم والانتاجية والحيوية . وفي هذا النوع من السيادة يكون متباين الزيجة نو نمط مظهري عند قياسه كميا اكثر من كلا الابوين المتماثلين الزيجة والمثال على ذلك وراثه لون العين في حشرة الدروسوفلا حيث يسبب متباين الزيجة WW زيادة في كمية الصبغت التالقية عن كل من تماثل الزيجة البري WW والابيض ww ، حيث تظهر النسبة المحورة 1:2:1 في الجيل الثاني .

الجينات المميطة :

تؤثر الجينات على حيوية الكائن بالاضافة الى تأثيرها على الصفات المظهرية ، حيث تصاب الكائنات الحية الحاملة لهذه الجينات بالضرر او تقليل فعاليتها الحيوية واذا ما سببت لها الموت فتسمى بالجينات المميطة ، واذا كان الجين المميطة من النوع السائد وذو التأثير المباشر، فان جميع الافراد الحاملة لهذه الجينات سوف تموت. وبعضهما الاخر يسبب الضرر اولا ويحدث الموت كالحالة متاخرة، أما الجينات المميطة أمتنحية المحمولة بصورة هجينة (متباينة الزيجة) فانها لاتسبب أي تأثير الأ اذا حدث تزاوج بين فردين حاملين لهذه الصفة، ومن الامثلة على ذلك :

كلية الزراعة / جامعة ديالى

1 – صفة اللون الاصفر في الفئران :

لا حظ العالم كنيوت Cuenof في عام 1905 أن الجين المسؤول عن اللون الاصفر في الفئران سائد سيادة تامة على أليله للون الرمادي ، وأن النسل الناتج من الجيل الأول F1 عند تلقيح أفراد صفر مع أفراد رمادية ظهر فيه أفراد صفر ورمادية وبسبب 1:1، وعند إجراء تلقيح بين ابوين صفر اللون كانت النسبة الناتجة 1:2 وهي نسبة محورة عن النسبة المنديلية لذلك عمل على تشرح الأمهات في فترة الحمل فوجد أن حوالي ربع الاجنة كانت ناقصة التكوين وميتة .



اصفر هجين ↓ اصفر هجين



1 اصفر يموت 2 اصفر هجين 1 رمادي

2 – صفة الزحف في الدجاج Creeping Fowls :

صفة الدجاج الزاحف هي من الصفات التي تعود إلى الجينات المميطة المتنحية ، ويمتاز الدجاج الزاحف Cyeeper بقصر وتشوه الاجنحة والارجل ويفقد القدرة على المشي ويستعين في حركته بالزحف، ويظهر التزاوج بين الفردين زاحفين نسبة في الجيل الأول مختلفة عن النسبة المنديلية وكالاتي :



زاحف زاحف

↓



تموت زاحف طبيعي

ثانياً - قانون مندل الثاني :

التوزيع الحر Independent Assortment

سبق وأن تطرقنا إلى قانون مندل الأول (قانون انعزال الصفات الوراثية) وكان يتضمن دراسة سلوك زوج واحد من العوامل الوراثية . وبما أن الكائن الحي يملك أعداد كبيرة من العوامل الوراثية المحددة لصفات الفرد ، فإن مندل أجرى تجارب لدراسة سلوك زوجين أو أكثر من العوامل الوراثية في آن واحد وهو ما يعرف بالتضريب ثنائي الهجين (Dhibrid cross) (في حالة زوجين من الجينات) والتضريب ثلاثي الهجين (Trihybrd cross) (في حالة ثلاثة أزواج من الجينات)

وينص قانون مندل الثاني على الآتي :

[تنعزل العوامل (الجينات) المختلفة بصورة مستقلة (حرة)]

ولتوضح هذا القانون الذي اعتمده مندل لتفسير نتائجنا نذكر بتفصيل تجربة التضريب ثنائي الهجين التي أجراها مندل والذي عرف من لراسته السابقة بان اليلات كل من البذور ممتلئة والصفراء بنها سائدة على نظائرها من الاليلات المنتجة للبذور المجعدة والخضراء ، حيث كانت جميع بذور الجيل الأول F1 الناتجة من التضريب ممتلئة و صفراء وعندما ترك مندل هجن الجيل الأول لكي تتخصب ذاتياً لاحظ ظهور اربعة انما ط مظهرية في الجيل الثاني F2 كان اثنان منهما مماثلان للباء أما التركيبان الآخران كانا جديدين بنسب خاصة، فمن مجموع 556 بذرة ظهر التوزيع الآتي

$$\frac{9}{16} \leftarrow 315 \text{ ممتلئة صفراء}$$

$$\frac{3}{16} \leftarrow 108 \text{ ممتلئة خضراء}$$

$$\frac{3}{16} \leftarrow 101 \text{ مجعدة صفراء}$$

$$\frac{1}{16} \leftarrow 32 \text{ مجعدة خضراء}$$

ظهرت النسبة 1:3:3:9

وكالاتي:

كلية الزراعة / جامعة ديالى

الاباء (p₁): بذور ممتلئة صفراء × بذور مجعدة خضراء

wwgg WWGG

↓

(wg) (WG) امشاج الاباء

↓

Ww Gg الجيل الاول F1

بذور ممتلئة صفراء

الأخصاب الذاتي (F₁ × F₁) WwGg × WwGg

سنحصل على النتائج التالية:

♀ ♂	WG	Wg	wG	wg
WG	WW GG ممتلئة صفراء	WWGg ممتلئة صفراء	Ww GG ممتلئة صفراء	Ww Gg ممتلئة صفراء
Wg	WW Gg ممتلئة صفراء	WW gg ممتلئة صفراء	WW Gg ممتلئة صفراء	Ww gg ممتلئة خضراء
wG	Ww GG ممتلئة صفراء	Ww Gg ممتلئة صفراء	wwGG مجعدة صفراء	ww Gg مجعدة صفراء
wg	Ww Gg ممتلئة صفراء	Ww gg ممتلئة خضراء	ww Gg مجعدة صفراء	ww gg مجعدة خضراء

كلية الزراعة / جامعة ديالى

كميات تعطي بذور صفراء ممتلئة

$$1/2G \rightarrow 1/4WG$$

$$1/2W$$

بذور خضراء ممتلئة كميات تعطي

$$1/2g \rightarrow 1/4Wg$$

$$1/2G \rightarrow 1/4WG$$

كميات تعطي بذور صفراء ممتلئة

$$1/2w$$

$$1/2g \rightarrow 1/4wg$$

كميات تعطي بذور خضراء مجعدة

والنتيجة نحصل على اربع كميات مختلفة لزوجين من الصفات.

* اما في حالة وجود ثلاثة صفات فاننا نحصل على ثمانية انواع مختلفة من الكميات وعلى الشكل الاتي :

فلو اضفنا صفة طول النبات الى الصفتين السابقتين ورمزنا لها بالرمز T للنبات الطويل و t للنبات القصير فسوف تكون الكميات المتكونة كالتالي :

$$1/2T \rightarrow 1/8WGT$$

$$1/2G$$

$$1/2t \rightarrow 1/8Wgt$$

$$1/2W$$

$$1/2T \rightarrow 1/8WgT$$

$$1/2g$$

$$1/2t \rightarrow 1/8Wgt$$

$$1/2T \rightarrow 1/8wGT$$

$$1/2G$$

كلية الزراعة / جامعة ديالى

$$1/2t \rightarrow 1/8 wGt$$

$$1/2w$$

$$1/2T \rightarrow 1/8 wgT$$

$$1/2g$$

$$1/2t \rightarrow 1/8 wgt$$

- طريقة التشعب لمعرفة الاشكال المظهرية في حالة زوجين او اكثر من الصفات المتضادة () لناخذ صفات شكل البذور ولونها) :

$$\text{ممتلاً اصفر} \quad - G- \rightarrow 9/16 \quad W - \quad 3/4 G$$

$$-3/4W$$

$$\text{gg ممتلاً اخضر} \quad - \quad 1/4 gg \rightarrow 3/16 W$$

$$\text{مجعد اصفر} \quad - \rightarrow 3/16 \quad ww G - \quad 3/4 G$$

$$1/4ww$$

$$\text{مجعد اخضر} \quad 1/4 gg \rightarrow 1/16 \quad ww gg$$

- *طريقة التشعب لمعرفة عدد وانواع التراكيب الوراثية لزوجين او اكثر من الصفات المتضادة ولناخذ المثال السابق لصفتي شكل البذور ولونها :

$$1 - \text{ممتلاً اصفر} \quad 1/4 GG \rightarrow 1/16 \quad WW GG$$

$$2-1/4 WW - \text{ممتلاً اصفر} \quad 1/2 Gg \rightarrow 2/16 \quad WW Gg$$

$$1- \text{ممتلاً اخضر} \quad 1/4 gg \rightarrow 1/16 \quad WW gg$$

$$2- \text{ممتلاً اصفر} \quad 1/4 GG \rightarrow 2/16 \quad Ww GG$$

كلية الزراعة / جامعة ديالى

4- متتلا اصفر	$1/2 Ww$	$1/2 Gg \rightarrow 4/16 Ww Gg$
2- متتلا اخضر		$1/4 gg \rightarrow 2/16 Ww gg$
1- مجعد اصفر		$1/4 GG \rightarrow 1/16 ww GG$
2- مجعد اصفر	$1/4 ww$	$1/2 Gg \rightarrow 2/16 ww Gg$
1- مجعد اخضر		$1/4 gg \rightarrow 1/16 ww gg$

وبجمع التراكيب الوراثية المتشابهة مع بعضها تكون النتيجة:

9 ممتلا اصفر : 3 ممتلا اخضر : 3 مجعد اصفر : 1 مجعد اخضر

- طريقة حساب عدد الاشكال لمظهرية والتراكيب الوراثية لزوج واحد او لعدة ازواج من الصفات المتضادة :
من قانون مندل الاول تكون النسبة المظهرية لزوج واحد من العوامل المتضادة هي 3:1 لزوج واحد فقط (أي موقع وراثي واحد) . $n =$

اما اذا كان زوجين من الصفات أي $(2n)$ فنضرب النسبة الاولى 3:1 بنفسها وكالاتي:

$$3 : 1$$

$$3 : 1 \times$$

$$9:3:3:1$$

اما اذا كان لدينا ثلاثة ازواج فنضرب النسبة 3:1 بنفسها ثلاث مرات وكالاتي :

$$9 : 3 : 3 : 1$$

$$3 : 1 \times$$

$$27:9:9:3:9:3:3:1$$

وهكذا

كلية الزراعة / جامعة ديالى

- نسبة التراكيب الوراثية حسب قانون مندل الاول هي 1:2:1 (1سائد اصيل 2 سائد هجين 1 متنحي) هذا لزوج واحد فقط من الصفات ، وعندما يكون زوجان من الصفات يمكن ان نجد النسبة بطريقة الضرب كما في حساب نسبة الاشكال المظهرية ، ففي حالة زوجين من الصفات تكون النسبة:

$$1:2:1$$

$$1:2:1 \times$$

$$1:2:1:2:4:2:1:2:1$$

وهكذا نكرر عملية الضرب مرة اخرى في حلة ثلاث ازواج .

- قاعدة مهمة :
الاصيل دائما نسبته 4\1 او 1
والهجين (الخليط) نسبته 2\1 او 2

الشرح للمثال السابق :

1: ممتلا اصفر :

- W - G ونسبته 16\9 كالاتي :

16\1 GG WW أي عدد الافراد = 1

16\2 GG Ww أي عدد الافراد = 2

16\2 Gg WW أي عدد الافراد = 2

16\4 Gg Ww أي عدد الافراد = 4

اذن المجموع هو 9 افراد ممتلاً اصفر

كلية الزراعة / جامعة ديالى

2: ممثلا اخضر :

1 = WW gg ونسبته 1\16 أي عدد الافراد = 1

2 = Ww gg ونسبته 2\16 أي عدد الافراد = 2

اذن المجموع هو 3 افراد ممثلا اخضر

3: مجعد اصفر :

1 = GG ww ونسبته 1\16 أي عدد الافراد = 1

2 = Gg ww ونسبته 2\16 أي عدد الافراد = 2

اذن المجموع هو 3 افراد مجعد اصفر

4: مجعد اخضر :

1 = ww gg ونسبته 1\16 أي عدد الافراد = 1

عدد انواع التراكيب الوراثية النقية المحتملة في افراد الجيل الثاني	عدد انواع التراكيب الوراثية الهجينة المحتملة في افراد الجيل الثاني	عدد انواع التراكيب الوراثية المحتملة في افراد الجيل الثاني	عدد الفجاميع المظهرية المحتملة في افراد الجيل الثاني	عدد التراكيب الوراثية المحتملة في افراد الجيل الثاني	عدد انواع الكميات التي يكونها افراد الجيل الاول F1	عدد ازواج الجينات الهجينة في الاباء Hetrozygous
2	1	3	2	4	2	1
4	5	9	4	16	4	2
8	19	27	8	64	8	3
16	65	81	16	256	16	4
32	211	243	32	1024	32	5
2^n	$3^n - 2^n$	3^n	2^n	4^n	2^n	n

كلية الزراعة / جامعة ديالى

تعريف المهمة :-

الهجين:

هو ذلك الكائن الحي الذي ينتج من تزاوج أبوين مختلفين في صفة معينة .

الصفة السائدة :

هي الصفة التي تسود في الجيل الأول وتكون أما نقية أو وهجينة .

لصفة المتنحية :

هي الصفة التي تختفي في الجيل الأول وتظهر في الجيل الثاني .

: Gene

هو العامل الوراثي الذي يحدد سمة واحدة في صفة معينة ويوجد في الديبلويدات بازواج . وله تأثير بايولوجي محدد .

:Allele

هو الجين المنفرد ، وهو احد الجينات البديلة لصفة معينة مثل الاليل المسؤل عن امتلاء البذور w الاليل المسؤل عن تجعيدها w في صفة شكل بذور البزاليا ، او الليل طول النبات T او الليل قصرها t في صفة ارتفاع النبات .

: Homozygote

إذا كان الفرد يمتلك الليلين متماثلين لنزج صفة معينه مثل WW أو ww في شكل البذور أو هو الفرد النقي في تلك الصفة فهذا الفرد هو موز ايكوص

: Heterozygote

Ww في شكل الجذور أو Tt في صفة

Heterozygous.

إذا كان الفرد يمتلك الليلين متباينين في زوج صفة معينة مثل ارتفاع النبات انه الفرد الهجين في تلك الصفة لذا فهو هيتروزاكوصي Heterozygous.

Phenotype (الطراز المظهري الفيوتايب):

وهو المظهر البيولوجي لصفة معينة واحدة أو أكثر وقد تكون على المستوى الكيمياوي او البنائي والسلوكي او أي مظهر يمكن ملاحظته على الفرد ماعدا تركيبته الوراثية.

Genotype (الجينوتايب أو الطراز الجيني):

وهو الجوهر أو المحتوى الجيني الذي يشمل المجموعة الكاملة للمادة الوراثية التي يرثها الفرد من والديه.

أمثلة على قانون الأول:

مثال (1) : ضرب نباتات بزاليا احمر الازهار نقي بأخر أبيض الأزهار فكانت جميع النباتات الناتجة حمر الأزهار. ما التركيب الوراثية للأبوين والأبناء علماً أن صفة لون الأزهار الحمراء سائدة على الصفة لون الأزهار البيضاء .

الجواب : نرمرز لنبات البزاليا ذو الأزهار الحمراء بالرمز RR

نرمرز لنبات البزاليا ذو الازهار البيضاء بالرمز rr

RR P1: rr x

↓

↓

(r) x (R)

G1: (R

↓

F1:

Rr

حمراء الأزهار

كلية الزراعة / جامعة ديالى

مثال 2:

لقح نبات بزاليا احمر الأزهار بأخر ابيض الأزهار فكانت نصف الافراد الناتجة
 حمر الأزهار ونصفها الآخر بيض الأزهار . ولو أجرينا تلقيحا ذاتيا للنباتات حمر
 الأزهار فما هي نسب واشكل النباتات الناتجة في الجيل الثاني علما أن صفة الأزهار الحمراء سائدة على
 البيضاء.

الجواب: بما أن نصف افراد نباتات الجيل الأول حمر الأزهار والنصف الآخر بيض الأزهار

:: صفة اللون الحمر سائدة إلا أنها هجينة (ذات تراكيب وراثية مختلفة)

:: يكون التركيب الوراثي للنباتات حمر الأزهار Rr

:: يكون التركيب الوراثي للنباتات بيض الزهار rr

مثال 3 : كيف نختبر نقاوة نبات بزاليا أحمر الأزهار مجهول النقاوة ؟

الجواب : لأختبار نقاوة نبات أحمر الأزهار مجهول النقاوة نجري له تلقيحاً اختبارياً مع نبات يحمل الصفة
 المتنحية فيكون لدينا احتمالان :

1- أن يكون النبات أحمر الأزهار المجهول النقاوة نقياً فنقوم بتلقيحه مع نبات أبيض الأزهار (الذي يحمل
 الصفة المتنحية) . فإذا ظهرت جميع النباتات حمر الأزهار فهذا دليل على انه نقي في تركيبه الوراثي .

نبات أبيض الأزهار \times نبات احمر الأزهار نقي

P1 : RR \times rr

↓

↓

G1: (R) \times (r)

↓

F1 : Rr

2- أن يكون النبات أحمر الأزهار الجهول النقاوة هجيناً فنقوم بتلقيحه مع نبات ابيض الأزهار (الذي يحمل الصفة المتنحية). فإذا ظهرت نصف النباتات الناتجة حمر الأزهار والنصف الآخر بيض الأزهار فهذا دليل على انه هجين .

$$\begin{array}{ccc}
 \text{نبات ابيض الأزهار} & \times & \text{نبات احمر الازهار} \\
 P1 : & & Rr \\
 & & \downarrow \\
 G1 : & & (R) + (r) \\
 & & \downarrow \\
 F1 : & & Rr \\
 & & rr
 \end{array}$$

50% بيضاء + 50% حمراء

بيضاء متنحية حمراء سائدة هجينة

مثال 4 : تزوج رجل اسود العينين من امرأة سوداء العينين ما احتمال أنجاب طفل أرزق العينين اذا علمت أن صفة العيون السوداء سائدة على صفة العيون الزرقاء ؟

الجواب : لظهور طفل أزرق العينين يجب أن يكون كلاً الأبوين ذات عيون سوداء هجينة (خليطة التركيب الوراثي Bb)

$$\begin{array}{ccc}
 \text{رجل اسود العينين (هجين)} & & \text{أمرأة سوداء العينين (هجين)} \\
 p1: & Bb & \times & Bb \\
 & & & \downarrow \\
 F1 : & BB & , & [Bb + Bb] , & bb
 \end{array}$$

أزرق العينين : سوداء العينين هجينة : سوداء العينين نقية / جامعة ديالى

1 : 2 : 1
[% 25 % 50 % 25]

أسود أزرق
4 : 1

اذن احتمال ظهور طفل أزرق العينين = % 25

أمثلة على قانون مندل الثاني :

مثال 1 :

تزوج رجل أسود العينين أيسر اليد (أعسر) من امرأة زرقاء العينين يميناء اليد فانجباطلين الاول ايمن اليد اسود العينين والثاني ازرق العينين ايمن اليد، ما التراكيب الوراثية للأبوين ولطفليهما علماً ان صفة سودا العيون سائدة على زرققتها ، وان صفة اليد اليمنى سائدة على اليسرى ؟

الجواب : نرسم لصفة لون العيون بالحرف B ولصفة اليد بالحرف R ويكون الاستنتاج الآتي :

1 - بما ان الاب اسود العينين والام زرقاء العينين وظهر احد الابناء ازرق العينين اذن صفة سواد العينين عند الاب هجينة .

2 - بما أن الأب أيسر اليد والام يميناء وظهر الابناء كلهم ايمن اليد . صفة اليد اليمنى سائدة نقية عند الام والاب ايسر اليد متحي نقى وتكون النتائج كالآتي :

P_1 : ام زرقاء العين يميناء اليد × اب اسود العين ايسر اليد

Bbrr	×	bb RR
↓		↓
Bbr		bR
↓		↓
G_1 :	×	(bR)
[(Br) + (br)]		

كلية الزراعة / جامعة ديالى



BbRr

bbRr

F1 :

اسود العينين ايمن اليد

ازرق العينين ايمن اليد

مثال 2 :

لقح خنزير خشن الشعر أسود اللون أنثى خشنة الشعر بيضاء اللون فأنجبا عدداً من الخنازير كان $\frac{3}{8}$ منهم خشني الشعر سود اللون و $\frac{3}{8}$ منهم خشني الشعر بيض اللون و $\frac{1}{8}$ ناعمي الشعر سود اللون $\frac{1}{8}$ ناعمي الشعر أبيض اللون مالتراكيب الوراثية للأبوين ولأبناء علماً أن صفتي الشعر الخشن واللون الأسود ساندتان على صفتي الشعر الناعم واللون الأبيض :

الجواب :

نرمز لصفة الشعر الخشن السائد بالحرف R

نرمز لصفة الشعر الناعم المتخي بالحرف r

نرمز لصفة اللون الأسود السائد بالحرف B

نرمز لصفة اللون الأبيض المتخي بالحرف b

بما أن هناك خنازير ناعمة لشعر وكلا الأبوين خشني الشعر

أذن يجب أن يكون الأبوين هجينين بالنسبة لصفة شكل الشعر، وبما أن هناك خنازير بيض اللون وكان والأب أسود الشعر والأم بيضاء الشعر. أذن يجب أن يكون الأب أسود هجين Bb والأم بيضاء نقية bb

كلية الزراعة / جامعة ديالى

لذا يكون التركيب الوراثي للأباء كالاتي :

$$\begin{array}{ccc}
 \text{أم خشنة الشعر بيضاء اللون} & \times & \text{أب خشن الشعر أسود اللون} \\
 p_1: & & \\
 Rrbb & & RrBb \\
 \downarrow & & \downarrow \\
 G : & & (RB), (Rb), (rb), (rb) \times (Rb), (Rb) \\
 \downarrow & & \\
 RRBb, RrBb, RRbb, Rrbb, RrBb, rrBb, Rrbb, rrbb & & F_1:
 \end{array}$$

ناعم ابيض خشن ابيض ناعم اسود خشن اسود خشن ابيض خشن ابيض خشن اسود خشن اسود

والنتيجة تكون:

$$\begin{array}{ll}
 \frac{3}{8} = \text{خشن أبيض} & \frac{3}{8} = \text{خشن أسود} \\
 \frac{1}{8} = \text{ناعم أبيض} & \frac{1}{8} = \text{ناعم أسود}
 \end{array}$$

المحاضرة الرابعة

التفاعل بين الجينات Genes Interaction

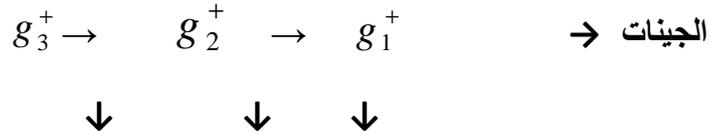
من فرضيات مندل التي بنى عليها قانون التوزيع الحر ان كل عامل وراثي ينتقل من جيل لآخر كوحدة مستقلة، في الحقيقة ليس هناك مثل هذه الاستقلالية التامة في تحديد الصفات المظهرية، أي ليس هناك جين معين يكون وحده مسؤولا عن ظهور صفة معينة، والطراز المظهري لا يمكن تفسيره دائما بموجب الوراثة المنديلية فالطراز المظهري للكائن الحي عبارة عن محصلة نواتج سلوك عدة جينات في الظروف بيئية معينة .

والظروف البيئية تشمل عوامل خارجية External enviro moment كالحرارة والرطوبة والضوء والتغذية والكثافة السكانية وغيرها من العوامل المحيطة بالكائن الحي .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

وهناك عوامل بيئية داخلية **Internal environment** مثل الوظائف الفسلجية للجسم والهرمونات والانزيمات وغيرها . اضافة لذلك فهناك تداخلات بين فعل زوجين من الجينات او اكثر لتخليق او تكوين مادة نهائية معينة **End product** . والجينات تحدد تركيب البروتينات ونوعيتها بموجب فعل الانزيمات وهي بروتينات ايضا لذلك يجب ان تتوفر كافة الجينات اللازمة لاتمام سلسلة تخليق او بناء حيوي معين **Biosynthetic pathway**.

ان التفاعلات الكيماوية التي تحدث داخل الخلية تتم في خطوات متتالية ، وفي كل خطوة يتم تحويل مادة معينة الى مادة اخرى وكل خطوة تتحقق من التي قبلها بواسطة انزيم معين . والخطوات اللازمة لتحويل مادة اولية معينة (مستبق) **Precursor substance** الى ناتج نهائي **end product** هي عبارة عن سلسلة تخليق حيوي **Biosynthetic pathway** ، والمخطط التوضيحي التالي يمثل هذه السلسلة، وهو توضيح للتفاعل بين عدة ازواج من الجينات:



مستبق) precursor مادة اولية $C \rightarrow e_3 \rightarrow B \rightarrow e_2 \rightarrow A \rightarrow e_1 \rightarrow p$ (نهائي ناتج

من المخطط المذكور اعلاه نلاحظ ان كل مادة من المواد الوسيطة (A,B,C) تنتج من عمل الانزيمات (e_1, e_2, e_3) وهذه الانزيمات تحدد بواسطة جينات طبيعية مثل (g_1^+, g_2^+, g_3^+) أي برية الطراز . ان التفاعل الجيني **genetic interaction** يحدث عندما يقوم جينان او اكثر لتعيين الاتريعات اللازمة لاتمام سلسلة خط تخليق حيوي معين فادا كانت المادة C ضرورية لظهور شكل مظهري طبيعي **Normal phenotype** وكانت الجينات (g_1, g_2, g_3) هي جينات غير طبيعية (أي جينات طفرة) فانها تكون غير قادرة على انتاج الانزيمات السليمة اللازمة لتفاعل الكيماوي الصحيح، وعليه فان الشكل المظهري (الغير طبيعي) أي الطافر سوف ينتج من التركيب الوراثي النقي **Homozygous** المنتحي لاي موقع من المواقع الجينية الثلاثة فاذا كان الجين المتماثل (g_3) هو الجين الطافر فان عملية تحويل المادة B الى المادة C ستوقف لذا سوف تتراكم المادة B بكميات زائدة عن الحاجة داخل الخلية، وأذا كان الجين المتماثل الطافر هو g_2 فان المادة A سوف تتراكم بكميات زائدة داخل الخلايا، ومن هنا يتضح أن الطفرات **Mutants** عبارة عن أعاقاة او سد في طريق التمثيل الحيوي (أعاقات أيضية) . فاذا كان الفرد تركيبه الوراثي g_2g_2 فأنه يستطيع اظهار الشكل المظهري الطبيعي إذا أعطي إحدى المدتين B أو C ، أما إذا كان تركيبه الوراثي g_3g_3 فأنه يحتاج فقط الى المادة C لا يظهر الشكل أو الطراز المظهري الطبيعي، وإذا كان التركيب الوراثي للفرد هو $g_3g_3^+$ اي تركيب هجين (خليط) فان عملية التمثيل الكيماوي سوف تتم وفق تسلسلها الطبيعي وينتج طراز او شكل مظهري طبيعي .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

أن الجين الطبيعي (g_3^+) يعتمد على وجود الجين الطبيعي (g_2^+) لكي يتمكن من إظهار تأثيره على إنتاج الشكل المظهري الطبيعي، أما إذا كان التركيب الوراثي على شكل (g_2g_2) أي جين طافر متنحي فإن عملية التخليق الحيوي سوف تتوقف بعد إنتاج المادة A وبذلك لا يظهر أي تأثير للجين g_3^+ أو g_3 على الشكل المظهري أي أن التركيب الوراثي g_2g_2 يخفي الشكل المظهري الذي يمكن أن ينتج من تأثير الأليلات الموجودة في الموقع g_3 سواء كانت سائدة g_3^+ أو متنحية g_3 ويطلق على هذه الحالة من التفاعل الجيني بالتفوق . Epistasis

يسمى الجين الذي يمنع جينا آخر في موقع آخر (غير اليلى) من اظهار تأثيره بالجين المتفوق Epistatic gene والجين الآخر الذي لم يستطع من اظهار تأثيره بالجين المكبوت او المتفوق عليه Hypostatic gene.

ان السيادة dominance والتي اشير اليها سابقا هي عبارة عن حالة تفوق داخل الموقع الجيني الواحد (تفوق ضمني) intra-locus epistasis ، ويتعبير آخر هي حالة تفوق بين الأليلين في الموقع الجيني الواحد وهذا النوع من التفاعل الجيني يسمى Intra-allelic interaction وفيه يمنع أو يخفي الأليل السائد تأثير الأليل التنحي عند وجودهما معا في الفرد الخليط.

أما التفوق Epistasis فهو كبت أو إخفاء (Suppress) تعبير جيني عندما يعبر جين آخر في موقع جيني آخر عن نفسه (تفوق بيني inter-allelic epistasis) ويعرف هذا النوع من التفوق الجيني inter allelic interaction. ونتيجة للتفاعل بين الجينات فإن النسبة المندلية التي تظهر في الجيل الثاني F_2 والناجمة من دراسة زوجين من الصفات وهي 9:3:3:1 سوف تتحول إلى نسب أخرى أي تتغير هذه النسبة نتيجة ظاهرة التداخل بين فعل الجينات gene interaction ويؤدي التداخل بين فعل الجينات كذلك إلى ظهور أشكال مظهرية جديدة في النسل الناتج لم تكن موجودة في الأباء . ومن أشهر الأمثلة على التفاعل بين الجينات وراثية صفة شكل العرف في الدجاج .

من دراسة شكل العرف الناتج من تهجين سلالات مختلفة من الدجاج في أوائل القرن العشرين اكتشفت أول حالة من حالات التفاعل بين الجينات وكالاتي :

- 1- سلالة الوايندوت Wyandottes لها عرف يسمى بالعرف الوردى .
- 2- سلالة البراهما Brahmas ولها عرف بازلائي .

3- سلالة اللكهورن Leghorns ولها عرف مفرد single comb كما في الشكل التالي :

كلية الزراعة / جامعة ديالى

اجراء التلقيحات بين السلالات :

اولا:

مفرد x وردي $\xleftarrow{F1}$ (كله وردي) $\xleftarrow{F2}$ (3 وردي : 1 مفرد)

هذه النتيجة تدل على ان صفة العرف الوردي سائدة سيادة تامة على صفة العرف المفرد ويتحكم بها زوج واحد من الاليلات أي موقع جيني واحد.

ثانيا:

مفرد x بازلائي $\xleftarrow{F1}$ (كله بازلائي) $\xleftarrow{F2}$ (3 بازلائي : 1 مفرد)

هذه النتيجة تدل على ان صفة العرف البازلاني وصفة العرف المفرد عبارة عن زوج من الصفات التضادة وان صفة العرف البازلاني سائدة سيادة تامة على صفة العرف المفرد وان هناك زوج واحد من الاليلات أي موقع جيني واحد يتحكم في توريث هاتين الصفتين.

ثالثا:

وردي x بازلائي $\xleftarrow{F1}$ كله جوزي $\xleftarrow{F2}$ 9 جوزي : 3 وردي : 3 بازلائي : 1 مفرد

وحسب قانون مندل الثاني فان ظهور هذه النسبة تدل على وجود زوجين من العوامل الوراثية وليس زوجا واحدا أي ان الاباء في هذا التلقيح وهم ورديو الاعراف وبازلانيو الاعراف لابد انهم يختلفون عن بعضهم بزوجين من الجينات وان افراد الجيل الاول F_1 ذوي الاعراف الجوزية لابد ان يكونوا خليطين لزوجين من العوامل الوراثية **Dihybrid** .

وباستعمال الرموز R للعرف الوردي

P للعرف البازلاني

تكون الاستنتاجات كمايلي :

1- الافراد الذين ظهوروا في F_2 بنسبة 1/16 يجب ان يكونوا متماثلي العوامل الوراثية لذا يكون التركيب الوراثي للأفراد المفردة العرف في الجيل الثاني هو (rrpp).

كلية الزراعة / جامعة ديالى

2- الافراد الذين ظهوروا بنسبة 9/16 في F_2 يجب ان يحملوا الصفتين السائدةين لذا فتركيبهم الوراثي لابد ان يحتوي على الليل واحد سائد على الاقل من كل زوج من زوجي الاليلات، فالافراد الجوزيو الاعراف في F_2 يكون تركيبهم الوراثي (R- P-).

3- الافراد ذوو الاعراف الوردية الذين ظهوروا بنسبة 3/16 في F_2 لابد انهم يحتون على زوج متنحي من الاليلات وزوج اخر سائد من الاليلات، وحيث ان صفة العرف الوردي سائدة على صفة العرف الفرد سيادة تامة فلا بد ان التركيب الوراثي لهؤلاء الافراد ان يكون (R- pp) .

4- الافراد ذوو الاعراف البازلانية الذين كانت نسبتهم بين افراد F_2 3/16 لابد ان يحتون على زوج متنحي وزوج اخر سائد من الاليلات، وبما ان صفة العرف البازلاني سائدة سيادة تامة على صفة العرف الفرد فلا بد ان يكون تركيبهم الوراثي (rr P-) . ان ظهور صفة العرف المفرد يتوقف على فعل زوجين مختلفين من الجينات كل زوج منهما له علاقة بصفة شكل العرف، لذا فصفة العرف المفرد لا تظهر الا اذا كانت الجينات المسؤلة عن صفة العرف الوردي وتلك المسؤلة عن صفة العرف البازلاني موجودة بصورة متنحية ونقية معا، واذا كان هناك ليل واحد على الاقل من الجينات المسؤلة عن صفة العرف الوردي في حلة سائدة (R -) والاليلات المسؤلة عن العرف البازلاني بصورة متنحية فيكون العرف الناتج عرفا ورديا . بينما وجود الليل واحد على الاقل من الجينات المسؤلة عن صفة العرف البازلاني في حالة سائدة (P-) مع الاليلات المسؤلة عن العرف الوردي بصورة متنحية ينتج افراد بعرف بازلاني. وفي حلة وجود الليل واحد من الاليلات المسؤلة عن العرف الوردي على الاقل في حالة سائدة (R-) مع الليل واحد على الاقل من الجينات المسؤلة عن العرف البازلاني بحالة سائدة (P-) فيكون الناتج عرفا جوزيا .

وباستعمال الرموز :

عرف برزلائي	x	عرف وردي	
	RR pp	P:	rr PP
	G:	(rP)	↓
			(Rp)
تلقيح ذاتي	F ₁ :		R r P p
			R F ₂ :
			: rr pp – pp : rr P- : R- P-

والخلاصة :

ان الفعل الجيني يعني العمليات الوراثية المشتركة بين الجينات مثلا :-

1 - اعتماد جينين على بعضهما لظهور صفة معينة أي هناك تداخل تكميلي بين الجينين.

2- التداخل في عمل جينين او اكثر لتحويل شكل معين (مثل شكل العرف في الدجاج كما في المثال السابق).

التفوق : Epistasis

وهو ان جين يخفي تأثير جين اخر غير اليه، ان هذه الظاهرة تسمى بالتفوق ويظهر تأثير التفوق بتحويل النسب المنديلية للمظاهر الخارجية المتحصل عليها في الجيل لثاني تبعا لكون التفوق سائدا او متنحيا وتبعا للعلاقة التفاعلية بين الجينات غير الاليلية اذا كانت متبادلة او غير متبادلة .

انواع التفوق : Type of Epistasis

1- التفوق السائد (12 : 3 : 1) Dominant epistasis
وفيه يعطي الاليل السائد لجين معين (A) نمطا ظاهريا يخفي نمط الجين الاخر (B) وباية حالة اليلية يوجد فيها الـ (B) . ولهذا يكون (A) متفوق على (B) . ولا يمكن للجين (B) ان يعبر عن نفسه الا بوجود الاليلين (aa) بصورة متنحية (Homozygous) . ولهذا يظهر (A-B-) و (A-bb) بنفس النمط الظاهري و (B-bb) يكون بنمط اخر وكذلك (aa bb) بنمط اخر ايضا .

ومثل ذلك الفرع الصيفي (الثمار):

بيضاء x خضراء $\xleftarrow{F1}$ كله ابيض $\xleftarrow{F2}$ 12 ابيض: 3 صفراء: 1 خضراءYY WW x wwyy $\xleftarrow{F1}$ WwYy- - : W-Wwyy : ww y

الجين (العامل) W يعطي اللون الأبيض = 12

Y يعطي اللون الاصفر بشرط وجود ww = 3

wwyy يعطي اللون الاخضر = 1

2- التفوق المتنحي : Recessive epistasis [4:3:9]

هناك حالات معينة يمنع فيها النمط الوراثي المتنحي (Homozygous) التعبير عن الأليلات الأخرى في الموقع الآخر، ولذلك يطلق عليه بالتفوق المتنحي، ولا تستطيع الأليلات الأخرى أن تعبر عن نفسها إلا عندما يكون الأليل الأول من النوع السائد.

المثل كما في البصل:

أحمر × أبيض $\xrightarrow{F1}$ كله أحمر $\xrightarrow{F2}$ 9 أحمر : 3 أصفر : 4 أبيض

CCRR × $\xrightarrow{F2}$ CcRr $\xrightarrow{F1}$ ccrr - R-rr : C- : C--cc

تفسير النتائج كما يلي:

الجين C يسبب الصبغة، والياله المتنحي (c) لا يسبب الصبغة، والجين R يحدد لون الصبغة الحمراء والياله المتنحي (r) يحدد اللون الأصفر، ولذلك التراكيب الوراثية للسلالة الحمراء هي CCRR وللسلالة البيضاء هي ccrr والتراكيب الوراثية للأول هو CcRr، أما أفراد الجيل الثاني فتكون:

9 حمراء C- R--

3 صفراء C- rr

3 بيضاء cc R-

1 أبيض ccrr

والنتيجة نحصل على ثلاثة أشكال مظهرية (9 أحمر و3 أصفر و4 أبيض) ومن هنا نلاحظ أن كل من الجينين r,R لا يستطيعان تكوين اللون إلا في حالة وجود الجين C الخاص بتكوين الصبغة، أما في حالة وجود الجين المتنحي c فيصبح تأثير الجين المكون للون منعدما كما في التراكيب الوراثية ccR- و ccrr.

3- التفوق السائد متماثل التأثير (الجينات المكررة السائدة) {15:1} في هذه الحالة تعطي الأليلات السائدة لكلا الموقعين للجينين A و B نفس الشكل المظهري Phenotype دون أن تظهر تأثيرا تراكميا.

المثل:

شكل العلبه في ثمرة نبات كيس الراعي (ثمرة النبات)

مثلث الثمرة × بيضوي $\xrightarrow{F1}$ مثلث الثمرة $\xrightarrow{F2}$ 15 مثلث : 1 بيضوي

4-التفوق المتنحي متمائل التأثير (العوامل المكملة) [7:9]

وفيه يعطي التركيبين الوراثيين المتنحيين aa و bb للموقعين الجينيين اشكالا ظاهرية متشابهة، ذلك يكون (aaB -) ، (A - bb) ، (aa bb) لهم نمط ظاهري واحد(متشابه) وعندما يوجد الايلان الساندان معا سيطيان نمطا ظاهريا مختلفا .

مثال :

لون الازهار في البزاليا :

ابيض x ابيض $\xleftarrow{F1}$ قرمزي $\xleftarrow{F2}$ 9 قرمزي : 7 ابيض

ابيض 3 ابيض C - pp : C - P - CcPp $\xleftarrow{F2}$ $\xleftarrow{F1}$ cc PP x CCpp

- Cc P ابيض 3

1 Cc pp ابيض

المجموع 7 ابيض

4- التفوق المتمائل التأثير غير الكامل : [1 : 6 : 9]

وتتم بصورتين :-

أ: اذا كان كل من الموقع الوراثي A والموقع B بالاشكال الوراثية (A- bb) و (aa B-) يعطيان نفس النمط الظاهري .

ب: اذا كان وجود A و B في الشكل الوراثي (A- B-) يعطي تأثيرا تراكميا للمواد الناتجة

المثال في الخنازير:

رملّي x رملّي $\xleftarrow{F1}$ كله احمر $\xleftarrow{F2}$ 9 احمر : 6 رملّي : 1 ابيض

6 - التفوق السائد المتنحي (3:13)

وفيه يعطي النمط الوراثي السائد في احد الموقعين مثلاً A والنمط الوراثي المتنحي للموقع الاخر bb نفس الشكل المظهري وبذلك تعطي التراكيب الوراثية (A-bb) و (A-B -) و (aa bb) نفس الشكل المظهري ويكون النمط الوراثي (aa B -) فقط مختلف عنهم، والمثال على ذلك في بعض سلالات الدجاج :

اللكهون (ابيض) x بليموثروك (ابيض) $\xleftarrow{F1}$ كلة ابيض $\xleftarrow{F2}$ 13 ابيض : 3 ملون

C - ii : C - I- $\xleftarrow{F2}$ Ccli $\xleftarrow{F1}$ ccii x CCII

cc li

ccii

مخطط يوضح حالات التفوق المختلفة:

حالات التفوق (التراكيب الوراثية) : 1ab : 3Ab : 3Ab : 9AB

_____	_____	_____	_____	_____	سائد 1 : 3 : 12
_____	_____	_____	_____	_____	متنحي 4 : 3 : 9
_____	_____	_____	_____	_____	متنحي متماثل 7 : 9
_____	_____	_____	_____	_____	سائد متماثل 1 : 15
_____	_____	_____	_____	_____	سائد ومتنحي 12 : 13
_____	_____	_____	_____	_____	متماثل غير كامل 1 : 6 : 9

المحاضرة الخامسة

الأساس الكيميائي للمادة الوراثية

المادة الوراثية :

يعد الحمض النووي منقوص الأوكسجين DNA هو المادة الحاملة للمعلومات الوراثية في جميع الكائنات الحية باستثناء بعض الفيروسات التي تكون فيها جزيئات الحمض النووي الرايبوزي RNA هي المدة الحاملة للمعلومات الوراثية. ولم تكن هذه المعلومات معروفة سابقا حيث كان يعتقد أول الأمر إن البروتين هو المادة الحاملة والناقلة للمعلومات الوراثية إلا إن التقدم العلمي الذي أحرز اثر الشكوك حول هذا الاعتقاد.

فقد لوحظ أن جزيئات الـ DNA تكون ثابتة ومستقرة في خلايا الكائنات الحية على العكس من البروتينات التي تتغير دائما. كما لوحظ ان جميع خلايا الكائن الحي الواحد تحتوي على كميات متساوية من الـ DNA في حين أن مجمل الخلايا المختلفة في الكائن الحي الواحد تحتوي على أنواع وكميات مختلفة من البروتينات، مما أدى إلى اتجاه الأنظار نحو الدنا (DNA) باعتبارها المادة التي تكون على الأغلب هي المسؤولة عن حمل المعلومات الوراثية.

قام الباحث كرفث Griffth عام 1928 م بأجراء تجربته الرائدة التي أثبت فيها قطعاً أن DNA هي المادة الحاملة للمعلومات الوراثية. وقد أجرى كرفث تجربته على البكتريا المسببة لمرض ذات الرئة وهي بكتريا *Diplococcus pneumonia* ، اذ يوجد نمطان مختلفان من خلايا بكتريا *Diplococcus pneumonia* ، تكون خلايا النمط الاول محاطة بمحفظة تعطي المستعمرات النامية مظهراً ناعماً وتسمى الخلايا الناعمة (S) Smooth cell ويكون هذا النمط مرضياً أي يكون مسئولاً عن الاصابة بمرض ذات الرئة وذلك بسبب وجود المحفظة، اما خلايا النمط الثاني فيطلق عليها الخلايا الخشنة (R) Rough cell لانها تكون مستعمرات خشنة المظهر بسبب فقدانها المحفظة وبهذا فهي غير مرضية (لا تسبب الاصابة بمرض ذات الرئة)، وقد لوحظ عند حقن الفئران بالخلايا الناعمة (S) يؤدي الى موتها بعد فترة نتيجة تكاثر هذه الخلايا المرضية في جسمها، الا

ان قتل الخلايا الناعمة بالحرارة قبل الحقن سيفقدتها التأثير على الفئران . كما لا تظهر الخلايا الخشنة الحية أي تأثير مؤذ على الفئران لانها غير مرضية.

لاحظ كرفت انه عند حقن عدد من الفئران بخليط مكون من عدد قليل من الخلايا *Diplococcus pneumonia* الخشنة الحية وعدد كبير من خلايا السلالة الناعمة (S) المقتولة بالحرارة لاحظ ظهور أعراض المرض الذي تسببه الخلايا الناعمة الحية على عدد من الفئران المحقونة، ومما اثار الدهشة أيضا انه قد تمكن من عزل اعداد كبيرة من الخلايا الناعمة (S) من نماذج الدم المأخوذة من الفئران المريضة مما يشير الى ان الخلايا الناعمة الميتة قد حولت الخلايا الخشنة الحية الى خلايا ناعمة مرضية خلال تواجدهما معا في

الفار.

تركز البحث بعد هذه السلسلة من التجارب حول طبيعة المادة الموجودة في مستخلص الخلايا الناعمة المسؤلة عن عمليات التحول التي اطلق عليها انذاك اسم مبدا التحول (Transformation principle) .

وقد اكتشف فيما بعد وعلى اثر سلسلة من التجارب ان مبدا التحول هو الحامض النووي DNA ، وكانت التجربة التي اجراها افيري وماكلويد ومكارتني عام 1944 من اولى التجارب التي اثبتت ذلك حيث اضافوا جزيئات DNA محضرة بصورة نقية من الخلايا الناعمة (S) الى خلايا خشنة (R) في انبوبة اختبار ونتج عن هذه الاضافة الحصول على بعض الخلايا الناعمة من نوع (S)، مما يؤكد دور الـ DNA بصورة لا تقبل الشك بكونه هو المسؤول عن نقل الصفات الوراثية ومما يؤكد دور الـ DNA في عملية التحول هو انزيم (DNAase) الذي يعمل على تحطيم جزيئات الـ DNA، فقد وجد ان معاملة الدنا بهذا الانزيم قبل اضافتها للخلايا الخشنة ابطل نهائيا عملية التحول في حين ان معاملة الـ DNA بانزيم التربسين (Trypsin) والذي يحطم البروتينات فقط لم يكن له أي تأثير على عملية التحول مما ادى الى استبعاد احتمالية وجود ملوثات بروتينية مع الدنا المحضرة يمكن ان تكون قد قامت بدورها في عملية التحول.

بناء وتركيب الـ DNA

يتركب الحامض النووي الـ DNA من سلسلة طويلة من الوحدات البنائية التي تسمى النكليوتيدات، ويتكون كل نكليوتيد من سكر خماسي رايبوزي منقوص الاوكسجين مرتبط بمجموعة فوسفات وقاعدة نتروجينية، علما ان تسلسل القواعد النتروجينية في شريط الدنا هو الذي يحدد الطبيعة الوراثية المميزة لهذه الجزيئات .

وتعود القواعد النتروجينية التي تدخل في تركيب الاحماض النووية الى مجموعتين رئيسيتين :

1 - البورينات: وتشمل الادنين (A) والكوانين (G).

2- البايرمدينات : وتشمل الساييتوسين (C) والثايمين (T) وكلاهما اليوراسيلين (U) والذي يدخل في تركيب الحامض النووي RNA بدلا عن الثايمين.

ترتبط البيورينات والبايرمدينات مع السكر الخماسي عن طريق اواصر كلايكوسيدية تتكون من ذرة كاربون رقم (1) للسكر الخماسي وذرة النتروجين رقم (1) للبايرمدينات وذرة النتروجين رقم (9) للبيورينات وتدعى الجزئية الناتجة عن هذا الارتباط بالنكليوسايد.

ولكي يمكن للنكليوسايد ان يكون جزءاً من الـ DNA او الـ RNA فلا بد ان يرتبط اولا مع مجموعة الفوسفات ليكون الوحدة البنائية للحامض النووية والتي تسمى النكليوتايد.

ترتبط النكليوتيدات المكونة للحامض النووي عن طريق اواصر كيميائية تتكون من مجموعة الفوسفات المرتبطة مع ذرة الكربون رقم (5) للسكر الخماسي لاحد النكليوتيدات وبين ذرة الكاربون رقم (3) للسكر الخماسي للنكليوتيد التالي، وبهذا ستتكون سلسلة من الاواصر القوية التي تدعى بالاواصر الفوسفاتية ثنائية الاستر تحمل النكليوتيدات مع بعضها على طول شريط الـ DNA او RNA.

يكون السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات العمود الفقري لسلسلة نكليوتيدات الـ DNA في حين تبرز القواعد النتروجينية من هذا العمود الفقري، وبما انها جزيئات مسطحة فانها تكون مرتبة الواحدة فوق الاخرى.

البناء التركيبي للولب المزدوج (المادة الوراثية DNA):

اوضح كل من واطسن وكريك لاول مرة عام 1953م البنية الحلزونية المزدوجة للـ DNA حيث وجد هذان العالمان ان الـ DNA يتكون من سلسلتين متكاملتين تلتفان حول بعضهما ليكونا حلزونا مزدوجا منتظما، وتشكل فيه وحدات السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات الجزء الخارجي للحلزون، في حين تبرز القواعد النتروجينية من العمود الفقري الى الداخل وبمستوى عمودي على محور الحلزون، مما يعني ان كل سلسلة تحتوي على عشرة نكليوتيدات في كل لفة كاملة .

ترتبط سلسلتنا الحلزون مع بعضهما عن طريق الاواصر الهيدروجينية المتكونة بين ازواج القواعد النتروجينية، حيث يزدوج الادينين دائما مع الثايمين باصرتين هيدروجينيتين والكوانين مع الساييتوسين بثلاث اواصر هيدروجينية.

لقد وضع كل من واطسن وكريك عام 1953 البناء التركيبي للـ DNA حيث افترضوا ان هناك سلسلتين من البولي نيكليوتيدات لتشكل اللولب المزدوج او جزيئة مزدوجة وتطبيق نماذج العصي والكرات البلاستيكية جربا فكرة وضع العمود الفقري المكون من السكر والفوسفات الى الخارج وجعل القواعد النتروجينية الى

كتابة الزاوية/جانب الزاوية

داخل اللولب، ولأجل الحصول على تركيب لولبي مستقر يعطي الأبعاد الصحيحة للجزئية ويجب أن تكون القاعدة النتروجينية (A) مقابل القاعدة (T) وأن تكون القاعدة (C) مقابل القاعدة (G) وهذا ما يطلق عليه بالازدواج القاعدي Base - pair كما وجد أن التركيز المولاري للقاعدتين (A) و (T) متساويان وكذلك فإن (C = G) .

كما اتضح بأن (A) تتحد مع القاعدة (T) بواسطة اصرتين من الأواصر الهيدروجينية أما القاعدة (G) فتتحد مع القاعدة (C) بثلاث أواصر هيدروجينية، كما وجد العلماء بأن نسبة (G + C) إلى نسبة (A + T) تكون ثابتة للنوع الواحد ومختلفة من نوع إلى آخر .

إن شكل الحلزون المزدوج والمكون من الجزئيات العملاقة والطويلة لـ DNA يكون على هيئة سلم أو درج حيث يكون العمود الفقري لها من سلسلتين من وحدات السكر والفوسفات بصورة متبادلة أما درجات السلم الحلزوني فهي أزواج القواعد النتروجينية .

توجد (10) قواعد نتروجينية مزدوجة في كل لفة من لفات اللولب المزدوج وهذه القواعد تصطف على بعضها البعض وتكون المسافة بين الواحدة والأخرى هي 3.4 \AA وبذلك يكون طول اللفة (الورة الواحدة) 34 \AA ويبلغ قطر الحلزون المزدوج حوالي 20 \AA ، ولكي يحصل الاستقرار الكيميائي للجزئية الـ DNA يجب أن يكون اتجاه شريطي الـ DNA متعاكسين فالأول يكون باتجاه $3 \rightarrow 5$ والآخر يكون باتجاه $5 \rightarrow 3$.

وتختلف جزئيات الـ DNA في مقاومتها للحرارة اعتماداً على طبيعة القواعد النتروجينية الداخلة في تركيبها. إذ تكون الجزئيات الغنية بالـ G + C أكثر مقاومة للحرارة من تلك الغنية بالـ A + T ، وعندما تعرض الحلزون المزدوج إلى درجة حرارة عالية بحدود 100°C تنكسر جميع الأواصر الهيدروجينية التي تربط السلسلتين ويبتعد الخيطان المتكاملان عن بعضهما وتسمى هذه العملية مسخ الـ DNA، وبما أن الـ G ترتبط بالـ C بواسطة ثلاث أواصر هيدروجينية فإن الحرارة اللازمة لفصل خيوط الـ DNA الغنية بالـ G + C تكون أعلى من تلك اللازمة لفصل خيوط الـ DNA الغنية بالـ A + T التي ترتبط بواسطة اصرتين هيدروجينية .

ويمكن إعادة ارتباط خيوط الحلزون الممسوخ كلياً وذلك عن طريق التبريد البطيء لمحلول الـ DNA الممسوخ، حيث تسمح هذه العملية بلتقاء الخيوط المفردة المتكاملة ثم ارتباطها معاً عن طريق إعادة بناء الأواصر الهيدروجينية بين الأزواج القاعدية لتكوين الحلزون المزدوج .

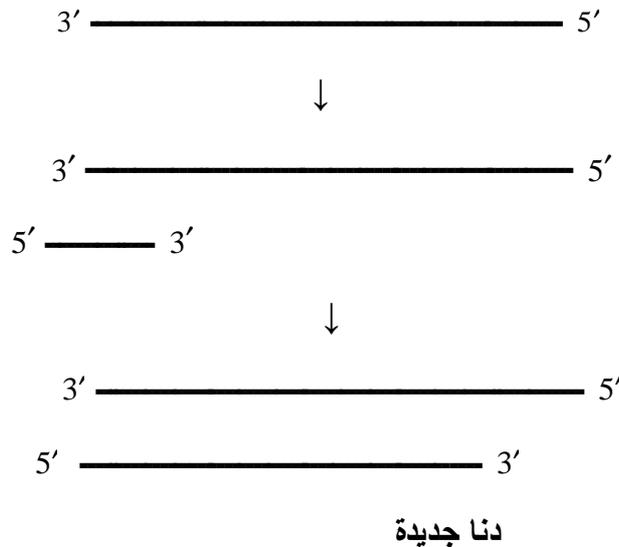
تكرار الـ DNA (تضاعف DNA) :

من أجل أن تقوم جزئيات الـ DNA بخزن ونقل المعلومات الوراثية بصورة آمنة، لا بد أن تكون لها القدرة على التكرار والتضاعف بصورة دقيقة غير قابلة للخطأ بشكل يؤمن حصول الأجيال الناتجة على نفس الكمية والنوعية من المعلومات الوراثية الموجودة عند الأباء.

كتابة الزراعة/دائماً بال

أوضح واظن وكريك طريقة تكرار جزيئات الـ DNA والتي سميت بطريقة التكرار شبه المحافظ بناء على حقيقة تكامل خيطي الحلزون حسب قاعدة الأزواج القاعدية. وتفترض هذه الطريقة انفصال خيطي الحلزون عن بعضها في بداية عملية التكرار، حيث يستخدم كل خيط باعتباره قالباً يخلق على أساسه خيط جديد مكمل حسب قاعدة الأزواج القاعدية لينتج عن ذلك حلزونان مماثلان للحلزون الأصلي يتكون كل منهما من خيط قديم وآخر جديد، وبنفس الطريقة ينتج عن تكرار هذين الحلزونين أربعة حلزونات يتكون اثنان منهما من دنا جديدة في كلا الخيطين في حين تحتوي الحلزونات الباقية على خيط جديد وآخر مصدره الحلزون الأصلي، وهكذا تستمر عملية التكرار بحيث يتضاعف عدد الحلزونات المزدوجة (الكروموسومات) في كل دورة.

وتتم الية تكرار الـ DNA بوجود انزيم DNA Polymerase المسؤول عن تخليق خيوط الدنا (DNA) الجديدة أثناء عملية التكرار شبه المحافظ من خلال اضافة النكليوتيدات الجديدة بصورة متعاقبة الى الخيط النامي ويتم ذلك حسب قاعدة الأزواج القاعدية باستخدام الخيط الأبوي كقالب template في هذه العملية، وتبدأ عملية التكرار بارتباط البادئ وهو عبارة عن قطعة DNA او RNA صغيرة مكتملة لتتابع معين في القالب وذات نهاية 3' - OH حرة. يرتبط هذا البادئ مع الجزء المكمل له من القالب بعدها يبدأ انزيم DNA polymerase باضافة النكليوتيدات واحدة بعد الأخرى الى النهاية 3' - OH للبادئ وحسب قاعدة الأزواج القاعدية، فإذا كانت القاعدة الموجودة في القالب هي A فإن القاعدة المضافة للخيط الجديد ستكون T، وستضاف C مقابل كل G، وهكذا يستمر الانزيم باضافة النكليوتيدات واحدة بعد الأخرى الى النهاية 3' - OH مما يؤدي الى استطالة الخيط الجديد بالاتجاه 5' ← 3'.



تخليق الـ DNA بواسطة انزيم DNA polymerase

كلية الزراعة / جامعة ديالى

وقد اوضحت الدراسات التي اجريت على بكتريا E. coli وغيرها من الكائنات الحية ان تكرار الـ DNA داخل الخلايا عبارة عن عملية انزيمية معقدة يشترك فيها العديد من الانزيمات والعوامل المساعدة وتتم عملية التكرار بثلاث مراحل هي :

- 1- مرحلة بدا التكرار
- 2- مرحلة الاستطالة
- 3- مرحلة الاستئصال والربط

أد بيدا الكروموسوم الدائري (الحلقي) لبكتريا E. coli دائما من نقطة ثابتة تدعى منشأ التكرار حيث ينفك خيطا الحلزون في هذه النقطة ويبتعدان عن بعضهما وعندما يبدأ انزيم DNA polymerase بتخليق خيطين جديدين مكملين للخيطين الابويين ، وكلما استطال الخيطان الجديدان استمر انفصال خيطي الحلزون القديم عن بعضهما . وتدعى منطقة انفصال الخيطين الابويين شوكة التكرار . وتستمر استطالة الخيطين الجديدين في كلا الاتجاهين الى ان يصل الى نقطة على الكروموسوم مقابلة لمنشأ التكرار تسمى النهاية terminus التي ينفصل عندها الخيطان الابويان انفصالا تاما وتكمل عملية التكرار بتكوين حلزونين يتكون كل منهما من خيط جديد واخر قديم . تسمى عملية التكرار هذه التكرار ثنائي الاتجاه وذلك لحدوثه باتجاهين متعاكسين حيث يتم تخليق 50% من الدنا الجديدة في كل اتجاه .

هذا فيما يخص تكرار كروموسوم البكتريا ، أما في حالة الخلايا حقيقية النواة فأنها تمتلك أكثر من منشأ تكرار واحد في الكروموسوم ويعود السبب في ذلك الى كبر حجم كروموسوماتها مقارنة بكروموسوم البكتريا ، أد يبدأ التكرار في المناشئ المختلفة وتتم الاستطالة في كلا الاتجاهين الى أن تلتقي أجزاء الخيوط الجديدة مع بعضها لتكوين خيوط جديدة كاملة .

الاستنساخ والترجمة :

أن عملية تحويل المعلومات الوراثية المخزونة في الجين الى بروتين فعال تسمى عملية تعبير الجين وتتم بمرحلتين أساسيتين هما الاستنساخ والترجمة، حيث تستنسخ المعلومات الوراثية الموجودة في الـ DNA الى جزيئة رنا رسول (mRNA) ثم تقوم الرايبوسومات بترجمة هذه المعلومات المستنسخة لانتاج البروتين .

كما تشمل هذه العملية عددا من عمليات التحويل على البروتين الناتج وذلك لاعطائه شكله النهائي الفعال.

1- الاستنساخ: Transcription

تبدأ هذه العملية بتباعد خيطي حلزون الدنا عن بعضهما، ثم يستخدم احدهما قالباً لتخليق جزيئة mRNA التي تنسلخ فيما بعد عن قالب الدنا لتقوم بنقل المعلومات الوراثية الى مواقع صنع البروتينات وهي الرايبوسومات التي تقوم بعملية الترجمة .

تشارك في عملية الترجمة ثلاث انواع من الحامض النووي RNA هي mRNA و tRNA و r RNA بالإضافة الى انواع مختلفة من الانزيمات والبروتينات التي تعمل معاً لانتاج البروتين . فبعد اصال المعلومات الوراثية بواسطة mRNA يعمل الرنا الرايبوسومي rRNA باعتباره منصة لتخليق السلسلة الببتيدية المتعددة في حين يقوم الرنا الناقل tRNA بالتفاعل مع الحوامض الامينية ليؤمن اضافتها بالشكل الصحيح الى سلسلة البروتين النامية . تترجم الرايبوسومات المعلومات الوراثية عن طريق قرائنها للشفرات الوراثية في جزيئة الرنا الرسول mRNA ، وتتكون كل شفرة من ثلاث نكليوتيدات تسمى كودون (Codon) تختص بحامض

اميني معين، ويتم التعرف على الشفرة (الكودون) بواسطة ضد الشفرة (anticodon) الموجودة على جزيئة الرنا الناقل tRNA المرتبطة بحامض اميني معين . وهكذا كلما قرأ الرايبوسوم مشفر معين تقوم جزيئة الـ tRNA باضافة الحامض الاميني المناسب الى سلسلة الببتيد المتعدد .

الصفات العامة الاستنساخ :

الاستنساخ هو عملية تحويل المعلومات الوراثية المخزونة في الـ DNA الى معلومات وراثية مخزونة في جزيئة الرنا الرسول mRNA التي تقوم بنقل هذه المعلومات الى مواضع صنع البروتينات في الخلية، يقوم انزيم الاستنساخ RNA polymerase باستنساخ الجين الى جزيئة رنا رسول mRNA بعملية مشابهة لعملية تكرار الدنا DNA وذلك من خلال اضافته للنكليوتيدات الجديدة الى خيط الرنا الرسولي النامي، مستخدماً احد خيطي الحلزون قالباً وحسب قاعدة الازدواج القاعدي، ولكن الاختلاف في هذه الحالة هو اضافة اليوراسيل (U) الى خيط الرنا الرسولي mRNA النامي بدلا عن الثايمين (T) كلما ظهر ادنين (A) في قالب الـ DNA، وباستثناء ذلك فان خيط الدنا يستنسخ بامانة تامة بواسطة انزيم بوليميريز الرنا RNA polymerase وتكون استطالة خيط mRNA بالاتجاه 5 ← 3 كما هو الحال عند تكرار الـ DNA . لذا تكون قطبية الرنا الرسولي mRNA الناتج مخالفة لقطبية قالب الـ DNA .

العلاقة بين الـ DNA والكروموسومات

اي كيفية انتظام الـ DNA ورزومه في الكروموسومات :

من المسائل التي واجهت علماء الوراثة والوراثة الخلوية هي كيفية انتظام جزيئة الـ DNA الطويلة جدا في الكروموسومات داخل الخلية . فبينما نجد ان طول الـ DNA كبيرا جدا نلاحظ بلمقابل ان حجم او طول الخلية النسبي هو اقل من طول الـ DNA بفارق كبير جدا وحتى لو اخذنا الفيروسات او البكتيريا فان المسألة تبدو معقدة جدا. فمثلا في خلية البكتيريا *E. Coli* يبلغ طولها (2nm) وقطرها (1nm) اما حلقة الـ DNA فيها فتبلغ (1360 nm) وهو ما يكفي للخلية بين (400 - 1000) مرة. وفي ذبابة الفاكهة (الدروسفلا) يبلغ

كلية الزراعة / جامعة ديالى
 طول الـDNA (16000) نانومتر وفي خلايا الانسان يكون طول الـDNA في الكروموسومات داخل الخلايا اكثر من مليون نانومتر، بينما قطر خلايا معظم الكائنات الحية لايتجاوز بضعة نايتومترات. وعلى هذا الاساس فلا بد من نظام معين يتم فيه رزم الـDNA في الكروموسومات داخل الخلايا .

ان عملية رزم الـDNA هي من المسائل المهمة في جميع الكائنات الحية (البداية والراقية) لكنها تبدو اكثر حاجة للاحتكام والتنظيم في الكائنات الراقية (حقيقية النواة) منها في بدائية النواة . وبعد ان اتضح لنا مما سبق بان الـDNA يمكن النظر اليه بانه سلسلة طويلة مكونة من ازواج النيكلوتيدات، الا ان الكروموسوم يمكن النظر اليه من حيث الحجم والتركيب البنائي على انه مكون من وحدات كروموسومية

يطلق عليها اسم النيكلوسومات ترتبط مع بعضها بـ DNA الفاصل التي يمكن وصفها بحبات المسبحة. وهي تمثل الوحدات التركيبية المتكررة في الكروموسومات وتتالف من :

- 1- (146) جزيئة من النيكلوتيدات .
 - 2- البروتينات القاعدية (الهستونات) وهي على خمسة انواع :
- [H1, H2a, H2b, H3, H4]، ان الهستونات من النوع (H1) يقتصر وجودها على الـDNA الفصل فقط اما الانواع الاربعة الاخرى فهي تشترك في تركيب النيكلوسومات . لقد اظهرت الدراسات ان كل نيكلوسوم يتالف من جزيئتين من كل من الهيستونات H2a, H2b, H3, H4 أي ثمانية جزيئات وهي تمثل اللب وتحيط بها قطعة من الـDNA طولها (146) جزيئة من النيكلوتيدات تدور حول اللب الهيستوني حوالي دورتين . اما الـDNA الفصل فيالف من (50 - 60) جزيئة من النيكلوتيدات تحيط بالهستون H1 . ولكون الهستونات القاعدية موجبة الشحنة والـDNA سالبة الشحنة فان ارتباطها يتحقق عن طريق اواصر ايونية .
- وعلى اية حالة يبدو ان الكروموسوم يتضمن جزيئة طويلة من الـDNA وليس جزيئات متعددة وعلى هذا الاساس فان الكروماتيد ما هو الا جزيئة واحدة طويلة مفردة من الحلزون المزدوج للـDNA وهي غير مقطعة، ملولبة ثم تعاد اللولبة لتكوين اللولبة الفائقة والتي تطوي بدورها لتكوين الكروماتيد .
- مستويات تنظيم الكروموسوم المختلفة :

- 1- الحلزون المزدوج للحامض DNA وهو مؤلف من ازواج النيكلوتيدات .
- 2- الياف الكروماتين وهي ناتجة من اقتران الهستونات مع شريطي الـDNA لتكوين سلسلة من النيكلوسومات يفصل بعضها عن بعض الـDNA الفصل ويبلغ قطر الليفة الكروماتينية حوالي (10) nm (أي نفس قطر جزيئة النيكلوسومات) .
- 3- النيبب Solinoid وهو ناتج من حلزنة الليف الكروماتيني بحيث يكون دورة كاملة في كل (ستة نيكلوسومات) ويبلغ قطر النيبب (30) نانومتر .

- 4- تحصل حالة حلزنة للنبيب ليكون الانبوب الاجوف Holow tube وقطره حوالي (200 nm) .
- 5-الكروماتيد: يعاني الاجوف حلزنة اصفية وانطواءات اخرى لتكوين الكروماتيد وهو المستوى المميز للكروموسومات في الطور الاستوائي ويبلغ قطر الكروماتيد (600 nm).

الماضرة السادسة

الاليات المتعددة Multiple Alleles

تبين مما سبق ان العوامل الوراثية (الجينات) هي التي تتحكم في الصفات المظهرية للكائن الحي، كما ان الصفات المظهرية هذه تختلف من كائن حي لآخر، ولولا هذا الاختلاف لكان من الصعب ملاحظة اليعزالات الوراثةية أي انعزال الجينات المتحكمة في هذه الصفات أو الاستدلال عليها .

وكما أسلفنا سابقا فان مصطلح الاليل allele يستعمل عند التحدث عن احد ازواج الجينات، حيث يعزل كل أليل عن الآخر في الانقسام الاختزالي عند تكوين الكميئات، وان كل كميت ناتج سوف يحتوي على أليل واحد فقط من زوج الاليليات ، ويشغل كل اليل موقعا محددنا Locus على الكروموسوم.

وفي كل الكلام السابق عن الوراثة المندلية وما ضرب عليها من أمثلة كنا نتحدث عن زوج واحد فقط من الاليليات ولكن في الحقيقة قد يكون هناك اكثر من أليلين الى ثلاثة او اربعة بل يصل العدد الى عشرين او اكثر من الاليليات تتحكم في اظهار اشكالا مظهرية مختلفة لصفة معينة، وتدعى هذه المجموعة من الاليليات بالاليليات المتعددة Multiple allele وان وجودها لا يؤدي الى عدم التناسق في التراكيب الوراثةية للافراد، لان أليلين فقط من كل مجموعة تظهر في كل خلية جسمية طبيعية .

هذا وقد اتضح من دراسة السلوك الوراثةي ان الاختلاف المظهري لصفة معينة يعود الى الجين الذي يحدث فيه تغير فينتج طرازا او شكلا مظهريا جديدا مغايرا وهذا التغير ينتج عن الطفرة Mutation والتي تعطي أشكالا بديلة اخرى Alter native forms لنفس الجين ، وبذلك تتكون سلسلة من الاليليات تعرف بالاليليات المتعددة .

اذن فالاليليات المتعددة هي جينات اعضاء في نفس الموقع الجيني، وكل أليل يؤثر في الصفة تائثيرا مختلفا عن الاليل الاخر . ويحتوي الفرد الثنائي المجموعة الكروموسومية (diploid) على أليلين فقط في

نفس الوقت قد يكونان متشابهين Homozygous او مختلفين Heterozygous وكل واحد منهما على كروموسوم من الزوج الكروموسومي الهرمولوكي أي النظير Homologous chromosome .

ويمكن ان نرسم لهما كما فعل مندل (مثلا شكل البذور S, s ولونها Y, y ... وهكذا) ويمكن ان نرسم لها ايضا A_1, A_2, B_1, B_2 وهكذا، وهذا الترميز الاخير يفيد في حالة وجود اكثر من اليين (اليات متعددة) تكون مسؤلة عن تعين صفة معينة منتشرة في مجتمع ما، اذ يمكننا من الرمز لها مهما كثر عددها مثل :
 $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_n$ وكما ذكرنا فان الفرد لا يملك أكثر من زوج أليي واحد لتلك الصفة في التركيب الوراثي الواحد (الفرد الواحد) كأن يملك $A_1 A_1$ او $A_1 A_2$ او $A_3 A_4$ وهكذا .

ويسمى [ضم جميع الاليات المختلفة المحتمل وجودها في الزوج الجيني لصفة معينة والتي تتردد بين الأفراد في مجتمع ما ، ضمن نظام واحد ودراسة التوارث فيها بنظام او جهاز الاليات المتعددة]

ان نظام الاليات المتعددة موجودة ايضا في افراد الهابلويد Haploid وايضا في البوليبويدات الاخرى الرباعية والخماسية ومن امثلة الاليات المتعددة في البوليبويدات هو لون العيون في حشرة الدروسوفلا (يوجد 11 أليل) وفي لون ازهار حلق السبع (9) اما جينات العقم الذاتي في نبات التبغ فقد اكتشف العالم 1952 East ان حبة القاح وهي (هابلويد) والتي تمتلك أليل عقم ذاتي Self - sterility هو (S_1) لا تنمو جيدا في قلم المدقة وهي (دبلويد) للنبات الذي يحمل هذا الجين ($S_1 S_1$) او ($S_1 S_2$) او ($S_1 S_3$) الخ... لكنه ينمو جيدا في قلم زهرة النبات من نوع ($S_2 S_3$) او ($S_2 S_2$) او ($S_2 S_4$)... العائد لنفس النوع النباتي . وهذا النظام الاليلي يجبر النبات على التلقيح الخلطي الـ Cross pollination مما يقدم نفعا لانتشار الاليات المتعددة النادرة وضررا للاليات الشائعة، لقد وجد اكثر من (15) اليل من الليات العقم الذاتي هذه في التبغ، اما في نبات البرسيم فتبلغ اكثر من (200) اليل .

اهم مميزات انظمة الاليات المتعددة هي :

- 1- الاليات المتعددة تؤثر دائما على نفس الصفة، بحيث تظهر الصفة بدرجات مختلفة حسب الاليات الداخلة في التركيب الوراثي والمؤثرة على تلك الصفة، ومثال ذلك الاليات المسؤلة عن لوان ثمار البانجان .
- 2- تترتب سلسلة الاليات حسب السيادة فيما بينها، ويكون كل أليل ساند على الاليات الاخرى في السلسلة ويكون متنحيا بالنسبة للاليات التي تفوقه في السلسلة .

3- يمكن ان يحمل التركيب الوراثي او السلالة في مجتمع ما على مجموعة كبيرة من الالبيات مواقع جيني معين خاص بصفة مظهرية معينة .

4- يحمل كل فرد طبيعي أليلين فقط من سلسلة الالبيات وقد يكون نقيًا او هجينًا في ذلك الموقع الجيني .

5- بما ان جميع الالبيات المتعددة تشمل نفس الموقع الجيني على الكروموسوم لذا فانه لا يحصل عبور ضمن الالبيات لنفس سلسلة الالبيات المتعددة .

6- الالبيات الطراز البري Wild - type تكون سائدة في الغالب على الالبيات الاخرى وخصوصا الطافرة منها مع وجود بعض الشواذ عن ذلك .

امثلة على الالبيات المتعددة :

أولاً: لفون الفراء في الأرنب :

يكون لون الفراء للطرز البرية في الارانب ذات لون اجوتي Agouti (وفيها يكون لون الشعرة القريب من جلد الحيوان ذو لون رمادي يليها لون اصفر وهو القسم الوسطي من الشعرة بينما يكون لون اطراف الشعر اسود او قهواني)، والمجموعة الثانية من الارانب فهي ذات لون ابيض (ألبينو) Albino أي ان شعرها لا يحتوي على اية صبغة، اما المجموعة الثالثة فهي الشنشلا Chinchilla ويكون لون شعرها اسود - رمادي أي تفتقد الى اللون الاصفر، اما المجموعة الرابعة فهي الهملايا Hemalayan وهي بيضاء اللون عدا نهايات الاطراف والذنب والاذان وطرف الانف فتكون سوداء او بنية اللون وعيونها ليست ملونة كما في الارانب البيضاء والتي تكون عيونها حمراء.

وعند اجراء التلقيحات بين هذه السلالات كانت النتائج كما يلي:

1- اجوتي x شنشلا $\xleftarrow{F1}$ كل النسل اجوتي $\xleftarrow{F2}$ 3 أجوتي : 1 شنشلا

يظهر من التهجين اعلاه ان الجينات التي تتحكم باللون الاجوتي ولون الشنشلا هي جينات اليلية (أي أليلات في موقع واحد) وتخضع لقانون مندل الاول .

2- شنشلا x البينو $\xleftarrow{F1}$ كل النسل شنشلا $\xleftarrow{F2}$ 3 شنشلا : 1 البينو

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ويظهر من التهجين اعلاه ان زوج واحد من الجينات يتحكم باللونين الشنشلا والابينو وهما أليلين لموقع جيني واحد أي لنفس الموقع الجيني ويخضعان لقانون مندل الاول.

3- هملايا x البينو $\xrightarrow{F1}$ كل النسل هملايا $\xleftarrow{F2}$ 3 هملايا : 1 البينو

من التضريب اعلاه نجد ان اللونين هملايا والابينو يخضعان لقانون مندل الاول ايضا وهما أليلان لنفس الموقع الجيني .

4- شنشلا x هملايا $\xrightarrow{F1}$ كل النسل شنشلا $\xleftarrow{F2}$ 3 هملايا : 1 شنشلا

وهذا التضريب ايضا يشير الى ان الجينات المسؤولة عن اللونين شنشلا وهملايا هي جينات أليلية وتقع في نفس الموقع الجيني.

ولو دققنا النظر في التضريبات الاربعة السابقة لوجدناها عبارة عن :

1- سلسلة من الاليلات لموقع جيني واحد يختص بلون الفرو للارانب، وسنرمز بالرموز C^+ و C^{ch} و C^h و C للجينات الخاصة بالالوان الاجوتي والشنشلا وهملايا والابينو على التوالي .

2- هناك علاقة سيادة تامة بين الاليلات السابقة وكالاتي :

$$C^+ > C^{ch} > C^h > C$$

3- يكون النسل الناتج في الجيل الاول والثاني بالاشكل المظهرية (الفينوتايب) والتراكيب الوراثية (الجينوتايب) وعلى الشكل التالي :

ت	المظهر الخارجي (الفينوتايب)	التركيب الوراثي (الجينوتايب)
1	اجوتي	C^+C^+ ، C^+C^{ch} ، C^+C^h ، C^+C
2	شنشلا	$C^{ch}C^{ch}$ ، $C^{ch}C^h$ ، $C^{ch}C$
3	هملايا	C^hC^h ، C^hC
4	ألبينو	CC

ولمعرفة عدد التراكيب الوراثية المختلفة الممكنة لكائن حي ثنائي المجموعة الكروموسومية (Diploid) فإن ذلك يعتمد على عدد الأليلات الموجودة في تلك السلسلة الخاصة بذلك الموقع الوراثي للجين المعين، فإذا رمزنا بالرمز (n) لعدد أليلات الجين في سلسلة معينة من الأليلات لموقع جيني محدد فبإمكاننا معرفة عدد التراكيب الوراثية المختلفة الممكن الحصول عليها من جراء التضربيات المختلفة بين الأفراد الذين يحملون هذه الأليلات حسب المعادلة التالية :

$$n(n+1)$$

عدد التراكيب الوراثية =

$$2$$

حيث ان : n = عدد الأليلات في الموقع الجيني

وهذه المعادلة تختلف عن قوانين مندل في كيفية حساب عدد التراكيب الوراثية لزوج واحد أو أكثر من الصفات المتضادة . ففي قوانين مندل يحسب عدد التراكيب الوراثية حسب المعادلة 3^n .

ولو رجعنا إلى مثال لون فراء الأرنب حيث كانت لدينا سلسلة من الأليلات المتعددة تتحكم باللون وعددها أربعة وهي C^+ و C^{ch} و C^h و C ولذلك وحسب المعادلة :

$$n(n+1)$$

عدد التراكيب الوراثية =

$$2$$

$$4 \times 5 \quad 4(4+1)$$

فان عدد التراكيب الوراثية الممكنة يكون =

$$10 = \frac{4 \times 5}{2} = \frac{4(4+1)}{2}$$

أي عشرة تراكيب وراثية مختلفة من الأرنب نتجت من وجود أربعة أليلات مختلفة لموقع وراثي (جيني) واحد، وهي موضحة بالجدول السابق.

ان هذه الزيادة في عدد التراكيب الوراثية والنتيجة من وجود سلسلة الأليلات المتعددة يؤمن زيادة كبيرة في التنباين الوراثي في المجتمعات النباتية والحيوانية.

ان الدلائل المتوفرة تشير الى امكانية حدوث الطفرات في موقع جيني معين وبعده اتجاهات وبعده من المرات خلال تاريخ تطور النوع، فسلسلة الاليات المتعددة في الارانب على سبيل المثال قد حدثت بدون شك في اوقات واماكن مختلفة حيث توجد امكانية كبيرة لحدوث الطفرات في الجين الاصلي .

ثانيا :حجم الجناح في حشرة الدروسفلا :

في حشرة الدروسوفلا هناك ثلاثة أشكال للجين (L) الخاص بحجم الجناح وهي :

1- L^+ الجناح الطبيعي (النوع البري) ويكون ذات شكل طويل .

2- L^{vg} للجناح المختزل.

3- L^a للجناح القرني .

علما ان الاليات L^a و L^{vg} تنشأ جراء حدوث طفرة للجين البري L^+ .

أن الجين البري L^+ متغلب (سائد سيادة تامة) على كل من L^a و L^{vg} بينما تكون علاقة الالياتين L^a و L^{vg} علاقة سيادة غير تامة ، لذا فان التلقيح بينهما يعطي اشكالا طافرة جديدة كما موضح بالتراوجات ادناه :

جناح مختزل

جناح قرني

$$L^a \times P_1 : L^{vg}$$

↓

$$F_1 : \text{وسطية الجناح } L^{vg}L^a$$

$$\{ \text{وسطية} \times \text{وسطية} \} \leftarrow (\text{تلقيح ذاتي لـ } F_1)$$

↓

$$F_2 : L^{vg}L^{vg} : L^{vg}L^a : L^{vg}L^a : L^aL^a$$

قرنية الجناح وسطية الجناح وسطية الجناح مختزلة الجناح

كلية الزراعة / جامعة ديالى

لذا فان الجين L في حشرة ذبابة الفاكهة يقع في ثلاثة اشكال اليلية هي L^+ و L^{vg} و L^a وبذلك فان الاشكال المظهرية والتراكيب الوراثية للاليات الثلاثة تكون :

1- الجناح الطويل = L^+L^+ و L^+L^{vg} و L^+L^a

2- الجناح المختزل = $L^{vg}L^{vg}$

3- الجناح القرني = L^aL^a

4- الجناح الوسطي = $L^{vg}L^a$

وتكون علاقة السيادة لهذه الاليات المتعددة للجين L على الشكل التالي :

$$L^+ < L^{vg} < L^a$$

سيادة تامة سيادة مشتركة

ثالثا : انظمة مجاميع الدم المتعددة الاليات :

يسمى الفرد فردا لانه فريد بايولوجيا، من دلائل فرادته هو رفض جسمه لزراعة نسيج فيه او رفضه استلام دم من اخر حسب درجة القرابة وذلك بسبب عدم التوافق النسيجي . ان العنيد من الـ Anti body تحدد الاليات متعددة في الكثير من الاحياء وخصوصا كلما ارتقت في سلم التطور .

ان الدم يتكون من جزئين رئيسيين هما الخلايا وتشمل كريات الدم الحمر والبيض والصفائح الدموية والجزء الثاني هو البلازما، واذاما ازيل البروتين الخاص بالتخثر والمسمى Fibrogen فالسائل المتبقي يعرف بالمصل Serum وهناك عدة جينات تتحكم بصفات الدم الفيزيولوجية وخاصة كريات الدم الحمراء وهذه الاليات تشمل اهم سلسلة من الاليات المتعددة في الانسان لما لها اهمية من الناحية السريرية .

• اكتشف العلم لاندشتايز اولى حالات الاليات المتعددة للدم في اوائل القرن العشرين . وفي سنة 1925 سمى بيرنشتاين هذا النظام BAO لانه يتالف من ثلاثة اليات ويكون اربعة اشكال مظهرية مختلفة، وعند نقل الدم Transfusion بين افراد تلك المجموعات واذا كانت الكميات المنقولة كبيرة فانها سوف تحطم الـ Antibody للجسم المستلم المختلف دمه عن الدم المنقول في المجموعة مسببة تحطم خلاياه الحمراء وهذا ما يسمى بتحلل الدم Haemolysis . اما اذا كانت الكميات المنقولة قليلة فان الـ Antibody في دم المستلم recipient ستحطم الخلايا الحمراء لدم الواهب tonor .

• يوجد في مصل دم الانسان نوعين من الاجسام المضادة (Antibody) ونوعين من المستضدات Antigens على سطح كريات الدم الحمراء ، مصل الدم لبعض الافراد قد لا يحتوي على الاجسام المضادة او قد يحتوي على واحدة فقط او على نوعي الاجسام المضادة معا . وكريات الدم الحمراء قد لاتحمل أي مستضد

كلية الزراعة / جامعة ديالى

او قد تحمل واحدا منها فقط وقد تحمل المستضدين معا، ويسمى المستضدان بـ Antigen A و Antigen B والاجسام المضادة تسمى (Antbody A) و (Antibody B) وبناء على ذلك يمكن تقسيم الافراد الى اربع مجاميع حسب وجود المستضدات Antiyen كما ذكرنا سابقا وهي:

1- افراد مجموعة الدم A:

وتكون كريات الدم الحمراء حاوية على الانتيجين A لذا فان مصلهم لا يحتوي على الاجسام المضادة (Antibody A) بل يحتوي على اجسام مضادة B .

2- افراد مجموعة الدم B:

وتكون كريات الدم الحمراء حاوية على الانتيجين B لذا فان مصلهم لا يحتوي على الاجسام المضادة B بل يحتوي على اجسام مضادة A .

3- افراد مجموعة الدم AB:

وتكون كريات الدم الحمراء حاوية على الانتيجينين A و B لذا فان مصلهم لا يحتوي على اي اجسام مضادة .

4- افراد مجموعة الدم O:

لا تحتوي كريات الدم الحمراء على أي انتيجين بل يحتوي مصلهم على نوعي الاجسام المضادة A و B .

ملاحظة

اتضح من الدراسات الحديثة ان هناك اربعة اقسام لمجموعة الدم A ويرمز لها A_1, A_2, A_3, A_4 وهكذا ثلاثة مجموعات لدم B .

• يعد افراد مجموعة الدم O واهيون عامون لان كريات الدم لهذه المجموعة لا تحمل اية انتيجينات على سطحها، بينما افراد مجموعة الدم AB يطلق عليهم اخذين عامين لانهم يستطيعون اخذ دم من افراد اية مجموعة اخرى لان مصل الدم الخاص بمجموعة الدم AB لا يحتوي على اجسام مضادة والجنول التالي يوضح ذلك :

افراد مجموعة الدم	الانتيجين في كريات الدم الحمراء	الاجسام المضادة في المصل
O	—	مصل ضد A ومصل ضد B
A	A	مصل ضد B
B	B	مصل ضد A
AB	B و A	—

كلية الزراعة / جامعة ديالى

- من دراسة السلوك الوراثي لمجاميع الدم ABO اتضح وجود سلسلة من الأليلات المتعددة تتحكم في هذه الصفة متكونة من ثلاثة أليلات ويرمز لها كالآتي :
 I^A للآليل المتحكم في إنتاج الأنتيجين A
 I^B للآليل المتحكم في إنتاج الأنتيجين B
i للآليل الذي لاينتج أي أنتيجين

والسيادة بين الأليل I^A والأليل I^B هي سيادة مشتركة **Co dominance** حيث ان الفرد الخليط التركيب الوراثي ($L^A L^B$) يحمل الأنتيجينين A و B على كريات الدم الحمراء، بينما تكون السيادة كاملة بين كل من I^A و I^B مع الأليل (*i*) ويمكن التعبير من هذه العلاقة كما يلي :

$$(I^B = I^A) > i$$

والخلاصة :

يخضع توارث فصائل الدم في الإنسان لتأثير ثلاثة أليلات وهي :

$$i < I^A$$

سيادة تامة

$$i < I^B$$

سيادة تامة

$$I^B = I^A$$

سيادة مشتركة

$$i < |^B = |^A$$

سيادة تامة سيادة مشتركة

المحاضرة السابعة

نظم تعيين الجنس والوراثة المرتبطة بالجنس

Sex Determination : تعيين الجنس

ان تعيين الجنس في الكائنات الحية المختلفة من المواضيع البايولوجية التي تناولها كثير من العلماء في بحوثهم ودراساتهم. والجنس يتكون من الذكور والانثى في الحيوانات والنباتات وباعداد متساوية تقريبا مع سهولة تمييز كل جنس عن الاخر مظهريا ما جعل البلحئين يعتقدون بوجود جهاز خاص يسبب هذه الظاهرة .

وبتقدم علم الخلية وجد ان كل الكميات الذكورية (الحيامن) والانثوية (البيوض) تحتوي على اجزاء متشابهة مثل الكروموسومات على الرغم من اختلافهم في اجزاء اخرى، لذا فالاساس المادي للوراثة يعتمد اعتمادا كلياً عليها وبصورة متساوية .

واوضحت دراسات تعيين الجنسين ان صفات الذكر والانثى تنتقل من جيل لآخر بنفس طريقة انتقال الصفات الوراثية الاخرى، لذا فتحديد الجنس يكون تحت تأثير وراثي

وتكمن اهمية الجنس في توفير كميات هائلة من التغيرات الوراثية كما مر معنا سابقا، والذي تعتمد عليه عملية التطور الطبيعي وانتشار وبقاء الانماط الوراثية الاكثر ثباتا . وهناك حالتان في الحيوانات والنباتات التي تتكاثر بها جنسيا، وهي خاصة بانواع الكميات التي يكونها الكائن الحي وهي :

- 1- كائنات احادية المسكن : Monoicous وفيها ينتج الفرد كلا الكميتك الذكورية والانثوية في تكاثره الجنسي .
- 2- كائنات ثنائية المسكن Dioecious وهنا تتكون الكميات الذكورية في كائن والانثوية في كائن اخر . وفيها شكليين من الاختلافات بين نوعي الافراد ثنائية المسكن وهي :
 - أ – اختلافات جنسية اولية تعود الى انواع الكميات التي ينتجها كل نوع والى الاعضاء الجنسية التي تكونها .

ب- اختلافات او صفات جنسية ثانوية ، حيث يختلف كل جنس عن الاخر في الاقراثانية الماسكن بعدد من الصفات المظهرية، ففي الانسان مثلا يختلف الذكور عن الانثى في الصوت وغزارة الشعر وتوزيع الدهن في مناطق مختلفة من الجسم .

كروموسومات الجنس Sex chromosomes

في الكائنات ثنائية المجموعة الكروموسومية Diploid organisms:

يعد العالم الالماني 1891 Henking 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 1902 Meclung ان الخلايا الجسمية في انثى الجراد تحتوي على 24 كروموسوم بينما في الذكور فانها تحتوي على 23 كروموسوم. وفي عام 1905 تتبع ستيفسون تكوين الكميات الذكرية والانثوية في الحشرات وادرك ان الجسم X عبارة عن كروموسوم، وبذلك استبدل اسم الجسم X باسم كروموسوم X ولاحظ ان الذكور تحمل كروموسومين غير متماثلين بينما كانت الانثى خالية من هذه الظاهرة، ورمز لهذا الزوج من الكروموسومات في الذكر بالرمز XY، وبذلك تكون الانثى XX بالنسبة لهذا الزوج من الكروموسومات .

تعيين الجنس في الانسان :

يرجع جنس الفرد في الانسان الى انغوال زوج خاص من الكروموسومات تعرف بـ (X) و (Y) . ويتم تحديد الجنس وقت الاخصاب بالضبط، اذ بمجرد ان ينجح حيوان منوي (الكميت الذكري) في اخصب بيضة يتحدد عندها جنس الفرد تبعاً لما يحمله من كروموسومي الجنس، فاخصاب حيوان منوي يحمل كروموسوم X لبيضة ينتج زاكوت تركيبه XX ليكون انثى، بينما ينتج عن اتحاد بيضة مع حيوان منوي يمتلك ضمن تركيبه الكروموسومي كروموسوم Y يتكون زاكوت XY ليكون ذكر وهذه هي عملية تعيين الجنس في الانسان .

العوامل الاساسية المؤثرة في تحديد الجنس :

1- العوامل الوراثية:

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

2- العوامل البيئية والعمر:

كلمة الزراعة/البيولوجيا

ان تحديد الجنس قد لا يتحدد في وقت الاخصاب في بعض الكائنات الحيوانية ولكن يتحدد بعوامل بيئية معينة، وهناك بعض الحيوانات والنباتات تعتمد على البيئة كليا في تحديد اتجاه الجنس فيها. مثلا ان الجنس في الدودة البحرية المسماة *Ophryotrocha* يتوقف على عمر الدودة نفسها اضافة الى البيئة المحيطة بها، فجميع الافراد الصغيرة السن تكون ذكورا وكلما تقدمت في العمر تتحول الى اناث، وان الاناث الكبيرة السن يمكن ان تصبح ذكورا عند تجويعها او وضعها في ماء يحتوي على ايونات البوتاسيوم .

اما الدودة البحرية المسماة *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 . فالبيض تفقس الى يرقات ذكورا و اناث، ولكن تحديد الجنس في الديدان البالغة يعتمد على تغذيتها، فاليرقات الحرة في تغذيتها في مياه البحر تصبح اناث، اما اليرقات التي تعيش متطفلة على القناة التناسلية للانثى فتصبح ذكور . ويبدو ان سبب ذلك يعود الى الاناث حيث تفرز مواد كيميائية مسببة ظهور اعضاء التذكير في اليرقة المتطفلة .

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 الامثلة على هذا النظام في تحديد الجنس هو ما 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 ان الذكور هي الجنس الغير متمثل الكميات، اما الاناث فهي متمثلة الكميات أي تعطي كميات من نوع واحد (X) . ان الكروموسوم Y يختلف حجما وشكلا عن الكروموسوم X ، وان النسبة الجنسية الناتجة من هذا النظام هي 1:1 في كل جيل كما يلي :

XY × P: XX

↓

G: (X) (X) +(Y)

كلية الزراعة / جامعة ديالى



F1:	XX	XY
	50% إناث	50% ذكور

2- النظام الثاني:

نظام XX- XO

يوجد هذا النظام في العديد من الحشرات كالجراد والصرصر، وفيه ان الإناث ذات تركيب كروموسومي XX وتنتج نوعا واحدا من الكميات أي ان الإناث هي الجنس المتماثل الكميات Homogametic بينما الذكور فهي متباينة الكميات وتحتوي على كروموسوم X واحد فقط ، لذا فتركيبها الكروموسومي الثنائي (XO) وعند تكوين الكاميات فنصفها يحمل الكروموسوم X والنصف الآخر لا يحتوي على كروموسوم مماثل للكروموسوم X وهي لا تحتوي على كروموسوم Y أيضا لذا يستعمل الرمز O للدالة على عدم وجود الكروموسوم Y ، والمثال العام على هذا النظام في تعيين الجنس :

P :	انثى XX	×	ذكر XO
G :	(X)		(X) (O)
		↓	
F ₁ :	XX		XO
	انثى		ذكر

3- النظام الثالث :

نظام ZZ - ZW

في هذا النظام تكون الذكور هي الجنس المتماثل الكميات وتركيبها الكروموسومي (ZZ) والاناث غير متماثلة الكميات وتركيبها (ZW) أي ان الذكور تعطي نوع واحد من الكميات (Z) اما الاناث فتعطي نوعين من الكميات هي (Z) و (W). ويوجد هذا النظام في الطيور والدواجن والاسماك والفراشات .

4- النظام الرابع:

نظام ZZ - ZO

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

P :	ذكر	ZZ	x	انثى	ZO
				↓	
G :		(Z)		(Z) + (O)	
				↓	
F1:		ZZ	:	ZO	
		ذكر		انثى	

5- النظام الخامس :

النظام الثنائي الفرد (احادي ثنائي المجموعة الكروموسومية) :

كما في نحل العسل حيث تكون الاناث ثنائية المجموعة الكروموسومية وتحمل 32 كروموسوما في كل خلية جسمية اما الذكور فتحتوي خلاياها الجسمية على 16 كروموسوم فقط ، (15+X) أي ينتج من بيضة غير مخصبة، فالملكة تحتوي على 32 كروموسوم (30+XX) وكذلك العاملة العقيمة تركيبها (30+XX)، 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 .

6- التوازن الوراثي :

في ذبابة الفاكهة (الدروسفلا) وهي تتبع نظام XY في تحديد الجنس فعلى الرغم من ان وجود كروموسوم Y يعتبر مهم لخصوية الذكر الا انه يبدو ليس للكروموسوم Y علاقة بتعيين الجنس . وبدلا من ذلك فان عوامل التذكير الموجودة على الكروموسومات الجسمية توزن مقابل عوامل التأنيث لموجودة على الكروموسوم X .

فإذا أحتوت كل مجموعة احادية من الكروموسومات الجسمية على عوامل محددة للتذكير بقيمة مساوية لواحد صحيح (1) فإن كل كروموسوم X يحمل عوامل محددة للتانيث بقيمة تساوي 1.5 فإذا 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 لتذكير \محددات التانيث بنسبة 2 : 3 وعلى ذلك فتكون انثى .

تعيين الجنس في البكتريا :

تتكاثر البكتريا لا جنساً بواسطة أنقسام الخلية، و تتكاثر جنسياً بواسطة الاقتران ، والتزاوج بين خلايا البكتريا يتم عن طريق اتصال الخليتين البكتريتين ببعضها بواسطة انبوب التزاوج حيث تعطي احدى الخلايا وعن طريق هذا الجسر جزء أو كل كروموسوم الذي تكمله الى الخلية الاخرى وبذلك تصبح الخلية المستقبلية ثنائية diploid بصورة مؤقتة ثم تعود الخلية الى طبيعتها بعد الانقسام الخلوي التالي والحالة الثنائية لا تكون تامة الا اذا مرت كل الجينات من الخلية الواهبة الى الخلية المستقبلية . ولكن عادة تكون الحالة الثنائية جزئية،اي لعدد من جينات الخلية الواهبة ويمكن ان تعد الخلية الواهبة ذكر والخلية المستقبلية انثى .

وتتحدد الذكورة نتيجة احتواء الخلية على عامل الخصوية (F) (Fertility Factor) وتتحد الانوثة نتيجة غياب هذا العامل (حيث F^+ للذكر و F^- للانثى) وهذا العامل قد يوجد في السايكوبلازم مستقلا عن الكروموسوم، وقد يكون موجودا على كروموسوم الخلية، وإذا انتقل عامل الخصوبة من الخلية الواهبة الى المستقبلية فان الخلية المستقبلية 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 بأليل واحد. ومن جهة اخرى تقع بعض الجينات على كروموسوم Y ويظهر تأثيرها في الذكور فقط .

توارث الصفات المرتبطة بالجنس:

اكتشفت اولى حالات الارتباط بالجنس في حشرة الدروسفلا من قبل العالم موركان عام 1910 عندما لقح ذكرا ابيض العينين مع انثى حمراء العينين وحصل على نتائج مخالفة لما حصل عليه من التلقيح العكسي

كلمة الزراعة / جملعة الابل
(أي تضريب ذكر احمر العينين مع انثى بيضاء العينين) فوجد ان النتائج تعتمد على جنس الاب الذي يحمل الصفة المتنحية ومن الامثلة على ذلك:

مثال 1:

<p>ذكر احمر العينين × انثى بيضاء العينين P1: X^wX^w × X^+Y</p> <p>↓</p> <p>ذكر ابيض العينين : انثى حمراء العينين F1: X^+X^w : X^wY</p> <p>↓</p> <p>ذكر ابيض : ذكر احمر : انثى حمراء : انثى بيضاء F2: X^+X^+ : X^+X^w : X^wX^+ : X^wX^w : X^+Y : X^wY</p>	<p>ذكر ابيض العينين × انثى حمراء العينين P1 : X^wY × X^+X^+</p> <p>↓</p> <p>ذكر احمر العينين : انثى حمراء العينين F1 : X^+X^w : X^+Y</p> <p>↓</p> <p>ذكر ابيض : ذكر احمر : انثى حمراء : انثى بيضاء F2 : X^+X^+ : X^+X^w : X^wX^+ : X^wX^w : X^+Y : X^wY</p>
--	---

مثال 2

في الإنسان : من الامراض التي وصفت لأول مرة مرض عمى الألوان وهو مرض شائع ومرتبطة بالجنس ويتميز المريض بعدم القدرة على التمييز بين الألوان في الضوء الاعتيادي ويظهر بنسبة 8% في الذكور البيض ويظهر بنسبة اقل في الإناث (150:1) ويتحكم به جين متنحي مرتبطة بالجنس ويمكن تتبع ظهور حالة عمى الألوان كما في التضريب التالي :-

p :	X^+X^+	×	X^cY
	أنثى سليمة		ذكر مصاب
		↓	
F1 :	X^+X^c		X^+Y
	أنثى سليمة		ذكر سليم

* وعند عكس عملية التلقيح :

كلية الزراعة / جامعة ديالى

	أنثى مصابة		نكر سليم
	X^cX^c	\times	X^+Y
		\downarrow	
F1 :	X^+X^c		X^cY
	انثى سليمة		نكر مصاب

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

الارتباط الجزئي بالجنس :

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

وراثة الصفات المحددة بالجنس :

هي دراسة الجينات التي يتحدد تأثيرها على الشكل المظهري بناء على وجود او غياب هورمونات الجنس ولذلك ينحصر تأثيرها في احد الجنسين دون الجنس الاخر، وان هذه الجينات هي المسؤلة عن ظهور علامات الجنس الثانوية، مثلا ظهور اللحية في الرجل صفة مرتبطة بالجنس حيث لا توجد في النساء الاعتياديات، ويظهر ان هذا يعتمد على انتاج الهورمونات الجنسية وان أي تغير في انتاج هذه الهورمونات يقود الى الحصول على نساء ملتحيات ايظا .

ومن الامثلة 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 وحيانا يكون مزركش اللون، اما 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 :

كلية الزراعة / جامعة ديالى

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

ويمكن تلخيص فعل هذين الجينين كما يلي :

- 1- الجين H يعطي ريش دجاجة بوجود أي من هورموني الجنسين وهو ساند على اليه المتنحي الجين h .
- 2- الجين h يعطي ريش ديكة بغياب الهورمون الانثوي ووجود الهورمون الذكرى، ولكنه ينتج ريش دجاجة بوجود الهورمون الانثوي .

وراثة الصفات المتأثرة بالجنس :

قلنا سابقا ان الصفات المحددة بالجنس يتحدد ظهورها باحد الجنسين فقط اما الجينات المتأثرة بالجنس فتعبر عن حالة الصفات التي تتأثر سيادتها بجنس حاملها، وتعبير اخر هي الحالات التي يعبر فيها التركيب الوراثي عن نفسه بصورة مختلفة في كل جنس من الجنسين عندما يكون بصورة خاطية ومثل ذلك:

صفة الصلع في الانسان :

تعتبر هذه الصفة من الصفات المتأثرة بالجنس، وبالرغم من كون الصلع يعود الى مسببات مرضية الا ان للصلع مسببات وراثية محددة، تنتشر اشكال الصلع في الرجال اكثر منها في النساء التي تكون نادرة وتتميز بشعر خفيف اكثر من تميزها بفقدان كامل الشعر. فقد اوضحت العديد من الدراسات الخاصة بالتحليل الوراثية لانساب ان شكل الصلع يعود الى زوج من الاليات (Bb) الواقعة على الكروموسومات الجسمية والتي تعمل كما يلي :

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

من الجدول اعلاه نلاحظ ان الاليل (B) يسلك سلوك الجين السائد في الذكور وسلوك الاليل المتنحي في الاناث ويظهر تأثيره في الحالة الخليطة فقط بوجود الهورمونات الذكرية. وقد اوضحت الدراسات ان ذلك يعود الى عدم التوازن الهورموني .

تحديد الجنس في النباتات :

النباتات احادية المسكن Monoicous لا تحتوي على كروموسومات الجنس وان قدرة الخلايا الناتجة من الانقسام الاختزالي (المحتوية على نفس التراكيب الوراثية) قدرتها على 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 ومونث) حيث يكون التركيب الوراثي للنبات الذكر XY والانثى XX فقد وجد 1946 Warmke م ان نسبة الكروموسومات الجنسية الى الجسيمة أي (X/A) ليس لها علاقة في تحديد جنس النبات، لكنه وجد ان نسبة (X/Y) لها دور في تحديد الجنس .

فاذا كانت النسبة نصف او واحد او واحد ونصف فان النباتات تحمل ازهارا 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 الجسيمة (4A) واربع كروموسومات (X) وكروموسوم واحد (Y) فتكون ازهار النباتات تامة وقد تظهر بعض الازهار المذكرة .

التحول الجنسي :

في طيور الدواجن والتي تتبع نظام (ZO) في تحديد جنسها ، بعض الاناث والبالغة مرحلة وضع البيض قد يحدث لها تحول جنسي، وليس فقط في الصفات الجنسية الثانوية مثل تكوين ريش الديكة وصياح الديك ولكن يتعدى ذلك الى تكوين خصى وقد يصل الامر الى انتاج حيوانات منوية (الصفات الجنسية الاولية) وقد يحدث ذلك على سبيل المثال عندما يتلف المرض انسجة المبيض، وفي غياب هورمونات الجنس الانثوية يبدأ نسيج الخصى الاثري الموجود في مركز المبيض بالنمو ، مما يؤدي الى التحول الجنسي .

الحاضرة الثامنة

الارتباط والعبور والخرائط الوراثية

كتابة الزراعة / طرية بال

من خلال دراستنا السابقة تبين لنا ان الجينات التي تحدد صفات الفرد تكون محمولة على الكروموسومات، وبما ان عدد الكروموسومات يكون محدود في خلايا الكائنات الحية، اذن لابد ان يحتوي الكروموسوم على اعداد كبيرة من الجينات، فمثلاً في نبتة الفكهة نجد اربعة ازواج من الكروموسومات بينما يبلغ عدد الجينات التي تحملها حوالي عشرة الاف جين . وبما ان الجينات واقعة على الكروموسومات فاذن لابد من وجود انظمة معينة تحدد علاقة الجينات مع بعضها خلال عملية الانقسام الاختزالي وانعزال العوامل الوراثية. وهناك ثلاث حالات من العلاقات بين الجينات مع بعضها اثناء الانعزال وهي :-

1- حالة الانعزال الحر :-

هذه الحالة هي كما جاء بها قانوني مندل الاول والثاني، حيث ان الجينات المختلفة والمتعلقة كل منها بصفة معينة تكون واقعة على كروموسومات مختلفة وعليه فانها تتوزع توزيعاً حراً طبقاً لقوانين مندل في التوزيع الحر، وللكشف على هذه الحالة فأننا نستخدم التلقيح الاختباري للجيل الاول مع الاب المتنحي، فإذا حصلنا على اربعة اشكال مظهرية وبنسبة 1:1:1:1 فيعني ذلك ان هذه الجينات تتوزع توزيعاً حراً وتخضع لقوانين مندل وكما موضح انناه : اي نحصل على اربعة اشكال مظهرية وينسب متساوية :

$$P1: \quad A A B B \quad x \quad a a b b$$



$$G1: \quad (A)(B) \quad x \quad (a)(b)$$



$$F1: \quad A a$$

$$P2: \quad A a B b \quad x \quad a a b b$$



$$G: \quad (A B), (A b), (a B), (a b) \quad (a b)$$

$$\text{الجيل الاختباري} \quad : A a B b \quad : A a b b \quad : a a B b \quad : a a b b$$

$$1 \quad : \quad 1 \quad : \quad 1 \quad : \quad 1$$

كلية الزراعة / جامعة ديالى

a b

a b

1 : 1

وللكشف عن حالة الارتباط التام فأنا نعمل تضريب اختباري للجيل الاول مع الاب المتنحي فإذا حصلنا على شكلين مظهريين فقط وبنسبتين متساويتين اي (1:1) فإن ذلك يعني وجود ارتباط تام بين ذلك الزوج من الجينات كما موضح في المثال اعلاه .

3- الارتباط غير التام: Incomplete Linkage:

ان الكروموسومات غالباً لا تنتقل سليمة بكامل جيناتها الى الكاميات اي ان الارتباط التام بين الجينات يكون نادرا في الكائنات التي تتكاثر جنسياً، واول من لاحظ هذه الظاهرة هو العالم موركان عند دراسته لصفتين في الدورسوفلا، ينتج الارتباط غير التام اذا كان الجينان على كروموسوم واحد وحدث عبور بين ازواج الكروموسومات المتناظرة في المسافة بين الجينين ويمكن الكشف على هذه الحالة من خلال اجراء تضريب اختباري للجيل الاول مع الاب المتنحي فإذا حصلنا على اربعة اشكال مظهرية على شرط ان لا تكون متشابهة اي لا تخضع للنسبة (1:1:1:1) فعادة ذلك يكون الارتباط غير التام. ومثال على ذلك :- في نبات الذرة وجد ان اللب لحبوب الملونة (C) ساند على أليله عديم اللون (c) وأليل الحبوب الممتلئة (S) ساند على اللب الحبوب المجعدة (s). وعند تضريب نبات ذات حبوب ملونة ممتلئة مع نبات عديم اللون وبؤوره مجعدة كانت نباتات الجيل الاول كلها ذات حبوب ملونة ممتلئة، وعند تلقيح الجيل الاول اختباريا مع الاب المتنحي للصفتين امكن الحصول على اربع اشكال مظهرية وبنسب مختلفة وبهذا فلم تتحقق النسبة المندلية (1:1:1:1) وعليه فان الارتباط في هذا المثال هو غير تام وكما موضح ادناه :

P:

C S

c s

x

C S

c s

ملون ممتلئ البؤور

عديم اللون مجعد البؤور

↓

F1 :

C S

c s

كلية الزراعة / جامعة ديالى

-----	-----		
C s	c S		
ملون ممتلأ البذور	عديم اللون مجعد البذور		
↓			
C S	C s	c S	c s
-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----
C s	c S	c S	c s
عديم اللون مجعد	عديم اللون ممتلأ	ملون مجعد	ملون ممتلأ
% 22.48	% 1.82	% 1.78	% 48.18

بعد ان اوضحنا علاقة الجينات مع بعضهما تتطرق الان لتوضيح بعض المفاهيم حول الارتباط، لقد تطورت دراسات الخلية بشكل كبير بعد اكتشاف قوانين مندل لاسيما ملاحظة سلوك الكروموسومات المنتظم سواء في الانقسام الاختزالي ام الخيطي، ومن ملاحظات ودراسات العلماء Sutton (1903) و Morgan (1910) و Bridges (1916) اتضح ان الجينات محمولة فعلا على الكروموسومات ولا بد ان تكون وراثتها وانتقالها من جين الى اخر مماثلة لوراثة الكروموسومات، وان اي كائن حي لابد ان يحمل عدد من الجينات اكبر بكثير جدا من عدد ازواج الكروموسومات التي يحملها .

ان المجموعة الارتباطية Linkage group هي عبارة عن كل الجينات المحمولة على كروموسوم واحد، وتنتقل هذه المجموعة الارتباطية كوحدة مستقلة واحدة دائما من جيل لآخر الا في الحالات التي يحدث فيها العبور Crossing over وان عدد المجاميع الارتباطية في اي كائن حي يساوي العدد الاحادي Monoploid لكروموسومات ذلك الكائن الحي كحد اعلى.

الجينات المرتبطة :

لاحظ كل من العلماء Punnett و Bateson (1906) عند تهجين سلالتين من البزاليا الحلوة تختلفان بزوجين من الصفات المتضادة ان النتائج المشاهدة للنسب المظهرية في الجيل الثاني لا تتفق مع ما وجده مندل

كتابة الوراثة الجينية

(9:3:3:1) اي التوزيع الحر. وهذا ما وجده ايضا العالم Morgan والعاملين معه (1910-1915) من ان مبدأ الانعزال الحر لا ينطبق على بعض التهجينات في الدورسوفلا فقد اتضح بقاء التراكيب الابوية مرتبطة بنسبة عالية وتنتج تراكيب جديدة بنسبة واطنة. ومن هذه الدراسات اسست جماعة موركان نظرية الارتباط والعبور على اساس خلوية ثابتة. وهذه الدراسات دعمت نظرية الكروموسومات ودورها في الوراثة وقادت الى اعداد الخرائط الوراثية التي صورت العلاقة بين الجينات والكروموسومات.

اذن الارتباط هو ميل الجينات غير الاليلية الواقعة على نفس الكروموسوم او نفس المجموعة الارتباطية للبقاء معا بنسبة اعلى مما يتوقع في الانعزال الحر. وترتبط الجينات غير الاليلية بسبب وقوعها على نفس الكروموسوم لذا تحاول ان تبقى معا خلال الانقسام الاختزالي وتدخل نفس الكمية.

وفي حلة بقاء الجينات معا على نفس الكروموسوم يحدث الارتباط التام الـ linkage Complete .Incomplete Linkage اما اذا حدث عبور بين ازوج الكروموسومات المتناظرة فينتج عنه الارتباط غير التام

اذن الارتباط التام يحصل عندما تكون الجينات متقاربة جدا وواقعة على كروموسوم واحد وتنتقل معا على الدوام من جيل الى اخر ومثل على ذلك في الدورسوفلا : عند تضريب حشرة تحمل جينين طافرين على الكروموسوم الرابع ومسؤولين عن ظهور صفة الاجنحة المنحية و الشعيرات المحلوقة ويرمز لها bs | bs مع ذبابة طبيعية ++ | ++ تكون النتائج كما يلي :-

$$\begin{array}{r}
 \text{P:} \quad \quad \quad \text{b s} \quad + \quad + \\
 \text{-----} \quad \times \quad \text{-----} \\
 \text{-----} \quad \quad \quad \text{-----} \\
 \quad \quad \quad \text{b s} \quad + \quad + \\
 \text{متنحية ومخلوقة} \quad \quad \quad \text{طبيعية} \\
 \downarrow \\
 \text{F1:} \quad \quad \quad \text{b s} \\
 \text{-----}
 \end{array}$$

كلية الزراعة / جامعة ديالى

نجري تهجين اختباري مع الاب المتنحي + +

طبيعية	b s ×	b s	متنحية ومطلوقة
	_____ × _____	_____	
	_____	_____	
	+ +	b s	
		↓	
F: الاختباري	b s	:	b s طبيعية
	_____		_____
	_____		_____
	b s		+ +
	1	:	1
	%50	:	%50
			او

ملاحظة :-

رغم وجود صفتين الا ان هذا التهجين لم يخضع لقوانين مندل في التوزيع الحر ولم يعطي الا شكلين مظهريين مما يدل على ان الارتباط قوي بين الجينات وهو ارتباط تلم لانه يوجد شكلين مظهريين وبنسبتين متساويتين (1:1) كما مر معنا سابقا.

العبور الوراثي Crossing over

يلعب العبور دورا بالغ الاهمية في التطور، ويعد العبور والتوزيع الحر من اكثر الاليات اهمية لانتاج اتحادات جديدة من الجينات ويعمل الانتخاب الطبيعي على حفظ تلك التراكيب التي تنتج كائنات تمتاز بأعلى درجات الموانمة والتي تمنح الكائن الحي اعلى فرص البقاء والاستمرار ويمكن تلخيص اهم خصائص مفهوم العبور الوراثي بالاتي :-

كلمة الزرارة / جالونديال

- 1- يطلق على مكان وجود الجين على كروموسوم معين اسم Locus والجمع Loci وترتب مواقع الجينات على الكروموسومات في تتابع طولي، ويطلق احيانا على مجموعة الجينات المتجاورة والتي تربطها علاقة وظيفية اصطلاح الموقع Locus.
 - 2- يشغل الي الجين في التركيب الوراثي الخليط اماكن متطابقة على الكروموسومين النظيرين، اي ان الاليل A يشغل نفس المكان على الكروموسوم (1) والذي يشغله الاليل a على الكروموسوم النظير (2).
 - 3- يتضمن العبور كسر لكل من الكروموسومين النظيرين ويتبادل الاجزاء فيما بينهما.
 - 4- يحدث العبور اثناء تلاصق الكروموسومات المتنظرة في الدور التمهيدي الاول - Prophase - من الانقسام الميوزي.
 - 5- تتكون الكروموسومات ذات الاتحادات الوراثية الجديدة بالنسبة للجينات المرتبطة كنتيجة لحدوث العبور في المناطق بين موقعين.
 - 6- يزداد احتمال حدوث العبور بين الموقعين بزيادة المسافة بينهما على الكروموسوم.
- اذن فالعبور يحدث بعد عملية اسنساخ او تضاعف الكروموسومات اثناء الانقسام الاختزالي، أي بعد ان يصبح كل كروموسوم عبارة عن كروموتيدتين شقيقتين ومتطابقتين، وبعد ان تتزاوج الكروموسومات المتناظرة يحدث العبور بين الكروماتيدات غير الشقيقة. وتتضمن هذه العملية على كسر واعادة الالتحام لاثنتين فقط من الخيوط الاربعة عند اية نقطة على الكروموسومات . لذلك ان اثنتين من الكروماتيدات الناتجة من الانقسام الميوزي وهي الكروماتيدة AB والكروماتيدة ab مثلا تكون فيها الجينات مرتبطة بنفس التسلسل كما كانتا في الكروموسومات الابوية، ويطلق على هذه الكروماتيدات التي لم تشترك في العبور بالكروماتيدات الابوية او الاعبورية. من هنا يتضح ان التراكيب الابوية الجديدة مضمونة بنسبة لا تقل عن 50% لان اثنتين من اربع كروماتيدات لم يحصل فيها عبور. اما الكروماتيدتين الاخريين aB و Ab اللتان نشاتا من العبور الوراثي قد شكلنا اتحادين جديدين من العلاقات الارتباطية وتسمى بالاتحادات العبورية او الطرز العبورية، والارتباطات الناشئة الجديدة تكون على شكلين:-

1- الدور التجاذبي: Coupling (AB/ab)

حيث يكون الاليلان السائدان على كروموسوم (AB) والاليلان المتنحيين (ab) على الكروموسوم الاخر فيطلق على العلاقة الارتباطية الدور التجاذبي.

2- الدور التنافري: Repulsing (Ab/aB)

حيث يحتل الاليل السائد لموقع وراثي والاليل المتنحي للموقع الاخر على نفس الكروموسوم اي aB على كروموسوم و Ab على كروموسوم الاخر.

تكرار الكيازما ورسم الخرائط الوراثية :

تعرف الكيازما بانها نقطة التبادل الوراثي، اذا يتكون الزوج الكروموسومي المتلاصق (الوحدة الثانية) من اربعة كروماتيدات تسمى الرباعيات Tetrad ولا بد لكل رباعية من كيازما واحدة على الاقل في مكان ما على

كتابة الزراعة/المسافة بين الجينات على طولها، وكلما زاد طولها على الكروموسوم زاد عدد الكيمازما. وكلما **زادت المسافة بين الجينات على** الكروموسوم كلما زاد احتمال حدوث كيازما بينهما وبعكس كلما اقترب الجينين من بعضهما كلما قل احتمال حصول كيازما بينهما، ويمكن الاستفادة من حدوث الكيمازما في التنبؤ بنسب الكاميتات الابوية والعبورية المتوقع ان ينتجها تركيب وراثي معين. وتعتبر نسبة الكاميتات العبورية اي الاتحادات الجديدة الناتجة من تركيب وراثي معين كنتيجة للعدد الذي تتكون به الكيمازما بين الجينات (اي عدد الكيمازما).

ملاحظة :-

عدد الكيمازما = 1:2 عدد الكميتات العبورية.

او نسبة الكيمازما = $x2$ عدد النواتج العبورية (%).

المسافة الوراثية = نسبة الكيمازما (%)

او تسوي $x2$ نسبة النواتج العبورية (%).

ملاحظة :-

وحدة المسافة الوراثية هي سنتي موركان وهي تكافئ 1% عبور وراثي اي المسافة الوراثية هي نفسها نسبة الكيمازما.

لرسم الخرائط الوراثية يجب معرفة مايلي :

مسافة الخريطة: هناك نقطتان رئيسيتان يجب مراعاتها عند رسم الخرائط الوراثية هي :-

أ - تحديد تتابع الجينات على الكروموسوم.

ب - تحديد المسافة الوراثية بين الجينات.

مثال: اذا كان التركيب الوراثي Ab/aB بنسبة 8% ناتج من الكميتات العبورية AB و ab فما هي المسافة بين الجينين A و B ؟

الحل:

مسافة الوراثية = نسبة الكيمازما (%)

= $x2$ نسبة النواتج العبورية (%)

= 8×2

طريقة رسم الخرائط بثلاث نقاط:

يعتبر مورغان وستروتنان اول من وصفا طريقة لرسم الخرائط الكروموسومية وبطريقة سميت بطريقة الارتباط الثلاثي Three point Linkage وذلك بسبب استعمال ثلاث مواقع جينية (اي ثلاث ازواج من الجينات) معا. وعلى ضوء ذلك قسما العبور الوراثي وفي حالة ثلاث ازواج من الجينات الى :-

- 1- عبور وراثي مفرد في المنطقة الاولى (1) وتشمل aBC و Abc .
 - 2- عبور وراثي مفرد في المنطقة الثانية (2) وتشمل abC و ABc .
 - 3- عبور وراثي المزدوج ويشمل: aBc و AbC .
- اما التراكيب الابوية فهي تشمل : abc و ABC .

ويمكن التمييز بين النسل الناتج من الاتحادات العبورية عن الاتحادات الأبوية وذلك من معرفة اعداد النسل الناتج من كل منها كلاتي :-

- 1- يكون تكرار الاتحادات الأبوية أعلى من العبورية أي أعلى قيمة في النسل وتكون متقاربة فيما بينها اي ان : ABC و abc لها أعلى قيمة.
- 2- العبور الوراثي المفرد في المنطقة (2) اقل من الاتحادات الابوية تكرارا واكثر من بقية العبورات.
- 3- العبور الوراثي المفرد في المنطقة (1) اقل من تكرار العبور الوراثي المفرد في المنطقة (2) واكثر من العبور الوراثي المزدوج.

4- تكرار العبور الوراثي المزدوج اقل من جميع الاتحادات الابوية والعبورية الناتجة.

مثال :- نبات هجين لثلاثة ازواج من الجينات عمل له تلقيح اختباري وكانت كما يلي :-

التراكيب الابوية :

$345 = ABC|abc$

$335 = Abc|abc$

كلية الزراعة / جامعة ديالى

التراكيب العبورية في المنطقة (2) :

$$102 = ABc|abc$$

$$98 = AbC|abc$$

التراكيب العبورية في المنطقة (1) :

$$57 = Abc|abc$$

$$43 = Abc|abc$$

العبور المزدوج :

$$9 = AbC|abc$$

$$11 = Abc|abc$$

المطلوب :- ارسم الخارطة الوراثية ، اي المسافة بين الجينات ABC.

الحل :-

1- مجموع التراكيب الوراثية الكلية 1000

$$\text{نسبة الاتحادات الابوية} = \frac{335+345}{1000} \times 100 = 68\%$$

$$\text{نسبة العبورات في المنطقة 2} = \frac{98+102}{1000} \times 100 = 20\%$$

$$\text{نسبة العبورات في المنطقة 1} = \frac{43+57}{1000} \times 100 = 10\%$$

$$\text{نسبة العبور المزدوج} = \frac{11+9}{1000} \times 100 = 2\%$$

المسافة بين A و B = العبور الوراثي المفرد في المنطقة (I) + العبور الوراثي المزدوج = 10 + 2 = 12 سنتيموركان .

المسافة بين B و C = العبور الوراثي المفرد في المنطقة (2) + العبور الوراثي المزدوج = 20 + 2 = 22 سنتيموركان .

الخارطة الوراثية تكون :-

A 12 B 22 C

_____ . _____ .

ان رسم الخرائط الوراثية يعتمد على العبور الوراثي الذي يحصل بين ازواج الجينات وبما ان مناطق السنتروميير ونهايات الكروموسومات (التيلومير) هي منطقت ذات حلزنة قوية (هيتروكروماتينية) لا يحصل بها عبور وراثي، اذن الخرائط الوراثية المرسومة والموجودة في المصادر لمواقع هذه الجينات هي تقديرية وليست واقعة 100 % .

التعارض والتوافق : Interference and Coincidence

التعارض : Interference

ويعني ان حصول عبور وراثي في منطقة ما يمنع عبور وراثي في منطقة اخرى مجاورة مثلا العبور بين A و B يمنع حدوث عبور في منطقة C و D واسباب التعارض هي :

1- كروماتيدي هذا النوع من التعارض يؤدي الى نقص الكروماتيدات التي فيها عبور وراثي بسبب عدم حصول او منع حصول انكسار والتحام الكروماتيدات .

2- تعارض الكليزما : وهو حصول عبور وراثي في منطقة يمنع حصول عبور وراثي اخر في منطقة اخرى بسبب عدم قدرة الكروماتيدة على الالتحام مرة اخرى .

3- تعارض بسبب شدة الحلزنة :

ان هذا التعارض يحصل نتيجة شدة الحلزنة الموجودة في ال DNA .

التوافق : Coincidence

ونعني به حصول عبور وراثي في منطقة ما يسمح بحصول عبور وراثي اخر في المنطقة المجاورة . وفي الحسابات الوراثية دائما يكون :-

التعارض + التوافق = واحد

كلية الزراعة / جامعة ديالى

العوامل المؤثرة في العبور الوراثي :-

1- الجنس :-

وهو يؤثر على نسبة العبور، فمثلا في ذكور الدورسوفلا تكون العبورات قليلة وكذلك في الاجناس المتبائية الامشاج تكون النسبة اقل مما هو في الاجناس المتماثلة الامشاج .

2- عمر الام :- حيث يقل العبور بتقدم عمر الام .

3- الحرارة :-

زيادة درجة الحرارة تاتر على نسبة العبور ، والحرارة الاعلى او اقل من 22 م تزيد من نسبة العبور .

4- تأثيرات الغذاء والمواد الكيماوية والاشعاع :- مثلا التركيز العالي للكالسيوم يقلل من نسبة العبور بين الجينات على الكروموسوم X ، بينما يزداد العبور عند التعرض للاشعاع .

5- تأثير النمط الوراثي :- تختلف نسبة العبور بين جينين معينين بأختلاف النمط الوراثي للسلاطات المختلفة .

6- تأثير السنتروميير حيث يقل العبور قرب مناطق السنترومييرات .

الحاضرة التاسعة

التأثيرات البيئية (المحيطية) والتعبير الجيني

ان وجود أليل معين في فرد معين لا يضمن دائما وجود تأثير معين، فالاليل السائد مثلاً يخفي تأثير الاليل المنتحي له، ويمكن تعقب العوامل التي تحور تأثير جين معين عبر الفجوة الواسعة بين المادة الوراثية حتى ظهور الفينوتايب.

ان جميع المادة الوراثية التي تحدد كل مواصفات الفرد (منذ نشوؤه من بيضة مخصبة إلى موته الطبيعي) لاتزن أكثر من أجزاء قليلة من آلاف الأجزاء من الغرام من DNA وهي تنتقل بين الأجيال بينما كتلة جسم الفرد هائلة بما لا يقاس، فوزن الإنسان مثلاً اكبر من مادته الوراثية يتريليونات عديدة من المرات، ولكي ينمو الفرد فإنه

كلمة الزراعة/ علم الوراثة يحتاج إلى كميات هائلة من المواد من المحيط الخارجي لبناء جسمه خلال تفاعلات مناسبة ليأخذ الشكل المظهري النهائي من خلال الرسائل التوصيفية التي تبعثها مادته الوراثية، لكن تنفيذ تعليمات الرسائل يعتمد من الجانب الآخر على عوامل المحيط كدرجة الحرارة والغذاء والضوء ... فالتركيب الوراثي يتفاعل مع المحيط الخارجي طول فترة تكوين الفيتونايب والذي يستغرق حياة الفرد كلها .

إن عملية التطور تتضمن خطوات عديدة وفي كل خطوة يحصل تفاعل بين المحط والتركيب الوراثي (الجينوتايب) ابتداءً من تفاعل جين مع جين ثم جين مع كروموسوم ثم كروموسوم مع نواة ونواة مع سايتوبلازم وخليّة مع نسيج وهكذا، لذا لا يستطيع جين بمفرده أن يحدد صفة ما، إنما هناك جينات معينة تحت ظروف بيئية (محيطية) معينة تؤثر في تكوين صفة معينة مثل لون العيون، فالجينوتايب هو حاصل تفاعل العديد من العوامل البيئية مع التركيب الوراثي عند مستويات تطورية عديدة، وعليه مظهر الفرد لا يعبر دائماً عن دستور الوراثي وهنا يمكن ملاحظة وقياس نوعين من التأثيرات وهما :-

1- النفوذية : Penetrans :- وهي نسبة التراكيب الوراثية التي تعطي شكل مظهري معين .

2- التعبيرية : Expressivity :- وهي درجة تعبير جين معين عن تأثير معين، أي هي درجة تعبير الجين أو شدة تعبيره (مثلاً شدة تجعيد البذور في البزاليا) ومثال آخر في الدروسوفلا توجد طفرة سائدة هي (عين الفص Lobe eye) ونسبتها 75% علماً أن جميع أفرادها تحمل هذا الجين الطافر، وعليه فإن هذه الطفرة تملك نفوذية بنسبة 75% . أما التعبيرية لهذه الطفرة فتتراوح ما بين غياب الفص تماماً إلى ظهورها في حالتها التامة .

أما أهم التأثيرات البيئية الخارجية على الشكل المظهري فهي :-

1- درجة الحرارة :- مثل لون الأزهار الاحمرء في نبات زهرة الربيع يكون هو السائد في درجة حرارة الغرفة بينما يتحول إلى اللون الابيض عند تعرض النبات إلى درجة حرارة 68 ف .

2- الضوء :- وهو مهم للنبات أكثر من غيره، فنمو الباردات ولو لفترة قصيرة فأنها لا تستطيع أن تطور الكلوروفيل في الظل (مع امتلاكها لجينات تطوير الكلوروفيل).

3- الغذاء :- حيث يؤدي الغذاء وظائف عديدة ومنها توفير الطاقة وتزويد الفرد بالمادة اللازمة للبناء الخ . حيث يختلف الأفراد في حاجتهم للغذاء كما ونوعاً وحتى ضمن النوع الواحد وخاصة عند حصول طفرات تجعلهم عاجزين عن تصنيع مركبات معينة ضرورية لانجاز وظيفة أو أكثر مما يتطلب إضافتها الغذائية .

4- العلاقات الامومية :- مثل عدم التوافق بين الجين للابن وأمه كما في مجموعات الدم مثل (BAO, Rh) وهي عوامل خارجية .

العوامل او التأثيرات البيئية الداخلية على الشكل المظهري :-

1- العمر

2- الجنس

3- المواد والتفاعلات الوسطية Substrates

وقد سبق الكلام عن هذه العوامل .

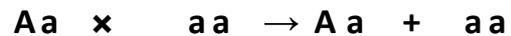
التأثيرات الامومية والوراثة الساييتوبلازمية

لقد تحدثنا في المحاضرات السابقة عن أساليب توارث صفات معينة وربطناها بالنواة (الكروموسومات)، ولذلك فتوقعاتنا عن انتقال الصفة وظهورها في الافراد مرتبطة بمعرفتنا انعزال وتوزيع الكروموسومات، هذه الحقيقة لا يمكن معارضتها لحد الان طالما نعد ان الDNA هو المادة الوراثية الاساسية وان جميع الDNA متركز في الكروموسومات حيث ان 99% من مجموع الDNA موجودة في الكروموسومات .

ومن جهة اخرى فان الDNA لا يستطيع تكوين الصفات البيولوجية في غياب مكونات الخلية الاخرى، فوجود الDNA لوحده لا ينتج كائن حي لانه يعتمد على الوسط الذي يستطيع فيه اظهار عمله. وكما بينا سابقا بان للبيئة تأثير كبير على التركيب الوراثي من اجل اظهار الفينوتايب المعين. ففي الخلية نفسها يوجد احد المصادر البيئية المهمة وهي الساييتوبلازم الذي يحيط مباشرة بالنواة، فالمحتويات الساييتوبلازمية قد تختلف بين الافراد ولذلك من غير المستغرب ان نجد مفعول التركيب الوراثي في ساييتوبلازم يختلف عن مفعوله عند وجوده في ساييتوبلازم اخر، وهذا يتضح عن طريق التجارب فمثلا وجد ان الام التي تعطي البيوضة هي تساهم بكمية من الساييتوبلازم اكثر من كمية الساييتوبلازم الموجود في الحيمن الذي يساهم به الاب .

أ- التأثيرات الامية : Matrral effects

اوضح العالم caspari تأثير الام في عثة الطحين ودرس صفتين، لون الجسم ولون والعيون لليرقات، فتلون جسم اليرقات، واللون القهوائي الداكن للعينين سببها صبغة (كايونرينين) الموجودة في الساييتوبلازم والناجمة عن وجود أجين A السائد على الاليل المتنحي a والذي لا يعمل على تكوين أية صبغة، فعند تلقيح نكر هجين A مع أنثى متتحية (aa) نلاحظ ان نصف اليرقات الناتجة تحتوي على هذه الصبغة و النصف الاخر غير ملون كلاتي :



50% عديم اللون 50% ملون انثى غير ملونة ذكر ملون

كلية الزراعة / جامعة ديالى

اما عند اجراء التلقيح العكسي اي يتزاوج ذكر aa مع انثى Aa نلاحظ

$$Aa \times aa \rightarrow Aa + aa \text{ (النسل جميعه ملون)}$$

وهذا يدل دلالة واضحة على ان سايتوبلازم الام يحتوي على هذه الصبغة نتيجة احتواء تركيبها الوراثي على الجين (A)، وبعد فترة من النمو تبدأ حوالي نصف يرقات بفقدان لون جسمها حتى تصبح تدريجياً عديمة الصبغة (وهذه اليرقات هي ذات التركيب الوراثي aa). ان تفسير هذه الظاهرة هو ان الام الحاوية على الجين A تعطي الصبغة إلى البيوض التي تنتجها عن طريق السايتوبلازم. فان الام ذات التركيب الوراثي Aa تنتج نوعين من البيوض A , a وكلاهما يحتوي على الصبغة في سايتوبلازم البيوض، فالابناء ذات التركيب الوراثي aa ينقصها الجين A الذي يعمل على تكوين الصبغة في السايتوبلازم فان هذه اليرقات تصبح عديمة اللون بعد استهلاكها لجميع الصبغات التي حصلت عليها عن طريق الام .

مثال اخر:

اتجاه ألتفاف الحلزوني في قوقع لمينيا Limnaea حيث لوحظ ان هناك نوعين من الالتهاف فاما ان نتيجة فتحة الالتهاف الى اليمين ويسمى (حلزون يميني) و هذا سببه وجود الجين D، او نتيجة فتحة الحلزون الى اليسار (حلزون يساري) وتنتج عن الحلة النقية لوجود الجين (d). ولوحظ عن تزاوج هذين الصنفين كان اتجاه فتحة الالتهاف دائما تحدد بالتركيب الوراثي للام، حتى عندما يكون ذلك مختلفا عن التركيب الوراثي للابناء. لذلك فان التلقيح الذاتي للحلزون اليميني الالتهاف الهجين ينتج دائما عن التلقيح الذاتي للحلزون اليميني الالتهاف وبضمنها الابناء ذات التركيب الوراثي (dd) الذي يجب ان تكون يسارية الالتهاف . ومثابه لذلك الابناء الناتجة عن التلقيح الذاتي لحلزون يساري الالتهاف هجين (الابناء الهجينة لامهات ذات تركيب وراثي dd). ان تأثير الام يستمر لمدة جيل واحد فقط ، ولذلك نجد في الجيل الذي يليه تنتج الامهات اليسارية الالتهاف ابناء يسارية الالتهاف حتى عندما تكون هذه البناء ذات تركيب وراثي يميني الالتهاف . ويظهر من هذا ان اتجاه الالتهاف الى اليسار او اليمين يحدده التركيب الوراثي للام، وفي هذه الحالة تأثير الام ينتقل عن طريق سايتوبلازم البيضة لمدة جيل واحد لانه في الجيل اللاحق يتكون السايتوبلازم للبيضة تبعا للتركيب الوراثي للام الجديدة و كالاتي :

الرسم

والسر في ذلك هو اتجاه التفاف فتحة الحلزون يعتمد على اتجاه انقسامات الخلايا المكونة للقوطة وان اتجاه الانقسامات يتحدد من قبل الساييتوبلازم . ان التأثير الامومي هو تأثير ناتج بفعل الساييتوبلازم وهو مستقل عن تأثير النواة وينتج عنه تأثيرات مظهرية كما شاهدنا في الصبغة الكينورينين في عثة الطحين او اتجاه التفاف الحلزون ، ولكن هذا التأثير هو ليس اجراء ذاتي للساييتوبلازم بل انه يختفي بعد ان يحل محله منتج لجين نووي مناسب .

الوراثة اللانوية (الساييتوبلازمية) :

في الامثلة السابقة عن عثة الطحين واتجاه التفاف الحلزون يكون المسؤول عنها هو الساييتوبلازم لكنها تختفي بعدة فترة بمجرد انتهاء تأثير الساييتوبلازم لكن هناك ائلة تشير الى ان هناك توارث مستقل عن التوارث النووي يحدث في الساييتوبلازم وان هناك وحدات وراثية توازن الجينات في الكروموسومات (النواة) ولان موقعها خارج النواة فهي تسمى بلازموجينات Plasmogenes او بلازمونك Plasmons وكذلك بلازميدات Plasmids وفي حالة تزاوج بين الاحياء الحاملة لصفات تسببها عوامل خارج نووية فان هذه الصفات لا تتوارث بموجب النسب المنديلية وهي على العكس من التأثير الامومي الذي يختفي بعد جيل او بعد مدة زمنية فأنها تستديم طالما العامل الخارج نووي يديم نفسه .

الادلة على التوريث للانوي (الخارج النواة) :-

- 1- ان اختلاف النتائج في التلقيحات العكسية Reciprocal crosses توضح الانحراف عن النموذج المنديلي للجين المتحكم بصفة جسمية وبعد استبعاد نور الارتباط بالجنس في وراثة الصفة فان الاختلافات في نتائج التهجينات العكسية سيشير الى ان احد الاباء (وعادة الام) له تأثير اكبر من الاب الاخر على صفة معينة .
- 2- ان الكميات الانثوية تحمل كمية اكبر من الساييتوبلازم والعضيات الساييتوبلازمية مقارنة بالكميات الذكرية ويتوقع ان تؤثر على الصفات غير المنديلية .
- 3- تشغل الجينات النووية مواقع ثابتة في الكروموسومات ولها خرائط محددة تعين مواقعها بالنسبة للجينات الاخرى، ان توفر هذا النوع من المعلومات يمكن من اثبات التوريث اللانوي .
- 4- يقترح من عدم ظهور الانعزالات المنديلية المميزة التي تعتمد على دورة الكروموسومات في الانقسام الميوزي حالة تورث ساييتوبلازمي .
- 5- التعويض التجريبي للانوية يمكن ان يوضح التأثير النسبي لكل من النواة والساييتوبلازم، فتوريث الصفات دون توريث جينات نووية يؤكد التوريث الساييتوبلازمي .

امثلة على التوارث الساييتوبلازمي (اللانوي) :

مثال : في النباتات الراقية (الذرة مثلا) اذا كان سبب الاختلاف في نتائج العكبي يعود الى اختلاف كميات الساييتوبلازم لكميات الام والاب فان هناك اعتقادا بوجود توريث سايتوبلازمي، ان مشاركة حبة اللقاح في سايتوبلازم الزايكوت قليلة جدا او معدومة حيث ان معظم الساييتوبلازم تورث من خلال سايتوبلازم الام (البويضة)، ففي الذرة الصفراء توجد صفة الورقة المخططة، والتهجينات التالية توضح تاثير الوراثة الساييتوبلازمية :

الاباء: نبات ذات اوراق مخططة (ذكر) X نبات ذات اوراق خضراء (انثى)

الجيل الاول: جميع النباتات في الجيل الاول خضراء الاوراق

التهجين المتعكس : نبات ذات اوراق مخططة (انثى) X نبات ذات اوراق خضراء (ذكر).

الجيل الاول : نباتات خضراء الاوراق + نباتات مخططة الاوراق + نباتات بيضاء الاوراق وبنسب متفاوتة.

مثال : صفة القاتل في الباراميسيوم :

يوجد في بعض سلالات الباراميسيوم عامل يدعى كبا Kappa وهو عبارة عن جينات صغيرة توجد في الساييتوبلازم وتتألف من بروتين و DNA و RNA ، واذا وجد هذا العامل مع جين نووي بصورة سائدة ويرمز له (K) فينتج عنه مادة تدعى الباراميسين Paramecin والتي تفرز بالماء وتؤدي الى قتل حيوانات الباراميسيوم غير الحاوية لهذا العامل ، لذا يدعى الباراميسيوم الحامل لعامل كبا والجين النووي السائد K معا بالباراميسيوم القاتل، بينما يدعى الباراميسيم الخالي من هذا العامل بالباراميسيوم الحساس، اذا كان الباراميسيوم حوي على جين نقي متحي (KK) فانه لايفرز مادة الباراميسين على الرغم من احتوائه على عامل كبا، اضافة لذلك فان وجود الجين السائد (K) في النواة غير كافي لانتاج المادة السامة اذا فقد عامل كبا من الساييتوبلازم .

لقد كشف المكركسوب الالكتروني ان هذه الجسيمات تحوي على كمية صغيرة من الساييتوبلازم وانها محاطة بغشاء ويمكن نقلها الى الخلايا الاخرى وذلك بطعامها هذه الجسيمات والتي تعتبر سايتوبلازمية.

الطفرات الوراثية :

من خلال الدراسات الوراثية الخلوية تؤكد ان كل نوع من الكائنات الحية يتميز بمجموعة كروموسومية كاملة محدودة العدد . وان الخلايا التناسلية (الكميات) تكون احادية المجموعة الكروموسومية haploid اي (n) او monoploid وتدعى ايضاً genome . كما ان العدد الطبيعي للمجموعة الكروموسومية (2n) للكائن الحي يعود عند اتحاد كميتين لتكوين البيضة المخصبة . اما الخلايا الانسجة المختلفة لجسم الفرد فتحتوي على المجموعة الكروموسومية الكاملة على (2n) .

وتأسيساً على ذلك في فأن اية خطأ يحدث اثناء انقسام النواة فإنه يقود الى شذوذ كروموسومي او ما يعرف بالطفرة نتيجة التعرض لبعض المؤثرات الكيميائية والفيزيائية التي تعد من اهم العوامل المطفرة .

ومصطلح الطفرة Mutation ويشير الى التغيرات الحاصلة في المادة الوراثية والى العملية التي يحدث عن طريقها هذا التغيير . والكائن الحي الذي يبدي شكلاً مظهرياً جديداً نتيجة الطفرة يسمى بالطافر Mutant ، وبعبارة اخرى فأن الطفرة هي تغيير فجائي مستمر في التركيب الوراثي للكائن الحي ومتوارث عبر الاجيال . ولا يشمل هذا التعريف الاتحادات الجديدة الناتجة عن العجور. وتعتبر الطفرة مصدر اساسي للتغيرات الوراثية في الطبيعة وتوفر امكانية التطور لاغراض التكيف مع التغيرات البيئية الجديدة . ومن ناحية اخرى فان ازدياد معدل الطفرات قد يؤدي الى عدم الانتظام في انتقال المعلومات الوراثية بدقة من جيل لآخر .

ان الطفرات يمكن ان تكون على مستوى الكروموسومات وتسمى بالطفرات الكروموسومية او ان تكون على مستوى الجينات (على المستوى الجزيئي) وتسمى بالطفرات الجينية . وفي ما يلي شرح لكل النوعين :

اولاً:- الطفرات الكروموسومية :- وتشمل الحالات التالية :-

1- الاختلاف في عدد الكروموسومات .

2- الاختلاف في حجم الكروموسومات .

3- الاختلافات او التغيرات البنائية للكروموسومات .

4- الاختلاف في شكل الكروموسومات .

ولاهمية التغيرات العددية والاختلافات البنائية للكروموسومات سوف توضح بالتفصيل هذين النوعين :-

الاختلاف في عدد الكروموسومات :-

تحتوي الكائنات الحية الثنائية المجموعة الكروموسومية diploid على المجموعتين من الكروموسومات النظرية احدها قادم من الام والآخر من الاب . ولكن هناك تباين في عدد المجاميع الكروموسومية وهو شائع الحدوث في الطبيعة بين انواع الكائنات الحية، وتشمل الاختلافات في عدد الكروموسومات ما يلي :-

1- تعدد المجموعة الكروموسومية الكامل (الحقيقي) Euploidy :-

ان الافراد الذين يتبعون هذا القسم من التغيرات الكروموسومية يتميزون بأحتوائهم على عدد كروموسومي هو مضاعفات العدد الاساسي (n) ويشمل :-

1- Monoploid (احادي المجموعة الكروموسومية) (1n) :-

ان صفة ال monoploid تكون طبيعية وشائعة في الفطريات والاشنات وجميع الطحالب ، لكنها تمثل شذوذ في الكائنات الراقية ففي النباتات تكون هذه الافراد فانها تموت ويشذ عن ذلك بعض الحيوانات مثل النحل .

2- Triploid (ثلاثية المجموعة الكروموسومية) (3n) :-

ان هذه الحالة قليلة الوجود في الطبيعة وافراد هذه المجموعة تحمل ثلاث مجموعات من الكروموسومات المتناظرة، ويمكن ان تنتج من اتحاد كميت احادي المجموعة الكروموسومية (1n) مع كميت ثنائي المجموعة الكروموسومية (2n)، ان افراد هذه المجموعة عقيمة ومثلها الرقي الثلاثي .

3- Tetraploid (رباعية المجموعة الكروموسومية) (4n) :-

هذه الحالة نادرة في الحيوانات وشائعة الى حد ما في النباتات فالنباتات رباعية المجموعة (4n) قادرة على انتاج كميات تحمل كل منها (2n) وبعد التلقيح الذي تنتج افراد رباعية الكروموسوميت، والمثال لذلك قصب السكر والشعير والحنطة .

4- التعدد المجموعي Polyploidy :-

ويشمل الاحياء التي تحتوي على اكثر من اربع مجاميع كروموسومية وهي قليلة الوجود في الطبيعة وخاصة في الحيوانات لكنها موجودة في النباتات كما في حنطة الخبز فهي تمتلك (6n) والشليك (8n).

وترجع حالات التعدد الكروموسومي المختلفة الى سبب او اكثر من الاسباب التالية :-

1- عدم انقسام السايتوبلازم بعد اتمام عملية انقسام الكروموسومات اثناء الانقسام الخلوي سواء الانقسام الاعتيادي او الاختزالي .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

2- عدم انشطار السنتروميير يؤدي الى عدم انفصال الكروموسومات في الدور الانفصالي، وإذا حدث ذلك في الانقسام الاختزالي فنتج عنها كميات (2N) .

3- عدم تكوين المعزل يؤدي الى عدم توزيع الكروموسومات المتضاعفة الى قطبي الخلية.

2- التعدد الكروموسومي غير الكامل (Aneuploidy) :

هي الاختلافات الكروموسومية التي لا تشمل مجامع كاملة من الكروموسومات بل تشمل زيادة او فقدان بعض الكروموسومات من بعض الأزواج الكروموسومية المتناضرة، وينشأ هؤلاء الأفراد بسبب عامل او اكثر من العوامل التالية :

1- اتحاد كميات غير متوازنة الكروموسومات مع بعضها لاي نوع من الانواع.

2- فقد او زيادة كروموسوم واحد او اكثر في احدى الخلايا نتيجة عدم انتظام الدور الانفصالي Anaphase في الانقسام الاختزالي .

تكون الافراد ذات التعدد الكروموسومي غير الكامل قليلي الانتشار و ذو حيوية واطنة وعدم القدرة على العيش و التناسل بصورة طبيعية، وتنقسم افراد هذه المجموعة الى :

أ – باتجاه الزيادة : (Hyperploids) وتشمل :-

1- Trisomic (2n+1) → AA BB CCC ثلاثية الكروموسوم

2- Double trisomic (2n+1+1) → AABB CCC ثنائية ثلاثية الكروموسوم

3- Tetrasomic (2n+2) AA BB CCCC رباعية الكروموسوم

4- Pentasomic (2n+3) →AABBCCCC خماسية الكروموسوم

ب – باتجاه النقصان : (Hyposomic) وتشمل :-

1- Monosomic (2n-1) → AABbc. احادية الكروموسوم

2- Nullisomic (2n -2) → AA BB .. غائبة الزوج الكروموسومي

3- Doublemonosomic (2n-1-1) → AA B.C ثنائية احادية الكروموسوم

كلية الزراعة / جامعة ديالى

التغيرات او الاختلافات النباتية للكروموسومات :

ان الكروموسومات منظومات معقدة وهي على درجة عالية من الدقة و التنظيم في سائر العمليات الحيوية التي تقوم بانجازها ومن ضمنها عملية الانقسام الخلوي ، ولكن رغم ذلك يمكن ان تحدث فيها انقسامات قد تؤدي الى حدوث تغيرات تركيبية غير طبيعية سواء كان ذلك طبيعيا او بسبب عوامل مصطنعة من قبل الانسان كالاشعاع او الحرارة او المطفرات الكيميائية. وهذه التغيرات الغير طبيعية قد تحدث لكروموسوم واحد او اكثر من المجموعة الكروموسومية، وهذه التغيرات في الكروموسومات تحدث بصورة واضحة في المملكة النباتية اكثر من حصولها في المملكة الحيوانية، ومن اهم التغيرات النباتية للكروموسومات هي :

1 - النقص :- (Deletion) Deficiency

وهي حالة التي يفقد فيها جزء من الكروموسوم الذي يحمل جين مفرد او عدة جينات وهذا الفقد قد يكون طرفي او وسطي ويمكن ان يكون النقص متماثل في الكروموسومين النظيرين ويسمى في هذه الحالة Homozygous def. او ان يكون النقص في احد الكروموسومين فقط و يسمى Heterozygous def. . ان النقص الـ Hetrozozygous اهم من النقص Homo من الناحية الوراثة حيث انه بسبب النقص يظهر تاثير بعض الجينات التي كانت متنحية بسبب فقد الجينات السائدة وعند ذلك تلعب هذه المواقع الجينية المتنحية دورا كبيرا في السيادة عن طريق اظهار الصفة حيث يطلق عليها السيادة الكاذبة، وعندما يفترن الكروموسومين النظيرين واحدهما حدث له نقص وسطي فتظهر حلقة النقص (Loop deficiency) تحت المجهر بسبب اقتران المواقع الجينية السليمة مع بعضها وانتفاخ المواقع الجينية التي فقدت ألياتها المقابلة .

2 - التكرار او الاضافة : (Addition) Duplication

هي حالة اضافة قطعة زائدة من الكروموسوم تحمل جين واحد او اكثر الى كروموسوم اخر وقد تكون الاضافة طرفية او وسطية، صغيرا او كبيرة، وقد تكون الاضافة في احد الكروموسومين او في كلاهما. وعندما تكون الاضافة في احد الكروموسومين النظيرين تحدث حلقة الاضافة وهي تشابه حلقة النقص تحت المجهر . وللإضافة دور مهم خصوصا اذا كانت الجينات المضافة ذات ميزات اقتصادية مهمة .

3 - الانقلاب : Inversion

وهو عبارة عن انقلاب قطعة من الكروموسوم فيها مجموعة من الجينات وتغيير اتجاهها بمقدار 180 ° اي ينعكس تاثيرها وذلك لانكسار الكروموسوم ثم التحامه مرة اخرى و الكروموسوم الناتج يحمل نفس الجينات الاصلية الموجودة على الكروموسوم الا انها بترتيب مختلف و الانقلابات الكروموسومية على نوعين :

أ- انقلاب يشمل منطقة السنترومير ويشمل هذا الانقلاب على اجزاء من ذراعي الكروموسوم لذا فإن منطقة الانقلاب تحتوي على السنترومير .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ب - انقلاب خارج منطقة السنترومير ويكون هذا النوع من الانقلاب قصراً على ذراع واحد من ذراعي الكروموسوم اي تكون القطعة المنقلبة بأكملها الى جانب واحد من جانبي السنترومير لذا فهو يقع خارج منطقة الانقلاب .

4 - الانتقالات Translocation :-

هي عبارة عن تبادل اجزاء كروموسومية قد تكون متساوية الطول او غير متساوية، للكروموسومية غير المتناظرة و في بعض الاحيان يحدث كسر لكروموسوم واحد او اكثر حيث تبدو النهايات المكسورة لهذه الكروموسومات كما لو كانت لجزءة وقد تتصل مع كروموسوم غير نظير حيث ينتج عن ذلك حالات الانتقال المختلفة وهي :-

أ - الانتقال البسيط : يتمثل هذا النوع بانتقال قطعة كروموسومية مكسورة من كروموسوم الى اخر غير منظر له .

ب - الانتقال المتبادل : في هذا النوع من الانتقال يتبادل الكروموسومان غير النظيرين جزئين من القطع الكروموسومية قد تكون متساويتين او غير ذلك .
ثانياً :- الطفرات الجينية او النقطية :-

وهي الطفرات التي تحدث على مستوى الجين ويعرف الجين على انه تتابع خصوصي (متوضف) من النيكلوتيدات في الـ (DNA). والجينات المختلفة تمتلك تتابعات مختلفة من النيكلوتيدات وعلى ذلك فالطفرات هي تبديل في تتابع تسلسل ازواج القواعد النتروجينية للـ (DNA) ويمكن ان تكون الطفرات الجينية لاحد الاشكال التالية (انواع الطفرات الجينية) :-

1- طفرات الحذف Deletion mutations :-

ونحدث حينما يحذف زوج من القواعد او اكثر من ازواج القواعد النتروجينية للجين .

2- طفرات الفرس او الحشر : Insertion mut.

وتحدث حينما يحشر زوج قواعد جديدة بين ازواج قواعد الجين .

3- طفرات الاستبدال :- Substitution mut وهي الطفرات التي تحدث نتيجة استبدال قواعد نتروجينية ببعضها ويكون الاستبدال على نوعين :-

أ - استبدال متماثل : Transition

وهي استبدال قاعدة من نوع بيورين باخرى بيورين ايضا (A ↔ G) او استبدال قاعدة نتروجينية من نوع بايرمدين باخرى من نوع بايرمدين ايضا (C ↔ T)

ب - استبدال غير متماثل : Transversion

وهي الطفرات التي تنتج من استبدال قاعد نتروجينية من نوع بيورين بلخرى من نوع بايرمدين او بالعكس .
ان الطفرات الجينية من نوع الحذف و الفرس تكون خطرة جدا لانها تؤدي الى تغيير في قراءة الشفرات الوراثة مما يؤدي الى تغير الناتج البروتيني الى بروتين غير فعال يمكن يؤدي الى موت الخلية .

تصنيف الطفرات الوراثية : Classification of mutations

اولا حسب الحجم Size وتكون :

1- طفرة جينية نقطية point mut. وهي تغيير قطعة صغيرة جدا من ال DNA ويشمل نكلوتيدة واحدة او زوج منها .

2- طفرات كبيرة gross mut. :

وهي تشمل تغيرات تتضمن عدد كبير من النكلوتيدات بحث تصل الى كروموسوم كامل او مجموعة من الكروموسومات وقد سبق الكلام عن النوعين اعلاه سابقاً .
ثانياً :- حسب النوع : Quality وتكون :

أ - طفرات تركيبية وتشمل :-

1- طفرات استبدال وهي تشمل طفرات استبدال متماثل (بيورين بدلاً عن بيورين او برميدن بدلاً عن برميدن) وطفرات استبدال غير متماثل (بيورين بدلاً من برميدن او بالعكس).

2- طفرات استقطاع او حذف deletion وهي عملية فقدان زوج

او اكثر وسبق الكلام عنها .

3- طفرات اضافة او حشر Insertion وهي اضافة زوج او اكثر من القواعد الى الجين كما وضحنا ذلك سابقا .

ب - طفرات اعادة الترتيب : Rearrangement

وهذه الطفرات تخص الكروموسومات وتتضمن الانتقالات والانقلابات وسبق الحديث عنها .

ثالثاً :- حسب المنشأ Origin وتكون:

1- طفرات تلقائية Spontaneous وهي الطفرات التي تنشأ دون تدخل الانسان فيها بل تحدث بسبب المركبات الايضية داخل الخلية او بسبب الظروف البيئية الطبيعية .

2- طفرات مستحثة Induced وهي الطفرات التي تحدث بسبب تدخل الانسان وذلك باستعمال المواد المطفرة كالاشعة المؤينة مثل اشعة السينية (x) والفا وبيتا وكاما والاشعة غير المؤينة مثل الاشعة فوق البنفسجية وكذلك درجة الحرارة والمطفرات الكيميووية .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

رابعاً :- حسب الاتجاه Direction وتكون :

1- الطفرات الامامية Forward mut. وتؤدي الى تغيير الطراز البري الى طراز مظهري جديد.

2- طفرات عكسية او رجعية Reverse mut. وهي عكس النوع الاول اي ترجع الطراز المظهري الغير عادي الى الطراز البري.

خامساً :- حسب نوع الخلية Cell type التي تحصل فيها الطفرة :

1- طفرات جسمية Somatic mut.

تحدث في الخلايا الجسمية وتنتج شكلا مظهريا ظافرا في جزء من الكائن الحي مثل السرطان في الانسان او الكايمرا في النبات وهي لا تتوارث عبر الاجيال .

2- طفرات جنسية (كميتية) Gametic mut. :-

وتحدث في الخلايا الجنسية وهي تتوارث خلال الاجيال المتعاقبة .

الطفرات و الاقلمة :

ليس جميع التغيرات في الاشكال المظهرية للكائنات الحية تعود الى الطفرات الوراثية بالضرورة بل هناك عدد من العوامل التي تؤثر بصورة ما على الصفات البرية للكائن الحي، حيث يمكن ان تكون بعض التغيرات في الشكل المظهري البري رجعا الى متطلبات التأقلم Adaptation وليس سبب الطفرة كما مر ذلك سابقاً حول تغير بعض الصفات المظهرية بسبب درجة الحرارة مثلاً او الغذاء .

المحاضرة الحادية عشر

الوراثية الكمية

لوحظ من دراستنا السابقة للصفات المتوارثة وقوع الفئات المظهرية ضمن حدود يمكن تمييزها بسهولة بحيث يمكن وصف كل فئة بصفة معينة لذلك يطلق على مثل هذه الصفات اسم الصفات النوعية Qualitative مثل وجود او عدم وجود القرون في الابقار ولون بذور البزاليا ولون فراء الارنب ... غير انه لا تظهر جميع الصفات الوراثية بهذا الشكل الواضح المحدد، فمثلا صفة طول القامة في الانسان وهي صفة وراثية ولكن عندما نحاول تصنيف هذه الصفة لمجموعة من الطلبة فسوف نرى تباينا في الاطوال من القصير مرورا بتدرجات بسيطة الى ان نصل الى طويل القامة وان مثل هذه الصفات عادة ما تخضع الى التوزيع الطبيعي المستمر Variation Continuous . وهناك امثلة عديدة على هذا النوع من الصفات مثل الذكاء ولون العيون في الانسان وكمية

كلية الزراعة / جامعة ديالى

الحاصل في النبات وحجم النبات والحيوان وكمية الحليب في الابقار ... ان هذه الصفات تسمى بلصفات الكمية Quantitative traits او الصفات المترية (القاسية) لانها عادة تقاس بوحدات القياس (الطول والحجم والوزن...) اي انها تهتم بدرجة الصفة، اما الصفات النوعية فانها تهتم بنوع او شكل الصفة وفيما يلي خواص كل منها :-

الصفات النوعية (الوصفية):

1- هي صفات متقطعة التوزيع مثلا اللون: ابيض او احمر او وجود وعدم وجود كالقرون في لماشية او السفا في سنابل الشعير . اي انها لاتقاس بوحدات القياس لكنها توصف وصفا ومثل اخر: غني : فقير ، واعزب : متزوج ...

2- يتحكم بها عدد قليل من الجينات زوج او زوجين او ثلاثة ازواج.

3- درجة تاثير الجين على الصفة كبير جدا، اي ان درجة تعبير الجين عن نفسه قد تصل الى 100% فالزهرة الحمراء تبقى حمراء اي ان الجين المسؤول عن هذه الصفة طالما هو موجود فان لون الزهرة يجب أن يكون احمر .

4- الصفات النوعية لا تتأثر كثيرا بالظروف البيئية، فالإزهار الحمراء تبقى حمراء سواء الصيف أو الشتاء أو في الحرارة المرتفعة أو المنخفضة .

الصفات الكمية :

1- هي صفات مستمرة التوزيع وهي صفات مقاسة بوحدات كالطول و الحجم و الوزن.

2- هي صفات يتحكم بها عدد كبير من الجينات .

3- لا يمكن تحديد اثر الجين بدقة لاشتراكه مع عدد كبير من الجينات لإظهار الصفات وهناك جينات ذات اثر كبير وتسمى Major genes وأخرى ذات تأثير بسيط على الصفة ويسمى Mianor genes .

4- تؤثر البيئة بشكل كبير على هذه الصفات .

5- المجتمعات الحولية على هذه الصفات تحتوي على مخزون كبير من التصنيفات الوراثية، أي أنها غير متجانسة وراثيا .

6- تميل هذه الجينات المسؤلة عن هذا النوع من الصفات لان توجد في نظم متوازنة بحيث تعمل كمجموعة ارتباطي واحدة .

التوزيع الطبيعي للصفات الكمية :

عند دراسة صفة معينة في عشيرة او مجتمع ما باعداد كبير يلاحظ ان اعداد قليلة يحملون الانماط

الظاهرية القصوى (المتطرفة) اي اقل او اعلى ، بينما اكثر الافراد يكونون بالقرب من المعدل (المتوسط) وهذا التوزيع المتناظر يسمى بالمتنحي الطبيعي (الجرسي) Normal distribute . حيث

ان معظم القيم محددة في الوسط اما القيم المتطرفة فتكون عند النهايات .وتوجد مقاييس احصائية تستخدم لدراسة الصفات الكمية وهية المتوسط Meun والتباين Variation والانحراف القياسي

كلية الزراعة / جامعة ديالى

(Standard derivisions) . وبصورة عامة ان اية صفة توزيع توزيعا طبيعيا يكون الانحراف

القياسي فيها عن المعدل (المتوسط) كالاتي :-

$$\bar{x} \pm 1s = 68\%$$

$$\bar{x} \pm 2s = 95\%$$

$$\bar{x} \pm 3s = 99\%$$

(الانحراف القياسي للصفة الكمية كبيرا كما كان شكل المنحني الطبيعي منبسطا مما S ما كان g) وك يدل على وجود تغاير كبير في الصفة و بالعكس، اي كما كان المنحني ضيقا دل على وجود تغاير قليل في الصفة

بعض المفاهيم الاحصائية في الوراثة الكمية :

مجموعة القيم المشاهدة للعينة $\rightarrow X_i = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$

المتوسط الحسابي للقيم $\rightarrow \bar{X}$

المجموع Summation $\rightarrow \Sigma$

مجموع المربعات SS \rightarrow some of square

n \rightarrow (عدد افراد العينة) حجم العينة

N \rightarrow حجم المجتمع

التباين $\rightarrow \delta^2$

معامل التصحيح correct factor C.f \rightarrow

Standard division الانحراف القياسي $\rightarrow S$

Standard Error الخطأ القياسي $\rightarrow \bar{X}S$

$$\sum Xi^2 = X_1^1 + X_2^2 + \dots X_n^2$$

$$SS = \sum x = \sum X_i^2 - \frac{(\sum xXi)^2}{n}$$

$$\delta^2 \text{ التباين} = \frac{SS_{or} \sum X}{n-1} \rightarrow S = \sqrt{\delta^2}$$

$$C.f = \frac{(\sum X_i)^2}{n}$$

$$\text{الخطأ القياسي } S\bar{X} = \sqrt{\frac{\delta^2}{n}}$$

$$C.V \text{ معامل الاختلاف} \rightarrow = \frac{S}{X} \times 100$$

مفهوم الجينات المتعددة Polygene Concept

يعرف التعدد الجيني polygene بأنه الجين الذي له بمفرده تأثير طفيف على الشكل الظاهري ولكن بلاشتراك مع عدد قليل أو كبير من الجينات الأخرى يستطيع التحكم في الصفة الكمية مثل حاصل النبات. ويختلف نظام الوراثة الكمية عن الوراثة المنديلية (الصفات النوعية) وذلك بظهور سلسلة متدرجة بين ابويين مختلفين في الصفة، ويأخذ في النظر الاعتبار متوسطات العشائر وليس القيم المنفصلة للأفراد. وفي الصفات الكمية تؤثر عوامل كثيرة على توريث هذه الصفات مثل التفاعل الجيني والتفوق والوراثة السايكوبلازمية والظروف البيئية. ومن الأمثلة الواضحة للوراثة الكمية (التأثير المتعدد للجين هو لون البذور في الحنطة). تمكن العالمان نلسون من السويد وايست من الولايات المتحدة من إجراء مجموعة من التجارب للبرهنة على فرضية الجينات المتعددة لتفسير التباين المستمر وذلك خلال الفترة 1910-1915 على صفات محددة مثل لون بذور الحنطة وطول العنوس في الذرة .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

اجرى نلسون تضريريات بين صنف من الحنطة ذو بذور حمراء واخر ذو بذور بيضاء وظهرت بذور الجيل الاول ذات لون متوسط بين الابوين (افتح من اللون الاحمر واغلق من اللون الابيض للابوين)، اما في الجيل الثاني فقد ظهر تدرج مستمر من الابيض الى الاحمر وكادت النسب في F_2 هي $\frac{1}{16}$ من الحبوب البيضاء،

$\frac{1}{16}$ حمراء بينما ال $\frac{14}{16}$ كانت بين اللونين (متدرجة في اللون من الابيض الى الاحمر) .

وتقترح هذه النتائج انزال زوجين من الاليات، وقد شرحت على اساس وجود موقعين وراثيين مختلفين يعملان على نفس الصفة وينتجان تأثيراً مجتمعاً (اي اثر تجميحي للجين) كما موضح ادناه :-

ابيض الحبوب $aa\ bb$ x $AA\ BB$ احمر الحبوب F_1



$AaBb$ حبوب متوسطة اللون F_2

تلقيح ذاتي

وتكون النتائج كما في الجدول التالي



	AB	aB	aB	ab
AB	AABB احمر	AABb اكثر من الوسط	AaBB اكثر من الوسط	AaBb احمر وسط
Ab	AABb احمر اكثر من وسط	AAbb احمر وسط	AaBb احمر وسط	aaBb اقل من الوسط
aB	AaBB اكثر من الوسط	AaBb احمر وسط	aaBB احمر وسط	aaBb اقل من الوسط
ab	AaBb احمر وسط	Aabb اقل من الوسط	aaBb اقل اقل من الوسط	aabb ابيض

من الجدول السابق نلاحظ وجود خمسة اشكال مظهرية وهي (ابيض، احمر اقل من الوسط احمر وسط، احمر اكثر من الوسط، احمر) وتكون بالنسب التالية وحسب الترتيب (1,4,6,4,1) اي ان من كل (16) فرد ناتج في F_2 يكون فرد 1 ابيض و 4 افراد احمر اكثر من الوسط و 6 افراد احمر وسط و 4 افراد احمر اقل من الوسط و 1 فرد احمر . وتفترض هذه النتائج ان كل اليل من الاليلات السائدة سواء A او B يضيف جرعة تزيد من عمق اللون فأذا كانت اربع اليلات سائدة يكون اللون احمر اما اذا كانت الاربع اليلات متنحية (اي لا يوجد اليل سائد مطلقاً) فإن لون الحبوب يكون ابيض واذا كانت السيادة لاليل واحد فقط سواء كان من A او B سوف يكون لون الحبوب احمر اقل من الوسط واذا كان اليلان ساندان سواء احدهما من A و الاخر من B او كلاهما من احد النوعين فإن اللون سيكون احمر وسط . اما اذا كان ثلاثة اليلات سائدة بغض النظر عن اي منهما سيتكرر مرتان والاخر مرة واحدة فإن اللون سيكون احمر اكثر من الوسط . ويمكن توضيح ذلك حسب الجدول التالي :-

كلية الزراعة / جامعة ديالى

النسب في F2	المظهر الخارجي	عدد الجينات للون الاحمر	التركيب الوراثي
	احمر	4	AABB
	احمر اكثر من الوسط	3	AABb و AaBB
	احمر وسط	2	AAbb و aaBB و AaBb
	احمر اقل من الوسط	1	aaBb و Aabb
	ابيض	صفر	aabb

وتدعى الجينات التي يرمزها بالحروف الكبيرة بالايالات الفعالة او المظهرة للون اما الجينات بالحروف الصغيرة فتدعى بالجينات الغير الفعالة و الغير المظهرة للجين.

انواع الفعل الجيني :-

حسب الوراثة الكلاسيكية فان الجين يعمل عن طريق التداخلات بين المواقع الجينية. وبعبارة اخرى عبارة عن اشتراك زوجين او اكثر من الجينات لنفس الموقع (وهي حالة سيادة) اي الاليل A مع الاليل a او لموقعين مختلفين وهي حالة تفوق مثل تفاعل الاليل A مع الاليل B وهما موقعان مختلفان لأظهار صفة معينة للكائن وهناك عدة انواع من التفاعلات او التداخلات الجينية وهي :-

1- التفاعل الاليلي : allilic interaction

وهي التداخلات الجينية التي تحدث في نفس الموقع الوراثي (الجيني) وهي حالات تفاعل سيادي اي متطة بالسيادة بين أليات الموقع الجيني الواحد يطلق عليها Intera allelic dominance

2- التفاعل الغيرالاليلي : Nonallilic interaction

وهي نوع من انواع التفاعل التفوقي وتكون بين مواقع جينية مختلة وتسمى Inter allilic interaction كما مر ذكره عن لون قشرة البصل .

كلية الزراعة / جامعة ديالى

3- التفاعل الاضافي للجين : وهي اشتراك اكثر من جين لأظهار الصفة كما في بذور الحنطة .

4- التأثيرات البيئية : وهي تأثيرات الظروف البيئية على سلوك الجينات سواء من الناحية الفيزيائية او الكيميائية وهذا التغيير اذا سبب تغيير في المادة الوراثية عند ذلك فأن هذا التغيير سوف يتوارث اما اذا سبب انحراف ظاهري في الصفة فهذا الانحراف لا يورث من جيل لآخر .

تقدير عدد الجينات المتحكمة بلصفات الكمية :-

من المهم معرفة عدد الجينات المسؤولة عن توارث الصفات الكمية للاستفادة من ذلك في الدراسات الوراثية وخصوصاً في مجال تربية النبات والحيوان لنقل الصفات المهمة الاقتصادية (مثل زيادة الحاصل وزيادة الحليب) .

يبدو من الصعب تعيين عدد الجينات بالضبط بسبب وجود الاختلافات البيئية والاختلافات الوراثية لنفس القياس . وهناك بعض الصفات يمكن احياء تقدير تقريبي لعدد جيناتها وذلك عن طريق عدد الافراد في الجيل الثاني التي تشبه النمط الظاهري ل احد الابويين الاصليين كما في الجدول التالي :-

عدد الازواج الجينات التي تختلف فيها الالوان	النسبة في F ₂ التي تشبه احد الابويين	عدد التراكيب الوراثية في F ₂	عدد الاشكال المظهرية في F ₂	عدد الالوان المعزولة
1		3	3	2
2		9	5	4
3		27	7	6
4		81	9	8
n	$\left(\frac{1}{4}\right)^n$	3^n	2N+1	2n

كلية الزراعة / جامعة ديالى

n = عدد ازواج الجينات

ويلاحظ من الجدول

- 1- كلما ازداد عدد ازواج الجينات المسؤولة عن صفة معينة يقل عدد الافراد المتطرفة التي تشبه الاباء .
 - 2- كلما ازداد عدد ازواج الجينات المسؤولة عن صفة معينة ازداد عدد الطرز الوراثةية .
 - 3- كلما ازداد عدد ازواج الجينات المسؤولة عن صفة معينة زاد عدد الانماط المظهرية .
- توجد معادلة رياضية لحساب عدد الجينات التي تحكم صفة معينة :

$$N = \frac{(\overline{P_1} - \overline{P_2})^2}{8(\delta^2 F_2 - \delta^2 E)}$$

N = عدد الازواج من الجينا

 δ^2 $\delta^2 F_2$ $\delta^2 E$ $\overline{P_1}$ $\overline{P_2}$

والرموز اعلاه تشير الى تباين الجيل الثاني والتباين البيئي ومتوسط الاب الاول والاب الثاني على التوالي.

المكافئ الوراثي (معامل التوريث) (h^2) Heritability

قلنا سابقا ان الشكل المظهري لاية صفة هو عبارة عن التأثير البيئي + التأثير الوراثي + لتفاعل بين البيئة والوراثة اي $P = G + E + EXG$

وبما ان الوراثة الكمية تستعمل مقاييس التباين في الحسابات الاحصائية فانه يمكن كتابة المعادلة السابقة بصورة اخرى :-

كلية الزراعة / جامعة ديالى

$$\delta^2 = P \text{ التباين المظهري}$$

$$\delta^2 = G \text{ التباين الوراثي}$$

$$\delta^2 = E \text{ التباين البيئي}$$

ومن الجدير بالذكر ان نبين بأن التباين الوراثي مكون من عدة اجزاء وذلك حسب انواع التفاعل الجيني ، ولذلك فإن التباين الوراثي يشمل :-

$$G \delta^2 = A \delta^2 + D \delta^2 + I \delta^2$$

حيث ان :-

$$A \delta^2 = \text{التباين الوراثي التجميعي Additive gene}$$

$$D \delta^2 = \text{التباين الوراثي السياتي Dominance gene}$$

$$I \delta^2 = \text{التباين الوراثي التفوقي Epistasis gene}$$

ومن هنا يظهر ان التباين المظهري هو ناتج من عدة تفاعلات وراثية + التأثيرات البيئية . لذلك ان احد العوامل الهامة جداً في وضع خطة فعالة في برامج التربية سواء للنباتات او الحيوانات هو معرفة المساهمة النسبية لكل من العوامل الوراثية والبيئية المؤثرة على صفة معينة . وعلى ذلك فإن المكافئ الوراثي هو عبارة عن المقدار من التباين المظهري الكلي الذي يرجع الى تأثير الجينات ويرمز له (h^2) حيث ان :-

$$h^2_{bs} = \frac{\delta^2 G}{\delta^2 P} \text{ بالمعنى الواسع}$$

$$h^2_{ns} = \frac{\delta^2 A}{\delta^2 P} \text{ بالمعنى الضيق}$$

وتتراوح قيمة h^2 (المكافئ الوراثي) لصفة ما بين الصفر الى واحد صحيح.

كلية الزراعة / جامعة ديالى

مثال: اذا كان الاختلاف مظهري $\delta^2 P$ ذات منشأ وراثي فان (h^2) يساوي واحد صحيح اي انه

$$\text{اذا كان } \delta^2 G = \delta^2 P$$

فان :

$$h^2_{bs} = \frac{\delta^2 G}{\delta^2 P} = \frac{1}{1} = 1$$

مثال : اذا كان كل التباين المظهري ذات طبيعة بيئية فان المكافئ الوراثي يساوي صفر . اي انه اذا

$$\text{كانت } \delta^2 P = \delta^2 E \text{ فان } \delta^2 G = \text{صفر}$$

$$\text{وبذلك يكون :- } h^2 = \frac{0}{\delta^2 P} = 0$$

مثال : اذا كان نصف التباين المظهري يرجع الى التباين الوراثي فان ذلك يعني ان النصف الاخر من التباين المظهري يرجع الى التباين البيئي وعليه فان :-

$$h^2_{bs} = \frac{\delta^2 G}{\delta^2 P} = \frac{1}{2} = 50\%$$

b.s = broad since بالمعنى الواسع n.s = narrow since و بالمعنى الضيق

وراثة العشائر Population Genetics

العشيرة عبارة عن مجموعة من الأفراد الحية والتي تشترك في خواص معينة، ووراثة العشائر بصفة عامة تهتم بدراسة العشيرة المنديلية Population Mendelian والعشيرة المنديلية هي العشيرة التي تتكون من مجموعة كبيرة من الأفراد اي عشيرة كبيرة الحجم ، ويحدث التزاوج الجنسي فيها عشوائيا random mating ومن هذا يتبين لنا بان النباتات التي تتكاثر خضريا اي التي تتكاثر لاجنسيا لاتعتبر من العشائر المنديلية .

وهنا لابد ان نشير الى النوع (Species) والذي يعتبر اكبر عشيرة مندلية لانه يحدث داخله التزاوج بين الافراد بطلاقة وتشترك هذه الافراد مع بعضهما بمستودع جيني (Gene Pool) حيث ينقسم النوع الى عدة عشائر مندلية وكل عشيرة يمكن ان تحتوي على العديد من تحت العشائر Sub population .

وفي العشائر الطبيعية تختلف افراد العشيرة عن بعضها من حيث التركيب الوراثي والشكل المظهري وعلى ذلك ففي اي عشيرة عندما يراد وصف التراكيب الوراثية لمجموعة من الافراد يجب :

1- نصف ونحدد التراكيب الجينية Genotypes الخاصة بها.

2- نحدد تكرار هذه التراكيب الجينية Frequencies of genotypes

مفهوم التكرار الجيني :- The Concept of Gene Frequency

سنشرح مفهوم التكرار الجيني في حالة موقع واحد (One Lucas) في أليل واقع على كروموسوم

جسمي.

لنفرض باننا نقوم بدراسة صفة معينة من عشيرة يتحكم فيها زوج واحد من الجينات ونفرض ان الاليلين هما a و A ونفرض ان عدد افراد هذه العشيرة هو N بحيث ان عدد الافراد ذات التركيب المتنحي aa هو No وان عدد الافراد ذات التركيب السائد AA هو N₂ وان عدد الافراد ذات التركيب السائد الهجين Aa هو N₁ ، فاذا

رمزنا لنسبة التركيب الوراثي AA بـ D فانه : $(D = \frac{N_2}{N})$ ولنسبة التركيب الوراثي Aa بـ H اي ان : ()

و لنسبة التركيب الوراثي aa بـ R فان : $(R = \frac{N_0}{N})$.

لذا يمكن كتابة العشيرة هذه وكما ياتي:-

المجموع	aa	Aa	AA	انواع التراكيب الوراثية
N	N ₀	N ₁	N ₂	عدد افراد التراكيب الوراثية
1	R	H	D	نسبة التراكيب الوراثية

نرمز لتكرار الجين A بالرمز P اي $P=f(A)$

$$p + q = 1$$

فتكرار اي جين ما هو الانسبة تكرار او وجود ذلك الجين في العشيرة :

$$\text{تكرار الجين } A = \frac{\text{عدد الجين } A \text{ في العشيرة}}{\text{العدد الكلي للجينات في العشيرة}}$$

$$P = f(A) = D + \frac{1}{2}H \quad \text{اي ان :}$$

اي : تكرار الجين $A =$ نسبة الافراد السائدة الاصلية + نصف نسبة الافراد الخليطة.

$$p = f(A) = \frac{N2 + \frac{1}{2}N1}{N} \quad \text{وان :-}$$

وايضا بالنسبة لتكرار الجين $a =$ نسبة الافراد المتنحية الاصلية + نصف نسبة الافراد الخليطة. اي ان :-

$$p = f(a) = H + R \frac{1}{2}$$

وان :-

$$P = f(a) = \frac{\frac{1}{2}N1 + N0}{N}$$

وعليه فان التكرار الجيني لاي جين يتراوح بين الصفر والواحد .

$$1 \geq P \geq 0$$

فإذا كانت نسبة الجين نادرة فإن قيمته تكون قريبة من الصفر اما اذا كان الجين موجود بكثرة في العشيرة فإن القيمة تكون قريبة من الواحد .

مثال :- احسب تكرار الجين (A) تكرار الجين (a) في العشيرة التالية :-

AA	Aa	aa
363	634	282
N2	N1	N0

الحل :-

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ان عدد افراد هذه العشيرة هو :-

$$363 + 634 + 282 = 1279 \rightarrow N$$

بما ان التراكيب الوراثية اعطيت على شكل اعداد فان :-

$$P = F(A) = \frac{N2 + \frac{1}{2}N1}{N}$$

$$= \frac{363 + \frac{1}{2}(634)}{1279} = 0.53$$

$$q = f(a) = 1 - p = 1 - 0.53 = 0.47$$

مثال :- احسب تكرار الجينين A و a في عشيرة تتكون من :-

36% من الافراد هي افراد سائدة اصلية (AA)

48% من الافراد هي افراد خليطة (Aa)

16% من الافراد هي افراد منتحية (aa)

اي ان :-

AA	Aa	aa
0.36	0.48	0.16

الحل :- بما ان العشيرة اعطيت على شكل نسب فان :-

$$P = F(A) = D + \frac{1}{2}H$$

$$= 0.36 + \frac{1}{2}(0.48) = 0.6$$

$$P = f(a) = 1 - p = 1 - 0.6 = 0.4$$

التزاوج العشوائي Random Mating or Panmixia

كلية الزراعة / جامعة ديالى

ويقصد بالتزاوج العشوائي بأن أي ذكر في العشيرة لديه نفس الفرصة كأي ذكر آخر لتلقيح أي أنثى في العشيرة وعادة يكتب التوزيع الكمي (Gametic Array) بالشكل التالي :- (PA+qa) واتحاد الكميات العشوائي في العشيرة يكون بالشكل التالي :- لتكوين التوزيع الزيغوتي (Zygotic Array) أو توزيع التراكيب الوراثية

iedypic Genotypic Array

الكميات المذكرة الكميات المؤنثة	A P	a q
A P	AA p ²	Aa pq
a q	Aa Pq	aa q ²

أي أن التوزيع الزيغوتي هو :-

$$(P^2 AA + 2pq Aa + q^2 aa)$$

أي أن :- AA Aa aa

$$P^2 2pq q^2$$

قانون هاردي - واينبرك :- The Hardy – Weinberg Law

في سنة 1908 توصل كل من العالمين الانكليزي G.H. Hardy والمختص بالرياضيات والعالم الالمانى W. Weinberg المتخصص بالفيزياء كل على حدة الى القاعدة او القانون التالي : (في العشيرة الكبيرة المتزاوجة عشوائياً وفي غياب القوى التي تغير من تكرار الجين (الانتخاب والطفرات والهجرة) فإن التكرار الجين وتكرار التراكيب الوراثية في العشيرة يبقيان ثابتين من جيل الى اخر) ويطلق على هذه العشيرة بأنها في حالة توازن Equilibrium.

ان هذا القانون يعتبر الاساس الذي يبني عليه علم وراثية العشائر ولقد توصل الي هذه النتيجة كل من يول Yule في سنة 1902 وبيرسون Percon في سنة 1904 في حالة خاصة وهي $p = q = 0.5$ كما توصل الي نفس النتيجة العالم كاسل Castle في سنة 1903 لقيم اخرى لكل من p و q . ولكن العالمين هاردي - واينبرك توصلوا الي هذه النتيجة بصورة عامة لأي قيمة لـ p و q ولذلك سمي هذا القانون بأسيهما .

ان التركيب الوراثي للأفراد في العشيرة الكبيرة والتي تتزاوج عشوائياً مع تكرارها هي كالاتي :-

$$\begin{pmatrix} AA & Aa & aa \\ p^2 & 2pq & q^2 \end{pmatrix}$$

Mating Frequency

فإذا تزوجت الافراد تزواجاً عشوائياً فأننا نحصل على تكرار التزاوج الاتي :-

الكميات وتكراراتها	AA p^2	Aa $2pq$	Aa q^2
AA p^2	p^4	$2p^3q$	p^2q^2
Aa $2pq$	$2p^3q$	$4p^2q^2$	$2pq^3$
aa q^2	p^2q^2	$2pq^3$	q^4

ان التزاوج العشوائي اعلاه بين جميع الافراد في العشيرة مع نسبة او تكرار الابناء الناتجة .
ومن هنا نرى :-

أ - ان التكرار الجيني في جيل الاباء كان : $f(A)=P$, $f(a)=q$

$$P + q = 1$$

وان التكرار في جيل الابناء هو : $f(A) = p^2 + \frac{1}{2}(2pq) = p(p+q) = p$

$$f(a) = \frac{1}{2}(2pq) + q^2 = q(p+q) = q$$

اي ان تكرار الجين في جيل الاباء هو نفسه في جيل الابناء .

ب - ان تكرار التراكيب الوراثية في جيل الاباء كان :-

كلية الزراعة / جامعة ديالى

AA	Aa	aa
p^2	$2Pq$	q^2

وان تكرار التراكيب الوراثية في جيل الاباء هي :-

$$f(AA) = P^4 + 2P^3q + p^2q^2 = p^2 (p^2 + 2pq + q^2) = p^2$$

$$f(Aa) = 2P^3q + 2p^2q^2 + 2p^2q^2 + 2pq^3$$

$$= 2pq (p^2 + 2pq + q^2) = 2pq$$

$$f(aa) = p^2q^2 + 2pq^3 + q^4 = q^2 (p^2 + 2pq + q^2) = q^2$$

ومن هنا نرى ان تكرار التراكيب الوراثية من جيل الاباء هي مساوية تماماً انظيرتهما من جيل الاباء ايضاً .

ونتيجة لهذا نرى ان :-

1- العشيرة المتزنة يكون تكرار التراكيب الوراثية في اي جيل هو :

AA	Aa	Aa
$D=p^2$	$H=2pq$	$R=q^2$

وعليه فللتعرف عما اذا كانت العشيرة او التوزيع الزايكوتي و نسب التراكيب الوراثية او التكرار الجيني في حالة اتران (اتران هاردي - واينبرك) ام لا فإنه يقارن نسبة الافراد الخليطة (Aa) اي (H) بالقيمة $2pq$ المحسوبة من العشيرة فإذا كانت :-

* اذا كانت التراكيب الوراثية على هيئة نسب $H = 2pq$

* اذا كانت التراكيب الوراثية على هيئة اعداد $(N1)^2 = 4 (N2) (N0)$

* اذا توفر هذه الشروط فإن العشيرة تكون متزنة .

2- ان تكرار التراكيب الوراثية للعشائر غير متزنة تصل الى حالة الاتزان بعد جيل واحد فقط من التزاوج العشوائي بغض النظر عن تكرار التراكيب الوراثية في الاباء .

امثلة :-

كلية الزراعة / جامعة ديالى

مثال :- اي من العشائر التالية في حالة اتزان ؟

العشائر	AA	Aa	Aa
الاولى	0.81	0.18	0.01
الثانية	363	634	282
الثالثة	22	36	22

الحل :-

العشيرة — :- بما ان التراكيب الوراثية اعطيت على هيئة نسب لذلك فان العشيرة تكون متزنة اذا كانت :-

$$H=2Pq=0.18$$

$$P_{(A)} = 0.81 + \frac{1}{2}0.18 = 0.9$$

$$q = 1 - p = 0.1$$

$$2pq = 2(0.9) (0.1) = 0.18$$

$$H=2Pq$$

اذن العشيرة متزنة

العشيرة الثانية :- بما ان التراكيب الوراثية اعطيت على هيئة اعداد فان العشيرة متزنة اذا كان :-

$$(N_1)^2 = 4 (N_2)(N_0)$$

$$(N_1)^2 = (634)^2 = 401956$$

$$4 (N_2)(N_0) = 4 (363) (282) = 409464$$

$$(N_1)^2 \neq 4 (N_2)(N_0)$$

اذن العشيرة غير متزنة لانه:

العشيرة الثالثة :-

$$(N_1)^2 = 1296 \text{ كلية الزراعة / جامعة ديالى}$$

$$4 (N_2)(N_0) = 4 (22) (22) = 1936$$

$$(N_1)^2 \neq 4 (N_2)(N_0)$$

اذن العشيرة غير متننة .

مثال 2 :- احسب تكرار التراكيب الوراثية لأفراد العشيرة التالية (التي تتزوج عشوائياً) بعد ثلاثة اجيال :-

الحل:-

AA Aa aa

0.70 0.20 0.10

$$p = D + \frac{1}{2} H$$

$$= 0.70 + \frac{1}{2} (0.20) = 0.80$$

$$q = 1 - p = 0.20$$

$$2 q p = 2 (0.8) (0.2) = 0.32$$

وعليه فان:

$$H_{(0.20)} \neq 2pq_{(0.32)}$$

لذا فان العشيرة غير متننة، ان تكرار التراكيب الوراثية لأفراد هذه العشيرة ستكون متننة بعد جيل واحد فقط من التزاوج العشوائي وسوف تبقى هكذا بدون تغيير خلال الاجيال الاول والثاني والثالث..... الخ على النحو التالي :

$$G_1 = G_2 = G_3$$

AA

Aa

aa

$$p^2 = 0.64$$

$$2pq = 0.32$$

$$p^2 = 0.04$$