مقدمة تاريخية عن علم الوراثة

يعرف علم الوراثة Genetics بانه العلم الذي يبحث في اسباب التشابه والتغاير في صفات الكائنات الحية التي تربطها صلة القربى . ويعتبر هذا العلم من العلوم البايولوجية وجاء في بداية القرن العشرين. تعود نشاة علم الوراثة الى العالم مندل (1822–1884م) والذي يعد بحق من رواد علم الوراثة ،وفي عام 1857 بدأ باجراء تجاربه على نبات البزاليا.*Piusm sativum* L نشرت ابحاثه في مجلة العلوم الطبيعية عام 1866 ، حيث قام بجمع التراكيب الوراثية واجراء التضريبات بينها واستمر في تجاربه لمدة سبع سنوات وبقيت ابحاثه مهمله الى عام 1900 ، عندما جاء ثلاثة علماء على انفراد من ابرز علماء النبات وهم (devries) من هولندا و(correns)من المانيا و(Tschermark) من النمسا وتوصلوا الى نفس النتائج التي توصل اليها مندل لذلك سميت القوانين المندلية باسمه .

لقد سبق العالم مندل عدد من الباحثين الذين قاموا باجراء تجاربهم على التهجين لكنه اول من حلل نتائج ابحاثه على اساس سلوك الصفات الفردية ولكن الذين سبقوه لاحظوا أوجه التشابه والاختلاف بين الاباء وافراد نسلهم الا أنهم لم يدرسوا الاختلافات الوراثية . اجرى مندل تهجيناته بدقه متناهيه واستعمل التلقيح الخلطي اذ قام بنزع المتوك من الازهار قبل نضجها وفي وقت اجراء التلقيح قام بنقل حبوب اللقاح من النبات الذي يرغب باستعماله كاب الى ميسم الزهرة التي يستخدمها أم واطلق على التضريب الناتج من تلقيح ابويين نقيين مختلفين بصفة واحدة او عدة صفات بالجيل الاول (F1) واجري التلقيح الذاتي لنباتات الجيل الاول لانتاج بذور الجيل الثاني ويمكن ان تستمر تجارب التهجين لعدة اجيال لغرض الوصول الى الاصناف النقية المستخدمة كأباء .

ويعود سبب نجاح مندل الى استخدامه الطريقة العلمية في تصميم تجاربه واختار نبات البزاليا كونه نبات حولي يمكن تنميته وتضريبه بسهوله وهو نبات ذاتي التلقيح يحمل ازهار كاملة حاوية على اعضاء التذكير والتانيث ويمكن اجراء التلقيح الخلطي . ووفق مندل لاختياره هذا النبات لانه ثنائي المجموعة الكروموسومية.

من اهم الاسباب التي جعلت مندل يختار نبات البزاليا عند اجراء تجاربه هي

1. التلقيح الذاتي لنظام الازهار في البزاليا
2. ان عملية التلقيح الخلطي بسيطه وسهله تتضمن فتح الغلاف وازالة المتوك من ازهار النبات الام قبل تفتحها والتلقيح بحبوب لقاح النبات المرغوب استعماله كاب
3. وجود اصناف كثيرة من البزاليا تكون بحالة اصيلة وتمتلك الفروق العديدة من الصفات التي يمكن تميزها
4. الهجين والنسل الناتج من تضريب الاباء كامل الخصوبة

تجارب مندل :

ان الطريقة التي اتبعها العالم مندل في تحليل المعلومات الوراثية لاتزال تستخدم حتى وقتنا الحاضر حتى اصبحت طريقة مميزة في تحليل الظواهر البايولوجية ووجد بان هنالك وحدات بدائية تتحكم بالصفات المتوارثة وهذه الوحدات تنقل بين الاجيال بنظام متجانس وسميت هذه الوحدات بالعوامل الوراثة او الجينات والتي يجب ان يتوفر فيها شرطين

1. انها تتوارث بين الاجيال وان لكل جين نسخة حقيقية من هذه الوحدات الطبيعية
2. تجهز حاملها بالمعلومات عن التركيب والوظيفة وغيرها من الفعاليات الحيوية.

وتمكن مندل من تخمين هذه الظواهر المهمة للجين ويعرف الجين حالياً (أصغر وحدة بنائية في الكائن الحي لها القدرة على نقل واظهار المعلومات الوراثية) ان النظام الذي اتبعه مندل في تجاربه والتحسينات الجديدة التي وضعها لتلافي اخطاء سابقية تتلخص بمايلي

1. التركيز على صفة واحدة او عدد قليل من الصفات واعتبار الصفة هي الوحدة في الوراثة وليس الفرد
2. تقسيم النسل الى فئات حسب الصفات المتوارثة وحصر عدد الافراد في كل فئة منها على حدة
3. اجراء التهجينات المسيطر عليها وحفظها في سجلات جديدة تسجل بها البيانات الكاملة عن الاجيال المتعاقبة

4. ادراك اهمية الحصول على اعداد كبيرة من النسل لكي تلغي اخطاء الصدفة
5. اقتراح العوامل لتكوين المسببات الخاصة لمختلف الصبغ الوراثية

الشكل المظهري والتركيب الوراثي

Phenotype (الطراز المظهري) يمثل شكل الكائن الحي الخارجي لصفة واحدة او مجموعة من الصفات وهو اي صفة متغيره او واضحة وقابلة للتقدير وموجودة في الكائن الحي .

Genotype (التركيب الوراثي) هو مجموعة الجينات التي يحملها الفرد لصفة واحدة او مجموعة من الصفات ويتحدد التركيب الوراثي عند الاخصاب ويحمله الكائن الحي ويكون على نوعين

1. فرد متماثل وراثياً(HomoZygous) وينتج من اتحاد كميتين يحملان اليلات متماثله وينتج نوع واحد من الاليلات المتماثلة ويكون التركيب الوراثي نقياً
2. فرد متباين وراثياً(HeteroZygous) تركيب وراثي خليط او هجين ينتج من اتحاد مشيجين يحملان اليلين مختلفين ويعطي نوعين مختلفين من الكاميتات.

انواع التلقيحات

1. التلقيح الاختباري(Test cross(T.C. هو تلقيح افراد الجيل الاول مع افراد تحمل الجينات المتنحية للصفة المدروسة. واستعمل مندل هذا الاختبار للتاكد من نقاوة او عدم نقاوة الافراد قيد الدراسة فالفرد النقي للصفة السائدة ينتج نوع واحد من الكميتات وتكون جميع ابناءه حامله للصفة السائدة اما اذا كان الفرد الحامل للصفة السائدة هجيناً فانه ينتج نوعين من الكميتات بنسب متساوية كما في المثال التالي

قصير الساق نقي		طويل الساق هجين	قصير الساق نقي		طويل الساق نقي
tt	×	Tt	tt	×	TT
tt ,		Tt			Tt
%50		%50			%100هجين

2. التلقيح الرجعي(Back cross (B.C. هو تلقيح افراد الجيل الاول باحد الابوين ويستعمل لأغراض تنقية الصفات .

3. التلقيح المتعاكس (R.C.) Reciprocal cross هو تلقيح الافراد الذكرية والانثوية بصورة متعاكسة وهذا التلقيح يستعمل لمعرفة فيما اذا كانت الجينات المدروسة على كروموسوم الجنس او على الكروموسومات الجسمية ، اضافة الى ان التاثير السايتوبلازمي الناتج عن التضريبات المتعاكسة قليل كما في المثال التالي

$$A \times B \longrightarrow AB$$

$$B \times A \longrightarrow AB$$

اختبار النسل_ The Progeny test

اختبار مهم يستدل منه للتاكد من ان التركيب الوراثي للنبات اذا كان نقي ومتماثل في عوامله او هجين غير متماثل في عوامله ويجري الاختبار لمعرفة سلوكية النسل الناتج من التزاوج فاذا كان التزاوج من نبات طويل نقي TT مع نبات قصير فان ضهور نباتات طويلة هجينه في F1 ، Tt يدل على ان صفة الطويل هي المتغلبة ويمكن القول ان النبات الطويل الذي تم تضريبه مع النبات القصير يحمل صفة النقاوة الوراثية اي ان رمزه TT ، اما في حالة وجود نباتين احدهما طويل والاخر قصير يتم التضريب بينهما وظهرت نصف النباتات طويلة والنصف الاخر قصيرة هذا يعني ان النبات المراد اختبار نقاوته يكون هجين Tt ، وهذا يعني انه في تضريب الاختبار يوجد احتمالين للتركيب الوراثي

1. اذا كان التركيب الوراثي المجهول متماثل وراثياً TT فانه يعطي نوع واحد من الكميتات وهي T وعند تضريبه مع الاب المتنحي tt والذي يعطي نوع واحد من الكميتات t فان جميع الذرية الناتجة تحمل الصفة السائدة وبتركيب وراثي خليط Tt .
2. اذا كان التركيب الوراثي المجهول مختلف وراثياً Tt فانه يعطي نوعين من الكميتات Tو t وعند تضريبه مع الاب المتنحي tt والذي يعطي نوع واحد من الكميتات t سوف تكون نصف الذرية الناتجة حاملة للصفة السائدة والنصف الاخر حامل للصفة المتنحية .

القوانين المندلية

<u>قانون مندل الاول</u> : اذا اختلف فردان في زوج واحد من الصفات المتضادة النقية ان احدى الصفتين تختفي في افراد الجيل الاول وتظهر الصفتان في الجيل الثاني بنسبة 3 متغلب الى 1 متنحي .

او هو العوامل الوراثية المزدوجة في الفرد تنعزل عن بعضها البعض عند تكوين الخلايا التناسلية او الامشاج ثم تعود فتزدوج بعملية الاخصاب عند تكوين الزايكوت او الفرد الجديد.

اذا تم التزاوج بين نباتين احدهما احمر الازهار RR والاخر ابيض الازهار rr وكانت صفة اللون الاحمر متغلبه والابيض متنحية فان نباتات الجيل الاول جميعها تكون حمراء متغلبه هجينة كما في المثال التالي ، وعند اجراء التلقيح الذاتي لنباتات الجيل الاول وهنا يلاحظ انعزال العوامل الوراثية في F2 حيث ظهرت قسم من النباتات تحمل صفات الاباء النقية التي تم تزاوجها اضافة الى نباتات F1 وهذه تسمى وراثة الجين الواحد

P1 RR x rr **P2 Rr x Rr**
G1 R ↓ r **G2 R r ↓ R r**
F1 Rr **F2 RR , Rr, Rr, rr**

مثال: لقح نبات بزاليا احمر الازهار باخر ابيض الازهار فكانت نصف الافراد الناتجة حمر الازهار ونصفها الاخر بيض الازهار ، ولو اجرينا تلقيحاً ذاتياً للنباتات حمراء الازهار الهجينة فما هي نسب واشكال النباتات الناتجة علماً ان صفة الازهار الحمراء سائدة على البيضاء .

بما ان نصف الافراد الناتجة في F1 حمراء الازهار والنصف الاخر ابيض الازهار

اذن صفة اللون الاحمر سائدة وهجينة

يكون التركيب الوراثي للنباتات حمراء الازهار Rr

يكون التركيب الوراثي للنباتات بيضاء الازهار rr

P1 Rr x rr
G1 R r r
F1 Rr : rr
حمراء %50 بيضاء %50

P2 Rr x Rr
G2 R r R r
F2 RR : Rr : Rr : rr
حمراء نقية حمراء هجينة بيضاء نقية

س: كيف يمكنك اختبار نقاوة نبات احمر الازهار مجهول النقاوة ؟

ج/ نقوم بتلقيحه مع نبات ابيض الازهار نقي يحمل الصفة المتنحية فاذا ظهرت جميع النباتات الناتجة في الجيل الاول حمراء الازهار هذا يدل على انه نقي في تركيبه الوراثي .

P1 RR x rr
G1 R r
F1 Rr
100% حمراء

اما اذا كان النبات احمر الازهار المجهول النقاوة هجيناً فينتج نوعين من النباتات نصفها احمر الازهار والنصف الاخر ابيض الازهار

P1 Rr x rr
G1 R r r
F1 Rr : rr
50% حمراء 50% بيضاء

أكتشف مندل ظاهرة السيادة التامة Dominance وذلك عندما لاحظ بان الهجين الناتج من تضريب سلالتين احدهما طويل الساق والاخر قصير الساق يكون طويل الساق هجين رغم انه يحتوي على عاملي الطول والقصر الا ان صفة القصر لم تظهر في الهجين لذلك اطلق مندل على صفة الطول الصفة المتغلبة Dominance character وهي الصفة التي تظهر في الفرد الهجين في الجيل الاول اما الصفة التي لاتستطيع الظهور بوجود الصفة المتغلبة فقد اطلق عليها الصفة المتنحية Recessive character وللتبسيط رمز مندل للعوامل السائدة بالحرف الكبير Capital letters وللعوامل المتنحية بالحرف الصغير small letters .

<u>الهجين</u> (Hybrid) هو الفرد الناتج من تزاوج ابوين مختلفين في صفة واحدة او اكثر.

الصفة السائدة Dominance character هي الصفة التي تظهر في الجيل الاول وتخفي الصفة المتنحية وتكون اما نقية او هجينة

الصفة المتنحية Recessive character هي الصفة التي تختفي في F1 وتظهر في الجيل الثاني

Allel هو الجين المفرد ويكون احد الجينات البديلة لصفة معينة مثلا الاليل المسؤول عن اللون الاحمر للازهار B والاليل المسؤول عن اللون الابيض للازهار b وهكذا.

قانون مندل الثاني (قانون الانعزال الحر للجينات في F2)

تنعزل كل صفة بنوع من الاستقلالية وغير معتمدة على الصفة الاخرى او اذا اختلف فردان في زوجين من الصفات المتضادة تنعزل العوامل الوراثية المختلفة بصورة مستقلة .

ولتوضيح هذا القانون الذي اعتمده مندل لتفسير نتائجه اجرى تجربة تضريب ثنائي الهجين ولاحظ اليلات كل من البذور الدائرية والصفراء بانها سائدة على نظائرها المتنحية المنتجة للبذور المجعدة والخضراء حيث كانت جميع بذور الجيل الاول F1 الناتجة من التضريب دائرية وصفراء هجينة وعندما ترك مندل هجن الجيل الاول للاخصاب الذاتي لاحظ ظهور اربعة انماط مظهرية في الجيل الثاني تركيبان منهما مماثلان للاباء اما التركيبان الاخران كانا جديدين بنسب مختلفة ضمن مجموع 556 بذره ظهر التوزيع التالي

315 دائرية صفراء بنسبة $\frac{9}{16}$
108 دائرية خضراء بنسبة $\frac{3}{16}$
101 مجعدة صفراء بنسبة $\frac{3}{16}$
32 مجعدة خضراء بنسبة $\frac{1}{16}$

حيث اصبحت النسبة 9 : 3 : 3 : 1

قام مندل بدراسة الصفات الوراثية لسبعة ازواج من الصفات المتضادة النقية وكان مندل يبحث عن سلوك هذه الصفات في التهجينات الوراثية. درس شكلين مختلفين للجين التي تسمى الاليلات alleles فاالاليلات هي الاشكال البديلة للجين التي لها نواتج جسمية متماثلة

جدول(1) الجينات التي درسها مندل في نبات البزاليا

موقع الجين	المظهر الخارجي الناتج عن اليلات الجين
شكل البذرة	مستديرة ، مجعدة
لون الفلقتان في البذور	اصفر ، اخضر
لون غلاف البذرة	ابيض ، رمادي
شكل القرنة	منتفخ او محزز
لون القرنة	اخضر ، اصفر
موقع الزهرة	قمي ، ابطي
ارتفاع النبات	طويل ، قصير

تمكن مندل من التعرف على السلوك الوراثي لنبات البزاليا من خلال التعرف على المظهر الخارجي والتركيب الوراثي من خلال تاثيرات الجين على النبات الذي يحتويه وان لكل جين شكلين مختلفين من الاليلات ولكن

من وجهة نظر العالم مندل ان الاليل يشكل وحدة غير قابلة للقسمة لذا لم يتمكن مندل من الحصول على اليل لارتفاع النبات بطول 3 قدم من تهجين نبات بطول 1 قدم مع نبات بطول 6 قدم .

مثال: اجري تضريب بين نباتات البزاليا ذات بذور دائرية صفراء مع اخرى ذات بذور مجعدة خضراء وتركت نباتات الجيل الاول للتلقيح الذاتي ماهي التراكيب الوراثية الناتجة في اجيال التزاوج علما بان جين البذور الدائرية RR والمجعدة rr وجين البذور الصفراء YY والبذور الخضراءyy

نرمز لجين البذور الدائرية بالرمز R
نرمز لجين البذور المجعدة بالرمز r
نرمز لجين البذور الصفراء بالرمز Y
نرمز لجين البذور الخضراء بالرمز y

بذور مجعدة خضراء بذور دائريه صفراء

P1 YYRR x yyrr
G1 YR yr
F1 YyRr

النبات الام يعطي اربع انواع من الكميتات
النبات الاب يعطي اربع انواع من الكميتات

بذور دائرية صفراء هجينة

P2 YyRr x YyRr
G2 YR , Yr , yR, yr : YR , Yr , yR, yr
F2

امشاج انثوية / امشاج ذكرية	YR	Yr	yR	Yr
YR	YYRR	YYRr	YyRR	YyRr
Yr	YYRr	YYrr	YyRr	Yyrr
yR	YyRR	YyRr	yyRR	yyRr
yr	YyRr	Yyrr	yyRr	Yyrr

وهنا يمكن حساب النسب المندلية لمعرفة انعزال العوامل الوراثية ، والانعزال الحر يتم اذا لم يكن هنالك ارتباط وراثي بين العوامل الوراثية او الجينات واذا لم تتواجد عوامل اخرى تحول دون الانعزال الحر

افراد الجيل الثاني المتوقعة عن تزاوج افراد الجيل الاول لزوجين من الصفات المتضادة النقية

Y-R- $\frac{9}{16}$ **بذور دائرية صفراء**

yy R- $\frac{3}{16}$ **بذور دائرية خضراء**

Y-rr $\frac{3}{16}$ **بذور مجعدة صفراء**

yy rr $\frac{1}{16}$ **بذور مجعدة خضراء**

مثال: اجري تضريب بين نباتات ذات بذور مستديرة صفراء واخرى ذات بذور مجعدة وخضراء فكانت جميع نباتات الجيل الاول ذات بذور مستديرة صفراء هجينة ولو تركت نباتات الجيل الاول للتلقيح الذاتي فما هي التراكيب الوراثية الناتجة علماً بان صفة البذور المستديرة والصفراء متغلبة على بذور النباتات المجعدة الخضراء

التركيب الوراثي للبذور المستديرة الصفراء WWGG

التركيب الوراثي للبذور المجعدة الخضراء wwgg

P1 wwgg x WWGG
G1 wg WG
F1 WwGg
بذور مستديرة صفراء هجينه

P2 WwGg x WwGg
G2 WG, Wg, wG, wg : WG, Wg, wG, wg
F2

امشاج انثوية / امشاج ذكرية	WG	Wg	wG	Wg
WG	WWGG	WWGg	WwGG	WwGg
Wg	WWGg	WWgg	WwGg	Wwgg
wG	WwGG	WwGg	wwGG	wwGg
wg	WwGg	Wwgg	wwGg	Wwgg

9:3:3:1

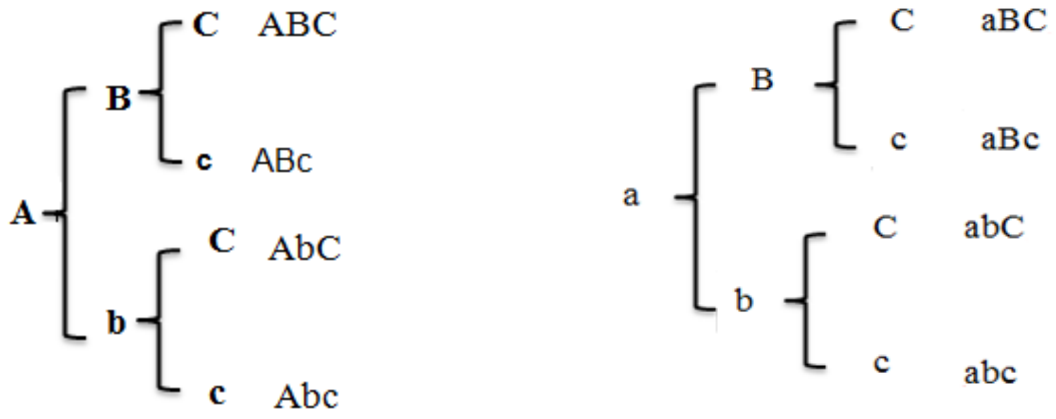
W- G مستديرة صفراء 9
W- gg مستديرة خضراء 3
ww G- مجعدة صفراء 3
ww gg مجعدة خضراء 1

الحالات المندلية العامة

كلما اصبح الهجين معقداً لوجود عدد من ازواج الجينات الخليطة كلما اصبحت كميتاته اكثر اختلافاً ، فالفرد الهجين لصفة معينة بزوج واحد من الجينات Aa ينتج نوعين من الكميتات هما Aو a بنسب متساوية واذا كان نفس الهجين لصفة اخرى بزوج من الجينات Bb فانه سينتج اربع انواع من الكميتات ويمكن التعبير عن هذه الحالة بالمعادلة التالية (2^n) واذا كان الفرد بثلاث ازواج من الجينات فان عدد الكاميتات الناتجة سيكون ضعف الحالة السابقة وهي (2^3) او $2\times2\times2$ وهكذا فالقوة التي يرفع لها الاساس (2) هي عبارة عن عدد ازواج الجينات الخليطة في الفرد الهجين .

مثال: لوكان لدينا فرد هجين لثلاث ازواج من الجينات AaBbCc جد عدد الكاميتات الناتجة وما هي تراكيبها الوراثية

$2^3 = 8$



ان كل زوج من الكروموسومات يعطي نوعين من الكاميتات ، بينما الزوجين يعطيان اربع انواع من الكميتات وثلاث ازواج تعطي ثمانية انواع واربعة ازواج تعطي ست عشر نوعاً حسب المعادلة (2^n) وهكذا .

انواع السيادة :

بعد اكتشاف القوانين المندلية تمكن الباحثون من ايجاد انواع اخرى من السيادة ادت الى ظهور نسب الانماط المظهرية والتي تختلف عن النسب المندلية في F2 الا ان عوامل هذه الصفات خضعت الى مبدأ الانعزال وهنالك عدة انواع من السيادة هي

1. السيادة الكاملة Complete Dominance

في هذا النوع من السيادة يكون الفرد المتماثل وراثياً له نفس النمط المظهري للفرد المتباين وراثياً اي ان (AA متشابه Aa) بالرغم من وجود الجين المتنحي لكنه مختفي وظيفياً . مثال ذلك الصفات التي درسها مندل على نبات البزاليا اظهرت السيادة الكاملة وادت الى ظهور النسبة التقليدية 1:3 في F2 عند تضريب الفرد الهجين ذاتياً.

2. السيادة غير الكاملة Incomplete Dominance

هي السيادة التي يكون فيها الفرد الهجين حالة وسطية بين الابوين والافراد لايمكن تفسيرها بموجب السيادة الكاملة فمثلاً في نبات حلق السبع عند تضريب نبات احمر الازهار مع نبات ابيض الازهار تكون الافراد الناتجة في F1 وردية الازهار ولو تركت للاخصاب الذاتي فنحصل في F2 على نباتات منها 1 حمراء ازهار : 2 وردية الازهار : 1 ابيض الازهار وهذه النسبة محورة عن النسبة المندلية 1:3 بسبب السيادة غير الكاملة .

3. السيادة الفوقية Over Dominance

في هذا النوع من السيادة يكون الفرد المختلف وراثياً في نمطه الوراثي عند قياسه كمياً اكثر من كلا الابوين المتماثلين وراثياً وهذا ماهو موجود في لون العين في حشرة الدروسوفلا حيث يسبب الفرد Ww زيادة في كميات الصبغات التالفية عن الافراد المتماثلين وراثياً البري WW والابيضww حيث تظهر النسب المحورة في F2 1:2:1 في الفرد الهجين

4. السيادة المشتركة (التبادلية)

تظهر السيادة المشتركة عندما يكون بمقدور كل من الاليلين التعبير عن نفسهما في الفرد الهجين ويعمل كل اليل بطريقة مستقلة عن الاليل الاخر ويكون التاثير مشتركاً في الفرد الهجين مثال ذلك التزاوج بين افراد من طراز دم AB ينتج نسل بنسبة 1 من طراز دم A و 2من طراز دمAB و 1 من طراز دم B وهذه النسبة 1:2:1 محورة عن النسبة 1:3 .