الباب السادس

الاليلات المتعددة والأثر المتعدد للجين

Allelism and pleiotropism

وجدنا من الأبواب السابقة أن الإختلاف الوراثى فى صفة من الصفات والذى أدى مثلا إلى ظهور لون جديد فى الزهرة إنما يرجع إلى أن العامل الوراثى الأصلى الذى يتسبب فى ظهور لون معين فى الزهرة حدث له تغير مفاجىء ومستديم جعله ينتج فى الزهرة لوناً جديدا مختلفاً . هذا التغير المفاجىء المستديم هو مايطلق عليه اسم الطفور أو الطفرة .

إى أن الطفره أدت إلى وجود صورتين مختلفتين لنفس الجين أو العامل الوراثى الصورة الأولى تعطى اللون الأصلى والصورة الجديدة تعطى لوناً جديداً . هاتان الصورتان المختلفتان لنفس الجين هما الاليلان الاليلومورفيان الخاصان بالموقع الجينى locus المعين معنى ذلك أن كل واحد من هذين الاليلين يحتل كل على حده نفس الموقع على كروموسوم معين .

معنى ذلك أن هنـــاك احتمالات إن الطفرات قادرة على إنتاج صور عديدة لنفس الجين وتحتل هذه الصور نفس الموقع الجينى على الكروموسوم الذى يحمل هذا العامل الوراثى ونتيجة لذلك يكون فى العشيره سلسلة من العوامل الوراثية الاليلومورفية تعرف باسم الاليلات المتعددة Multiple alleles هذه الاليلات هى مجموعة من العوامل الوراثية أو الجينات وأى اثنان منهما يكونا زوجاً اليلومورفياً واحدا أى أن الفرد الثنائى التركيب الوراثى لايحمل إلا عاملين اثنين منهم فقط .

من دراستنا السابقة للوراثة المندلية أو التفوق أو حالات السيادة كانت الدراسة قاصرة على الأفراد التى تختلف فى صفتين اليلومورفيتين فقط مثلا

شكل البذرة مجعد ومستدير ، لون القصره أخضر وأصفر وهكذا . ولكن وجدت حالات أخرى كانت الصفة لها أكثر من صورتين . فمثلا الألوان بدلا من وجود اللون الأحمر والأبيض فقط توجد سلسلة من ألوان خاصة بالصفة المعينة مثل هذه الحالة تدل على وجود أكثر من زوج من الاليلات تؤثر على الصفة وتعرف مثل هذه الحالة باسم الاليلات المتعددة Multiple alleles . وقد سبق أن بينا أن الاليلات alleles تستخدم للدلالة على زوج واحد من العوامل المتفارقة ويجب ملاحظة أنه فى هذه الحالة كما فى الحالات الاليلية دائما نجد أن الفرد الثنائى تكون خلاياه الجسمية ثنائية المجموعة الكروموسومية وجاميطاته احادية المجموعة الكروموسومية .

ومثال على حاله الاليلات المتعددة هذه هو لون الزهرة فى البازلاء حيث وجد أن هناك جينا أطلق عليه الرمز A يعطى مثلا اللون الأحمر وجينا اليليا له وهو a يتسبب فى ظهور اللون الأبيض ولكن وجد كذلك أن هناك سلسلة من الألوان خاصة بالزهرة ولكل منها جين خاص به لذلك رمز لجين اللون البنفسجى بالرمز a_1 ولجين اللون الأحمر الباهت a_2 ولجين اللون الأصفر الغامق a_3 ولجين اللون الأصفر الفاتح a_4 وهكذا . ولكن يجب أن نتذكر دائما أن التركيب الوراثى للفرد الثنائى فى حالة وجود اليلات متعددة تتحكم فى توارث الصفة يتكون فقط من زوج واحد من هذه الجينات مهما كان عدد الجينات فى هذه السلسلة أى أن التركيب الوراثى للفرد الثنائى فى هذا المثال أما إن يكون $A_1\ a_1$ أو $A_2\ a_2$ أو $a_1\ a_2$ أو $a_1\ a_4$ ... الخ . وكل من هذه التراكيب الجينية لها وضعها الخاص من حيث السيادة لأحد الاليلين على الآخر وفيما يلى بعض الأمثلة لتفهم مثل هذه الحالة .

أولا : سلسلة الاليلات المتعددة الخاصة بلون الفراء فى الأرانب

Coat color in rabbits

توجد فى الأرانب ثلاثة ألوان خاصة بالفراء وهى :ـــ

١ ــ **اللون البرى أو الاجوتى agouti** : نجد أن الاجوتى يمتاز بأن فراءه ملونا وهذا التلوين يرجع إلى أن كل شعرة من شعرات الحيوان تمتاز بأن الجزء الملاصق منها لجسمه لونه رمادى gray ثم يلى هذا الجزء جزء آخر على شكل حلقة لونها أصفر والجزء العلوى من الشعره لونه أسودا أو بنيا .

٢ ــ **اللون الالبينو albino** : يكون فراء الحيوان جميعه فى هذه الحالة عديم التلوين أى ابيضا وخالية من حبيبات الصبغة ولون عينى الحيوان أحمراً (شكل رقم ٦) .

٣ ــ **اللون الهيمالايان himalayan** : والفراء فى هذه الحالة لونه أبيضا ماعدا الأرجل والذيل والأذن وطرف الأنف التى قد تكون سوداء أو بنية غامقة (شكل رقم ٦) .

وجد من نتائج التجارب الوراثية التى شملت التهجين بين هذه السلالات بعضها البعض أن اللون الاجوتى سائد سيادة تامة على اللون الالبينو حيث كانت أفراد الجيل الأول الناتجة من التهجين بين فرد أجوتى أصيل وفرد البينو اصيل كانت جميعها أفرادا اجوتية اللون . وإن افراد الجيل الثانى لهذا التهجين كانت اجوتية : البينو بنسبة ٣ : ١ . كذلك دل نسل التلقيح الرجعى على أن الأفراد الاجوتيه اللون من الجيل الأول هى أفراد خليطة التركيب الوراثى وظهر النسل بنسبة ١ : ١ مما يدل على أن صفة اللون الاجوتى والالبينو يتحكم فى وراثتها زوج واحد من العوامل الوراثية . فاذا رمزنا إلى اليل اللون الاجوتى بالرمز c^+ واليل الالبينو بالرمز c^a فمن السهل تتبع هذا السلوك عن طريق التحليل الوراثى التالى :

الآباء — أجوتى $c^+ c^+$ × البينو $c^a c^a$

↓

الجيل الأول F_1 — أجوتى $c^+ c^a$

الجيل الثانى F_2 — $1 c^a c^a$: $2 c^+ c^a$: $1 c^+ c^+$

١ البينو : ٣ أجوتى

شكل رقم (٦) : يبين الأشكال المظهرية لصفة لون الفراء فى الأرانب

ا ــ أجوتى ب ــ البينو جـ ــ شنشلا د ــ هيمالايان

وجد أيضا فى تجارب أخرى عندما أجرى التهجين بين فرد أجوتى وآخر من السلالة الهيمالايان أن جميع أفراد الجيل الأول كانت أجوتيه اللون مما يدل على أن اللون الاجوتى سائد سيادة تامة على اللون الهيمالايان . وظهرت مجموعتا شكل مظهرى فى الجيل الثانى وهما اجوتى : هيمالايان بنسبة ٣ : ١ أى بمعنى أن الاليلات التى تتحكم فى وراثة اللون الاجوتى والهيمالايان هى أيضا عبارة عن زوج واحد من الاليلات . وبما اننا رمزنا لاليل اللون الاجوتى بالرمز c^+ فى المثال السابق فعليه سوف نرمز لاليل اللون الهيمالايان بالرمز c^h . ويجب أن نلاحظ أن الاليل c^+ سائد سيادة تامة على الاليل c^h من نتائج التجربة الحالية كما يتضح فيما يلى :ـــ

الآباء أجوتى $c^+ c^+$ × هيمالايان $c^h c^h$

الجيل الأول F_1 أجوتى $c^+ c^h$

الجيل الثانى F_2 $_1c^+ c^+ : {}_2c^+ c^h : 1\ c^h c^h$

٣ أجوتى : ١ هيمالايان

والتجربة الثالثة التى كان لها أهمية فى تحديد علاقة هذه الاليلات بعضها البعض هى تلك التى كان التهجين فيها بين أفراد هيمالايان وأخرى البينو حيث وجد أن أفراد الجيل الأول كانت جميعها ذات لون هيمالايان بالنسبة للون الفراء فى الأرانب . وهذه النتيجة فى الجيل الأول تظهر بكل وضوح أن اللون الهيمالايان سائد سيادة تامة على اللون الالبينو . وفى الجيل الثانى كانت الأفراد فى مجموعتى شكل مظهرى بنسبة ٣ هيمالايان : ١ البينو . مما يدل على أن تلك الصفتين الاليلومورفتيين يتحكم فيها زوج واحد من العوامل الوراثية وأن c^h سائد سيادة تامة على c^a . وهذه النتيجة أيضا من السهل تتبعها تحليليا كما يلى :ـــ

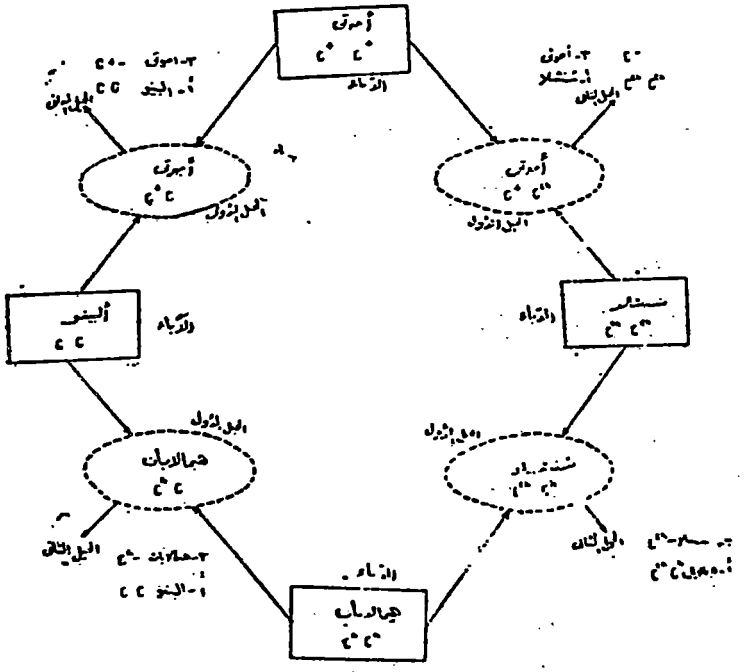
الآباء هيمالايان $c^h\ c^h$ × البينو $c^a\ c^a$

الجيل الأول F_1 هيمالايان $c^h\ c^a$

الجيل الثانى F_2 ١ $c^a\ c^a$: ٢ $c^h\ c^a$: ١ $c^h\ c^h$

١ البينو : ٣ هيمالايان

من نتائج هذه التجارب الثلاث نجد أن العاملين الوراثيين c^a ، c^h عبارة عن اليلين وفى نفس الوقت كان كل منهما أيضا اليلا لعامل اللون الاجوتى c^+ . ومعنى هذا أن هذه الثلاث جينات ما هى إلا ثلاث صور مختلفة لنفس الجين وكل منها يحتل نفس الموقع الجينى على الكروموسوم . أى انها ماهى الا عبارة عن سلسلة اليلات متعددة ولكن الفرد الثنائى المجموعة الكروموسومية لايحمل إلا اثنين فقط منها فى تركيبه الوراثى .



شكل رقم (٧٠) نتائج التهجينات الخاصة بسلسلة الأليلات المتعددة الخاصة بتوارث ألوان الفراء فى الأرانب . تمثل المستطيلات الأليل المتنحى والتركيب الوراثى المقابل له ، بينما تمثل الأشكال البيضاوية الأليل المائد والتركيب الوراثى المقابل له . وتشير الأسهم إلى الأليل الذى يرجح أن يكون قد نشأ عن الأليل الذى يسبقه مباشرة فى السلسلة

ومن جهة أخرى وجد لون آخر فى الأرانب يعرف باسم الشنشلا chinchilla حيث يكون لون شعر الفراء رمادى ـــ فضى نتيجة عدم ظهور الحلقة الصفراء فى الشعرة ولقد رمز لهذا الاليل بالرمز c^{ch} . ومن نتائج تجارب التهجينات بين هذه الأفراد والأفراد الأجوتى أو الالبينو أو الهيمالايان وجد أن اليل اللون الشنشلا متنحي أمام اليل اللون الأجوتى ولكنه سائد سيادة تامة على اليل اللون اليهمالايان واليل اللون الالبينو وجميع نتائج هذه التهجينات المختلفة السابقة ملخصة فى الشكل رقم ٧ .

مما سبق يتضح لنا أن هناك أربعة اليلات تتحكم فى وراثة لون الفراء فى الأرانب هذه الاليلات هى c^{+} ، c^{ch} ، c^{h} ، c^{a} وهى تكون سلسلة اليلات متعددة لهذه الصفة وأن علاقة السيادة فيما بينها وبين بعضها هى على الوجه التالى :ـــ

$$c^{+} > c^{ch} > c^{h} > c^{a}$$

هذه السلسلة من الاليلات المتعددة والتى عدد اليلاتها أربعة وتبعا للسيادة التامة فيما بينها وبين بعضها فانه يمكننا أن نلاحظ وجود عشرة تراكيب وراثية مختلفة من الممكن الحصول عليها من هذه السلسلة . ولقد لاحظنا فيما سبق أن الزوج الواحد من الممكن الحصول منه على ثلاثة تراكيب وراثية فقط . معنى ذلك أنه بزيادة عدد اليلات السلسلة كلما زاد عدد التراكيب الوراثية المحتمل الحصول عليها من هذه الاليلات زيادة كبيرة مما يؤدى بالتالى إلى زيادة الاختلافات الوراثية فى العشيرة . وفيما يلى نوضح الشكل المظهرى والتركيب الوراثى لصفة لون الفراء فى الأرانب :

التركيب الوراثى genotype	الشكل المظهرى Phenotype
$c^+ c^+ , c^+c^{ch} , c^+c^h , c^+c^a$	أجوتى agouti
$c^{ch} c^{ch} , c^{ch} c^h , c^{ch} c^a$	شنشلا chinchilla
$c^h c^h , c^h c^a$	هيمالايان himalayan
$c^a c^a$	البينو albino

ثانيا : مجاميع الدم فى الإنسان Blood group in man

نعلم جميعا أهمية عمليات نقل الدم من شخص سليم إلى شخص مصاب أثر حادثة معينة أو إلى شخص مريض يحتاج كمية كبيرة من الدم أثر عملية جراحية أو نزيف حاد فقد فيها كمية كبيرة من دمه . ونعلم أيضا أن عملية نقل الدم لا تتم جزافاً ولكن قبل اجرائها يقوم الطبيب المعالج باجراء كشف مبدئى لتحديد نوع فصيلة دم الشخص المصاب ليحدد بالتالى فصيلة دم الواهب المطلوب نقل الدم منه لكى تتوافق الحالتان معا ولا تحدث الوفاة للشخص المريض . وقديما لوحظت حالات معينة كان الشخص المريض يموت أثر نقل دم غير متوافق مع فصيلته نتيجة تجلط هذا الدم فى جسمه . لهذا فان دراسة مجاميع الدم فى الانسان كان لها من الأهمية القصوى التى تناولها الباحثون الأمر الذى أدى إلى الاعتقاد فى وجود اختلافات جوهرية أساسها وراثى بين دم أى شخص وآخر . هذه الاختلافات من الممكن تفهمها بشىء من التفصيل الموضح فيما يلى :ـــ

يتكون دم الانسان من جزئين أساسيين هما :

(ا) الخلايا Cells (ب) السائل أو البلازما Liquid or plasma حيث

تشمل الخلايا على كرات الدم الحمراء red cells وكرات الدم البيضاء leucocytes وتحتوى كرات الدم الحمراء على مادة الهيموجلوبين haemoglobin التى تحمل الاكسجين إلى جميع خلايا الجسم .

ويشتمل السائل على عدد كبير من المركبات الكيمائية المختلفة التى تعمل على إعطاء صفة المناعة للفرد ضد أمراض معينة . هذه المركبات الكيمائية المختلفة الموجودة بسائل الدم من الممكن تقسيمها إلى بروتينات ملزنة وأجسام مضادة وبروتينات أخرى والاملاح والدهون والكربوهيدرات .

ومن جهة أخرى فقد يقسم الدم إلى :

(ا) جلطة الدم وهذه تشمل كرات الدم الحمراء وكرات الدم البيضاء والبروتينات الملزمة .

(ب) المصل Serum وهذا يحتوى على الأجسام المضادة بجانب البروتينات الأخرى والاملاح والدهون والكربوهيدرات .

بدأ العالم Landsteiner منذ عام ١٩٠١ (حائز على جائزة نوبل ١٩٣٠) دراسة مشكلة تجلط الدم الملاحظ فى بعض حالات عمليات نقل الدم . ولقد وجد هذا العالم أنه عند خلط كرات الدم الحمراء من بعض الأفراد مع المصل (السيرم) المأخوذ من أفراد آخرين فان كرات الدم الحمراء هذه تتجمع فى بعض الحالات مع بعضها فى صورة كتل كبيرة وفى حالات أخرى لايحدث هذا التجمع . ووجدان سبب هذا التجمع هو التفاعل مابين المواد الكيماوية الموجودة فى خلايا كرات الدم الحمراء (الانتيجين) والتى يطلق عليها مجاميع الدم Blood group والأجسام المضادة الموجودة فى المصل (السيرم) .

مجموعة الدم ABO :

اكتشف لاند شتاينر Landsteiner الطبيب النمساوى أن دم الانسان يحتوى على نوعين من الانتيجينات antigenes موجودة على سطح كرات الدم الحمراء

وأيضا يحتوى على نوعين من الأجسام المضادة الطبيعية موجود فى المصل (السيرم) .

ومن حيث محتويات كرات الدم الحمراء نجد أن كرات الدم الحمراء تختلف فى محتوياتها باختلاف الأشخاص المأخوذة منهم فقد لا تحمل هذه الكرات الحمراء أى انتيجين وقد تحمل واحدا فقط أو قد تحمل الانتيجين الاثنين معا. أما من حيث المصل فقد وجد أيضا أنه قد لايحتوى على أى أجسام مضادة أو قد يحتوى على نوع واحد فقط من الأجسام المضادة أو قد يحتوى على نوعى الاجسام المضادة معاً . وبناء على ذلك فلقد اتفق على تسمية نوعى الانتيجينات بالانتيجين A والانتيجين B وتسمية نوعى الأجسام المضادة بالجسم المضاد anti A - ، الجسم المضاد anti - B . ويجب أن نذكر هنا أن الجسم المضاد anti - A يستطيع أن يجمع الانتيجين A وكذلك بالنسبة للجسم المضاد anti - B يستطيع أن يجمع الانتيجين B ومن هنا فاذا ما وجد انتيجين معين فى دم الشخص فهذا الدم (السيرم) لنفس الشخص لايحتوى على الجسم المضاد لهذا الانتيجين ، من ذلك كله نجد أنه أمكن للاندشتاينر أن يقسم الأشخاص إلى أربعة مجاميع شكل مظهرى بالنسبة لوجود الانتيجينات من عدمها على سطح كرة الدم الحمراء . هذه الأربعة مجاميع هى :ـــ

١ ـــ **مجموعة الدم A** : وهذه تشتمل على جميع الأفراد التى تحتوى كرات دمهم الحمراء على الانتيجين A ولايحتوى مصلهم على الجسم المضاد (anti-A)A ولكنه يحتوى على الجسم المضاد B (anti - B) .

٢ ـــ **مجموعة الدم B** : وهذه تشتمل على جميع الأفراد التى تحتوى كرات دمهم الحمراء على الانتيجين B ولا يحتوى مصلهم على الجسم المضادة B (anti - B) ولكنه يحتوى على الجسم المضاد A (anti - A) . .

٣ ـــ **مجموعة الدم AB** : وهذه تشتمل على جميع الأفراد التى تحتوى كرات دمهم الحمراء على نوعى الانتيجينات A ، B وبالتالى فان مصلهم

مجموعة الدم	كرات الدم الحمراء تحتوى على الانتيجين	المصل الخاص بها يحتوى على الأجسام المضادة	المصل الخاص بها يجمع كرات الدم الحمراء من المجاميع	كرات الدم الخاصة بها تتجمع فى مصل مأخوذ من المجاميع
A	A	B	AB ، B	B ، O
B	B	A	AB ، A	A ، O
BA	A , B	لاشىء	—	A ، B ، O
O	لاشىء	B , A	AB ، B ، A	لاتتجمع

لايحتوى على أى من الأجسام المضادة A ، B .

٤ ــ مجموعة الدم O : وهذه تشتمل على جميع الأفراد التى لاتحتوى كرات دمهم الحمراء على أى نوع من الأنتيجينات ولكن مصلهم يحتوى على نوعى الأجسام المضادة A و B .

علاوة على ذلك فلقد أوضحت الدراسات فيما بعد وجود أربعة أقسام من مجموعة الدم A وهى A_1 ، A_2 ، A_3 ، A_4 ووجود ثلاثة أقسام من مجموعة الدم B وهى B_1 ، B_2 ، B_3 .

وفيما يلى ملخص للتفاعلات التى تحدث بين الانتيجينات المحمولة على كرات الدم الحمراء من أفراد تنتمى إلى الأربعة أقسام المختلفة مع المصل المأخوذ من مجموعة دم أخرى أو ما بين المصل المأخوذ من أفراد معينة وبين الانتيجينات الموجودة فى كرات الدم الحمراء لأفراد آخرين الجدول السابق .

من الجدول السابق نجد أن الأفراد ذوى مجموعة الدم AB لايحتوى مصلهم على اية أجسام مضادة ويمكنهم أن يأخذوا أو ينقل لهم كرات دم حمراء من أى فرد مهما كانت مجموعته وبذلك فلقد اصطلح على أن يطلق على هذه المجموعة اسم آخذون عامون Universal acceptors .

بينما نجد أن الأفراد ذوى مجموعة الدم O فان مصلهم يحتوى على كلا النوعين من الأجسام المضادة وكرات دمهم الحمراء لاتحتوى على أى نوع من الانتيجينات ولهذا فانه من السلامة فى أن ينقل منهم كرات دم حمراء إلى أى شخص آخر مهما كانت مجموعة دمه لهذا فلقد اصطلح على تسميتهم باسم واهبون عامون universal donors .

السلوك الوراثى لمجاميع الدم ABO :

وجد العلماء من دراستهم لسجلات نسب عدد كبير من العائلات أن

السلوك الوراثى لهذه المجموعة تعتمد أساساً على وجود سلسلة من الاليلات المتعددة multiple alleles وأن أى فرد من الأفراد لايوجد فى تركيبه الوراثى إلا زوج واحد فقط من هذه السلسلة فاذا ما تركنا جانبا الآن تقسيمات المجموعة A الداخلية وكذلك تقسيمات المجموعة B الداخلية واستعملنا الرمز I ، i للدلالة على هذه الجينات فانه يمكننا القول بأن الأفراد المنتمية إلى مجموعة الدم A يكون تركيبها الوراثى الأصيل هو $I^A I^A$. والأفراد المنتمية إلى مجموعة الدم B يكون تركيبها الوراثى الأصيل $I^B I^B$. وأن التركيب الوراثى للأفراد المنتمين إلى مجموعة الدم A B هو $I^A I^B$ وذلك لأنه توجد سيادة عامة للاليلين I^A ، I^B حيث أن الفرد الخليط فى هذا التركيب الوراثى تحتوى كرات دمه الحمراء على نوعى الانتيجينات A,B . وأخيراً فان التركيب الوراثى لمجموعة الدم O هو ii ووجد من الدراسات الوراثية أن كل من الاليلين I^A ، I^B سائد سيادة تامة على الاليل i أى أن علاقة السيادة بين هذه الاليلات بعضها البعض هو كما يلى:

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

وإذا ما رجعنا ثانية إلى التقسيمات الداخلية لمجموعة الدم A فلقد سبق القول بأن هذه المجموعة تحتوى على أربعة أقسام داخلية وهى A_1 ، A_2 ، A_3 ، A_4 هذه الأقسام الداخلية ما هى إلا أربعة صور اليليه مختلفة يرمز لها بـ I^{A_1} ، I^{A_2} ، I^{A_3} ، I^{A_4} وعلاقة السيادة بينها هى :

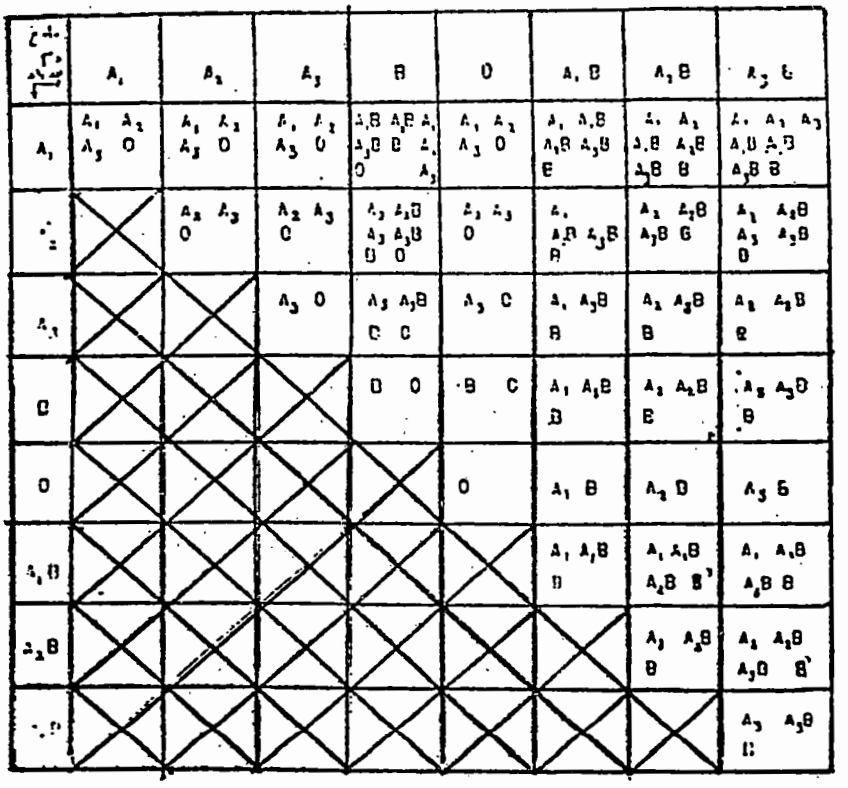
$$[(I^{A_1} > I^{A_2} > I^{A_3} > I^{A_4}) = I^B] > i$$

وجد من الدراسة أن الاليل I^{A_4} نادر الوجود فى العشائر الانسانية . وبتفهم هذه السلسلة وعلاقة السيادة فيما بينها وبين بعضها فان التراكيب الجينية المختلفة المحتمل الحصول عليها وأشكالها المظهرية يمكن توضيحها فى الجدول التالى :ـــ

الشكل الظاهرى لمجموعة الدم	التركيب الوراثى لمجموعة الدم
A_1	$I^{A_1} I^{A_1}$ ، $I^{A_1} I^{A_2}$ ، $I^{A_1} I^{A_3}$ ، $I^{A_1} I^{A_4}$ ، $I^{A_1} i$
A_2	$I^{A_2} I^{A_2}$ ، $I^{A_2} I^{A_3}$ ، $I^{A_2} I^{A_4}$ ، $I^{A_2} i$
A_3	$I^{A_3} I^{A_3}$ ، $I^{A_3} I^{A_4}$ ، $I^{A_3} i$
$A_1 B$	$I^{A_1} I^{B}$
$A_2 B$	$I^{A_2} I^{B}$
$A_3 B$	$I^{A_3} I^{B}$
B	$I^{B} I^{B}$ ، $I^{B} i$
O	ii

درس أيضا التكرار النسبى لمجاميع الدم هذه حيث لوحظ أن العشائر الانسانية تختلف عن بعضها بنسب مختلفة لاشتمالها على هذه المجاميع فمثلا لوحظ أن مجموعتى الدم A ,O هما أكثر المجاميع انتشاراً فى الولايات المتحدة . كذلك لوحظ فى قبيلة من الهنود الحمر والمنعزلة تماما عن العالم أن جميع أفرادها ينتمون إلى مجموعة الدم O فقط .

أما بالنسبة لكيفية توارث مجاميع الدم هذه من زيجات معينة وانتقالها إلى أفراد النسل الخاص بها فجميع الاحتمالات الخاصة بمجاميع الدم المتوقعة لأطفال جميع هذه الزيجات ملخصه فى (شكل رقم ٨) .



شكل رقم ٨ : لمعرفة توارث مجاميع الدم ABO والذى سلفنا.

وعلى هذا فان مجموعة دم الفرد تتحدد عند الاخصاب ولاتتغير على الاطلاق طوال فترة حياته . إلا فيما عدا بعض الحالات النادرة جدا والملاحظة فى بعض أمراض السرطان .

اتضح لنا ـــ كما سبق ذكره ـــ الأهمية العملية لمجموعة الدم ABO بالنسبة للعمليات الجراحية وخلافه كذلك نجد أن هذه المعلومات مهمة جدا بالنسبة لقضايا التنازع على الابوة وقضايا نسب الاطفال اللقطاء إلى آبائهم الشرعيين

ومثال على هذا نجد أنه إذا كان لدينا عائلتان وكانت مجاميع الدم الخاصة بهاتين العائلتين كما يلى :

العائلة الأولى حيث كانت مجموعة دم الأب هى AB ومجموعة دم الأم هى A .

والعائلة الثانية حيث كانت مجموعة دم الأبوين O .

وتنازعتا قضائيا على طفليهما اللذين استبدلا عن طريق الخطأ بمستشفى الولادة وكان احدهما من مجموعة الدم O والآخر من مجموعة الدم B .

ومن هذه البيانات يتضح لنا أن الطفل الأول لايمكن أن يكون ابنا للعائلة الأولى . ولكن يحتمل أن يكون ابنا للعائلة الثانية وكذلك بالنسبة للطفل الثانى فلايمكن أن يكون ابنا للعائلة الثانية ولكن يحتمل أن يكون ابنا للعائلة الأولى. وبذلك فلقد تم الحكم لكل من العائلتين بنسب طفليهما الخاصين بهما نتيجة لهذا الاختبار .

كذلك من المهم أن نشير هنا إلى أن دراسة وتفهم سلوك مجموعة الدم ABO تفيد جداً على نفى الابوة نفيا قاطعا ولكن هذه المعلومات مازالت حتى الآن غير قادرة على اثبات البنوة اثباتا قاطعا ولكنها فى جميع الأحوال تعطى احتمالات لها .

مجموعة الدم The M — N series MN

اكتشف العالمان لاندشتاينر وليفين عام ١٩٤٧ Landsteiner & Levine (1947) هذه المجموعة من دم الانسان حيث وجدا نوعين جديدين من الانتيجينات تحملهما أيضا كرات الدم الحمراء . ورمزا لهذين الانتيجنين الجديدين بالرمز N,M . ولاحظا كذلك أن مصل دم الانسان لايحتوى طبيعيا على أجسام مضادة لهذين الانتيجينين ولكن هذه الاجسام المضادة تتكون فى دم الأرانب عند حقنها بواسطة هذه الانتيجينات . نتيجة لعدم وجود أجسام مضادة طبيعية فى

مصل دم الانسان تعتبر هذه المجموعة من دم الانسان غير مهمة فى عمليات نقل الدم إنما ترجع أهمية هذه المجموعة إلى الناحية الوراثية حيث استنتج وجود اليلين هما L^M ، L^N علاقة السيادة بينهما من نوع السيادة العامة أى بمعنى أن أى شخص قد يحمل على كرات دمه إحدى هاتين المجموعتين أو الاثنتين معا أو بمعنى آخر أن يكون الفرد من مجموعة الدم M أو أن يكون من مجموعة الدم N أو أن يكون من مجموعة الدم MN نتيجة وجود السيادة العامة Codominance لهذا فان التركيب الوراثى للفرد من مجموعة الدم M هو $L^M L^M$ والتركيب الوراثى للفرد من مجموعة الدم N هو $L^N L^N$ والتركيب الوراثى للفرد من مجموعة الدم M—N هو $L^M L^N$.

لوحظ بعد ذلك أيضا أنه فى بعض الحالات عند استعمال مصل لايحتوى على أجسام مضادة لأى من الانتيجينين N,M فان هذين الانتيجنيين على الرغم من ذلك تتجمع فى هذا المصل . الأمر الذى استدعى الدراسة الدقيقة والتى أدت إلى اكتشاف نوعين جديدين من الانتيجينات الشديدة الارتباط بالانتيجنيين M-N بواسطة Walsh and Montgomery عام ١٩٤٧ حيث اصطلح على الرمز إلى هاتين المجموعتين بالرمز s, S . ومن ناحية أفراد الجنس البشرى فلقد وجد أن أى فرد قد يحمل الانتيجين S أو s أو كليهما معا أى بمعنى أن علاقة السيادة بينهما أيضا من نوع السيادة العامة .

من هذه المعلومات جميعا سوف نجد أنه توجد أربعة اليلات مختلفة وهى :

$$L^{MS},\ L^{Ms},\ L^{NS},\ L^{Ns}$$

والتى منها نستطيع تكوين تسعة احتمالات لاشكال مظهرية مختلفة بالنسبة لجاميع الدم هذه . هذه التسعة احتمالات وتركيبها الوراثى وتفاعلها مع الاجسام المضادة موضحة فيما يلى :—

الشكل المظهرى	التركيب الوراثى		التفاعل مع الجسم المضاد		
		Anti-s	Anti-S	Anti-N	Anti-M
MS	$L^{MS}L^{MS}$		+		+
MSs	$L^{MS}L^{Ms}$	+	+		+
Ms	$L^{Ms}L^{Ms}$	+			+
MNS	$L^{MS}L^{NS}$		+	+	+
MNSs	$L^{MS}L^{Ns}$ $L^{Ms}L^{NS}$	+	+	+	+
N	$L^{Ms}L^{Ns}$	+		+	+
NS	$L^{NS}L^{NS}$		+	+	
NSs	$L^{NS}L^{Ns}$	+	+	+	
Ns	$L^{Ns}L^{Ns}$	+		+	

لكن فى عام ١٩٦٨ أوضح Race and Sanger أن مجموعتا الدم S-sM-N يتحكم فيهما زوجان من الاليلات فى موقعين جينيين متجاورين وشديدى الارتباط مع بعضهما والدليل على هذا هو ظهور بعض حالات التراكيب الجديدة النادرة الناتجة من العبور بين هذين الموقعين الجينيين (سنتكلم عن الارتباط فيمابعد).

سلسلة الاليلات المتعددة لعدم التوافق الجنسى فى النباتات :

Self - incompatability or Self-sterility alleles :

تعتبر سلسلة الاليلات المتعددة لعدم التوافق الجنسى فى النباتات أيضا من السلاسل الاليليه المهمة . حيث نجد أن معظم النباتات الراقية والحيوانات الدنيئة هى عبارة عن نباتات أو حيوانات خنثى hermaphrodites أى أن كل فرد فيها ينتج طبيعيا كلا من الجاميطات المذكرة والجاميطات المؤنثة التامة الحيوية . وكما سبق لنا دراسته وجدنا أن نبات البازلاء الذى استخدمه مندل كان من هذا النوع وعليه فان النبات ذاتى التلقيح طبيعيا أى لايوجد أية عوائق تمنع من أن تخصب حبة لقاح نبات معين بويضة نفس النبات الموجودة فى نفس الزهرة أو أن يتم الاخصاب الخلطى من نبات لنبات معين آخر .

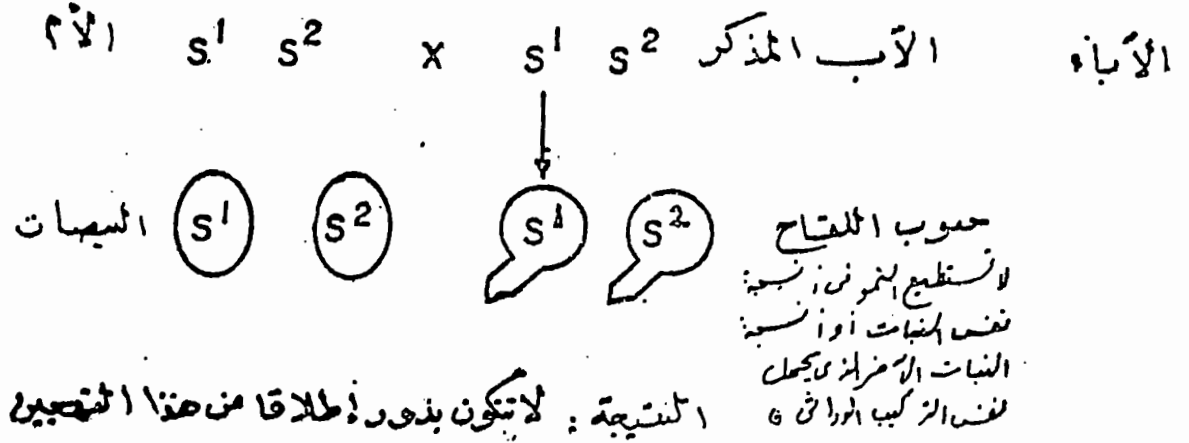
لكن وجد فى بعض النباتات الخنثى الأخرى مثلا كالدخان وبعض الحشائش ونباتات الزينة أن عملية اخصاب حبة لقاح نفس النبات لنفس البيضة الموجودة فى نفس الزهرة لا تتم بالرغم من أن كلا من حبوب اللقاح والبيضات هذه تامة الحيوية .

وجد فى بعض النباتات الراقية انها عقيمة ذاتيا self-sterile incompatible تنتج بذورا فقط عندما تلقح بحبوب لقاح من نبات آخر من نفس الصنف له تركيب وراثى معين ولا تنتج بذورا عندما تلقح ذاتيا . كذلك وجد أن بعض النباتات الراقية عقيمة خلطيا cross-sterile incompatible أى أنها لاتنتج بذورا عن طريق التلقيح الذاتى وأيضا لا تنتج بذورا عندما تلقح بواسطة نباتات أخرى من نفس الصنف له تركيب وراثى معين .

تناول دراسة هذه الظاهرة كثير من العلماء منذ عام ١٧٦٤ إلا أن الأساس الوراثى لهذه الظاهرة لم يعرف إلا فى عام ١٩٢١ بواسطة Mangelsdorf' East Prell وبذلك فلقد وضح فيما بعد الأسباب التى تؤدى إلى ظهور الظاهرة فى بعض النباتات الراقية .

درس East السلوك الوراثى لظاهرة عدم التوافق الجنسى (الذاتى أو الخلطى) فى جنس الدخان Nicotiana sp. (tobacco) ووجد أن أساس هذه الظاهرة يتوقف على وجود سلسلة عديدة من الاليلات لجين واحد وهذه السلسلة رمز لها بالحرف $S^1, S^2, S^3 \ldots\ldots, Sn$ فاذا ما كانت حبة اللقاح تحمل اليلا معينا من هذه السلسلة وليكن الاليل S^1 فان حبة اللقاح هذه تفشل فى الانبات على ميسم له نفس التركيب الوراثى لهذا الاليل سواء كان هذا الميسم لنفس النبات أو لنبات آخر . وعليه فاذا ما كان التركيب الوراثى للنبات نفسه $S^1 S^2$ ففى تلك الحالة لن تستطيع أية حبة لقاح من النمو والوصول إلى البيضة داخل الكيس الجنينى فى الوقت المناسب ليتم الاخصاب طبيعيا ويمكن توضيح تلك الحالة كما يلى :ـــ

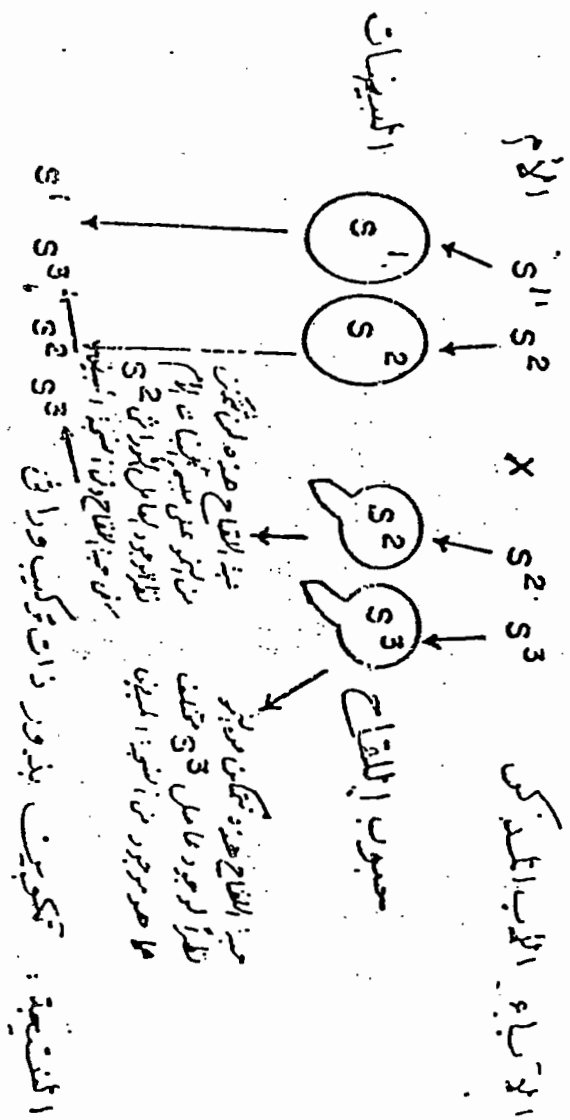
١ ـــ تلقيح ذاتى أو خلطى بين نباتات متماثلة التركيب الوراثى :



النتيجة : لاتنكون بذور إطلاقا من هذا التهجين

لكن إذا ما تم التلقيح بين نبات أب تركيبه الوراثى $S^2 S^3$ ونبات أم تركيبه الوراثى $S^1 S^2$ فاننا نجد أن البذور تتكون فى هذه الحالة ولكنها سوف تكون فقط ذات تركيب وراثى $S^1 S^3$ ، $S^2 S^3$ وهذا التلقيح من الممكن توضيحه كما يلى :ـــ

٢ ـــ تلقيح خلطى بين نباتين مختلفين فى اليليين فقط .

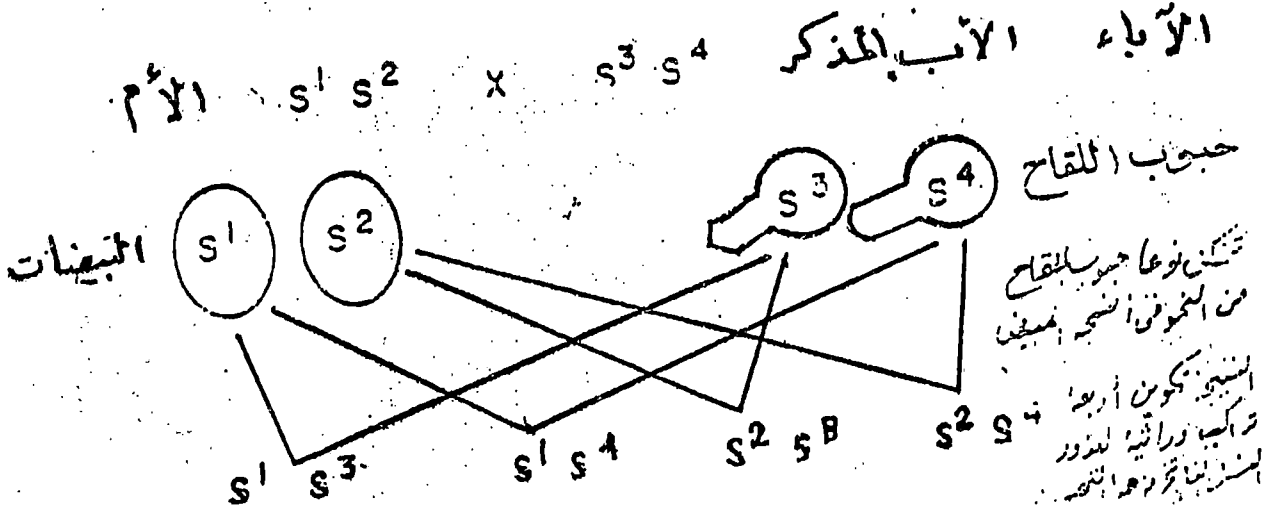


إذا أجرى تلقيح بين نبات أب مذكر تركيبه الوراثى $S^3 S^4$ مع نبات تركيبه الوراثى $S^1 S^2$ ففى تلك الحالة سوف نجد أن كلا من نوعى حبوب اللقاح سوف تتمكن من النمو داخل أنسجة المبيض وعليه فان التراكيب الوراثية للبذور الناتجة عن عملية الاخصاب سوف تقع فى أربعة تراكيب هى :

$$S^1 S^3, S^2 S^3, S^1 S^4, S^2 S^4$$

وهذه من الممكن الحصول عليها كما يلى :ـــ

٣ ـــ تلقيح خلطى بين نباتين يختلفان تركيبا فى أربعة اليلات :ـــ


الآباء
الأب المذكر
$S^3 S^4$
×
الأم
$S^1 S^2$
حبوب اللقاح
S^3
S^4
البيضات
S^1
S^2
تتكون نوعا حبوب اللقاح من النخوف أنصاف بيض
البيضي تكون أربعة تراكيب وراثية للذور المنتظرة نتائج تزاوجها التجريبي
$S^1 S^3$
$S^1 S^4$
$S^2 S^3$
$S^2 S^4$

نجد من جميع هذه التهجينات أنه إذا كان الأب يحمل اليلا مشتركا فهذا يؤدى بالتالى إلى أننا لن نتمكن من الحصول على بذور لها نفس التركيب الوراثى للأم المستخدمة فى التهجين . أو بمعنى أن أنسجة النبات الأم سوف تمنع حبوب اللقاح التى تحمل نفس الاليل من النمو داخلها وبالتالى لن تتكون بذور نتيجة لعدم اتمام عملية الاخصاب .

هذا التفسير الوراثى السابق والملخص فى الجدول التالى نتائج التهجينات المختلفة والخاصة بنبات الدخان والذى على أساسه عرف أن سلسلة الاليلات الخاصة بعدم التوافق الذاتى والخلطى تتكون من ١٥ اليلا . وجد مثيله فى نباتات أخرى مثل Oenothera ولكن عدد اليلات السلسلة فى تلك الحالة كانت عبارة عن ٣٧ اليلا .

الأب المؤنث	الأب المذكر		
	$S^1 S^3$	$S^1 S^2$	$S^2 S^3$
$S^1 S^2$	لا يوجد نسل	$S^1 S^2$ $S^2 S^3$	$S^1 S^2$ $S^2 S^3$
$S^1 S^1$	$S^1 S^3$ $S^2 S^1$	لا يوجد نسل	$S^1 S^3$ $S^2 S^3$
$S^2 S^2$	$S^1 S^2$ $S^1 S^3$	$S^2 S^2$ $S^1 S^3$	لا يوجد نسل

من ناحية أخرى فلقد وجد أن سلسلة الاليلات الخاصة بالعقم الذاتى تتحكم فى معدل نمو أنبوبة حبة اللقاح . حيث تكون أنبوبة حبة اللقاح الحاملة لاليل معين من هذه السلسلة بطيئة النمو داخل أنسجة المبيض الحامل لنفس الاليل وهذا بالتالى يؤدى إلى عدم الاخصاب لعدم تمكن أنبوبة اللقاح من الوصول إلى النقير والدخول إلى الكيس الجنينى فى الوقت المناسب .

وبالدراسة المستفيضة لهذه الظاهرة وجد أيضاً أحد لاليلات التى تتبادل على نفس هذا الموقع locus تؤدى إلى رجوع الخصوبة واطلق على هذا الاليل f ويمنع تأثير اليلات عدم التوافق الجنسى حتى لو كانت تحمل نفس التركيب الوراثى .

وتعتبر هذه الظاهرة مهمة جدا من ناحية التطور حيث نجد أن هذه الظاهرة وضعت عائقا يحول بين التلقيح الذاتى للنباتات الموجودة بها. فمن المعروف أن التلقيح الذاتى المستمر يؤدى إلى التربية الداخلية كما قد يؤدى إلى تماثل معظم الاليلات فى النبات أى يؤثر على مدى الاختلافات الوراثية الموجودة بالنوع وبالتالى يحد من تأثير الانتخاب الطبيعى للتراكيب الوراثية الجيدة للنوع . التى قد تؤدى بالتالى إلى ظهور بعض التراكيب الوراثية الضارة للعشيرة . ولكى تتمكن العشيرة من التغلب على هذا فوجود هذه الظاهرة يؤدى إلى حمايتها نظراً لأن العشيرة فى تلك الحالة سوف تتجه بالضرورة إلى التلقيح الخلطى للمحافظة على وجودها كما قد تؤدى إلى وجود ظاهرة قوة الهجين لصفات معينة . وسوف نتكلم عن ذلك بالتفصيل فيما بعد .

التأثير المتعدد للجين Pleiotropic gene effect

كانت دراستنا السابقة قاصرة فى توضيح أن تأثير أى جين معين ما هو إلا تأثير على صفة واحدة فقط . فمثلا جين البذور المستديرة واليله الخاص بالبذور المجعدة فهذان الاليلان يعملان فقط أو بمعنى آخر يؤثران فقط على شكل البذرة فأما أن تكون البذرة مستديرة أو مجعدة ولم يظهر فى دراستنا أن

هذا الجين يؤثر على صفات أخرى مثل لون البذرة أو طول النبات ... الخ .

لكن بتقدم الدراسة وجدت جينات معينة تؤثر كل منها على صفة ظاهرية معينة وأيضا تؤثر على أجزاء أخرى من جسم الكائن الحى ليس بينها وبين بعضها أية علاقة ففى مثل هذه الحالات يطلق على مثل هذا الجين بأنه متعدد التأثير Pleiotropic . وأشهر مثال للتأثير المتعدد للجين هى طفرة الريش البريمى فى الدجاج Frizzle feathers حيث ظهرت هذه الطفرة التى تسبب فى تقصف الريش لضعفه مما يؤدى إلى تعرية جسم الدجاج وهذا بالتالى يؤدى إلى عدم حفظ جسم الحيوان لدرجة حرارته .

وجد أيضا أن هذه الطفرة تختلف عن الأفراد عادية الريش فى سلسلة من الفروق الأخرى الشاذة مثل عدم اكتمال نمو المبيض فى الاناث الذى يؤدى بالتالى إلى قلة إنتاج البيض منها . كذلك لوحظ أن ذكور هذه الطفرة تكون أيضا منخفضة فى خصوبتها وأيضا الأفراد الصغيرة ضعيفة وغير قادرة على مقاومة الاختلاف فى درجات الحرارة ولذلك ترتفع نسبة النفوق بينها . وبالتالى أيضا يرتفع معدل الغذاء لمثل هذه الأفراد . وهناك أيضا صفات أخرى نتيجة لتأثير هذا الجين مثل كبر القلب وسرعة النبض .. الخ .

ولقد دلت الدراسة الوراثية أن هذه الصفة إلا وهى صفة الريش البريمى تتأثر بزوج واحد من الجينات وهو الجين f .

ومن الأمثلة الهامة للتأثير المتعدد للجين فى الانسان هو بعض الأمراض الوراثية التى منها على سبيل المثال وليس الحصر :

١ ـــ انيميا الخلايا المنجلية Sickle cell anemia ٢ ـــ مرض الكابتونيوريا.

فالمرض الأول وهو انيميا الخلايا المنجلية ينتج عن تحول كرات الدم الحمراء فبدلا من أن تكون مستديرة الشكل من الناحية الطبيعية تأخذ أشكالا غير منتظمة وتصبح منجلية الشكل . وعادة يظهر فى الأفراد المصابة بهذا المرض عيب فى تركيب الهيموجلوبين الأمر الذى يؤدى إلى الاصابة بمرض الانيميا

ووجد أن المرض يرجع إلى جين سائد أطلق عليه Sk . هذه الاعراض السابقة للجين Sk تعتبر هى التأثير الأصلى لهذا الجين ولايقتصر تأثيره فقط على هذه الأعراض بل نجد أنه نتيجة لتكوين هيموجلوبين غير طبيعى وكرات دم منجليه الشكل فان هذه الخلايا المنجليه تتجمع فى الطحال مما يؤدى بالتالى إلى تضخمه وتليفه . ومن ناحية أخرى فإن الهيموجلوبين الغير طبيعى التى تمتاز به الخلايا المنجليه يؤدى إلى انحلال وتفتت كرات الدم الحمراء الذى يؤدى إلى الاصابة بالانيميا وهذه تؤدى إلى عدة تأثيرات متتالية من تضخم للقلب أو توقفه وأيضا هذه الانيميا تؤدى إلى الضعف والفتور ونشاط غير طبيعى لنخاع العظام وزيادة حجمه وبالتالى زيادة استطالة الرأس . أيضا الخلايا المنجليه تعمل على اعاقة الدورة الدموية فى سيرها الطبيعى مما يؤدى إلى الاقلال من نشاط الرئة...الخ .

وعلى ذلك فاننا نجد أن تأثير هذا الجين لايتوقف فقط على عضو واحد أو صفة واحدة بل يشمل هذا التأثير غالبية أعضاء الجسم وصفاتها . والنتيجة النهائية لهذا هو الاقلال من المحصلة النهائية للنشاط الحيوى فى مثل هذه الأفراد المصابة بهذا المرض .

أما بالنسبة للمرض الوراثى الثانى فى الانسان إلا وهو مرض الالكابتونيوريا فلقد اكتشف هذا المرض لأول مرة بواسطة العالم الانجليزى Garrod عام ١٩٠٢ وهذا المرض أهم أعراضه أسوداد اليول فى الانسان . وينتج المرض عن وجود جين متنحى وهذا الجين المتنحى مسؤول عن عدم تكسير أو تحليل مواد حيوية معينة فى الاشخاص المصابين يطلق عليها اسم الالكابتون alkapton والتى تتركز بالتالى فى البول وعند تعرضها للهواء تتأكسد إلى مادة سوداء . أما بالنسبة للاشخاص الطبيعين فإن مادة الالكابتون تتحلل بواسطة انزيم معين إلى حامض خليك وماءوثانى أكسيد الكربون .

أسوداد البول هنا هو التأثير الأصلى لهذا الجين المتنحى ولايتوقف هذا التأثير عند هذا الحد بل يشمل أيضا اسوداد العظام كذلك يشمل تأثير مادة الالكابتون فى الجسم الجهاز العصبى الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى الجنون .