

## الوراثة المندلية

المحاضرة الثالثة

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

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

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

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

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

ملاحظة: صفة القصرة (لون غلاف البذرة) مرتبطة ايجابيا مع صفة لون الازهار

فالبذور البيضاء تنتج ازهار بيضاء والبذور الرمادية عند زراعتها تعطي نباتات ازهارها قرمزية (بنفسجية).

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

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

اولا- قانون مندل الاول :

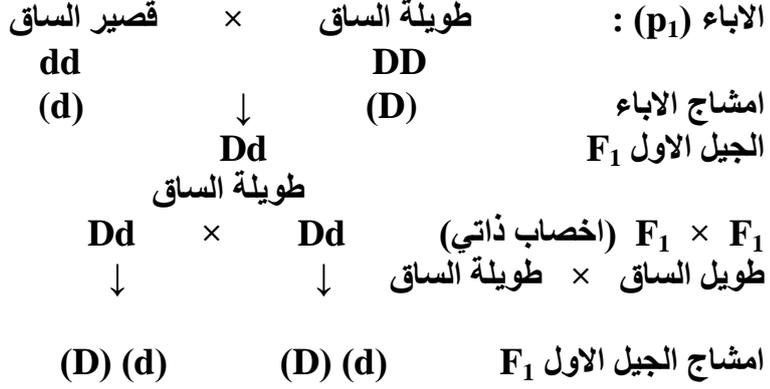
### مبدأ الانعزال Principle of Segregation

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

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

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

الهجين قد تم بين نباتات البزاليا طويلة وقصيرة الساق فما هي النتائج المتوقعة لهذا التضريب :



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

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

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

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

الطراز المظهري والطراز ( التركيب ) الوراثي :

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

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

1- متماثل الزيجة (Homozygous) وينتج من اتحاد كميتين يحملان اليلات متماثلة Identical Alleles وينتج نوعاً واحداً من الاليلات المحمولة في الكميات ويعد التركيب الوراثي نقياً او متماثلاً .

2- متباين الزيجة (Heterozygous) وهو التركيب الوراثي الخليط او الهجين (Hybrid) وينتج عند اتحاد كميتين يحملان اليلين مختلفين، ويعطي نوعين مختلفين من الكميات، وتعد صفة الهجين (Hybrid) مرادفة للفرد ذو التركيب الوراثي متباين الزيجة .

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

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

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

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

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

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

### التضريب العكسي Backcross :

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

### تضريبات احادية الهجين Monohybrid Crosses :

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

### تحويرات النسبة المنديلية للشكل المظهري 1:3

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

### انواع السيادة Types of Dominance

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

#### 1- السيادة الكاملة Complete Dominance

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

## 2- السيادة الغير كاملة Incomplete Dominance (شبه السيادة)

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

## 3- السيادة المشتركة (التعادلية) Codominance:

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

## 4- السيادة التفوقية: Over dominance

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

الجينات المميطة :

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

1 - صفة اللون الاصفر في الفئران :

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

$$\begin{array}{ccc}
 Yy & \times & Yy \\
 \text{اصفر هجين} & & \text{اصفر هجين} \\
 & \downarrow & \\
 1yy & : & 2Yy & : & 1Yy \\
 \text{1 رمادي} & & \text{2 اصفر هجين} & & \text{1 اصفر يموت}
 \end{array}$$

## 2 - ضفة ألزحف في الدجاج Creeping Fowls :

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

$$\begin{array}{c}
 \text{الأباء} \\
 Cc \times Cc \\
 \text{زاحف} \quad \text{زاحف} \\
 \downarrow \\
 \text{الجيل الأول} \quad 1 CC : 2 Cc : 1 cc \\
 \text{طبيعي} \quad \text{زاحف} \quad \text{تموت}
 \end{array}$$

## ثانيا - قانون مندل الثاني :

### التوزيع الحر Independent Assortment

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

[ تنعزل العوامل (الجينات) المختلفة بصورة مستقلة أي حرة على الكهيات ]

ولتوضح هذا القانون الذي اعتمده مندل لتفسير نتائج نذكر بالتفصيل تجربة التضريب ثنائي الهجين التي أجراها مندل والذي عرف من دراسته السابقة بان اليلات كل من البذور ممتلئة والصفراء بنها سائدة على نظائرها من اليلات المنتجة للبذور المجددة والخضراء ، حيث كانت جميع بذور الجيل الأول F 1 الناتجة من التضريب ممتلئة وصفراء وعندما ترك مندل هجن الجيل الأول لكي تتخصب ذاتياً لاحظ ظهور اربعة انماط مظهرية في الجيل الثاني F2 كان اثنان منهما مماثلان للباء أما التركيبان الآخران كانا جديدين بنسب خاصة، فمن مجموع 556 بذرة ظهر التوزيع الآتي

$\frac{9}{16}$	←	315 ممتلئة صفراء
$\frac{3}{16}$	←	108 ممتلئة خضراء
$\frac{3}{16}$	←	101 مجددة صفراء
$\frac{1}{16}$	←	32 مجددة خضراء

ظهرت النسبة 1:3:3:9 وكالاتي:

الاباء (p<sub>1</sub>): بذور ممتلئة صفراء × بذور مجعدة خضراء

wwgg WWGG



(wg) (WG) امشاج الاباء



Ww Gg الجيل الاول F1  
بذور ممتلئة صفراء

الأخصاب الذاتي (F<sub>1</sub> × F<sub>1</sub>) WwGg × Ww Gg

سنحصل على النتائج التالية:

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

الجيل الثاني F<sub>2</sub> 1:3:3:9

9 ممتلئة صفراء

3 ممتلئة خضراء

3 مجعدة صفراء

1 مجعدة خضراء

أجرى مندل تجربة أخرى لدعم فرضية الاعزال المستقل وذلك بأجراء تضرير الاختبار لثنائي الهجين Dihybrid test cross ، حيث ضرب نباتات F<sub>1</sub> ذات البذور الملساء الصفراء مع النباتات الابوية التي تحتل الصفتين المختلفتين (بذور مجعدة واخضراء ) وحصل على النتائج الآتية في الجيل الاختبار 24 ملساء واصفر و25 وملتساء وخضراء و22 مجعدة وصفراء و 27 مجعدة وخضراء وعندة اختصار هذه الأعداد إلى أبسط صالاتها نحصل على النسب 1:1:1:1: وعليه تكوين النتائج الفرضية مطابقة للنتائج التجريبية في جيل الاختبار مما يدل على الصحة الفرضية .

## شرح قانون مندل الثاني :

(النص : جينات أزواج الصفات المتضادة تكون حرة في انغزالها ، أي تتوزع توزيعاً حراً على الكميئات) .

أي توجد حرية في توزيع العوامل الوراثة (الجينات ) على الكميئات . أي لا يوجد شرط في أن يذهب الأليل السائد مع السائد ، بل ممكن أن يذهب السائد مع المتنحي أو أن يذهب مع السائد . وكذلك الأليل المتنحي يمكن أن يذهب مع السائد يمكن أن يذهب مع المتنحي . وهذه هي الحرية في التوزيع ، بحيث يمكن على حصول أربع كميئات : الأولى سائد – سائد والثانية سائد – متنحي والثالثة متنحي – سائد والرابعة متنحي – متنحي .

ان نسبة توزيع الكميئات تكون 1:1:1:1 او  $\frac{1}{4} : \frac{1}{4} : \frac{1}{4} : \frac{1}{4}$  .

\* طريقة التشعب في معرفة أنواع الكميئات لزوجين من صفات بذور البزاليا علما ان :

W يرمز لصفة الثمار الممتلئة

w يرمز لصفة الثمار المجعدة

G يرمز لصفة اللون الاصفر للبذور

g يرمز لصفة اللون الاخضر للبذور

كميئات تعطي بذور صفراء ممتلئة  $1/2G \rightarrow 1/4 WG$

1/2W

كميئات تعطي بذور خضراء ممتلئة  $1/2g \rightarrow 1/4 Wg$

كميئات تعطي بذور صفراء ممتلئة  $1/2G \rightarrow 1/4 WG$

1/2w

كميئات تعطي بذور خضراء مجعدة  $1/2g \rightarrow 1/4 wg$

والنتيجة نحصل على اربع كميئات مختلفة لزوجين من الصفات.

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

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

		$1/2T \rightarrow 1/8 WGT$
$1/2G$		$1/2t \rightarrow 1/8 Wgt$
$1/2W$		$1/2T \rightarrow 1/8 WgT$
	$1/2g$	$1/2t \rightarrow 1/8 Wgt$
		$1/2T \rightarrow 1/8 wGT$
$1/2G$		$1/2t \rightarrow 1/8 wGt$
$1/2w$		$1/2T \rightarrow 1/8 wgT$
	$1/2g$	$1/2t \rightarrow 1/8 wgt$

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

$3/4W -$	$3/4 G - \rightarrow 9/16 W - G -$	ممتلاً اصفر
	$1/4 gg \rightarrow 3/16 W - gg$	ممتلاً اخضر
$1/4ww$	$3/4 G - \rightarrow 3/16 ww G -$	مجعد اصفر
	$1/4 gg \rightarrow 1/16 ww gg$	مجعد اخضر

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

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

وبجمع التراكيب الوراثية المتشابهة مع بعضها تكون النتيجة :  
9 ممتلا اصفر : 3 ممتلا اخضر : 3 مجعد اصفر : 1 مجعد اخضر

• طريقة حساب عدد الاشكال المظهرية والتراكيب الوراثية لزوج واحد او لعدة ازواج من الصفات المتضادة :

من قانون مندل الاول تكون النسبة المظهرية لزوج واحد من العوامل المتضادة هي 3:1 لزوج واحد فقط (أي موقع وراثي واحد)  $n =$   
اما اذا كان زوجين من الصفات أي  $(2n)$  فنضرب النسبة الاولى 3:1 بنفسها وكالاتي:

$$\begin{array}{r} 3 : 1 \\ 3 : 1 \times \end{array}$$

---


$$9:3:3:1$$

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

$$\begin{array}{r} 9 : 3 : 3 : 1 \\ 3 : 1 \times \end{array}$$

---


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

وهكذا

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

$$\begin{array}{r} 1:2:1 \\ 1:2:1 \times \end{array}$$

---


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

وهكذا نكرر عملية الضرب مرة اخرى في حالة ثلاث ازواج .

• قاعدة مهمة :

الاصيل دائما نسبته 4\1 او 1  
والهجين (الخليط) نسبته 2\1 او 2

الشرح للمثال السابق :

1: ممتلا اصفر :

G - W - ونسبته 16\9 كالاتي :

1 GG WW أي عدد الافراد = 1

2 GG Ww أي عدد الافراد = 2

2 Gg WW أي عدد الافراد = 2

4 Gg Ww أي عدد الافراد = 4

اذن المجموع هو 9 افراد ممتلاً اصفر

2: ممثلا اخضر :

WW gg ونسبته 16\1 أي عدد الافراد = 1  
 Ww gg ونسبته 16\2 أي عدد الافراد = 2  
 اذن المجموع هو 3 افراد ممثلا اخضر

3: مجعد اصفر :

GG ww ونسبته 16\1 أي عدد الافراد = 1  
 Gg ww ونسبته 16\2 أي عدد الافراد = 2  
 اذن المجموع هو 3 افراد مجعد اصفر

4: مجعد اخضر :

gg ww ونسبته 16\1 أي عدد الافراد = 1

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

تعريف المهمة :-

الهجين:

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

الصفة السائدة :

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

لصفة المتنحية :

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

: Gene

هو العامل الوراثي الذي يحدد سمة واحدة في صفة معينة ويوجد في الديبلويدات

بازواج . وله تأثير بايولوجي محدد .

**:Allelel**

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

**: Homozygote**

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

**: Heterozygote**

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

**Phenotype (الطراز المظهري الفينوتايب):**

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

**Genotype (الجينوتايب أو الطراز الجيني )**: وهو الجوهر أو المحتوى الجيني الذي يشمل المجموعة الكاملة للمادة الوراثية التي يرثها الفرد من والديه.

### أمثلة على قانون الأول:

مثال ( 1 ) : ضرب نباتات بزاليا احمر 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 : نرسم لنبات البزاليا ذو الأزهار الحمراء بالرمز RR

نرسم لنبات البزاليا ذو الأزهار البيضاء بالرمز rr

P1: RR × rr

↓ ↓

G1: (R) × (r)

↓

F1: Rr

حمراء الأزهار

### مثال 2:

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

الجواب: بما أن نصف افراد نباتات الجيل الأول حمر الأزهار والنصف الآخر بيض الأزهار  
: صفة اللون الحمر سائدة إلا أنها هجينة ( ذات تراكيب وراثية مختلفة )

: يكون التركيب الوراثي للنباتات حمر الأزهار Rr

: يكون التركيب الوراثي للنباتات بيض الأزهار rr

### مثال 3 :

كيف نختبر نقاوة نبات بزاليا أحمر الأزهار مجهول النقاوة ؟

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

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

نبات أبيض الأزهار × نبات احمر الأزهار نقي

P1 : RR rr

↓ ↓

G1: (R) × (r)

↓

F1 : Rr

100 % نباتات أحمر الأزهار هجينة

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

نبات ابيض الأزهار × نبات احمر الازهار

$$\begin{array}{rcc}
 P1 : & Rr & rr \\
 & \downarrow & \downarrow \\
 G1 : & (R) + (r) & (r) \\
 & \downarrow & \\
 F1 : & Rr & rr
 \end{array}$$

50% حمراء + 50% بيضاء  
 حمراء سائدة هجينة بيضاء متنحية

مثال 4 :

تزوج رجل اسود العينين من امرأة سوداء العينين ما احتمال أنجاب طفل أزرق العينين اذا علمت أن صفة العيون السوداء سائدة على صفة العيون الزرقاء ؟  
 الجواب : لظهور طفل أزرق العينين يجب أن يكون كلاً الأبوين ذات عيون سوداء هجينة (خليلة التركيب الوراثي Bb)

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

أزرق العينين : سوداء العينين هجينة : سوداء العينين نقية

$$\begin{array}{ccc}
 1 & : & 2 & : & 1 \\
 \% 25 & & \% 50 & & \% 25
 \end{array}$$

أزرق : أسود

$$\begin{array}{ccc}
 1 & : & 4
 \end{array}$$

اذن احتمال ظهور طفل أزرق العينين = 25%

أمثلة على قانون مندل الثاني :

مثال 1 :

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

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

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

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

<b>P<sub>1</sub> :</b>	اب اسود العين ايسر اليد	×	ام زرقاء العين يمناى اليد
	<b>Bbrr</b>	×	<b>bb RR</b>
	↓		↓
	<b>Bbr</b>		<b>bR</b>
	↓		↓
<b>G<sub>1</sub> :</b>	<b>[(Br) + (br)]</b>	×	<b>(bR)</b>
		↓	
	<b>BbRr</b>		<b>bbRr</b>
<b>F<sub>1</sub> :</b>	اسود العينين ايمن اليد		ازرق العينين ايمن اليد

مثال 2 :

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

الجواب :

نرمز لصفة الشعر الخشن الساند بالحرف **R**

نرمز لصفة الشعر الناعم المتخي بالحرف **r**

نرمز لصفة اللون الأسود الساند بالحرف **B**

نرمز لصفة اللون الأبيض المتخي بالحرف **b**

بما أن هناك خنازير ناعمة الشعر وكلا الأبوين خشني الشعر

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

لذا يكون التركيب الوراثي للأباء كالاتي :

<b>p<sub>1</sub> :</b>	أب خشن الشعر أسود اللون	×	أم خشنة الشعر بيضاء اللون
	<b>RrBb</b>		<b>Rrbb</b>
	↓		↓
<b>G :</b>	<b>(RB), (Rb), (rb), (rb)</b>	×	<b>(Rb) ، (Rb)</b>
		↓	
<b>F<sub>1</sub> :</b>	<b>RRBb, RrBb, RRbb, Rrbb, RrBb, rrBb, Rrbb, rrb</b>		<b>bb</b>
	ناعم ابيض خشن ابيض خشن ابيض خشن اسود خشن اسود ناعم اسود خشن ابيض خشن ابيض خشن اسود خشن اسود		ناعم ابيض خشن ابيض خشن ابيض خشن اسود خشن اسود ناعم اسود خشن ابيض خشن ابيض خشن اسود خشن اسود

والنتيجة تكون:

$\frac{3}{8}$ = خشن أبيض	$\frac{3}{8}$ = خشن أسود
$\frac{1}{8}$ = ناعم أبيض	$\frac{1}{8}$ = ناعم أسود