محاضرات علم الوراثه/قسم الانتاج الحيواني /كلية الزراعة/المرحلةالثانية

ا.م.د.عبدالله حميد سالم

م/١...علم الوراثه Genetics

يعتبر علم الوراثة العصب الرئيس لعلوم الحياة .حيث ان اتجاهات علوم الحياة المختلفة تشتمل على دراسة الخصائص الفيزيائية والسلوك وكفاءة او قدرة الكائنات الحية وكل هذه الخصائص تورث وتنتقل عبر الاجيال ومن ثم ولكي نتفهم اي كائن حي باستفاضة لابد من ان نتفهم كيفية توارثه ولذلك يعتبر علم الوراثة بحق هو علم دراسة اسرار الحياة .

ان كلمة وراثة genetics جاءت من الكلمة اللاتينية genesis والتي تعني الميلاد وعلى ذلك فان الوراثة بمفهوم اشمل تعني دراسة التوارث Heredity .

لقد بداءت الدراسات الوراثية بما يمكن ان نسميه بالوراثة الانتقالية Transmission genetics او الكلاسيكية او الوصفية او المندلية بواسطة مندل عام ١٨٦٥والتي بنيت على متابعة نقل العوامل التي تتحكم في الصفات المختلفة في نبات البازلاء عبر الاجيال وتوصل الى قانونيه الاساسيين (الانعزال والتوزيع الحر للعوامل الوراثية) والتي اعيد اكتشافهما عام ١٩٠٠ بواسطة علماء اخرون .

لقد توقع مندل ان الجاميتات تحمل اليل واحد من كل عامل وعليه فلو ان الكروموسومات تحمل العوامل الوراثية فان عددها لابد ان يختزل الى النصف في الجاميتات وقد كانت كذلك ومن ثم بدت الكروموسومات انها هي الوحدات المحددة التي تحمل العوامل الوراثية .

 # نظرية الكروموسومات للوراثة..

وهي النثرية التي اكتشفها العالم Thomas morgan عام ١٩١٠عندما اشار الى الصفات المرتبطة بالجنس Sex linked والتي توجد عواملهاالوراثية (الجينات) على كروموسوم الجنس مثل صفات لون العين ولون الجسم في حشرة ذبابة الفاكهة.

في عام ١٩٥٣ قدم العالمان واتسن وكريك Watson&Crick نموذجا لتركيب الDNA وهو الحلزون المزدوج الذي يسمح بتكراره ويسمح بظهور الطفرات وكان ذلك بداية بارزة لتطور المرحلة الحديثة الى المرحلة الجزيئية .وبعدها في اوائل الستينات تم اكتشاف الشفرة الوراثية Genetic Cod اي ان كل ثلاثة قواعد نيتروجينية تصنع حامض اميني معين .وفي اوائل السبعينات اتخذت الدراسات الوراثية مسارا جديدا لاستنساخ الجين وتداولهCloning او الكلونة بين الكائنات المختلفة بما عرف باسم الهندسة الوراثية عن طريق التلاعب بطبيعة عمل الجينات والتي يعزى الفضل الاول فيها الى الانزيمات القاطعة Restriction enzyme والتي تتخصص في قطع الDNA عند مقاطع محددة بحيث يمكن الحصول على الجينات المرغوبة في عملية معينة .وكذلك

كان للبلازميدات Plasmids (كائنات دقيقة تحمل المقاطع الجينية من كائن لنقلها الى كائن اخر) دورا كبيرا في مجال الهندسة الوراثية.

المادة الوراثية Genetic material

ان فصل وتمييز المادة الوراثية من نواة الخلية لابد وان يرتبط بالكروموسومات وهويتها الكيمياوية .ولكي يصح تسمية المادة الوراثية على اي مركب يجب ان تتوفر فيه المتطلبات التالية :

١: قدرة هذه المادة على التكرار بصدق خلال الاجيال المتتالية.

٢: يمكنها قبول التغيرات الطارئة او الطفرات في حدود نادرة .

٣:ان يكون مستودع لكافة انواع المعلومات البيولوجية الضرورية للكائن الحي اثناء حياته.٤:ان تستطيع نقل هذه المعلومات لترجمتها حتى يمكن تصنيع المادة البيولوجية التي تؤدي وظيفة مطلوبة للكائن الحي وقت ما يريدها.

قوانين مندل

القانون الاول : الانعزال (Law of segregation)

(يذهب احد الاليلين كل الى احد الخلايا الناتجة عن لانقسام الاختزالي). اي اذا فرضنا إن زوجا من الاليلات(AوA) على موقع معين من الكروموسوم ففي الانقسام الاختزالي تذهب A الى احد الخلايا وتذهب a الى الاخرى وهذا ينبع من حركة الكروموسوم في الانقسام الاختزالي .

القانون الثاني: نقاء الكاميتات (Law of the purity of gametes)

(اذا تواجد اليلان مختلفان معا في خليط فان احدهما لا يؤثر على نقاء الاخر) . اي انه اذا انقسم AA ليعطي كاميته بها A فانها لن تختلف عن A المستمدة من فرد تركيبه Aa . ويطلق على الجين الذي يشغل نفس الموقع على اي من الكروموسومين المتشابهين اليل allele اي A اليل وa اليل مقابل له.

الاساس الخلوي لقوانين مندل

لم تكتشف الكروموسومات والمورثات والانقسامات الخلوية وانشطار الكروموسومات في الانقسامات الاختزالية في عهد مندل . الا إن جميع ملاحظاته وتفسيره لنتائج تجاربه جاءت مطابقة تماما لما قد كشف عنه بعد موته . اوضحت الدراسات الخلوية إن هناك جسورا وراثية كبيرة بين الخلايا تتم اثناء الانقسامات الخلوية . كما اوضحت هذه الدراسات بان ما اطلق عليه مندل بالعوامل الوراثية ما هي في الحقيقة سوى (المورثات) التي تترتب بصورة طولية على اجسام طويلة تدعى (الكروموسومات) وان هذه الاخيرة لها دور رئيس في عملية انتقال العوامل اوالمورثات من جيل

الى اخر . كما وجد إن عدد الكروموسومات في خلايا النوع الواحد ثابت ولكنه يختلف من نوع الى اخر . تجتمع الكروموسومات في الخلايا حقيقة النوى في المنتصف عادة وتحاط بغشاء مشابه في تركيبه للغشاء البلازمي مكونة جسما يكاد يكون كرويا كثيف القوام يدعى (النواة).

م٢..الانقسام الخلويCell division

يتم نمو الجسم وتطوره وانتاج الجاميتات نتيجة لانقسام الخلية وهناك نوعان من الانقسام:

١- الانقسام الاعتيادي او الميتوزي Mitosis division
يتم النمو في الجسم عن طريق هذا الانقسام وتتكون الاجزاء المختلفة للجسم. اذ تنقسم كل خلية لتتحول الى خليتين متماثلتين وتحمل كل خلية نفس عدد الكروموسومات التي تحتوي الخلية الاصلية اي N٢ . ويتم ذلك بان يتضاعف عدد الكروموسومات قبل الانقسام وتاخذ كل خلية جديدة نصف هذا العدد المتضاغف . ويتم مثل هذا الانقسام في جميع الخلايا الجسمية والمسماة Somatic cells او خلاي خضرية والتي تشمل كل الجسم ما عدا الخلايا التناسلية .

٢- الانقسام الاختزالي او الميوزي Meiosis or reductional division
ويتم عن طريقه تكوين الجاميتات . وفي هذا الانقسام يحدث اختزال لعدد الكروموسومات من N٢ في الخلية الام الى N١ الناتجة بعد الانقسام. ويحدث هذا الانقسام عند تكوين الجاميتات فقط أي في المبيض او الخصية . فعند اتحاد جاميتتين لتكوين الزيجوت يصبح عدد كروموسومات الفرد الناتج N٢ مثل النوع الذي ينتمي اليه .
وتوجد الكروموسومات في ازواج متشابهة (متناظرة) Homologous pairs وفي الانقسام الاختزالي تأخذ كل خلية ناتجة فرد من كل زوج من هذه الكروموسومات وعلى هذا فطبقا للوراثة الموجودة على هذا الفرد من كل زوج تتحدد وراثة الجاميتة. ويحمل افراد كل نوع نفس العدد من الكروموسومات . وهذه امثلة لعدد الكروموسومات في بعض الحيوانات :
الحصان ٦٠ ، الحمار ٦٤ ، الجمل ٧٠ ، الماشية ٦٠ ، الجاموس (٤٨-٥٢) ، الخنازير ٣٨ , الماعز ٦٠ ،الاغنام ٥٤ ، القطط ٣٨ ، الكلاب ٧٨ ، الارانب ٤٤، البط ٧٤ ، الدجاج ٧٨، الانسان ٤٦.

البناء الكيميائي للاحماض النووية

يمكن تجزئة الاحماض النووية الى وحدات اساسية تسمى النيوكليوتيداتNucliotids وكل واحدة منها تتكون من سكر ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية .والسكر يحتوي اما على خمسة ذرات كربون ويسمى الرايبوزRibose..او ينقص عنه ذرة اوكسجين فيسمى سكر دي اوكسي ريبوز Deoxyribose اي منقوص الاوكسجين وبناء على ذلك سنجد نوعين من الاحماض النووية هما RNA(ribonucleic acid)وDNA(deoxyribonucleic acid) على التوالي ،فيوجد الاول في السايتوبلازم والثاني في النواة الا في حالات قليلة.

ترتبط مجموعة الفوسفات بالسكر في كل نيوكليوتيدة عند ذرة كربون رقم ٥ والتي تسمى بالموقع Five prime ،ويمكن تسمية هذا الفوسفات بالفوفسفات السكري او السكر المفسفر phosphorylated sugar (الشكل ١.) اما المجموعة التي تحتوي على النيتروجين (القاعدة النيتروجينية)فانها ترتبط بالسكر عند الذرة رقم ١ للكربون.والقاعدة النتروجينية اما ذات حلقة بنزين واحدة او ذات حلقتين ويمكنها ان تعمل كقاعدة .على العكس من الطبيعة الحامضية لمجموعة الفوسفات .وتسمى القواعد ذات الحلقة الواحدة باسم البريميدينات pyrimidines مثل الثايمين (T thymine)، والسيتوسين (C Cytosine) واليوراسيل(U Uracil) .بينما تسمى القواعد ذات الحلقتين اسم البيورينات Purines مثل الادنين (A Adnin) والجوانين (G Guanine) . وقد وجد ان نوعي البريميدينات في الNAD هما الثايمين والسايتوسين بينما في الRNA هما اليوراسيل والسايتوسين.ويوجد نوعي البيورينات A,G في كل من RNA,DNA .

وتجدر الاشارة الى ان ارتباط السكر بالقاعدة النيتروجينية من دون مجموعة الفوسفات يسمى بالنيوكليوسيدة Nucluoside وعليه يمكن وصف النيوكليوتيدة على انها نيوكليوسيدة مفسفرة (الشكل ٢.)

انموذج واتسون وكريك 1953 عن المادة الوراثية

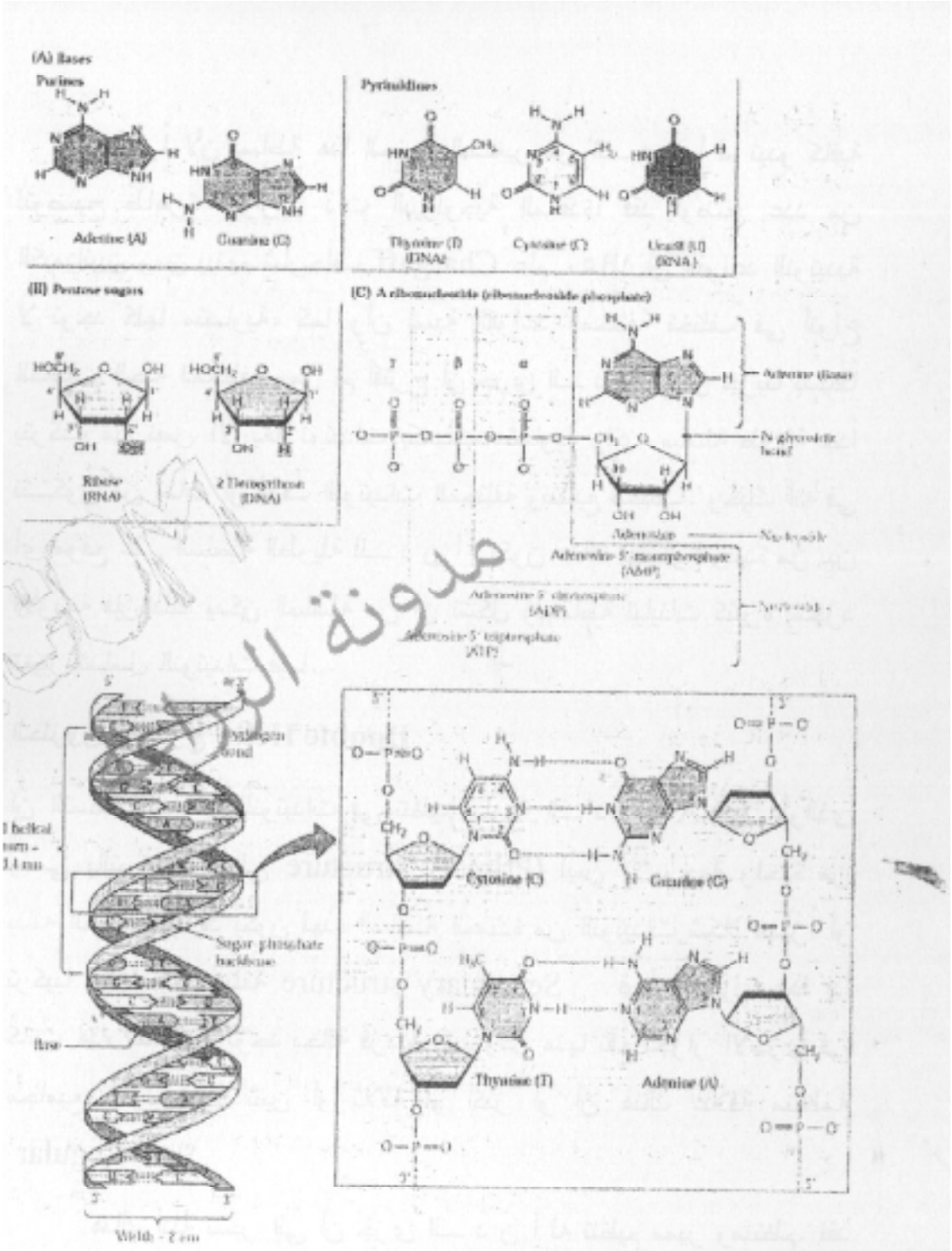
افترض العالمان Watson وCrick(١٩٥٣) انموذجا للDNA يتركب من حلزون مزدوج وكما يلي:

١- جزيء DNA يتكون من سلسلتين مزدوجتين تلتف داخليا حول بعضهما مكونة الحلزون المزدوج.
٢- كل سلسلة او شريط عبارة عن خيط من النيوكليوتيدات الدي اوكسي ريبوز متجمعة معا وكل نييوكليوتيدة مرتبطة بجزيء سكر دي اوكسي ريبوز ترتبط بدورها مع الفوسفات.
٣- للسكر الخماسي القدرة على على تكوين اصرة استيرية مع الفوسفات من خلال مجاميع الهيدروكسيل الموجودة على ذرة الكربون ٣ وذرة الكربون ٥ .
٤- العمود الفقري لسلسلة المتعددة النيوكليوتيدات هو السكر الخماسي والفوسفات المرتبطة مع بعضها من خلال ذرة اوكسجين.
٥- ترتبط القواعد النيتروجينية بذرة الكربون رقم ١ في كل سكر خماسي كسلسلة جانبية .
٦- تكون القواعد النيتروجينية موجهة داخليا في كلا السلسلتين مما يجعل كل قاعدة في السلسلة تزدوج او تتقابل مع القاعدة في السلسلة المقابلة من خلال اواصر هيدروجينية.
٧- تكون نهايات او اطراف السلسلتين موجهتان تعاكسيا بمعنى إن اتجاه احدى السلسلتين يكون ٣' ←٥' والسلسلة الاخرى يكون اتجاهها ٥' ← ٣' .
٨- تكمن قدرة التناسخ (التكرار) الذاتي في ال DNA في الحقيقة التي تنص على إن ازدواج القواعد محدد ومميز.

٩- يتم الازدواج بين القاعدتين النيتروجينيتين A –T عن طريق اصرتين من الهيدروجين وبين القاعدتين G-C عن طريق ثلاث اواصر هيدروجينية.

١٠- الحلزونات المزدوجة الغنية في G-C اكثر ثباتا من تلك الغنية في A-T .

GENETICS



شكل (١-١):البناء الكيميائى للأحماض النووية

م٣: نظرية الاحتمالات وعلاقتها الوراثية

تعتبر هذه النظرية من النظريات الهامة التي اعطت علم الوراثة الكثير لتضع اسسه الرياضية .

تعريف الاحتمال (احتمال وقوع حدث معين):

هو نسبة وقوع هذا الحدث الى كل الاحداث الاخرى الممكن وقوعها.

مثلا: ما هو احتمال الحصول على الرقم ٢ في زهر الطاولة (الزار)؟

من التعريف السابق نجد ان الزهر به سطح واحد بالرقم ٢ بينما هناك ٦ احداث ممكن وقوعها وهي الستة اسطح من ١-٦ . وعلى ذلك فتكون النسبة بين وقوع الحدث المرغوب الى كل الاحداث الى الاخرى الممكنة ٦/١ وهي قيمة احتمال الحصول على الرقم ٢ . والاحتمال دائما يتراوح بين صفر وواحد .

مثال اخر..ما هو احتمال الحصول على وجه الكتابة في عملة ؟

العملة المعدنية لها وجهان احدهما نقش والاخر كتابة. فعدد الاحداث كلها ٢ بينما المرغوب فيه هو الكتابة .

اذن.. نسبة حدوث الكتابة الى الاحداث كلها = ١ /٢

واحيانا يكون المطلوب هو حساب احتمال مركب او وقوع عدة احداث معا او بشروط خاصة وهناك قانونان اساسيان ينظمان عملية حساب الاحتمالات المركبة من الاحتمالات البسيطة.وهما...

١-قانون جمع الاحتمالات :

احتمال وقوع حدث او اخر هو حاصل جمع احتمالات وقوع كل منهما مستقلا ،اذا كان حدوث احدهما ينفي حدوث الاخر اي انهما حدثان متنافيان.

مثال...ما هو احتمال الحصول على ٣ او ٤ من رمية زهر واحدة ؟

احتمال الحصول على ٣ = احتمال الحصول على ٤ = ٦/١ .

وحيث انه اذا حصلنا على ٣ فلن نحصل على ٤ في نفس الرمية والعكس صحيح. اي ان الحصول على احد الحدثين ينفي وقوع الحدث الاخر.

اذن... احتمال الحصول على ٣ او ٤ = ٦/١+٦/١ =٣/١

٢-قانون ضرب الاحتمالات :

احتمال وقوع حدثين او اكثر معا هو حاصل ضرب احتمال كل منهما مستقلا بشرط ان يكون وقوع هذه الاحداث مستقلا عن بعضها البعض.

مثال... اذا رميت قطعتي نقود ،ما هو احتمال الحصول على وجهي النقش في القطعتين ؟ ....احتمال الحصول على النقش في القطعة الاولى= احتمال الحصول على النقش في القطعة الثانية= ٢/١

وحيث ان الحصول على النقش في الاولى لن يؤثر على الحصول عليه في الثانية اي ان الحدثين مستقلين عن بعضهما ....اذن ..احتمال الحصول على النقشين =

٤/١=٢/١*٢/١

مثال اخر...

في التلقيح Aa*Aa ما هو احتمال الحصول على AA

الفرد AAلابد ان يحصل على الجين Aمن ابيه ومن امه ...وعلى ذلك ما احتمال ان يعطي الاب Aوان تعطي الام A..

ومن نوع التلقيح نجد ان الاب يمكن ان يعطي A او a وعلى هذا يكون اعطاء Aفقط هو ٢/١ وكذلك بالنسبة للام.

وحيث ان اعطاء A او a من الاب مستقل تماما تماما عما تعطيه الام سواء كان Aاو a فيكون احتمال حدوث =AA ٢/١*٢/١=٤/١

هناك عدة ملاحظات على الاحتمالات الوراثية يجدر ذكر التالي منها.

١_.معظم الاحتمالات الوراثية مشتقه من ٢/١ اي انها ٢/١ مرفوع لاس ما . وهذا ناتج من عملية الانقسام الاختزالي نفسها حيث ان كل جين ممثل مرتين في التركيب الوراثي .

٢_اذا كانت الحينات مستقلة عن بعضها تحسب الاحتمالات لكل موضع locus مستقلا ثم تضرب احتمالات جميع المواقع لينتج الاحتمال النهائي

P(AaBb) =P(Aa) * P(Bb) = 1/2 * 1/2 =1/4

مثال اخر:

في التلقيح Bb*Bb ما هو احتمال الحصول على Bb او BB ؟

إن احتمال الحصول على Bb اما إن ياتي B من الاب وb من الام ...او B من الام وb من الاب .

= ٢/١ * ٢/١ +٢/١ * ٢/١ = ٢/١

اما احتمال الحصول على BB = ٢/١ * ٢/١ = ٤/١

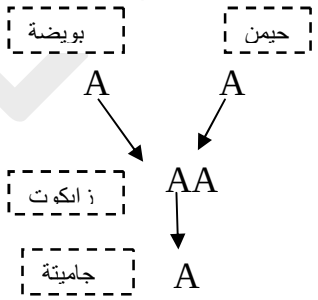
اذن ...احتمال الحصول على Bb او BB = ٢/١ + ٤/١ =٤/٣

م ٤: توارث الاليلات والجينات :

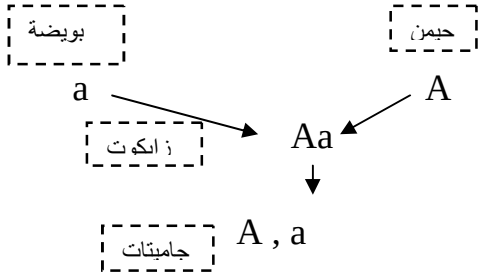
١- الطراز او التركيب المظهري (Phenotype): وهو اي صفة متميزة او واضحة وقابلة للتقدير وموجودة في اي كائن. وقد تكون الصفة واضحة للعين مثل لون الزهرة او قوام الشعر ، او قد تحتاج الى اختبارات خاصة لتبينها ، كما في تعيين حاصل التنفس او تعيين طراز الدم . فالطراز المظهري هو محصلة نواتج الجين المعبر عنها في بيئة معينة.

٢- الطراز او التركيب الوراثي (Genotype): وهو الجينات التي يحتويها اي فرد .

(ا)- التركيب الوراثي الاصيل (النقي)(homozygous) : وهو التركيب الذي ينتج عن اتحاد جاميتتين تحملان اليلات متطابقة . والفرد الناتج ينتج نوعا واحدا من الجاميتات .



(ب)- التركيب الوراثي الخليط (heterozygous): وهو التركيب الناتج من اتحاد الجاميتات التي تحمل اليلات مختلفة . وتنتج انواع مختلفة من الجاميتات من الفرد الخليط.



العلاقات الاليلية:

- **الاليلات السائدة والمتنحية Dominance &recessive alleles**

عندما لا يمكن لاحد فردي زوج من الاليلات إن يظهر تعبيره المظهري الا في تركيب وراثي اصيل ، فاننا نسمي هذا الاليل اليل متنحي (recessive allele) بينما الاليل الذي يمكنه التعبير عن نفسه مظهريا في الحالتين الخليطة و النقية يسمى اليل سائد (dominance allele) . وتستخدم الحروف الكبيرة والصغيرة عادة للتعبير عن الاليلات السائدة والمتنحية على الترتيب.

مثال: غياب ترسيب الصبغة في جسم الانسان هو مظهر غير عادي ومتنحي يسمى ظاهرة الالبينو(Albino)، وباستخدام A يمكن تمثيل الاليل السائد (الاعتيادي) و a يمثل الاليل المتنحي (الالبينو) . وعليه يمكن الحصول على ثلاثة تراكيب وراثية وطرازين مظهريين وكما يلي:

الطرز المظهرية	التركيب الوراثية
اعتيادي	سائد اصيل (AA)
اعتيادي	خليط (Aa)
البينو	متنحي اصيل (aa)

- **الطراز البري wild type والطافر mutant type**

الطراز البري هو الطراز المظهري الاكثر تكرارا من الطرز المظهرية البديلة الاخرى في العشيرة نفسها .بينما الطراز المظهري الذي يندر ملاحظته يسمى بالطراز الطافر (Mutant type).

- **الاليلات ذات السيادة غير التامة (incomplete dominance alleles)**

وهي الاليلات التي تفتقد الى علاقات السيادة والتنحي ويمكن إن يقال لها اليلات وسطية او اليلات ذات سيادة تعادلية . وهذا يعني إن كل اليل له درجة معينة من التعبير عندما يكون في الحالة الخليطة . ولهذا السبب فان التركيب الوراثي الخليط يظهر طرازا مظهريا يختلف بوضوح عن كل من التركيبين الوراثيين الاصليين. ومثال عليه لون ماشية الابردين انجس الذي يظهر بالتركيب الوراثي RR فيعطي اللون الاحمر والتركيب الوراثي rr فيعطي اللون الابيض ، بينما التركيب الخليط Rr يعطي التركيب المظهري ذو اللون الوردي (الطوبي) وهو عبارة عن اصطفاف الشعرتين الحمراء والبيضاء مع بعضها فيظهر اللون الوردي .

- **الاليلات المميتة Leathal alleles**

بعض الجينات يكون ما تبديه من طرز مظهرية هو موت الفرد وذلك اما قبل ولادة الفرد او بعد ولادته حتى مرحلة النضج . وهذه العوامل تسمى جينات مميتة. والاليل المميت

كامل السيادة (وذلك الذي يقتل في كلتا حالتي التركيب الوراثي الاصيل والتركيب الوراثي الخليط). وينشأ احيانا بالطفرة من الاليل الاعتيادي . وتموت الافراد التي بها مميتات سائدة قبل إن تترك نسلا.

الطراز المظهري	التركيب الوراثي
حيوية اعتيادية	LL , Ll
مميت	ll

- **الاليلات المتعددة Multiple Alleles**

إن اقصى عدد من الاليلات في موقع جيني والتي يحتويها اي فرد هو اثنان ، واحد على كل كروموسوم من الكروموسومين القرينين .ولكن حيث إن الجين يمكن إن يتغير الى صور تبادلية بعملية الطفور ، فانه نظريا يمكن إن يتواجد عدد كبير من الاليلات في عشيرة من الافراد وحيثما يتحدد اكثر من اليلين في موقع جيني يصبح لدينا مجموعة من الاليلات المتعددة .

ابرز مثال على الاليلات المتعددة هو مجاميع الدم في الانسان (A,B,O) ، حيث يوجد الاليل I^A وهو متعادل السيادة مع الاليل I^B وكلاهما كامل السيادة على الاليل i ، ويمكن الرمز الى سلسلة علاقات السيادة كما يلي: ($I^A=I^B>i$) وعليه يمكن تحديد اربع طرز مظهرية وكما يلي:

الطراز المظهري (مجاميع الدم)	**التراكيب الوراثية**
A	I^AI^A, I^Ai
B	I^BI^B, I^Bi
AB	I^AI^B
O	ii

تاثير البيئة على بعض الصفات:

إن للبيئة تاثير واضح على الاحياء ولايكون هذا التاثير كبيرا على التراكيب الوراثية لهذه الاحياء الا انه وبلا شك لها دور في اظهار صفات معينة ونجاحها تحت ما يدعى بالضغط البيئي فالنبات على سبيل المثال ينجح في تربة جيدة وظروف فيزيائية مناسبة وكمية لا باس بها من الماء مقارنة بمعيشته بظروف صعبة. اما في الحيوانات فهناك تجربة عل الارانب لبيان دور البيئة في الصفات المظهرية، فمن المعروف إن ارانب سلالة الهملايا ذات لون ابيض باستثناء نهايات الجسم مثل شعر الاذان ونهايات الاقدام ومقدمة الانف ونهاية الذيل . وقد وجد إنه في حالة ازالة الاجزاء البيضاء عن طريق الحلاقة وحفظ الحيوان في مكان بارد اثناء نمو شعر الفراء ثانية فان لون الفراء الجديد يكون اسود وليس ابيض . كما وجد انه عند ازالة الشعر الاسود من مناطقه ثم حفظ الحيوان في مكان دافيء عند نمو شعر الفراء الجديد فان الشعر النامي الجديد يكون ابيض وليس اسود. ولقد بينت هذه التجربة إن ما يورث في حقيقة الامر هو مقدرة بعض الاجزاء على تكوين او عدم تكوين الصفة وتبعا لدرجة الحرارة ، حيث وجد إن الإنزيم الخاص بلون الفراء يعمل بدرجة حرارة ٩٢ فهرنهايتي لاعطاء اللون الابيض وعند انخفاضها عن ذلك فان الإنزيم يكون حرا لاعطاء اللون الاسود.

GENETICS

م/٥: تعيين الجنس sex determination

بذلت محاولات عدة في بداية القرن العشرين لمعرفة الانظمة التي تحدد جنس الكائنات وتحديد الاسباب التي تؤدي الى بالبويضة المخصبة الى إن تصبح ذكرا او انثى.في عام ١٩٠١ بينت دراسات مكلنج ومن بعدها ويلسون بنفس العام إن تحديد الجنس في الخلايا يعود الى لوجود كروموسوم اضافي واحد او زوج من الكروموسومات القرينة المختلفة مظهريا. وقد توصلت هذه الدراسات الى إن الاناث تنتج خلايا جنسية متماثلة الجنس بينما ينتج الذكر خلايا متباينة الجنس اعتمادا على نوع الكروموسومات الجنسية والتي اطلق عليها بكروموسومات الجنس .

انظمة تحديد الجنس

هناك ثلاثة انظمة رئيسة في تعيين الجنس من خلال كروموسومات الجنس ولا يعني هذا سيادة هذه الانظمة على جميع الاحياء بل هناك شذوذ في تحديد الجنس يعتمد على عوامل اخرى .

اولا: نظام yx , xx

يعتمد هذا النظام على وجود كروموسومات xy في الخلايا الذكرية وxx في الخلايا الانثوية . ويعتبر الاكثر انتشارا بين الاحياء ويمكن ملاحظته في الحشرات واللافقاريات وبعض الاسماك والثديات والنباتات ثنائية المسكن . ففي الخلايا البشرية هناك ٤٦ كروموسوم يمثل ٤٤ منها كروموسومات اوتوسومية(جسمية) بينما يمثل الزوج الاخر الكروموسومات الجنسية . وطبقا للانقسام الاختزالي فان الذكور تعطي نوعان من الحيوانات المنوية نصفها يحتوي كروموسوم y زائدا ٢٢ كروموسوم جسمي والنصف الخر يحتوي على كروموسوم x زائدا ٢٢ كروموسوم جسمي.بينما تنتج الاناث بيوضا متماثلة الكروموسومات يحتوي كل منها بعد الانقسام الاختزالي على كروموسوم x زائدا ٢٢ كروموسوم جسمي. وعند الاخصاب يتعين الجنس اعتمادا على نوع الحيوان المنوي الذي يدخل البيضة. فالحيوانات المنوية التي تحتوي كروموسوم x تعطي اناثا بينما الحيوانات المنوية التي تحتوي على كروموسوم y تعطي ذكورا.

ثانيا: نظام zw , zz

تنعكس العلاقة في تحديد الجنس في بعض الاحياء ، حيث تحتوي الخلايا الذكرية على كروموسومي xx بينما تحتوي خلايا الاناث على كروموسومي xy . ويطلق على كروموسومي الجنس في هذا النظام z,w حيث يستخدم الرمز z بدلا من x والرمز w بدلا من y . لذلك فان هذا النظام يختلف عن النظام اى السابق في نوعي الكروموسومين المحددين للجنس اضافة الى انه في النظام zz,zw تعمل الاناث على إنتاج نوعين

مختلفين من البيوض وليس الذكور كما هو الحال في النظام xy,xx .ينتشر هذا النظام في الطيور والفراشات وبعض الاسماك وبعض الزواحف والبرمائيات .

ثالثا: نظام xx , xo

يعتمد هذا النظام على وجود كروموسومي xx في الاناث بينما تحتوي الخلايا الذكرية على كروموسوم x واحد مع غياب كروموسوم y . لذلك اطلق على تركيب الخلايا الذكرية xo . اكتشف هذا النظام منذ العام ١٨٩١ من قبل هنكنج اثناء دراسة للانقسام الاختزالي لذكور حشرات البق .فالذكور تنتج من اخصاب بيضة بحيوان منوي لا يحتوي على كروموسوم جنسي والاناث من الاخصاب بحيوان منوي يحتوي على كروموسوم x. ينتشر هذا النظام في الحشرات التي تتبع رتبة نصفية الاجنحة ومستقيمة الاجنحة كالنطاطات والصراصير وكذلك بعض الفراشات .

تعيين الجنس بالتوازن الوراثي

وجد من خلال الدراسات بان هناك مجاميع من الاحياء لا يتم فيها تعيين الجنس اعتمادا على الانظمة السابقة او وجود الكروموسومات الجنسية والبعض منها تشترك الكروموسومات الجسمية ايضا في تحديد الجنس بغض النظر عن وجود الكروموسوم x او y . ومن امثلتها :

تحديد الجنس في الدروسوفيلا:

تنص نظرية التوازن الوراثي على إن التراكيب الوراثية لكل فرد بها امكانات كل من الجنسين الانثى والذكر وان تحديد الجنس فيها يعتمد على حالة التوازن بينهما .

فاذا فقد التوازن لصالح جنس معين اصبح الفرد من هذا الجنس. واستنادا الى ذلك وجد بريدجز إن الكروموسوم x في الدروسوفيلا يحمل مورثات توجيه الافراد لتصبح ذكورا. وقد فسر بريدجز نتائجه الى إن الجنس في الدروسوفيلا يتحدد بكروموسوم x والكروموسومات الجسمية على حد سواء . اي إن النسبة بين كروموسوم x الى الكروموسومات الجسمية لها علاقة في تعيين الجنس حيث تصبح الافراد اناثا عندما تكون النسبة تساوي واحد، وتساوي نصف لتصبح الافراد ذكورا ، وبين هاتين القيمتين (٠,٦٧) لتصبح بينية الجنس . ولا اهمية لكروموسوم x في تحديد الجنس ولكنه ضروري لاظهار الخصوبة .

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

وهناك امثلة اخرى لحشرات اخرى يختلف فيه التوازن الوراثي لتحديد الجنس مثل فراشة الغجر Gypsy moth وفي غشائية الاجنحة.

تاثير البيئة على تعيين الجنس

وجد بان الظروف البيئية مثل درجات الحرارة تعمل على التأثير على تحديد الجنس في بعض الاحياء .فعندما وضعت حشرات دروسوفيلا بينية الجنس ثلاثية المجموعة الكروموسومية في درجة حرارة مرتفعة او منخفضة لوحظ انحراف التباين الجنسي نحو الاتجاه الانثوي في نسل الحشرات التي ربيت بدرجة حرارة عالية بينما ينحرف التباين الجنسي نحو الذكورة في نسل الحشرات التي ربيت بدرجة حرارة منخفضة.

ومثال اخر في تأثير البيئة على تعيين الجنس هو ما يحصل في الدودة البحرية بونيليا فيريديس Bonellia viridia . انثى هذه الدودة ذات جسم يتراوح طوله حوالي بوصة واحدة بينما يكون الذكر صغيرا جدا بحيث يعيش بصورة متطفلة في رحم الانثى. وقد تبين إن اليرقات الناتجة عن هذه الدودة تنمو الى ذكور عندما تعيش ملتصقة بفم الانثى والى اناث عندما تعيش حرة في الماء . وقد وجد بان فم الانثى يحتوي على منبهات كيميائية تدفع باليرقات الملتصقة للتحول الى ذكور.

التحول الجنسي Sexual transformation

يحصل التحول الجنسي في عدد من الكائنات مثل الدجاج والحشرات. فقد وجد بان احدى الدجاجات توقفت عن وضع البيض ثم تكون لديها عرفا ذكريا وريشا ذكريا ثم اخذت تصبح كالذكور ولعبت دور الذكر واصبحت ابا لافراخ من الدجاج . وعند دراسة هذه الدجاجة وجد بان مبيضها قد اتلف نتيجة الاصابة بالمرض وتمكن نسيج الخصية المندثر من النمو والتطور حتى اصبح لدى الدجاجة خصى حقيقية فعالة اثرت في اظهار الصفات الذكرية الثانوية . وعلى الرغم من التحول الجنسي لهذه الدجاجة الا إن تركيبها الوراثي يبقى تركيبا وراثيا خاصا بالاناث (zo). ولا يقتصر التحول الجنسي على الدجاج والحشرات بل انه معروف في بعض البرمائيات والاسماك واحياء بدائية ويحصل بصورة طبيعية.

الصفات المرتبطة بالجنس Sex linkage characters

ترتبط بعض الصفات باحد كروموسومي الجنس بحيث إن المورثات المسؤولة عن هذه الصفات موجودة على احد هذه الكروموسومات ولا يوجد لها اليل على كروموسوم الجنس الاخر . فمثلا يوجد مورث صفة العين البيضاء في الدروسوفيلا على كروموسوم x ولا يوجد له اليل على كروموسوم y وغيرها. وتتبع هذه الصفات نظاما تصالبيا بحيث يورث الذكور صفاتهم المرتبطة بالجنس الى اخفادهم من الذكور عن طريق بناتهم ويتم توارث الصفة تبادليا بحيث تنتقل من احد الجنسين الى الاخر. وتوجد بعض الصفات مرتبطة مع كروموسوم y ولا يوجد لها اليل على كروموسوم x كما هو الحال في صفة غزارة الشعر في الاذن.

اولا: الارتباط بالجنس في الانسان

هناك عدد غير قليل من الصفات المرتبطة بالجنس في الانسان مثل تشوه القزحية وتحوصل البشرة وازدواج الرموش وخصلة الشعر البيضاء في نهاية ومقدمة الرأس وعيوب احد صمامات القلب وقصر النظر وعمى الالوان وسيولة الدم (الهيموفيليا) وغيرها. وسبب جميع هذه الامراض يرجع الى وجود مورث متنحي موجود على كروموسوم x ولا يوجد له اليل على كروموسوم y.

- عمى الالوان Color blindness

يتميز هذا المرض بعدم قدرة الافراد المصابين على التمييز بين اللون الاحمر الخفيف والاخضر الخفيف وعدم التمييز بين اللون الرمادي في الضوء الباهت. ينتشر هذا المرض في الرجال اكثر مما هو في النساء وذلك لان الاب المصاب يعطي كروموسومات x الخاص به الى بناته فقط دون ابناءه بينما تعطي الام كروموسوم x لكل من بناتها وابناؤها . لذلك فان اولاد الام المصابة يكونوا مصابين ايضا بغض النظر عن والدهم . اما بنات الاب العادي غير المصاب فيكونون طبيعيات وغير مصابات وناقلات لمورث المرض فقط. والذرية الناتجة من الطبيعيات الحاملات للمورث تكون خليط بين عادي البصر ومصابون بعمى الالوان .

ام مصابة بعمى الالوان	*	اب عادي البصر
X^rX^r	*	X^RY^O
	↓	
$2X^RY^r$		$2X^RX^r$
ذكور مصابة		بنات طبيعيات حاملات للصفة

- سيولة الدم (Hemophilia)

يصاب في هذا المرض الرجال دون النساء على الاغلب ويرجع ايضا لوجود مورث متنحي وحيد موجود على الكروموسوم x فقط . ينتقل هذا المورث من اباء مصابين وامهات حاملات له . ويؤدي هذا المرض الى عدم تجلط الدم في حالة النزيف نتيجة لنقص احد عوامل التخثر التي تشفر من قبل الاليل الطبيعي. فاذا تزوجت امرأة طبيعية من رجل مصاب فأن جميع اولادهم سيكونون طبيعين بينما تكون البنات طبيعيات وحاملات لمورث المرض . اما اذا تزوجت امرأ حاملة لصفة المرض من رجل مصاب فان ذريتها تكون خليطة حيث يكون نصف الذكور مصابين والنصف الاخر طبيعي وكذلك الاناث.

امرأة طبيعية * رجل مصاب

$X^H X^H$ * $X^h Y^O$

↓

ذكر طبيعي انثى طبيعية حاملة

$X^H Y^O$ $X^H X^h$

ثانيا: الارتباط بالجنس في الطيور

يختلف الارتباط بالجنس لدى الطيور مع ما هو موجود في الدروسوفيلا او الانسان ، وذلك إن الذكر في الطيور يحمل كروموسومي xx بينما تحمل الاناث كروموسوم xy لهذا فان الصفات هنا ترتبط مع الذكر . وافضل الامثلة المعروفة في هذا المثال المجال هو وراثة صفة الريش المخطط في الدجاج من سلالة البليموث روك حيث إن الريش المخطط سائد على الريش الاسود او الاحمر غير المخططة. وعند تلقيح دجاجة غير مخططة الريش من ديك مخطط الريش فان جميع افراد الجيل الاول تكون مخططة الريش بينما تكون افراد الجيل الثاني الناتج من تزاوج افراد الجيل الاول خليط ، حيث تكون جميع الديوك (الذكور) في هذا الجيل مخططة الريش ، اما الدجاج (الاناث) فنصفه مخطط والنصف الاخر غير مخطط.

دجاجة غير مخططة الريش * ديك مخطط الريش

$Z^b w^o$ $Z^B Z^B$

↓

F1 $Z^B W^O$ $Z^B Z^b$

(دجاج مخطط الريش) (ديوك مخططة الريش)

↓

F1 * F1

↓

$Z^b W^O$ ، $Z^B W^O$. $Z^B Z^b$ ، $Z^B Z^B$

دجاج غير مخطط ، دجاج مخطط ، ديوك مخططة الريش ، ديوك مخططة الريش

م/٦ : التبدلات والشذوذات الكروموسومية Chromosomal abnormalities

ان نواة كل خلية من خلايا الفرد تحتوي على جهاز وراثي كامل حيث ان الجينات المحمولة في الكروموسومات موجودة داخل النواة ، وبديهي ان أي تغيير يطرأ على الكروموسومات الموجودة في أي نواة يصحبه تغيير في الجهاز الوراثي الموجود بهذه النواة. وقد يحدث التغيير في نواة أي خلية من خلايا الجسم ، وفي أي طور من اطوار نمو الانسجة الجسمية او الانسجة التوالدية(الجنسية). فاذا حدث تغيير في الجهاز التوارثي الموجود بنواة أي خلية ، فان جميع الخلايا الناشئة من هذه الخلية لابد وان تحمل نوياتها هذا التغيير، فاذا حدث هذا التغيير في نواة جاميتة ، فانها والفرد الذي ستشترك في تكوينه سيحملان هذا التغيير .

وقد يحدث التغيير في الانسجة الجسمية في أي طور من اطوار التكوين والنمو ، فاذا حدث في طور الزيجوت مثلا فأن جميع خلايا الفرد ستحمل هذا التغيير ، واذا حدث في احدى الخليتين الناتجتين من الانقسام الاول للزيجوت فان نصف خلايا الفرد ستحوي هذا التغيير اما اذا حدث في طور متاخر من نمو الفرد او نمو أي جزء من اجزائه فان الخلايا الناتجة فقط من انقسام الخلية التي حدث فيها التغيير هي التي تحويه. وفي جميع الحالات السابقة يظهر التغيير الوراثي مباشرة اذا كان له اثر ساند ، اما اذا لم يكن له اثر ساند فلا يمكن ان يكتشف مباشرة طالما كان الكروموسوم المماثل يحمل اليلات عادية تغطي الاثار المتنحية للتغيير .

وتفقد التغيرات التي تحدث في الانسجة الجسمية في الحيوان بمجرد موت الفرد الذي حدثت فيه ، ولكن في كثير من النباتات يمكن الاحتفاظ بها الى ما لا نهاية عن طريق التكاثر الخضري بكافة انواعه ، وفي بعض الاحيان عن طريق البذور التي تنتج عن الفرد الذي حدث به التغيير.

انواع التغيرات في الجهاز الوراثي :

اولا: تغيرات في عدد الكروموسومات : وتشمل:

١- تغيرات مجموعية (Euploidy): وهي التغيرات التي تشمل نقص او زيادة مجموعات كروموسومية كاملة للهيئة الكروموسومية الثنائية العادية، وتكون بعدة أشكال :

(A): وحيدة المجموعة الكروموسومية (Haploidy): وهي عبارة عن نقص عدد المجموعات الكروموسومية في الهيئة عن اثنتين .

(B): تعدد المجموعة الكروموسومية (polyploidy) : وهي عبارة عن زيادة عدد المجموعات الكروموسومية في الهيئة عن اثنتين ينقصها عدة كروموسومات .

ثانيا:تغيرات كروموسومية داخلية Homosomal changes

وهي عبارة عن جميع التغيرات التي تتصل بكروموسوم واحد فقط وتكون هذه التغيرات (نقص او اقتضاب)(deficiency) او تكرار(duplication) او انقلاب (inversion) . والنقص يحدث نتيجة لفقد منطقة من الكروموسوم تحمل بعض الجينات.اما التكرار عبارة عن تكرار مقطع صغير في الكروموسوم نتيجة لعبور غير متساوي وتسمى هذه التكرارات (repeats). والانقلاب هو عبارة عن انعكاس وضع قطعة من الكروموسوم بان تدور حول نفسها ١٨٠ درجة وينتج عنه تغير في اجزاء الكروموسوم بالنسبة لبعضها الاخر.

الارتباط والعبور Linkage and crossing over

بعد اعادة اكتشاف قوانين مندل دلت التجارب اللاحقة على إن الجينات موجودة على الكروموسومات في ترتيب طولي ، وعلى ذلك اذا وجد جينان بالقرب من بعضهما على احد الكروموسومات فانهما يكونان مع بعضهما و يميلان إن يذهبا معا الى الخلايا الناتجة. وتتوقف درجة الارتباط على المسافة بينهما على الكروموسوم وتسمى بالمسافة العبورية . فكلما زادت المسافة ضعف الارتباط والعكس صحيح. لان زيادة المسافة تزيد الفرصة لحدوث الانفصال. واذا حدث الانفصال نجد إن الاجزاء المعراة من الكروموسوم تلتحم بالكروموسوم الاخر المقابل (homologue) وبذا يتم تبادل اجزاء من الكروموسومات وهذا يطلق عليه العبور(crossing over).

والارتباط والعبور يهمان مربي الحيوان من حيث إن ارتباط جين مع جين اخر يعوق الحصول على احدهما دون الاخر ويستلزم طرقا خاصة في الانتخاب وغيره.

تعيين الخرائط الوراثية على الكروموسومات:

تعتبر المجاميع المرتبطة من اهم طرق تحديد الخرائط الموقعية للمورثات على الكروموسومات . اذ إن معرفة موقع مورث معين واحد لمجموعة مرتبطة يعطي توقعا لموقع المورثات الاخرى لنفس المجموعة. ولقد برهنت دراسات المجاميع المرتبطة على إن المورثات مرتبة بطريقة طولية على الصبغيات (الكروموسومات) . وهذا يؤكد تشابهها تماما للعلاقة الهندسية بين نقاط تقع على خط مستقيم . فلو افترضنا إن مجموعة ارتباطية مؤلفة من المورثات A وB وG وان المورث A مرتبط مع المورث B وان المورث B مرتبط مع المورث G لذا فان المسافة بين A وG هي امل حاصل جمع المسافتين AB وGB عندما يقع المورث B بين المورثين A وG ، او ما تبقى من طرح المسافتين اذا كان المورث G يقع في الوسط.

لو افترضنا إن قيمة العبور بين A وB تساوي ٥% وبين B وG تساوي ١١% وبين A وG تساوي ١٦% فيكون ترتيب هذه المورثات طوليا حسب موقعها على الكروموسوم كالتالي:

G B A والمسافة بينهما ٥, ١١, ١٦ على التوالي او A B G والمسافة بينهم BG(١١) وAB(٥) و AG(١٦).

وبناء على ذلك فانه من اجل دراسة تحديد مواقع ثلاثة مورثات (جينات) مرتبطة فانه لابد من اجراء ثلاثة تجارب مختلفة تشمل كل منها موقعين من المواقع الثلاثة.

الوراثة السايتوبلازمية

إن الطريقة الممكنة لمعرفة التوارث السايتوبلازمي هي من خلال معرفة طبيعة الحامض النووي المايتوكوندري mtDNA والذي ينقل عن طريق الام وباشكال مختلفة ويمكن ل mtDNA إن ينتشر بشكل اسرع من الDNA . إن هذا الحامض النووي المايتوكندري اللانووي (الموجود في السايتوبلازم) نسبته قليلة بحدود ١-٢% من المادة الوراثية ككل. الا إن وجوده في السايتوبلازم وقربه من منطقة تصنيع البروتين وسرعة انتشاره جعلته ذو اهمية كبيرة . وتعرف الوراثة السايتوبلازمية احيانا بالوراثة اللاكروموسومية وا اللامندلية. وقد استطاع Cameron في عام ١٩٩٧ من حساب قيمة التباين السايتوبلازمي وتاثير الام في بعض الصفات الانتاجية.

GENETICS