

المحاضرة الثالثة : الوراثة المندلية وأنواع التضريريات

يعد جريجور مندل واضع حجر الأساس لعلم الوراثة، وقد عمل مندل في وقت لم تكن الكروموسومات أو انقسام الخلايا قد عرفت بعد، ومع ذلك فقد أعطى تفسيرات تتطابق مع ما يتوافر حالياً من معلومات عن آلية التوارث، وقد استخدم مندل نبات البازلاء في تجاربه. لقد توقع مندل أن ما يجعل نبات البازلاء طويل الساق أو قصيره ، وقرونه صفراء أو خضراء اللون ضوابط داخلية سماها العوامل الوراثية . وحيث أنه لم يكن معروفاً في عصره دور الكروموسومات والجينات في توارث الصفات . فقد افترض مندل في تفسير نتائجه أنه يتحكم بكل صفة وراثية عاملان منفصلان واحد من كل أب . العوامل الوراثية عند مندل تعرف حالياً بالجينات ولتفسير ظهور صفة واحدة بين أفراد الجيل الأول اعتبر مندل أن أحد العوامل الوراثية تكون له سيادة تامة على العامل الوراثي الثاني بحيث يستتر (يخفي) أثره .

ففي تجربة مندل لدراسة طول الساق ، اعتبر مندل أن العامل الوراثي لصفة طول الساق في نبات البازلاء هو عامل سائد سيادة تامة أخفى أثر العامل الوراثي (المتنحي) لصفة قصر الساق . وفي دراسته لنتائج تجربته لدراسة لون القرون ، اعتبر مندل أن العامل الوراثي لصفة القرون الخضراء في نبات البازلاء هو عامل سائد سيادة تامة على العامل الوراثي لصفة القرون الصفراء ويستتر أثره (عامل متنحي) .

لتوضيح الأمر هنا ، نستخدم الأحرف اللاتينية الكبيرة Capital letters للدلالة على العامل الوراثي السائد ونستخدم الأحرف اللاتينية الصغيرة Small letters للدلالة على العامل الوراثي المتنحي .

العامل الوراثي لصفة قصر الساق t و العامل الوراثي لصفة طول الساق T

العامل الوراثي لصفة القرون الصفراء g و العامل الوراثي لصفة القرون الخضراء G

*جيل الآباء : نباتات قصيرة الساق (نقية) tt و نباتات طويلة الساق (نقية) TT

نباتات ذات قرون صفراء (نقية) gg و نباتات ذات قرون خضراء (نقية) GG

* الجيل الأول (الآباء)

نباتات ذات قرون خضراء (غير نقية) Gg و نباتات طويلة الساق (غير نقية) Tt

تدعى الصفة التي تظهر في أفراد الجيل الأول بالصفة السائدة أو الراجعة .

وتدعى الصفة التي تختفي ظاهرياً في الجيل الأول بالصفة المتنحية.

اختيار مندل لنبات البازلاء

اختار مندل لنبته البازلاء لأسباب عديدة:

١- الزهرة خنثى. إن هذا التركيب يتيح إجراء عمليتي التلقيح الذاتي عن طريق تغطية الأزهار بأكياس من الحرير، كما يتيح إجراء عملية التلقيح الخلطي بإزالة المتوك قبل أنفتاحها وتزويد ميسم الزهرة بحبوب لقاح من نبات آخر باستخدام ريشة ألوان.

٢- وجود عدة أنواع من الصفات الوراثية المتضادة التي يمكن ويسهل ملاحظتها ودراساتها. فمثلاً تكون البذور مجمدة أو ملساء، وتكون السيقان طويلة أو قصيرة.

٣- قصر دورة حياة هذه النبتة، مما مكن مندل من الحصول على النتائج بشكل سريع.

٤- سهولة زراعة نبات البازلاء وجمع بذوره.

تجارب مندل

إتبع مندل المنهج العلمي في البحث والتجريب، ولتوضيح تجاربه:

١. زرع مندل عدداً من بذور البازيلاء أزهارها أرجوانية اللون، وترك كل منها تلقح ذاتياً للحصول على سلالة نقية للصفة. ثم قام بإجراء التلقيح الخلطي، حيث نقل حبوب لقاح من متك نبات أرجواني الأزهار إلى مياسم نبات أبيض الأزهار، ثم عكس العملية وسمي هذين النباتين بالآباء P. وقد ضمن عملية التلقيح الخلطي بقطع أسدية النبات المنقول إليه حبوب اللقاح.

٢. زرع البذور الناتجة من النباتات السابقة، فنمت هذه البذور، ووجد أن النباتات جميعها أفرد الجيل الأول F1، وكانت أرجوانية الأزهار.

٣. لمعرفة ما حصل لصفة اللون الأبيض للأزهار، زرع بذور نباتات الجيل الأول، وسمح لها بالتلقيح الذاتي، فحصل على ٤/٣ الجيل الناتج أزهارها أرجوانية، والـ ٤/١ الباقي أزهارها بيضاء، بنسبة عددية تقارب ٣ أرجوانية : ١ بيضاء، وسميت النباتات الناتجة بأفراد الجيل الثاني F2.

٤. قام مندل بإعادة الخطوات السابقة على الصفات الستة الأخرى، مثل لون القرون، وطول الساق، ولون البذور، إلخ. وكان يحصل على نتائج مماثلة في كل حالة بالنسبة لأفراد الجيل الأول، والثاني، حيث كان يظهر في كل مرة صفة لأحد الأبوين في الجيل الأول وتختفي في الجيل الثاني. وسمى الصفة التي تظهر بالصفة السائدة والصفة التي اختفت بالصفة المتنحية.

كيف فسر مندل هذه النتائج؟

وضع مندل مجموعة من الافتراضات لتفسير النتائج التي توصل إليها:

١- افترض مندل أن من يجعل نبات البازيلاء أرجواني الأزهار أو أبيض الأزهار يعتمد على عوامل داخلية، سمّاها العوامل الوراثية، وهذه العوامل بالمفهوم المعاصر هي الجينات التي تحملها الكروموسومات.

٢- الصفة الوراثية التي يحددها عاملان (جينان) على الزوج الصبغي المتماثل، ورمز مندل للعامل السائد بحرف كبير، وللعامل المتنحي بحرف صغير، وعندما يكون هذان العاملان متشابهين فيقال عندها: إن الصفة متماثلة الجينات (نقية)، وعندما يكونان متخالفين يقال عندها إن الصفة الوراثية غير متماثلة الجينات (غير نقية).

٣- عند إنتاج الكميت (حبوب اللقاح والبويضات) فإن العاملين الوراثيين في كل زوج من العوامل يجب أن ينفصلا بحيث يحتوي الكميت (Gamete) الواحد على عامل واحد لكل صفة. فإذا رمزنا للون الأزهار الأرجواني نقي الصفة بالحرفين PP فإن الكميتات تحتوي على عامل واحد فقط P أو p.

درس مندل صفات وراثية في نبات البازيلاء وقد ركز في تجاربه على دراسة كل صفة وراثية على حدة، مما سهل عليه لاحقاً التوصل إلى النتائج والفرضيات التي شكلت الأساس لعلم الوراثة وتطوره.

الصفة السائدة: هي الصفة التي تظهر في جميع أفراد الجيل الأول والناتجة من تزاوج فردين يحملان صفتين نقيتين متضادتين .

الصفة المتنحية: هي الصفة التي تختفي من جميع أفراد الجيل الأول والناتجة من تزاوج فردين يحملان صفتين نقيتين متضادتين ثم تظهر في أفراد الجيل الثاني بنسبة ٢٥%.

مبدأ السيادة التامة: هي ظهور صفة وراثية سائدة في أفراد الجيل الأول عند تزاوج فردين يحمل كل منهما صفة وراثية مضادة للصفة التي يحملها الفرد الآخر.

التركيب الظاهري : هو الشكل الخارجي للصفة والتي تظهر على الفرد

التركيب الجيني : هو العوامل الوراثية التي يحملها الفرد لصفة واحدة أو أكثر. وهي إما نقية أو هجينة.

الفرد النقي : وفيه تكون العوامل الوراثية (الأليلات) متشابهة مثل RR أو rr

الفرد الهجين : وفيه يكون الفرد لديه أليلات مختلفة مثل Rr

قوانين مندل

لخص مندل اكتشافاته في قانونين: قانون الفصل، وقانون التوزيع المستقل.

قانون مندل الأول (قانون الأنغزال)

قانون الفصل ينص على أن كل فرد يحمل زوجاً من العوامل (أشكال مختلفة من الجينات) لكل سمة. وكل من الأبوين يورث عشوائياً أحد الأليلين لنسله، فيحصل النسل على زوج خاص من العوامل (أليل من كل من الأبوين). الأليل السائد من بين الأليلين هو الذي يحدد كيفية ظهور السمة في النسل (مثل لون النبتة، لون فراء الحيوان، لون عيني الشخص).

بمعنى آخر يمكن تعريف قانون مندل الأول (قانون الانغزال) : تمثل كل صفة وراثية بعاملين وراثيين ينغزلان عن بعضهما عند تكوين الأمشاج بحيث يحمل كل مشيج عاملاً وراثياً واحداً لكل صفة.

* حالات مسائل قانون مندل الأول :

١ - سائد نقي × متنحي (نقي) = جميع أفراد الجيل الأول تظهر عليهم الصفة السائدة بنسبة ١٠٠%

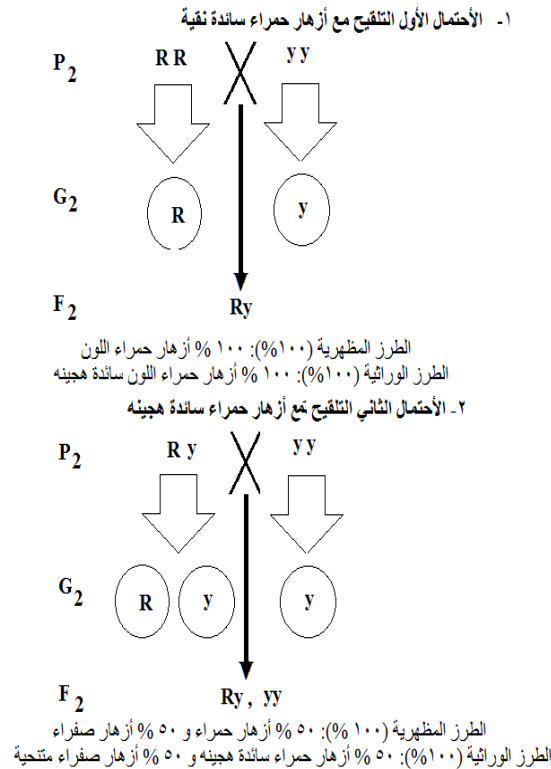
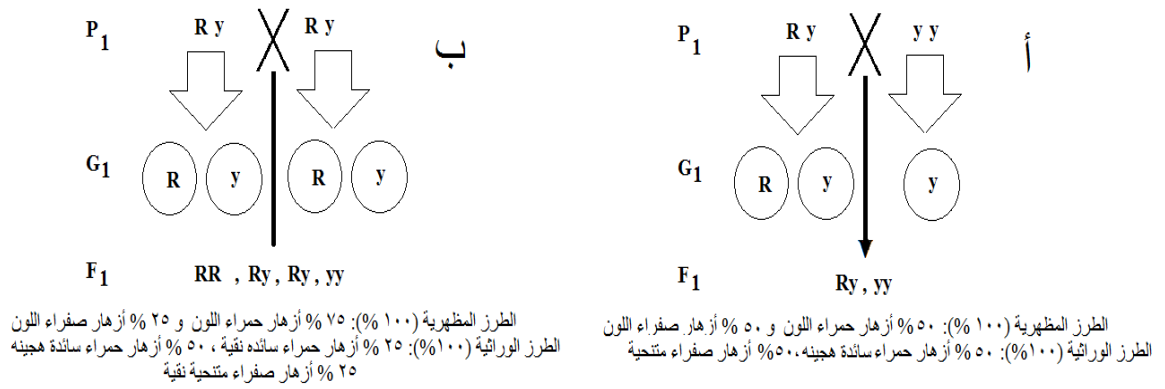
٢ - سائد هجين × متنحي (نقي) = ٥٠% تظهر عليهم الصفة السائدة و ٥٠% تظهر عليهم الصفة المتنحية بنسبة ١:١

٣ - سائد هجين × سائد هجين = ٧٥% تظهر عليهم الصفة السائدة و ٢٥% تظهر عليهم الصفة المتنحية بنسبة ٣:١

مثال : حدث تلقیح بين نباتين أزهارهما حمراء اللون فنتجت نباتات بعضها أزهارها حمراء والبعض الآخر أزهاره صفراء . استنتج التركيب الجيني للآباء – ثم بين الاحتمالات الناتجة من تلقیح أحد النباتات صفراء الأزهار مع النباتات حمراء الأزهار الناتجة موضحاً إجابتك على أسس وراثية .

الحل : يرمز للون الأحمر بالحرف R ويرمز للون الأصفر بالحرف y

بما ان هناك أزهار باللون الاحمر وازهارا باللون الاصفر انتجت في الجيل الأول اذن هناك أحتماين : أ- كلا الابوين أزهارها حمراء اللون هجين (Ry) ... ب_ أحد الابوين حامل للصفة السائدة الهجينة (Ry) والاخر حامل للصفة المتنحية (yy).



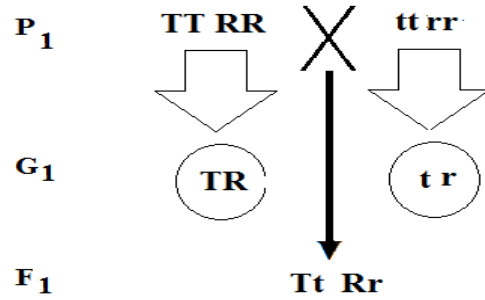
قانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر أو قانون التوزيع المستقل)

قانون التوزيع الحر، المعروف أيضا بقانون الوراثة، ينص على أن الجينات المنفصلة للصفات المنفصلة تورث من الوالدين إلى النسل بشكل مستقل عن بعضها البعض. أي أن اختيار أليل معين من بين الأليلين ليتم توريثه لسمة معينة لا يؤثر على اختيار أي أليل آخر لأي سمة أخرى ليتم توريثه. أي أنه، على سبيل المثال، لا تمت علاقة بين لون القط وطول ذيله.

. يتم الانعزال الحر للجينات في الجيل الثاني (للافراد الهجينة التركيب الوراثي) وهذا يتم عندما لا يكون هناك ارتباط وراثي بين العوامل الوراثية (الجينات)، وإذا لم تتواجد عوامل أخرى تحول دون الانعزال الحر.

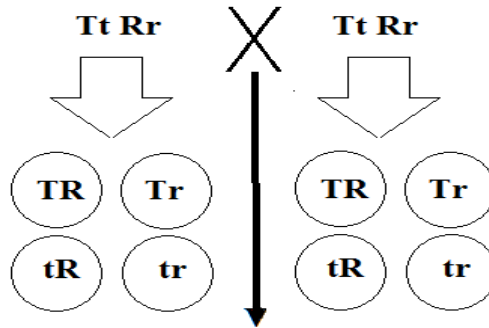
ومن أمثلة التطبيقات على هذا القانون عن طريق التلقيح لهجائن ثنائية بين فردين من نباتات البازلاء: أحدهما طويل الساق أحمر الأزهار نقي لهاتين الصفتين (TTRR)، والثاني قصير الساق أبيض الأزهار نقي الصفتين (ttrr) فعند اتباع الخطوات التي اتبعها مندل. عن طريق جمع البذور الناتجة وزرعها كانت جميع الطرز المظهرية لافراد الجيل الأول طويلة الساق حمراء الأزهار وهذا يعني ان الصفة السائدة قد ظهرت في هذا الجيل. والسبب في ذلك ان الطرز الجينية لكميات الابوين كانت (TR) و الاخر (tr). وكما قلنا طويلة الساق حمراء الأزهار لوجود الصفة السائدة بين كل زوج من الجين، وعند ترك افراد الجيل الأول لكي تتلقح ذاتيا

واخذت البذور الناتجة عند زراعتها مرة أخرى وجدت الطرز المظهرية بالنسب الآتية: ٩ (طويلة الساق حمراء الازهار): ٣ (طويلة الساق بيضاء الازهار): ٣ (قصيرة الساق حمراء الازهار): ١ (قصيرة الساق بيضاء الازهار).



الطرز المظهرية (١٠٠%): ١٠٠% نبات طويل أحمر اللون
الطرز الوراثية (١٠٠%): ١٠٠% نبات طويل أحمر اللون هجين

فرضا لو تم تلقيح الجيل الأول مع بعضهم البعض



	TR	Tr	tR	tr
TR	TTRR	TTRr	TtRR	TtRr
Tr	TTRr	TTrr	TtRr	Ttrr
tR	TtRR	TtRr	ttRR	ttRr
tr	TtRr	Ttrr	ttRr	tr tr

٩ طويل أحمر : ٣ طويل ابيض : ٣ قصير أحمر : ١ قصير ابيض

بعض المصطلحات العلمية

١- **الطرز الظاهري Phenotype**: الطراز الظاهري هو أي صفة واضحة للعين أو قابلة للتقدير وموجودة في أي كائن. مثل لون الزهرة أو قوام الشعر، أو قد تحتاج الى اختبارات خاصة لظواهرها، أو الاختبار السيولوجي 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 فأن ارتفاع درجة الحرارة يثبط الانزيم مما ينتج عنه فقط الاصطباغ.

٢- **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 اليلات متطابقة لتكوين 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 لأجيال عديدة بين افراد شديدة القرابة (التربية الداخلية) عشيرة اصيلة في معظم المواقع تقريبا كما ان التزاوج بين الأفراد الاصيلية التابعة لنسيلة نقية ينتج فقط نسلا اصيلا مثل الاباء. وعلى ذلك فاننا نقول ان النسيلة النقية صادقة التوالد.

ت- **التركيب الخليط (الهجين)** وهو التركيب الذي ينتج من اتحاد الكاميتات التي تحمل اليلات مختلفة كما تنتج عنه انواعا مختلفة من الكاميتات .

٣- **الاليل السائد والمتنحي Dominant and Recessive Allel** ان لكل عامل من عوامل الصفات صورتان تحتلان نفس الموقع على كروماتيدين 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 تركيب وراثي اصيل يسمى الاليل متنحيا.

٤- **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 المتنحي 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 ٣ سائد: ١ متنحي في حالة زوج واحد من العوامل. اما في حالة زوجين من العوامل فتكون النسبة ٩:٣:٣:١.

ب- **سيادة غير تامة Incomplete dominance** وهي الحالة التي يكون فيها الفرد المختلف العوامل والفرد المتماثل العوامل السائدة مختلفة من درجة بسيطة جدا الى درجة واضحة جدا وفيها تتحور النسبة المنذلية من ٣:١ الى النسبة ١:٢:١ بسبب اختلاف التركيب الوراثي (مختلف العوامل الخليط) عن التركيب الوراثي متماثل العوامل السائدة في الشكل الظاهري.

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

ث- **السيادة المشتركة Co-dominance** وهي الحالة التي يكون فيها الشكل الظاهري للفرد الخليط وسطا بين الشكلين متماثلة العوامل. فمثلاً في الانسان يكون الاليل IA لمجموعة الدم A سائداً مشتركاً مع الاليل IB لمجموعة الدم B وعليه يكون الفرد الخليط بينهما هو IAIB.