جامعة الموصل

كلية الزراعة والغابات

قسم المحاصيل الحقلية

وراثة نظري

أ.د. وئام يحيى رشيد الشكرجي

وراثة نظري

علم الوراثة Genetics: هو دراسة وانتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء أي من جيل إلى آخر وكذلك دراسة التباينات أو الاختلافات.

أن كلمة وراثة (genetics) منحدرة من كلمة أغريقية تسمى جين والتي أدخلت لأول مرة من قبل العالم (W. Bateson) في سنة 1906 في المؤتمر العالمي الثالث للوراثة في لندن والذي بحث خلاله تحسين وتهجين النباتات.

وعلم الوراثة هو من العلوم الحديثة التي نمت بسرعة بالمقارنة مع فروع علم الإحياء الأخرى ، واتسع مجال علم الوراثة فشمل الفيروسات والكائنات الحية الدقيقة وأيض النباتات والحيوانات والإنسان ، كما اتجهت الأبحاث في علم الوراثة إلى هندسة الجينات من إضافة أو حذف أو ترميم ، وذلك بإضافة جينات تتحكم في الصفات المرغوبة أو التخلص من بعض الجينات المتحكمة في الصفات الغير مرغوبة ومثل لذلك القابلية للإصابة بالأمراض ، ومن محاسن علم الوراثة انه تم تطبيق نتائج أبحاثه في تحسين وزيادة الإنتاج النباتي والحيواني.

تعود البداية الحقيقية لعلم الوراثة إلى Gregor Johann Mendle وهو راهب نمساوي كان يعمل مدرسا للفيزياء والأحياء في مدينة برن وخلال السنوات 1857- 1865م أجرى تجاربا عدة على نبات – البسلة (البزاليا) في حديقة الدير الذي كان يعمل فيها ، وتوصل إلى اكتشاف بعض المبادئ الأساسية التي تحكم توارث الصفات ، نشر مندل نتائج تجاربه وملاحظاته في عام 1866م ومنها وضع قانوني الوراثة المشهورين (قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر).

أن الاهتمام بدراسة علم الوراثة جعل منه فرعاً كبيرا يضّم أقسام صغيرة ومنها:

1- **وراثة الخلية Cytogenetic :** وقد نشأ بعد اكتشاف عناصر ومكونات الخلية الوراثية ودورها في نقل الصفات الوراثية.

2-استخدام الأشعة في تغيير التراكيب الوراثية Radio genetics :

إن إمكانية تحوير التراكيب الوراثية من خلال استخدام الأشعة المتأينة أدى إلى ظهور قسم جديد في بحث وتفسير الظواهر الوراثية والاختلافات وهو قسم استخدام الأشعة في تغيير التراكيب الوراثية.

3-الوراثة الجزئية Molecular genetics :

إن اكتشاف التراكيب الكيمياوية للمادة الوراثية وأهميتها في مستوى الجزيئة الحيوية في تثبيت ونقل المعلومات الوراثية عن طريق الشفرة الوراثية بمعنى ذلك ظهور الوراثة الجزيئية.

4- الوراثة الكمية Quantitative genetics :

إن دراسة انتقال الصفات الوراثيةٌ الكمية أدى إلى ظهور قسم مهم تطبيقي في عمل التحسين المستمر لصفات الحيوان.

5- وراثة العشائر Population genetics :

إن البحث في الظواهر الوراثية في مستوى العشيرة والتركيب الوراثي والعوامل الوراثية التي تحور وتسبب التغاير فيهًا أطلق عليها باسم وراثة العشائر .

6-الأمراض الوراثية inherently diseases :

إن معرفة الأعداد المتزايدة من التشوهات والأمراض الخلقية والتي للوراثة دور كبير في ذلك جعل من نمو جزء جديد في الوراثة ذو أهمية كبيرة من اجل الوقاية من هذه الأمراض وظهور حيوانات صحية خالية منها.

7- الهندسة الوراثية Genetics engineering :

في الوقت الحاضر وبعد تضافر جهود مجاميع كبيرة من الباحثين تم وضع النباتات الأولى من اجل إعداد طرق جديدة في تركيب المواد الوراثية ٌوذلك من خلال عملية إعادة تركيبها سميت بالهندسة الوراثية.

قوانين الوراثة المندلية Mendel's laws

لقد فشلت كل المحاولات التي أجريت لتفسير انتقال الصفات الوراثية قبل تجارب مندل ، بسب أنها أخذت كل الصفات الوراثية معا في نفس الوقت ، ولم تأخذ كل صفة على حدة ، واستمر الغموض في تفسير انتقال الصفات الوراثية حتى ظهور نتائج Mendel تجارب مندل.

- **نجحت تجارب مندل لعدة أسباب منها:**

1- أنه أخضع نتائجه للتحليل الإحصائي.
2- أنه ركز اهتمامه على دراسة صفة واحدة في كل مرة ، أو عدد قليل من الصفات الواضحة للعيان.
3- قام بإجراء تهجينات محددة بحيث تحكم في اختيار الأبوين واللذان يختلفان في صفة واحدة أو صفتين على الأكثر من الصفات التي سبق أن اختارها.
4- وضع نظرية تقول إن الذي يتحكم في هده الصفات هي عوامل Factors والت تعرف الآن بالجينات(genes).

- **اختار مندل نبات البسلة (البزاليا) لأنه يتصف بخصائص تلائم هذه التجارب وهي: -**

1- قصر دورة حياته وهذا يؤدي إلى إمكانية زراعة 3 إلى 4 أجيال في السنة.
2- سهولة متابعة نموه.
3- وجود عدد من الصفات الوراثية المتضادة الواضحة مثل (لون الأزهار أما حمراء أو بيضاء).
4- إمكانية الحصول علي سلالات نقية وذلك لأنه نبات ذاتي التلقيح.
5 - أزهاره خنثة وبذلك يمكن من تلقيحها ذاتيا أو خلطيا بسهولة.

درس مندل الصفات المتضادة السبعة التالية- :

١- موضع الزهرة إبطي أو طرفي (قمي).

٢- لون الزهرة احمر أو ابيض.

٣- لون القرن (الثمرة) اخضر أو اصفر.

٤- شكل البذرة أملس أو مجعد.

٥- شكل القرن أملس أو محزز به اختناق بين البذور.

٦- لون البذرة اصفر أو اخضر.

٧- طول الساق طويل أو قصير.

Character الصفة	Dominant Trait الهيئة السائدة	Recessive Trait الهيئة المتنحية
Flower color لون الزهرة	Purple بنفسجي	White ابيض
Flower position موضع الزهرة	Axial جانبي	Terminal طرفي
Seed color لون البذرة	Yellow أصفر	Green أخضر
Seed shape شكل البذرة	Round مستدير	Wrinkled مجعد
Pod shape شكل قرن البذور	Inflated كاملة	Constricted مُخصره
Pod color لون قرن البذور	Green خضراء	Yellow صفراء
Stem length طول الساق	Tall طويل	Dwarf قصير

الصفات السبعة التي درسها مندل

قانون مندل الأول (قانون الانعزال) Law of Segregation

• نص قانون الانعزال:

أن العوامل الوراثية تتوزع أو تنعزل عن بعضها تماما عند تكوين الأمشاج (الجاميطات) دون تغيير ثم تعود لتزدوج بعملية الأخصاب عند تكوين الكميتات أو الفرد الجديد .

درس مندل توارث زوج واحد من الصفات في نبات البسلة وكانت تظهر في الجيل الأول صفة واحدة من الصفتين المتضادتين وأطلق مندل على الصفة التي تظهر في الجيل الأول اسم الصفة السائدة وعلي الصفة التي لا تظهر في الجيل الأول وتظهر في الجيل الثاني اسم الصفة المتنحية.

• السيقان الطويلة للنباتات ذات التركيب الوراثي (Tt) عائد إلى الاليل السائد T عبر عن صفة الساق الطويلة بطريقة طغت وسادت سيادة تامة" Complete dominance" على تعبير الاليل t الذي اعتبر متنحياً ، و يكون النسل الناتج بنسبة 3 طويل : 1 قصير.

• بعد إجراء عدة تجارب استنتج مندل أن هناك ضوابط تتحكم بتوارث الصفات في الكائن الحي أسماها عوامل Factors وعرفت فيما بعد بالجينات Genes. وتنقل العوامل من جيل إلى آخر بوساطة خلايا التكاثر الذكرية والأنثوية (الأمشاج).

تجربة مندل الأولى Mendel's First Experiment

1- اختار نبات نقي لصفة طول النبات (TT) (دائما يعطي نباتات طويلة الساق) ونبات آخر نقي لصفة القصر(tt) (دائما يعطي نباتات قصيرة الساق) وسماها جيل الآباء Parents أو P .

2- نقل حبوب اللقاح من متك زهرة إلى مبيض الزهرة الأخرى.

3- جمع البذور المتكونة ثم زرعها.

4- حصل على نباتات سماها الجيل الأول First generation أو F1 وكانت جميعها طويلة الساق (Tt).

5- قام بالتهجين بين أفراد الجيل الأول ، ثم جمع البذور ، و زرعها فحصل على أفراد الجيل الثاني Second generation أو F2 وكانت النباتات منعزلة في أطوال سيقانها بنسبة 3 نباتات طويلة الساق (Tt و Tt وTT) ونبات واحد ذو ساق قصيرة (tt).

tt قصير	×	TT طويل			الآباءP
Tt كل النسل طويل					الجيل الأول F1
Tt	×	Tt			أفراد الجيل الأول F1
t	T	×	t	T	Gأمشاج
tt	Tt	Tt	TT		أفراد الجيل الثاني F2

قصير طويل هجين طويل هجين طويل نقي

النسبة المظهرية 1 قصير : 3 طويل

النسبة الوراثية 1 : 2 : 1

قصير : طويل هجين : طويل

من النتائج التي حصل عليها مندل من تضريب نباتات البازلاء ذات الصفات النقية التي درسها، استمد مندل قانونه الأول وهو قانون انعزال الصفات.

[وذكر إن الصفات الوراثية تحدد بوحدات أو عوامل (Factors) ، تنتقل من الآباء إلى الأبناء بواسطة الأمشاج (الكميتات Gametes)، وتكون هذه الوحدات أو العوامل بصورة مزدوجة في الآباء (AA أو aa أو Aa) وعند تكوين الأمشاج أو الكاميتات تنعزل هذه العوامل عن بعضها بحيث يحصل كل كميت على واحد من هذه الأزواج]. وعند اتحاد الكميتات الذكرية والأنثوية تعود هذه العوامل إلى الاتحاد والازدواج لتكوين البيضة المخصبة الزايكوت (Zygote) ، ويظهر الجيل الأول حامل للصفة السائدة أو المتغلبة، أما الجيل الثاني فيظهر بنسبة ٣ سائد : ١ متنحي.

وأشار إلى أن العوامل المختلفة للصفة مثلا طول الساق لا تمتزج ولا يؤثر احدها على الأخرى في الهجن الناتجة من أفراد الجيل الأول ، بل إنها تنعزل Segregate ويذهب كل عامل إلى كميت مختلف وهذه الكميتات تتحد بصورة عشوائية لتكون أبناء الجيل الثاني. ولتوضح هذا المبدأ تستعمل الحروف الهجائية كرموز للعوامل أو الجينات ولكل عامل من عوامل الصفات صورتان (Allelomorphs) تحتل كل منهما نفس الموقع على احد الكروموسومين المتماثلين ، ويسمى كل فرد من هذه الصورتين أليل Allele وعلى الرغم من عدم وجود قاعدة ثابتة للرموز في علم الوراثة فان العوامل تعتبر وحدات مطلقة إذ أن كلا منهما يمكن يرمز له بالأحرف A أو B أو أي حرف آخر ولكن عادة يشير الحرف الكبير إلى ألجين السائد والصغير إلى المتنحي فإذا أخذنا الصفتين المتضادتين (الطول والقصر) لنبات البزاليا ، فان صفة الطول هي السائدة فيرمز لها بالرمز D وحيث إن صفة القصر هي نتاج لطفرة وهي متنحية فيرمز لها بالرمز d ولان كل من الصفتين تنشا من اتحاد مشيجين فيرمز للنبات النقي طويل الساق بالرمز DD وينتج نوع واحد من الأمشاج D ويرمز للنبات الهجين طويل الساق بالرمز Dd وينتج نوعين من الأمشاج D و d ويرمز للنبات النقي قصير الساق بالرمز dd وينتج نوع واحد من الأمشاج هو d.

فلو افترضنا إن تضريبا أحادي الهجين قد تم بين نباتات البزاليا طويلة وقصيرة الساق فما هي النتائج المتوقعة لهذا التضريب :

الآباء (p_1) : طويلة الساق × قصير الساق

DD dd

أمشاج الآباء (D) ↓ (d)

الجيل الأول F_1 Dd

طويلة الساق

F_1 × F_1 (إخصاب ذاتي) Dd × Dd

طويل الساق × طويلة الساق ↓ ↓

أمشاج الجيل الأول F_1 (D) (d) (D) (d)

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

ستكون النسبة ٣: ١ أي ثلاثة طويلة الساق و١ قصيرة الساق .

ومن الضروري هنا التأكيد على إن النسبة ٣:١ تتطلب توفر بعض الظواهر والشروط لتحقيق هذه النسبة وتعرف بفرضيات قانون مندل الأول وهي : (فرضيات قانون مندل الأول)

١- جميع الكميتات والزيجات تكون ذات حيوية متساوية (Equal Viability)

٢- تتحد الكميتات مع بعضها بطريقة عشوائية وبلا تفضيل (Randomness)

٣- وجود السيادة التامة في الصفة (Dominance)

٤- تتحدد الصفة بزوج واحد من الجينات (Diploid)

ملاحظات:

* النسبة المظهرية في قانون مندل الأول : 3 : 1

في حين أن نسبة التراكيب الوراثية هي : 1 :2:1

* يرمز للجين السائد بحرف كبير وللجين المتنحي بحرف صغير ، فمثلا جين الطول T سائد على جين القصر t

* تسمى t & T أليلات لأنها تحكم نفس الصفة ولها نفس الموقع على الكروموسومات المتماثلة

التلقيح الاختباري Test cross

• يجرى التلقيح الاختباري بين الفرد الذي يحمل الصفة السائدة مجهولة التركيب الوراثي مع فرد أخر يحمل الصفة المتنحية المضادة لها وذلك بهدف تحديد التركيب الوراثي المجهول للفرد ذي الصفة السائدة

مثال : حدد إذا ما كان نبات بسلة أخضر القرون صفة سائدة نقيا GG أو خلطيا Gg.

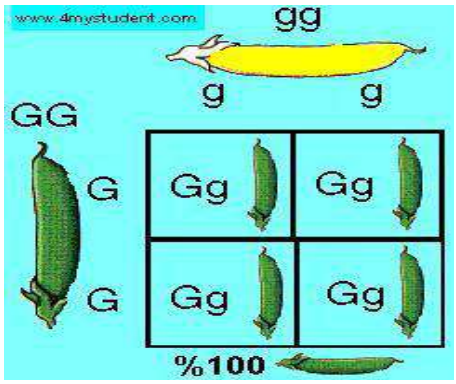
الحل : نجري تلقيحا لهذا النبات مع نبات أخر قرونه صفراء (صفة متنحية) ومن النتائج يمكننا استنتاج التركيب الوراثي لهذا الفرد.

الحل:

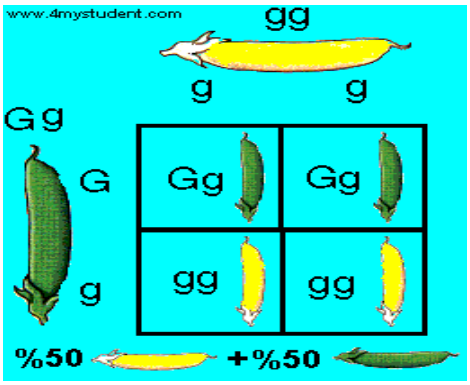
الحالة الأولى • إذا كان كل النسل الناتج من التلقيح يحمل الصفة السائدة (القرون الخضراء) فمعنى ذلك أن النبات المجهول تركيبه الوراثي نقي GG

الحالة الثانية • إذا كان نصف النسل الناتج من التلقيح يحمل الصفة السائدة (القرون الخضراء)، ونصفها يحمل الصفة المتنحية (القرون الصفراء) فمعنى ذلك أن النبات المجهول تركيبه الوراثي خلطي Gg

النبات المجهول التركيب الوراثي نقي GG الحالة الأولى



النبات المجهول التركيب الوراثي خليط Gg الحالة الثانية



التضريب العكسي Backcross :

التضريب العكسي يعني تزاوج احد أفراد نسل الجيل الأول (F1) رجعيا مع احد أبويه أو مع أفراد لهم تركيب وراثي يماثل التركيب الوراثي لأحد الأبوين .

أسئلة وتطبيقات على قانون مندل الأول (قانون الانعزال) Law of Segregation

- **نص قانون الانعزال:**

أن العوامل الوراثية تتوزع أو تنعزل عن بعضها تماما عند تكوين الأمشاج (الجاميطات) دون تغيير ثم تعود لتزدوج بعملية الأخصاب عند تكوين الكميتات أو الفرد الجديد .

أسئلة على قانون مندل الأول:

س١: في نبات القرع يسود اللون الأصفر للثمرة (G) على اللون الأخضر (g) . فما هي أنواع الكميتات التي تنتجها نباتات القرع الداخلة في التهجينات التالية وما هو المظهر من ناحية لون الثمرة:

أ-

GG اصفر × gg اخضر P1

Gg اصفر هجين F1

ب-

Gg اصفر هجين × gg اخضر P1

Gg اصفر هجين gg اخضر F1

ج-

Gg اصفر هجين × Gg اصفر هجين P1

1GG اصفر 2Gg اصفر هجين 1gg اخضر F1

س٢: لقح نبات قرع اخضر الثمرة وكان حوالي نصف النسل الناتج اصفر الثمرة والنصف الآخر اخضر الثمرة. فما هو التركيب الوراثي لكل من الأبوين.

Gg اصفر هجين	×	gg اخضر	P1
Gg اصفر هجين 1/2		gg اخضر1/2	F1

س٣: في الفئران لقحت انثتان من اللون الأسود بذكر بني اللون وفي عدة ولادات أنتجت الأنثى الأولى (٩ أفراد سوداء اللون : ٧ أفراد بنية اللون) وأنتجت الأنثى الثانية (٥٧%) أفراد سوداء . ما هي استنتاجك عن الطريقة التي ورث فيها اللون الأسود والبني في الفئران. وما هو التركيب الوراثي للآباء المذكورة في الحالتين.

الجواب

التزاوج الأول

أنثى سوداء Bb	×	ذكر بني bb	P1
٩ اسود		٧ بني	F1

التزاوج الثاني

أنثى سوداء BB	×	ذكر بني bb	P1
٥٧% اسود			F1

س٤ : ضرب نباتات بزاليا احمر الأزهار 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 : نرمز لنبات البزاليا ذو ألأزهار الحمراء بالرمز RR

نرمز لنبات البزاليا ذو الأزهار البيضاء بالرمز rr

P1: RR × r r

↓

G1: (R) × (r)

↓

F1: Rr

حمراء الازهار

* قانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر للعوامل الوراثية) Law of Independent Assortment

نص قانون التوزيع الحر:

• إذا تزاوج فردان نقيان مختلفان في زوجين أو أكثر من الصفات المتبادلة – فإن صفتي كل زوج منها تورث مستقلة عن الأخرى وتظهر في الجيل الثاني بنسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١

• أي أن انعزال أي زوج من العوامل الوراثية يكون مستقل تماما عن انعزال أي زوج آخر.

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

ولتوضيح هذا القانون الذي اعتمده مندل لتفسير نتائجه نذكر بالتفصيل تجربة التضريب ثنائي الهجين التي أجراها مندل والذي عرف من دراسته السابقة بان أليلات كل من البذور ممتلئة والصفراء بأنها سائدة على نظائرها من الاليلات المنتجة للبذور المجعدة والخضراء ، حيث كانت جميع بذور الجيل الأول F 1 الناتجة من ألتضريب ممتلئة وصفراء وعندما ترك مندل هجن الجيل الأول لكي تتخصب ذاتياً لاحظ ظهور أربعة أنماط مظهرية في الجيل الثاني F2 كان اثنان منهما مماثلان للآباء أما التركيبان الآخران كانا جديدين بنسب خاصة، فمن مجموع ٥٥٦ بذرة ظهر التوزيع الآتي:-

٣١٥ ممتلئة صفراء	←	$\frac{9}{16}$
١٠٨ ممتلئة خضراء	←	$\frac{3}{16}$
١٠١ مجعدة صفراء	←	$\frac{3}{16}$
٣٢ مجعدة خضراء	←	$\frac{1}{16}$

ظهرت النسبة ١:٣:٣:٩

وكالاتي: ولنفرض أن رمز الشكل المستدير للبذور (السائد) هو : RR

والشكل المجعد للبذور (المتنحي) هو : rr

ولنفرض أن رمز اللون الأصفر للبذور (السائد) هو : YY

واللون الأخضر للبذور (المتنحي) هو : yy

وعلية سيكون رمز النبات ذو البذور المستديرة الأصفر هو : RRYY

ورمز النبات المجعد الأخضر النقي هو : rryy

ونلاحظ أن كل فرد نبات يتكون من أربعة عوامل وراثية أثنان لكل صفة .

الاباء (p_1) : بذور ممتلئة صفراء × بذور مجعدة خضراء

rryy RRYY

↓

أمشاج الآباء (ry) (RY)

↓

الجيل الأول F1 RrYy

بذور ممتلئة صفراء

الأخصاب الذاتي ($F_1 \times F_1$) RrYy × RrYy

سنحصل على النتائج التالية:

♀ / ♂	RY	Ry	rY	ry
RY	RRYY ممتلئة صفراء	RRYy ممتلئة صفراء	RrYY ممتلئة صفراء	RrYy ممتلئة صفراء
Ry	RRYy ممتلئة صفراء	RRyy ممتلئة خضراء	RrYy ممتلئة صفراء	Rryy ممتلئة خضراء
rY	RrYY ممتلئة صفراء	RrYy ممتلئة صفراء	rrYY مجعدة صفراء	rrYy مجعدة صفراء
ry	RrYy ممتلئة صفراء	Rryy ممتلئة خضراء	rrYy مجعدة صفراء	rryy مجعدة خضراء

الجيل الثاني F_2 ١:٣:٣:٩

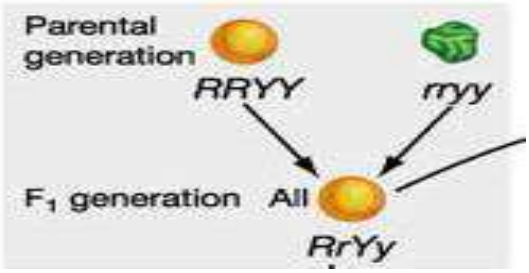
٩ ممتلئة صفراء

٣ ممتلئة خضراء

٣ مجعدة صفراء

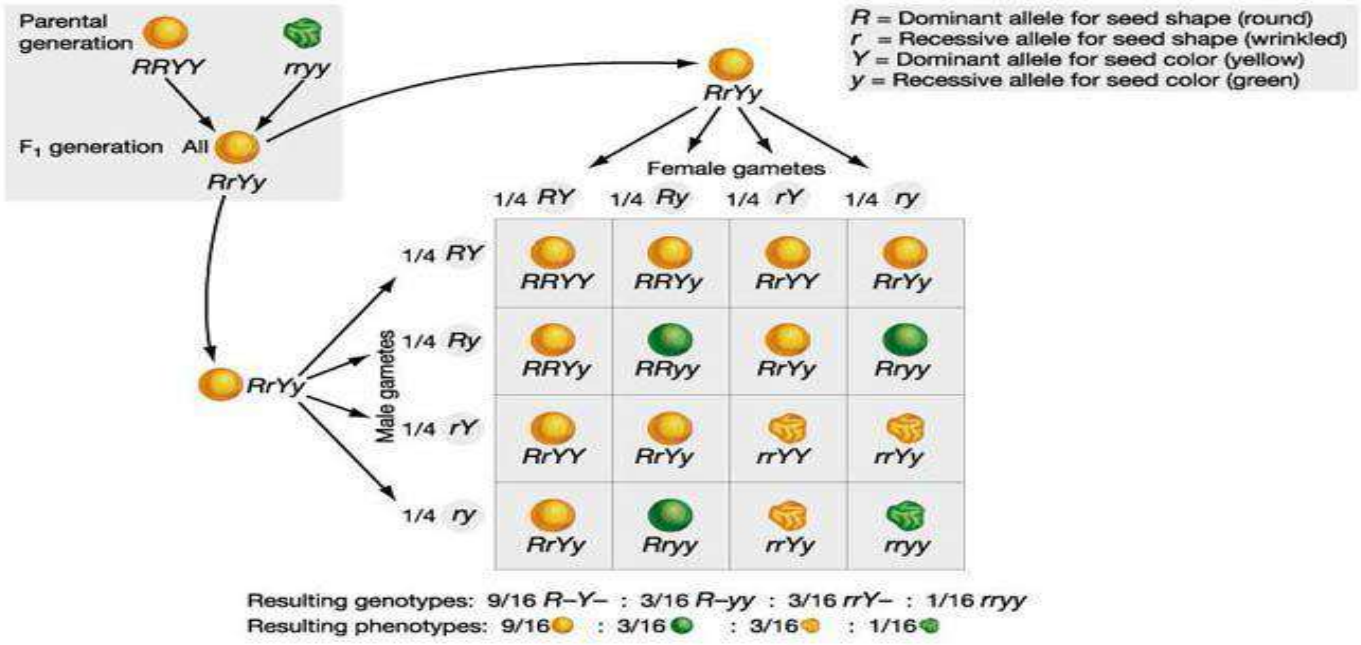
١ مجعدة خضراء

ويمكن توضيحها بالشكل التالي:



- **الجيل الثاني : 9 مستديرة صفراء + 3 مستديرة خضراء + 3 مجعدة صفراء +1 مجعدة خضراء**

(باستخدام مربع بونت)



تعاريف مهمة : .

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 .

الصفة المتنحية :

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

Gene :

هو العامل الوراثي الذي يحدد سمة واحدة في صفة معينة ويوجد على شكل أزواج . وله تأثير بايولوجي محدد .

Allelel:

هو الجين المنفرد ، وهو احد الجينات البديلة لصفة معينة مثل الاليل مسؤول عن امتلاء البذور W والاليل المسؤول عن تجعيدها w في صفة شكل بذور البزاليا ، أو أليل طول النبات T أو أليل قصرها t في صفة ارتفاع النبات.

Homozygote :

أذا كان الفرد يمتلك الليلين متماثلين لزوج صفة معينه مثل RR أو rr في شكل البذور أو هو الفرد النقي في تلك الصفة فهذا الفرد Homozygote.

Heterozygote :

إذا كان الفرد يمتلك الليلين متباينين في زوج صفة معينة مثل Rr في شكل البذور أو Tt في صفة ارتفاع النبات انه الفرد الهجين في تلك الصفة لذا فهو Heterozygous.

Phenotype (الطراز المظهري الفينوتايب):

وهو المظهر البايولوجي لصفة معينة واحدة أو أكثر وقد تكون على المستوى الكيمياوي أو البنائي أو السلوكي أو 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.

قانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر للعوامل الوراثية) Law of Independent Assortment

نص قانون التوزيع الحر:

- **إذا تزاوج فردان نقيان مختلفان في زوجين أو أكثر من الصفات المتبادلة – فإن صفتي كل زوج منها تورث مستقلة عن الأخرى وتظهر في الجيل الثاني بنسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١**

أسئلة على قانون مندل الثاني :

س١: ما هو شكل ولون البذور ونسب كل منها والناتجة في الجيل الأول والثاني من تزاوج نبات بازلاء مستدير البذور صفراء اللون مع نبات بازلاء مجعد البذور اخضر اللون. علما إن الشكل المستدير واللون الأصفر سائد على الشكل المجعد واللون الأخضر للبذور.

ملاحظة: السؤال موجود في محاضرات النظري

الجواب

لنفرض أن رمز الشكل المستدير للبذور (السائد) هو : RR

والشكل المجعد للبذور (المتنحي) هو : rr

ولنفرض أن رمز اللون الأصفر للبذور (السائد) هو : YY

واللون الأخضر للبذور (المتنحي) هو : yy

وعلية سيكون رمز النبات ذو البذور المستديرة الأصفر هو : RRYY

ورمز النبات المجعد الأخضر النقي هو : rryy

ونلاحظ أن كل فرد نبات يتكون من أربعة عوامل وراثية أثنان لكل صفة .

الاباء (p_1) : بذور ممتلئة صفراء × بذور مجعدة خضراء

rryy RRYY

↓

أمشاج الآباء (ry) (RY)

↓

الجيل الأول F1 RrYy

بذور ممتلئة صفراء

الأخصاب الذاتي ($F_1 \times F_1$) RrYy × RrYy

سنحصل على النتائج التالية:

♀ / ♂	RY	Ry	rY	ry
RY	RRYY مـمتلئة صفراء	RRYy مـمتلئة صفراء	RrYY مـمتلئة صفراء	RrYy مـمتلئة صفراء
Ry	RRYy مـمتلئة صفراء	RRyy ممتلئة خضراء	RrYy مـمتلئة صفراء	Rryy مـمتلئة خضراء
rY	RrYY مـمتلئة صفراء	RrYy مـمتلئة صفراء	rrYY مجعدة صفراء	rrYy مجعدة صفراء
ry	RrYy مـمتلئة صفراء	Rryy مـمتلئة خضراء	rrYy مجعدة صفراء	rryy مجعدة خضراء

الجيل الثاني F_2 ١:٣:٣:٩

٩ مـمتلئة صفراء

٣ مـمتلئة خضراء

٣ مجعدة صفراء

١ مجعدة خضراء

س٢: تزوج رجل أسود العينين أيسر اليد (أعسر) من امرأة زرقاء العينين يمناء اليد فأنجبا طفلين الأول أيمن اليد اسود العينين والثاني ازرق العينين أيمن اليد . ما التراكيب الوراثية للأبوين ولطفليهما علماً إن صفة سواد العيون سائدة على زرقتها ، وان صفة اليد اليمنى سائدة على اليسرى ؟

الجواب :

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

١ ـ بما إن الأب اسود العينين وألام زرقاء العينين وظهر احد الأبناء ازرق العينين إذن صفة سواد العينين عند الأب هجينة .

٢ ـ بما أن الأب أيسر اليد وإلام يمناء وظهر الأبناء كلهم أيمن اليد . صفة اليد اليمن سائدة نقية عند الأم والأب أيسر اليد متنحي نقي وتكون النتائج كالآتي :

P_1 : أم زرقاء العين يمناء اليد × أب اسود العين أيسر اليد

bb RR × Bbrr

↓ ↓

bR Bb r

↓ ↓

G١ : (bR) × [(Br) + (br)]

↓

bbRr BbRr

F1 : ازرق العينين أيمن اليد : اسود العينين أيمن اليد

س٣: لقح خنزير خشن الشعر أسود اللون بأنثى 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 و $\frac{1}{8}$ ناعمي الشعر أبيض اللون ما لتراكيب الوراثية للأبوين وللأبناء علماً أن صفتي الشعر الخشن واللون الأسود سائدتان على صفي الشعر الناعم واللون الأبيض :

الجواب :
نرمز لصفة الشعر الخشن السائد بالحرف R
نرمز لصفة الشعر الناعم المتنحي بالحرف r
نرمز لصفة اللون الأسود السائد بالحرف B
نرمز لصفة اللون الأبيض المتنحي بالحرف b
بما أن هناك خنازير ناعمة الشعر وكلا ألأبوين خشني الشعر . إذن يجب أن يكون الأبوين هجينين بالنسبة لصفة شكل الشعر ، وبما أن هناك خنازير بيض اللون وكان الأب أسود الشعر وألام بيضاء الشعر. إذن يجب أن يكون الأب أسود هجين Bb والأم بيضاء نقية bb.

لذا يكون التركيب الوراثي للآباء كالآتي :

أم خشنة الشعر بيضاء اللون × أب خشن الشعر أسود اللون

p_1: Rrbb × RrBb

G : (Rb) ، (rb) × (RB),(Rb), (rB) ,(rb)

F_1: RRBb, RrBb, RRbb, Rrbb, RrBb, rrBb, Rrbb, rrbb
خشن اسود خشن اسود خشن ابيض خشن ابيض خشن اسود ناعم اسود خشن ابيض ناعم ابيض

والنتيجة تكون:

خشن أسود = $\frac{3}{8}$ خشن أبيض = $\frac{3}{8}$

ناعم أسود = $\frac{1}{8}$ ناعم أبيض = $\frac{1}{8}$

على الطالب حفظ القوانين التالية:

عدد أزواج العوامل الهجينة	عدد الكميتات	عدد الفئات المظهرية	عدد التراكيب الوراثية	عدد التراكيب المظهرية الأصلية	عدد التزاوجات
ن	$٢^{ن}$	$٢^{ن}$	$٣^{ن}$	$٢^{ن}$	$٤^{ن}$
مثلا ن = ٢	$٢^{٢} = ٤$	$٢^{٢} = ٤$	$٣^{٢} = ٩$	$٢^{٢} = ٤$	$٤^{٢} = ١٦$

س٤: ما هي أنواع وعدد الكميتات من التراكيب الوراثية آلاتية على فرض إن هذه العوامل تنعزل مستقلة عن بعضها.

أ- AaBBCc

الحل : عدد أزواج العوامل الهجينة = ٢

إذن عدد الكميتات = $٢^{ن} = ٢^{٢} = ٤$

ABC C

A B

ABc c

aBC C

a B

aB c c

ب- AaBbCc

الحل : عدد أزواج العوامل الهجينة = ٣

إذن عدد الكميتات = $٢^{ن} = ٢^{٣} = ٨$

ABC C

B

ABc c

A

AbC C

b

Abc c

aBC C

B

aBc c

a

abC C

b

abc c

ج- AABBCc

الحل : عدد أزواج العوامل الهجينة = ١

إذن عدد الكميتات = $٢^{ن} = ٢^{١} = ٢$

ABC C

A B

ABc c

التحويرات في النسب الوراثية والمظهرية:

١ – السيادة غير التامة: مثال في نبات حلق السبع لون الزهرة أما احمر أو ابيض.

rr ابيض × RR احمر P

Rr وردي F1

rr1 ابيض 2 Rr وردي 1 RR احمر F2

النسبة المظهرية 1:2:1

النسبة الوراثية 1:2:1

ملاحظة: في حالة السيادة غير التامة النسبة المظهرية هي نفسها النسبة الوراثية (تتساوى).

٢ – السيادة المشاركة: مثال الشعر في الأبقار.

rr ابيض × RR احمر P

Rr مشترك F1

rr1 ابيض 2 Rr مشترك 1 RR احمر F2

٢ – الجينات المميتة:

الجين الميت : هو الجين الذي اذا وجد بحالة مميتة في التركيب الوراثي فانه يؤدي الى موت الفرد الذي يحمل هذا الجين بحالة نقية مما يؤدي إلى التغيير في النسبة المظهرية 1:3 . وهناك نوعين من الجينات المميتة .

أ– الجين المميت المتنحي ذات التأثير المظهري المتنحي.

وجدت هذه الحالة في الذرة الصفراء حيث تنتج أحيانا بادرات بيضاء Albino أي عديمة الكلوروفيل فلهذا نجد البادرة تستمر لمدة ١٠ أيام ثم تموت.

حيث أن: GG , Gg اخضر

Albino gg (ابيض ميت)

Gg اخضر هجين × Gg اخضر هجين P

gg يموت Gg Gg GG

3 اخضر : 0 (ابيض ميت) النسبة المظهرية

1:2 النسبة الوراثية

ب- الجين المميت المتنحي ذات التأثير المظهري السائد.

وجدت هذه الحالة في الطيور الزاحفة حيث يكون ذات ارجل قصيرة لا يستطيع السير بصورة طبيعية ولكن يقدر على الزحف والتزاوج.

حيث ان :

CC ميت
Cc زاحف
cc طبيعي

P زاحف Cc × زاحف Cc

Cc Cc Cc يموت CC

النسبة المظهرية 2 زاحف : 1 طبيعي

النسبة الوراثية 2 زاحف : 1 طبيعي

الطراز المظهري والطراز (التركيب) الوراثي :

يطلق الطراز المظهري (Phenotype) على شكل الكائن الحي الخارجي بالنسبة لصفة واحدة أو لمجموعة من الصفات فالطراز المظهري هو أي صفة متغيرة أو واضحة وقابلة للتقدير وموجودة في الكائن الحي ومثال ذلك طول الساق ولون الأزهار ، ويمكن القول أن الطراز المظهري هو محصلة نواتج ألجين 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 الإخصاب و يحمله الكائن الحي بلا تغيير (باستثناء الطفرات الوراثية) طيلة حياته ، ويكون التركيب الوراثي على نوعين :

١- متماثل الزيجة (Homozygous) وينتج من اتحاد كميتين يحملان أليلات متماثلة Identical Alleles وينتج نوعاً واحداً من الاليلات المحمولة في الكميتات ويعد التركيب الوراثي نقياً أو متماثلاً .

٢- متباين الزيجة (Heterozygous) وهو التركيب الوراثي الخليط أو الهجين (Hybrid) وينتج عند اتحاد كميتين يحملان أليلين مختلفين ، ويعطي نوعين مختلفين من الكميتات ، 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 التركب الوراثي النقي السائد مع التركيب الوراثي الهجين من حيث الشكل ألمظهري فصفة طول الساق ذي التركيب الوراثي (DD) تملك نفس النمط المظهري

للتركيب الوراثي الهجين (Dd) ولغرض معرفة النمطً الوراثي الدقيق يجرى تضريب يعرف باسم التضريب الاختباري (Testcross) والذي تم ذكره سابقا.

في تضريب الاختبار هناك احتمالين للتركيب الوراثي:

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

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

٢- آما إذا كان التركيب الوراثي الهجين المجهول متباين الزيجة (Aa) فانه يعطي نوعين من الكميتات وهي (A) و (a) ، وعند تضريبه مع الأب المتنحي (aa) والذي يعطي نوع واحد من الكميتات (a) فسوف تكون نصف الذرية الناتجة حاملة للصفة السائدة والنصف الآخر حاملة الصفة المتنحية. وكالاتي :

$$Aa \times a\ a \rightarrow \{ (A)+ (a) \} \times (a) = Aa\ \%٥٠ + aa\ 50\%$$

و للتضريب الاختباري أهمية كبيرة في علم الوراثة ويستعمل في برامج التربية العملية لتعيين النمط الوراثي لفرد ما والذي قد يحمل أليلات متنحية والتي يختفي تعبيرها باليلات سائدة.

تفاعل الجينات Genes Interaction

يتضح من الصفات التي درسها مندل أن كل صفة مظهرية مسؤول عنها جين واحد محدد ولكن حقيقة الأمر غير ذلك ، فكل صفة مظهرية ناتجة عن التفاعلات التي تتم بينالجينات ومع الظروف المحيطة بالكائن الحي.

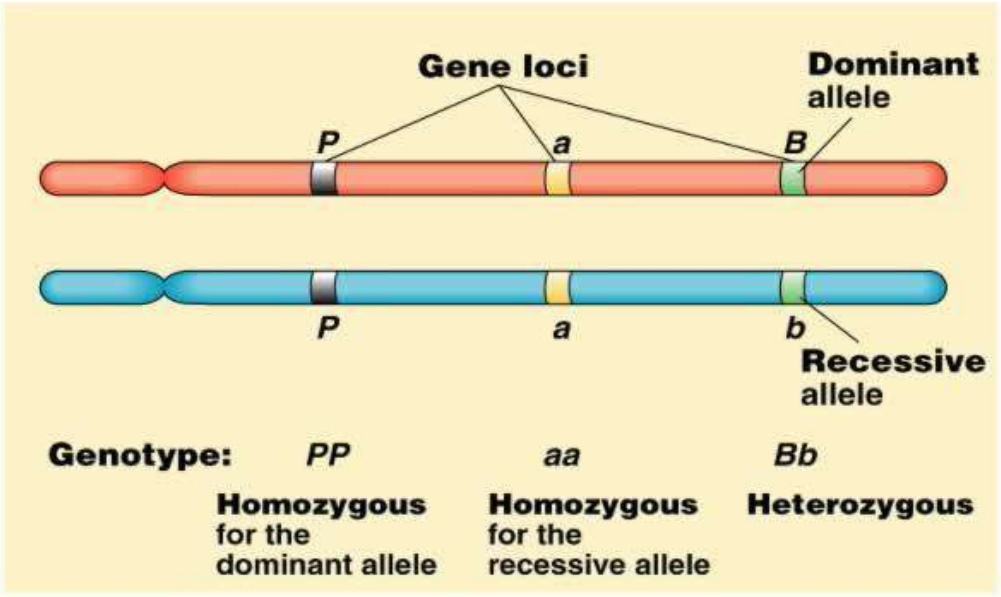
*** ما الفرق بين السيادة والتفوق؟

قد يتضح أن التفوق Epistasis مرادفاً للسيادة Dominance لمعظم طرز التفاعل الوراثي !! لكن ما هو الفرق الجوهري بين السيادة والتفوق؟

* يسمى التفاعل بين أليلات ألجين الواحد بالسيادة Dominance

* في حين يسمى التفاعل بين الجينات بالتفوق Epitasis

* وبمعنى آخر أن التفوق يتضمن علاقات تداخل (تفاعل) بين أليلات الجينات المختلفة في سلسلة واحدة من التفاعل ، بينما السيادة تعبر عن علاقة التفاعل بين أليلي أو أليلات جين (موقع) واحد.



تحويرات النسبة المندلية للشكل المظهري ١:٣

على الرغم من سريان قانون الانعزال في كثير من الكائنات الحية وعلى الصفات المتعددة فان عدد من الحالات تظهر شذوذاً عن النسبة المندلية المتوقعة وهذا يعني أما ظهور صفات جديدة غير موجودة في الأبوين ، أو أن تكون الصفة حالة وسطية بين صفة الأبوين وهذا له علاقة بموضع السيادة .

أنواع السيادة Types of Dominance

تمكن الباحثون من اكتشاف أنواع أخرى من السيادة التي أدت إلى ظهور نسب مختلفة للأنماط المظهرية في الجيل الثاني F2 تختلف عن النسب المندلية والتي تخضع صفاتها المتضادة إلى السيادة الكاملة . وهناك عدة أنواع للسيادة منها :

١- السيادة الكاملة Complete Dominance

في هذا النوع من السيادة يكون متباين الزيجة (Aa) له نفس النمط المظهري لمتماثل الزيجة (AA) أي أن ألجين المتنحي (a) موجود ولكنة مخفي وظيفيا . وتؤدي السيادة الكاملة إلى ظهور النسبة التقليدية ١:٣ في الجيل الثاني من تضريبات أحادية الهجين. وكما في المثال التالي:

tt نبات قصير	×	TT نبات طويل		الآباءP
Tt كل النسل طويل				الجيل الأول F1
Tt	×	Tt		أفراد الجيل الأول F1
t T	×	t T		Gأمشاج
tt	Tt	Tt	TT	أفراد الجيل الثاني F2
قصير	طويل هجين	طويل هجين	طويل نقي	

قصير 1 : 3 طويل النسبة المظهرية

1 : 2 : 1 النسبة الوراثية

قصير : طويل هجين : طويل

٢- السيادة الغير كاملة Incomplete Dominance (شبه السيادة)

وفيها يكون الفرد الهجين حالة وسط بين الأبوين وتؤدي إلى الحصول على أنماط ظاهرية لا يمكن تفسيرها على ضوء السيادة الكاملة كالنسبة المحورة عن النسبة المندلية ٣:١ فعند تضريب نبات ذي أزهار حمراء يعود لنبات حلق السبع مع نبات مماثل ذي أزهار بيضاء يكون ناتج الجيل الأول F1 ذي أزهار وردية Pink وفي الجيل الثاني تظهر النسبة (١ حمراء : ٢ وردية : ١ بيضاء) بسبب السيادة غير الكاملة.

rr ابيض	×	RR احمر	P
Rr وردي			F1
rr1 ابيض	2 Rr وردي	1 RR احمر	F2
1:2:1			النسبة المظهرية
1:2:1			النسبة الوراثية

ملاحظة: في حالة السيادة غير التامة النسبة المظهرية هي نفسها النسبة الوراثية (تتساوى).

٣- السيادة المشتركة (التعادلية) :Co dominance

وتظهر هذه السيادة عندما يكون بقدرة كل من الاليلين التعبير عن نفسهما في الأفراد الخليطة (الهجينة) ، ويعمل كل أليل بطريقة محددة ومستقلا عن الآخر ويكون التأثير مشتركا في متباين الزيجة وتعد انتيجينات مجاميع الدم ABO في الإنسان مثلا واضحا للسيادة المشتركة ، فالتزاوج بين أفراد من طراز دم AB سوف ينتج نسل بنسبة (١ من طراز الدم A : ٢ من طراز الدم AB : ١ من

طراز الدم B) وهذه النسبة أي ١:٢:١ محورة عن النسبة المندلية ٣:١ ولكنها خاضعة لمبدأ الانعزال أيضا .

P	AB	×	AB	
	AA	AB	AB	BB

٤- السيادة التفوقية: Over dominance

ويظهر هذا النوع من السيادة في الحالات المتعلقة بالصلاحية الحيوية مثل الحجم والإنتاجية والحيوية . وفي هذا النوع من السيادة يكون متباين الزيجة ذو نمط مظهري عند قياسه كميا أكثر من كلا الأبوين ألمتماثلي الزيجة والمثال على ذلك وراثة لون العين في حشرة الدروسوفلا حيث يسبب متباين الزيجة Ww زيادة في كمية الصبغات التالقية عن كل من متماثل الزيجة البري WW والأبيض ww ، حيث تظهر النسبة المحورة ١:٢:١ في الجيل الثاني .

P	البري WW	×	الأبيض ww	
	F1		Ww	
F2	البري 1 WW	2 Ww زيادة في كمية الصبغات	1 ww ابيض	
	النسبة المظهرية	1:2:1		

التفوق:- Epistasis

هو التفاعل بين جين ما وآخر ليس أليله ، أي تحتل مواقع مختلفة من الكروموسوم مثلا : الجينان A/a & B/b لكل منهما تأثير في صفة معينة ، ولوحظ وجود علاقة ما بينهما شبيهه بالسيادة بين الاليلات السائدة والمتنحية ويوصف ألجين الذي يطغى تاثيره على الآخر بأنه متفوق Epistatic والجين الآخر بأنه متفوق عليه Hypostatic .

*** وبمعنى آخر كما ذكر أن التفوق يتضمن علاقات تداخل بين أليلات الجينات المختلفة في سلسلة واحدة من التفاعل بينما السيادة تعبر عن علاقة التفاعل بين أليلي أو أليلات جين (موقع) واحد.**

أي أن زوجين من الصفات وهي ٩:٣:٣:١ سوف تتحور 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 الآباء. وهذا ناتج بسبب تفاعلات التفوق وتوجد تبعا للعلاقة التفاعلية بين الجينات غير الاليلية عدة أنواع من التفوق :

1- التفوق السائد Dominant Epistasis ونسبته (١٢: ٣: ١)

2- التفوق المتنحي Recessive Epistatsis ونسبته (٤:٣:٩)

3- التفوق السائد متماثل التأثير (الجينات المكررة السائدة) ونسبته (١:١٥)

4- التفوق المتنحي متماثل التأثير (العوامل المكملة) ونسبته (٧:٩)

5- التفوق المتماثل التأثير غير الكامل ونسبته (١:٦:٩)

6- التفوق السائد المتنحي ونسبته (٣:١٣)

وفيما يلي شرح لكل منهما:-

١- <u>التفوق السائد Dominant Epistasis ونسبته (١٢: ٣: ١)</u>

وفيه يعطي الاليل السائد لجين معين (A) نمطا ظاهريا يخفي نمط ألجين الآخر (B) وبأية حالة أليلية يوجد فيها الـ (B) . ولهذا يكون (A) متفوق على (B) . ولا يمكن للجين (B) أن يعبر عن نفسه إلا بوجود الاليلين (aa) بصورة متنحية (Homozygous) . ولهذا يظهر (A_B_) و(A_ bb) بنفس النمط الظاهري و(aaB_) يكون بنمط آخر وكذلك (aa bb) بنمط آخر أيضا .

ومثال ذلك القرع الصيفي (الثمار):

بيضاء × خضراء ← F1 ← كله ابيض ← F2 ← ١٢ ابيض : ٣صفراء :١ خضراء

WWYY × wwyy ← F1 ← WwYy ← F2 ← ٩W_Y_ ابيض : ٣ wwY_ اصفر: ١wwyy اخضر

٣ W_ yy ابيض

ألجين (العامل) W يعطي اللون الأبيض = ١٢

ألجين (العامل) Y يعطي اللون الأصفر بشرط وجود ww = ٣

ألجين (العامل) ww yy يعطي اللون الأخضر = ١

٢ – التفوق المتنحي Recessive epitasis ونسبته (٩:٣:٤)

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

المثال كما في البصل :

احمر × ابيض ← F1 كله احمر ← F2 ٩ احمر : ٣ اصفر : ٤ ابيض

CC RR × cc rr ← F1 Cc Rr ← F2 C. R. : C. rr : cc . .

تفسير النتائج كما يلي :

ألجين C يسبب الصبغة ، واليله المتنحي (c) لا يسبب الصبغة ، والجين R يحدد لون الصبغة الحمراء واليله المتنحي (r) يحدد اللون الأصفر، ولذلك التراكيب الوراثية للسلالة الحمراء هي CCRR وللسلالة البيضاء هي ccrr والتركيب الوراثي للجيل الأول هو CcRr ، أما أفراد الجيل الثاني فتكون :

٩ حمراء C. R.

٣ صفراء C. rr

٣ بيضاء cc R .

١ ابيض cc rr

والنتيجة نحصل على ثلاثة أشكال مظهرية (٩ أحمر و٣ أصفر و٤ أبيض) ومن هنا نلاحظ إن كل من الجينيين R , r لا يستطيعان تكوين اللون إلا في حالة وجود ألجين C الخاص بتكوين الصبغة، أما في حالة وجود ألجين المتنحي c فيصبح تأثير ألجين المكون للون منعدما كما في التراكيب الوراثية ccrr و ccR .

٣ – التفوق السائد متماثل التأثير (الجينات المكررة السائدة) ونسبته (١٥:١)

في هذه الحالة تعطي الاليلات السائدة لكلا الموقعين للجينين A وB نفس الشكل المظهري Phenotype دون أن تظهر تأثيرا تراكميا.

المثال:

شكل العلبة في ثمرة نبات كيس الراعي (ثمرة النبات)

مثلث الثمرة × بيضوي ← F1 مثلث الثمرة ← F2 ١٥ مثلث : ١ بيضوي

$T_1T_1T_2T_2$ × $t_1t_1t_2t_2$ ← F1 $T_1t_1T_2t$ ← F2 ٩ مثلث $T_1.\ T_2.$: ١ بيضوي $t_1t_1t_2t_2$

٣ مثلث $T_1.\ t_2t_2$

٣ مثلث $t_1t_1\ T_2.$

٤- التفوق المتنحي متماثل التأثير (العوامل المكملة) ونسبته (٩:٧)

وفيه يعطي التركيبين الوراثيين المتنحيين aa وbb للموقعين الجينيين أشكالا ظاهرية متشابهه، ذلك يكون (aaB ـ) ، (A ـ bb) ، (aa bb) لهم نمط ظاهري واحد(متشابه) وعندما يوجد الاليلان السائدان معا سيعطيان نمطا ظاهريا مختلفا.

مثال : لون الأزهار في البزاليا :

ابيض × ابيض ← F1 قرمزي ← F2 ٩ قرمزي : ٧ ابيض

cc PP × CCpp ← F1 CcPp ← F2 ٩ C . P . : قرمزي ٣ C. pp ابيض

٣ cc P . ابيض

١ cc pp ابيض

٥- التفوق المتماثل التأثير غير الكامل ونسبته (٩:٦:١)

في ثمار القرع ، توجد ٣ أشكال مظهرية (القرصي والكروي والمستطيل) ويسود الشكل القرصي على الكروي ولكنحين أجري تهجين بين نباتين كرويين كان الجيل الأول كله نباتات قرصية الشكل ووجد في الجيل الثاني ثلاثة أشكال مظهرية للثمرة بنسبة: (٩:٦:١)

كروي × كروي ← F1 كله قرصي ← F2 ٩ قرصي : ٦ كروي : ١ مستطيل

aaBB × AAbb ← F1 AaBb ← F2 ٩ A-B- : ٣ aaB_ : ١aabb مستطيل

: ٣A_bb كروي :

٦ – التفوق السائد المتنحي ونسبته (١٣:٣)

وفيه يعطي النمط الوراثي السائد في احد الموقعين مثلا A والنمط الوراثي المتنحي للموقع الآخر bb نفس الشكل المظهري وبذلك تعطي التراكيب الوراثية (A_ B_) و (aa B_) و (aa bb) نفس الشكل المظهري ويكون النمط الوراثي (A_ bb) فقط مختلف عنهم ،والمثال على ذلك لون الريش في بعض سلالات الدجاج :

اللكهورن (ابيض)× بليموثروك(ابيض) ← F1 كله ابيض ← F2 ١٣ ابيض : ٣ ملون

CCII × ccii ← F1 CcIi ← F2 ٩ C . I . ابيض : ٣ C . ii ملون

كله ابيض . cc I ٣ ابيض

١ cc ii ابيض

الاليلية والاليلات المتعددة وتاثيرها في التحورات المندلية
Allelism and Multiple Alleles

الأليلات المتعددة Multpile Alleles

اقتصرت الأمثلة الوراثية السابقة على التعامل بزوج واحد من الاليلات للجين الواحد aa و Aa و AA ولكن في حقيقة الامر فان الموقع الجيني المعين قد يشغل بأليل واحد من ثلاثة او اربعة او اكثر من سلسلة من الاليلات المتعددة لجين معين ، وعلى الرغم من وجود عدد كبير من الإليلات للجين الواحد إلا أن الفرد لايحوي أكثر من أثنين منهما في نفس الوقت ، في حين لا تحمل الأمشاج إلا اليل واحد.

إن تغيير الجين إلى أشكال بديلة أخرى Alternative forms يتم عن طريق الطفرات فمن الممكن نظريا حدوث طفرات متعددة في الجين ، وتسمى هذه الطفرات المتعددة في الجين الواحد بالاليلات المتعددة اذا ما تسببت في تغييرا في النمط الظاهري البري للكائن.

توجد في العشائر البرية الكثير من الصفات التي تستخدم في الابحاث الوراثية والتي لايعرف طريقة نشاتها وكثيرا ما تظهر افراد اخرى في نفس العشيرة تحمل صفات جديدة مختلفة تماما عن الصفات الموجودة اصلا في العشيرة والتي يمكن الحصول منها على سلالات نقية وثابتة. وتعرف النشاة الذاتية لهذه الصفات بالطفرة الطبيعية Natural Mutation. فوجود صور مختلفة للصفة الواحدة والتي تعطي تاثيرات مختلفة على نفس الجزء من النبات او الحيوان من اهم الاسس للاستدلال على وجود الجينات وملاحظة الانعزال والتراكيب المختلفة والاشكال المظهرية الناتجة عن اي تزاوج بين فردين يحملان صفتين متفارقتين (مختلفتين) فمثلا لو كانت جميع الازهار في نبات البازلاء حمراء اللون لما تمكن مندل من تعيين السلوك الوراثي لصفة اللون في الازهار فوجود نباتات بيضاء الازهار واخرى حمراء الازهار كان عاملا اساسيا ساعد مندل على دراسة السلوك الوراثي لهذه الصفة في التلقيحات المختلفة بين نباتات تحمل ازهار حمراء واخرى تحمل ازهار بيضاء واستدل من نتائج هذه التهجينات على جين يتحكم في وراثة هذه الصفات.

لذلك لايمكن الاستدلال على وجود جين معين قبل ان يتوفر له على الاقل صورتان (اليلان) وان يكون لكل منهما تاثير متميز عن الاخر. وليس من الضروري بطبيعة الحال ان توجد بكل صفة صورتان فقط (اليلان) فقد يكون لصفة ما ثلاثة او اربعة او اكثر من الصور(اليل). ويستعمل لفظ طفرة Mutation للدلالة على جميع اشكال التغيرات التي ينتج عنها صور وراثية مختلفة وثابتة.

وقد يحدث هذا التغيير بحيث ينتج عنه طفرة سائدة او متنحية ، واذا امكن للجين ان يطفر مرة فليس هناك ما يدعو لان نفترض ان المادة الوراثية لاتقدر ان تتغير مرة ثانية وثالثة ورابعة لتنتج اليلات جديدة لنفس الجين الاصلي ، فاذا حدث ذلك تكونت مجموعة من الاليلات لنفس الجين تكون سلسلة من الاليلات Multpile Alleles Series ومهما يكن عدد هذه الاليلات في اي سلسلة منها فان الفرد الثنائي المجموعة الكروموسومية لايحمل في خلاياه الجسمية اكثر من زوج من هذه الاليلات ولايحمل في خلاياه التوالدية (الكاميتات) الا واحد منها فقط كما ذكر سابقا.

ومن الامثلة على الاليلات المتعددة:

١- لون الفراء في الارانب Coat Colour in Rabbits يتحكم بها ٦ اليلات.

٢-لون العيون في ذبابة الفاكهة Eye Colour Variants in Drosophila يتحكم بها ١٤ اليل.

٣-عدم التوافق الذاتي في الانسان Self-Incompatibility يتحكم بها حوالي ٥٠ اليل.

٤- مجاميع الدم في الانسان Blood Group Seriese يتحكم با ثلاثة اليلات.

أ- Blood Group A.B.O.

ب- Blood Group M-N

ت- Rh- factor

*** المميزات العامة للاليلات المتعددة:-

١-تؤثر الاليلات المتعددة عادة على صفة وراثية محددة مسببة درجات متفاوتة من التعبير.

٢-من الضروري وجود صور مختلفة للصفة الواحدة بحيث يمكن التعرف على وجود الجينات الوراثية المسئولة عن إظهار هذه الصفة.

٣-إذا لابد من وجود أليلان على الأقل (Alleles) حتى نستطيع التعرف على وجود جين معين بحيث يكون لكل منهما تأثيره المختلف عن الآخر.

٤-يحمل الكائن الحي ثنائي العدد الكروموسومي اليلين فقط من هذه الاليلات مهما كان عددها.

٥-تحمل الكاميتة اليلا واحدا فقط.

٦-تخضع الاليلات المتعددة لنفس قوانين الانتقال الوراثي على الرغم من تباين علامات السيادة والتنحي بينهما.

٧-توجد الاليلات المتعددة في كل انواع الجينات تقريبا.

٨-الاليل البري دائما (تقريبا) سائد على الاليلات الاخرى في السلسلة.

٩-وجود ظاهرة الاليلات المتعددة للجين الواحد يمكن اكتشافه او تحديده باستخدام التلقيحات الوراثية بين افراد العشيرة المعينة.

١٠ - مصدر الاليلات المتعددة هو الطفرات Mutations.

*** وبهذا يمكن ان تعرف الاليلية بأنها:

((وجود صور مختلفة لنفس الجين نتيجة لحدوث طفرة تؤدي إلى الاختلاف في المظهر بحيث أن جميع الاليلات تحتل نفس الموقع على الكروموسوم))

ومن الامثلة على الاليلات المتعددة:

١ – لون الفراء في الارانب Coat Colour in Rabbits يتحكم بها ٦ اليلات:

تم اثبات وجود اكثر من اليلين للجين الواحد ومثال على ذلك في الارانب او القوارض حيث تشترك الارانب بعضها مع بعض في ان افرادها ذات الوان متعددة ، فاللون البري Wild type يعرف باللون الاكوتي (Agouti) بجانب الوان اخرى منها ظهرت كطفرة طبيعية وسنناقش السلوك الجيني للون الفراء في الارانب.

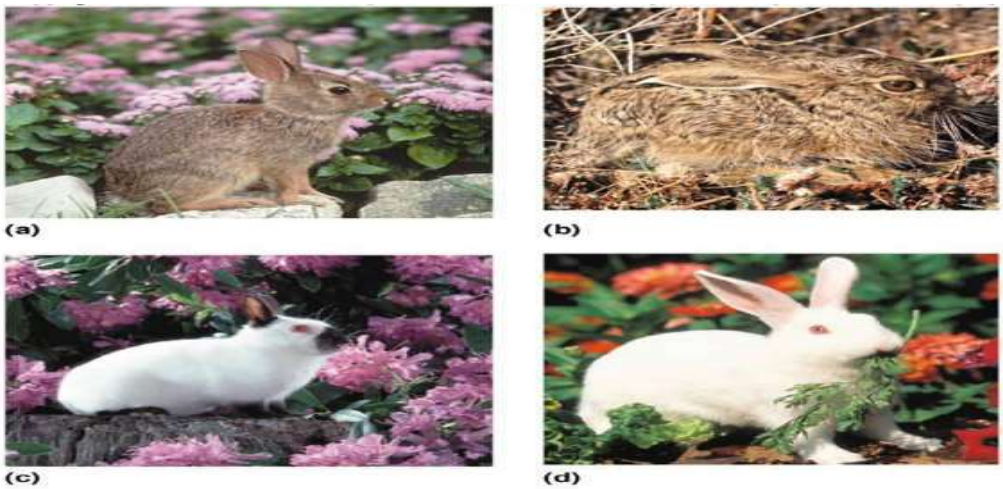
*** يتحكم بلون الفراء البري للأرنب ألجين (C) وهو على عدة انواع:

نوع الارنب	تركيبه الوراثي	صفاته العامة	السيادة
الاكوتي (Agouti)	C^+C^+ ، C^+c^{ch} C^+c^h ، C^+c	ملون حلقات متتالية من اللون الرمادي والاصفر والاسود	سائد على الجميع
الشنشلا Chinchilla	$c^{ch}c^{ch}$ $c^{ch}c^h$ ، $c^{ch}c$	الفضي عندما يكون متماثل الزيجة أما في حال كونه متباين الزيجة مع أليل ذا سيادة اقل فانه ينتج اللون الرمادي الفاتح	سائد على الهيمالايا والالبينو ومتنحي امام الاكوتي
الهيمالايا Himalayan	c^hc^h ، c^hc	الأرنب الأبيض ذو النهايات السوداء (الاذان ومقدمة الراس والذيل والاقدام)	سائد على الالبينو ومتنحي امام الاكوتي والشنشلا
الامهق albino	cc	اللون الابيض ولون العيون وردي	متنحي امام الجميع

العلاقة الرياضية بين أليلات وراثة لون فراء الأرنب

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

السيادة



لون الفراء في الارانب : a :الطراز البري، : b الشنشلا، : c الهيمالايا و : d الامهق (الالبينو)

فاذا تم التزاوج مثلا بين :

اولا

P	$c^{ch}\ c^{ch}$ شنشلا	×	$C^{+}C^{+}$ اجوتي
F1	$C^{+}\ c^{ch}$ اجوتي هجين لشنشلا		
F2	1 $c^{ch}\ c^{ch}$ شنشلا	2 $C^{+}\ c^{ch}$ اجوتي هجين لشنشلا	1 $C^{+}C^{+}$ اجوتي

ثانيا

P	$c^{h}\ c^{h}$ هملايا	×	$c^{ch}\ c^{ch}$ شنشلا
F1	$c^{ch}\ c^{h}$ شنشلا هجين لهملايا		
F2	1 $c^{h}\ c^{h}$ هملايا	2 $c^{ch}\ c^{h}$ شنشلا هجين لهملايا	1 $c^{ch}\ c^{ch}$ شنشلا

ثالثا

P	c c البينو	×	$c^{h}\ c^{h}$ هملايا
F1	c^{h} c هملايا هجين لالبينو		
F2	1 c c البينو	2 c^{h} c هملايا هجين لالبينو	1 $c^{h}\ c^{h}$ هملايا

وهكذا لبقية التزاوجات حسب نوع السيادة.

ويمكن القول من هذه النتائج ان لون الفراء في الارانب يتحكم فيه سلسلة اليلات لجين واحد.

٢- اليلات عدم التوافق الذاتي Self-Incompatibility Alleles يتحكم بها حوالي ٥٠ اليل:

يقصد بظاهرة عدم التوافق الذاتي ان حبوب اللقاح لاتستطيع ات تلقح مدقات نفس الزهرة او مدقات زهرة اخرى لها نفس التركيب الوراثي.

تعتبر سلسلة الاليلات المتعددة لعدم التوافق الذاتي او الجنسي من السلاسل الاليلية المهمة ، حيث ان معظم النباتات تحتوي على الاعضاء الذكرية والانثوية لنفس الزهرة والتي تسمى بالازهار الخنثى اي ان كل نبات ينتج طبيعيا الكميتات المذكرة (حبوب اللقاح) والكاميتات المؤنثة (البويضات) التامة الحيوية ، ولكن وجد في بعض النباتات مثل معظم النباتات البرية والتبغ والبرسيم وكذلك في نباتات العائلة الصليبية مثل الفجل والشلغم واللهانة ان عملية اخصاب حبة لقاح نفس النبات لنفس البيضة الموجودة في نفس الزهرة لاتتم بالرغم ان كل من حبوب اللقاح والبويضات تامة الحيوية حيث يكون شكل الزهرة فيها يشبه شكل الصليب وتظهر فيها هذه الظاهرة (عدم التوافق الذاتي) Self-Incompatibility .

ووجد في بعض النباتات انها عقيمة ذاتيا وتنتج بذور فقط عندما تلقح بحبوب لقاح من نبات اخر من نفس الصنف له تركيب وراثي معين ولاتنتج بذور عندما تلقح ذاتيا ، كما وجد ان بعض النباتات عقيمة خلطيا اي لاتنتج بذور عن طريق التلقيح الذاتي او اذا لقحت من نبات اخر له تركيب وراثي معين.

الاساس الوراثي لهذه الظاهرة لم يعرف الا في عام ١٩٢١م من قبل Manglasdroff and East اللذان درسا السلوك الوراثي لهذه الظاهرة على نبات التبغ Tobacoo حيث تكون الزهرة في هذا النبات كاملة ، حيث لاحظا ان حبوب اللقاح التي تكونت لم تستطيع من تلقيح البويضة وبالتالي لم تستطيع من تكوين البذور وسميت هذه الظاهرة بالعقم الذاتي Self-Sterility وهذه التسمية خاطئة حيث عندما نقول عقيم هذا يعني ان حبوب اللقاح او البويضات غير فعالة ولكن في هذه الحالة فان حبوب اللقاح والبويضات تامة الحيوية.

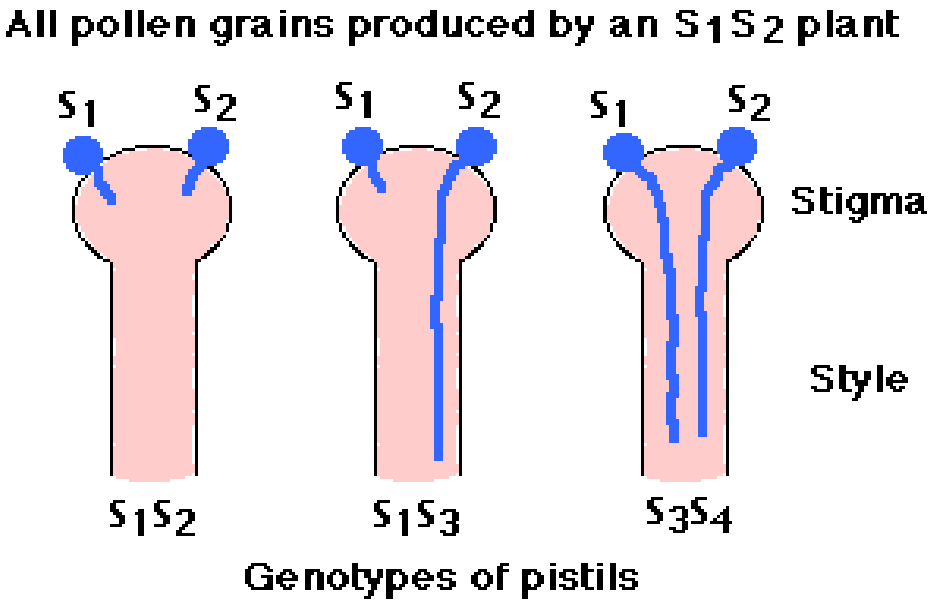
فقد فرض وجود جينات معينة او وجود تركيب وراثي معين يمنع حبوب اللقاح من النمو على المدقة وبالتالي عدم وصولها الى البويضة وهذا مما ادى الى اكتشاف سلسلة اليلات عدم التوافق الذاتي ، ووجد ان التنافر يرجع إلى وجود سلسلة طويلة من أليلات جين واحد (مثلاً الجين SS له أليلات S^1 S^2 S^3 S^4) والرمز S جاء من مصطلح العقم Sterility ، و حبوب اللقاح المحتوية على الأليل S^1 مثلاً لا تنجح في النمو طبيعياً في لتخترق قلم عضو التأنيث الذي يحمل نفس الأليل S^1 ، و بالتالي لاتصل نواة حبة اللقاح إلى نواة البويضة فلا يحدث الإخصاب. فقد وجد انه في النبات الثنائي المجموعة الكروموسومية Diploid والذي يكون نقي وراثيا اي ان حبوب اللقاح والبويضات

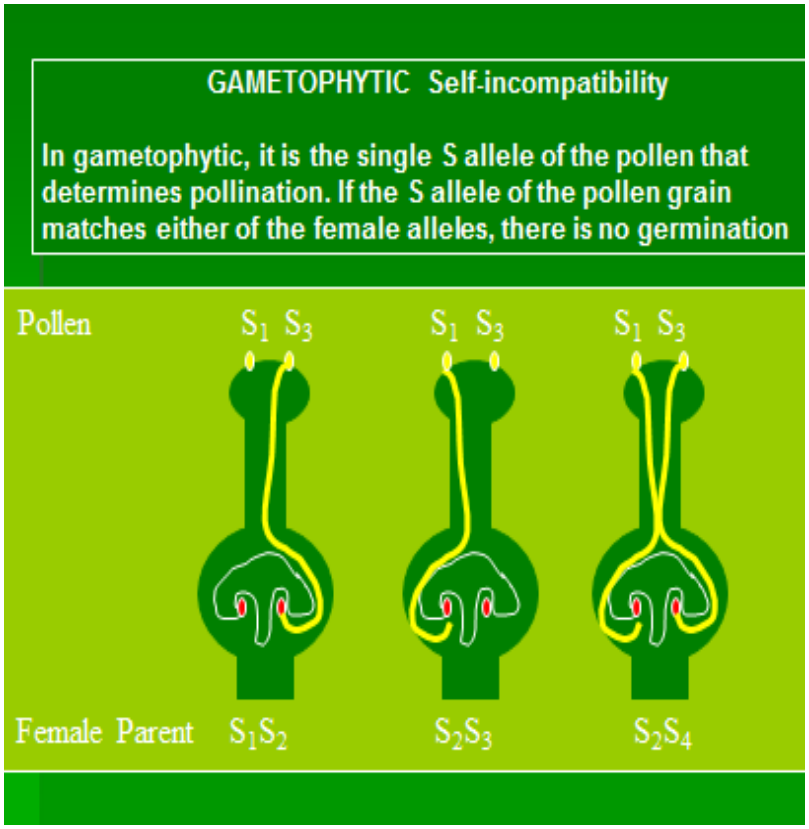
يكون لها نفس التركيب الوراثي ($S^2 S^1$) فان حبوب اللقاح لاتستطيع ان تلقح البويضة لتشابه التركيب الوراثي لكليهما فتظهر فيهما ظاهرة عدم التوافق الذاتي.

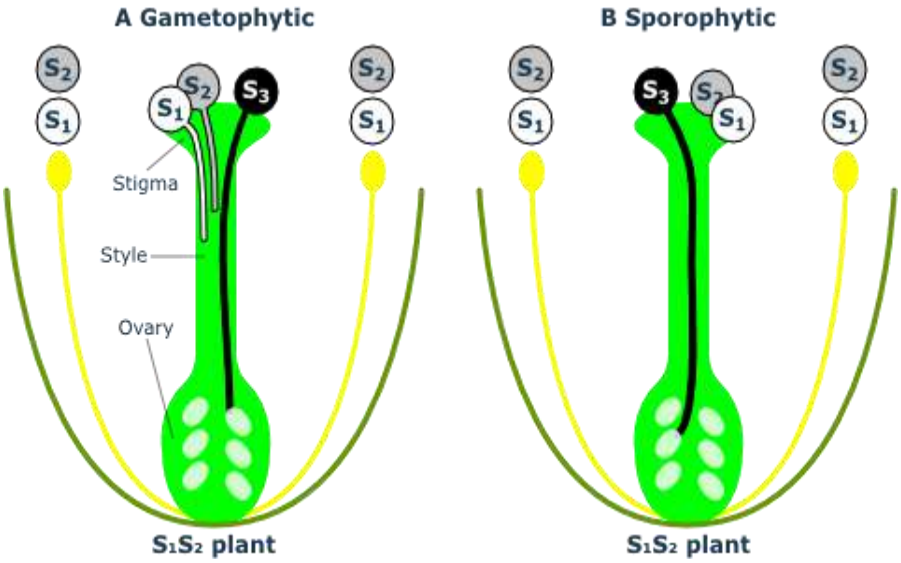
لكن وجد ان اذا لقح النبات ذات التركيب الوراثي للبويضات ($S^2 S^1$) بنبات اخر ذات حبوب لقاح تركيبها الوراثي ($S^3 S^1$) فان (S^1) لاتستطيع ان تخترق الميسم لوجود تركيب وراثي مشابه له في البويضة (S^1) اما (S^3) فانها تستطيع ان تخترق الميسم لانها ذات تركيب وراثي مختلف عن ($S^2 S^1$) الموجود في البويضة فاما ان تلقح (S^1) مكونة ($S^3 S^1$) او ان تلقح (S^2) مكونة ($S^3 S^2$) ، واذا تم التلقيح بحبوب لقاح ذات تركيب وراثي ($S^4 S^3$) مع النبات ذات التركيب الوراثي للبويضات ($S^2 S^1$) فالاثنان ($S^4 S^3$) تستطيعان اختراق الميسم وتكوين التراكيب الوراثية التالية بعد اتحادها مع التراكيب الوراثية للبويضات ($S^2 S^1$) وهي اما ($S^3 S^1$) ($S^3 S^2$) او ($S^4 S^1$) ($S^4 S^2$) ، وتم الاستمرار بها الى ان تم اكتشاف ٥٠ اليل منها. وكما ذكر فانه في النباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية من مجموع ٥٠ اليل يوجد فيها اليلان فقط من هذه الاليلات.

وبذلك من هذه الظاهرة اي عدم التوافق الذاتي تكون مهمة لحصول ظاهرة قوة الهجين في النباتات Heterozygous المختلفة التركيب الوراثي مثلا (Aa) ، عند اجراء التلقيح بين حبوب لقاح ذو تركيب وراثي مختلف عن التركيب الوراثي للبويضات بهدف نقل بعض الصفات المهمة للجيل الاول من الاباء الداخلة في التهجين.

*** والصور التالية توضح ظاهرة عدم التوافق الذاتي بين التراكيب الوراثية المتشابه لحبوب اللقاح والبويضات:







*** وهناك مايسمى بعدم التوافق الخلطي Cross-Incompatibility وهو عدم التوافق الخلطي هو عدم نجاح التهجين بين نباتين مختلفين وراثيا فمثلا حبوب لقاح زهرة نبات الطماطا لاتستطيع من تلقيح ميسم زهرة نبات التبغ.

٣- مجاميع الدم في الانسان Blood Group Seriese يتحكم با ثلاثة اليلات.

***** اولا : مجاميع الدم.A.B.O Blood Group**

تعتبر دراسة مجاميع الدم في الانسان من اهم الدراسات التي تناولها الباحثون في السنين الاخيرة وذلك لاهمية عملية نقل الدم من شخص لاخر ، حيث يعتبر دم الانسان احد الانسجة الشاذة بمعنى انه يمكن جمع عينات متتالية منه لاجراء التحليلات الكيمياوية المختلفة عليه ، وبذلك يعتبر دم الانسان الشئ الوحيد الذي يمكن فيه تحديد اثر جينات مفردة عن طريق المواد التي تفرزها هذه الجينات في الدم ، في حين ان الصفات الاخرى في الدم ما هي الا محصلة تفاعل عدد كبير من هذه الجينات ويتكون دم الانسان من جزئيين اساسين هما:-

١- الخلايا Cells :

تتكون الخلايا الموجودة في دم الانسان من نوعين مختلفين هما كريات الدم البيضاء ووظيفتها الدفاع ضد الامراض داخل الجسم فقط وكريات الدم الحمراء ووظيفتها هو نقل الغذاء والهيموكلوبين داخل الجسم.

٢- السائل Plasma :

يتكون دم الانسان من جزء اخر يسمى بالبلازما (السائل) ويحتوي هذا السائل على عدد كبير من المواد الكيمياوية المتباينة في حالة سيولة وهي البيئة اللازمة والتي من خلالها تعمل كل من الاملاح والهرمونات والبروتينات على اعطاء صفة المناعة للانسان ضد الامراض وتنتقل هذه الصفة من الاباء الى الابناء.

فمنذ قديم الزمان عرف الإنسان أنّ الدم ضروري للحياة وأنه إذا فقد الكثير من الدم يكون قد عرّض حياته للخطر. ومع تطوّر العلوم في القرن التاسع عشر وبعد تطوير المجهر الضوئي وزيادة استعماله اتضح أنّ دماء الناس لا تختلف من ناحية المظهر فكلها تتألف من نفس أنواع الخلايا ومن نفس البلازما ، لذلك ظنّ العلماء أنه بالإمكان نقل الدم من شخص إلى آخر دون أن يسبب ذلك أي ضرر. غير أنّ المحاولات الأولى التي أجريت آنذاك باءت معظمها بالفشل ومات معظم الذين أجريت لهم عملية نقل دم.

في بداية القرن العشرين قام عالم نمساوي يدعى "Landsteiner" لاندشتاينر بإجراء دراسة واسعة استمرت عدة سنوات الهدف من ورائها مقارنة دماء الناس مع بعضها ومعرفة التشابه والإختلاف بينها. وقد فعل ذلك من خلال أخذ عيّنات كثيرة من الدم وخلطها معاً لفحص فيما إذا كان هذا الخلط يؤدي إلى تجلّط الدم أم لا.

وذكر انه يوجد في مصل دم الانسان نوعين من الاجسام المضادة (Antibody) ونوعين من المستضدات Antigens على سطح كريات الدم الحمراء.

((ويعرف الانتجين بانه مادة بروتينية غريبة على الجسم اذا حقنت في دم احد الحيوانات تقوم احد مكونات الدم بافراز اجسام مضادة لتتفاعل معها وتحفظ الجسم منها)).

فمصل الدم لبعض الافراد قد لايحتوي على الاجسام المضادة او قد يحتوي على واحدة فقط او على نوعي الاجسام المضادة معا . وكريات الدم الحمراء قد لاتحمل أي مستضد 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 والاجسام المضادة Antbody كما ذكرنا سابقا وهي:

١- افراد مجموعة الدم A:

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

٢- 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.

٣- افراد مجموعة الدم AB:

وتكون كريات الدم الحمراء حاوية على الانتيجينين A وB لذا فان مصلهم لايحتوي على اي اجسام مضادة.

٤- افراد مجموعة الدم O:

لا تحتوي كريات الدم الحمراء على أي انتيجين بل يحتوي مصلهم على نوعي الاجسام المضادة A وB . ورمز O مشتقة من كلمة Zero.

والجدول التالي يوضح ذلك:

فصيلة الدم	نوع الانتيجين Anti gene في كريات الدم الحمراء	نوع الأجسام المضادة Antibodies في بلازما الدم او المصل
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A و B	----
O	---	Anti-A + Anti-B

*** من دراسة السلوك الوراثي لمجاميع الدم ABO اتضح وجود سلسلة من الاليلات المتعددة تتحكم في هذه الصفة واعطي لها الرمز (I) الذي جاء من مصطلح Iso-Agglutination التلزن المتماثل وهي كالاتي :

فصيلة الدم	التركيب الوراثي لها
A	$I^A i$, $I^A I^A$
B	$I^B i$, $I^B I^B$
AB	$I^A I^B$
O	I i

I^A للاليل المتحكم في انتاج الانتيجين A

I^B للاليل المتحكم في انتاج الانتيجين B

i للاليل الذي لاينتج أي انتيجين O

والسيادة بين الاليل I^A والاليل I^B هي سيادة مشتركة Co-Dominance حيث ان الفرد الخليط التركيب الوراثي ($L^A L^B$) يحمل الانتيجينين A وB على كريات الدم الحمراء ، بينما تكون السيادة كاملة بين كل من I^A وI^B مع الاليل (i) ويمكن التعبير من هذه العلاقة كما يلي :

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

والخلاصة : يخضع توارث فصائل الدم في الانسان لتاثير ثلاثة أليلات وهي :

$i < I^A$

سيادة تامة

$i < I^B$

سيادة تامة

$I^B = I^A$

سيادة مشتركة

$I^B = I^A > i$

سيادة مشتركة سيادة تامة

مثال: ماهي فصائل الدم الناتجة من التلقيح الاتي لشخصين يحملان صنف الدم الاتي:

P1 $I^A i$ X $I^B i$

G $I^A i$ $I^B i$

F1 $I^A I^B$: $I^A i$: $I^B i$: i i

AB : A : B : O

P1 $I^A I^A$ X ii

G2 I^A i

F1 $I^A i$

A

P1 I^Ai X ii
G2 I^A i i
F1 I^Ai : i
A : O

P1 I^AI^B X I^Ai
G2 I^A I^B I^A i
F1 I^AI^A : I^A i : I^A I^B : I^B i
A : A : AB : B

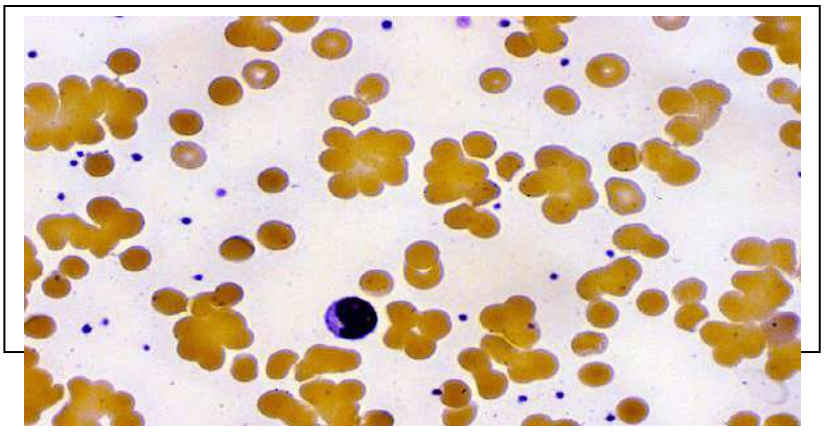
وهكذا لبقية الاحتمالات.....

في السنوات التي تلت أبحاث Landsteiner تمّ التعرف على هوية هذه المواد واتضح أنها مواد كربوهيدراتية توجد في أغشية الخلايا الحمراء. هنالك الكثير من المواد التي توجد في أغشية الخلايا الحمراء لكنها قد تكون جميعها متشابهة بين الناس والإختلاف قد يكون في مادتي ال A و B فقط ولا توجد أية أفضلية فسيولوجية لهذه المواد. فدم الشخص من الفصيلة A ليس أفضل من دم الشخص من الفصيلة B ودم الشخص من الفصيلة O ليس أفضل من دم الشخص من الفصيلة AB ، وهكذا. ألأهمية الوحيدة لهذه الفصائل هو أنه يجب أخذها بعين الاعتبار لدى إجراء نقل دم (Blood Infusion).

نعرف اليوم أنّ الأشخاص الذين يحملون الفصيلة A توجد في بلازما دمهم أجسام مضادة ضد المادة B (anti–B) ولا توجد لديهم أجسام مضادة ضد المادة A (anti–A). ووفقاً لما نعرفه عن جهاز المناعة ، فإن المادة A تعتبر عند أولئك الأشخاص الذين يحملون الفصيلة A مركباً ذاتياً لا يقاومه جهاز المناعة ولذلك لا يكوّن ضدها أية أجسام مضادة. أمّا المادة B فهي مركّب غير ذاتي بالنسبة لهم لذلك يستطيع جهاز المناعة أن يكوّن أجساماً مضادة ضدها. بنفس المبدأ يمكن أن نحدد أنواع الأجسام المضادة في سائر فصائل الدم.

التبرع بالدم

إذا أضفنا أجساماً مضادة من النوع anti-A إلى خلايا دم حمراء من النوع A ، فإنّ هذه الأجسام المضادة ترتبط بجزيئات المادة A الموجودة في أغشية الخلايا الحمراء وتسبب تلاصق الخلايا (تسمى هذه الظاهرة تلازناً) ، وعندها تظهر الخلايا الحمراء على شكل كتل. اي انه من الواضح أنّ حقن شخص فصيلة دمه A بمصل أو بدم فيه anti-A سيؤدي إلى تلازن خلاياه الحمراء وتكوين كتل دموية قد تؤدي إلى انسداد شراييـنه والتسبب في موته.



تلازن خلايا الدم الحمراء

كما أنّ هذا الإرتباط بين الأجسام المضادة والأنتيجينات الموجودة على سطح الخلايا الحمراء سيفعّل إنزيمات النظام المكمّل ممّا ينتج عنه انحلال خلايا الدم الحمراء (Haemolysis) بشكل شديد وانهيار عمل الأجهزة المختلفة عند المصاب.

نفس الظاهرة سوف تحصل فيما لو حقنا شخصاً فصيلة دمه B بمصل أو بدم فيه اجسام مضادة من نوع anti-B ، أو حقنا شخصاً فصيلة دمه AB بمصل أو بدم فيه اجسام مضادة من نوع إمّا anti-A أو anti-B (أو كلاهما). أمّا الشخص الذي فصيلة دمه O فلن يتأثر فيما لو حُقن باجسام مضادة من نوع anti-A أو anti-B لأن خلاياه الحمراء لا تحتوي على أيٍ من الأنتيجينين A و B.

*** المبدأ، لا يجوز نقل دم من شخص إلى آخر إلا إذا تطابقا بفصيلة الدم. ولكن في بعض الحالات الطارئة المستعجلة والتي لا يتسنى فيها فحص فصيلة الدم بسرعة يمكن نقل خلايا دم حمراء على النحو التالي:

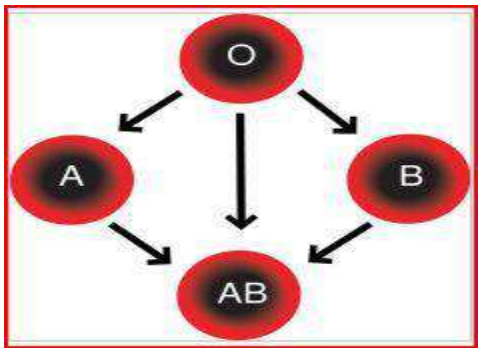
فصيلة دم المتبرع	فصيلة دم المتلقي	يجوز	لا يجوز
A	B		√
A	AB	√	
A	O		√
B	A		√
B	AB	√	
B	O		√
AB	A		√
AB	B		√
AB	O		√
O	A	√	
O	B	√	
O	AB	√	

*** **ملاحظة مهمة :**

لا يجوز نقل دم كامل في الحالات المذكورة في الجدول لأنّ الدم الكامل يحتوي على بلازما فيها توجد الأجسام المضادة anti-A و/أو anti-B وبالتالي فإنّ هذه الأجسام المضادة ستؤثر على خلايا الدم الحمراء عند المتلقي.

ومن خلال الجدول اعلاه يعد افراد مجموعة الدم O واهبون عامون لان كريات الدم لهذه المجموعة لا تحمل اية انتيجنات 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 لايحتوي على اجسام مضادة.

*** **يمكن أيضاً التعبير عن امكانيات نقل الدم (خلايا الدم الحمراء وليس الدم الكامل) بواسطة التخطيط التالي:**



وفقاً للتخطيط السابق وكما ذكر ، فإنّ صاحب فصيلة الدم O يستطيع أن يتبرع بالدم (خلايا الدم الحمراء وليس الدم الكامل) لكل أصحاب الفصائل الأخرى وذلك لأنّ خلاياه الحمراء لا تحمل الأنتيجينات A أوB ، وبالتالي فإنّ الأجسام المضادة من نوعي anti-A أو anti-B الموجودة عند المتلقي لن تؤثر على هذه الخلايا. أمّا إذا كانت فصيلة الدم AB فإنّ صاحب هذه الفصيلة لا يستطيع التبرع بالدم إلا لأ صحاب نفس الفصيلة ، لأنّ خلاياه الحمراء تحمل نوعي الأنتيجينات A و B وعندها الأجسام المضادة من نوعي anti-A أو anti-B الموجودة عند المتلقي سترتبط مع هذه الخلايا وتؤدي إلى تلازن وانحلال خلايا الدم. من ناحية أخرى فإنّ صاحب فصيلة AB يستطيع أن يتلقى خلايا دم حمراء من أصحاب كل الفصائل الأخرى وذلك لأن بلازما الدم عنده لا تحتوي على الأجسام المضادة من النوعين anti-A أو anti-B وبالتالي لن يحصل تأثير على الخلايا الحمراء التي يتلقاها. على نفس المبدأ نستطيع تفسير حالات نقل الدم الأخرى.

ملاحظة مهمة:

١- الأجسام المضادة من نوع anti-A توجد عند أصحاب فصائل الدم B وO وكذلك الأجسام المضادة من نوع anti-B توجد عند أصحاب فصائل الدم A و O ابتداءً من الشهور الأولى لحياتهم وتظل في أجسامهم مدى الحياة. إنّ وجود هذه الأجسام المضادة لا يحصل بتأثير نقل دم غير مناسب (أي من A إلى B أو من B إلى A وما شابه) وإنما يحصل بتأثير أنواع من البكتيريا التي تعيش بشكل طبيعي في أمعاء الإنسان والتي تحمل محدّدات أنتيجينية شبيهة بالأنتيجينات A و B. أي أنّ تكوين هذه الأجسام المضادة يحصل بسبب رد فعل مناعي متصالب وذلك لأنّ هذه الأنتيجينات الموجودة في أغشية خلايا الدم الحمراء تشبه بتركيبها الأنتيجينات التي مصدرها من البكتيريا الطبيعية التي تعيش في أمعاء الإنسان.

٢- ألأجسام المضادة anti-A و anti-B تنتمي إلى فئة IgM ، ولذلك فإنها غير قادرة على الإنتقال عبر المشيمة من دم الأم إلى دم الجنين. لهذه الصفة أهمية بالغة أثناء الحمل ، لأنّ فصيلة دم الجنين تُقرر وراثياً بحسب أليلات الأم والأب معاً.

***** ثانيا : نظام فصائل الدم (RH عامل البندر/عامل ريسيسRhesus Factor)**

إنّ فصائل ال ABO ليست بفصائل الدم الوحيدة ولكنها الأكثر أهمية في عمليات نقل الدم ، تضاف إليها من حيث الأهمية فصيلة الدم Rh اكتشفت هذه الفصيلة لاول مرة في القرود في عام ١٩٤٠ حيث تم اكتشاف وجود مسببات تلاصق أخرى غير A ، B وتسمى مسببات التلاصق D (Antigen D) و يشّار له بالرمز RH وسّمي الشخص الذي يحّتوي دمه على هذا العامل موجب عامل ريسسٌ و يشّار اليه بالرمز +RH ، أما الشخص الذي يخّلو دمه من هذا العامل سّمي سالب عامل الريسس ويرمز له ب –RH. ووجد أن ٨٥ % من أفراد الجنس البشري يحّملون هذا العامل +RH والنسبة الباقية ١٥% يحّملون –RH.

وقد وجد أنه يمّكن نقل دم +RH إلى دم +RH ، ونقل دم –RH إلى دم –RH ، ونقل دم –RH إلى دم +RH دون أن يحّدث أي تلاصق لدم المعطي والمستقبل ، ولكن إذا تم نقل دم +RH إلى شخص دمه –RH لأول مره فإن دم المستقبل يقّوم بتكوينٌ أجسام مضادة Anti-D ولا تحدث أي مضاعفات ، وإذا تم نقله مره أخرى فإن مسبب التلاصق الانتجين D يتّفاعل مع الأجسام المضادة Anti-D التي تكونت في دم المستقبل سابقا مسببه تلاصق كريأّت الدم الحمراء وغالبا ما تؤدي إلى الوفاة.

فصيلة الدم	الانتجين	الاجسام المضادة
RH+	D	–
RH–	–	غير موجودة أساسا لكن تتكون أجسام مضادة Anti-D اذا وصل اليه انتجين D

ملاحظة مهمة:

١- بخلاف الأجسام المضادة anti-A و anti-B ، فإن الأجسام المضادة من نوع anti-Rh لا توجد في بلازما الدم منذ الطفولة وإنما تتكون فقط في حالة دخول أنتيجينات ال Rh إلى الجسم. ألاجسام المضادة من نوع anti-Rh تنتمي إلى فئة (IgG) ولذلك فإنها تستطيع العبور أثناء الحمل من خلال المشيمة إلى دم الجنين فترتبط بخلاياه الحمراء وقد تسبب له أضراراً بالغة. قد يحصل ذلك إذا كانت فصيلة دم الأم -Rh وفصيلة دم الجنين +Rh ، فأثناء الولادة قد تنتقل خلايا دم حمراء من الجنين إلى الأم ممّا يسبب رداً مناعياً عند الام يتمثل بتكوين أجسام مضادة من نوع anti-Rh. هذه الأجسام المضادة سيكون لها تأثير على الجنين في الحمل الثاني والذي يليه ، لذلك يجب منع تكوّن هذه الأجسام المضادة. وقد اتبعوا في السنوات السابقة حقن الأم بعد الولادة مباشرة بالأجسام المضادة anti-Rh ذاتها ، وذلك لأن هذه الأجسام المضادة ترتبط بخلايا الدم الحمراء التي قد تكون قد انتقلت من الجنين إلى الأم وتؤدي إلى انحلالها ومنع تأثيرها على جهاز المناعة التابع للأم. أمّا اليوم فيستعملون أيضاً أجساماً مضادة ضد ال anti-Rh وذلك لتدميرها ومنع تأثيرها على خلايا الدم الحمراء عند الجنين.

***** ثالثا: مجاميع الدم Blood Group M-N :**

اكتشف Landsteiner وجود المستضاد M وN في دم الانسان والتي على اساسها يقسم دم الانسان الى ثلاثة مجاميع رئيسية هي M وN وMN وقد وجد ان الاليل L_M يكون للمستضد M والاليل L_N للمستضد N وان نوع العلاقة بين هذه المستضدات هي علاقة سيادة مواكبة (مشتركة). ولاتحفز هذه المستضدات انتاج اجسام مضادة لها في جسم الانسان ولكن عند حقنها في جسم حيوان مختبري كالارانب وخنزير غينيا سوف يحفز ذلك انتاج اجسام مضادة لها في مصل تلك الحيوانات. وقد وجد ان دم الشخص يحتوي على المستضد M او المستضد N او كلاهما معا ولم يثبت لحد الان وجود اشخاص يخلو دمهم من احد هذين المستضدين M وN.

وهناك نوع اخر من المستضدات في دم الانسان اكتشف في عام ١٩٤٧م يرمز لها (S او s) وقد وجد ان دم الشخص يحتوي على المستضد S او المستضد s او كلاهما معا. وقد وجد ان توارث هذه المستضدات S وs لها صلة وثيقة بتوارث المستضدات M وN ، ويشار الى توارث هذه الطرز الظاهرية في مجاميع الدم بالنظام MNSs حيث يتحكم في توارثها اربعة اليلات لنفس الموقع الجيني L هي (L_{MS} , L_{Ms} , L_{NS} , L_{Ns}) والعلاقة بين هذه الاليلات هي علاقة سيادة مواكبة (مشتركة). وليس لهذه المستضدات MNSs اهمية في عملية نقل الدم ولكن لها اهمية في دراسات وراثية اخرى مثل تحديد الابوة.

**والجدول التالي يبين الطرز الظاهرية لدم الانسان والطرز الوراثية المسببة لها حسب نظام MNSs:

الطراز الظاهري	الطراز الوراثي
MS	$L_{MS}\ L_{MS}$
MSs	$L_{MS}\ L_{Ms}$
Ms	$L_{Ms}\ L_{Ms}$
MNS	$L_{MS}\ L_{NS}$
MNSs	$L_{MS}\ L_{Ns}$
MNSs	$L_{Ms}\ L_{NS}$
MNs	$L_{Ms}\ L_{Ns}$
NS	$L_{NS}\ L_{NS}$
NSs	$L_{NS}\ L_{Ns}$
Ns	$L_{Ns}\ L_{Ns}$