

عنوان الكتاب : كتاب الوراثة

المؤلف : د / أحمد فاضل الخشن

سنة النشر : ١٩٣٧

رقم العهدة : د ١١٢٠٠

الـ ACC : ٦٠٨٤

عدد الصفحات : ٣٥٠

رقم الفيـم : ١٧

صحة لدراسات  
الفاضل ربيع  
مع تحياتي  
١٤٣٧/١/٢٧

## كتاب الوراثة

١٥٧٥/١  
١٤٣٧

١٤٣٧/١/٢٧

تأليف

دكتور أحمد فاضل الخشن

دبلوم مدرسة الزراعة العليا بالجيزة

وبكالوريوس في العلوم - ودكتوراه في الفلسفة من جامعة أديس

ومدرس الوراثة وتربية الحيوان بكلية الزراعة بالجيزة

الثمن ٥٠ قرشاً

- A.C / ٦٠٨٤
- ٥٧٥١ / أ.ك
- ٦٥ / ١١٢٠٠

حقوق الطبع محفوظة للزلف

دار النشر الحديث

الى

أستاذى العظیم پروفیسور فروریك البرت ۰۱ كرو  
أقدم تحية من غرس بيده



كرو

## مقدمة المؤلف

منذ سنوات وفكرة إخراج هذا الكتاب تخامرنى من حين لآخر، وكانت تتنازعنى فى ذلك عاطفتان: الأولى رغبة الإقدام على وضع مؤلف فى علم الوراثة باللغة العربية يسد فراغاً فى هذه الناحية العلمية، والثانية رهبة الاحجام عن تقديم مجهود متواضع لمحبى هذا العلم الشائق قد يعجز عن أن يشبع شغفهم أو يكفى حاجتهم.

وأخيراً استقر رأيى على التوفيق بين العاطفتين، فأقدمت على وضع هذا المؤلف وأحجمت فى نفس الوقت عن أن أقطع صلة القراء بالمراجع الأوروبية والأمريكية، بل مهدت لهم سبيل الاطلاع على هذه المراجع.

وقد جهدت كثيراً فى تحقيق كل ما كتبتة وتوخيت الدقة والثقة فى المصادر التى أخذت عنها.

وعربت كثيراً من الاصطلاحات المستعملة فى هذا العلم مستقبياً معناها الصحيح، غير أننى حافظت أيضاً على كثير من الاصطلاحات العلمية اللاتينية أو الانجليزية، وراعى فى ذلك فائدة القارىء حتى لا يجد نفسه غريباً عن هذه الاصطلاحات وعن تفهم معانيها إذا

رجع إلى الكتب الأخرى . ولا يخفى أن اللغة الإنجليزية شأنها كبيرا في علم الوراثة . وذلك لما للدرسة الأمريكية (مورجان ومساعدوه) من أكبر الأثر في بنائه .

وإني إذ أقدم هذا الكتاب للقراء لا أنسب لنفسى فضلا فيه ، إذ ليس فيه من جديد اللهم إلا في وضعه بلغة هذه البلاد العزيرة .

وإني أذكر بوافر الشكر حضرة الأستاذ الدكتور محمد عماره أستاذ الطب الشرعي بكلية الطب ، وهو الذى تفضل بتعريب كثير من أسماء الأمراض الواردة في هذا الكتاب .

كما أنه يسرنى أن أنوه بفضل حضرة حسين افندى الأييارى المعيد بكلية الزراعة إذ قام بعمل جميع الرسوم التى بهذا الكتاب .

وقد بذل هو وحضرة زميله محمد افندى توفيق رجب المعيد بكلية الزراعة جهدا كبيرا في أثناء الطبع فلهما الشكر الجزيل والثناء الجميل .

## الباب الأول

مقدمة تاريخية — تعاريف أولية — طرق دراسة العلم

الاولوية التطبيقية للعلم

إن التقدم الواسع في دراسة علوم الحياة (البيولوجي) في العصر الحالى وكثرة ما جمعه العلماء من الأبحاث والمشاهدات المبنية على التجارب ساعدا على وضع علم الوراثة التناسلية كما نعرفه الآن على أساس حسي ومنطقي معا . فأمكن بذلك فهم ومعرفة الطرق التى تنتقل بها صفات الكائنات الحية إلى ما يليها من الأجيال ، تلك الظاهرة التى كانت ولا تزال من الظواهر الطبيعية الشائعة للإنسان في محاولته حل غوامضها ومعضلاتها .

ولا عجب أن تكون كذلك والانسان من أقدم الأزمان يوجه التفاتا خاصا لمعرفة وتفسير أسباب تشابه الابن بأبيه وإن كان تعليله لذلك التشابه لم يتخذ صورة صحيحة إلا في السنوات الأخيرة فقط .

فقد كان يظن قديما بإمكان خلق الكائنات الحية مباشرة من الجماد ، واستمر هذا الاعتقاد يتداوله الانسان كحقيقة مقطوع بصحتها إلى أيام النهضة العلمية الكبرى في أوروبا Renaissance حين بدأ أهل العلم يحرقون أفكارهم من كثير من القيود وينظرون إلى الأمور نظر الفاحص المدقق الذى يرجع بالنتائج إلى أسبابها . وفي ذلك العصر لم يكن بالامكان الاعتماد على التجارب العملية أو المراثيات المكبرة بالميكروسكوب . ولذلك كان اتجاه الآراء مستندا إلى التذليل النظرى والمجادلة اللفظية وكلاهما مما لا يقبله العلم الحديث ما لم يؤيده الواقع . ولنفس السبب لم يكن هناك بد من أن

تكون أكثر الآراء الموضوعية على خطأ، إما في مجموعها أو في تفاصيلها .  
ولو أن ذلك لا يقلل من أهمية هذه الآراء لقيمتها التاريخية في نمو العلم  
الحديث ، لأن العلم في حد ذاته يتقدم على السواء من يخطئ ومن يصيب  
من أهله .

أما وقد تداعت هذه النظريات القديمة فلا نريد أن ندخل في تفصيلها ،  
بل نكتفي بالإشارة إليها من قبيل الذكري في تطور العلم، ولييان الخطى التي  
اتبعا التفكير الانساني وراء البحث عن الحقيقة .

فقد كانت آراء لامارك Lamarck التي نشرها في سنة ١٨٠١ ثم توسع  
فيها وأعاد نشرها في سنتي ١٨٠٩ و ١٨١٥ مما شغل بال العلماء بصفة جدية  
لأهميتها، إذ هو أول من أشار الى حدوث التطور في الطبيعة والى نشوء  
الكائنات الحية من كائنات حية مثلها وسابقة لها في الوجود . وعلل حصول  
التطور بقوانين يقبلها العقل لافتا الانظار الى التشابه الكبير بين الأنواع  
والى التدرج في انتظامها مما يدل على اشتقاق هذه الأنواع من بعضها البعض .  
وقد حاول في تعليقه أن ينسب ذلك الى قانون طبيعي أسماه قانون الاستعمال  
والإهمال Use and Disuse لازرى ضرورة لذكر تفاصيله ، وفيه يأخذ  
لامارك بأن للوسط الخارجى تأثيراً كبيراً فى نشوء الأنواع . وقد حذا من  
كتب بعده من العلماء على مثاله ناهجين نهجه مؤيدين آراءه حتى ظهر كتاب  
أصل الأنواع Origin of Species لمؤلفه دارون Darwin سنة ١٨٥٩  
نتيجة بحثه عدة سنوات فى جنوب أمريكا حيث كان يدرس أنواع النباتات  
والحيوانات فى حالتها الوحشية ، ولقد أظهر دارون بوضوح وإقناع حقيقة  
وجود التطور فى الكائنات الحية ناسبا حصوله لما أسماه بقانون الانتخاب  
الطبيعى Natural Selection فهو وإن كان يؤيد لامارك فى وجود التطور  
فعلا وحقيقة ، إلا أنه يخالفه فى أسبابه وإن كان كلاهما يرجع أكبر الأثر  
لفعل عوامل الوسط الخارجى ولوراثة الصفات المكتسبة من فعل العوامل  
المذكورة inheritance of acquired characters

ومن الواجب علينا أن نذكر هنا أن والس Wallace كان يدرس فى نفس  
الوقت التاريخ الطبيعى لجزائر الأريخيل وملقا مدققا فى وجوه القرابة بين  
أنواع الكائنات الحية وفى توزيعها الجغرافى وتسلسلها الجيولوجى ، فوصل  
فى النهاية إلى نتائج وآراء تطابق ما نشره دارون تماما وقد تبادلآ آراءهما معا  
وقبلها العالم المفكر واقتنع بها . وبعد ذلك خلا الميدان للنظر بين يؤلفون ويكتوبون  
مستمدين من تعاليم دارون ومن خيالهم حتى إذا ما وضعت نظرياتهم تحت  
ضوء الاختبار والتقدضى عليها .

ألا أنه كان من الخطى المباركة أن اكتشف العلماء حقيقة عملية الإخصاب  
وتفاصيلها فى أواخر القرن الثامن عشر فأقروا بذلك أن الذكر والأُنثى  
متساوي التأثير فى الفرد الناتج من تلقيحهما، وكان المعتقد قبل ذلك أن أحد  
الجنسين يقدم البذرة وأن الجنس الآخر يقدم التربة التى تنمو فيها هذه البذرة .  
على أن اكتشاف الحقيقة العلمية وهى أن البويضة لا يخصبها الا سبرم واحد  
لم يحصل إلا بعد ظهور كتاب أصل الأنواع بعدة سنوات ، ثم زاد ذلك  
وضوحاً بتقدم الاكتشافات السيتولوجية فى أواخر القرن التاسع عشر .  
فأصبحت الدوائر العلمية على استعداد لقبول التعاليم التى تستند إلى وظيفة  
الخلايا التناسلية فى وراثة الصفات، وبذلك تحول الاهتمام إلى دراسة الخلايا  
التناسلية بدلا من تأثير الوسط الخارجى . وفى ضوء هذه الدراسة الجديدة  
فقدت تعاليم لامارك ودارون ما كان لها من أهمية سابقة . ولقد كان ميدان  
البحث الجديد هو معرفة العلاقة بين الصفات الوراثية وبين الخلايا التناسلية  
التي يتكون منها الكائن الحى ، وبذلك نشأ علم الوراثة كصفرع من علم  
التطور والرقى Evolution . وكان المعروف كثيراً من هذه الصفات  
الوراثية ، بعضها مورفولوجية كشكل وحجم وتركيب ووضع أعضاء  
الجسم المختلفة ، وبعضها فيسيولوجية كطول الحياة والصلع والمناعة ، وبعضها  
سيكولوجية كالمزاج الهادى والمنفعل والذكاء وضعف العقل والجنون ،  
وبعضها مرضية pathological كالأصابع الملتحمة fused digits أو الزائدة

extra digits أو القصيرة short digits. ومع أنه كان من المعروف أن الكائن الحي يميل لابتعاد الشبيه به، أي أن صفات وميزات الآباء تنتقل إلى أبنائهم، إلا أنه كان معروفاً كذلك أن التشابه ليس تاماً في كل الميزات، بل توجد هناك شخصية واضحة لكل فرد، وأنه لا يوجد اثنان متطابقان في جميع صفاتهما تطابقاً تاماً مهما كانت درجة القرابة بينهما.

هذه الحقائق هي التي غيرت مجرى التفكير واستدعت وضع نظريات جديدة كما أشرنا فيها سبق تبحت في الدور الذي تقوم به الخلايا الجرثومية في انتقال الصفات. ولقد كان من أقوى البواعث على ضرورة ذلك أنه أمكن في سنة ١٨٤٩ عند دراسة أجنة بعض الكائنات الحية التمييز بين الخلايا التي ستكون منها أعضاء التناسل وتلك التي ستكون الجسم. ولقد بنى هيكل Haeckel في سنة ١٨٦٦ رأيه بأن الاستمرار المادي Germinal Continuity موجود من جيل لجيل وأنه يجب الفصل بين النسيج التناسلي والأنسجة الجسمية عند النظر في وظائفها

وتقدم ججر Jäger بعد ذلك (١٨٧٩) خطوة أخرى فأظهر أن البروتوبلازم الجرثومي يحتفظ بنحواصه أجيالاً عديدة وأنه ينقسم في كل تناسل إلى قسمين: أحدهما يتكون منه جسم الفرد الجديد، والآخر يبقى كامناً ليكون عند بلوغ ذلك الفرد نسيجه التناسل

واستمرت هذه التعاليم قائمة حتى ظهرت نظرية فايزمان Weismann في سنة ١٨٨٢ — ١٨٨٣ وفيها يقول إن الخلايا الجرثومية هي وحدات غير منقطعة من سلسلة واحدة موجودة منذ بدء الخليقة ولا يعثرها الفناء لخلايا الجسم وأن هذه الخلايا الجرثومية هي الحاملة للصفات الوراثية. وأن الفرد الحي لا يكون خلايا تناسلية عند بلوغه، بل إن هذه موجودة به منذ كان بويضة مخضبة أو زيجوت Zygote. ذلك أن البويضة المخضبة عند انقسامها

تفصل بعض الخلايا الناتجة من الانقسام جانباً، ولا تشارك مطلقاً في تكوين الجسم بل تصبح فيما بعد «الخلايا الجرثومية»، لهذا الفرد الحي الجديد

وقد استنتج فايزمان نظريته هذه من دراسته للنمو والتناسل في الحيوانات وحيدة الخلية مثل الرزوبودا Rhizopoda والانيوزوريا Infusoria، إذ كل كائن وحيد الخلية ينمو إلى حد محدود، ثم ينقسم إلى قسمين كل منهما مشابه للآخر تماماً في الحجم والتركيب حتى أنه يعسر التمييز أيهما الكائن القديم وأيها الجديد، وبذا يكون كل كائن حي وحيد الخلية على سطح الأرض الآن موجوداً منذ بدء الخليقة وأقدم في وجوده من النوع الانساني نفسه. وعلى ذلك فهذه الحيوانات وحيدة الخلايا تعيش إلى ما لا نهاية وتستمر في الانقسام مالم تقطع حياتها بسبب ميكانيكي (أي قتلها بواسطة آلية أو كيميائية)

من دراسة انقسام هذه الكائنات وحيدة الخلية يبدو لنا بدهاء أن الفرد جزء من أليه، والجزء شبيه بالأصل، فالوراثة فيها هي ظاهرة من ظواهر الاستمرار في الوجود بالانقسام البسيط من أصل واحد تتكرر صورته ولا تتعدم مادته

أما الكائنات المتعددة الخلايا multi-cellular organisms التي تناسل جنسياً فلا يختلف حالها أيضاً عن وحيدة الخلايا، إذ تناسلها قاصر على خلايا خاصة هي الخلايا الجرثومية، واستمرار انقسام هذه هو الذي ينتج الأجيال المتعاقبة من النباتات والحيوانات. فهذه الخلايا هي وحدها القادرة على التناسل وحفظ النوع وتوريث الصفات. وقد علل فايزمان واسطة توريث الصفات في هذه الحالة بأن كل خلية في جسم الكائن عديد الخلايا ترسل إلى خلاياه الجرثومية جزئيات دقيقة جداً تتجمع حتى إذا ماتم التناسل وتكون فرد جديد انتشرت في خلاياه الجسمية وكيف صفات جسمه بطريقة تشابه صفات الأب.

ويجدد بنا أن تشير إلى أن نظرية فايرمان في مجموعها صحيحة يقبلها العلم الحديث ويؤيدها إلا حيث ينسب انتقال الصفات إلى « جزيئات » تتجمع في الخلايا التناسلية. ولقد زادت النظرية قوة بما أظهره بوفيري Boveri في سنة ١٩١٠ من انزوال الخلايا الجرثومية عن باقي خلايا الجنين في الديدان المسماة *Ascaris megaloccephala* ومن أمكان متابعة سلوك هذه الخلايا الجرثومية في أدوار حياة الجنين المذكور. وبذلك أضاف دليلاً آخر إلى ما اجتمع من الأدلة قبل ذلك.

وفي سنة ١٨٩٤ أجري بتسن Bateson علماء البيولوجي أن يعدلوا آراءهم عن التصنيف بأن دل على أن انقطاع الصفات كثير الحصول في الطبيعة فتختلف بذلك الأبناء عن آباؤهم في الصفات اختلافاً ظاهر ألا تدريجياً على مدى الأجيال. ثم ظهرت نظرية دي فريز de Vries سنة ١٩٠١ عن الطفرة لافتاً الأنظار لكثرة وجودها في الطبيعة مبنياً أن أنواعاً جديدة من الكائنات الحية قد تظهر فجأة من أنواع أخرى وتخالفها في صفاتها كلها أو بعضها.

كل هذه الحقائق دعت إلى تعديل نظرية دارون لما ظهر من نقصها وعدم انطباعها على الحقائق العلمية المكتشفة فمع أن دارون هو القائل بوجود التطور وبأن الحاضر هو ابن الماضي وأبو المستقبل فهو لم يقدم تعليلاً صحيحاً لكيفية حصول هذا التطور إذ أنه بنى آراءه على بقاء الأصلح ووراثته الصفات المكتسبة، وليس ثمة دليل على وراثتها بل الدليل على عكس ذلك، وقد أنكر فايرمان Weismann ومن أتى بعده وراثته هذه الصفات.

كل هذا دل دلالة قاطعة على ضرورة البحث والتحريب في الوراثة وأسبابها وموجباتها، حتى ظهر في الميدان كورنز Correns ودي فريز de Vries وتشيرماك Tschermak إذ أعادوا اكتشاف نظرية مندل Mendel وبذلك تأيدت آراء فايرمان ووسع نطاقها

ومندل Mendel هذا كان راهباً في برون Brunn بالدير الملكي، اشتغل زمناً بتربية النبات ثم قدم نتائج بحثه لجمعية التاريخ الطبيعي في برون سنة ١٨٦٥ ونشرت الجمعية المذكورة هذه الأبحاث في مجلتها سنة ١٨٦٦ غير أنه لم يأبه لها أحد لا نشغال العلماء بدارون وفروضة.

فلما أعيد اكتشاف نظرية مندل بما قام به كورنز وغيره سنة ١٩٠٠ - ١٩١٠ (وكان في أثناء ذلك قد تقدمت طرق الدراسة السيتولوجية واكتشف الكثير من الحقائق عن وظيفة التناسل والخلايا الجرثومية) وضع العلماء هذه النظرية تحت ضوء الاختبار وانتهت مناقشتهم بقبولها.

ولقد كان مندل موفقاً في نظريته كل التوفيق ويرجع ذلك إلى مواهبه التي جعلته يتعد عن الفروض التخمينية ويقصر بحثه على تحليل الحقائق العملية التي نتجت من تجاربه وكان سعيد الحظ أن وقع اختياره على نبات الباسلاء للقيام بتجاربه الترية التي قام بتحليلها تحليلًا حسابياً دقيقاً.

ولقد كان من أقوى أسباب فشل السابقين له أنهم اعتبروا الفرد بأكمله وحدة وراثية لا تتجزأ أما مندل فلم يأخذ بهذا الخطأ بل وجه كل اهتمامه إلى الصفات التي تظهر على الأفراد وعنى بدراستها صفة صفة في أزواج متضادة على حدها فكان بذلك أول من أوجد تعاليم علم الوراثة الحديث بتحليل الفرد إلى مركباته كما يحلل علماء التشرح الجسم إلى أعضاء، وكما يحلل الكيمائي المركب إلى عناصره المكون منها.

ولا يضير مندل أن نظريته قد اعترافها التعديل حديثاً فهو أول من وضع أساس علم الوراثة وإليه يرجع الفضل في ما هو عليه هذا العلم الآن.



## علم الوراثة وطرق دراسته ودرجه تطبيقه

تعريف: قد وضعت عدة تعاريف لهذا العلم لا يتسع المجال لذكرها كلها غير أن أدقها هو علم الوراثة Genetics علم يبحث في أسباب وتناجح المشابهات والفروق في الصفات بين الأفراد الذين تربطهم صلة القرابة ويوضح بالدقة العلاقة التي توجد بين الأجيال المتتابعة،

وعلى ذلك فيدان علم الوراثة هو فسيولوجيا التناسل والتكوين وواسطته هو دراسة الجهاز الذي ينقل الصفات من أب لأبناؤه والجهاز الذي يتم به التحور في تشابه الصفات أو ما يسمى بالتصنيف Variation

وبما ان العلم يبحث في وراثة الصفات في الكائنات الحية فمن الممكن تقسيمه تبعاً لذلك إلى ثلاثة اقسام :

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| (١) الوراثة في النبات  | Plant Genetics            |
| (٢) الوراثة في الحيوان | Animal Genetics           |
| (٣) الوراثة في الانسان | Human Genetics (Eugenics) |

وهذا القسم الأخير يدخل تحت الوراثة في الحيوان ولا تفصلهما إلا دواع اجتماعية وأديسة يقتضيها وجود النوع الانساني على حال كبير من المدنية .

وليس بين الأقسام الثلاث فارق أو حد فاصل فالواقع أن هذا التقسيم عرفي فقط وأن القوانين الوراثة تنطبق على جميع الأحياء من نبات وحيوان وإن كانت مباحثها في الحيوان أعقد منها في النبات لما بين الحيوان والنبات من فرق كبير في تكوين وتركيب أعضاء كل منهما ،

## طرق دراسة العلم

تستدعي دراسة علم الوراثة معرفة واسعة بعلوم البيولوجي الأساسية كالنبات والحيوان والتشريح والتشريح المقارن والمستولوجي والسيولوجي والفسيولوجي وعلم الأجنة والكيمياء الحيوية والقوانين البيومترية الرياضية، وبناء على ذلك فطرق دراسة علم الوراثة دراسة جيدة تشمل تفاصيل هذه العلوم جميعاً ونظماً معاً لمعرفة مدى أثر كل منها في وراثة الصفات .

أما الدراسة العادية للعلم فتكون بالقيام بتجارب التربية المختلفة التي تكفي لأن توضح للطالب القوانين الوراثة التي يدرسها نظرياً وقد يكون من المفيد أن تصطحب هذه التجارب بقطاعات سيولوجية متسلسلة تظهر التوازي بين سلوك صفات الأفراد وسلوك كروموزومات الجاميطات

وليست دراسة هذا العلم من السهولة بقدر كبير إنما يعرض مصاعبه مابه من مباحث شيقة وأهميته الفائقة للانسان .

## تفسير العلم وأهميته

ولقد نالت دراسة هذا العلم حديثاً ما هي جديرة به من اهتمام في العالم المتمددين وليس في ذلك غرابة فعلم يبحث في العلاقة بين الأجيال المتعاقبة من الكائنات الحية ويرى بذلك إلى معرفة طرق تحسينها جيلاً بعد جيل هو علم في الدرجة الأولى من الأهمية لطلبة الزراعة والمزارعين إذ يفهم قواعده يمكن تحسين المحاصيل والحيوانات الزراعية حتى تكاد تصل إلى الكمال في انتاجها

أما من ناحية الانسان فيرى علم الوراثة باحثه إلى استكمال تقدم النوع الانساني في مجال الرق العقلي فيزداد بذلك انتاج الانسان بازدياد قواه المفكرة ، ويرى أيضاً إلى تركيز قوة الاخلاق والقضاء على عوامل تقهر النوع بالقضاء على الصفات الوراثة الخاصة بالاجرام والجنون والعته

وضعف الشعور بالمسئولية ، ويرى أيضاً إلى الاحتفاظ بصحة النوع بالقضاء على الصفات الوراثية التي تجلب لحاملها الاستعداد للاصابة بالأمراض المعدية المختلفة .

ولقد وجد فيه رجال القانون والتعليم والسياسة علماء ذا فائدة عظيمة لهم في أداء واجبهم وفي الكيل لكل فرد بمكيال خاص يتناسب مع عقلية الموروثة التي لا بد له في اختيارها . أما السياسيون فقد وجدوا في السنين الحالية أنه من أسباب عظمة الأمم أن تخط طريق مستقبلها بالاستناد إلى تحليل أخلاقها وعقلية المجموع فيها واتجاه قوى التفكير في أفرادها . وأن ذلك السياسي الذي يدرس هذه الصفات في أمته ليوجهها إلى الطريق الصحيح ويبني لها صرحاً متيناً في مستقبل حياتها فليست كل الأمم سواء بل لكل منها ميزات وصفات خاصة يظهرها علم الوراثة وفي استغلالها أكبر المنافع لكل منها .



منزل

# الباب الثاني

بجارب مندل — قوانين مندل الوراثية

لقد استرعى نظر مندل أثناء تربيته نباتات الباسلاء المعروفة أن سلالاتها تختلف عن بعضها البعض بفروق ظاهرة تشمل أعضاء النبات المختلفة كالساق مثلا، فهناك نباتات طويلة وأخرى قصيرة وكالزهرة أيضا في وضعها، فهناك نباتات قمية الأزهار وأخرى إبطيتها أو في لونها فهناك أزهار حمراء وأخرى بيضاء.

لهذا الخلاف الواضح ولسهولة تتبع الصفات في وراثتها عنى مندل بدراستها صفة صفة. وأمكنه أن يكون من مقارنته لصفات النباتات فكرة مبدئية وهي أنها تختلف عن بعضها في أزواج متضادة من الصفات كل زوج منها خاص بعضو خاص في النبات، وقد أطلق مندل على هذه الصفات المتضادة اسم الصفات الأيلومورفية *allelomorphic pairs of characters* ثم درس الطريقة التي يورث بها كل زوج من هذه الصفات الأيلومورفية بأن اتبع طريقة التهجين المعروفة لدى النباتيين فنقل جوبب اللقاح من نبات ثابت الصفة إلى آخر به الصفة المضادة أو الأيلومورفية للصفة الأولى بعد أن قطع أسدية النبات الثاني قبل نضجها فكانت النتيجة التي حصل عليها أنه عند جمع البذور الناشئة من هذا التلقيح الصناعي بعد نضجها وزرعها بمفردها أن النباتات النامية منها أظهرت كلها صفة واحدة فقط من زوج الصفات الأيلومورفية التي اختلف فيها الأبوان، أما الصفة الأخرى فلم تظهر في الأبناء.

ولقد ترك مندل هذه الأبناء تلقح نفسها تلقياً ذاتياً وهو المعتاد في الباسلاء ثم جمع بذورها عند نضجها وأعاد زراعتها ليربي أبناء الأبناء، وليرى

أى الصفات تظهر عليها فوجد أن صفتي الأبوين ظهرت في أبناء الأبناء، فلما عمد إلى الطريق الاحصائي وعدت النباتات التي تظهر فيها كل صفة ووجد أن ثلاثة أرباع الجيل الثاني (أبناء الأبناء) بها الصفة التي ميزت أحد الأبوين الاصليين وظهرت في أبنائهما بينما ربع أفراد الجيل الثاني ظهرت بها الصفة التي كانت بالأب الآخر ولم تظهر في الأبناء. ولنضرب مثلاً على ذلك دراسة مندل لطول الساق في الباسلاء: إذا لقحت نبات طويل الساق آخر قصير الساق كانت أبنائهما كلها طويلة الساق، فإذا لقحت هذه نفسها كانت أفراد الجيل الثاني بعضها طويل وبعضها قصير إلا أن الأفراد طويلة الساق ثلاثة أمثال الأفراد قصيرة الساق في عددها. ويمكن تخطيط هذه الأجيال الثلاثة كالآتي (العلامة × تدل على التلقيح أو التهجين)

أحد الأبوين طويل الساق × الأب الآخر قصير الساق

الأبناء: أو الجيل الأول      طويلة الساق

أبناؤنا: أو الجيل الثاني      ٣ طويلة الساق : ١ قصيرة الساق

واستمر مندل في تربية أبناء الجيل الثاني منتجاً الجيل الثالث وذلك بأن ترك كل نبات يلقح تلقيحاً ذاتياً ثم جمع بذورها وزرع كل مجموعة منها على حدة فوجد أن أبناء النباتات قصيرة الساق دائماً قصيرة. أما النباتات طويلة الساق فثلاثاً أبنائهم طويلة كلها بينما أنتج الثلثان الباقيان نباتات طويلة وقصيرة نسبة عدد الطويل فيها إلى القصير كنسبة ١:٣

ودرس مندل الصفات الأليومورفية الأخرى زوجاً زوجاً كل زوج منها على حدة صارفاً النظر عن جميع الصفات الأخرى في النبات واتبع مندل نفس الطريقة السابقة في دراسة كل زوج من الصفات أي قام بتلقيح نباتات بها صفة خاصة من نباتات أخرى بها الصفة المضادة لها ثم ربي أبناء الجيل الأول والثاني والثالث فكانت النتائج التي حصل عليها في جميع الحالات ماثلة لبعضها ومطابقة لطول الساق وقصره في وراثته كل منهما. ويشمل الجدول الآتي الصفات التي درسها مندل وما أعطته من نتائج.

نسبة ظهور صفتي الأبوين في الجيل الثاني	صفات الجيل الثاني وعدد كل منها	صفة الجيل الأول (الأبناء)	زوج الصفات المتضادة في الأبوين	الخاصة	الصنو
١:٢, ٨٤	٧٨٧ طويل ٢٧٧ قصير	طويل	طويل أو قصير	الطول	الساق
١:٣, ١٤	٦٥١ ابيض ٢٠٧ قهوي	إبطية	إبطية أو قهوية	الوضع	الزهرة
١:٢, ٨٢	٤٢٨ خضراء ١٥٢ صفراء	خضراء	خضراء أو صفراء	اللون	القرون
١:٢, ٩٦	٥٤٧٤ مثمنة ١٨٥٠ رومجة	مثمنة	مثمنة أو رومجة	الشكل	البذور
١:٢, ٩٥	٨٨٢ متفتح ٢٩٩ رومجي	متفتح	متفتح أو غير متفتح	الشكل	غلاف البذور
١:٣, ١٥	٧٠٥ رمادي ٢٢٤ ابيض	رمادي	رمادي أو ابيض	اللون	غلاف البذور
١:٣, ٠١	٦٠٢ صفراء ٢٠٠١ خضراء	صفراء	صفراء أو خضراء	اللون	الفقاقت

متوسط النسبة ١:٢,٩٨

ويرى من مراجعة الجدول السابق أن ظهور صفى الأبوين بنسبة ١ : ٣ لم يحصل عليها مندل فعلا بل كانت النسب العملية قريبة جداً منها عند الأخذ بالأرقام الصحيحة .

ولقد أعيدت تجارب مندل مرات عديدة كما سبق القول وكانت النتائج تدل على أن النسبة المذكورة هي أقرب ما يمكن الحصول عليه عملياً إلى النسبة النظرية (١ : ٣) كما يرى من الجدول الآتى الذى يشمل نتائج التجارب التى قام بها علماء مختلفون عن توزيع لون فلقات الباسلاء فى الجيل الثانى الذى رباها كل منهم .

اسم المحرب	النسبة له	أصفر الفلقة	أخضر الفلقة	التوزيع فى كل أفراد الخطأ المحتمل
Mendel	٨٠٢٣	٦٠٢٢	٢٠٠١	٣٠٠٢ : ٣٠٩٨ ± ٠.١٣
Correns	١٨٤٧	١٣٩٤	٤٥٣	٣٠١٩ : ٠.٩٨ ± ٠.٢٧٢
Tschermak	٤٧٧٠	٣٥٨٠	١١٩٠	٣٠٠٢ : ٠.٩٩٨ ± ٠.١٦٩
Hurst	١٧٥٥	١٣١٠	٤٤٥	٣٠٩٨٦ : ١.٠١٤ ± ٠.٢٧٩
Bateson	١٥٨٠٦	١١٩٠٣	٣٩٠٣	٣٠١٢ : ٠.٨٩٨ ± ٠.٠٩٣
Lock	١٩٥٢	١٤٣٨	٥١٤	٣٠٩٤٧ : ١.٠٥٣ ± ٠.٢٦٤
Darbishire	١٤٥٢٤٦	١٠٩٠٦٠	٣٦١٨٦	٣٠٠٤ : ٠.٩٩٦ ± ٠.٠٠٣
Darbyshire	١٤٤٣	١٠٨٩	٣٥٤	٣٠١٩ : ٠.٩٩٦ ± ٠.٣٠٨
White	٢١٩٠	١٦٤٧	٥٤٣	٣٠٠٨ : ٠.٩٩٢ ± ٠.٢٥٠
Correns	١٣٥٦	١٠١٢	٣٤٤	٣٠٩٨٥ : ١.٠١٥ ± ٠.٣١٩
Tschermak	٣٩٥٩	٣٠٠٠	٩٥٩	٣٠٣١ : ٠.٩٦٩ ± ٠.١٨٦
Lock	٤٠٩٠	٣٠٨٢	١٠٠٨	٣٠١٤ : ٠.٩٨٦ ± ٠.١٨٣
Darbishire	٧٥١٨	٥٦٢٢	١٨٥٦	٣٠١٣ : ٠.٩٨٧ ± ٠.١٣٥
Correns	٢٩٥	٢٢٥	٧٠	٣٠٥١ : ٠.٩٤٩ ± ٠.٢١٥١
Lock	٣٢٥٠	٢٤٠٠	٨٥٠	٣٠٩٥٤ : ١.٠٤٦ ± ٠.٢٥٠

المجموع ٢٠٣٥٠٠ ١٥٢٨٢٤ ٥٠٦٧٦ ٣٠٩٦٣

أو ٣٠٠١ : ١٠٠٣ ± ٠.٠٠٣

تعليل مندل لنتائج تجاربه : وجمدة الصفات : قانونه الانفصال .

تأمل مندل طويلاً فيما قام به من تجارب تربية النباتات ومن تطابق أزواج الصفات فى انتقالها من جيل لجيل ذلك التطابق فى السلوك الذى يمكن وضعه مبدئياً فى صيغة قانون عام هو : إذا اختلف فردان فى زوج من صفاتهما الأليلو مورفية يتجان بعد تلقيحهما جيلاً به صفة أحد الفردين فقط وتورث الصفتان معاً فى الجيل الثانى بنسبة ١ : ٣ . هنا أطلق مندل على صفة أحد الأبوين التى تظهر فى الجيل الأول الصفة المتغلبة أو السائدة dominant character لأنها تغلبت وسادت على صفة الأب الآخر التى سبهاها الصفة المتخفية أو المستترة recessive character

وهنا يمكن بيان سير التجارب المندلية على الوجه الآتى ( للدلالة على الأجيال تستعمل الاختصارات الآتية : الأبوأب أو الآباء P<sub>1</sub> المختصر من لفظ Parents أو First Parental Generation — جيل الأبناء الأول F<sub>1</sub> أو ج<sub>١</sub> المختصر من First filial generation — جيل الأبناء الثانى F<sub>2</sub> أو ج<sub>٢</sub> وهكذا يعبر عن أى جيل من الأبناء بالحرف F أو ج ويوضع العدد الدال عليه بجانب الحرف، إلى الأسفل قليلاً )

فرد سائد الصفة × فرد متخفى الصفة P<sub>1</sub>

سائد الصفة F<sub>1</sub>

٣ سائد الصفة : ١ متخفى الصفة F<sub>2</sub>

أما التعليل الذى قدمه مندل لسلوك الصفات فى وراثتها تبعاً للبيان السابق فهو تعليل بسيط إذ يقول إن كل فرد يبدأ حياته باتحاد بويضة بحبة لقاح أو باتحاد جامطة بأخرى، فن البديهي أن تكون الجامطات هى الجسر الذى تمر فوقه الصفات من جيل لجيل، ولا يمكن أن تنتقل إلا بواسطته (شكل ١) وهنا فرض مندل أنه لا بد وأن يكون نبات الباسلاء الطويل شئ ما يجعله طويلاً وأن يكون بالنبات القصير شئ آخر يجعله قصيراً . وأن هذا الشئ لا بد وأن يوجد فى جامطات هذا النبات أو ذاك . ولم يعرف

مندل ما هو ذلك الشيء، الذي يوجد الصفة وإنما اصطلاح على تسميته بالعامل factor. فإذا لقح نبات باسلاء طويل الساق نباتاً قصير الساق حصل الاخصاب بين جاميطات من النبات الأول بها عامل الطول وجاميطات من النبات الثاني بها عامل القصر ولذلك يوجد في كل فرد من الجيل الأول  $F_1$  عاملا الطول والقصر معاً وليسبب لم يعرفه مندل تغلب عامل الطول فكان الجيل الأول كله طويلا .

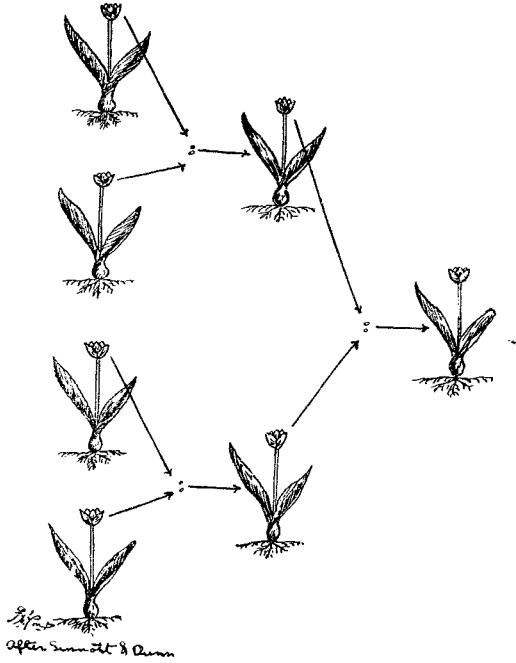
ووجد مندل أن ربع نباتات الجيل الثاني  $F_2$  كانت قصيرة والنبات القصير لا ينتج إلا من اتحاد جاميطات تحمل عامل القصر ولهذا استنتج مندل أن عوامل الطول وعوامل القصر التي توجد في أفراد الجيل الأول لا تمتزج ببعضها بل تبقى مستقلة وأن كلا منها يظل محتفظاً بخواصه. فعندما تنضج جاميطات الجيل الأول من النباتات سواء كانت حبوب لقاح أم بويضات تنعزل عوامل الطول في نصف عدد حبوب اللقاح وفي نصف عدد البويضات كما أن عوامل القصر تنعزل في النصف الآخر من حبوب اللقاح والبويضات. ومن هنا نشأت فكرة نقاوة الجاميطات purity of gametes لأن الجاميطة الواحدة تحمل عاملاً واحداً فقط لأي صفة من الصفات .

وعلى مصادفة إخصاب جاميطات الجيل الأول  $F_1$  يتوقف ظهور صفات الجيل الثاني  $F_2$  وهنا توجد أربعة احتمالات مختلفة ومتساوية في وجودها مع العلم بأن البويضة لا يختصها إلا حبة لقاح واحدة :

(١) أن تختص حبة لقاح تحمل عامل الطول ببويضة تحمل عامل الطول أيضاً فيكون الناتج نباتاً به عاملان للطول ومن البدهاه أن يصير طويلا .

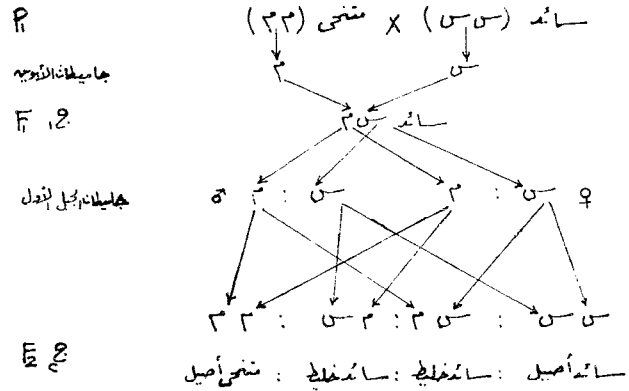
(٢) أن تختص حبة لقاح تحمل عامل الطول ببويضة تحمل عامل القصر وينتج من ذلك نبات به عامل للطول وآخر للقصر ويكون طويلا لأن عامل الطول يسود على العامل الآخر .

(٣) أن تختص حبة لقاح تحمل عامل القصر ببويضة تحمل عامل الطول ونتيجة ذلك نبات طويل أيضاً .



( شكل ٩ ) الخلايا التناسلية هي الجسر الذي تعبر عليه الصفات الوراثية

(٤) أن تخصب حبة لقاح تحمل عامل القصر بويضة تحمل عامل القصر أيضاً، وينشأ من ذلك الاخصاب زيجوت ينمو إلى نبات قصير الساق مادام لا يوجد به عامل الطول وهذه الاحتمالات الأربعة هي التي تسبب أن يكون ثلاثة أرباع أفراد الجيل الثاني نباتات طويلة والربع الباقي نباتات قصيرة الساق ويمكن وضع قانون مندل هذا المسمى بقانون انعزال العوامل Law of Segregation بالصورة الآتية إذ امرزنا لعامل الصفة السائدة في زوج ما بالحرف س ولعامل الصفة المتنحية لها بالحرف م



هذه هي نظرية مندل عن تليل وراثه الصفات تؤيدها التجارب العملية وتطابق مدلولها. وعند فحص الجيل الثاني يرى أن ربع أفراده مثل أحد الأبوين ورابعه مثل الأب الآخر بينما ٥٠ ٪ من أفرادهم سائدة إلا أن عواملها كعوامل الجيل الأول تماماً أى خليطة (س م) لهذا تعطى عند تلقيحها ذاتياً أو ببعضها البعض أفراداً تعزل فيها الصفة السائدة والمنتحية بنسبة ١:٣

وتأرجح نظرية مندل هذه بعيدة المدى إذ منها تقاوة الجاميطات السابق الاشارة اليها ومنها أن عامل الصفة يوجد دائماً زوجياً في الزيجوت لأن هذه تنشأ من اتحاد جاميطين تحمل كل منهما عاملاً خاصاً بالصفة المذكورة. فإذا كان عاملاً الزيجوت لصفة خاصة متماثلين سمي الفرد الناشئ أصيلاً أو «متماثل العوامل» Homozygous لوجود عامل الصفة به في الحالة الزوجية duplex وإذا وجد عامل الصفة في الحالة الفردية Simplex مع عامل الصفة المضادة لها من زوج الصفات الأليومورفية كان الفرد خليطاً ولو أنه سائد في صفته ويسمى «مختلف العوامل» Heterozygous ويلاحظ أن أفراد الجيل الثاني إما سائدة أو متنحية أى أنها مكونة من مجموعتين من النباتات كل مجموعة منها متشابهة في صفة خاصة مثل هذه المجموعة تسمى phenotype وتتكون كل منها من أفراد إما سائدة أو متنحية فيها. إلا أن فحص المجموعة المتشابهة في الصفة السائدة يدل على أن جزءاً منها أصيل وكل فرد أصيل يحمل عاملين متماثلين، وعلى ذلك فالأفراد السائدة الأصيله تكون مجموعة في عواملها تخالف الافراد السائدة الخليطة، وعلى ذلك فكل من هاتين مجموعتي قائمة بذاتها في عواملها وتسمى مثل هذه المجموع التي تتماثل فيها العوامل genotypes. ومن نتائج نظرية مندل أيضاً وحدة الصفات فيها unit character وقد سميت وحدة لورايتها كذلك ولوجود عامل خاص يمثلها في الجاميطة. ودراسة مندل هذه التي أوصلته لاقتراض وجود العوامل ووحدة الصفات هي أول خطوة حاول بها أحد العلماء أن يلجأ للأحصاء وتطبيقه عن وراثه الصفات أى أول تطبيق للطرق العلمية المعروفة. ولا شك أن نظريته التي تقدم بها قريبة جداً من الحقيقة لدرجة تجعل من الممكن للمشتغلين بالتربية أن يتنبأوا مقدماً بما سيحصل من نتائج في الحالات البسيطة.

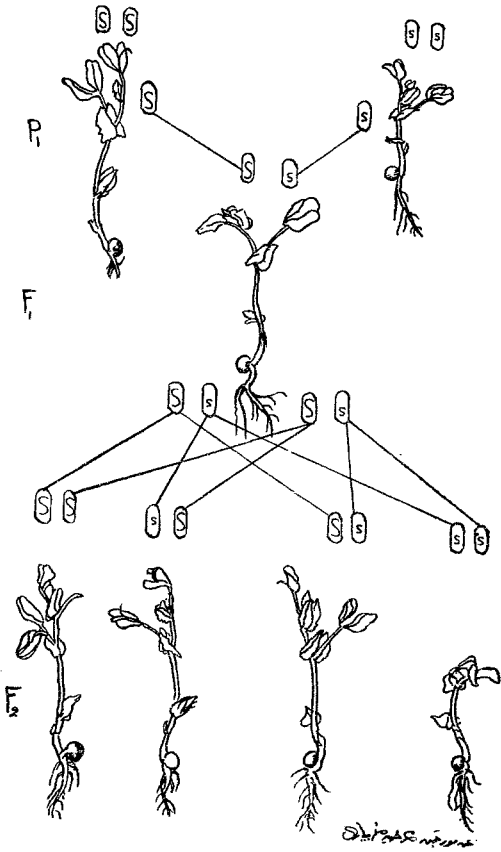
ولقد جرى العرف والاصطلاح في تتبع سلوك الصفات الوراثية من جيل لآخر ومعرفة السبب في ظهورها أو في عدم ظهورها أن يعبر عن ذلك كله بما يقابل هذه الصفات من العوامل . وذلك مثل التعبير عن التفاعلات الكيميائية بالمعادلات والرموز . ولكل عامل من عوامل الصفات الوراثية رمز يمثله عند تفسير كل تجربة من التجارب

وتختلف الطرق المتبعة في تسمية العوامل والرمز لها ، فمنها ما يرمز للصفة السائدة من كل زوج اليومورفي بحرف ما وللصفة المتنحية بحرف آخر ومنها ما يرمز بحرف واحد للفتين الاثنتين معا . وهذه هي الطريقة التي سنجرى عليها في هذا المؤلف لأنها الطريقة الصحيحة لأسباب سنوردها فيما بعد عند الكلام عن الطفرة

وقد جرت العادة أن يؤخذ الحرف الأول من اللفظ الإنجليزي الدال على الصفة المتنحية رمزاً لزوج الصفات الأليومورفي معا فيكتب هذا الرمز بالطابع الصغير لعامل الصفة المتنحية وبالطابع الكبير لعامل الصفة السائدة .

ولا يشذ عن هذه القاعدة العامة إلا القليل من الرموز وذلك إذا عرف عن صفة من الصفات أنها نشأت طفرة . إذ يؤخذ الحرف الأول من اسم هذه الطفرة - سواء كانت سائدة أم متنحية - دلالة عليها وعلى الصفة المضادة لها أي الأليومورفية معها، وهذا الخروج عن القاعدة المعروفة تبرره الرغبة في التسجيل التاريخي أي لتسجيل أن الطفرة المذكورة لم تكن أصلاً من صفات النوع وإنما نشأت فيما بعد .

فإذا أردنا بناء على ما تقدم أن نعبر عن التجربة المنديلية الخاصة بطول الساق وقصره في الباسلاء بالعوامل أي نحلل هذه التجربة باستعمال الرموز (شكل ٢) نجد أن الصفة المتنحية قصير الساق لفظها الإنجليزي short وعلى



شكل (٢) رسم يمثل تجربة مندل عن البسلة الطويلة الساق والبسلة القصيرة الساق



ذلك رمز بحرف s بالطابع الصغير لعامل هذه الصفة وبحرف S بالطابع الكبير لعامل الصفة السائدة ( أى لطول الساق )

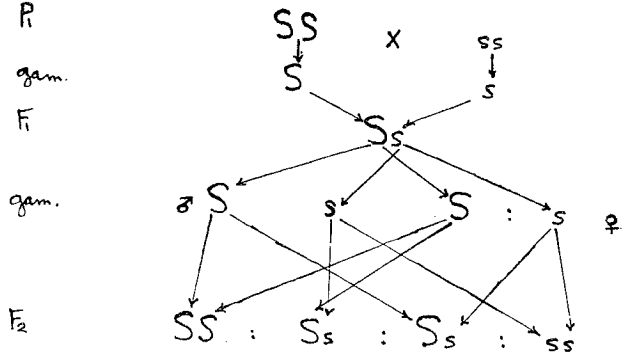
وبما أن الأبوين P<sub>1</sub> اللذين استعملهما مندل Mendel في تجربته كانا أصليين، فكل منهما نشأ من اتحاد جاميطين تحملان عاملين متماثلين، وعلى ذلك يكون النبات الطويل الساق رمزه SS والنبات القصير الساق رمزه ss وعند ما يكوّن النبات الطويل الساق الأصيل جاميطاته فتبعاً لنظرية مندل ستكون هذه الجاميطات فردية التركيب أى بكل منها العامل S رمزاً لطول الساق .

وكذلك عند ما تتضج جاميطات النبات القصير الساق يوجد بكل جاميطة من جاميطاته العامل s بحالة فردية .

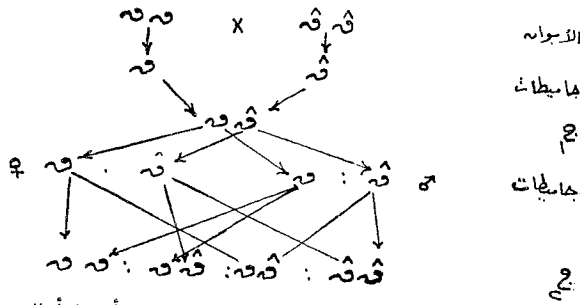
وباتحاد نوعي الجاميطات تتكون أفراد الجيل الأول F<sub>1</sub> وعلى ذلك فتركيب كل فرد من هذا الجيل هو Ss ومن الواضح أن أفراد الجيل المذكور كلها خليطة

ويتكون الجيل الثاني F<sub>2</sub> من إخصاب جاميطات الجيل الأول F<sub>1</sub> وهذه الجاميطات يتوزع في نصفها عامل الطول S وفي نصفها الآخر عامل القصر s سواء كانت هذه جنوب لقاح أو بويضات

وبما أن الأخصاب يحصل بمجرد المصادفة فهناك الاحتمالات المختلفة السابق الإشارة إليها باتحاد جاميطة ذكورية تحمل العامل S ببويضة تحمل عاملاً مثله، وينشأ من ذلك فرد أصيل في طول الساق لأن تركيبه SS كما أن هناك احتمالاً لاخصاب جاميطة ذكورية بها S لبويضة بها s أو حبة لقاح بها s لبويضة بها S وفي الحالتين ينشأ فردان خليطان طويل الساق Ss والاحتمال الأخير لاخصاب حبة لقاح بها s لبويضة بها s فيتكون الفرد القصير الساق ss وهو أصيل ولا يمكن أن يكون المنتهى إلا أصيلاً . ويكتب التحليل الخاص بهذه التجربة كالآتي :

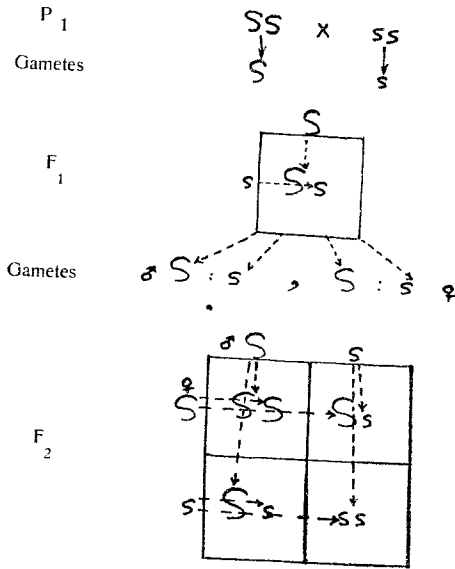


وقد تستعمل الحروف العربية لتحليل هذه الحالة . وعند ذلك نعود إلى تطبيق القاعدة المعروفة فمرمز لعامل قصير الساق بالحرف s ولعامل طويل الساق بنفس الحرف بطابع التاج . وبذلك نلزم حدود القاعدة التي تقضى باستعمال حرف واحد لكل زوج من الصفات . ويكون تحليل الحالة المتقدمة كالآتي :



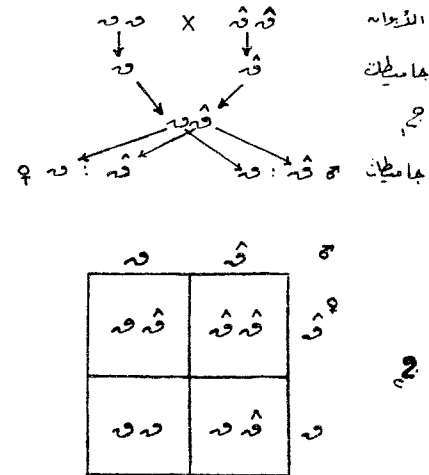
ويستفيد المبتدئ كثيراً عند تحليل التجارب بالرموز بأن يلجأ إلى استعمال رقعة الشطرنج أو جدول المربعات وهو جدول يكتب في أعلاه

ويرى القارىء مما تقدم أن استعمال الرموز العربية أمر بسيط ومن الممكن تعميمه لتحليل جميع الحالات التي يشملها هذا المؤلف غير أنني أنعمت النظر طويلاً في فائدة استعمال الرموز العربية هذه فوجدت أنها، وإن كانت تسهل متابعة التحليل وسير التجارب الوراثية نظراً لتعود القراء عليها، قد تقطع الصلة بين القراء وبين الاطلاع على المراجع المختلفة الموضوعية بلغات أوروبية. ولما كان طالب العلم لا يقنع عند حد فقد رأيت أن أدله على طريق الاطلاع وأشجعه عليه باستعمال الرموز الانجليزية والتحليل الآتي بالحروف الأفرنكية يطابق التحليل السابق تماماً.



رموز العوامل التي تحملها الجاميطات الذكرية ثم يكتب على جانبه رموز العوامل التي تحملها البويضات. ثم تمد خطوط رأسية وأخرى أفقية لتقسيم هذا الجدول إلى خانات مربعة ويتوقف عدد الخطوط التي تمد على عدد العوامل المكتوبة في أعلا الجدول وفي جانبه

ثم يكتب في كل خانة الرمز المقابل لها في أعلا الجدول وكذلك الرمز الذي بجانبها على جانب الجدول فتشتمل الخانة تبعاً لهذا على عاملين هما تركيب الزيجوت أو الفرد الذي يتكون من اتحاد جاميطين تحملان هذين العاملين. وبكتابة الرموز في كل خانات الجدول تحصر جميع الاحتمالات التي بموجبها يحصل الاخصاب بمحض الصدفة ويكون ذلك تركيب الأفراد الناتجة من هذا الاخصاب. وفيما يلي طريقة استعمال هذا الجدول لتحليل تجربة مندل عن طول الساق وقصره.



والعادة أن لاتعمل رقعة الشطرنج إلا إذا اختلفت الجاميطات في العوامل التي تحملها وعلى ذلك فلا ضرورة لاستعمالها إلا لتمثيل الجيل الثاني في هذه الحالة .

ولنأخذ الآن إحدى تجارب مندل الأخرى للتمثيل ولزيادة الايضاح وهي حالة اللون الأصفر في فلقات الباسلاء التي ظهر من التجارب المذكورة أنها صفة سائدة بالنسبة إلى اللون الأخضر

لتحليل هذه الحالة بالرموز يستعمل الحرف *g* لعامل اللون الأخضر في الفلقات (*green*) والحرف *G* الكبير لعامل اللون الأصفر السائد .

وبما أن الأبوين كانا أصليين فعوامل كل منهما هي *GG* و *gg* ويجرى التحليل كالمعتاد

P <sup>1</sup>	GG	×	gg
Gametes	G		g
F <sub>1</sub>	Gg		
Gametes	♀ G : g		♂ G : g
F <sub>2</sub>	GG	: Gg	: Gg : gg

ويرى من ذلك أن عوامل مندل في سلوكها تعمل السبب في أن الجيل الأول كله نباتات صفراء الفلقات خليطة وأن الجيل الثاني ربه سائد أصيل ونصفه سائد خليط وربعه الباقي أخضر الفلقات

فاذا استعمل لتكوين الجيل الثاني بالرموز رقعة الشطرنج كانت كما يأتي

	♂ G	g
♀	G	Gg
F <sub>2</sub>	g	Gg
		gg

ويمكن بذلك الاستمرار في تحليل أى حالة مندلية باتباع نفس الطريقة ولقد وجد مندل أن ما حصل عليه من نتائج لا يتغير إذا تغير جنس الأبوين ، فسواء أخذ جبوب اللقاح من نبات طويل الساق أو قصيره ولقح بها نباتاً آخر به الصفة المضادة ، بعد قطع أسديته قبل نضجها ، كان الجيل الأول طويل الساق دائماً والجيل الثاني تظهر به الصفتان بنسبة ٣ : ١

P <sup>1</sup>	♂ SS	×	ss ♀
F <sub>1</sub>	Ss		
F <sub>2</sub>	1 SS	: 2 Ss	: 1 ss

أو :

P	♂ ss	×	SS ♀
F <sub>1</sub>	Ss		
F <sub>2</sub>	1 SS	: 2 Ss	: 1 ss

ولعل في ذلك أقوى دليل للرد على من سبقه من كانوا يقولون بعدم تساوى الذكر والأنثى في توريث صفاتهما لأنبائهما . فالجاميطه سواء كانت من ذكر أو إناث تحمل عوامل الصفات، وبالأخصاب يصل للزيجوت بمجموعة من العوامل نصفها من الأب ونصفها من الأم .

ويحسن عند تمرن المبتدىء على كتابة رقعة الشطرنج للحالات المندلية أن يتصورها عكسية أيضاً إذ بذلك يمكنه أن يستدل على صفات الآباء من صفات أنبائهم فمثلاً إذا عمل تلقيح بين أبوين من الباسلاء وكانت أنبائهم أفراداً أبوية الزهرة وأخرى قية الزهرة والأولى ثلاث أمثال الثانية في العدد لا بد وأن يستنتج من ذلك أن الأبوين كانا كلاهما أبوي الأزهار خليطاً في صفته وأن تركيب كل منهما بالعوامل هو *Aa*

أما إذا كانت الأبناء نصفها أبطي الأزهار ونصفها قى الأزهار فلا بد أن الأبوين كان أحدهما أبطي الأزهار خليطا Aa والآخر قى الأزهار aa وذلك يستدل عليه من رقعة الشطرنج الآتية

	نبات أبطي الأزهار × نبات قى الأزهار	
	aa	AA
Cametes	a	A
F <sub>1</sub>		Aa

فاذا لقح نبات من الجيل الأول بحبوب لقاح من نبات قى الأزهار نتج من ذلك التلقيح:

P <sub>1</sub>	Aa	×	aa
Cametes	A : a		a
FR <sub>1</sub>	Aa	:	aa

و يمثل برقعة الشطرنج هكذا

Cametes	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

ويسمى مثل هذا التلقيح الذى يعمل بين فرد من الجيل الاول أى سائد خليط في صفته وبين الفرد المتحى الصفه بالتلقيح العكسى Reciprocal Crossing وهو أحسن اختبار يمكن التعويل عليه في تمييز الأفراد سائدة الصفه في الجيل الثانى للحالات المنديلية ومعرفه أيها الأصيل وأيها الخليط. وظهر من الجدول السابق أن الخليط يعطى عند تلقيحه عكسيا بالمتحى

أفرادا نصفها سائد ونصفها متحى أى بنسبة ١:١ ويسمى النسل الناتج من تلقيح الجيل الاول للمتحى FR<sub>1</sub> والرمز لاحتياج لبيان . أما الفرد الأصيل فعند تلقيحه بالمتحى يعطى أفراداً كلها سائدة في صفتها (مثل الجيل الاول في كل تجارب مندل)

والجدول الآتى مأخوذ عن مندل وفيه يعطى النسب التى حسبها نظريا وحققها عملياً بتربية الاجيال المتتالية من الباسلاء وهى تنطبق في حالة التلقيح لزواج واحد من الصفات في أفراد ذاتية الأخصاب (على فرض أن كل نبات ينتج اربعة نباتات)

الجيل	السائد الأصيل	السائد الخليط	المتحى	النسبة
٢	١	٢	١	١ : ٢ : ١
٣	٦	٤	٦	٣ : ٢ : ٣
٤	٢٨	٨	٢٨	٧ : ٢ : ٧
٥	١٢٠	١٦	١٢٠	١٥ : ٢ : ١٥
ن	.....	.....	.....	(١-٢) : ٢ : (١-٢)

ولقد كان يتسن Bateson وكينوت Cuénot أول من أظهر أن قانون مندل ينطبق أيضا على الحيوان والانسان وأنه يتسع نطاقه حتى يكاد يشمل الكائنات الحية جميعا، وفي الحيوان والانسان أمثلة كثيرة يكفى أن نشير الى بعضها هنا .

وجد في الماشية المسماة أبردين انجس Aberdeen Angus أن اللون الاسود سائد على اللون الاحمر فيكون الجيل الاول كله اسود اللون وفي الجيل الثانى توجد أفراد سوداء اللون بقدر ثلاثة أمثال الأفراد الحمراء اللون. ولتحليل هذه الحالة يرمز للفرد الاحمر (r عامل للون الاحمر red) ولل فرد الاسود الأصيل RR :

P <sub>1</sub>	RR	×	rr
Gametes	R		r
F <sub>1</sub>	Rr		
Gametes	♀ R : r		♂ R : r
F <sub>2</sub>	1 RR : 2 Rr : 1 rr		

وبما أنه لا يمكن تمييز الاصيل من الخليط في الجيل الثاني فالنسبة ١ : ٣ في كل أربعة أفراد .

وفي الانسان لون العين البني brown سائد على الازرق blue فتلقح فردين بهما هاتين الصفتين الاليلومورفيتين ينتج أبناء بنية العيون وفي الجيل الثاني يظهر اللون البني واللون الازرق بنسبة ٣ : ١ ، وكالتبع يرمز للفرد الازرق العيون bb ( عامل للون الازرق ) فيكون الأب الثاني BB

P <sub>1</sub>	BB	×	bb
F <sub>1</sub>	Bb		
F <sub>2</sub>	BB : 2 Bb : bb		
	بنية العيون		زرقاء العيون

من هذا نرى أن روح التربية التجريبية ترمى إلى تحليل المادة الحية الى وحدات صفاتها أو عواملها المركبة منها . والكائنات الحية يمكن اعتبارها تراكيب منتظمة لعوامل وراثية مستقلة يمكن جمعها وفصلها وأصبح علم الوراثة هو الأداة التي يكتشف بواسطتها طبيعة المادة الحية وبذا عم استخدامه فيما يفيد الانسان من الوجهة الاقتصادية

#### قانونه التوزيع الحر Law of Free Assortment

وتدرج مندل بعد تجاربه السابقة الذكر إلى دراسة طرق الوراثة في زوجين متضادين من الصفات معاً فعمد إلى طريقة التلقيح الصناعي التي أجراها في تجاربه الأولى في فردين أحدهما طويل الساق ملون الأزهار والآخر قصير

الساق أبيض الأزهار . ثم جمع البذور الناتجة وزرعها فوجد أن النباتات الناشئة منها كلها طويلة الساق ملونة الأزهار أى أنه ظهرت بالجيل الأول الصفة السائدة في كل زوج البيومورفي من الصفات . وعندما ترك الجيل الأول يلقيح ذاتياً وزرع الحبوب الناتجة من ذلك وجد أنه حصل على نسبة منتظمة في الجيل الثاني وهي ٩ نباتات طويلة حمراء : ٣ نباتات طويلة بيضاء : ٣ نباتات قصيرة حمراء : ١ نبات قصيرة أبيض . ويمكن تخطيط هذه الحالة هكذا :

P<sub>1</sub> طويل الساق ملون الأزهار × قصير الساق أبيض الأزهار

F<sub>1</sub> طويل الساق ملون الأزهار

F<sub>2</sub> ٩ طويل الساق ملون الأزهار : ٣ طويل الساق أبيض الأزهار

: ٣ قصير الساق ملون الأزهار : ١ قصير الساق أبيض الأزهار

وقد قسم مندل نباتات الجيل الثاني فيما يخص كل زوج من الصفات على حدته فوجد أن بها نسبة ١٢ : ٤ طويل الساق : ٤ قصيرة الساق أو ٣ : ١ على التتابع ، فلما أعاد ترتيبها وتقسيمها بالنسبة للون الأزهار فقط وجد أن بها ١٢ ملونة الأزهار : ٤ بيضاء الأزهار أو ٣ : ١ أيضاً - أى أن كل زوج من الصفات الاليلومورفية يوزع في الجيل الثاني بنسبة ٣ : ١ بصرف النظر عن وجود زوج آخر من الصفات معه - ووجد فضلاً عن ذلك أن النباتات الطويلة في الجيل الثاني بها أزهار ملونة وأخرى بيضاء كما أن النباتات القصيرة بها أيضاً أزهار ملونة وأخرى بيضاء . وعلى ذلك فكل زوج من الصفات مستقل في توزيعه في الجيل الثاني عن الزوج الآخر . ويمكن تخطيط الجيل الثاني فيما يخص كل زوج هكذا . إذا درسنا توزيع الطول والقصر نرى أن :

٩ نباتات ملونة الأزهار }  
 ١٢ نبات طويل }  
 ٣ نباتات بيضاء الأزهار }  
 ٣ نباتات ملونة الأزهار }  
 ٤ نباتات قصيرة }  
 ١ نبات أبيض الأزهار }

القصر وإما عامل تلوين الزهرة أو عامل أبيض الأزهار وعلى ذلك فهناك أربعة احتمالات مختلفة لوجود هذه العوامل في الجاميطات وكلها متساوية في نسبة عددها وهي  $sw - sW - Sw - sw$  سواء كانت الجاميطات حبوب لقاح أو بويضات ومن هذه ينشأ الجيل الثانى . ويمكن الآن تخطيط هذه الحالة باستعمال الرموز كالتالى :

$P_1$	SS WW	×	ss ww
gametes	SW		sw
$F_1$	Ss Ww		
gametes	SW	:	sW : sw

$F_2$	SW	<sup>1</sup> SSWW طويل ملون	<sup>2</sup> SSww طويل ملون	<sup>3</sup> SsWW طويل ملون	<sup>4</sup> SsWw طويل ملون
	Sw	<sup>5</sup> SSWw طويل ملون	<sup>6</sup> SSww طويل أبيض	<sup>7</sup> SsWw طويل ملون	<sup>8</sup> Ssww طويل أبيض
	sW	<sup>9</sup> SsWW طويل ملون	<sup>10</sup> SsWw طويل ملون	<sup>11</sup> ssWW قصير ملون	<sup>12</sup> ssWw قصير ملون
	sw	<sup>13</sup> SsWw طويل ملون	<sup>14</sup> Ssww طويل أبيض	<sup>15</sup> ssWw قصير ملون	<sup>16</sup> ssww قصير أبيض

يرى من مراجعة رقعة الشطرنج للجيل الثانى أن النباتات الطويلة هي فى الخانات ١ و٢ و٣ و٥ و٦ و٧ و٨ و٩ و١٠ و١٣ و١٤ والنباتات القصيرة فى الأربعة خانات الأخرى .

فإذا درسنا توزيع التلوين فى الأزهار وجدنا النباتات الملوثة فى الخانات ١ و٢ و٣ و٥ و٦ و٧ و٩ و١٠ و١١ و١٢ و١٣ و١٥ والنباتات البيضاء الأزهار فى الأربعة خانات الباقية .

وإذا درسنا توزيع التلوين فى الأزهار نجد أن :

٩ نباتات طويلة	} ١٢ نباتا ملون الأزهار
٣ نباتات قصيرة	
٣ نباتات طويلة	} ٤ نباتات بيضاء الأزهار
١ نباتا قصيرا	

وهذا يدل على أنه لا توجد علاقة بين صفتى زوج ما و صفتى زوج آخر فى توزيع كل منهما وهنا وضع مندل قانونه الثانى المسمى قانون التوزيع الحر ومنطوقه ، إذا اختلف فردان فى زوجين مرتب الصفات الأيلومورفية فعند تلقحهما تظهر صفتا كل زوج منهما فى الجيل الثانى بنسبة ٣ : ١ وتورث صفتا كل زوج مستقلتين عن صفتى الزوج الآخر .

ولتلعب هذه النتيجة لجأ مندل إلى دراسة نباتاته من وجهة انزال عوامل الصفات فى جاميطاتها ثم اتحاد العوامل عند الأخصاب .

الأبوان اللذان استعملوا فى هذه التجربة أحدهما طويل الساق ss ملون الأزهار ww والثانى قصير الساق ss أبيض الأزهار ww إذن فعند تكوين جاميطات هذين الأبوين لا تحتوى الجاميطة إلا على عامل واحد فقط من كل زوج وعلى ذلك فجاميطات أحد الأبوين تحمل كل منها العاملين sw بينما جاميطات الأب الثانى تحمل كل منها sw وعند الأخصاب تتحد الجاميطات معاً وبذلك فعوامل كل زوجت هي swsw أو إذا رتبنا كل زوج معاً كانت SsWw ولذا فأفراد الجيل الأول طويلة الساق ( لوجود العامل S وسيادته على s ) ملونة الأزهار ( لوجود العامل w وسيادته على w ) .

وعند تكوين جاميطات الجيل الأول تعزل عوامل كل زوج فلا تحمل الجاميطة الواحدة إلا عاملاً واحداً لاى صفة إما عامل الطول أو

فليست النباتات الطويلة هي نفسها الملوثة بل كل من الطول والتلوين في مجموعة مختلفة وعلى ذلك فكل منهما مستقل في توزيعه عن الآخر .

فإذا درسنا توزيع زوجي الصفات معاً وجدنا بالجيل الثاني أربعة مجموعات مختلفة كل منها « متشابهة الصفتين phenotype » وهي :

( ١ ) مجموعة متشابهة الصفتين « طويلة الساق ملوثة الأزهار » في الخانات

١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٧ و ٩ و ١٠ و ١٣ و عددها ٩

وتحت هذه المجموعة أربعة مجاميع كل منها متماثلة العوامل genotype وهي  $SSWw$  في الخانة ١ و  $SsWw$  في ٢ و ٣ و ٤ و  $ssWw$  في ٥ و ٧ و ٩ و ١٠ و ١٣ و المجموعة  $SSww$  هي الأصلية في الصفتين معاً ونسبتها في الجيل الثاني  $\frac{1}{16}$

( ب ) مجموعة متشابهة الصفتين « طويلة الساق بيضاء الأزهار » في الخانات ٦ و ٨ و ١٤ و عددها ٣ ويدخل تحت هذه المجموعة مجموعتان كل منهما متماثلة العوامل وهما  $SSww$  في الخانة ٦ و  $Ssww$  في ٨ و ١٤ . والمجموعة  $SSww$  هي الأصلية في صفتها ونسبتها في الجيل الثاني  $\frac{1}{16}$

( ج ) مجموعة متشابهة الصفتين « قصيرة الساق ملوثة الأزهار » بالخانات ١١ و ١٢ و ١٥ و عددها ٣ وتحتها مجموعتان كل منهما متماثلة العوامل وهما  $ssWw$  في الخانة ١١ و  $SsWw$  في ١٢ و ١٥ . والمجموعة  $ssWw$  أصلية في صفتها ونسبتها  $\frac{1}{16}$  من الجيل الثاني .

( د ) مجموعة متشابهة الصفتين « قصيرة الساق بيضاء الأزهار » بالخانة ١٦ و عددها ١ وهي في نفس الوقت مجموعة متماثلة العوامل أيضاً إذ كل فرد بها عوامله  $ssww$  ونسبتها  $\frac{1}{16}$  من الجيل الثاني .

والجدول الآتي يبين توزيع صفات زوجين أيلومورفين في الجيل الثاني بصفة عامة

عدد الأفراد من كل ١٦	الزوج الأول من الصفات		الزوج الثاني من الصفات	
	سائد	متنحي	سائد	متنحي
٩	×		×	
٣	×		×	
٣		×		×
١		×		×
المجموع ١٦	١٢	٤	١٢	٤

ويمكن بتطبيق ذلك تتبع وراثة أي زوجين من الصفات في تجارب مندل بكل سهولة فمثلاً :

نباتات أبوية الأزهار خضراء القرون × نباتات قية الأزهار صفراء القرون  $P$   
 كل نباتاته أبوية الأزهار خضراء القرون  $F_1$

$\frac{1}{4}$  أبوية خضراء :  $\frac{3}{4}$  أبوية صفراء :  $\frac{3}{4}$  قية خضراء :  $\frac{1}{4}$  قية صفراء القرون  $F_2$   
 ولتحليل هذه الحالة يرمز لعامل الأزهار القمية بالحرف  $a$  ولعامل الأزهار الأبوية بالحرف  $A$  ولعامل القرون الصفراء بالحرف  $y$  ولعامل القرون الخضراء بالحرف  $Y$  وعلى ذلك يكون تركيب كل جيل :

الآباء  $P_1$   $aaYY$  ×  $AAyy$   
 الجاميطات Gametes  $ay$   $AY$   
 الجيل الأول  $F_1$   $AaYy$

وعند انعزال عوامل كل زوج في جوب لقاح أفراد الجيل الأول قد يوجد  $AY$  معاً أو  $ay$  معاً أو  $Ay$  معاً أو  $aY$  معاً .

وتعزل العوامل في البويضات بنفس الطريقة وتركب رقعة الشطرنج للجيل الثاني هكذا :

AV : Ay : aV : ay

	1	2	3	4
AV	AAVY	AAVy	AaVY	AaVy
Ay	AAVy	AAyy	AaVy	Aaay
aV	AaVY	AaVy	aaVY	aaVy
ay	AaVy	Aaay	aaVy	aaay

ويمكن ترتيب هذه النباتات كما يأتي في أربعة مجموعات متشابهة الصفات phenotypes

١: أبطية الأزهار خضراء القرون بالحنات ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٧ و ٩ و ١٠ و ١٣ عددها ٩ منها واحد أصيل بالحناة ١

ب: أبطية الأزهار صفراء القرون بالحنات ٦ و ٨ و ١٤ عددها ٣ منها واحد أصيل بالحناة ٦

ج: قية الأزهار خضراء القرون بالحنات ١١ و ١٢ و ١٥ عددها ٣ منها واحد أصيل بالحناة ١١

د: قية الأزهار صفراء القرون بالحناة ١٦ وعددها ١ وهو أصيل

ويدرس بنفس هذه الطريقة توزيع الصفات في حالة الجمع بين أي زوجين من الصفات المتضادة التي أجرى مندل تجاربه عليها . والتأخر متائلة في كل حالة منها .

هذا وبدلا من تلقيح نبات به الصفتين السائدتين لزوجين من الصفات الأيلوموروفية نبات آخر به الصفتين المتنحيتين وجد أنه لو تلقيح نبات به

الصفة السائدة من زوج منهما والمتنحية من الآخر نبات به الصفتين الأخرين فالنتيجة واحدة لا تتغير في الحالتين .

فمثلا لو تلقيح نبات طويل الساق أبيض الأزهار بآخر قصير الساق ملون الأزهار لكنت أفراد الجيل الأول كلها طويلة الساق ملونة الأزهار ولكنت أفراد الجيل الثاني أيضاً مرتبة الى أربع مجاميع طويلة الساق ملونة الأزهار ١ الأزهار ٢ وطويلة الساق بيضاء الأزهار ٣ وقصيرة الساق ملونة الأزهار ٤ وقصيرة الساق بيضاء الأزهار ١١ ولمعرفة السبب في الحصول على نفس النتيجة يُرجع دائماً الى سلوك العوامل وتوزيعها

P1	SSww	×	ssWW	الآباء
Gametes	Sw		sW	الجاميطات
F1	SsWw			الجيل الأول

وبما أن الجيل الأول عوامله مثل عوامل الجيل الأول في التجربة الأصلية فلا شك أن انزال العوامل في جاميطات الجيل الأول هنا وهناك واحد وعلى ذلك يكون الجيل الثاني متماثلا في الحالتين أي يحصل توزيع الصفات فيه بنفس الطريقة ونفس النسبة ، ولتفسير ذلك توضع عوامل الحالتين للمقارنة كالآتي:

P1	SSWW	×	ssww	P1	SSww	×	ssWW
gam.	SW		sw	gam.	Sw		sW
F1	SsWw			F1	Ss Ww		
gam.	SW	:	sW	:	sw	:	sW

وفي المثال الثاني سواء كان الابوان أحدهما أبطى الأزهار أخضر القرون وAAYY والآخر قى الأزهار أصفر القرون aayy أو أحدهما أبطى الأزهار أصفر القرون AAyy والآخر قى الأزهار أخضر القرون aaYY فالنتيجة







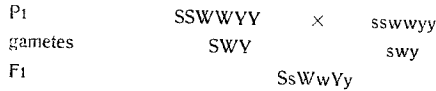
3	}	2	}	3
1				
3	}	1	}	1
1				
3	}	3	}	1
1				
3	}	1	}	1
1				

ولتتبع ظهور الصفات في المثال المذكور يجب تتبع انعزال العوامل  
المقابلة لها في الجاميطات وإعادة تركيبها في الأفراد ويظهر ذلك من  
التحليل الآتي :

(عامل طول الساق s، عامل استدارة البذور w، عامل اللون الاصفر  
في الفلقات y)

(عامل قصر الساق s، عامل تجعد البذور w، عامل اللون الاخضر  
في الفلقات y)

وعلى ذلك يكون تركيب الأبوين الأصليين في صفات كل منهما هو :



هنا تعزل عوامل كل زوج متضاد من الصفات في الجاميطات بحيث  
لا تحمل الجاميطة إلا عاملاً واحداً فقط من كل زوج ، وبذلك فمجموع  
ما تحمل من العوامل في هذه الحالة هو ثلاثة كل منها يمثل زوجاً اليومورفياً  
من الصفات . وبناء عليه فإنعزال العوامل يحصل بكل الاحتمالات الآتية :

الجيل الأول الناتج كل فرد فيه طويل الساق مستدير البذور أصفر لون  
الفلقات أما الجيل الثاني الناشئ من تناسل الجيل الأول فيوجد فيه :

٢٧	(في كل ٦٤ فرداً)	طويل الساق مستدير البذور أصفر الفلقات
٩	»	طويل الساق مستدير البذور أخضر الفلقات
٩	»	طويل الساق مجعد البذور أصفر الفلقات
٩	»	قصير الساق مستدير البذور أصفر الفلقات
٣	»	طويل الساق مجعد البذور أخضر الفلقات
٣	»	قصير الساق مستدير البذور أخضر الفلقات
٣	»	قصير مجعد البذور أصفر الفلقات
١	»	قصير الساق مجعد البذور أخضر الفلقات

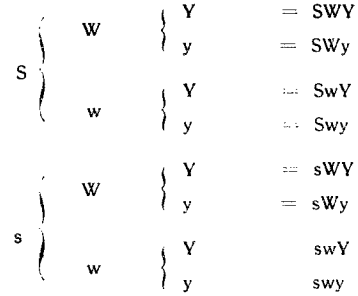
ويشاهد التوزيع الحر لكل زوج من الصفات في النتيجة السابقة إذ  
عدد السائد للنتجى في كل زوج على حدته هو ٤٨ : ١٦ : ٣ أو ٣ : ١ وكل  
زوج مستقل في وراثته عن الآخر ويمكن شرح ذلك كالآتي

٢٧	}	مستدير البذور	}	٤٨
٩				
٩	}	١٢	}	١٦
٣				

٩	}	مستدير البذور	}	١٦
٣				
٣	}	٤	}	١٦
١				

وهذه النسبة يمكن اختصارها إلى أقل حد هكذا :

جامطات الجيل الأول الذكورية } Swy — SwY — SWy — SWY  
 و تركيب بويضات الجيل الأول مثلها تماماً . ويمكن تخطيط ذلك  
 الإنزال هكذا .



عند التأمل في هذا التخطيط يرى أن نصف الجامطات تحمل عامل  
 الطول ونصفها عامل القصر ، وأيضاً يوجد عامل استدارة البذور في نصف  
 الجامطات وعامل التجعد في نصفها الآخر ، وكذلك يحمل نصف الخلايا  
 التناسلية عامل لون الفلقات الأصفر ، ونصفها عامل لون الفلقات الأخضر ،  
 وهذا هو السبب المباشر لظهور كل زوج متضاد في الجيل الثاني بنسبة ١ : ٣  
 فإذا درست الثلاث أزواج من الصفات معا في الجيل الثاني يرى أن  
 هذا الجيل ينشأ عن اتحاد ثمانية أنواع مختلفة من جامطات ذكورية وثمانية أخرى  
 مثلها من بويضات كما يظهر في رقعة الشطرنج الآتية :

	SWY	SWy	SWY	SWY	SWY	SWY	SWY	SWY	SWY	SWY	SWY
SWY	1	2	3	4	5	6	7	8			
SWy	9	10	11	12	13	14	15	16			
SWY	17	18	19	20	21	22	23	24			
SWy	25	26	27	28	29	30	31	32			
SWY	33	34	35	36	37	38	39	40			
SWy	41	42	43	44	45	46	47	48			
SWY	49	50	51	52	53	54	55	56			
SWy	57	58	59	60	61	62	63	64			

وعند ترتيب الأفراد التي بالجدول السابق إلى مجاميع متشابهة الصفات نرى أنها ثمانية مجاميع وهي:

(١) أفراد طويلة الساق مستديرة البذور صفراء الفلقات عددها ٢٧ في الخسافات ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١١ و ١٣ و ١٥ و ١٧ و ١٨ و ٢١ و ٢٢ و ٢٥ و ٢٩ و ٣٣ و ٣٤ و ٣٥ و ٣٦ و ٤١ و ٤٣ و ٤٩ و ٥٠ و ٥٧ يلاحظ أن فيها أصيل واحد فقط في الثلاث صفات هو الموجود بالخاتنة ١، كما أنه يرى أن هذه السبعة والعشرين فرداً ولو أنها كلها متشابهة الصفات إلا أنها تكون من ثمان مجموعات متماثلة العوامل genotypes وهي

١ :	المجموعة التي تتعاملها	SSWWYY	بالحانات	١	وعددها	١
س :	»	SSWWYy	»	٢ و ٩	»	٢
ح :	»	SSWwYY	»	٣ و ١٧	»	٢
س :	»	SSWwYy	»	٤ و ١١ و ١٥ و ٢٥	»	٤
هـ :	»	SsWWYy	»	٥ و ٣٣	»	٢
و :	»	SsWWYy	»	٦ و ١٣ و ١٧ و ٣٤	»	٤
م :	»	SsWwYY	»	٧ و ٢١ و ٣٥ و ٤٩	»	٤
ل :	»	SsWwYy	»	٨ و ٢٢ و ٢٥ و ٣٩	»	٤
						٣٦ و ٤٣ و ٥٠ و ٥٧
						المجموع ٢٧

(٢) المجموعة المتشابهة الصفات طويلة الساق مستديرة البذور خضراء الفلقات عددها ٩ وهي الموجودة بالخانات ١٠ و ١٢ و ١٤ و ١٦ و ٢٦ و ٣٠ و ٤٢ و ٤٤ و ٥٨

يلاحظ أن هذه المجموعة مكونة من أربعة مجموعات متماثلة العوامل وهي

١ :	المجموعة SSWWyy (أصيلة الصفات)	بالحانات	١٠	وعددها	= ١
س :	»	SSWwyy	»	١٢ و ٣٦	»
ح :	»	SsWWyy	»	١٤ و ٤٢	»
س :	»	SsWwyy	»	١٦ و ٣٠ و ٤٤ و ٥٨	»
					المجموع ٩

(٣) المجموعة المتشابهة الصفات طويلة الساق مجددة البذور صفراء الفلقات عددها تسعة وهي التي بالخانات ١٩ و ٢٠ و ٢٣ و ٢٤ و ٢٧ و ٣١ و ٥١ و ٥٢ و ٥٩

هذه المجموعة مكونة من أربع مجموعات متماثلة العوامل وهي

١ :	المجموعة SSwwYY (أصيلة الصفات)	بالحانات	١٩	وعددها	= ١
س :	»	SSwwYy	»	٢٠ و ٢٧	»
ح :	»	SswwYY	»	٢٣ و ٥٢	»
س :	»	SswwYy	»	٢٤ و ٣١ و ٥١ و ٥٩	»
					المجموع ٩

(٤) المجموعة المتشابهة الصفات قصيرة الساق مستديرة البذور صفراء الفلقات عددها تسعة وهي بالخانات ٣٧ و ٣٨ و ٣٩ و ٤٠ و ٤٥ و ٤٧ و ٥٣ و ٥٤ و ٦١ وتشتمل هذه المجموعة أربعة مجموعات متماثلة العوامل وهي

١ :	المجموعة ssWWYY (أصيلة الصفات)	بالحانات	٣٧	وعددها	= ١
س :	»	ssWWYy	»	٣٨ و ٤٥	»
ح :	»	ssWwYY	»	٣٩ و ٥٣	»

الفرد قد يكون أصيلاً في صفة خليطاً في غيرها ولذا يجب دائماً تحديد الصفات التي يكون فيها الفرد أصيلاً عند نسبة ذلك إليه .  
ويمكن ترتيب ظهور الصفات في الجيل الثاني لأى حالة مندلية يدرس فيها ثلاث أزواج من الصفات المتضادة هكذا :

الزوج الثالث من الصفات		الزوج الثاني من الصفات		الزوج الأول من الصفات		عدد الأفراد في كل ٦٤!
متنحي	سائد	متنحي	سائد	متنحي	سائد	
	×		×	×	×	٢٧
×			×	×	×	٩
	×	×		×	×	٩
×		×		×	×	٩
×	×		×	×	×	٣
	×	×		×	×	٣
×		×		×	×	٣
	×		×	×	×	١
١٦	٤٨	١٦	٤٨	١٦	٤٨	المجموع ٦٤

وزرى في هذه المرحلة أن قانون التوزيع الحر الذي درس وفسر يحتاج إلى وضعه في صيغة عامة تشمل طريق وراثته أى عدد من أزواج الصفات الأليومورفية ونص هذه الصيغة هو «إذا لقح سلالتان مختلفتان في أكثر من زوج واحد من الصفات المتضادة ينزل كل زوج من هذه الصفات في الجيل الثاني بنسبة ٣ : ١ ولا علاقة بين توزيع أى زوج منها والآخر»  
ولا حاجة بنا للقول أن توزيع ثلاث أزواج أو أكثر من الصفات المتضادة واسع التطبيق أيضاً في المملكة الحيوانية  
فمن قبيل التمثيل نذكر حالة الدجاج المعروف بالجهورن Leghorn ولونه

٤ : المجموعة ssWwVy بالخانات ٤٠ و ٤٧ و ٥٤ و ٦١ وعددها =  $\frac{٤}{٩}$  المجموع

(٥) المجموعة المتشابهة الصفات طويلة الساق مجمدة البذور خضراء الفلقات وعددها ثلاثة في الخانات ٢٨ و ٣٢ و ٦٠  
وتشمل هذه المجموعة مجموعتين متماثلتي العوامل هما

١ : SSwwyy (أصيلة الصفات) بالخانات ٢٨ وعددها =  $\frac{١}{٣}$  المجموع  
٢ : Sswwwwyx و ٣٢ و ٦٠  
٣ : المجموع

(٦) المجموعة المتشابهة الصفات قصيرة الساق مستديرة البذور خضراء الفلقات وعددها ثلاثة في الخانات ٤٦ و ٤٨ و ٦٢  
وبهذه المجموعة مجموعتان متماثلتا العوامل هما

١ : المجموعة ssWWyy (أصيلة الصفات) بالخانات ٤٦ وعددها =  $\frac{١}{٣}$  المجموع  
٢ : ssWwwwyx و ٤٨ و ٦٢  
٣ : المجموع

(٧) المجموعة المتشابهة الصفات قصيرة الساق مجمدة البذور صفراء الفلقات وعددها ثلاثة في الخانات ٥٥ و ٥٦ و ٦٣

وتتكون هذه المجموعة من مجموعتين متماثلتين في العوامل هما  
١ : المجموعة sswwYY (أصيلة الصفات) بالخانات ٥٥ وعددها =  $\frac{١}{٣}$  المجموع  
٢ : sswwYy و ٥٦ و ٦٣

(٨) المجموعة المتشابهة الصفات قصيرة الساق مجمدة البذور خضراء الفلقات وعددها واحد في كل ٦٤ فرداً في الجيل الثاني وتشمل مجموعة واحدة فقط متماثلة العوامل وهي التي بالخانة ٦٤ sswwyy

ولعل القارىء قد وضع له من دراسة هذه الحالة وتحليلها تفصيلاً أن

الايض سائد على أى لون آخر وهذا النوع من الطيور أرجله عارية من الريش وله عرف مفرد (أوفردى) فى بعض سلالاته. لولتح ديك من هذا النوع به هذه الصفات الثلاث أى أبيض اللون مفرد العرف عارى الأرجل عدة دجاجات من نوع آخر لونها أسود وعرفها باسلاى وأرجلها مغطاة بالريش (مثل النوع المسمى Dark Brahma) كان الجيل الأول سائد الصفات أى أبيض اللون باسلاى العرف وأرجله مغطاة بالريش، فإذا لفتح ديك من الجيل الأول عدداً من أخواته الأناث تتج الجيل الثانى وتُرى به أفراد موزعة بها الصفات كالاتى

- ٢٧ فى كل ٦٤ منها بيضاء اللون عرفها باسلاى وأرجلها مغطاة بالريش
- ٩ » بيضاء اللون عرفها باسلاى وأرجلها عارية
- ٩ » بيضاء اللون عرفها مفرد وأرجلها مغطاة بالريش
- ٩ » سوداء اللون عرفها باسلاى وأرجلها مغطاة بالريش
- ٣ » بيضاء اللون عرفها مفرد وأرجلها عارية
- ٣ » سوداء اللون عرفها باسلاى وأرجلها عارية
- ٣ » سوداء اللون عرفها مفرد وأرجلها مغطاة بالريش
- ١ » أسود اللون مفرد العرف عارى الأرجل

وكذلك فى الحيوانات الفارضة المعروفة بالفأر الرومى أو الأرنب الرومى guinea pigs اللون الأبيض فيها يسود عليه أى لون آخر وقصر الشعر صفة سائدة على طوله وصلابة الشعر صفة سائدة على نعومته فلو لفتح ذكر ملون قصير الشعر صلته عدة أناث بيضاء اللون طويلة الشعر ناعمة كان الجيل الأول من الأبناء كل أفرادها ملونة كأبيها قصيرة الشعر صلته فإذا تناسلت عدة ذكور من هذه الأفراد مع أخواتها الأناث وربى الجيل الثانى وجد فيه ثمانية مجاميع متشابهة الصفات كما هو المنتظر هكذا:

- ٢٧ فى كل ٦٤ منها ملونة قصيرة الشعر وصلته
- ٩ » » » ناعمة
- ٩ » » » طويلة الشعر صلته
- ٩ » بيضاء قصيرة الشعر صلته
- ٣ » ملونة طويلة الشعر ناعمة
- ٣ » بيضاء قصيرة الشعر ناعمة
- ٣ » بيضاء طويلة الشعر صلته
- ١ » أبيض طويل الشعر ناعمه

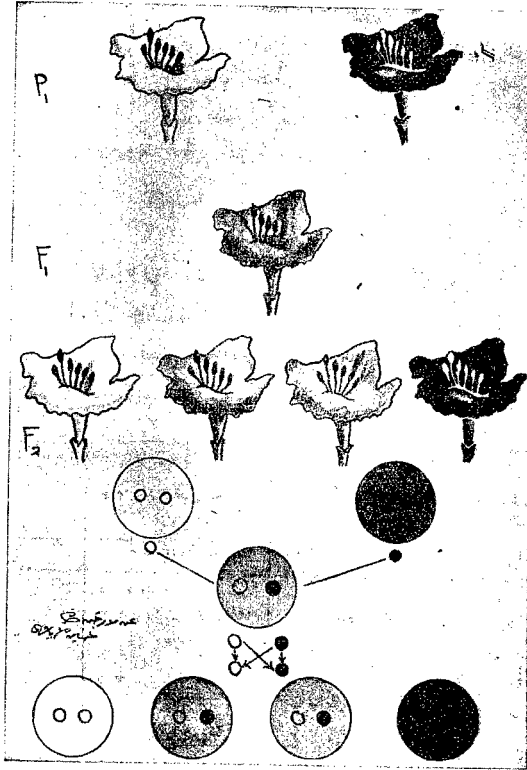
ولقد كتب مندل عن حالات درس فيها أربع أزواج من الصفات الأيلومورفية، ألا أن عدد التراكيب العاملة المختلفة فى الجيل الثانى لمثل هذه الحالات أو فى غيرها من الحالات التى تدرس فيها خمسة أزواج من الصفات أو أكثر تكون كثيرة التعقيد، ولذا فالمتبع عملياً فى تجارب التربية الاشتغال بزواج واحد من الصفات فى أى يمكن عزل الصفة المرغوبة منه بحالة أصيلة يمكن الاشتغال بعد ذلك بزواج آخر وهكذا

ويشمل الجدول الآتى تركيب الجيل الثانى وصفاته فى الحالات المتدلية

عدد أزواج الصفات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
عدد أنواع الجاميطات التى تكون الجيل الثانى	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	٢٥٦
» الاحتمالات المختلفة لاتحاد الجاميطات	٤	١٦	٦٤	٢٥٦	١٠٢٤	٤٠٩٦	١٦٣٨٤
» المجاميع المتشابهة للصفات فى الجيل الثانى	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	٢٥٦
» المتباعدة العوامل فى »	٩	٣٧	١٢٧	٣٤٣	٧٢٩	١٤١٣	٢٧٣٩

# الباب الثالث

اكتشاف حالات غير مندلية - تعديل نظرية مندل



شكل ٤ - البياض غير التامة في وراثته لوني الازهار الاحمر والابيض « ميرابيلس سالابا »  
(الدوائر الكبيرة ترمز الى الازهار والصغيرة التي بداخلها تمثل العوامل الوراثية)

كان من الطبيعي أن يعقب اكتشاف كورنز ومن عاصره لنظرية مندل حركة نشاط في استكشاف صفات النباتات والحيوانات المختلفة فكثرت البحوث واختلفت المادة التي اشتغل بها كل منهم ولقد صادف بعضهم حالات وراثية مندلية بينما كثيرون منهم رأوا أنفسهم أمام تجارب نتائجها لا تنطبق ومدلول نظرية مندل

وهنا قسم العلماء وراثية الصفات إلى نوعين نوع مندلي أي يسلك سلوك صفات نباتات الباسلاء التي اشتغل بها مندل ونوع آخر غير مندلي، وراح كل منهم يبحث عن تليل يوافق الحالات الأخيرة، وأدى ذلك إلى تراكم معلومات كثيرة وجديدة عن وراثية الصفات حتى أصبح في الامكان توسيع نظرية مندل لتشملها كلها

ولم يكن بد أن يخطئ بعض هؤلاء الباحثين في آرائهم، ألا أن تبادل الرأي وتصحيح من آبي بعدهم لأغلاطهم وضع اكتشافاتهم في مركز هام، ولولا ما اكتشفوا لبقيت نظرية مندل في روحها وحرفيتها ضيقة النطاق لا تعدى بعض صفات النباتات وقليل من صفات الحيوانات. ولندرس الآن بعض هذه الحالات موضحين الخطوات التي عدلت بها نظرية مندل

\*\*\*



(١) الحالات التي لا توجد فيها سيادة صفة على أخرى .

عند تلقيح نباتات حمراء الأزهار من النوع المسمى *Mirabilis jalapa* (شكل ٤) بأخرى بيضاء الأزهار من نفس النوع بالطريقة التي اتبعتها مندل وتربية الجيل الأول كانت أزهاره قرنفلية اللون pink ، وعند تربية نباتات الجيل الثاني وجد أن ربعها أحمر الأزهار ونصفها قرنفلي الأزهار وربعها الباقي أبيض الأزهار .

أحمر الزهرة × أبيض الزهرة  
P<sub>1</sub>  
قرنفلي الأزهار  
F<sub>1</sub>  
أحمر الزهرة : ٣ قرنفلي الزهرة : ١ أبيض الزهرة  
F<sub>2</sub>

هذه الحالة تخالف حالة البسلاء المتدللية بخلافة ظاهرة يمكن حصرها ، كما أنها تتفق معها في بعض النقط ، ويمكن وضع ذلك في المقارنة الآتية .

حالة النبات ميرابيلس جالابا	الحالة المتدللية	
« ١ » ظهرت به صفة واحدة	« ١ » ظهرت به صفة واحدة	الجيل الأول
« ٢ » ليست صفة أحد الأبيوين وإنما وسطا بينهما	« ٢ » هي نفس صفة أحد الأبيوين	
« ٣ » السيادة غير واضحة ولا يمكن القول أي اللذين سائد	« ٣ » السيادة واضحة تماما	
« ١ » نصف فقط مشابه للابوين ونصفه للجيل الأول	« ١ » مشابه للابوين في صفتها	الجيل الثاني
« ٢ » مكون من ثلاث مجاميع كل منها متشابهة للصفة وهي الخوار ، والقرنفلية والبيضا .	« ٢ » مكون من مجموعتين كل منها متشابهة للصفة	
« ٣ » به نسبة ثابتة يمكن احصاؤها	« ٣ » به نسبة ثابتة يمكن احصاؤها	
« ٤ » نسبة صفتي الابوين ١ : ٢ : ١	« ٤ » نسبة صفتي الابوين ١ : ٢ : ١	

وقد علمنا فيما سبق أن الصفات في الأفراد مظهر لوجود العوامل في الزوجات الناشئة منها هذه الأفراد . إذا فلفهم هذه الحالة يجب أن نرجع إلى العوامل في تحليلها .

إذا فرضنا أن عامل اللون الأبيض في أزهار نبات الميرابيلس المذكور هو w وأن عامل اللون الأحمر هو W يكون الأبوان ww و WW وتكون جاميطات الأب الأول كلها تحمل العامل w وجاميطات الأب الثاني تحمل كل منها العامل W وعلى ذلك فشكل فرد في الجيل الأول يحمل العاملين Ww

لو كانت هذه الحالة تطابق تماما حالات مندل لوجب أن يخفى العامل w تأثير العامل الآخر w ويسود عليه تماما وتظهر صفة الجيل الأول وحده كأحد الأبيوين . إلا إنه في الحالة التي نحن بصددتها كانت صفة الجيل الأول وسطا بين صفتي الأبيوين وعلى ذلك فالعامل w لم يخفى أثره بالمرّة ولم يستطع العامل W أن يسود عليه تمام السيادة وبذلك فالنبات الذي به العاملان WW لون أزهاره أحمر . أما الذي يحمل العاملين w W فأزهاره أقل درجة في لونها أي أن العامل في حالته الزوجية duplex له ضعف التأثير الذي له في حالته الفردية Simplex

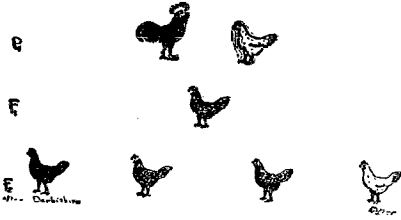
ولو تتبعنا انزعال عوامل الصفتين في جاميطات الجيل الأول لوجدناه كالآتي :

P<sub>1</sub>            WW    ×    ww  
gametes        W        w  
F<sub>1</sub>                Ww  
gametes    ♂ W : w    ♀ W : w  
F<sub>2</sub>            WW : Ww :    Ww : ww

وهذا مطابق لما ظهر من الصفات في الجيل الثاني فربع نباتاته التي تحمل العاملين ww حمراء الأزهار ونصفه التي تحمل العاملين w W قرنفلي الأزهار وربعه الباقي أبيض . مثل هذه الحالات التي لا تسود فيها صفة أحد الأبيوين تماما على الأخرى ( بحيث لا يظهر أثر الصفة المتخفية بتاتا ) تسمى حالات السيادة غير التامة وفيها يظهر الفرد الخليط بصفة وسطى بين صفتي

P1 أحمر × أبيض  
F1 أحمر طوبى  
F2  $\frac{1}{4}$  أحمر :  $\frac{3}{4}$  أحمر طوبى :  $\frac{1}{4}$  أبيض

وهنا يمكن تمييز الأصيل من الخليط بمجرد النظر لاختلاف درجة اللون في كليهما وذلك ناشئ من أن العامل في حالته الزوجية له ضعف تأثيره في الحالة الفردية التي لا يمكنه فيها أن يسود سيادة تامة على عامل اللون الأبيض.



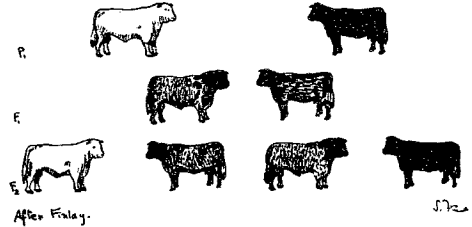
شكل ٦ - وراثه اللون في الدجاج الاندلسى .

وهناك المثل الشهير عن وراثه اللون في الدجاج الاندلسى Andalusian (شكل ٦) إذ اللون الأزرق الرصاصى هو اللون المحبب لدى مربي هذا النوع من الطيور . وينتج اللون المذكور من تلقيح أفراد سوداء وبياض من الدجاج الاندلسية فهو إذا حالة وسط بين لوني الأبوين ولا يمكن تمييزه في النوع لأنه صفة تقابل عاملين غير متماثلين أحدهما يسود على الآخر سيادة غير تامة

P1 أسود × أبيض  
F1 أزرق رصاصى  
F2  $\frac{1}{4}$  أسود :  $\frac{3}{4}$  أزرق رصاصى :  $\frac{1}{4}$  أبيض

الأبوين الأصيلين Incomplete dominance ولما كان أثر العامل الفردى غير مماثل لأثر العامل الزوجى كان الجيل الثانى تبعاً لذلك مكوناً من ثلاث مجاميع كل منها له صفة خاصة ويمكن تمييز الأصيل من الخليط في أفراده بمجرد النظر (أما في الحالات المتعددة المتبادلة التمييز بالممكن لتشابه الأصيل والخليط في صفتها لأن سيادة صفة أحد الأبوين على الأخرى سيادة تامة complete dominance ولذا فالطريق الوحيد فيها لتمييز الأصيل والخليط هو الاختيار بالمتنحى المزدوج كما سبق بيانه )

وكثير من الحالات التي اكتشفت فيها وراثه الصفات تسلك هذا السلوك تماماً بل الواقع أن وجود السيادة التامة قليل وأن الغالب هو السيادة غير التامة وهناك مجموعة كبيرة من الصفات التي تسمى الصفات القياسية أو الرقية Quantitative سيادتها غير تامة وسنفرد لها بحثاً خاصاً بها في موضعه ومن أمثلة السيادة غير التامة في الحيوان وراثه زوج الصفات الأحمر



شكل ٥ - وراثه اللون في ماشية التورتهون

والأبيض في الماشية المسماة بالتورتهون Shorthorn cattle (شكل ٥) إذ أن نتيجة تلقيح ثور أحمر لعدة بقرات بياض أو العكس وجود نسل كله «أحمر طوبى» اللون roan وهو مزيج من الأحمر والأبيض معاً، فإذا تناسل الجيل الأول مع بعضه البعض نتج الجيل الثانى وفيه فرد من كل أربعة أفراد أحمر وآخر أبيض واثنان لونهما أحمر طوبى