

## الوراثة المندلية Mendelion genetics

يعد الراهب كريكور مندل **Gregor Mendel** المؤسس الاول لعلم الوراثة. ولد عام 1822 في اقليم زراعي بتشيكوسلوفاكيا ودخل الكنيسة (الدير) صبيا فقيرا، اهتم منذ صباه بدراسة علم الحياة وعلم الرياضيات، التحق عام 1851 في جامعة فيينا لدراسة التاريخ الطبيعي، ثم عاد 1854 ليعمل مدرسا للعلوم الطبيعية في مدينة بورن و Burn.

بدأ في سنة 1856 بتنفيذ تجارب على نبات البازاليا *Pisum sativum* وبسلة الحدائق Garden-pea. فجمع اصناف من البازاليا التجارية وذلك لدراسة الاختلافات فيها، وبعد سبع سنوات من التجارب قدم نتائجه والتغيرات التي توصل اليها (قانونه الشهيرين في كيفية توارث الصفات) في اجتماع لجمعية التاريخ الطبيعي في Burnn سنة 1869، ونشرت تلك النتائج في مجلة الجمعية 1866.

الا ان احدا لم يهتم بنتائجه المهمة لانشغال العلماء حين ذاك براء دارون في التطور والنشوء. وبقيت طبي النسيان اكثر من 34 عام الى ان اعيد اكتشافها عام 1900 من قبل ثلاثة علماء كلا على انفراد وهم كارل كورنز **Karl Correns** (المانيا) و دي فرايز **De Vries** (هولندا) و فون تشيرماك **Tschermak Von** (النمسا)، ووجد كل منهم تقرير مندل اثناء مراجعته للمصادر المتعلقة بعمله وأشاروا الى التقرير في بحوثهم التي نشروها عام 1900.

### تجارب مندل

اطلع مندل على تجارب تهجين النباتات التي قام بها الباحثون الذين سبقوه في تربية النباتات واستفاد من نتائجهم حيث لجأ منذ البداية على تثبيت الصفة الوراثية المدروسة، وذلك بالتأكد على نقاوة الصفة من خلال السماح للنباتات بان تلقح نفسها بنفسها لعدة اجيال (جميع الأفراد متشابهة للابوين) وبذلك يمكن الحصول على سلالة نقية. ولقد اختار مندل في تجاربه نبات البازاليا *Pisum sativum* وكان لاختياره هذا النبات اسباب منها:-

- 1- تعدد الصفات المظهرية لهذا النبات.
- 2- سهولة اجراء عملية زراعته.
- 3- قصر دورة الحياة، البازاليا نبات حولي يكتمل نموه في اقل من عام.
- 4- نظام الزهرة يضمن التلقيح الذاتي حيث تحتوي على اعضاء التذكير والتانيث.
- 5- سهولة اجراء عملية التلقيح الصناعي عند التهجين حيث يمكن بسهولة ازالة الاسدية من الزهرة قبل نضوج حبيبات اللقاح وتلقيحها بحبيبات لقاح من نبات اخر.
- 6- هجن هذا النبات ذات خصوبة تامة.

### قانون مندل الاول

سبق ان ذكرنا ان مندل قد اختار سبعة ازواج من الصفات لنبات البازاليا كما استعمل اعدادا كبيرة من العينات التجريبية، وحصل على اعداد كبيرة من افراد النسل خلافا لما سبقوه الذين استعملوا اعدادا قليلة من العينات، ركز في كل تجربة على صفة واحدة فقط، كما استعمل معلوماته الرياضية لتفسير نتائجه.

فقد قام مثلا بزراعة بذور البازلاء، لها الصفة النقية لطول الساق وبذور اخرى لها الصفة النقية لقصر الساق. عند تكوين الازهار قام بنشر لقاح من متك نبات طويل الساق على ميسم نبات قصير الساق. كما قام بعكس العملية أي نثر حبوب اللقاح من متك نبات قصير الى ميسم نبات طويل الساق.

وقد ضمن نجاح العملية بقطع اسدية النباتات المنقول اليها حبوب اللقاح، جمع البذور الناتجة من كل نبات ثم زرعها مرة ثانية فوجد ان جميع النباتات طويلة الساق تشبه احد الابوين فقط، ولا تبدي أي اثر لصفة الاب الاخر وهذه (هي صفة الجيل الاول F1)، كما ظهر لمندل ان هذه النتائج لاتعتمد على طبيعة الجنس ذكر ام انثى.

ترك مندل هذه النباتات لكي تتلقح ذاتيا، وضمن ذلك بان غطى الازهار قبل نضجها باكياس من النايلون حتى لاتصل حبوب لقاح من نباتات اخرى وبعد نضوج ثمارها جمع البذور وزرعها مرة اخرى فوجد ان النباتات الناتجة بعضها قصير وبعضها الاخر طويل وكانت اعدادها 787 سيقانها طويلة و277 سيقانها قصيرة وهي نسبة تقرب من 1:3 (2.84:1) وهذه (صفة الجيل الثاني F2)

كرر مندل الخطوات السابقة وعلى صفات اخرى لنبات البازلاء وهي ماحصل لجميع التزاوجات التي اختارها. وكانت النتائج ظهور صفة واحدة متماثلة لصفة احد الابوين فقط واختفاء الصفة الثانية في الجيل الاول F1 وحصل على نتائج متماثلة اطلق مندل على الصفة التي تظهر في جميع افراد الجيل الاول بالصفة السائدة (المتغلبة) **Dominant trait**. اما الصفة الاخرى التي لم تظهر في الجيل الاول وظهرت بنسبة 25% تقريبا من افراد الجيل الثاني هذه صفة بقيت كامنة في افراد الجيل الاول اطلق عليها اسم الصفة المنتجة **Recessive trait**، ومن حسن حظ مندل انه لم يلاحظ وجود أشكال وسطية بين الصفتين التي عمل بها تضريب في افراد الجيل الاول. في حين عند تهجين الجيل الاول مع بعضها للحصول على افراد الجيل الثاني ظهر لمندل افراد تحمل صفة احد الابوين المخفية.

اجرى مندل عد افراد التي حصل عليها في الجيل الثاني (F2) وكرر التجربة لبقية الصفات المدروسة السبعة فوجد انها تقرب من النسبة 1:3 (3 سائدة: 1 متحية)

لقد اقترح مندل لتفسير نتائجه ان صفة طول الساق ناتجة عن مسبب سائد موجود في الوحدات التناسلية (الكميات) اسماه العنصر السائد **Dominant element** او العامل السائد **Dominant Factor** رمز له بالحرف (T) الكبير. اما صفة النبات ذي السيقان القصيرة ناتجة عن عامل متحى اسماه العنصر المتحى **Recessive element** او العامل المتحى **Recessive Factor** ورمز له حرف (t) الصغير والتي تشير الى مبدأ وحدة الصفات **Principle of unit character** فيما بعد استعير عن كلمة **element** او العامل **factor** بكلمة الجين **Gene** وهي كلمة اغريقية تعني عرف او عنصر ومنها جاءت تسمية العلم الذي يهتم بدراسة كيفية انتقال الصفات الوراثية **Genetics**.

افترض مندل وجود زوج من العناصر (الجينات-المورثات) لكل صفة وراثية وذلك لان نبات الجيل الاول تحمل في ذاتها عاملا الصفة السائدة (طويل الساق) الى جانب قصر الساق، مما يدل على وجود زوج من الاليلات (الجينات) السائدة والمتحية في هذا النبات (نباتات الجيل الاول). اذ لا يمكن ان تظهر الصفة السائدة ان لم تحو اليل السيادة، ولا يمكن ان ينتج عن تزاوجها نباتات ذات الصفة متحية ان لم تحو الاليل المتحى. ان كل كميت يمثل جينا (اليل) واحد منها فقط. كعامل الطول وعامل القصر مثلا، اما البضة المخصبة **Zygote** المتكونة من اتحاد الكميت الذكري والانثوي والتي تكون الجنين ثم الفرد فانها تحتوي زوجا (اثنين) فقط.

فاذا كان النمط التركيبي الجيني **Genotype** هو (TT) فان كل كميت يحمل اليل واحد فقط (T)، اما اذا كان التركيب الوراثي الجيني (tt) فان كل كميت يحمل اليل واحد ايضا (t). واذا كان النمط الجيني بتركيب هجينى (Tt) فان نصف الكميات تحمل تركيب وراثي (T) والنصف الاخر بصيغة (t).

نستنتج مما تقدم ان الأفراد التي تعود الى سلالة اصيلة التركيب الوراثي نقية تحمل نوعا واحدا من الكميات وهي تنشأ عن اجتماع كميات متماثلة لاليلات الصفة **Alleles** اثناء تكوين البضة المخصبة **Zygote** ولذلك تدعى متماثلة الاليلات **Homozygous**، اما الأفراد الهجينة التي تنتج نوعين مختلفين من الكميات، وتنشأ في الاصل من اجتماع الكميات المختلفة الاليلات المتقابلة فتدعى مختلفة الاليلات او الكميات **Hetrozygous** وينعزل الاليلين عن بعضهما كما في المثال السابق T,t عند تكوين الكميات وهذا هو قانون

مندل الاول الذي يدعى بقانون الانعزال Law of segregation او انعزال الجينات (الايليات) والذي ينص:

(فردا أي زوج من الجينات تنعزل عن بعضها عند تكوين الكميئات الذكورية والانثوية).  
ومن الجدير بالذكر ان المصادفة هي التي تلعب دورا هاما بالنسبة الى قانون الانعزال لهذا يمكن صياغة قانون مندل الاول بالشكل الاتي:-

(اذا تزواج فردان يختلفان فيما بينهما لزوج من الصفات، فان افراد الجيل الاول (الهجين) تظهر عليهما الصفة السائدة فقط. وفي الجيل الثاني تنعزل الصفات السائدة عن المتنحية بنسبة 3 ساند:1متنحي.

### قانون مندل الثاني

يمكن الان دراسة صفتين وراثيتين مختلفتين (هجين ثنائي) او اكثر أي قانون مندل في الوراثة قانون التوزيع الحر Law of Independent Assortment الذي ينص على ان:-

(ازواج الجينات تنتقل في انعزالها وتتوزع توزيعاً حراً عند تكوين الكميئات الذكورية والانثوية) أي ان كل زوج من الصفات المختلفة يكون مستقلا في توارثه عن غيره من ازواج الصفات المختلفة. يتم الانعزال الحر للجينات في الجيل الثاني (للافراد الهجينة التركيب الوراثي) وهذا يتم عندما لا يكون هناك ارتباط وراثي بين العوامل الوراثية (الجينات)، واذا لم تتواجد عوامل اخرى تحول دون الانعزال الحر.

ومن التطبيقات على هذا القانون عن طريق التلقيح لهجانن ثنائية بين فردين من نباتات البازلاء: احدهما طويل الساق احمر الازهار نقي لهاتين الصفتين TTRR، والثاني قصير الساق ابيض الازهار نقي الصفتين (ttrr) فعند اتباع الخطوات التي اتبعها مندل. عن طريق جمع البذور الناتجة وزرعها كانت جميع الطرز المظهرية لافراد الجيل الاول طويلة الساق حمراء الازهار وهذا يعني ان الصفة السائدة قد ظهرت في هذا الجيل. والسبب في ذلك ان الطرز الجينية لكميئات الابوين كانت (TR) و الاخر (tr). وكما قلنا طويلة الساق حمراء الازهار لوجود الصفة السائدة بين كل زوج من الجين، وعند ترك افراد الجيل الاول لكي تتلقح ذاتيا واخذت البذور الناتجة عند زراعتها مرة اخرى وجدت الطرز المظهرية بالنسب الآتية: 9 (طويلة الساق حمراء الازهار): 3 (طويلة الساق بيضاء الازهار): 3(قصيرة الساق حمراء الازهار): 1(قصيرة الساق بيضاء الازهار).

ويمكننا متابعة نتائج وراثية ثلاث صفات لنباتات البازلاء، بتلقيح نبات طويل الساق احمر الازهار املس البذور نقي لجميع هذه الصفات والذي يكون بالتركيب الوراثي (TTRRSS) مع نبات اخر قصير الساق ابيض الازهار مجعد البذور نقي لهذه الصفات والذي يكون بالتركيب الوراثي (ttrrss)، فافراد الجيل الاول تحمل طرازا مظهريا واحد (طويل الساق حمراء الازهار املس البذور) بتركيب جيني TtRrSs وعند ترك افراد الجيل الاول تلقح ذاتيا فاننا نتوقع طرز جينية مختلفة لكميئات هي trs, trs, tRs, tRS, Trs, TrS, TRs, TRS وعليه سيكون هنا 64 احتمال لاتحاد هذه الكميئات .

التلقيح الاختباري للهجين الثنائية: النسبة الجينية=النسبة المظهرية= 1:1:1:1

### نظم حل تلقيحات الهجن الثنائية

1- طريقة الرقعة الشطرنجية للكميئات

عندما يتم التلقيح بين هجينين ثنائيين، فان اربعة انواع من الكميئات تنتج بتكرارات متساوية في كل من الذكر والانثى، ويمكن استخدام رقعة شطرنجية للكميئات مكونة من 4x4 وذلك لظهور كل التوافيق الممكنة لهذه الكميئات وعددها 16 ومن عيوب هذه الطريقة انها مجهددة وتستغرق وقتا طويلا، كما ان احتمالات الخطأ فيها اكثر من الطرق الاخرى وكما في المثال:

P1 : BBLL x blll

ابيض طويل اسود قصير  
F1: BbLI اسود قصير

2- طرق الرقعة الشطرنجية للتركيب الوراثية وللطرز المظهرية  
يمكن استخدام المعلومات الواردة عن درجات الاحتمال في الهجين الاحادي وذلك  
لتبسيط الرقعة الشطرنجية للتركيب الوراثية وللطرز المظهرية.  
مثال رقم (1)  
رقعة شطرنجية للتركيب الوراثية

F1 BbLI x BbLI  
اسود قصير اسود قصير

اذا اخذنا في الاعتبار الموقع (B) فقط فإن Bb x Bb تنتج  $\frac{1}{4}$  BB و  $\frac{1}{2}$  Bb و  $\frac{1}{4}$  bb  
وبالمثل بالنسبة الى موقع L فان LI x LI تنتج  $\frac{1}{4}$  LL و  $\frac{1}{2}$  LI و  $\frac{1}{4}$  ll ، فاذا وضعنا درجات  
احتمال التراكيب الوراثية على رقعة شطرنجية امكنا استخراج التوافق الممكنة بين درجات  
الاحتمال المستقلة بالضرب.  
3- نظم التفريع (التشعب)

وسيلة لتعيين كل الطرق التي يمكن بها لاي عدد من ازواج الكروموسومات ان ترتب  
نفسها في المنظور الاستوائي للانقسام الاختزالي الاول. كما تستخدم لايجاد كل التوافق  
الممكنة بين التراكيب الوراثية او بين الطرز المظهرية .  
نسب الهجن الثنائية المحورة

ان النسبة المظهرية التقليدية الناتجة من التزاوج بين تركيبين وراثيين كلاهما هجين  
ثنائي هي 1:3:3:9 وهذه النسبة تظهر طالما ان العلاقة بين الاليات في كل موقع هي علامة  
سيادة وتحتي، ويمكن ان تتحور هذه النسبة اذا كان احد الموقعين او كلاهما به اليلات ذات  
سيادة تعادلية او به اليلات مميتة ويمكن تلخيص هذه النسب المظهرية المحورة .

### بعض المصطلحات العلمية

#### 1- الطرز الظاهري Phenotype

الطرز الظاهري هو أي صفة او واضحة وقابلة للتقدير وموجودة في أي كائن. وقد  
تكون هذه الصفة واضحة للعين، مثل لون الزهرة او قوام الشعر، او قد تحتاج الى اختبارات  
خاصة لاظهارها، او الاختبار السيرولوجي لتعيين فصائل الدم. فالطرز الظاهري هو محصلة  
نواتج الجين المعبر عنها في بيئة معينة.

تنتج الارانب من قطيع هملايا في ظروف البيئة العادية صبغة سوداء على اطراف الانف  
والذيل والاقدام والاذنين فاذا وضعت تحت ظروف حرارة مرتفعة جدا تنتج ارانب بيضاء  
تماما، فالجين الذي يحكم لون هملايا متخصص في انتاج انزيم حساس للحرارة، ولذلك فإن  
ارتفاع درجة الحرارة يثبط الانزيم مما ينتج عنه فقط الاصطباغ.

#### 2- التركيب الوراثي Genotype

تشكل كل الجينات التي يحتويها أي فرد تركيبة الوراثي الذي يتضمن اليلات لموقع  
واحد.

أ- التركيب الاصيل

ينتج من اتحاد كاميتين يحملان اليات متطابقة لتركيب وراثي اصيل والفرد الاصيل ينتج نوعا واحدا من الكاميتات.

ب-النسيلة النقية

مجموعة الأفراد التي لها اساس وراثي مماثل كما يرمز لها ايضاً بـ (سلالة او صنف او قطع). وعادة ما ينتج الاخصاب الذاتي او التزاوج لاجيال عديدة بين افراد شديدة القرابة (التربية الداخلية) عشيرة اصيلة في معظم المواقع تقريبا كما ان التزاوج بين الأفراد الاصيلة التابعة لنسيلة نقية ينتج فقط نسلا اصيلا مثل الاباء. وعلى ذلك فاننا نقول ان النسيلة النقية صادقة التوالد.

ج- التركيب الخليط (الهجين)

وهو التركيب الذي ينتج من اتحاد الكاميتات التي تحمل اليات كما تنتج عنه انواعا مختلفة من الكاميتات .

### 3- الاليل السائد والمتحي Dominant and Recessive Allel

ان لكل عامل من عوامل الصفات صورتان تحتلان نفس الموقع على كروموسومين متماثلين ويسمى كل فرد من هذه الصور اليل ويسمى الاليل سائدا اذا امكنه التعبير عن نفسه مظهريا في الحالة الخليطة، كما في الحالة النقية اما الاليل الذي لا يظهر تعبيره المظهري الا في تكيب وراثي اصيل يسمى الاليل متتحيا.

### 4- السيادة Dominance

هي قدرة احد الاليلات على اخفاء وجود الاليل الاخر لنفس الجين (الموروثة) في الحالة الخليطة heterozygous وبذلك يظهر في الفرد المختلف العوامل الصفة التي يظهرها العامل السائد تماما كما في الفرد المتماثل العوامل السائدة أي ان قوة الاليل السائد في الفرد المختلف العوامل مساوية لقوة الاليلين السائدين، ولا يظهر أي تأثير للاليل المتتحى في الفرد الخليط، والسيادة وقد تكون:-

### أ- سيادة تامة Complete dominance

وهي الحالة التي يكون فيها الفرد المختلف العوامل والفرد المتماثل العوامل السائدة متساوية في اظهار الصفة فنحصل في الجيل الثاني على النسبة 3 سائد: 1 متتحى في حالة زوج واحد من العوامل. اما في حالة زوجين من العوامل فتكون النسبة 9:3:1.

### ب- سيادة غير تامة Incomplete dominance

وهي الحالة التي يكون فيها اختلاف الفرد المختلف العوامل عن الفرد المتماثل العوامل من درجة بسيطة جدا الى درجة واضحة جدا وفيها تتحور النسبة المنديلية من 3:1 الى النسبة 1:2:1 بسبب اختلاف التركيب الوراثي (مختلف العوامل الخليط) عن التركيب الوراثي متماثل العوامل السائدة في الشكل الظاهري.

### ج- فوق السيادة Over dominance

في هذه الحالة يسبب الفرد المختلف العوامل تعبيرا زائدا عن الصفة مقارنة بالافراد المتماثلة العوامل السائدة او المتتحية. فمثلاً في ذبابة الفاكهة يسبب متباين الزيجة (الفرد الخليط) بالنسبة للون العين Ww زيادة في كميات الصفات التآلفية عن متماثل الزيجة ww او WW .

### د- السيادة المشتركة Co-dominance

وهي الحالة التي يكون فيها الشكل الظاهري للفرد الخليط وسطا بين الشكلين متماثلة العوامل. فمثلاً في الانسان يكون الاليل  $I^A$  لمجموعة الدم A سائداً مشتركاً مع الاليل  $I^B$  لمجموعة الدم B وعليه يكون الفرد الخليط بينهما هو  $I^A I^B$ .