عنوان الكتاب : كتاب الوراثة

المؤلـــــف : د / أحمد فاضل الخشن

سنة النشـــر : ١٩٣٧

رقم العهـــدة : د ١١٢٠٠

الـــ ACC : ٦٠٨٤

عدد الصفحات : ٣٥٠

رقم الفيلـــــم : ١٧

كتاب الوراثة

تأليف

دكتور أحمد فاضل الحسن

دبلوم مدرسة الزراعة العليا بالجيزة

وبكالوريوس فى العلوم ـ ودكتوراه فى الفلسفة من جامعة أدنبره

ومدرس الوراثة وتربية الحيوان بكلية الزراعة بالجيزة

الثمن ٥٠ قرشاً

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف

دار النشر الحديث

١٩٣٧

كرو

الى

أستاذى العظيم بروفسور فردريك البرت ا . كرو Professor F. A. E. Crew

أقدم ثمرة من غرس يده

مقدمة المؤلف

منذ سنوات وفكرة إخراج هذا الكتاب تخامرنى من حين لحين، وكانت تتنازعنى فى ذلك عاطفتان: الأولى رغبة الاقدام 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 كتبته وتوخيت الدقة والثقة فى المصادر التى أخذت عنها.

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

رجع إلى الكتب الأخرى . ولا يخفى أن للغة الانجليزية شأنا كبيرا فى علم الوراثة . وذلك لما للمدرسة الأمريكية (مورجان ومساعدوه) من أكبر الأثر فى بنائه .

وإنى إذ أقدم هذا الكتاب للقراء لا أنسب لنفسى فضلا فيه ، إذ ليس فيه من جديد اللهم إلا فى وضعه بلغة هذه البلاد العزيزة .

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

كما أنه يسرنى أن أنوه بفضل حضرة حسين افندى الأيبارى 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 فى أثناء الطبع فلهما الشكر الجزيل والثناء الجميل .

الباب الأول

مقدمة تاريخية — تعاريف أولية — طرق دراسة العلم — الأهمية التطبيقية للعلم

إن التقدم الواسع فى دراسة علوم الحياة (البيولوجى) فى العصر الحالى وكثرة ما جمعه العلماء من الأبحاث والمشاهدات المبنية على التجارب ساعدا على وضع علم الوراثة التناسلية كما نعرفه الآن على أساس حسى ومنطق 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 الشيِّقة للانسان فى 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 فى السنوات الأخيرة فقط .

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

تكون أكثر الآراء الموضوعة على خطأ ، إما فى مجموعها أو فى تفاصيلها . ولو أن ذلك لا يقلل من أهمية هذه الآراء لقيمتها التاريخية فى نمو العلم الحديث ، لأن العلم فى حد ذاته يخدمه على السواء من يخطىء ومن يصيب من أهله .

أما وقد تداعت هذه النظريات القديمة فلا نريد أن ندخل فى تفصيلها ، بل نكتفى بالاشارة إليها من قبيل الذكرى فى تطور العلم، ولبيان الخطى التى اتبعها التفكير الانسانى وراء البحث عن الحقيقة .

فقد كانت آراء لامارك Lamarck التى نشرها فى سنة ١٨٠١ ثم توسع فيها وأعاد نشرها فى سنتى ١٨٠٩ و ١٨١٥ مما شغل بال العلماء بصفة جدية لأهميتها ، إذ هو أول من أشار الى حدوث التطور فى الطبيعة والى نشوء الكائنات الحية من كائنات حية مثلها وسابقة لها فى الوجود . وعلل حصول التطور بقوانين يقبلها العقل لافتا الانظار الى التشابه الكبير بين الأنواع والى التدرج فى انتظامها مما يدل على اشتقاق هذه الأنواع من بعضها البعض. وقد حاول فى تعليله أن ينسب ذلك الى قانون طبيعى أسماه قانون الأستعمال والاهمال Use and Disuse لانرى 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 ، الا 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 الأرخبيل وملما 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 تبادلا آراءهما معا وقبلها العالم المفكر واقتنع بها. وبعد ذلك خلا الميدان للنظريين يؤلفون ويكتبون مستمدين من تعاليم دارون ومن خيالهم حتى إذا ما وضعت نظرياتهم تحت ضوء الاختبار والنقد قضى عليها .

ألا أنه كان من الخطى المباركة أن اكتشف العلماء حقيقة عملية الاخصاب وتفاصيلها فى أواخر القرن الثامن عشر فأقروا بذلك أن الذكر والأنثى متساويان 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 التى يتكون منها الكائن الحى ، وبذلك نشأ علم الوراثة كفرع من علم التطور والرقى Evolution . وكان المعروف كثيراً من هذه الصفات الوراثية ، بعضها مورفولوجية كشكل وحجم وتركيب ووضع أعضاء الجسم المختلفة ، وبعضها فسيولوجية كطول الحياة والصلع والمناعة ، وبعضها سيكولوجية كالمزاج الهادىء والمنفعل والذكاء وضعف العقل والجنون ، وبعضها مَرَضية pathological كالأصابع الملتحمة fused digits أو الزائدة

extra digits أو القصيرة short digits . ومع أنه كان من المعروف أن « الكائن الحي يميل لايجاد الشبيه به » أى أن صفات ومميزات الآباء تنتقل الى أبنائهم، إلا أنه كان معروفا كذلك أن التشابه ليس تاماً فى كل المميزات، بل توجد هناك شخصية واضحة لكل فرد، وأنه لا يوجد اثنان متطابقان فى جميع صفاتهما تطابقاً تاماً مهما كانت درجة القرابة بينهما .

هذه الحقائق هى التى غيرت مجرى التفكير واستدعت وضع نظريات جديدة كما أشرنا فيما سبق تبحث فى الدور الذى تقوم به الخلايا الجرثومية فى انتقال الصفات . ولقد كان من أقوى البواعث على ضرورة ذلك أنه أمكن فى سنة ١٨٤٩ عند دراسة أجنة بعض الكائنات الحية التمييز بين الخلايا التى ستتكون منها أعضاء التناسل وتلك التى ستكوّن الجسم . ولقد بنى هيكل Haeckel فى سنة ١٨٦٦ رأيه بأن الاستمرار المادى Germinal Continuity موجود من جيل لجيل وأنه يجب الفصل بين النسيج التناسلى والأنسجة الجسمية عند النظر فى وظائفها

وتقدم بجر Jäger بعد ذلك (١٨٧٩) خطوة أخرى فأظهر أن البروتوبلازم الجرثومى يحتفظ بخواصه أجيالا عديدة وأنه ينقسم فى كل تناسل إلى قسمين: أحدهما يتكون منه جسم الفرد الجديد، والآخر يبقى كامنا ليكوّن عند بلوغ ذلك الفرد نسيجه التناسلى

واستمرت هذه التعاليم قائمة حتى ظهرت نظرية فايزمان Weismann فى سنة ١٨٨٢ — ١٨٨٣ وفيها يقول إن الخلايا الجرثومية هى وحدات غير منقطعة من سلسلة واحدة موجودة منذ بدء الخليقة ولا يعتريها الفناء كخلايا الجسم وأن هذه الخلايا الجرثومية هى الحاملة للصفات الوراثية . وأن الفرد الحى لا يكوّن خلايا تناسلية عند بلوغه، بل إن هذه موجودة به منذ كان بويضة مخصبة أو زيجوت Zygote . ذلك أن البويضة المخصبة عند انقسامها

تنفصل بعض الخلايا الناتجة من الانقسام جانباً، ولا تشترك مطلقاً فى تكوين الجسم بل تصبح فيما بعد « الخلايا الجرثومية » لهذا الفرد الحى الجديد

وقد استنتج فايزمان نظريته هذه من دراسته للنمو والتناسل فى الحيوانات وحيدة الخلية مثل الريزوبودا Rhizopoda والانفيوزوريا Infusoria ، إذ كل كائن وحيد الخلية ينمو إلى حد محدود، ثم ينقسم إلى قسمين كل منهما مشابه للآخر تماماً فى الحجم والتركيب حتى أنه يعسر التمييز أيهما الكائن القديم وأيهما الجديد، وبذا يكون كل كائن حى وحيد الخلية على سطح الأرض الآن موجودا منذ بدء الخليقة وأقدم فى وجوده من النوع الانسانى نفسه. وعلى ذلك فهذه الحيوانات وحيدة الخلايا تعيش إلى مالا نهاية وتستمر فى الانقسام مالم تنقطع حياتها بسبب ميكانيكى (أى قتلها بواسطة آلية أو كيميائية)

من دراسة انقسام هذه الكائنات وحيدة الخلية يبدو لنا بداهة أن الفرد جزء من أبيه، والجزء شبيه بالأصل، فالوراثة فيها هى ظاهرة من ظواهر الاستمرار فى الوجود بالانقسام البسيط من أصل واحد تتكرر صوره ولا تنعدم مادته

أما الكائنات المتعددة الخلايا multi-cellular organisms التى تتناسل جنسيا فلا يختلف حالها أيضا عن وحيدة الخلايا، إذ تناسلها قاصر على خلايا خاصة هى الخلايا الجرثومية، واستمرار انقسام هذه هو الذى ينتج الأجيال المتعاقبة من النباتات والحيوانات . فهذه الخلايا هى وحدها القادرة على التناسل وحفظ النوع وتوريث الصفات . وقد علل فايزمان واسطة توريث الصفات فى هذه الحالة بأن كل خلية فى جسم الكائن عديد الخلايا ترسل الى خلاياه الجرثومية جزئيات دقيقة جداً تتجمع حتى إذا ماتم التناسل وتكوّن فرد جديد انتشرت فى خلاياه الجسمية وكيفت صفات جسمه بطريقة تشابه صفات الأب .

ويجدر بنا أن نشير إلى أن نظرية فايزمان فى مجموعها صحيحة يقبلها العلم الحديث ويؤيدها إلا حيث ينسب انتقال الصفات إلى « جزئيات » تتجمع فى الخلايا التناسلية. ولقد زادت النظرية قوة بما أظهره بوفيرى Boveri فى سنة ١٩١٠ من انعزال الخلايا الجرثومية عن باقى خلايا الجنين فى الديدان المسماة Ascaris megalocephala ومن امكان متابعة سلوك هذه الخلايا الجرثومية فى أدوار حياة الجنين المذكور . وبذلك أضاف دليلا آخر الى ما اجتمع من الأدلة قبل ذلك .

وفى سنة ١٨٩٤ أجر بيتسن Bateson علماء البيولوجى أن يعدلوا آراءهم عن التصنيف بأن دل على أن انقطاع الصفات كثير الحصول فى الطبيعة فتختلف بذلك الأبناء عن آبائها فى الصفات اختلافاً ظاهراً لا تدريجياً على مدى الأجيال. ثم ظهرت نظرية دى فريز de Vries سنة ١٩٠١ عن الطفرة لافتاً الأنظار لكثرة وجودها فى الطبيعة مبيناً أن أنواعاً جديدة من الكائنات الحية قد تظهر فجأة من أنواع أخرى وتخالفها فى صفاتها كلها أو بعضها .

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

كل هذا دل دلالة قاطعة على ضرورة البحث والتجريب فى الوراثة وأسبابها وموجباتها ، حتى ظهر فى الميدان كورنز Correns ودى فريز de Vries وتشرماك Tschermak اذ أعادوا اكتشاف نظرية مندل Mendel وبذلك تأيدت آراء فايزمان ووسع نطاقها

ومندل Mendel هذا كان راهباً فى برون Brünn بالدير الملكى ، اشتغل زمنا بتربية النبات ثم قدم نتائج بحثه لجمعية التاريخ الطبيعى فى برون سنة ١٨٦٥ ونشرت الجمعية المذكورة هذه الأبحاث فى مجلتها سنة ١٨٦٦ غير أنه لم يأبه لها أحد لانشغال العلماء بدارون وفروضه .

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

ولقد كان مندل موفقا فى نظريته كل التوفيق ويرجع ذلك إلى مواهبه التى جعلته يبتعد عن الفروض التخمينية ويقصر بحثه على تعليل الحقائق العملية التى نتجت من تجاربه وكان سعيد الحظ أن وقع اختياره على نبات الباسلاء للقيام بتجارب التربية التى قام بتحليلها تحليلا حسابيا دقيقا .

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 الى الصفات التى تظهر على الأفراد وعنى بدراستها صفة صفة فى أزواج متضادة على حدتها فكان بذلك أول من أوجد تعاليم علم الوراثة الحديث بتحليل الفرد إلى مركباته كما يحلل علماء التشريح الجسم إلى أعضاء وكما يحلل الكيمائى المركب إلى عناصره المكونة منها .

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

علم الوراثة وطرق دراسته ووجوه تطبيقه

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

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

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

(١) الوراثة فى النبات Plant Genetics

(٢) الوراثة فى الحيوان Animal Genetics

(٣) الوراثة فى الانسان Human Genetics (Eugenics)

وهذا القسم الأخير يدخل تحت الوراثة فى الحيوان ولا تفصلهما إلا دواع اجتماعية وأدبية يقتضيها وجود النوع الانسانى على حال كبير من المدنية .

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

طرق دراسة العلم

تستدعى دراسة علم الوراثة معرفة واسعة بعلوم البيولوجى الأساسية كالنبات والحيوان والتشريح والتشريح المقارن والهستولوجى والسيتولوجى والفسيولوجى وعلم الأجنة والكيمياء الحيوية والقوانين البيومترية الرياضية، وبناء على ذلك فطرق دراسة علم الوراثة دراسة جيدة تشمل تفاصيل هذه العلوم جميعاً ونظمها معا لمعرفة مدى أثر كل منها فى وراثة الصفات .

أما الدراسة العادية للعلم فتكون بالقيام بتجارب التربية المختلفة التى تكفى لأن توضح للطالب القوانين الوراثية التى يدرسها نظريا وقد يكون من المفيد أن تصطحب هذه التجارب بقطاعات سيتولوجية متسلسلة تظهر التوازى بين سلوك صفات الأفراد وسلوك كروموزومات الجاميطات

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

تطبيق العلم وأهميته

ولقد نالت دراسة هذا العلم حديثاً ماهى جديرة به من اهتمام فى العالم المتمدين وليس فى ذلك غرابة فعلم يبحث فى العلاقة بين الأجيال المتعاقبة من الكائنات الحية ويرمى بذلك إلى معرفة طرق تحسينها جيلا بعد جيل هو علم فى الدرجة الأولى من الأهمية لطلبة الزراعة والمزارعين إذ بفهم قواعده يمكن تحسين المحاصيل والحيوانات الزراعية حتى تكاد تصل الى الكمال فى انتاجها

أما من ناحية الانسان فيرمى علم الوراثة بابحاثه إلى استكمال تقدم النوع الانسانى فى مجال الرقى العقلى فيزداد بذلك انتاج الانسان بازدياد قواه المفكرة ، ويرمى أيضاً إلى تركيز قوة الاخلاق والقضاء على عوامل تقهقر النوع بالقضاء على الصفات الوراثية الخاصة بالاجرام والجنون والعته

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

ولقد وجد فيه رجال القانون والتعليم والسياسة علماً ذا فائدة عظمى لهم فى أداء واجبهم وفى الكيل لكل فرد بمكيال خاص يتناسب مع عقليته الموروثة التى لا يد له فى اختيارها . أما السياسيون فقد وجدوا فى السنين الحالية أنه من أسباب عظمة الأمم أن تخط طريق مستقبلها بالاستناد إلى تحليل أخلاقها وعقلية المجموع فيها واتجاه قوى التفكير فى أفرادها . وأن ذلك السياسى الذى يدرس هـــذه الصفات فى أمته ليوجهها إلى الطريق الصحيح ويبنى لهـا صرحاً متيناً فى مستقبل حياتها فليست كل الأمم سواء بل لكل منها ميزات وصفات خاصة يظهرها علم الوراثة وفى استغلالها أكبر المنافع لكل منها .

منـدل

الباب الثانى

تجارب 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 فى وضعها ، فهناك نباتات قمية الأزهار وأخرى إبطيتها أو فى لونها فهناك أزهار حمراء وأخرى بيضاء .

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

ولقد ترك مندل هذه الأبناء تلقح نفسها تلقيحاً ذاتيا وهو المعتاد فى الباسلاء ثم جمع بذورها عند نضجها وأعاد زراعتها ليربى أبناء الأبناء، وليرى

أى الصفات تظهر عليها فوجد أن صفتى الأبوين ظهرتا فى أبناء الأبناء، فلما عمد إلى الطريق الاحصائى وعد النباتات التى تظهر فيها كل صفة وجد أن ثلاثة أرباع الجيل الثانى (أبناء الأبناء) بها الصفة التى ميزت أحد الأبوين الأصليين وظهرت فى أبنائهما بينما ربع أفراد الجيل الثانى ظهرت بها الصفة التى كانت بالأب الآخر ولم تظهر فى الأبناء . ولنضرب مثلا على ذلك دراسة مندل لطول الساق فى الباسلاء : إذا لقح نبات طويل الساق آخر قصير الساق كانت أبناؤهما كلها طويلة الساق ، فأذا لقحت هذه نفسها كانت أفراد الجيل الثانى بعضها طويل وبعضها قصير إلا أن الأفراد طويلة الساق ثلاثة أمثال الأفراد قصيرة الساق فى عددها . ويمكن تخطيط هذه الأجيال الثلاثة كالآتى (العلامة × تدل على التلقيح أو التهجين)

أحد الابوين طويل الساق × الاب الآخر قصير الساق

الابناء أو الجيل الاول طويلة الساق

أبناء الابناء أو الجيل الثانى ٣ طويلة الساق : ١ قصيرالساق

واستمر مندل فى تربية أبناء الجيل الثانى منتجاً الجيل الثالث وذلك بأن ترك كل نبات يلقح تلقيحا ذاتياً ثم جمع بذورها وزرع كل مجموعة منها على حدتها فوجد أن أبناء النباتات قصيرة الساق دائماً قصيرة . أما النباتات طويلة الساق فثلثها أبناؤه طويلة كلها بينما أنتج الثلثان الباقيان نباتات طويلة وقصيرة نسبة عدد الطويل فيها إلى القصير كنسبة ٣ : ١

ودرس مندل الصفات الأليلومورفية الأخرى زوجا زوجا كل زوج منها على حدته صارفا النظر عن جميع الصفات الأخرى فى النبات واتبع مندل نفس الطريقة السابقة فى دراسة كل زوج من الصفات أى قام بتلقيح نباتات بها صفة خاصة من نباتات أخرى بها الصفة المضادة لها ثم ربى أبناء الجيل الأول والثانى والثالث فكانت النتائج التى حصل عليها فى جميع الحالات مماثلة لبعضها ومطابقة لطول الساق وقصره فى وراثة كل منهما . ويشمل الجدول الآتى الصفات التى درسها مندل وما أعطته من نتائج .

الصفة	الخاصة	زوج الصفات المتضادة فى الأبوين	صفة الجيل الأول (الأبناء)	صفات الجيل الثانى وعدد كل منها	نسبة ظهور صفتى الأبوين فى الجيل الثانى
الساق	الطول	طويل أو قصير	طويل	٧٨٧ طويل و ٢٧٧ قصير	١ : ٢٫٨٤
الزهرة	الوضع	إبطية أو قمية	إبطية	٦٥١ ابطية و ٢٠٧ قمية	١ : ٣٫١٤
القرون	اللون	خضراء أو صفراء	خضراء	٤٢٨ خضراء و ١٥٢ صفراء	١ : ٢٫٨٢
البذور	الشكل	مثلثة أو مجعدة	مثلثة	٥٤٧٤ مثلثة و ١٨٥٠ مجعدة	١ : ٢٫٩٦
غلاف البذور	الشكل	منتفخ أو غير منتفخ	منتفخ	٨٨٢ منتفخ و ٢٩٩ غير منتفخ	١ : ٢٫٩٥
غلاف البذور	اللون	رمادى أو أبيض	رمادى	٧٠٥ رمادى و ٢٢٤ أبيض	١ : ٣٫١٥
الفلقات	اللون	صفراء أو خضراء	صفراء	٦٠٢٢ صفراء و ٢٠٠١ خضراء	١ : ٣٫٠١
			متوسط النسبة		١ : ٢٫٩٨

ويرى من مراجعة الجدول السابق أن ظهور صفتى الأبوين بنسبة ٣ : ١ 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 هى أقرب ما يمكن الحصول عليه عملياً إلى النسبة النظرية (٣ : ١) كما يرى من الجدول الآتى الذى يشمل نتائج التجارب التى قام بها علماء مختلفون عن توزيع لون فلقات الباسلاء فى الجيل الثانى الذى رباه كل منهم .

اسم المجرب		المجموع الناتج لديه	أصفر الفلقة	أخضر الفلقة	التوزيع فى كل ٤ أفراد والخطأ المحتمل
مندل	Mendel	٨٠٢٣	٦٠٢٢	٢٠٠١	٣٫٠٠٢ : ٠٫٩٩٨ ± ٠٫٠١٣
كورنز	Correns	١٨٤٧	١٣٩٤	٤٥٣	٣٫٠١٩ : ١ ٠٫٩٨ ± ٠٫٠٢٧٢
تشرماك	Tschermak	٤٧٧٠	٣٥٨٠	١١٩٠	٣٫٠٠٢ : ٠٫٩٩٨ ± ٠٫٠١٦٩
هرست	Hurst	١٧٥٥	١٣١٠	٤٤٥	٢٫٩٨٦ : ١٫٠١٤ ± ٠٫٠٢٧٩
بتس	Bateson	١٥٨٠٦	١١٩٠٣	٣٩٠٣	٣٫٠١٢ : ٠٫٨٩٨ ± ٠٫٠٠٩٣
لوك	Lock	١٩٥٢	١٤٣٨	٥١٤	٢٫٩٤٧ : ١٫٠٥٣ ± ٠٫٠٢٦٤
درشير	Darbishire	١٤٥٢٤٦	١٠٩٠٦٠	٣٦١٨٦	٣٫٠٠٤ : ٠٫٩٩٦ ± ٠٫٠٠٣
درشير	Darbyshire	١٤٤٣	١٠٨٩	٣٥٤	٣٫٠١٩ : ٠٫٩٩٦ ± ٠٫٠٣٠٨
هويت	White	٢١٩٠	١٦٤٧	٥٤٣	٣٫٠٠٨ : ٠٫٩٩٢ ± ٠٫٠٢٥
كورنز	Correns	١٣٥٦	١٠١٢	٣٤٤	٢٫٩٨٥ : ١٫٠١٥ ± ٠٫٠٣١٩
تشرماك	Tschermak	٣٩٥٩	٣٠٠٠	٩٥٩	٣٫٠٣١ : ٠٫٩٦٩ ± ٠٫٠١٨٦
لوك	Lock	٤٠٩٠	٣٠٨٢	١٠٠٨	٣٫٠١٤ : ٠٫٩٨٦ ± ٠٫٠١٨٣
درشير	Darbishire	٧٥١٨	٥٦٦٢	١٨٥٦	٣٫٠١٣ : ٠٫٩٨٧ ± ٠٫٠١٣٥
كورنز	Correns	٢٩٥	٢٢٥	٧٠	٣٫٠٥١ : ٠٫٩٤٩ ± ٠٫٢١٥١
لوك	Lock	٣٢٥٠	٢٤٠٠	٨٥٠	٢٫٩٥٤ : ١٫٠٤٦ ± ٠٫٠٢٠٥
المجموع		٢٠٣٥٠٠	١٥٢٨٢٤	٥٠٦٧٦	٣٫٠٠٤ : ٠٫٩٩٦ ± ٠٫٠٠٣ أو ٣٫٠٠١ : ١ ± ٠٫٠٠٠١

تعليل مندل لنتائج تجاربه : وحدة الصفات : قانون الانعزال .

تأمل مندل طويلا 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 جيلا به صفة أحد الفردين فقط وتورث الصفتان معاً فى الجيل الثانى بنسبة ٣ : ١ » . 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 سماها الصفة المتنحية أو المستترة recessive character

وهنا يمكن بيان سير التجارب المندلية على الوجه الآتى (للدلالة على الأجيال تستعمل الاختصارات الآتية : الأبوان أو الآباء P_1 المختصر من لفظ Parents أو First Parental Generation — جيل الأبناء الأول F_1 أو ج ١ المختصر من First filial generation — جيل الأبناء الثانى F_2 أو ج ٢ وهكذا يعبر عن أى جيل من الأبناء بالحرف F أو ج ويوضع العدد الدال عليه بجانب الحرف إلى الأسفل قليلا)

فرد سائد الصفة × فرد متنحى الصفة P_1

سائد الصفة F_1

٣ سائد الصفة : ١ متنحى الصفة F_2

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 جاميطة بأخرى ، فمن البديهى أن تكون الجاميطات هى الجسر الذى تمر فوقه الصفات من جيل لجيل ، ولا يمكن أن تنتقل إلا بواسطته (شكل ١) وهنا فرض مندل أنه لابد وأن يكون بنبات الباسلاء الطويل شىء ما يجعله طويلا وأن يكون بالنبات القصير شىء آخر يجعله قصيراً . وأن هذا الشىء لابد وأن يوجد فى جاميطات هذا النبات أو ذاك . ولم يعرف

مندل ما هو ذلك الشيء الذى يوجد الصفة وإنما اصطلح على تسميته بالعامل factor . فأذا لقح نبات باسلاء طويل الساق نباتاً قصير الساق حصل الاخصاب بين جاميطات من النبات الأول بها عامل الطول وجاميطات من النبات الثانى بها عامل القصر ولذلك يوجد فى كل فرد من الجيل الأول F_1 عاملا الطول والقصر معاً ولسبب لم يعرفه مندل تغلب عامل الطول فكان الجيل الأول كله طويلا .

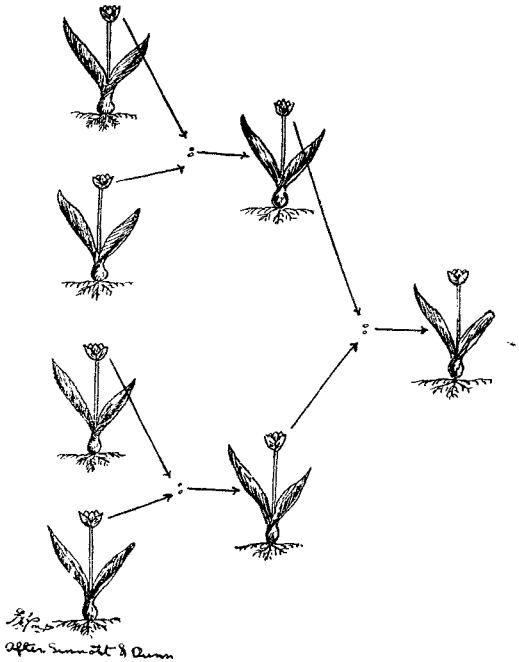
ووجد مندل أن ربع نباتات الجيل الثانى F_2 كانت قصيرة والنبات القصير لا ينتج إلا من اتحاد جاميطات تحمل عامل القصر ولهذا استنتج مندل أن عوامل الطول وعوامل القصر التى توجد فى أفراد الجيل الأول لا تمتزج ببعضها بل تبقى مستقلة وأن كلا منها يظل محتفظاً بخواصه .فعندما تنضج جاميطات الجيل الأول من النباتات سواء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

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

(١) أن تخصب حبة لقاح تحمل عامل الطول بويضة تحمل عامل الطول أيضاً فيكون الناتج نباتا به عاملان للطول ومن البداهة أن يصير طويلا .

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

(٣) أن تخصب حبة لقاح تحمل عامل القصر بويضة تحمل عامل الطول ونتيجة ذلك نبات طويل أيضا .

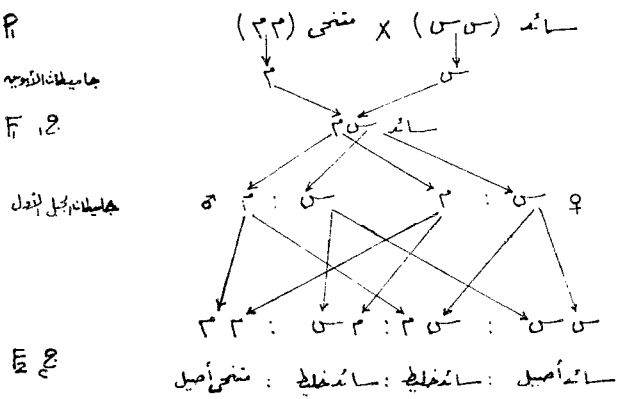


(شكل ١) الخلايا التناسلية هى الجسر الذى تعبر عليه الصفات الوراثية

(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 للطول

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 إذا رمزنا لعامل الصفة السائدة في زوج ما بالحرف س ولعامل الصفة المتنحية لها بالحرف م



هذه هي نظرية مندل عن تعليل وراثة الصفات تؤيدها التجارب العملية وتطابق مدلولها. وعند فحص الجيل الثاني يرى أن ربع أفراده مثل أحد الأبوين وربعه مثل الأب الآخر بينما ٥٠ ٪ من أفراده سائدة إلا أن عواملها كعوامل الجيل الأول تماماً أي خليطة (س م) لهذا تعطي عند تلقيحها ذاتياً أو ببعضها البعض أفراداً تنعزل فيها الصفة السائدة والمتنحية بنسبة ١:٣

ونتائج نظرية مندل هذه بعيدة المدى إذ منها تقاوة الجاميطات السابق الاشارة اليها ومنها أن عامل الصفة يوجد دائماً زوجيا في الزيجوت لأن هذه تنشأ من اتحاد جاميطتين تحمل كل منهما عاملا خاصاً بالصفة المذكورة. فاذا كان عاملا الزيجوت لصفة خاصة متماثلين سمي الفرد الناشيء أصيلا 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 الأليلومورفية كان الفرد خليطاً ولو أنه سائد في صفته ويسمى «مختلف العوامل» Heterozygous ويلاحظ أن أفراد الجيل الثاني اما سائدة أو متنحية أي 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 في الصفة أو متنحية فيها. الا أن فحص المجموعة المتشابهة في الصفة السائدة يدل على أن جزءاً منها أصيل وكل فرد أصيل يحمل عاملين متماثلين، وعلى ذلك فالأفراد السائدة الأصيلة تكون مجموعة في عواملها تخالف الافراد السائدة الخليطة، وعلى ذلك فكل من هاتين المجموعة قائمة بذاتها في عواملها وتسمى مثل هذه المجاميع التي تتماثل فيها العوامل genotypes. ومن نتائج نظرية مندل أيضاً وحدة الصفات unit character وقد سميت وحدة لوراثتها كذلك ولوجود عامل خاص يمثلها في الجاميطة. ودراسة مندل هذه التي أوصلته لافتراض وجود العوامل ووحدة الصفات هي أول خطوة حاول بها أحد العلماء أن يلجأ للأحصاء وتطبيقه عن وراثة الصفات أي 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.

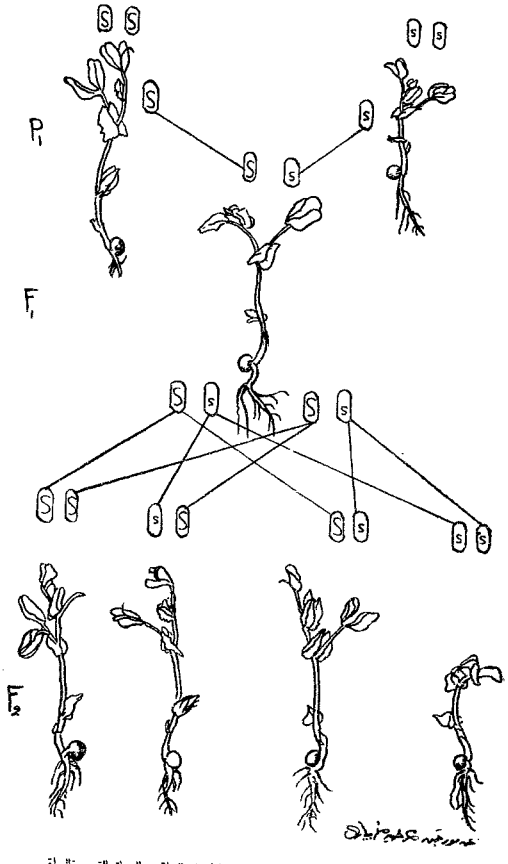
ولقد جرى العرف والاصطلاح فى تتبع سلوك الصفات الوراثية من جيل لآخر ومعرفة السبب فى ظهورها أو فى عدم ظهورها أن يعبر عن ذلك كله بما يقابل هذه الصفات من العوامل . وذلك مثل التعبير عن التفاعلات الكيميائية بالمعادلات والرموز . ولكل عامل من عوامل الصفات الوراثية رمز يمثله عند تفسير كل تجربة من التجارب

وتختلف الطرق المتبعة فى تسمية العوامل والرمز لها ، فمنها مايرمز للصفة السائدة من كل زوج اليلومورفى بحرف ما وللصفة المتنحية بحرف آخر ومنها ما يرمز بحرف واحد للصفتين الاثنتين معا . وهذه هى الطريقة التى سنجرى عليها فى هذا المؤلف لأنها الطريقة الصحيحة لأسباب سنوردها فيما بعد عند الكلام عن الطفرة

وقد جرت العادة أن يؤخذ الحرف الأول من اللفظ الانجليزى الدال على الصفة المتنحية رمزاً لزوج الصفات الأليلومورفى 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 أى الأليلومورفية معها ، وهذا الخروج عن القاعدة المعروفة تبرره الرغبة فى التسجيل التاريخى أى لتسجيل أن الطفرة المذكورة لم تكن أصلا من صفات النوع وإنما نشأت فيما بعد .

فاذا أردنا بناء على ما تقدم أن نعبر عن التجربة المندلية الخاصة بطول الساق وقصره فى الباسلاء بالعوامل أى نحلل هذه التجربة باستعمال الرموز (شكل ٢) نجد أن الصفة المتنحية قصير الساق لفظها الانجليزى short وعلى



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

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

وبما أن الأبوين P_1 اللذين استعملهما مندل Mendel فى تجربته كانا أصيلين، فكل منهما نشأ من اتحاد جاميطتين تحملان عاملين متماثلين ، وعلى ذلك يكون النبات الطويل الساق رمزه SS والنبات القصير الساق رمزه ss

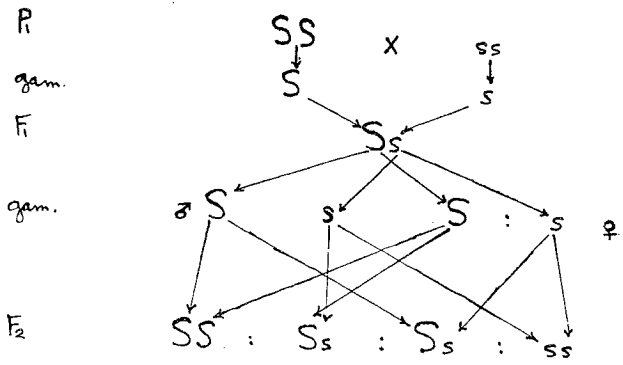
وعند ما يكوّن النبات الطويل الساق الأصيل جاميطاته فتبعاً لنظرية مندل ستكون هذه الجاميطات فردية التركيب أى يكل منها العامل S رمزاً لطول الساق .

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

وباتحاد نوعى الجاميطات تتكون أفراد الجيل الأول F_1 وعلى ذلك فتركيب كل فرد من هذا الجيل هو Ss ومن الواضح أن أفراد الجيل المذكور كلها خليطة

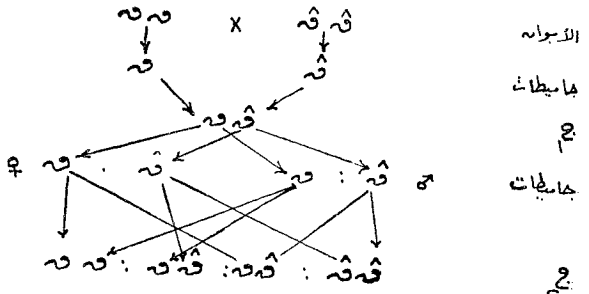
ويتكون الجيل الثانى F_2 من إخصاب جاميطات الجيل الأول F_1 وهذه الجاميطات ينعزل فى نصفها عامل الطول S وفى نصفها الآخر عامل القصر s سواء كانت هذه حبوب لقاح أو بويضات

وبما أن الأخصاب يحصل بمجرد المصادفة فهناك الاحتمالات المختلفة السابق الاشارة إليها باتحاد جاميطة ذكرية تحمل العامل S ببويضة تحمل عاملا مثله، وينشأ من ذلك فرد أصيل فى طول الساق لأن تركيبه SS كما أن هناك احتمالا لاخصاب جاميطة ذكرية بها S لبويضة بها s أو حبة لقاح بها s لبويضة بها S وفى الحالتين ينشأ فردان خليطان طويلا الساق Ss والاحتمال الأخير لاخصاب حبة لقاح بها s لبويضة بها s فيتكون الفرد القصير الساق ss وهو أصيل ولا يمكن أن يكون المنتحى إلا أصيلا . ويكتب التحليل الخاص بهذه التجربة كالآتى :



وقد تستعمل الحروف العربية لتحليل هذه الحالة . وعند ذلك نعود إلى تطبيق القاعدة المعروفة فنرمز لعامل قصير الساق بالحرف و ولعامل طويل الساق بنفس الحرف بطابع حروف التاج

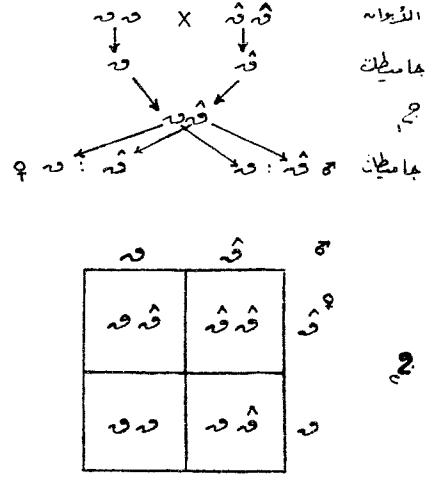
وبذلك نلزم حدود القاعدة التى تقضى باستعمال حرف واحد لكل زوج من الصفات . ويكون تحليل الحالة المتقدمة كالآتى :



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

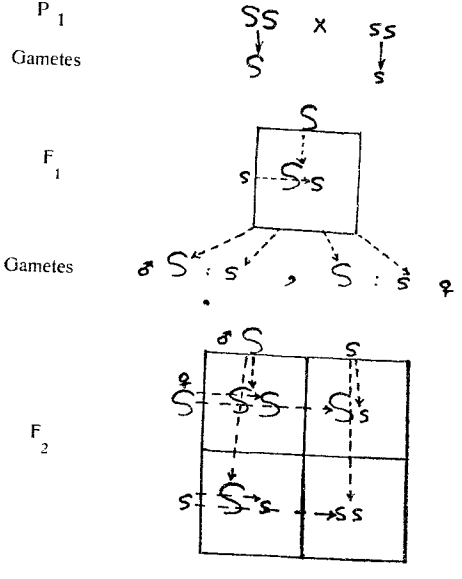
رموز العوامل التى تحملها الجاميطات الذكرية ثم يكتب على جانبه رموز العوامل التى تحملها البويضات . ثم تمد خطوط رأسية وأخرى أفقية لتقسيم هذا الجدول إلى خانات مربعة ويتوقف عدد الخطوط التى تمد على عدد العوامل المكتوبة فى أعلا الجدول وفى جانبه

ثم يكتب فى كل خانة الرمز المقابل لها فى أعلا الجدول و كذلك الرمز الذى بجانبها على جانب الجدول فتشتمل الخانة تبعاً لهذا على عاملين هما تركيب الزيجوت أو الفرد الذى يتكون من اتحاد جاميطتين تحملان هذين العاملين . وبكتابة الرموز فى كل خانات الجدول تحصر جميع الاحتمالات التى بموجبها يحصل الاخصاب بمحض الصدفة ويكون ذلك تركيب الأفراد الناتجه من هذا الأخصاب . وفيما يلى طريقة استعمال هذا الجدول لتحليل تجربة مندل عن طول الساق وقصره .



ويرى القارىء مما تقدم أن استعمال الرموز العربيـة أمر بسيط ومن الممكن تعميمه لتحليل جميع الحالات التى يشملها هـذا المؤلف غير أننى أنعمت النظر طويلا فى 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 الموضوعة بلغات أوروبية . ولما كان طالب العلم لا يقنع عند حد فقد رأيت أن أدله على طريق الأطلاع وأشجعه عليه باستعمال الرموز الانجليزية

والتحليل الآتى بالحروف الأفرنكية يطابق التحليل السابق تماماً .



والعادة أن لا تعمل رقعة الشطرنج إلا إذا اختلفت الجاميطات فى العوامل التى تحملها وعلى ذلك فلا ضرورة لاستعمالها إلا لتمثيل الجيل الثانى فى هذه الحالة .

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

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

وبما أن الأبوين كانا أصيلين فعوامل كل منهما هى gg و GG ويجرى التحليل كالمعتاد

P^1	GG	×	gg
Gametes	G		g
F_1	Gg		
Gametes	♀ G : g	,	G : g ♂
F_2	GG : Gg : Gg : gg		

ويرى من ذلك أن عوامل مندل فى سلوكها تعلل السبب فى أن الجيل الأول كله نباتات صفراء الفلقات خليطة وأن الجيل الثانى ربعه سائد أصيل ونصفه سائد خليط وربعه الباقى أخضر الفلقات

فاذا استعمل لتكوين الجيل الثانى بالرموز رقعة الشطرنج كانت كما يأتى

gam ♂	G	g
♀ G	GG	Gg
g	Gg	gg

F_2

ويمكن بذلك الاستمرار فى تحليل أى حالة مندلية باتباع نفس الطريقة

ولقد وجد مندل أن ماحصل عليه من نتائج لا يتغير إذا تغير جنس الأبوين ، فسواء أخذ حبوب 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 الثانى تظهر به الصفتان بنسبة ٣ : ١

P_1	♂	SS	×	ss ♀
F_1		Ss		
F_2		1 SS : 2 Ss : 1 ss		

أو :

P	♂	ss	×	SS ♀
F_1		Ss		
F_2		1 SS : 2 Ss : 1 ss		

ولعل فى ذلك أقوى دليل للرد على من سبقه ممن كانوا يقولون بعدم تساوى الذكر والأنثى فى توريث صفاتهما لأبنائهما . فالجاميطة سواء كانت من ذكور أو إناث تحمل عوامل الصفات، وبالأخصاب يصل للزيجوت مجموعة من العوامل نصفها من الأب ونصفها من الأم .

ويحسن عند تمرين المبتدىء على كتابة رقعة الشطرنج للحالات المندلية أن يتصورها عكسية أيضا إذ بذلك يمكنه أن يستدل على صفات الآباء من صفات أبنائها فمثلا إذا عمل تلقيح بين أبوين من الباسلاء وكانت أبناؤهما أفرادا أبطية الزهرة وأخرى قمية الزهرة والأولى ثلاث أمثال الثانية فى العدد لابد وأن يستنتج من ذلك أن الأبوين كانا كلاهما أبطى الأزهار خليطا فى صفته وأن تركيب كل منهما بالعوامل هو Aa

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

P_1	نبات أبطى الأزهار	×	نبات قمى الأزهار
	aa		AA
Cametes	a		A
F_1		Aa	

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

P_1	Aa	×	aa
Cametes	A : a		a
FR_1	Aa	:	aa

ويمثل 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 فى صفته وبين الفرد المتنحى الصفة بالتلقيح العكسى Reciprocal Crossing وهو أحسن اختبار يمكن التعويل عليه فى تمييز الأفراد سائدة الصفة فى الجيل الثانى للحالات المندلية ومعرفة أيها الأصيل وأيها الخليط. وظاهر من الجدول السابق أن الخليط يعطى عند تلقيحه عكسيا بالمتنحى

أفرادا نصفها سائد ونصفها متنح أى بنسبة ١ : ١ ويسمى النسل الناتج من تلقيح الجيل الاول للمتنحى FR_1 والرمز لايحتاج لبيان . أما الفرد الأصيل فعند تلقيحة بالمتنحى يعطى أفراداً كلها سائدة فى صفتها (مثل الجيل الاول فى كل تجارب مندل)

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

الجيل	السائد الأصيل	السائد الخليط	المتنحى	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	. . . . .	. . . . .	. . . .	$(٢^{ن} - ١) : ٢ : (٢^{ن} - ١)$

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

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

P_1	RR	×	rr
Gametes	R		r
F_1		Rr	
Gametes	♀ R : r		R : r ♂
F_2	1 RR	: 2 Rr :	1 rr

وبما أنه لايمكن تمييز الاصيل من الخليط فى الجيل الثانى فالنسبة ٣ : ١ فى كل أربعة أفراد .

وفى الانسان لون العين البنى brown سائد على الازرق blue فتلقيح فردين بهما هاتين الصفتين الاليلومورفيتين ينتج أبناء بنية العيون وفى الجيل الثانى يظهر اللون البنى واللون الازرق بنسبة ٣ : ١ ، وكالمتبع يرمز للفرد الازرق العيون bb (b عامل للون الازرق) فيكون الأب الثانى BB

P_1	BB	×	bb
F_1		Bb	
F_2	BB : 2 Bb	:	bb
	بنيـــة العيون		زرقاء العيون

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

قانون التوزيع الحر Law of Free Assortment

وتدرج مندل بعد تجاربه السابقه الذكر إلى دراسة طرق الوراثة فى زوجين متضادين من الصفات معاً فعمد الى طريقة التلقيح الصناعى التى أجراها فى تجاربه الأولى فى 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 فى كل زوج اليلومورفى من الصفات . وعنـدما ترك الجيل الأول يلقح ذاتياً وزرع الحبوب الناتجة من ذلك وجد أنه حصل على نسبة منتظمة فى الجيل الثانى وهى ٩ نباتات طويلة حمراء : ٣ نباتات طويلة بيضاء : ٣ نباتات قصيرة حمراء : ١ نبات قصير أبيض . ويمكن تخطيط هذه الحالة هكذا :

طويل الساق ملوّن الأزهار × قصير الساق أبيض الأزهار P_1

طويل الساق ملوّن الأزهار F_1

٩ طويل الساق ملون الأزهار : ٣ طويل الساق أبيض الأزهار F_2

: ٣ قصير الساق ملوّن الازهار : ١ قصير الساق أبيض الأزهار

وقد قسم مندل نباتات الجيل الثانى فيما يخص كل زوج من الصفات على حدته فوجد أن بها نسبة ١٢ 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 ـ أى أن كل زوج من الصفات الأليلومورفية يوزّع فى الجيل الثاني بنسبة ٣ : ١ بصرف النظر عن وجود زوج آخر من الصفات معه ـ ووجد فضلا عن ذلك أن النباتات الطويلة فى الجيـــل الثانى بها أزهار ملوّنة وأخرى بيضاء كما أن النباتات القصيرة بهـا أيضاً أزهار ملوّنة وأخرى بيضاء . وعلى ذلك فكل زوج من الصفات مستقل فى توزيعه فى الجيل الثانى عن الزوج الآخر . ويمكن تخطيط الجيـل الثانى فيما يخص كل زوج هكذا . إذا درسنا توزيع الطول والقصر نرى أن :

١٢ نبات طويل { ٩ نباتات ملوّنة الأزهار ، ٣ نباتات بيضاء الأزهار

٤ نباتات قصيرة { ٣ نباتات ملونة الأزهار ، ١ نبات أبيض الأزهار

وإذا درسنا توزيع التلوين فى الأزهار نجد أن :

١٢ نباتا ملون الأزهار { ٩ نباتات طويلة ، ٣ نباتات قصيرة }

٤ نباتات بيضاء الأزهار { ٣ نباتات طويلة ، ١ نباتا قصيراً }

وهـذا يدل على أنه لا توجد علاقة بين صفتى زوج ما وصفتى زوج آخر فى توزيع كل منهما وهنا وضع مندل قانونه الثانى المسمى قانون التوزيع الحر ومنطوقه « إذا اختلف فردان فى زوجين من الصفات الأليلومورفية فعند تلقحهما تظهر صفتا كل زوج منهما فى الجيل الثانى بنسبة ٣ : ١ وتورث صفتا كل زوج مستقلتين عن صفتى الزوج الآخر »

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

الأبوان اللذان استعملا 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 منهـا العاملين SW بينما جاميطات الأب الثانى تحمل كل منها sw وعنـد الأخصاب تتحد الجاميطات معاً وبذلك فعوامل كل زيجوت هى swSW أو إذا رتبت 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) .

وعنـــد تكوين جاميطات الجيل الأول تنعزل عوامل كل زوج فلا تحمل الجاميطة الواحـدة إلا عاملا واحـداً لأى صفة إما عامل الطول أو

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

P_1 SS WW × ss ww

gametes SW sw

F_1 Ss Ww

gametes SW : Sw : sW : sw

F_2

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

يرى من مراجعة رقعة الشطرنج للجيل الثانى أن النباتات الطويلة هى فى الخانات ١ و٢ و٣ و٤ و٥ و٦ و٧ و٨ و٩ و١٠ و١٣ و١٤ والنباتات القصيرة فى الأربعة خانات الأخرى .

فإذا درسنا توزيع التلوين فى الازهار وجـــدنا النباتات الملونة فى الخانات ١ و٢ و٣ و٤ و٥ و٧ و٩ و١٠ و١١ و١٢ و١٣ و١٥ والنبـــاتات البيضاء الأزهار فى الاربع خانات الباقية .

فليست النباتات الطويلة هى نفسها الملونة بل كل من الطول والتلوين فى مجموعة مختلفة وعلى ذلك فكل منهما مستقل فى توزيعه عن الآخر .

فأذا درسنا توزيع زوجى الصفات معاً وجدنا بالجيل الثانى أربعة مجموعات مختلفة كل منها « متشابهة الصفتين phenotype » وهى :

(ا) مجموعة متشابهة الصفتين « طويلة الساق ملونة الأزهار » فى الخانات

١ و٢ و ٣ و٤ و٥ و٧ و٩ و١٠ و ١٣ وعددها = ٩

وتحت هذه المجموعة أربعة مجاميع كل منها متماثلة العوامل genotype وهى SSWW فى الخانة ١ و SSWw فى ٢ و٥ و SsWW فى ٣ و٩ و SsWw فى ٤ و٧ و١٠ و١٣ والمجموعة SSWW هى الأصيلة فى الصفتين معاً ونسبتها فى الجيل الثانى ١/١٦

(ب) مجموعة متشابهة الصفتين «طويلة الساق بيضاء الأزهار» فى الخانات ٦ و٨ و ١٤ وعددها ٣ ويدخل تحت هذه المجموعة مجموعتان كل منهما متماثلة العوامل وهما SSww فى الخانة ٦ و Ssww فى ٨ و ١٤ . والمجموعة SSww هى الأصيلة فى صفتيها ونسبتها فى الجيل الثانى ١/١٦

(ح) مجموعة متشابهة الصفتين « قصيرة الساق ملونة الأزهار » بالخانات ١١ و ١٢ و ١٥ وعددها ٣ وتحتها مجموعتان كل منهما متماثلة العوامل وهما ssWW بالخانة ١١ و ssWw فى ١٢ و١٥ . والمجموعة ssWW أصيلة فى صفتيها ونسبتها ١/١٦ من الجيل الثاني .

(د) مجموعة متشابهة الصفتين « قصيرة الساق بيضاء الأزهار » بالخانة ١٦ وعددها ١ وهى فى نفس الوقت مجموعة متماثلة العوامل أيضاً إذ كل فرد بها عوامله ssww ونسبتها ١/١٦ من الجيل الثانى .

والجدول الآتى يبين توزيع صفات زوجين أليلومورفين فى الجيل الثانى بصفة عامة

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

ويمكن بتطبيق ذلك تتبع وراثة أى زوجين من الصفات فى تجارب مندل بكل سهولة فمثلا :

نباتات أبطية الأزهار خضراء القرون × نباتات قمية الأزهار صفراء القرون P

كل نباتاته أبطية الأزهار خضراء القرون F_1

١/٤ أبطية خضراء : ٣/٤ أبطية صفراء : ٣/٤ قمية خضراء : ١/٤ قمية صفراء القرون F_2

ولتحليل هذه الحالة يرمز لعامل الأزهار القمية بالحرف a ولعامل الأزهار الأبطية بالحرف A ولعامل القرون الصفراء بالحرف y ولعامل القرون الخضراء بالحرف Y وعلى ذلك يكون تركيب كل جيل :

P_1	aayy	×	AAYY	الآباء
Gametes	ay		AY	الجاميطات
F_1		A a Y y		الجيل الأول

وعند انعزال عوامل كل زوج فى حبوب لقاح أفراد الجيل الأول قد يوجد AY معاً أو Ay معاً أو aY معاً أو ay معاً .

وتنعزل العوامل فى البويضات بنفس الطريقة وتركب رقعة الشطرنج للجيل الثانى هكذا :

AY : Ay : aY : ay

		1	2	3	4
AY		AAYY	AAYy	AaYY	AaYy
		5	6	7	8
Ay		AAYy	AAyy	AaYy	Aayy
		9	10	11	12
aY		AaYY	AaYy	aaYY	aaYy
		13	4	15	16
ay		AaYy	Aayy	aaYy	aayy

ويمكن ترتيب هذه النباتات كما يأتى فى أربعة مجموعات متشابهة الصفات phenotypes

ا : أبطية الازهار خضراء القرون بالخانات ١ و٢ و٣ و ٤ و٥ و٧ و ٩ و١٠ و ١٣ عددها ٩ منها واحد أصيل بالخانة ١

ب : أبطية الازهار صفراء القرون بالخانات ٦ و ٨ و ١٤ عددها ٣ منها واحد أصيل بالخانة ٦

ح : قية الازهار خضراء القرون بالخانات ١١ و١٢ و١٥ عددها ٣ منها واحد أصيل بالخانة ١١

ى : قية الازهار صفراء القرون بالخانة ١٦ وعددها ١ وهو أصيل

ويدرس بنفس هذه الطريقة توزيع الصفات فى حالة الجمع بين أى زوجين من الصفات المتضادة التى أجرى مندل تجاربه عليها . والنتائج متماثلة فى كل حالة منها .

هذا وبدلا من تلقيح نبات به الصفتين السائدتين لزوجين من الصفات الأليلوموروفية بنبات آخر به الصفتين المتنحيتين وجد أنه لو لقح نبات به

الصفة السائدة من زوج منهما والمتنحية من الآخر بنبات به الصفتين الأخريين فالنتيجة واحدة لاتتغير فى الحالتين .

فمثلا لو لقح نبات طويل الساق أبيض الأزهار بآخر قصير الساق ملون الازهار لكانت أفراد الجيل الأول كلها طويلة الساق ملونة الازهار ولكانت أفراد الجيل الثانى أيضاً مرتبة الى أربع مجاميع طويلة الساق ملونة الازهار $\frac{9}{16}$ وطويلة الساق بيضاء الازهار $\frac{3}{16}$ وقصيرة الساق ملونة الازهار $\frac{3}{16}$ وقصيرة الساق بيضاء الازهار $\frac{1}{16}$ ولمعرفة السبب فى الحصول على نفس النتيجه يُرجع دائما 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 فى التجربة الأصلية فلا شك أن انعزال العوامل فى جاميطات الجيل الاول هنا وهناك واحـــد وعلى ذلك يكون الجيل الثانى متماثلا فى الحالتين أى يحصل توزيع الصفات فيـه بنفس الطريقة ونفس النسبة ، ولتفسير ذلك توضع عوامل الحالتين للمقارنة كالآتى :

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

وفى المثال الثانى سواء كان الابوان أحدهما أبطى الازهار أخضر القرون AAYY والآخر قمى الازهار أصفر القرون aayy أو أحدهما أبطى الازهار أصفر القرون AA yy والآخر قمى الازهار أخضر القرون aaYY فالنتيجة

واحدة فى الجيل ألاول والثانى لأن الجيل الأول تتماثل فيه العوامل فى الحالتين ومنه يتكون الجيل الثانى .

وقد وجد مندل أيضا أنه عندما لقح نباتات من الباسلاء ذات حبوب مستديرة أى ممتلئة وفلقاتها صفراء اللون بأخرى حبوبها مجعدة أى غير ممتلئة وفلقاتها خضراء اللون أن الجيل الاول كانت كل نباتاته مستديرة ممتلئة الحبوب وفلقاتها صفراء اللون وان ظهور الصفات فى الجيل الثانى F_2 كان على النظام والنسب الآتية (شكل ٣)

٩ نباتات بذورها ممتلئة فلقاتها صفراء

٣ » » » » خضراء

٣ » » غير ممتلئه » صفراء

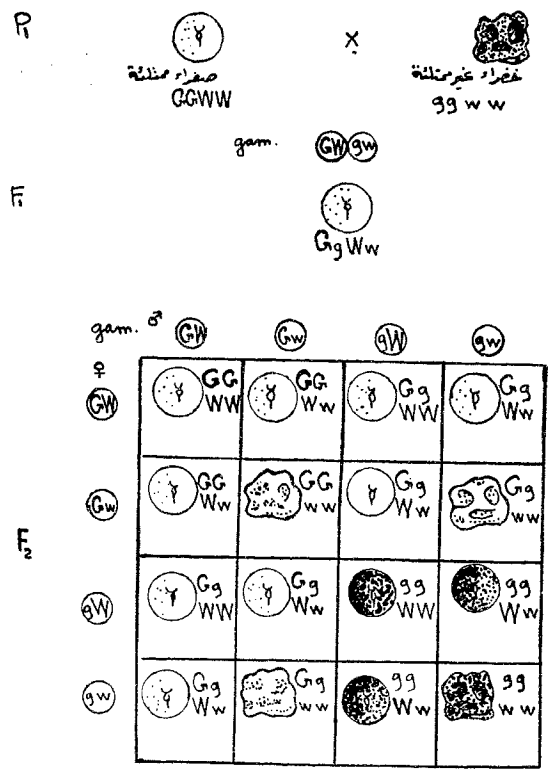
١ » » » » خضراء

وذلك من كل ١٦ نباتا

وكما وجد أن قانون الانعزال ينطبق فى الحيوان والانسان فقد ظهر أن قانون التوزيع الحر كثير الحصول فى الطبيعة ويشاهد انطباقه عند دراسة زوجين من الصفات أو أكثر .

فى الحيوان يمكن التمثيل بالحالة الآتية : لعرف الدجاج أشكال مختلفة وجد فيها أن العرف الباسلائى سائد على العرف الفردى ، وفى زوج آخر من الصفات المتضادة وُجد أن الأرجل المغطاة بالريش سائدة على الارجل العارية .

إذاً لو لقح ديك عرفه باسلائى وأرجله مغطاة بالريش دجاجة عرفها فردى عارية الأرجل كان الجيل الأول باسلائى العرف وأرجله مغطاة بالريش فاذا تناسل الجيل الأول ذكوره وأناثه نتج الجيل الثانى وبه ٩/١٦ من الأفراد عرفها باسلائى وأرجلها مغطاة بالريش و ٣/١٦ عرفها باسلائى وعارية الأرجل و ٣/١٦ عرفها فردى وأرجلها مغطاة بالريش و ١/١٦ فردى العرف عارى



(شكل ٣) وراثة زوجين من الصفات المندلية — التلقيح بين بسلة ذات حبوب ممتلئة وفلقاتها صفراء اللون وأخرى حبوبها غير ممتلئة وفلقاتها خضراء اللون .

«عن سينوت ودن»

الأرجل ولتحليل هذه الحالة بالرموز (عامل العرف الباسلائى P والعرف المقرد p والأرجل المغطاة بالريش F والارجل العارية f)

P1	PPFF	x	ppff
gam.	PF		pf
F1	Pp Ff		
gam.	PF	Pf	pF pf

F2	PF	Pf	pF	pf
PF	PPFF	PPFf	PpFF	PpFf
Pf	PPFf	PPff	PpFf	Ppff
pF	PpFF	PpFf	ppFF	ppFf
pf	PpFf	Ppff	ppFf	ppff

وفى القط اللون الأسود والأزرق زوج متضاد من الصفات المندلية والأول سائد فيه وكذلك قصر الشعر وطول الشعر زوج آخر والأول سائد فيه .

لو لقح ذكر أسود اللون قصير الشعر أنثى أو عدة أناث زرقاء اللون طويلة الشعر فان الجيل الأول يكون أسود اللون قصير الشعر . أما الجيل الثانى فيوجد به :

٩ أفراد سوداء اللون قصيرة الشعر
٣ « « طويلة الشعر
٣ « زرقاء اللون قصيرة الشعر
١ فردا أزرق طويل الشعر

وذلك من كل ١٦ فردا

وفى الماشية اللون الأسود سائد على اللون الأحمر وعدم وجود القرون سائد على وجود القرون .

فلو لقح ثور أسود اللون عديم القرون عدة بقرات حمراء اللون ذات قرون كان الجيل الأول كله أسود اللون عديم القرون. أما الجيل الثانى ففيه :

٩ أفراد سوداء عديمة القرون
٣ « « ذات قرون
٣ « حمراء عديمة القرون
١ فردا احمر ذو قرون

وذلك من كل ١٦ فردا

وفى الانسان لون العين البنى سائد على الأزرق والأصابع القصيرة سائدة على الأصابع العادية فلو لقح فردان أحدهما أزرق العيون قصير الأصابع والآخر بنى العيون عادى الأصابع لكان الجيل الأول بنى العيون قصير الأصابع . أما الجيل الثانى ففيه :

٩ أفراد بنية العيون قصيرة الأصابع
٣ « « « عادية «
٣ « زرقاء « قصيرة «
١ فرداً أزرق « عادى «

ولقد وجد أن قانون التوزيع الحر ينطبق أيضاً فى الحالات التى درست فيها ثلاث أزواج من الصفات الأليلومورفية أو أكثر كأربعة أزواج أو أى عدد منها ولا شك أن ذلك نتيجة مباشرة لانعزال عوامل الصفات فى الجاميطات ثم اتحادها ثانياً بطرق مختلفة

ولنضرب مثلا لحالة ثلاث أزواج من الصفات المتضادة إحدى تجارب مندل المعروفة فى الباسلاء .

إذا لقح فرد طويل الساق ممتلىء البذور أى مستديرها أصفر الفلقات فرداً آخر قصير الساق غير ممتلىء البذور أى مجعدها أخضر الفلقات كان

الجيـــل الأول الناتج كل فرد فيه طويل الساق مستدير البذور أصفر لون الفلقات أما الجيل الثانى الناشىء من تناسل الجيل الأول فيوجد فيه :

٢٧	(فى كل ٦٤ فرداً)	طويل الساق مستدير البذور أصفر الفلقات
٩	«	طويل الساق مستدير البذور أخضر الفلقات
٩	«	طويل الساق مجعد البـذور أصفر الفلقات
٩	«	قصير الساق مستدير البذور أصفر الفلقات
٣	«	طويل الساق مجعد البذور أخضر الفلقات
٣	«	قصير الساق مستدير البذور أخضر الفلقات
٣	«	قصـــير مجعد البـــذور أصفر الفلقات
١	«	قصـــير الساق مجعد البذور أخضر الفلقات

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

٤٨ طويل الساق
- ٣٦ مستدير البذور
  - ٢٧ أصفر الفلقات
  - ٩ أخضر الفلقات
- ١٢ مجعد البذور
  - ٩ أصفر الفلقات
  - ٣ أخضر الفلقات

١٦ قصير الساق
- ١٢ مستدير البذور
  - ٩ أصفر الفلقات
  - ٣ أخضر الفلقات
- ٤ مجعد البذور
  - ٣ أصفر الفلقات
  - ١ أخضر الفلقات

وهذه النسبة يمكن اختصارها إلى أقل حد هكذا :

٣ { ٣ { ٣ ١ ، ١ { ٣ ١

١ { ٣ { ٣ ١ ، ١ { ٣ ١

ولتتبع ظهور الصفات فى المثال المذكور يجب تتبع انعزال العوامل المقابلة لها فى الجاميطات وأعادة تركيبها فى الأفراد ويظهر ذلك من التحليل الآتى :

(عامل طول الساق S ، عامل استدارة البذور W ، عامل اللون الاصفر فى الفلقات Y)

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

وعلى ذلك يكون تركيب الأبوين الأصيلين فى صفات كل منهما هو :

P1	SSWWYY	×	sswwyy
gametes	SWY		swy
F1	SsWwYy		

هنا تنعزل عوامل كل زوج متضاد من الصفات فى الجاميطات بحيث لا تحمل الجاميطة إلا عاملا واحداً فقط من كل زوج ، وبذلك فمجموع ما تحمل من العوامل فى هذه الحالة هو ثلاثة كل منها يمثل زوجا اليلومورفياً من الصفات . وبناء عليه فانعزال العوامل يحصل بكل الاحتمالات الآتية :

جاميطات الجيل الأول الذكرية { SWY — SWy — SwY — Swy / sWY — sWy — swY — swy }

وتركيب بويضات الجيل الأول مثلها تماماً . ويمكن تخطيط ذلك الانعزال هكذا .

S { W { Y = SWY ; y = SWy } ; w { Y = SwY ; y = Swy } }

s { W { Y = sWY ; y = sWy } ; w { Y = swY ; y = swy } }

عند التأمل فى هذا التخطيط يرى أن نصف الجاميطات تحمل عامل الطول ونصفها عامل القصر ، وأيضاً يوجد عامل استدارة البذور فى نصف الجاميطات وعامل التجعد فى نصفها الآخر ، وكذلك يحمل نصف الخلايا التناسلية عامل لون الفلقات الأصفر ، ونصفها عامل لون الفلقات الأخضر ، وهذا هو السبب المباشر لظهور كل زوج متضاد فى الجيل الثانى بنسبة ٣ : ١

فاذا درست الثلاث أزواج من الصفات معا فى الجيل الثانى يرى أن هذا الجيل ينشأ عن اتحاد ثمانية أنواع مختلفة من جاميطات ذكرية وثمانية أخرى مثلها من بويضات كما يظهر فى رقعة الشطرنج الآتية :

	SWY	SWy	SwY	Swy	sWY	sWy	swY	swy
SWY	1 SSWWYY	2 SSWWYy	3 SSWwYY	4 SSWwYy	5 SsWWYY	6 SsWWYy	7 SsWwYY	8 SsWwYy
SWy	9 SSWWYy	10 SSWWyy	11 SSWwYy	12 SSWwyy	13 SsWWYy	14 SsWWyy	15 SsWwYy	16 SsWwyy
SwY	17 SSWwYY	18 SSWwYy	19 SSWwYY	20 SSWwYy	21 SsWwYY	22 SsWwYy	23 SsWwYY	24 SsWwYy
Swy	25 SSWwYy	26 SSWwyy	27 SSWwYy	28 SSWwyy	29 SsWwYy	30 SsWwyy	31 SsWwYy	32 SsWwyy
sWY	33 SsWwYY	34 SsWwYy	35 SsWwYY	36 SsWwYy	37 ssWwYY	38 ssWwYy	39 ssWwYY	40 ssWwYy
sWy	41 SsWwYy	42 SsWwyy	43 SsWwYy	44 SsWwyy	45 ssWwYy	46 ssWwyy	47 ssWwYy	48 ssWwyy
swY	49 SsWwYY	50 SsWwYy	51 SswwYY	52 SswwYy	53 ssWwYY	54 ssWwYy	55 sswwYY	56 sswwYy
swy	57 SsWwYy	58 SsWwyy	59 SswwYy	60 Sswwyy	61 ssWwYy	62 ssWwyy	63 sswwYy	64 sswwyy

وعند ترتيب الأفراد التى بالجدول السابق إلى مجاميع متشابهة الصفات نرى أنها ثمانية مجاميع وهى :

(١) أفراد طويلة الساق مستديرة البذور صفراء الفلقات عددها ٢٧ فى الخانات ١ و٢ و٣ و٤ و٥ و٦ و٧ و٨ و٩ و١١ و١٣ و١٥ و١٧ و١٨ و٢١ و٢٢ و٢٥ و٢٩ و٣٣ و٣٤ و٣٥ و٣٦ و٤١ و٤٣ و٤٩ و٥٠ و٥٧ يلاحظ أن فيها أصيل واحد فقط فى الثلاث صفات هو الموجود بالخانة ١ ، كما أنه يرى أن هذه السبعة والعشرين فرداً ولو أنها كلها متشابهة الصفات إلا أنها تتكون من ثمان مجموعات متماثلة العوامل genotypes وهى

ا : المجموعة التى عواملها	SSWWYY	بالخانات	١	وعددها = ١
ب : « «	SSWWYy	«	٢ و ٩	« = ٢
ح : « «	SSWwYY	«	٣ و ١٧	« = ٢
ى : « «	SSWwYy	«	٤ و ١١ و ١٨ و ٢٥	« = ٤
هـ : « «	SsWWYy	«	٥ و ٣٣	« = ٢
و : « «	SsWWYy	«	٦ و ١٣ و ٣٤ و ٤١	« = ٤
م : « «	SsWwYY	«	٧ و ٢١ و ٣٥ و ٤٩	« = ٤
ل : « «	SsWwYy	«	٨ و ٢٥ و ٢٢ و ٢٩ و ٣٦ و ٤٣ و ٥٠ و ٥٧	« = ٨
		المجموع		٢٧

(٢) المجموعة المتشابهة الصفات طويلة الساق مستديرة البذور خضراء الفلقات عددها ٩ وهى الموجودة بالخانات ١٠ و١٢ و١٤ و١٦ و٢٦ و٣٠ و٤٢ و٤٤ و٥٨

يلاحظ أن هذه المجموعة مكونة من أربعة مجموعات متماثلة العوامل وهى

ا : المجموعة	SSWWyy (أصيلة الصفات)	بالخانات	١٠	وعددها = ١
ب : «	SSWwyy	«	١٢ و ٢٦	« = ٢
ح : «	SsWWyy	«	١٤ و ٤٢	« = ٢
ى : «	SsWwyy	«	١٦ و ٣٠ و ٤٤ و ٥٨	« = ٤
		المجموع		٩

(٣) المجموعة المتشابهة الصفات طويلة الساق مجعدة البذور صفراء الفلقات عددها تسعة وهى التى 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 وهى

ا : المجموعة	SSwwYY (أصيلة الصفات)	بالخانات	١٩	وعددها = ١
ب : «	SSwwYy	«	٢٠ و ٢٧	« = ٢
ح : «	SswwYY	«	٢٣ و ٥٢	« = ٢
ى : «	SswwYy	بالخانات ٢٤ و ٣١ و ٥١ و ٥٩		« = ٤
		المجموع		٩

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

ا : المجموعة	ssWWYY (أصيلة الصفات)	بالخانات	٣٧	وعددها = ١
ب : المجموعة	ssWWYy	بالخانات ٣٨ و ٤٥		« = ٢
ح : المجموعة	ssWwYY	بالخانات ٣٩ و ٥٣		« = ٢

ى : المجموعة ssWwVy بالخانات ٤٠ و٤٧ و٥٤ و٦١ وعددها = ٤

المجموع ٩

(٥) المجموعة المتشابهة الصفات طويلة الساق مجعدة البذور خضراء الفلقات
وعددها ثلاثة فى الخانات ٢٨ و ٣٢ و ٦٠
وتشمل هذه المجموعة مجموعتين متماثلتى العوامل هما

ا : SSwwyy (أصيلة الصفات) بالخانات ٢٨ وعددها = ١

ب : Sswwyy » ٣٢ و ٦٠ » ٢

المجموع ٣

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

ا : المجموعة ssWWyy (أصيلة الصفات) بالخانات ٤٦ وعددها ١

ب : المجموعة ssWwyy » ٤٨ و ٦٢ » ٢

المجموع ٣

(٧) المجموعة المتشابهة الصفات قصيرة الساق مجعدة البذور صفراء الفلقات
وعددها ثلاثة فى الخانات ٥٥ و ٥٦ و ٦٣
وتتكون هذه المجموعة من مجموعتين متماثلتين فى العوامل هما

ا : المجموعة ssww VV (أصيلة الصفات) بالخانات ٥٥ وعددها = ١

ب : » sswwVy » ٥٦ و ٦٣ » ٢

المجموع ٣

(٨) المجموعة المتشابهة الصفات قصيرة الساق مجعدة البذور خضراء الفلقات
وعددها واحد فى كل ٦٤ فرداً فى الجيل الثانى وتشمل مجموعة واحدة
فقط متماثلة العوامل وهى التى بالخانة ٦٤ sswwyy

ولعل القارىء قد وضح له من دراسة هذه الحالة وتحليلها تفصيلا أن

الفرد قد يكون أصيلا فى صفة خليطاً فى غيرها ولذا يجب دائماً تحديد الصفات التى يكون فيها الفرد أصيلا عند نسبة ذلك اليه .

ويمكن ترتيب ظهور الصفات فى الجيل الثانى لأى حالة مندلية يدرس فيها ثلاث أزواج من الصفات المتضادة هكذا :

عدد الافراد فى كل ٦٤	الزوج الاول من الصفات		الزوج الثانى من الصفات		الزوج الثالث من الصفات	
	سائد	متنحى	سائد	متنحى	سائد	متنحى
٢٧	×		×		×	
٩	×		×			×
٩	×			×	×	
٩		×	×		×	
٣	×			×		×
٣		×	×			×
٣		×		×	×	
١		×		×		×
المجموع ٦٤	٤٨	١٦	٤٨	١٦	٤٨	١٦

ونرى فى هذه المرحلة أن قانون التوزيع الحر الذى درس وفسر يحتاج إلى وضعه فى صيغة عامة تشمل طريق وراثة أىّ عدد من أزواج الصفات الأليلومورفية ونص هذه الصيغة هو « إذا لقح سلالتان تختلفان فى أكثر من زوج واحد من الصفات المتضادة ينعزل كل زوج من هذه الصفات فى الجيل الثانى 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 أيضا فى المملكة الحيوانية

فمن قبيل التمثيل نذكر حالة الدجاج المعروف باللجهورن Leghorn ولونه

الأبيض سائد على أى لون آخر وهـذا النوع من الطيور أرجله عارية من الريش وله عرف مفرد (أوفردى) فى بعض سلالاته. لو لقح ديك من هذا النوع به هذه الصفات الثلاث أى أبيض اللون مفرد العرف عارى الأرجل عدة دجاجات من نوع آخر لونها أسود وعرفها باسلائى وأرجلها مغطاة بالريش (مثل النوع المسمى Dark Brahma) كان الجيل الأول سائد الصفات أى أبيض اللون باسلائى العرف وأرجله مغطاة بالريش، فاذا لقح ديك من الجيل الأول عدداً من أخواته الأناث نتج الجيل الثانى وتُرى به أفراد موزعة بها الصفات كالآتى

٢٧ فى كل ٦٤ منها بيضاء اللون عرفها باسلائى وأرجلها مغطاة بالريش

٩	«	بيضاء اللون عرفها باسلائى وأرجلها عارية
٩	«	بيضاء اللون عرفها مفرد وأرجلها مغطاة بالريش
٩	«	سوداء اللون عرفها باسلائى وأرجلها مغطاة بالريش
٣	«	بيضاء اللون عرفها مفرد وأرجلها عارية
٣	«	سوداء اللون عرفها باسلائى وأرجلها عارية
٣	«	سوداء اللون عرفها مفرد وأرجلها مغطاة بالريش
١	«	أسود اللون مفرد العرف عارى الأرجل

وكذلك فى الحيوانات القارضـــة 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 لقح ذكر ملون قصير الشعر صلبه عدة أناث بيضاء اللون طويلة الشعر ناعمته كان الجيل الأول من الأبناء كل أفراده ملونة كأبيها قصيرة الشعر صلبته فاذا تناسلت عدة ذكور من هذه الأفراد مع أخوتها الأناث ورئى الجيل الثانى وجد فيه ثمانية مجاميع متشابهة الصفات كما هو المنتظر هكذا:

٢٧	فى كل ٦٤ منها	ملونة قصيرة الشعر وصلبته
٩	« «	« ناعمته
٩	« «	طويلة الشعر صلبته
٩	«	بيضاء قصيرة الشعر صلبته
٣	«	ملونة طويلة الشعر ناعمته
٣	«	بيضاء قصيرة الشعر ناعمته
٣	«	بيضاء طويلة الشعر صلبته
١	«	أبيض طويل الشعر ناعمه

ولقد كتب مندل عن حالات درس فيها أربع أزواج من الصفات الأليلومورفية، ألا أن عدد التراكيب العاملية 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 عمليا فى تجارب التربية الاشتغال بزوج واحد من الصفات فتى أمكن عزل الصفة المرغوبة منه بحالة أصيلة يمكن الاشتغال بعد ذلك بزوج آخر وهكذا

ويشمل الجدول الآتى تركيب الجيل الثانى وصفاته فى الحالات المندلية

عدد أزواج الصفات	١	٢	٣	٤	٥	٦	ن
عدد أنواع الجاميطات التى تكون الجيل الثانى	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	$٢^{ن}$
« الاحتمالات المختلفة لاتحاد الجاميطات	٤	١٦	٦٤	٢٥٦	١٠٢٤	٤٠٩٦	$٤^{ن}$
« المجاميع المتشابهة الصفات فى الجيل الثانى	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	$٢^{ن}$
« « المتماثلة العوامل فى «	٣	٩	٢٧	٨١	٢٤٣	٧٢٩	$٣^{ن}$

الباب الثالث

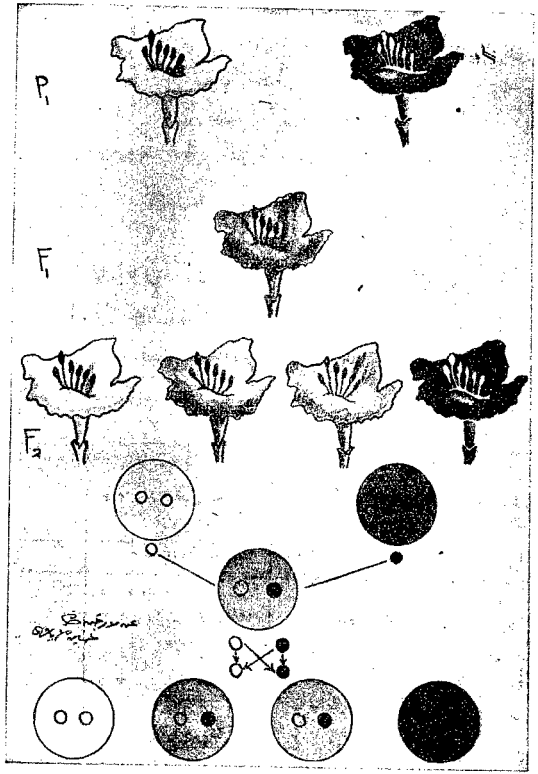
اكتشاف حالات غير مندلية — تعديل نظرية مندل

كان من الطبيعى أن يعقب اكتشاف كورنز ومن عاصره لنظرية مندل حركة نشاط فى استكشاف صفات النباتات والحيوانات المختلفة فكثر الباحثون واختلفت المادة التى 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 وراثة الصفات إلى نوعين نوع مندلى أى يسلك سلوك صفات نباتات الباسلاء التى اشتغل بها مندل ونوع آخر غير مندلى ،وراح كل منهم يبحث عن تعليل يوافق الحالات الأخيرة ، وأدى ذلك إلى تراكم معلومات كثيرة وجديدة عن وراثة الصفات حتى أصبح فى الامكان توسيع نظرية مندل لتشملها كلها

ولم يكن بد أن يخطىء بعض هؤلاء الباحثين فى آرائهم ، ألا أن تبادل الرأى وتصحيح من أتى بعدهم لأغلاطهم وضع اكتشافاتهم فى مركز هام، ولولا ما اكتشفوا لبقيت نظرية مندل فى روحها وحرفيتها ضيقة النطاق لا تتعدى بعض صفات النباتات وقليل من صفات الحيوانات . ولندرس الآن بعض هذه الحالات موضحين الخطوات التى عدلت بها نظرية مندل

* * *



شكل ٤ — السيادة غير التامة فى وراثة لونى الازهار الاحمر والابيض « ميرابيلس جالابا »
(الدوائر الكبيرة ترمز الى الافراد والصغيرة التى بداخلها تمثل العوامل الوراثية)

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

عند تلقيح باتات حمراء الأزهار من النوع المسمى Mirabilis jalapa (شكل ٤) بأخرى بيضاء الأزهار من نفس النوع بالطريقة التى اتبعها مندل وتربية الجيل الأول كانت أزهاره قرنفلية اللون pink ، وعند تربية باتات الجيل الثانى وجـــد أن ربعها أحمر الأزهار ونصفها قرنفلى الأزهار وربعها الباقى أبيض الأزهار .

P1	أحمر الزهرة × أبيض الزهرة
F1	قرنفلى الازهار
F2	١ أحمر الزهرة : ٢ قرنفلى الزهرة : ١ أبيض الزهرة

هذه الحالة تخالف حالة الباسلاء المندلية مخالفة ظاهرة يمكن حصرها ، كما أنها تتفق معها فى بعض النقط . ويمكن وضع ذلك فى المقارنة الآتية .

	الحالة المندلية	حالة النبات ميرابيلس جالابا
الجيل الاول	« ١ » ظهرت به صفة واحدة	« ١ » ظهرت به صفة واحدة
	« ٢ » هى نفس صفة أحد الابوين	« ٢ » ليست صفة أحد الابوين وإنما وسطا بينهما
	« ٣ » السيادة واضحة تماما	« ٣ » السيادة غير واضحة ولا يمكن القول أى اللونين سائد
الجيل الثانى	« ١ » مشابه للابوين فى صفتها	« ١ » نصفه فقط مشابه للابوين ونصفه للجيل الاول
	« ٢ » مكون من مجموعتين كل منها متشابهة الصفة	« ٢ » مكون من ثلاث مجاميع كل منها متشابهة الصفة وهى الحمراء والقرنفلية والبيضاء
	« ٣ » به نسبة ثابتة يمكن احصاؤها	« ٣ » به نسبة ثابتة يمكن احصاؤها
	« ٤ » نسبة صفتى الابوين ٣ : ١	« ٤ » نسبة صفتى الابوين ١ : ٢ : ١

وقد علمنا فيما سبق أن الصفات فى الأفراد مظهر لوجود العوامل فى الزيجوتات الناشئة منها هذه الأفراد . إذاً فلفهم هذه الحالة يجب أن نرجع إلى العوامل فى تحليلها .

إذا فرضنا أن عامل اللون الأبيض فى أزهار نبات الميرابلس المذكور هو w وأن عامل اللون الأحمر هو W يكون الأبوان ww و WW وتكون جاميطات الأب الأول كلها تحمل العامل w وجاميطات الأب الثانى تحمل كل منها العامل W وعلى ذلك فكل فرد فى 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 حمراء كأحد الأبوين . إلا إنه فى الحالة التى نحن بصددها كانت صفة الجيل الأول وسطا بين صفتى الأبوين وعلى ذلك فالعامل w لم يختف أثره بالمرة ولم يستطع العامل W أن يسود عليه تمام السيادة وبذلك فالنبات الذى به العاملان Ww لون أزهاره أحمر . أما الذى يحمل العاملين w W فأزهاره أقل درجة فى لونها أى أن العامل فى حالته الزوجية duplex له ضعف التأثير الذى له فى حالته الفردية Simplex

ولو تتبعنا انعزال عوامل الصفتين فى جاميطات الجيل الأول لوجدناه كالآتى :

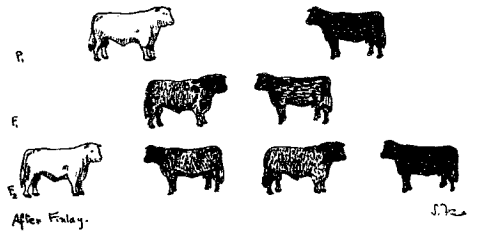
P1	WW	×	ww		
gametes	W		w		
F1		Ww			
gametes	♂ W	:	w	♀ W	: w
F2	WW	:	Ww	: Ww	: ww

وهذا مطابق لما ظهر من الصفات فى الجيل الثانى فربع باتاته التى تحمل العاملين WW حمراء الأزهار ونصفه التى تحمل العاملين w W قرنفلى الأزهار وربعه الباقى أبيض . مثل هذه الحالات التى لا تسود فيها صفة أحد الأبوين تماماً على الأخرى (بحيث لا يظهر أثر الصفة المتنحية باتاتا) تسمى حالات السيادة غير التامة وفيها يظهر الفرد الخليط بصفة وسطى بين صفتى

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 فى أفراده بمجرد النظر (أما فى الحالات المندلية المعتادة فليس ذلك التمييز بالممكن لتشابه الأصيل والخليط فى صفتهما لأن سيادة صفة أحد الأبوين على الأخرى سيادة تامة complete dominance ولذا فالطريق الوحيد فيها لتمييز الأصيل والخليط هو الاختبار بالمتنحى المزدوج كما سبق بيانه)

وكثير من الحالات التى اكتشفت فيها وراثة الصفات تسلك هذا السلوك تماما بل الواقع أن وجود السيادة التامة قليل وأن الغالب هو السيادة غير التامة وهناك مجموعة كبيرة من الصفات التى تسمى الصفات القياسية أو الرقمية Quantitative سيادتها غير تامة وسنفرد لها بحثاً خاصاً بها فى موضعه

ومن أمثلة السيادة غير التامة فى الحيوان وراثة زوج الصفات الأحمر

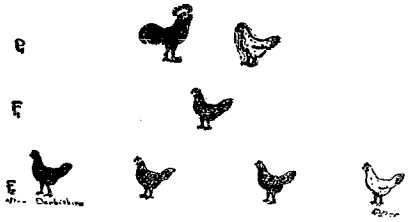


شكل ٥ - وراثة اللون فى ماشية الشورتهون

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

P1	أحمر × أبيض
F1	أحمر طوبى
F2	¼ أحمر : ½ أحمر طوبى : ¼ أبيض

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



شكل ٦ - وراثة اللون فى الدجاج الاندلسى .

وهناك المثل الشهير عن وراثة اللون فى الدجاج الأندلسى Andalusian (شكل ٦) إذ اللون الأزرق الرصاصى هو اللون المحبوب لدى مربى هذا النوع من الطيور . وينتج اللون المذكور من تلقيح أفراد سوداء وبيضاء من الدجاج الأندلسية فهو إذاً حالة وسط بين لونى الأبوين ولا يمكن تثبيته فى النوع لأنه صفة تقابل عاملين غير متماثلين أحدهما يسود على الآخر سيادة غير تامة

P1	أسود × أبيض
F1	أزرق رصاصى
F2	¼ أسود : ½ أزرق رصاصى : ¼ أبيض

ويرى من تحليل هذه الحالة أن تلقيح الدجاج الأزرق الرصاصى بعضه لبعض لاينتج أفراداً كلها ذات لون مرغوب فيه . فالمربى الذى يستخدم المعلومات الوراثية لايتعرض للخسارة المادية إذ يمكنه بداهة أن ينتج كل طيوره ذات لون أزرق رصاصى من تلقيح آباء سوداء وبيضاء معاً فى كل جيل

وفى الماشية حالة أخرى كالسابقة وهى حالة سيادة غير تامة لزوج من صفات اللون هما الأسود (أبردين انجس Aberdeen Angus أو جالواى Galloway) والأبيض (شورتهورن Shorthorn)

ثور شورتهورن أبيض × عدة بقرات أبردين انجس « سوداء » P1

ماشية زرقاء رمادية F1

♂ أسود : ♀ زرقاء رمادية : ♂ أبيض F2

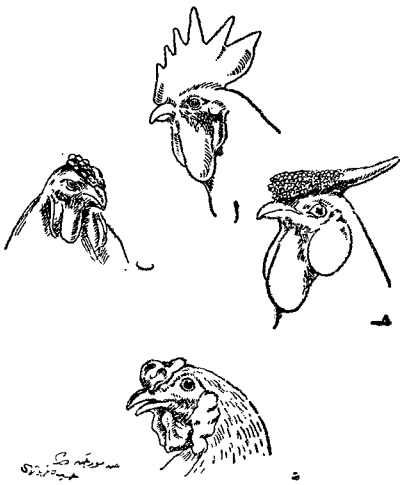
هذا ولو أن سيادة الصفات كثيراً ماتفيد فى تجارب التربية، إلا انه ليست من الأمور ذات الأهمية فى وراثة الصفات أن تكون سيادتها تامة أو غير تامة. بل كثيراً ماتفيد السيادة غير التامة فى معرفة تركيب الأفراد فى عواملها الوراثية بمجرد النظر وبدون ضرورة للاختبار العملى وانتظار النتائج . على انه من الأهمية فى كل الحالات المذكورة الحصول على نسبة خاصة فى الجيل الثانى إذ بواسطتها يمكن معرفة عدد أزواج العوامل الداخلة فى تكييف صفة من الصفات وبذلك يمكن تثبيتها أو استبعادها حسب اتجاه الرغبة.

وفى حالات السيادة غير التامة السابق شرحها يرى انه وان لم يمكن من الممكن القول بسيادة إحدى صفتى الأبوين على الأخرى إلا انه قد جرى الاصطلاح على تسمية عامل اللون الأبيض بالعامل المتنحى وعامل اللون المضاد له بالعامل السائد سيادة ناقصة

(٢) الحالات التى اكتشف فيها أن تأثير بعض العوامل يتوقف على البعض الآخر

ظهر من دراسة حالات السيادة غير التامة أن نظرية مندل أصابها

التعديل فى النسبة الخاصة بزوج واحد فبدلا من أن تكون دائماً ٣ : ١ وجدت فى معظم الأحوال ١ : ٢ : ١ . وكذلك أصاب النسبة الثنائية ٩ : ٣ : ٣ : ١ التى وضعها مندل مثل هذا التعديل أيضاً بصور متعددة نتيجة لاكتشاف معلومات جديدة عن وراثة الصفات وتأثير بعض العوامل معاً فى صفة مشتركة .



شكل ٧ — أشكال العرف فى الدجاج : أ - المفرد،
ب - الباسلائى . جـ - الوردى . د - الجوزى .

وأول ماستلفت النظر من هذه الحالات دراسة شكل العرف فى الطيور الذى له أشكال عديدة مختلفة (شكل ٧) منها الوردى وهو سائد على المفرد ومنها الباسلائى وهو سائد على المفرد أيضاً . هنا كان من الطبيعى أن يتساءل المربون عن علاقة العرف الوردى بالباسلائى . وفى الحال وضعت المسألة

موضع التجربة بالتربيـة العملية وفسرت النتائج بآراء عفى عليهـا الزمن حتى اهتدى أخيراً إلى تعليلها تعليلا صحيحاً من تحليل حالات مشابهة لهـا فى الحيوان ومن منطوق نظرية مورجان . هذا وقد كان سير التجربة كالآتي

طيور عرفها وردى × طيور عرفها باسلائى	P1
طيور عرفها جوزى	F1
¼ جوزى : ¾ وردى : ¼ باسلائى : ¼ مفرد	F2

ويرى من النتائج العملية أن هذه الحالة تخالف حالات مندل عن وراثة الصفات فى حالة زوجين من العوامل كما يستدل عليه من صفات الجيل الأول والثانى .

وأوجه الخلاف أن الجيل الأول ظهرت به صفة لم تكن بالأبوين فهى صفة جديدة وأن الجيل الثانى ظهرت به صفة أخرى لم تكن بالأبوين الأصليين أيضا وهى العرف المفرد

وقد اجتهد كورنز Correns وبعده بيتسن Bateson وبنت Punnett فى تفسير هذه الحالة بنظرية « الحضور والغياب » على الوجـه الآتى : ان النتائج الحاصلة فى الجيل الثانى صريحة فى أن النسبة ثنائية فى أزواج الصفات إلا انه لا يوجد أربع عوامل كالمعتاد فى حالات مندل بل عاملان فقط هما P و R فاذا وجد الأول كان العرف ورديا وإذا لم يوجد كان العرف مفردا وإذا وجد الثانى كان العرف باسلائيا وإذا غاب كان مفردا . فاذا وجد فى تركيب فرد واحـد العاملان معاً كان عرفه جوزياً وإذا غابا كان مفردا وعلى ذلك فزوجى الصفات « الوردى ـ المفرد » و « الباسلائى ـ المفرد » لا يقابلهما أربع عوامل ، سائد ومتنح فى كل زوج منهما، بل عاملان فقط، أى لـكل زوج من الصفات عامل واحـد تظهر الصفة السـائدة بوجوده والمتنحية بغيابه .

وهذه النظرية ذات قيمة تاريخية فقط ، وقد تداعت أمام النظرية الشاملة التى وضعها مورجان عن وراثة الصفات، ولذا لا نرى ضرورة للدخول فى تفصيلها . أما التعليل الصحيح لهذه الحالة فهو :

الأصل فى عرف الطيور هو المفرد Single أما الوردى والباسلائى فهما تحويران ظهراً بالطفرة فى الطيور . فاذا وجدنا أن كلا منهما سائد بالنسبة للعرف المفرد، وهو الواقع من التجارب العملية، كان لـكل منهما عامل خاص R للعرف الوردى و P للعرف الباسلائى وليس هذان بعاملين يعينان شكل العرف بل هما عاملان يحوران العرف المفرد الموجودة عوامله بكل الطيور وكل منهما يحوره إلى شكل خاص . فاذا وجدا معاً فى تركيب واحد كان العرف جوزيا . وعلى ذلك فتركيب العرف المفرد هو SSrrpp . و العرف الوردى المحوَّر هو SSRRpp والعرف الباسلائى المحوَّر هو SSrrPP (اذا كان أصيلين) وعلى ذلك فالعوف الجوزى لا يظهر إلا بوجود العاملين R و P معاً أى أن هذه الصفة متوقفة على تداخل هذين العاملين وتأثيرهما المشترك فى إظهارها . ويكون تحليل المسألة كالآتى :

P_1	SSRRpp	×	SSrrPP
gametes	SRp		SrP
F_1		SSRrPp	

وبما أن كل جاميطة ستحمل العامل S فيحذف رياضيا كمضروب مشترك وعلى ذلك فلدينا أربعة أنواع من الجاميطات الذكرية ومثلها أنثية ومنها يكوّن الجيل الثانى .

F₂	RP	Rp	rP	rp
RP	1 RRPP	2 RRPp	3 RrPP	4 RrPp
Rp	5 RRPp	6 RRpp	7 RrPp	8 Rrpp
rP	9 RrPP	10 RrPp	11 rrPP	12 rrPp
rp	13 RrPp	14 Rrpp	15 rrPp	16 rrpp

فاذا فحصنا الجيل الثانى وجدناه كالآتى :

(١) بمجموعة متشابهة الصفات بها R و P فى الخانات ١ و٢ و٣ و٤ و٥ و٧ و٩ و١٠ و١٣ وعددها = ٩ (بها أربعة مجموعات متماثلة العوامل RRPP فى الخانة ١ و RRPp فى ٢ و ٥ و RrPP فى ٣ و ٩ و RrPp فى ٤ و٧ و١٠ و١٣)

(٢) بمجموعة متشابهة الصفات بها R و p = وردية العرف — فى الخانات ٦ و ٨ و ١٤ وعددها = ٣ (بها مجموعتان متماثلتا العوامل RRpp فى ٦ و Rrpp فى ٨ و ١٤)

(٣) بمجموعة متشابهة الصفات بها r و P = باسلائية العرف فى الخانات ١١ و ١٢ و ١٥ وعددها = ٣ (بها مجموعتان متماثلتا العوامل rrPP فى ١١ و rrPp فى ١٢ و ١٥)

(٤) بمجموعه متشابهة الصفات متماثلة العوامل rrpp مفردة العرف فى الخانة ١٦ وعددها ١

ويلاحظ أن هـذين العاملين السائدين R و P كل منهما لا تأثير له فى نفسه أى لا يتسبب عنه صفة مباشرة وإنما لا يظهر تأثيرهما إلا بوجود العامل S الذى يعين العرف المفرد وهنا يحوّر كل منهما هـذا العرف المفرد إلى الشكل المقابل له إن كان ورديا أو باسلائياً . مثل هـذه العوامل تسمى بالعوامل المحورة modifying factors .

إذاً فهناك عوامل وراثيـة غير مباشرة أى لا تظهر صفة فى فرد ما بطريقة مباشرة بل تعمل فى وجود غـيرها من العوامل التى تتوقف عليها الصفات فتعدل هذه الصفات فى مظهرها أو درجتها فهى عوامل أدى اكتشافها لتوسيع نظرية مندل كثيراً .

ومن الحالات التى اكتشف فيها نوع آخر من هذه العوامل حالة وراثة اللون الأبيض فى الدجاج فقد وجـد أحياناً متنحياً وأحياناً أخرى سائداً . فمثلا فى النوع السلكى يتنحى اللو لأبيض وفى اللجهورن يسود سيادة تامة على غيره من الألوان . هنا وضعت المسألة موضع البحث التجريبى فلقح نوعان من الدجاج لون كل منهما أبيض متنح وكان الناتج كالآتى :

P_1 أبيض Silkie × أبيض Dorking

F_1 كله أفراد ملونه

F_2 ٩ طيور ملونة : ٧ طيور بيضاء

وظهور التلوين فى الجيل الأول مع عدم وجوده فى الأبوين دليل على أن الأبيض فى الدوركنج غير الأبيض فى السلكى وإلا لنشأ الجيل الأول أبيض مثلهما ويؤيد ذلك النسبة الحاصلة فى الجيل الثانى إذ أنها تدل على وجود زوجين من العوامل ويظهر اللون فى ٩/١٦ من الجيل الثانى أى الأفراد التى تظهر بها عادة الصفتان السائدتان فى الحالات المندلية المعتادة فظهور اللون يكون متوقفاً على وجود العاملين السائدين من كل زوج .

وعلى ذلك فلو اعتبرنا أن الابيض فى الدوركنج عامله A وأن الابيض المختلف عنه فى السلكى عامله B لكان الأبوان AAbb و aaBB ويكون تحليل الحالة هكذا .

P_1 Silkie aaBB × AAbb Dorking

F_1 Aa Bb

وتكون كل أفراد الجيل الأول بها العاملان السائدان A و B

واجتماعهما معاً فى تركيب فرد واحد ينشأ عنه ظهور اللون . فاللون هنا صفة متوقفة على اجتماع عاملين من زوجين مختلفين من العوامل لا يقدر عامل منهما بمفرده على إظهاره ومثل هذه العوامل تسمى العوامل المكملة Complimentary factors إذ يتمم أحدها الآخر ويكمل فعله .

وينشأ الجيل الثانى من اتحاد جاميطات الجيل الأول وهى على أربعة أنواع هكذا .

سبرمات : AB — Ab — aB — ab

بويضات : AB — Ab — aB — ab

وعلى ذلك فالجيل الثانى تحتوى أفراده العوامل الآتية

F2

	AB	Ab	aB	ab
AB	1 AABB	2 AABb	3 AaBB	4 AaBb
Ab	5 AABb	6 AAbb	7 AaBb	8 Aabb
aB	9 AaBB	10 AaBb	11 aaBB	12 aaBb
ab	13 AaBb	14 Aabb	15 aaBb	16 aabb

ويرى من دراسة هذا الجدول أن الأفراد الملونة هى التى تحمل عوامل كالتى فى المربعات ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٧ و ٩ و ١٠ و ١٣ وبها العاملان المكملان لتأثير أحدهما الآخر واللذان لا بد من وجودهما معاً حتى يظهر اللون . وعدد هذه الأفراد فى الجدول = ٩

أما الأفراد التى تقابل التراكيب التى بالمربعات ٦ و٨ و١٤ فبها العامل A وهو وحده لا يظهر اللون فهذه الأفراد مثل الدوركنج تلوينها ناقص أى بيضاء وعددها = ٣

والأفراد التى تقابل التراكيب التى بالمربعات ١١ و١٢ و١٥ مثل

السلكى أى بها عامل B من عوامل اللون ولكنه ينقصها العامل المكمل له فهى بيضاء أيضاً وعددها = ٣

والفرد الذى فى الخانة ١٦ ليس به أى عامل من عوامل التلوين فهو عديم اللون أى أبيض وعدده = ١

إذن فهذه النسبة ٩ : ٧ هى فى الحقيقة كما وضح من تحليل العوامل نسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١

غير أن الثلاث مجاميع المتشابهة الصفة الأخيرة لا يمكن تمييزها بالعين كما يظهر أيضاً من تركيب أفرادها أن اللون الأبيض ليس واحداً فيها جميعاً إنما الأبيض الحقيقى هو الذى يحمل العوامل المنتحية aabb لأنها ليست عوامل لون.

ولقد درس اللون الأبيض السائد فى طيور اللجهورن أيضا وعرف تركيبه تماماً والنوع اللجهورن Leghorn به سلالات سوداء أصيلة فلو لقحت بعض أفرادها من سلالة بيضاء من نفس النوع كان الجيل الأول أبيض به نقط سوداء تختفى بعد تغيير الريش الأول moult

P_1 أبيض Leghorn × أسود Leghorn

F_1 أبيض (نقط سوداء تختفى فيما بعد)

فهذه ليست بحالة سيادة تامة للون الأبيض بداهة وإلا لما ظهرت النقط السوداء وهى أيضاً ليست بحالة سيادة غير تامة وإلا لبقيت النقط السوداء طول حياة الأفراد واختفاء هذه النقط دليل على وجود تأثير داخلى خاص فى تركيب الحيوان منع ظهورها

واللون الابيض فى اللجهورن أصل منشأه من طيور ملونة إذ الدجاج المستأنس متسلسل من نوع من الطيور المعروفة بدجاج الغابة أو Gallus bankiva ولونها خليط من ألوان كثيرة ممتزجة باللون البنى ويمكن

تصور ان اللون الابيض المذكور أصله تكوين نقط أو بقع بيضاء إذا انتشرت فوق الجسم كله منعت ظهور الصبغة به . ولا شك أن نتائج التربية السابق الأشارة اليها وهى اختفاء النقط السوداء ، بعد تغيير ريش طيور الجيل الأول، فى هذه الحالة دليل يؤيد أن الطيور اللجهورن البيضاء هى طيور ملونة تحمل فى تركيبها الوراثى عاملا مانعاً لظهور اللون وعلى ذلك يمكن الرمز لتركيبها هكذا CCIl فيه C عامل للون و I العامل المانع لظهور اللون ويسمى هذا العامل inhibiting factor . أما الطيور اللجهورن السوداء فهى مثل البيضاء تماما إلا أنها لاتحمل العامل المانع المذكور بل العامل المتنحى له بداهة وتركيبها هو CCii وبذا يكون تحليل هذه الحالة كالآتى

P١ لجهورن أبيض CCIl × لجهورن اسود CCii

F١ CCIi

F٢ ¹CCIl : ²CCIi : ¹CCii

والدجاج الاسود فى الجيل الثانى عدده ربع أفراد الجيل المذكور . ويلاحظ هنا ان الطيور التى تحتوى العامل المانع I فى حالة زوجية تصبح بيضاء تماما . أما التى تحمله فى حالة فردية فيتأخر تأثير العامل نوعا إذ تكون منقوطة باللون الأسود ثم تختفى النقط المذكورة بعد مدة وذلك لأن تأثير العامل المانع الواحد أقل من تأثير عاملين مانعين معا

أما وقد عرف الآن تحليل اللون الأبيض السائد (فى اللجهورن) والأبيض المتنحى (فى الدوركنج وغيره)فلم يبق إلامعرفة سلوك كل منهما مع الآخر . وقدوضعت هذه الحالة موضع التجربة أيضا وكانت النتائج كالآتى :

P١ لجهورن أبيض × سلكى أبيض

F١ كله أفراد بيضاء

F٢ ١٣ ابيض : ٣ ملونة

وهذه النتائج تعلل كالمعتاد بالرجوع إلى معرفة عوامل الأبوين . هنا

اللجهورن الأبيض معروف أنه طيور ملونة يمنع ظهور لونها عامل مانع CCIl . أما السلكى الأبيض فهو طيور ينقص من تركيبها عامل لتكوين اللون فهى ccii

P١ ccii × CCIl

F١ Cc Ii

وعلى ذلك فالجيل الأول أبيض لوجود العامل المانع فى تركيب أفراده ولو أنه تظهر به نقط ملونة تختفى بعد تغيير الريش . أما الجيل الثانى فينشأ هكذا :

F٢	CI	Ci	cI	ci
CI	1 CCII	2 CCIi	3 CcII	4 CcIi
Ci	5 CCIi	6 CCii	7 CcIi	8 Ccii
cI	9 CcII	10 CcIi	11 ccII	12 ccIi
ci	13 CcIi	14 Ccii	15 ccIi	16 ccii

وكما يظهر من الجدول السابق يرى أن الطيور التى بالخانات : —

١١ - ١٢ - ١٥ - ١٦ لا تحمل عوامل تكوين اللون فهى طيور بيضاء وعددها أربعة . والتى بالخانات ١ - ٢ - ٣ - ٤ - ٥ - ٧ - ٩ - ١٠ - ١٣ تحمل عامل تكوين اللون والعامل المانع لظهور اللون أيضاً فهى على ذلك بيضاء وعددها تسعة . إذاً فمجموع الطيور البيضاء ١٣ يقابلها ثلاثة فقط ملونة أى التى تحمل عامل اللون ولا تحمل العامل المانع لظهور اللون وهى التى بالخانات ٦ - ٨ - ١٤

ولا شك أن تتبع توزيع العوامل وتركيبها فى الجيل الثانى يدل دلالة واضحة على أن هذه النسبة ١٣ : ٣ هى فى الواقع نسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١ غير

أن ثلاثة مجاميع منها (٩+٣+١) تتشابه فى ظاهر صفتها وهى اللون الأبيض

ووراثة اللون فى الحيوانات القارضة Rodents من الحالات التى تظهر جلياً تداخل العوامل واشتباكها فى إظهار صفة من الصفات أو تغييرها

والأصل فى لون هذه الحيوانات رمادى Agouti مثل لون التراب الغامق وبذا فلونها يخفيها فى معيشتها الوحشية من أعدائها المفترسة

ولقد ظهرت فيها سلالات ذات ألوان مختلفة فى حالة الاستئناس وكلها طفرات مختلفة منها الأسود والأبيض عديم اللون albino وكل هذه الطفرات متنحية أمام اللون الرمادى الوحشى

والسلالة عديمة اللون أفرادها بيضاء ذات عيون قرنفلية باهتة pink فهى لم تتكون بها صبغة مطلقاً، ولا شك أن ظهورها ينسب لفقد العامل C اللازم لتكوين الصبغة واستبداله بالعامل المتنحى له

ولقد سبق القول أن اللون الطبيعى لهذه الحيوانات هو الرمادى (أو الترابى الغامق) ويمكن اختبار الشعر بالميكروسكوب فيرى منتشراً به اللون الأسود أما أطراف الشعر فبها صبغة بنية أو صفراء غامقة . وهنا يمكن الاستدلال على أن السلالات السوداء تظهر طفرة من اللون الطبيعى بفقد العامل الخاص بتكوين الصبغة الصفراء فى أطراف الشعر، وعلى ذلك فلو اعتبرنا تركيب الحيوان طبيعى اللون CCAA حيث C عامل لوجود الصفة و A عامل للون الطبيعى السائد على غيره من الألوان الأخرى لكان اللون الأسود CCaa .

والسلالات عديمة اللون التى تنشأ من سلالات سوداء تركيبها بداهة كالأسود إلا أنه ينقصها العامل الخاص بتكوين الصبغة فهى تحمل العامل المتنحى له وتركيبها ccaa فلو لقح حيوان عديم اللون عدة أناث رمادية اللون لكان الناتج هكذا :

P_1	CCAA	×	ccaa
F_1		CcAa	

ويرى أن حيوانات الجيل الأول تحمل عامل تكوين اللون وعامل اللون الرمادى وعلى ذلك فلونها طبيعى . ولو تناسلت هذه الحيوانات مع بعضها لكان الجيل الثانى هكذا :

٩ أفراد لونها طبيعى : ٣ أفراد سوداء : ٤ أفراد بيضاء، كما يظهر من الجدول الآتى:

F_2	CA	Ca	cA	ca
CA	1 CCAA	2 CCAa	3 CcAA	4 CcAa
Ca	5 CCAa	6 CCaa	7 CcAa	8 Ccaa
cA	9 CcAA	10 CcAa	11 ccAA	12 ccAa
ca	13 CcAa	14 Ccaa	15 ccAa	16 ccaa

إذ الحيوانات التى تنشأ بالمربعات ١١ و١٢ و١٥ و١٦ كلها عديمة اللون أى بيضاء وعددها ٤ ، أما الحيوانات التى بالمربعات ٦ و٨ و١٤ فهى سوداء وعددها ٣ وباقى الحيوانات لونها طبيعى لوجود العاملين C و A فى تركيبها

وهذه النسبة ٩ : ٣ : ٤ هى أيضاً ٩ : ٣ : ٣ : ١ كما يتضح من تتبع توزيع العوامل إلا أن المجموعتين الأخيرتين (٣ + ١) صفتها الظاهرة متشابهة فتعدل النسبة تبعاً لها .

وإذا لقح حيوان أسود CCaa عدة أناث عديمة اللون (من سلالة رمادية وحشية ccAA) فلا شك أن النتائج التى يحصل عليها فى الجيل الأول والثانى هى بالضبط مثل ماحصل عليه فى الحالة السابقة

أسود	×	أبيض	P_1
	رمادى		F_1
٩ رمادى : ٣ أسود : ٤ أبيض			F_2

ولقد أدى التوسع فى دراسة ألوان الفأر فى سلوكها الوراثى إلى اكتشاف إثنى عشر عاملا تتداخل كلها معاً فى تكييف لون الحيوان المذكور .

وهذه العوامل عبارة عن ستة أزواج مندلية تظهر كلها حالات السيادة التامة ويكفى هنا أن نشير إليها إجمالا إذ لا يتسع المجال للدخول فى تفاصيلها وهذه العوامل هى :—

١ عامل تكوين الصبغة فى الحيوان C
العامل المتنحى ويوجد فى تركيب الحيوانات عديمة اللون أى التى لا صبغة بها c

٢ عامل للون الرحشى الرمادى وهو عامل يعطى لونا خاصاً للصبغة A
العامل المتنحى ويوجد فى جميع الحيوانات غير الرمادية كالسوداء أو البنية الخ a

٣ عامل للون الأسود أى يعطى الصبغة اللون المذكور B
العامل المتنحى ويوجد فى الحيوانات البنيّة اللون أو غيرها . b

٤ عامل يوزع اللون فى جميع الفرو S
العامل المتنحى ونتيجة وجوده إظهار نقط أو بقع بيضاء فى الفرو ليس بها لون s

٥ عامل يظهر اللون بكامل تكوينه D
العامل المتنحى ويخفف اللون فى حالة الأسود إلى أزرق أو البنى إلى برتقالى ونتيجة لتراكم الصبغة فى قاعدة الفرو وبقاء أطراف الشعر باهتة نوعا d

٦ عامل مكثف للصبغة فى الفرو والعين P
عامل مختزل للصبغة ويسمى عامل « العين القرنفلية » p

٧ عامل للون الأصفر وهو اللون الوحيد السائد على الرمادى الوحشى Y
العامل المتنحى ويدل على اللون الرمادى y

وسنترك الآن هذا الزوج الأخير من العوامل لموضع آخر . ونعطى هنا عدة

أمثلة عن كيفية تداخل العوامل الأخرى الاثنى عشر فى تكوين لون الفأر :—

الفأر الرمادى الوحشى الأصيل	CC AA BB DD PP SS
« الخليط فى كل عوامله	Cc Aa Bb Dd Pp Ss
« المنقط بأبيض	CC AA BB DD PP ss
الفأر الأسود الأصيل	CC aa BB DD PP SS
« المنقط بابيض	CC aa BB DD PP ss
« المخفّف اللون (أى أزرق)	CC aa BB dd PP SS
الفأر البنى الأصيل	CC aa bb DD PP SS
« المنقط	CC aa bb DD PP ss
« المخفف (برتقالى)	CC aa bb dd PP SS

الفأر العديم اللون albino به cc وأى مجموعة من العوامل الأخرى

هذا ولو أن هذه الستة أزواج من العوامل ممثلة كلها فى تركيب كل فأر ملوّن أو عديم اللون إلا إنه عند تحليل مسائلها بالرموز لا يكتب منها عادة إلا العوامل التى يختلف فيها الأبوان فقط وذلك تسهيلا لتتبع انعزال هذه العوامل وحدها. فمثلا الفأر الرمادى يختلف من الفأر الرمادى المنقط فى زوج واحد فقط من العوامل فلا داعى عند تحليل حالة تلقيحهما معاً وتتبع ظهور الأفراد المنقطة لكتابة جميع عوامل كل منهما بل يكتب ذلك الزوج من العوامل المحصور فيه الخلاف هكذا :

P_1	SS × ss
F_1	Ss
F_2	١ SS : ٢ Ss : ١ ss

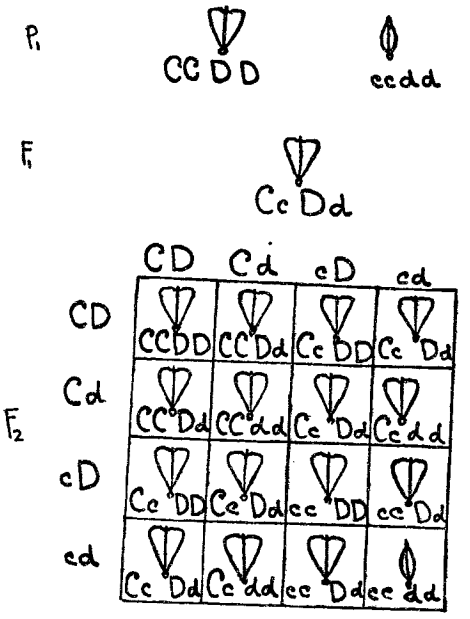
ومن الواضح أنه يمكن عمل تلقيحات خاصة تجتمع بموجبها العوامل السائدة كلها فى الأفراد الناتجة من التلقيح ونتيجة ذلك ظهور اللون الرمادى الوحشى فمثلا الفأر العديم اللون c c A A B B D D P P S S إذا لقح عدة أناث من سلالة سوداء أو سوداء منقطة أو بنية أو بنية مخففة كان ناتج ذلك حيوانات رمادية اللون . هذه ظاهرة أشار إليها دارون Darwin كثيرا

ولفت لهـا الانظار ووضع لها قانوناً منطوقه أن الحيوانات المستأنسة التى تتغير صفاتها نتيجة الاستئناس تميل دائماً للارتداد لحالتها الوحشية التى كانت عليها اسلافها Reversion to ancestry . على أن الحالة فى الواقع ليست ظاهرة طبيعية ولا قانونا عاما بل هى نتيجة لسلوك العوامل الوراثية إذ يمكن جمعها فتظهر الحالة الوحشيـة كما يمكن ابقاؤها منعزلة فلا تظهر الحـالة المذكورة . فنظرية الارتداد للأصل من الأوهام التى قضت عليها الابحاث الوراثية الحديثة .

ولقد توصل سيوال رايت Sewall Wright لتحليل اللون فى الحيوانات ذات الثدى فأرجع ظهور الالوان المختلفة إلى صبغة تسمى الميلانين melanin تنشأ من تأكسد نواتج خاصة من انحلال البروتين ويحصل هذا التأكسد بفعل إنزيمين سماهما «ا» و «ب» وينسب لاختلاف هـــذين الانزيمين فى عملهما اختلاف اللون فى حالات عـديدة . والانزيم «ا» لازم وجوده لظهور أى لون ما إلا أن وجوده بمفرده يجعـل اللون أصفر . أما الانزيم «ب» فيتم عمل الانزيم «ا» فاذا وجدا معا كان اللون الناتج أسود إلا أن «ب» بمفرده لاعمل له . وعلى ذلك فمن الواضح كما قال كامبل Campbell أن الأصل فى لون الماشية اثنان فقط الأسود والأحمر ومن كل منهما توجد سلسلة من الألوان تبعاً لفعل الانزيمين المذكورين اللذين يتأثران بعدة عوامل وراثية كثيرة كعوامل التخفيف dilution أو الانتشار distribution أو القصر على أعضاء خاصة فى الجسم دون أخرى restriction

ومن الحالات الأخرى التى أدى اكتشافها إلى تعديل النظرية المندلية حالة وراثة شكل الثمرة فى نبات كيس الراعى Capsella bursa pastoris إذ تكون إما مثلثة أو بيضاوية

عنـد تلقيح أفراد من سلالة أصيلة مثلثة الثمرة بأخرى من سلالة أصيلة بيضاوية الثمرة (شكل ٨) يرى أن الجيل الأول كله مثلث الثمرات ، فهى هنا



شكل ٨ — وراثة شكل الثمرة فى نبات كيس الراعى
(after Sinnott & Dunn).

الصفة السائدة، أما الجيل الثانى ففيه ١٥ نباتاً مثلث الثمرة : نبات واحـــد بيضاوى الثمرات . وهـذه النسبة الناتجة التى يظهر فيها المتنحى الأصيل فى الجيل الثانى بنسبة فرد واحـد من كل ستة عشر فرداً تدل على أن الخلاف بين الأبوين فى شكل الثمرة يتوقف على زوجين من العوامل الوراثية .

ولقد أخـــذت عدة نباتات من الجيل الثانى مثلثة الثمرات ولقحت

بالمتنحى المزدوج فأعطت بعضها نسبة ١٥ : ١ وبعضها الآخر نسبة ٣ : ١ فى الجيل الثانى المختبر مما يدل على أن شكل الثمرة المثلثة أحياناً ينتج من وجود عاملين سائدين من زوجين من العوامل، أو من وجود عامل واحد سائد من أى زوج منهما . ولنستعمل الرموز الآن لتوضيح الحالة.

إذا فرض أن زوجى العوامل التى تتوقف عليهما صفة الشكل فى الثمرة هما C - c و D - d كان الأبوان الأصليان هكذا .

P1	CCDD	×	ccdd
F1	Cc Dd		

أما الجيل الثانى فينشأ كالمعتاد فى حالات الانعزال الحرّ للعوامل وبه من كل ١٦ نباتاً تسعة تحمل العاملين C و D شكل ثمارها مثلث ، وثلاثة بها العامل C فقط وشكل ثمارها مثلث أيضاً ، وثلاثة أخرى بها العامل السائد D فقط وثمارها مثلثة أيضاً، وفرد واحد ليس به عامل سائد وثماره بيضاوية. من هنا كانت النسبة التى حصل عليها فى الجيل المذكور نسبة ١٥ : ١ ذلك لأن العامل السائد C فى الحالة الزوجية أو الفردية يجعل شكل الثمرة مثلثاً، وكذلك أيضاً العامل D . فاذا وجدا معا كان تأثيرهما متماثلا .

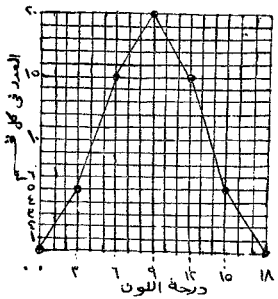
وعلى ذلك فقد أدى اكتشاف هذه الحالة لاكتشاف وجود عوامل مختلفة قد توجد فى تركيب الفرد الوراثى وكل منها يؤثر فى عضو خاص بكيفية مماثلة للآخر .

ولقد درس نلسن أيل Nilsson Ehle وراثة اللون فى حبوب القمح فوجد عوامل من النوع المذكور أى أنها تؤثر كلها فى لون الحبوب بكيفية واحدة وكلها متساوية فى تأثيرها .

ذلك أنه عند فحص ألوان حبوب القمح يرى أن بعضها حمراء قاتمة وبعضها فاتحة جداً سماها نلسن أيل بيضاء . وعند تلقيح أفراد تحمل بعضها الصفة الأولى وبعضها الصفة الثانية كان الجيل الأول أحمر اللون إلا أنه

أقل فى لونه من الأب الأصلى أو وسطا بين الأبوين . فلما أنتج الجيل الثانى لم يجد العالم المشار إليه انعزالا ظاهراً فى الصفتين بل وجد أنه يمكنه أن يرتب حبوب نباتات هذا الجيل ترتيباً تصاعديا من الأبيض إلى الأحمر القاتم بحيث يبدأ اللون فى الازدياد من أحد طرفى المجموعة إلى الطرف الآخر.

ووجد أيضا أن الأفراد ذات الحبوب الحمراء القاتمة قليلة ($\frac{1}{64}$) وأن الأفراد بيضاء الحبوب نسبتها كذلك أيضا وأن معظم النباتات كانت حبوبها وسطا بين اللونين . أو بمعنى آخر أنه إذا عدت الحبوب بالنسبة لدرجة اللون فيها أمكن رسم خط بيانى منتظم (شكل ٩) .



شكل ٩

وعدد الأفراد بالنسبة لتدريج اللون هو

فرد واحد من كل ٦٤ لونه أبيض (المجموعة ١)

٦ أفراد « لونها أحمر فاتح جدا (« ٢)

١٥ فردا « « أحمر فاتح (« ٣)

٢٠ فردا « « أحمر فاتح نوعا (« ٤)

١٥ فردا من كل ٦٤ لونها أحمر قاتم قليلا (المجموعة ٥)
٦ أفراد « « أحمر قاتم نوعا (« ٦)
١ فرداً « لونه أحمر قاتم (« ٧)

ولا شك أن نسبة ظهور الفرد المتنحى هنا وهى $\frac{1}{64}$ تدل على وجود ثلاث أزواج من العوامل تؤثر فى ظهور الصفة .

ولقد اختبرت بعض نباتات تقع حبوبها فى المجموعة ٣ بتلقيحها مع المتنحى (الأبيض اللون) فأعطت نسبة ٣ : ١ مما يدل على أنها أصيلة فى عامل واحد فقط سائد أى أن الخلاف بينها وبين المتنحى فى زوج واحد من العوامل .

واختبرت أيضا نباتات حبوبها تدخل فى المجموعة ٥ فأعطت نسبة ١٥ : ١ مما يدل على أنها تختلف عن المتنحى فى زوجين من العوامل فهى تحمل العاملين السائدين بحالة أصيلة .

وإذا رجعنا بالذاكرة إلى أن النباتات ذات الحبوب الحمراء القاتمة أعطت نسبة ٦٣ : ١ كان ذلك دليلا على أن لونها يرجع إلى وجود ثلاث عوامل سائدة من ثلاث أزواج من العوامل .

ويلاحظ أيضا أن وجود العوامل السائدة كلها معاً يجعل اللون قاتما فاذا قلت يأخذ اللون فى القلة تبعاً لها حتى يصل إلى الأبيض الذى يحمل العوامل المتنحية .

وعلى ذلك فالعوامل السائدة من الثلاث أزواج المذكورة يتوقف على اجتماعها درجة اللون أو الصفة فى الفرد . لهذا سميت العوامل المتجمعة وقد أطلق عليها نلسن إيل أسم «العوامل المتضاعفة» cumulative factors أو multiple factors وذلك لتضاعف تأثيرها فى اظهار الصفة كلما تضاعف عددها فى تركيب الفرد

ولنوضح الحالة بالرموز : إذا فرض ان ثلاث أزواج العوامل التى

استدل عليها من الجيل الثانى هى : R—r و S—s و T—t كان تحليل المسألة كالآتى :

P1 RRSSTT × rrsstt
F1 RrSsTt

وهنا تحمل أفراد الجيل الأول ثلاث عوامل سائدة فقط من الستة اللازم وجودها لجعل اللون قاتما ولذلك فلون حبوب الجيل المذكور وسط بين الأحمر القاتم والأبيض فهى حمراء فاتحة . ومن الجيل الأول ينشأ الجيل الثانى كما فى الجدول

واذا قسمت الأفراد التى بالجدول الى مجاميع تبعا لوجود العوامل التى تكوّن اللون وهى كل من R و S و T إما بمفردها أو متجمعة نجدها كالآتى :

١ فرد لا يحمل أيّا من هذه العوامل فلونه أبيض بالخانة ٦٤ وهو يكوّن مجموعة بمفرده ونسبتها العامة للجيل الثانى هى $\frac{1}{64}$

المجموعة الثانية تحمل عاملا سائدا واحدا فقط وهى :

فرد واحد بالخانة ٣٢ وآخر بالخانة ٦٠ (R) ولون كل منهما أحمر = ٢
« « « ٤٨ و « ٦٢ (S) « أحمر = ٢
« « « ٥٦ و « ٦٣ (T) « أحمر = ٢
المجموع ٦

المجموعة الثالثة تحمل أفرادها عاملين سائدين معا وهى :

فرد واحد بالخانة ٢٨ (R + R) ولونه أحمر + أحمر = ١
« « « ٤٦ (S + S) « « = ١
« « « ٥٥ (T + T) « « = ١
أربعة أفراد « ٢٤ و ٣١ و ٥٢ و ٥٩ (R + T) ولونها أحمر + أحمر = ٤
« « « ١٦ و ٣٠ و ٤٤ و ٥٨ (R + S) « « = ٤
« « « ٤٠ و ٤٧ و ٥٤ و ٦١ (S + T) « « = ٤
المجموع ١٥

جدول بين تراكيب الجيل الثانى لوراثة اللون فى حبوب القمح

	RST	RSt	ReT	Rst	rST	rSt	reT	rst
RST	1 RRSSTT	2 RRSSTt	3 RRSeTT	4 RRSetT	5 RrSSTT	6 RrSeTT	7 RrSeTT	8 RrSeTt
	9 RRSSTt	10 RRSStt	11 RRSeTt	12 RRSett	13 RrSSTt	14 RrSeTt	15 RrSeTt	16 RrSett
RSt	17 RRSeTT	18 RRSeTt	19 RReTT	20 RReTt	21 RrSeTT	22 RrSeTt	23 RreTT	24 RreTt
	25 RRSeTt	26 RRSett	27 RReTt	28 RRett	29 RrSeTt	30 RrSett	31 RreTt	32 Rrett
ReT	33 RrSSTT	34 RrSSTt	35 RrSeTT	36 RrSeTt	37 rrSSTT	38 rrSSTt	39 rrSeTT	40 rrSeTt
	41 RrSSTt	42 RrSStt	43 RrSeTt	44 RrSett	45 rrSSTt	46 rrSStt	47 rrSeTt	48 rrSett
rSt	49 RrSeTT	50 RrSeTt	51 RreTT	52 RreTt	53 rrSeTT	54 rrSeTt	55 rreTT	56 rreTt
	57 RrSeTt	58 RrSett	59 RreTt	60 Rrett	61 rrSeTt	62 rrSett	63 rreTt	64 rrett
rst								

المجموعة الرابعة تحمل أفرادها ثلاث عوامل سائدة معا وهى :

ثمانية أفراد بالخانات ٨ و ١٥ و ٢٢ و ٢٩ و ٣٦ و٤٣و٥٠ و٥٧ ولونها أحمر + أحمر + أحمر $(R+S+T)$ وعددها=٨

فردان بالخانتين ١٢و٢٦ ولونهما أحمر +أحمر+أحمر $(R+R+S)$ وعددها=٢

» » ١٤و٤٢ » $(R+S+S)$ » =٢

» » ٢٠و٢٧ » $(R+R+T)$ » =٢

» » ٢٣و٥١ » $(R+T+T)$ » =٢

» » ٣٨و٤٥ » $(S+S+T)$ » =٢

» » ٣٩و٥٣ » $(S+T+T)$ » =٢

المجموع ٢٠

المجموعة الخامسة تحمل أفرادها أربعة عوامل سائدة وهى :

فرد واحد بالخانة ١٩ لونه أحمر+أحمر+أحمر+أحمر $(R+R+T+T)$ =١

» » ١٠ » $(R+R+S+S)$ =١

» » ٣٧ » $(S+S+T+T)$ =١

أربعة أفراد بالخانات٤و١١و١٨و٢٥ » $(R+R+S+T)$ =٤

» » » ٦و١٣و٣٤و٤١ » $(R+S+S+T)$ =٤

» » » ٧و١٢و٣٥و٤٩ » $(R+S+T+T)$ =٤

المجموع ١٥

المجموعة السادسة تحمل أفرادها خمس عوامل سائدة وهى :

فردان بالخانتين ٢و٩ لونهما أحمر + أحمر + أحمر + أحمر + أحمر

$(R+R+S+S+T)$ =٢

فردان بالخانتين ٣و١٧ لونهما أحمر +أحمر + أحمر + أحمر + أحمر

$(R+R+S+T+T)$ =٢

فردان بالخانتين ٥ و٣٣ لونهما كالسابق $(R+S+S+T+T)$ = ٢/المجموع ٦

المجموعة السابعة تحمل العوامل الستة السائدة وهى :

فرد واحد بالخانة ١ لونه أحمر + أحمر + أحمر + أحمر + أحمر + أحمر

$(R+R+S+S+T+T)$ وعدده = ١/المجموع ١

من هنا يُرى جلياً أن العوامل المتضاعفة كل منها ينتج الصفة بمفرده، إلا أن اجتماع عدد منها معاً ينتج الصفة بدرجة مكبرة، على أنه لأهمية هذه العوامل فى التطبيق الوراثى سنفرد لها بحثاً خاصاً بها عند الكلام عن وراثة الصفات الكميّة .

ولقد اكتشف العالمان الانجليزيان بيتسن وبَنت حالة أخرى من الحالات التى تؤدى لتعديل النسبة المندلية لزوجين من العوامل عن النسبة التى وضعها مندل أصلا . وذلك أثناء دراستهما لوراثة بعض صفات نبات الزينة المسمى بسلة الزهور Sweet peas

فقد لوحظ أن لون أزهارها فى بعض الأفراد قرمزى purple وفى بعضها الآخر أحمر red فأذا أجْرىَ تلقيح كالمعتاد فى التجارب المندلية دل على أن هاتين الصفتين يكوّنان زوجاً من الصفات الأليلومورفية فيه اللون القرمزى سائد سيادة تامة على اللون الأحمر .

كما أن هناك زوجا آخر من الصفات الأليلومورفية خاص بشكل حبوب اللقاح فقد تكون طويلة أو مستديرة، وصفة الطول هى السائدة سيادة تامة على الأخرى، فأذا درس زوجا العوامل معا كان سلوكهما كالآتى:

قرمزى الزهرة طويل حبوب اللقاح × أحمر الزهرة مستدير حبوب اللقاح P_1

قرمزى الزهرة طويل حبوب اللقاح F_1

F_2 قرمزى طويل ٤٨٣١ : قرمزى مستدير ٣٩٠ :
أحمر طويل ٣٩٣ : أحمر مستدير ١٣٣٨

هذه الأرقام ليست هى التى تنتظر فى الحالات المندلية العادية التى يحصل فيها توزيع حر لعوامل كل زوج على حدته، وإذ كان الواجب أن تكون أعداد المجاميع فى الجيل الثانى هكذا ٣٩١١ : ١٣٠٣ : ١٣٠٣ : ٤٣٥ (٩ : ٣ : ٣ : ١)

وكان يجب أن يكون مجموع الأفراد الشبيهة بالأبوين الأصليين ٤٣٤٦ ولكنه وجد فى هذه التجربة فعلا ٦١٦٩ أى أن الأفراد الشبيهة بالأبوين أكثر جداً مما ينتظر فى الحالات المعتادة، مما لا يجعل مجالا للشك فى أن التوزيع الحرّ المعروف عن العوامل المندلية لم يحصل فى هذه الحالة، بل بقيت الصفات التى كانت بالأبوين الأصليين متماسكة معاً فى معظم أفراد الجيل الثانى

ولقد أعيدت دراسة نفس الحالة بطريقة مختلفة أى أخذ أحد الأبوين قرمزى الأزهار مستدير حبوب اللقاح والأب الآخر أحمر الأزهار طويل حبوب اللقاح فكانت نتيجة التجربة كما يأتى:

قرمزى مستدير × أحمر طويل P_1

قرمزى طويل F_1

F_2 ٢٢٦ قرمزى طويل : ٩٥ قرمزى مستدير : ٩٧ أحمر طويل : ١ أحمر مستدير

وهنا يلاحظ أيضا أن مجموع الأفراد المشابهة للأبوين الأصليين (قرمزى مستدير وأحمر طويل) هو ١٩٢ وكان يجب أن يكون ١٥٧ لو حصل توزيع حر فى عوامل زوجى الصفات المذكورين

وهذه النتيجة تؤيد ماسبق القول به من أنه لم يورث كل زوج من العوامل على حدته مستقلا عن الزوج الآخر، إذ أنه لايمكن تعليل هذه

الأرقام والميل لتماسك صفات كل أب كما كانت معا ، إلا بأن أفراد الجيل الأول أنتجت جاميطات تحمل عوامل مثل عوامل الأبوين أكثر من الجاميطات التى تحمل عوامل من كل من الأبوين . ولقد أطلق بيتسن وبنت على هذه الحالة اسم « الأزدواج أو التماسك » Coupling لأن صفات كل أب تبقى معا ولا تميل للانفصال كما يحدث فى الحالات المندلية .

ولقد أدت دراسة كثير من هذه الحالات لاكتشاف بعض منها يكون فيه تماسك صفات الأب الواحد تماسكا تاما أى لا تنفصل عوامل الصفات عن بعضها بالمرة وذلك يؤدى لسلوكها كأنها صفة واحدة وبذلك تنتج فى الجيل الثانى نسبة زوج واحد من الصفات الأليلومورفية أى ٣ : ١

وسنذكر بعض هذه الحالات فى موضع آخر بشىء من التفصيل لأهميتها وجميع الحالات السابقة سببت تعديل النسبة المندلية على صور متعددة يمكن حصر معظمها فى الجدول الآتى الخاص بزوجين من العوامل تتداخل فيها العوامل معا فى تكييف الصفات كما سبق الأشارة إليه

عدد المجاميع المتشابهة الصفات	النسبة الناتجة	السبب فى تعديل النسبة
٤	٩ : ٣ : ٣ : ١	الأربع مجاميع متميزة عن بعضها
٣	٩ : ٤ : ٣	المجموعتين ٢ و ٤ أو ٣ و ٤ لا يمكن تميزهما عن بعضهما
٣	١٢ : ٣ : ١	« ١ و ٢ أو ١ و ٣ « « «
٢	١٣ : ٣	المجاميع ١ و ٢ و ٤ ؛ أو ١ و ٣ و ٤ ؛ لا يمكن تميزها عن بعضها
٢	٩ : ٧	المجاميع ٢ و ٣ و ٤ ؛ لا يمكن تميزها عن بعضها
٢	١٥ : ١	« ١ و ٢ و ٣ « « «
٢	٣ : ١	اختزال النسبة كأنها لزوج واحد (حالة التماسك)

الباب الرابع

اكتشاف حالات غير مندلية (تابع ماقبله)

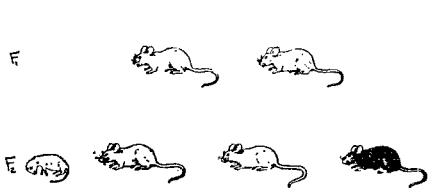
العوامل المميتة — الصفات المحدودة بالجنس — عدم وجود وحدة الصفات بالمعنى المندلى — الآثار المتعددة للعامل الواحد

عند التكلم عن وراثة اللون فى الحيوانات القارضة ، والفأر على وجه خاص ، سبق لنا القول أن اللون الوحيد الذى يسود فى هذا الحيوان على لونه الطبيعى الرمادى هو اللون الأصفر .

ولقد أدت دراسة كيفية انتقال هذا اللون من جيل لآخر إلى معرفة انه لا يوجد فى حالة أصيلة مطلقا. ذلك لأن تلقيح أى فأر أصفر لأنثى مثله ينتج دائما جزءاً من أبنائهما رمادى اللون بنسبة الثلث (شكل ١٠)

P1 أصفر × أصفر

F1 ٢ أصفر : ١ رمادى



شكل ١٠ — العوامل المميتة فى الفأر الأصفر

كما أنه إذا لقح أى فأر أصفر أنثى رمادية كانت أبناؤهما نصفها صفراء ونصفها الآخر رمادى

أصفر × رمادى P_1

١ أصفر : ١ رمادى F_1

وعلى ذلك فلا بد وأن يكون كل فأر أصفر خليطا ، أى يحمل عامل اللون الأصفر وعامل اللون الرمادى (Yy)

وأن النسبة التى تنتج من تلقيح أفراد صفراء معاً (Yy) تماثل النسبة المندلية المعتادة لزوج من الصفات فى انعزاله فى الجيل الثانى فى الخليط وفى المتنحى الأصيل . إذاً فأين الأصفر الأصيل وهو ربع الجيل الثانى دائماً ؟ إن الاجابة عن هذا السؤال تقتضى تشريح رحم الأم حيث يوجد به، عند القيام بذلك التشريح ، عدد من الأجنة غير كاملة التكوين

هنا يتبادر إلى الذهن مباشرة أن هذه الأجنة هى الأفراد الصفراء الأصيلة YY وأنه لا بد من سبب يدعو إلى عدم تكوينها وحياتها.

فأذا عرف أن الفأر الأصفر الخليط يعيش ويحيى كالمعتاد فليس من الصعب أن يستنتج أن الذى أدى لموت الأصيل هو تأثير وجود العامل Y به فى حالة زوجية .

على أنه ليس من الممكن معرفة هذا التأثير المميت بالضبط فى فعله إذ أن الأجنة تموت فى دور مبكر ، ولا يمكن فحصها للاستدلال عن أسباب موتها . وهنا يمكن أن نستعمل الرموز لتفسير الحالة نظريا متتبعين التحليل المندلى المعتاد :

P_1	YY	×	yy
F_1		Yy	
F_2	YY	: 2 Yy :	1 yy

١ رمادى : ٢ أصفر خليط : ١ يموت وهو جنين

مثل هذه العوامل التى تؤدى لموت الافراد التى تحملها فى حالة زوجية تسمى بالعوامل المميتة lethal factors ولا شك ان كثيرا من حالات الطفرة

التى تنشأ فى الكائنات الحية لها تأثير سيء على الأفراد التى تنشأ فيها . فهناك كثير من النباتات الشبيهة بالحيوانات عديمة اللون لا يتكون فيها اللون الأخضر . مثل هذه النباتات التى لا يوجد بها كلوروفيل لا يمكن أن تحيا إذ لاقدرة لديها على تمثيل الكربون من الهواء ولذا تموت وهى بوادر .

وهناك نوع من الحشرات ذات الجناحين يعرف بذبابة الفاكهة الأمريكية منه سلالات عديمة العيون . وهى صفة تسلك سلوك صفة مندلية عادية متنحية مع صفة وجود العيون . إذاً فعدم وجود العيون راجع لفعل عامل وراثى متنح وهى صفة تضر بالأفراد التى تحملها فى كفاحها للحياة، إلا أن هذه الأفراد تعيش وتحيا على كل حال .

ومن الممكن أن نتصور تأثير العوامل المميتة تطبيقا على الصفة المذكورة فالعامل الذى تأثيره عدم وجود أعين لا يؤدى إلى عدم تكوين عضو حيوى لابد منه لحياة الفرد . على أن وجود مثل هذا العامل قد يدل على وجود عوامل مشابهة له فى فعلها وتؤدى لعدم تكوين عضو حيوي كالقلب أو المخ مثلا لا يمكن أن يعيش فرد بدونه . هذه هى العوامل المميتة وهذا هو تأثيرها وهى كثيرة الوجود فى مختلف أنواع الكائنات الحية . وهى كباقى العوامل الوراثية الأخرى التى تنشأ طفرة فى أسباب منشأها وفى سلوكها . وليس هناك مايدعو للتفريق بين العوامل العادية والعوامل المميتة ، اذ كل ماهناك هو ان تغيير الصفات التى تسببها العوامل المميتة لا تلائم نمو الافراد التى تحملها.

وتوجد العوامل المميتة أما سائدة أو متنحية وتعرف فى كلتا الحالتين بمسلكها فى ظهورها فى الأجيال المتعاقبة أما تأثيرها المميت فلا يحدث الا إذا كانت بحالة زوجية .

وقد اكتشف دن Dunn سنة ١٩٢٣ وجود عامل مميت فى الحالة المتنحية يصحبه اللون الأبيض المتنحى فى الدجاج فى بعض السلالات .

ذلك انه لقح دجاجة بيضاء وايندوت Wyandotte من ديك

من النوع المسمى بت جيم Pit Game ملوّن فكان الجيل الأول ملونا، وكان عدد الافراد الملونة فى الجيل الثانى ١٠٥ والبيضاء ٣٣ ، وهذه النسبة تدل على أن الفرق بين الأبوين كان فى زوج واحد من العوامل وعلى ذلك فالديك CC والدجاجة الوايندوت cc

ولقح ذكور الجيل الأول cc لأمها الوايندوت فحصل بذلك على ٥١ طيرا ملونا و٢٩ بيضاء مع ان المنتظر أن تكون الأرقام متساوية ١ : ١

وقد عزى سبب اختلال النسبة هذه الى ديكين من أبناء الدجاجة أعطى أحدهما فعلا نسبة ٢ : ١ عند تلقيحه لأمه (cc) أما عند تلقيحه لأخته فأعطى نسبة عادية ١٧ : ٥ أو ٣ : ١ فاختلال هذه النسبة يرجع لعدم تكوين بعض الأفراد التى كان يجب أن تنتج من التلقيح المذكور .

ويمكن تعليل الحالة هذه بافتراض أن الأنثى الوايندوت الأصلية كانت تحمل فى تركيبها الوراثى عاملا واحدا مميتا فى الحالة المتنحية وعاملا آخر مضادا له أى يسمح بالتكوين الطبيعى وسائدا عليه، وعلى ذلك فتركيبها هو Ll أما الديك الملون فلا يحمل عاملا مميتا فى تركيبه فهو LL وعلى ذلك فيمكن تتبع الرموز فى التحليل هكذا

P1 LL × Ll

F1 1 LL : 1 Ll

وهنا استعمل دَنْ ذكور الجيل الأول فى تلقيح أمها وبعض هذه الذكور تركيبها LL فهى تعطى نسبة معتادة كالسابقة والبعض الآخر من الذكور تركيبه Ll وهذه عند تلقيحها لأمها Ll تعطى النسبة الآتية :

P1 Ll × Ll

FR1 1 LL : 2 Ll : 1 ll

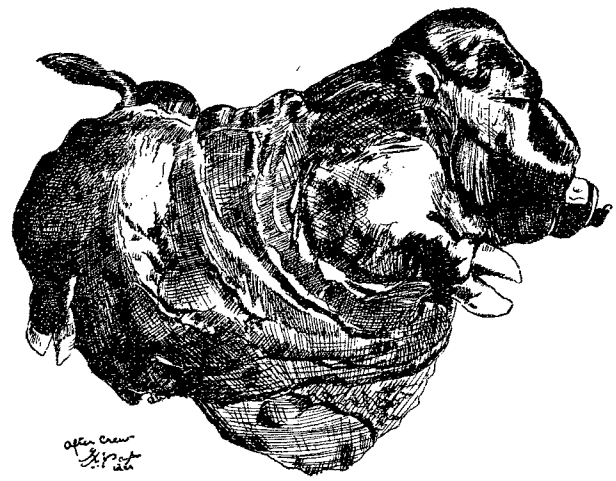
والأفراد التى تحمل العاملين ll تموت طبعا ولا يجتمع العاملان ll إلا

فى أفراد بيضاء ولقد وجد لِتِل Little عاملا مميتا فى الفأر يصحب عامل عدم تكوين اللون . كما وجد جونز Jones مثل هذا العامل فى القط.

وقد اكتشف كرو Crew فى الماشية بعضا من العوامل المميتة كما أنه يقول بوجودها فى الانسان وقد وجد مورجان Morgan عددا كبيرا منها فى ذبابة الفاكهة الأمريكية سابقة الذكر .

هذا وأن تأثير العوامل المميتة يؤدى لتقليل عدد المواليد فى السلالات التى توجد بها هذه العوامل عن السلالات الأخرى وبذلك يؤدى لاختلال النسبة المندليه فى كثير من الأحوال.

ولقد تقدم القول عن تأثير هذه العوامل أنه يرجع الى منع أو ايقاف تكوين عضو حيوى لحياة الفرد أو الى منع أو ايقاف تأدية هذا العضو وظائفه الفسيولوجية فيتسبب فى الحالتين موته. ولعل أحسن الأمثال التى تظهر فعل هذه العوامل فى مختلف أعضاء الجسم الحالة المعروفة فى الماشية بالعجول Bulldog (شكل ١١) وهى أجنة غير تامة التكوين ناقصة ومشوهة الخلقة توضع ميتة قبل اتمام مدة الحمل وغالبا ما يكون ذلك لخمسة أو ستة شهور منه ويتسبب اجهاض أمهاتها من تشوه تركيب أجسام هذه الأجنة . وأكثر ما توجد هذه الحالة فى الماشية المسماة دكستر Dexter وهى ماشية ارلندية الأصل سوداء اللون نشأت كفرع من نوع آخر اسمه كرى Kerry أكبر منها حجما وأطول قوائم وأقصر رأسا. وصفات الدكستر هى السائدة اذ لو لقح بعض أفرادها بأفراد من الكرى كان نصف النسل مثل أحد الأبوين والنصف مثل الآخر ، أما اذا لقح دكستر بأفراد دكستر مثله دل هذا التلقيح على أن الدكستر خليط فى صفاته اذ يعطى ¾ دكستر : ¼ كرى : ¼ عجول ميتة مشوهة « Bulldog » وهذه النسبة تدل على وجود عامل مميت تحمله الماشية الدكستر فى الحالة الفردية بين تركيبها الوراثى حتى إذا ما انعزل بحالة زوجية سبب موت الأجنة المذكورة. وهذه الخسارة الناشئة من موت ربع النسل يتلافاها المزارعون الأرلنديون بعدم تلقيح الدكستر من مثله .



شكل ١١ — عجل البولدوج (٦ - ٧ شهور . ذكر اسود)

ولقد فحص كرو Crew حالات كثيرة من هذه العجول فوجدها متشابهة لبعضها البعض ولحالة مرض نمو العظام غير المنتظم المسمى achondroplasia فى الانسان. فعظام الجمجمة بارزة والأنف منخفض والفك الأسفل ممتد للأمام ويلتوى اللسان إلى أعلا فوق الأنف . ويظهر الذيل كأنه ملتصق بوسط الظهر وذلك لنقص تكوين الأرباع الخلفية كما أن الأمعاء تسقط مكونة فتقا كبيراً عند السرة . والقوائم قصيرة جداً بشكل يلفت النظر وتنشأ هذه الأعراض عن توقف النمو خصوصا فى المناطق التى تتحول فيها الغضاريف إلى عظام صلبة ويرجع السبب المباشر لحصول توقف النمو المذكور من اختلال فى تركيب أو وظيفة الغدد الصامة كالغدد الدرقية أو النخامية أو فوق القلبية الخ

وفى كل الحالات التى فحصها كرو كانت الغدد النخامية (Pituitary) عادية التركيب إلا أنها صغيرة جداً وكأنها مضغوطة إلى بعضها ولقد اختبرت باختبار هوجبن (Hogben) فأعطت نتائج سالبة مما يدل على أنها لا تؤدى وظيفتها الطبيعية فى الجسم وهى التسلط على تكوين الجهاز العظمى . ولم يجد العالم المذكور أى نقص فى وظائف الغدد الصامة الأخرى وعلى ذلك فهو يقول وقوله حجة أن الغدة النخامية تتعطل وظيفتها فى نحو الشهر الثانى أو الثالث من حياة الجنين فتسبب هذه التشوهات فى خلقته نتيجة لنمو وتضخم الغضاريف دون رقابة حتى إذا ما وصل حجم الجنين إلى حد لا يمكن لرحم الأم حمله فيه يحصل الاجهاض ويلزم إخراج الجنين بالوسائل الجراحية .

وتوجد مجموعة كبيرة أيضا من التغيرات فى تركيب أو وظائف الأعضاء الرئيسية فى الكائنات الحية تنشأ طفرة وتؤدى إلى أضعاف قابليتها للحياة، إنما لا تقضى عليها، ومثل هذه التغيرات تسمى عواملها بالعوامل الشبه المميتة، (semi-lethel factors) على أن التقسيم إلى عوامل عادية وعوامل مميتة وأخرى شبه مميتة هو تقسيم مبنى على تأثير هذه العوامل لا على منشئها وبذلك فهو تقسيم عرفى .

ومن الحالات الأخرى التى قضت إلى تعديل النظرية المندلية حالة الصفات المحدّدة بالجنس (Sex-limited characters) وهى كباقى الصفات الأخرى لها عواملها فى التركيب الوراثى وتسلك سلوك عوامل مندل وصفاته إلا أن مظهرها فى الذكور يخالف سلوكها فى الأناث مما يدل على أن جنس الفرد له دخل فى تكييف بعض الصفات التى توقف فى ظهورها أو عدم ظهورها على العامل الوراثى المقابل لها وعلى درجة إجابة أنسجة الجسم لهذا العامل الوراثي أيضا وخصوصا الأنسجة التناسلية التى تفرز مواد كيماوية لها تأثير كبير فى كثير من صفات الأفراد .

ومن أمثلة هذه الحالة وراثة القرون فى الماشية وفى الأغنام . وقدسبق القول أن القرون تورث فى الماشية كصفة متنحية بمعنى أنها تظهر فى ربع أفراد الجيل الثانى . أما عدم وجود القرون فهى الصفة السائدة عليها أى أن ثلاثة أرباع الجيل الثانى وكل أفراد الجيل الأول عديمة القرون . إلا أن الماشية الخليطة أى التى تحمل عامل وجود القرون وعامل عدم وجود القرون معا يظهرلها نتوء بسيط موضع القرن إن كانت ذكورا ولا يظهر هذا النتوء بالمرة إن كانت أناثا . فاذا رأينا أن التركيب العاملى واحد فى الذكور والأناث المذكورة، كان هذا الخلاف مرجعه لجنس الحيوان أى لاختلاف وظائف جهازه التناسلى . وهناك من الأدلة ماسنقدمه فيما بعد لتأييد ذلك.

وفى الأغنام إذا لقح كبش من نوع ذى قرون فى الجنسين عدة أناث من نوع آخر عديم القرون فى الجنسين كان الجيل الأول ذا قرون فى الذكور عديم القرون فى الأناث .أما الجيل الثانى فثلاث أرباع الذكور ذات قرون والربع الآخر عديمها . أما الأناث فثلاث أرباعها عديمة القرون وربعها الباقى ذو قرون.

هنا مظهر سيادة الصفة تختلف فى الذكور عنها فى الأناث فوجود القرون صفة سائدة فى الذكور ولا تظهر فى الأناث إلا إذا كانت أصيلة فيها وذلك . لأن جهاز الأنثى التناسلى يفرز مواد كيماوية تمنع نمو القرون .

ومن هذه الحالات حالة الصلع baldness فى الانسان وهى صفة سائدة على حالة نمو الشعر العادى فوق الرأس إلا أنها تتوقف فى مظهر سيادتها على الجهاز التناسلى فالمواد الكيماوية التى تفرزها الأنثى من مبيضها تمنع مظهر هذه السيادة وعلى ذلك فالمرأة التى تحمل عامل الصلع ينمو الشعر كالمعتاد فوق رأسها أما فى الرجل فلا ينمو بتاتا وفى ذلك تعليل لكثرة مشاهدة الصلع فى الرجال عنه فى النساء .

ومن الحالات التى ظهرت فيها نسبة معدلة من النسب الثنائية المندلية الحالة التى أجريت فيها التجربة للكشف عن العلاقة بين لون العين الأبيض ولون العين الارجوانى لحشرات الدروسوفلا المعروفة باسم ذبابة الفاكهة الأمريكية . إذ أنه عند تلقيح ذكور بيضاء العين لأناث ارجوانية العين تنتج الجيل الأول وكل أفراده حمراء العين وعند تناسل أفراد الجيل الأول مع بعضها البعض ينتج الجيل الثانى الذى تظهر فيه الصفات والنسبة الآتية :

٩ حمراء العين : ٤ بيضاء العين : ٣ أرجوانيه العين

ومن الواضح أن هذه النسبة تدل على وجود زوجين من العوامل ولو أن الخلاف بين الأبوين يقع فى صفتين فقط . وتفسير ذلك هو أن الصفتين أبيض العين وارجوانى العين لا يجمعهما اليلومورف واحد بل أن كلا منهما تتبع اليلومورفا غير الذى تتبعه الأخرى .

فصفة أبيض العين تكون مع أحمر العين (صفة النوع الوحشى للحشرة المذكورة) زوجا من الصفات المتضادة فيه أحمر العين سائدة على أبيض العين وسنشرح السلوك الوراثي لهذا الزوج من الصفات فى موضع آخر . أما صفة ارجوانى العين فانها تكون مع أحمر العين زوجا ثانيا من الصفات الأليلومورفية، وينتج من تلقيح أفراد بها هاتين الصفتين نسل لو رُبى منه الجيل الثانى لكان ربعه ارجوانى العين.

وعلى ذلك فاذا حصل تلقيح بين أفراد بيضاء العين وأخرى ارجوانية العين لكانت حشرات الجيل الأول حمراء العين لوجود العاملين السائدين على اللونين الأبيض والارجوانى فى تركيب كل منها ولوجب أن تكون أفراد الجيل الثانى موزعة بالنسب الآتية :

٩ بها العلاملان السائدان على الأبيض والارجواني وهذه تكون بطبيعة الحال حمراء العين

٣ بها العامل السائد من أحد الزوجين والمتنحى من الزوج الآخر

فان كان بها العامل المتنحى أبيض العين والعامل السائد على أرجوانى العين كانت عيونها بيضاء .

٣ وإن كان بها العامل المتنحى أرجوانى العين والعامل السائد على أبيض العين كانت هذه الأفراد أرجوانية العيون .

وفى جميع النسب المندلية الخاصة بزوجين من العوامل يوجد فردواحد من كل ١٦ فرداً يحمل فى تركيبه الوراثى العاملين المتنحيين معاً وهو فى هذه الحالة به العامل أبيض العين والعامل أرجوانى العين أيضاً ، ومن البديهى أن هذين اللونين لا يمكن ظهورهما فى فرد واحد والحاصل عمليا هو أن هذا الفرد يكون أبيض العين .

وهذه حالة جديدة من الحالات الوراثية لا يمكن القول فيها بسيادة أبيض العين على أرجوانى العين إذ أنهما كما سبق القول لا يتبعان اليلومورفا واحداً ،فى حين أن السيادة والتنحى قاصرتان على أليلومورف واحد .

وهذه الظاهرة الوراثية التى جعلت العامل أبيض العين يُظهر صفته بالرغم من وجود العامل أرجوانى العين معه تسمى بظاهرة التفوق Epistasis وتسمى الصفة أبيض العين فى هذه الحالة « متفوقة » epistatic بينما يقال لأرجوانى العين الصفة « المتفوّق عليها » hypostatic .

هذا وقد أدى اكتشاف تداخل العوامل المختلفة معا فى تكييف صفة واحدة من صفات الفرد إلى هدم النظرية المندلية فى نقطة من نقطها الأساسية وهى « وحدة الصفات » والرأى المعول عليه الآن هو اعتبار أن مجموع التركيب العاملى للفرد هو الذى يؤثر فى كل صفاته وليست كل صفة فيه وحدة مستقلة بنفسها تتوقف على عامل واحد خاص بها ولقد وجد أيضا أن العامل الواحد لا يقف أثره عند إظهار الصفة المقابلة له فقط بل

يؤثر فى كثير من صفات الفرد وعلى ذلك فالفرد الحى تتوقف أى صفة فيه كما تتوقف صفاته كلها على مجموع عوامله الوراثية ومثله فى ذلك مثل المركبات الكيماوية سواء بسواء فحامض الكبريتيك مثلا ليس بحامض لوجود الأيدروجين فيه وليس بثقيل القوام لوجود الكبريت فيه بل تتوقف كل خواصه على مجموع العناصر المركب منها .

وعند إعادة النظر فى قانونى مندل اللذين تتركب منهما نظريته فى الوراثة، وهما قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر، فى ضوء ما أضيف من المعلومات عن وراثة الصفات بعد عهد مندل، من ذلك ما سبق لنا شرحه عن العوامل المحورة أو المتضاعفة أو الازدواج، يرى أن قانونى مندل لا زالا صحيحين وأن تحليل الحالات المكتشفة يؤيد صحتهما. على أنه فى نفس الوقت قد ظهر أن نظرية مندل تضيق عن أن تسع أو تفسر كل حالة فهى نظرية جزئية فى الوراثة غير شاملة جميع ما يصادفه المجربون من حالات .

على أن مندل فى تعليله لنتائج تجاربه استند إلى براهين غير مادية مستمدة من الأحصاءات والحساب النظرى . وبذا يكون قد ترك الميدان ونظريته ناقصة نقصا كبيرا ولم يهتد لمعرفة السبب الحقيق لما حصل عليه من النتائج.

لهذا كان لابد من بحث العلماء وراء تكملة النظريه المندلية وتعديلها بوضع نظرية عامة تشمل كل حالة من حالات الوراثة وتفسر بالدليل المادى أسباب سلوك الصفات من جيل لجيل على الوجه المعروف ،

ومنذ اكتشاف مندل الذى أدى لوضع نظريته وعلم دراسة الخلايا (السيتولوجى) يتقدم ويزداد بما يضاف اليه من معلومات جديدة فاصبح الكثير عن تركيب الخلية ومحتوياتها ونموها وانقسامها معروفا معرفة دقيقة وأمكن وليم ساتون William Sutton سنة ١٩٠٢ أن يبين عن وجود جهاز حقيق مادى فى الخلايا التناسلية ينطبق عليه كل ما افترضه مندل عن

« عوامله » . ومندل كما سبق القول لم يعرف شيئاً عن العوامل غير أنه استدل على ضرورة وجودها فى الجاميطات من سلوك الصفات فى تجارب تربية النباتات التى قام بها .

واكتشاف ساتون هذا مهد السبيل لمورجان T. H. Morgan ومساعديه لوضع النظرية الحديثة عن وراثة الصفات إذ كان مورجان، وهو أستاذ علم الحيوان التجريبى بجامعة كولومبيا بامريكا، أول من استعمل ذبابة الفاكهة الأمريكية المسماة Drosophila melanogaster فى التجارب الوراثية وهذه الحشرة الصغيرة جداً، حتى لا تكاد ترى أجزاء جسمها إلا بمنظار قوى، ذات ميزات عديدة تجعلها أنسب الكائنات الحية لدراسة الوراثة فيها فهى تتناسل بسرعة مدهشة وأعداد كبيرة، وحيث تربى فى المعامل تنشأ بها طفرات كثيرة، وقد بلغ عدد الصفات التى درست وراثتها فى الحشرة المذكورة نحو الأربعماية صفة . فمنذ استعمل مورجان هذه الأداة فى إبحاثه سنة ١٩٠٩ ومعلوماتنا عن الوراثة أصبحت أضعافا مضاعفة لما كان معروفا من قبل فاكتشفت حالات جديدة فى سلوك الصفات تشملها كلها نظرية مورجان وهى النظرية الحديثة التى تستمد كامل التأييد من نتائج تجارب التربية ومن الأبحاث السيتولوجية وتقوم على براهين غير قابلة للشك .

الباب الخامس

الاساس المادى للوراثة

كان ساتون Sutton أول من أشار إلى وجود جهاز خاص فى الخلايا التناسلية يملك مثل سلوك عوامل مندل تماماً . وكان كثير من العلماء الثقاة فى علم تكوين الأجنة يشيرون إلى نفس هذا الجهاز قبل اكتشاف ساتون له بمدة طويلة إلا أن آراء هؤلاء العلماء كان يعوزها الأثبات المادى وقد كانت هذه الآراء مستمدة من دراسة عملية الأخصاب fertilisation التى ينتج منها زيجوت ينمو فيصبح جنينا . وقد شوهد أن رأس السبرم (الحيوان المنوى) هو الذى يخصب البويضة . وما رأس السبرم هذا إلا عبارة عن نواة الجاميطة الذكرية ويتركب من مادة الكروماتين. ولما كانت المعلومات التى تجمعت لدى أهل العلم إذ ذاك تدل على أن الفرد يرث بالتساوى من أبيه وأمه فقد دعا ذلك إلى أن يتجه النظر إلى الكروماتين باعتبار أن نواة الجاميطة الذكرية ونواة البويضة هما اللذان يوجدان هذا التساوى فى التوارث .

على أنه مع اتجاه النظر إلى هذه الناحية لم يكن من الممكن إثبات هذه الآراء ولا تقديم دليل قاطع على صحتها بل كانت هناك أدلة عكسية تقف حجر عثرة فى سبيل قبول هذه الآراء . ذلك أنه كان من المعروف أيضاً أنه فى بعض أنواع الحيوانات إذا حصل الأخصاب يدخل جزء من سيتوبلازم الجاميطة الذكرية فى البويضة مع نواة السبرم .

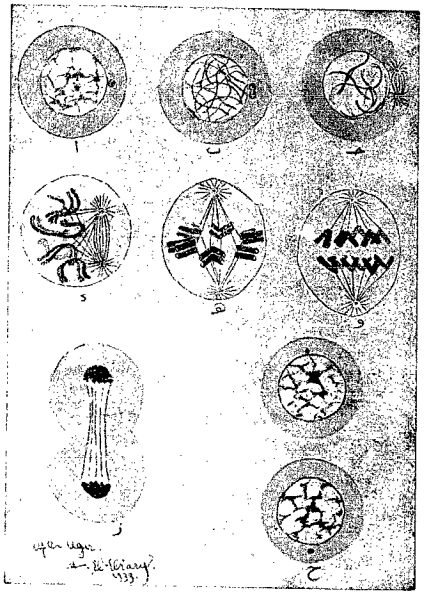
أما الدليل الذى أبرزه ساتون فقد كان مقنعاً نافياً لكل شك وهو الدليل المبنى على أن سلوك عوامل مندل فى التجارب الوراثية يوازى بالضبط

سلوك المادة الكروماتينية أثناء نضج الجاميطات وأنه لا يوجد فى الخلايا التناسلية ما يسلك المسلك المذكور غيرهذه المادة وبذا أوضح ساتون بأقوى بيان وأفصح حجة أن الكروماتين هو جهاز الوراثة المادى .

ولا يتسع نطاق هذا المؤلف لشرح مطول عن بعض تفاصيل علم السيتولوجى cytology فلهذا مراجعه الخاصة به . إلا ان تعقب سلوك الكروماتين أثناء نضج الخلايا التناسلية يقتضى أن نذكر باختصار شيئا عن تركيب الخلايا وكيفية انقسامها وتكاثرها .

المعروف ان المادة الحيّة تنشأ من مادة حية، ولا يمكن أن توجد خلية إلا من انقسام خلية أخرى سابقة لها فى الوجود . وفى الأنواع الراقية من النبات والحيوان يتركب جسم الفرد من عدد كبير جدا من الخلايا التى كلما توالى انقسامها كلما ازداد النمو . والخلية الحيوانية تتركب بصفة عامة من قسمين هما النواة والسيتوبلازم المحيط بها . وأثناء دور السكون تظهر نواة الخليه فى القطاعات السيتولوجية كجسم كروى داخله شبكة من خيوط رقيقة من اللينين linin محمول عليها حبيبات من مادة تقبل الصبغة بسرعة ولذا تسمى بالكروماتين chromatin وهذه الحبيبات تنتظم على خيوط اللينين كما تنتظم حبات القلادة . أما السيتوبلازم فهو مادة لزجة نوعا تكاد تكون شفافة وليست متجانسة فى غالب الأحيان ، ويوجد بها أجسام أخرى هى السنتروزوم أو محور الجاذبية centrosome والميتوكوندريا mitochondria وعصى جولجى Golgi rods وكل هذه مواد حية كما انه يوجد بالسيتوبلازم أيضا مواد غير حية ناتجة من تمثيل الغذاء أو مواد مختزنة .

وتنقسم الخلايا الجسمية (غير التناسلية) فى الأنواع العديدة الخلايا من النبات والحيوان بطريقة نظامية يمكن متابعتها من مبدئها الى نهايتها وتسمى بطريقة الانقسام المعتاد mitosis (شكل ١٢)



شكل ١٢ — الانقسام المعتاد للخلايا mitosis

ا ـ خلية ساكنة قبل الانقسام

ب ـ ج ح ى ك ـ الخطوات المختلفة للدور التمهيدى

هـ ـ دور الوضع المتقابل

و ـ ز ـ دور الانفصال

ح ـ الخليتان الجديدتان فى دور السكون

فى المبدأ ينقسم الجسم المسمى محور الجاذبية (سنتروزوم) الى قسمين

يتباعدان عن بعضهما تدريجا حتى يصل كل منهما فى نهاية رحلته الى أحد قطبى الخليـة حيث يتكوّن من السيتوبلازم المجاور له خيوط رفيعة تسمى بالمغزل Spindle لمشابهتها له فى الشكل . واثناء ذلك تحصل فى نواة الخليـة عدة تغييرات نلخصها فيما يأتى :

(١) ترتـب شبكة اللينين والكروماتين نفسها ترتيبا مخالفاً لما ترى به اثناء دور السكون إذ تأخذ الآن فى الظهور كخيوط منفصلة رفيعة تزيد فى السمك وتقـل فى الطول نتيجـة لتكاثف مادتها ويستمر ذلك حتى تصبح أخيرا ذات شكل خاص وحجم خاص يميز كل منها بنفسه عن غيره وتسمى كل واحدة منها «كروموزوم» Chromosome أى جسم كروماتينى أو قطعة كروماتينية، وفى اغلب الحالات يمكن مشاهدة ان كل كروموزومين لهما شكل واحد وحجم واحـد او بمعنى آخر ان الكروموزومات توجد فى ازواج متماثلة pairs of homologous chromosomes . وقد وجد ان عدد كروموزومات كل خلية ثابت فى النوع الواحد وان عدد الكروموزومات هو رقم ثابت لكل نوع من الكائنات الحية فمثلا :

اسم النوع	عدد الكروموزومات الفردية	عدد أزواج الكروموزومات
ديدان الأسكارس Ascaris megalocephala	٤	٢
البصل	١٦	٨
الحصان	٦٠	٣٠
الأبقار	٣٨	١٩
الانسان	٤٨	٢٤

ومن وجود مميزات ظاهرة لـكل كروموزوم يتضح أنه وحدة مستقلة بنفسه عن غيره .

وفى هذه المرحلة من مراحل انقسام الخلية قد يحصل أن كل كروموزوم ينقسم طولياً إلى نصفين . وتسمى هذه المرحلة بالدور التمهيدى prophase

(٢) وبعد انقسام كل الكروموزومات الى أنصاف ترتب هذه الكروموزومات النصفية نفسها فى وسط الخلية وذلك بعد اختفاء الغشاء المحيط بالنواة . ثم تتصـل اطراف هـذه الكروموزومات بخيوط المغزل ويسمى هـذا الدور بدور الوضع المتقـابل metaphase وفيـه يظهر عدد الكروموزومات فى الخلية ضعف العدد الثابت للنوع

(٣) ويأخذ السنتروزوم بجذب الكروموزومات النصفية الى قطبى الخلية فيرحل كل منها على خيوط المغزل الى احد القطبين وبذلك يوجد فى كل قطب نصف واحد من كل كروموزوم . ويكون عدد الكروموزومات النصفية فى اى من القطبين مماثل لما فى القطب الآخر ومماثل للعدد الثابت للنوع . وبعد ذلك يأخذ السيتوبلازم فى الانكماش تدريجا من وسط الخلية وعلى جانبيها ويتم الانفصال بجدار جديد وتتكون خليتان مستقلتان عن بعضهما ويسمى هذا الدور بدور الانفصال anaphase

(٤) وبعد ذلك تستطيـل الكروموزومات فى كل خليـة من هاتين الخليتين إلى خيوط رفيعة مرة اخرى فتظهر كأنها شبكة واحدة والحقيقة أن كل كروموزوم منها لا يشتبك بغيره ولا يفقد وحدته واستقلاله ، وتدخل الخليـة فى دور سكون جديد وتحـاط النواة بغشاء جديد ايضا ويسمى هذا الدور بدور السكون telophase

وليس هناك ضرورة لاطالة الـكلام عن بقية الأجسام الحية فى الخلية لأن عددها فى الخلايا غير ثابت ثم انها تنقسم وتوزّع بين الخلايا الجديدة بلا نظام خاص وبمحض الصدفة .

غير ان الخلايا التناسلية لا تتبـع هذه الطريقة فى الانقسام اثناء نضج

الجاميطات بل لها نظام آخر وبما انها هى الحاملة لجهاز الوراثة المادى فان انقسامها له شأن هام فى السلوك الوراثى للصفات .

وتوجد الخلايا التناسلية فى النبات والحيوان فى اعضاء خاصة . ففى الحيوان مأواها المبيض فى الأنثى، والخصية فى الذكر .

وتختلف الخلايا التناسلية فى الذكور عنها فى الأناث فى الشكل والحجم والحركة والوظائف غير انها لا تختلف اساسياً عن باقى خلايا الجسم فكل ما تتركب منه هو ما تتركب منه الخلايا الأخرى .

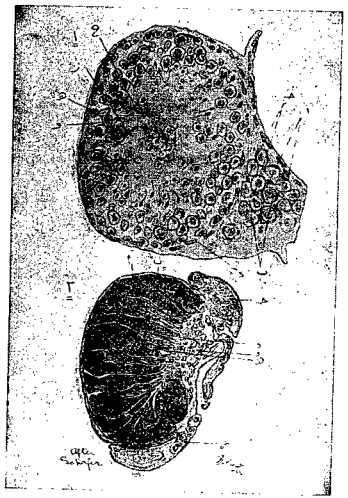
والخلايا التناسلية فى أناث الحيوانات الثديية توجد فى داخل المبيض وكلما نمت اتجهت إلى الخارج تدريجاً حتى إذا ما تم نضجها انفجرت حويصلات جراف التى كانت تحيط بها، وقذف بالبويضات إلى خارج المبيض، فتسرى فى قناة فالوب إلى حيث يحصل الأخصاب أو ترحل إلى خارج الجسم إذا لم تخصب أو قد تموت داخله أيضاً .

أما السبرمات فهى موجودة فى الخصية وهذه عبارة عن عضو بيضى الشكل داخل غلاف خارجى يسمى غلاف الخصية او الصفن scrotum وموضعها فى ذوات الثدى خارج الجسم

وتتركب الخصية (شكل ١٣) من نوعين من الأنسجة : النسيج المولد للجاميطات ويسمى spermatogenic tissue وهذا يظهر على صورة انابيب كثيرة جداً ملتوية ومتفرعة ومفرغة من الداخل وتصب كلها فى فراغ خازن يسمى rete testis ، اما الأنابيب فهى معروفة باسم الأنابيب المنوية Semeniferous tubules وفى جدران هذه الأنابيب توجد الخلايا الأولية، التى بتوالى انقسامها تؤدى الى نضج السبرمات وهذه ترحل فى فراغ الأنابيب الى الفراغ الخازن ومنه الى البربخ . اما النسيج الثانى المكونة منه الخصية فهو النسيج الغدى او الفراغى الضام وهذا لاعلاقة له بوظائف التناسل بطريقة مباشرة وان كان له شأن آخر بها سيأتى ذكره فيما بعد فى موضع آخر

والنسيج الفراغى الضام يربط الانابيب المنوية الى بعضها البعض .

وقد تقدم القول بان النسيج الجرثومى ينعزل جانباً فى وقت مبكر جداً من حياة الجنين وربما كان ذلك عقب تكوين الزيجوت بقليل ولا يشترك



شكل ١٣ -١- قطاع عرضى فى احدى الأنابيب المنوية :

ا ، ب — خلايا النسيج الغدى — حـ — أوعية دموية — و — الخلية السبرمية الأمية

هـ — الخلية السبرمية الأولية — ز — الخلية السبرمية الثانوية — ح — اسبرماتيد — ط — سبرم (حيوان منوى)

٢- قطاع طولى فى خصية انسان .

ا — النسيج الغدى — ب — غلاف الخصية — حـ — البربخ — و — الفراغ الخازن

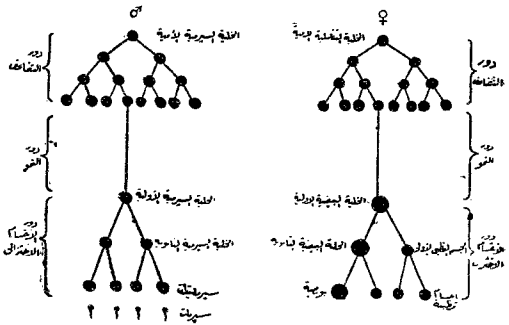
هـ — احدى الانابيب المنوية — ز — أوعية دموية .

هذا النسيج بعد ذلك فى أى عملية خاصة بأعضاء الجسم المختلفة وذلك إلى ان يصل الفرد العمر المناسب للتناسل فتأخذ الخلايا التناسلية فى النضج استعدادا لاداء وظيفتها الخاصة

واذا تتبعنا الخطوات التى يتم بموجبها نضج الحيوانات المنوية نجد انه فى بادىء الأمر توجد طبقة من الخلايا، تبطن الأنابيب المنوية وتسمى الخلايا السبرمية الأميـة spermatogonia وهذه الخلايا، عند بلوغ الحيوان أو قبل ذلك بقليل ، تأخذ فى التضاعف بطريق الانقسام المعتاد إلى خلايا تنقسم أيضاً عدة مرات حتى تتكون فى النهاية طبقة كبيرة من الخلايا كبيرة الحجم لاختزانها مواد غذائية بداخلها وتسمى هذه الخلايا بالخلايا السبرمية الأولية primary spermatocytes ويسمى هذا الدور دور النمو وهو الذى يلى دور التضاعف.

وبعد ذلك تنقسم كل خلية من الخلايا السبرمية الأولية إلى اثنين بطريقة خاصة يختزل فيها عدد الكروموزومات إلى النصف أى أن كل من الخليتين الجديدتين لا يوجد بها إلا نصف عدد الكروموزومات الذى كان بالخلايا السبرمية الأولية . ولهذا يسمى هذا النوع من انقسام الخلايا بالانقسام الاختزالى meiosis وكل من الخليتين الجديدتين تسمى الخلية السبرميه الثانوية secondary spermatocyte وهذه الخلايا بدورها تنقسم أيضا بطريق الانقسام المعتاد إلى طبقة من الخلايا تتجه إلى داخل جدران الانابيب المنوية وتسمى كل خلية منها سبرماتيد spermatid وينشأ من الانقسام الناتج لكل خلية سبرمية أولية فى النهاية أربعة سبرماتيدات، وفى آخر الأمر ينتحى سيتوبلازم السبرماتيد ناحية ثم يستطيل مكونا ذنبا متحركا خلف النواة وبذلك يصبح السبرماتيد حيوانا منويا أو سبرم sperm معداً للاخصاب، فيرحل الى فراغ الأنبوبة المنوية التى نضج فيها ومن هذا الى الفراغ الخازن.

وفى تكوين البويضة تحصل نفس الخطوات السابقة غير انه عندما تنقسم



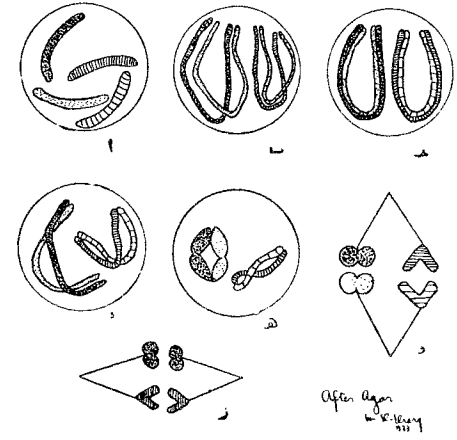
شكل ١٤ — رسم تخطيطى لمقارنة تكوين الجاميطات فى الذكر والانثى

الخلايا البيضية الأولية انقساما اختزاليا ينشأ عن ذلك خلية كبيرة هى الخلية البيضية الثانوية المسماة econdary oocyte وخلية صغيره تسمى الجسم القطبى الأول first polar body ثم تنقسم الخلية البيضية الثانوية الى اثنتين أحداهما كبيرة الحجم وهى البويضة ovum والثانية صغيرة وهى الجسم القطبى الثانى second polar body ويكون الجسم القطبى الأول قد انقسم اثنين أيضا. وفى النهاية تنتج بويضة واحدة وثلاثة أجسام قطبية من الانقسام النهائى للخلية البيضية الأولية وهذه الأجسام القطبية غير عاملة . وعلى ذلك فمقابل كل أربعة سبرمات تنضج بويضه واحدة(شكل ١٤)

ولزيادة الايضاح نشرح بعض المراحل الهامة فى الانقسام الاختزالى فيما يلى (شكل ١٥)

(١) فى دور التضاعف يزيد عدد الخلايا التناسلية زيادة كبيرة وواسطة ذلك الانقسام المعتاد ، وتبدأ هذه الخلايا فى النمو فأذا ما بلغت حجما كبيراً (وتسمى إذ ذاك الخلايا السبرمية الأولية أو الخلايا البيضية الأولية تبعاً للجنس) يحصل فيها الانقسام الاختزالى ولولاه لتضاعف عدد الكروموزومات من جيل لجيل.

(٢) وأول الخطوات فى انقسام الخلية السبرمية الأولية هو وضوح الكروموزومات فى شكل خيوط رفيعة يمكن رؤيتها ويمكن معرفة عددها أيضا وترتيب كل اثنين منها متشابهين معا وهذا الدور هو المعروف بالدور التمهيدى prophase .



شكل ١٥ — رسم تخطيطى للانقسام الاختزالى

ا ـ الدور التمهيدى ب ـ الدور القلادى جـ ـ الدور الضام د ـ الدور الازدواجى
هـ ـ الدور الفراغى و ـ الدور المتقابل للانقسام الاختزالى ز ـ الدور المتقابل للانقسام العادى

وبعد ذلك يأتى دور آخر يسمى الدور القلادى leptotene تبقى فيه الكروموزومات على هيئة خيوط رفيعة كما هى فى الدور السابق إلا أن تركيبها الحبيبى يظهر بوضوح ويرى انتظام الكروماتين على هذه الخيوط كقلادة ظاهرة وكذلك ياحذ كل كروموزومين متماثلين فى الاقتراب من بعضهما البعض .

ويتلو ذلك الدور الثانى zygotene الذى يزداد فيه اقتراب فردى كل زوج متماثل من الكروموزومات حتى يلتصقا معا من طرف واحد ثم يزيد هذا الالتصاق على طول كل من الكروموزين المشار اليهما . وهذه الظاهرة لا بد من حصولها وتعرف باسم الالتصاق أو الالتواء syndesis

وفى الدور التالى يكون التصاق الكروموزومات قد تم ويظهر بذلك داخل النواة عدد من الكروموزومات يعادل نصف العدد الأصلى الثابت للنوع ، وسبب ذلك أن كل كروموزومين قد أصبحا الآن كتلة واحدة . وهذا الدور يعرف باسم الدور الضام pachytene وقد يحصل فيه أيضاً انكماش فى الكروموزومات بتكاثف مادتها synizesis .

كما أنه قد يحصل أيضاً فى بعض الحالات أن تأخذ الكروموزومات الثنائية شكل حدوة الحصان إذ تتجه أطرافها كلها ناحية قطب واحد من أقطاب الخلية ويطلق على شكل حدوة الحصان هذه وجه الباقة bouquet stage

وفى الدور الذى يلى هذا يحصل عكس ماحصل فى الدور الثنائى zygotene أى أن الكروموزومات الثنائية الملتصقة معاً ينفصل فردا كل زوج منها . وكثيراً ما يرى أن كل كروموزين متماثلين بعد انفصالهما يلتويان ويلتفان حول بعضهما على صور متعددة كقوسين متقابلين أو متنافرين أو كدائرة أو كدائرتين ملتصقتين معاً وهكذا ، وهذا الدور يسمى بالدور الازدواجى diplotene . وان كان قد حصل فى الدور السابق له وجه الباقة فأنه يقل الآن اتجاه أطراف الكروموزومات نحو أحد قطبى الخلية .

ويعقب هذا دور يصل فيه حجم نواة الخلية أقصى حد من الكبر وتظهر فيه الكروموزومات تحت غشاء النواة وموزعة حوله مباشرة ويسمى هذا الدور بالدور المفرّغ diakinesis وهو يحصل فى كل الأحوال وبعد ذلك مباشرة يختفى غشاء النواة فتصبح الكروموزومات فى سيتوبلازم الخلية مباشرة

ويكون قد تكون المغزل فترحل هذه الكروموزومات عليه الى قطبي الخلية بحيث أن فردى كل زوج من الكروموزومات يترحل أحدهما الى قطب الخلية الشمالى فى نفس الوقت الذى يرحل فيه الآخر الى القطب الجنوبى. وقد يحصل بعد ذلك أن ينكمش السيتو بلازم تدريجا الى أن تتكون خليتان منفصلتان بكل واحدة منهما نواة مشتملة على كروموزوم واحد فقط من كل زوج متماثل فى الخلية الأصلية. وهاتان الخليتان الجديدتان هما الخليتان السبرميتان الثانويتان فى الذكور بينما هما فى الأناث غير متكافأتين حجما ونموا واحداهما هى الخلية البيضية الثانوية والأخرى هى الجسم القطبى.

(٣) ثم يحصل بعد ذلك انقسام كل من الخليتين الجديدتين بطريق الانقسام المعتاد وتتكون أربعة خلايا نتيجة لذلك فتكون فى الذكور هى الأربعة سبرماتيدات التى تتحور الى حيوانات منوية بينما تكون فى الأناث هى البويضة وثلاثة أجسام قطبية. وعدد كروموزوماتها هو العدد المختزل أى نصف عدد كروموزومات النوع.

فاذا ماتم تلقيح فرد بآخر وأخصبت البويضة بحيوان منوى يتكون الزيجوت وبه مجموع عدد كروموزومات هاتين الجاميطتين، فيرجع العدد الأصلى الثابت كما كان ويأتى للزيجوت نصف عدد كروموزوماته من الأب والآخر من الأم.

والمثل الآتى يفسر هذه الخطوات. فى نوع الديدان المسماة توموبتريز أونيسيفورمز Tomopteris onisciformis ثمانية عشر كروموزوما. وعند حصول الانقسامات التى تلازم نضج الجاميطات يحصل لهذا العدد ما يأتى فى كل دور من أدوار الانقسام:

(١)	فى الدور التمهيدى	عدد الكروموزومات	١٨
(٢)	» القلادى	»	١٨
(٣)	» الثنائى	»	١٨

(٤)	فى الدور الضام	عدد الكروموزومات	٩
(٥)	» الازدواجى	»	١٨
(٦)	» المفرغ	»	١٨
(٧)	» المتقابل	»	١٨
(٨)	فى دور السكون	»	٩

والى هذه المرحلة تكون الخلايا السبرمية الثانوية قد نشأت وبكل منها تسعة كروموزومات فقط.

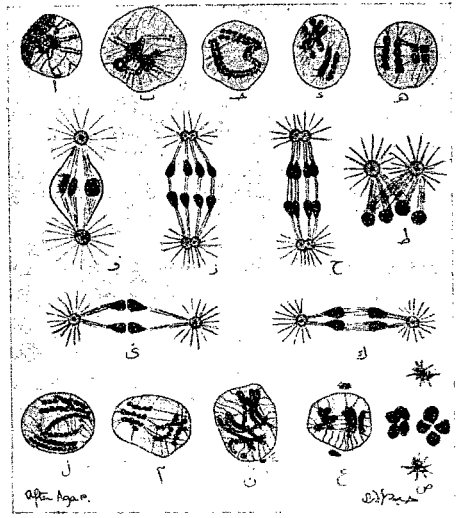
ثم تنقسم هذه بطريق الانقسام المعتاد وتتكون السبرماتيدات وبكل منها تسعة كروموزومات أيضا (ويقابل ذلك البويضة وثلاثة أجسام قطبية فى الأنثى).

وبعد ذلك تتحول السبرماتيدات الى حيوانات منوية وهى الجاميطات العاملة وبكل منها تسعة كروموزومات كذلك.

وعند حصول الاخصاب ينشأ الزيجوت من سبرم به ٩ كروموزومات وبويضة بها ٩ كروموزومات

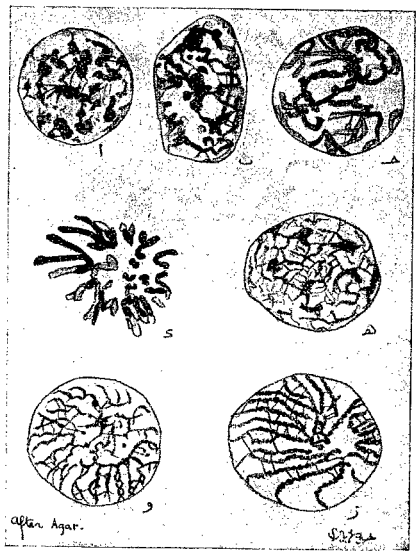
وعلى ذلك يعود العدد الأصلى للنوع وهو ١٨ فى الزيجوت وفى كل خلايا الفرد.

***



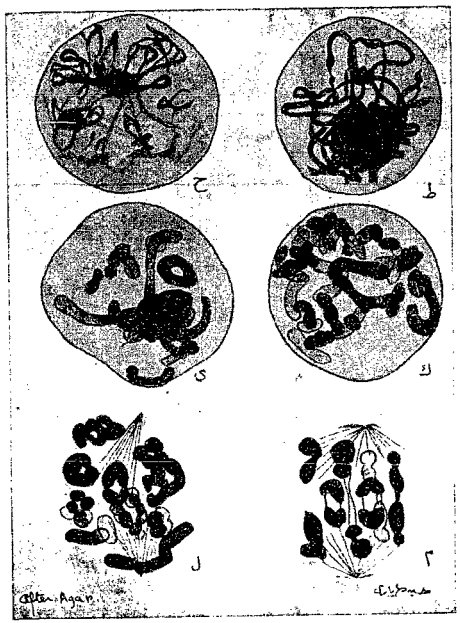
شكل ١٦ — الانقسام الاختزالى فى الاسكارس

أ — انكماش الكروموزومات ب — التفاف الكروموزومات حـ ى ى ك هـ — ظهور الكروموزومات فى أزواج متماثلة و — الدور المتقابل ز ك ح — الدور الانفصالى ط — التمهيد للانقسام الثانى ى — الدور المتقابل للانقسام الثانى ك — الدور الانفصالى فى الانقسام الثانى ل ك م ك ن ك ع ك ص — تكاثف أزواج الكروموزومات فى التوايامع بقاء وحداتها مستقلة



شكل ١٧ (أ) — الانقسام الاختزالى فى ذكر Lepidoserin

أ — نواة خلية سبرمية أمية ساكنة ب ك حـ — الدور التمهيدى ى — الدور الانفصالى هـ — خلية سبرمية ساكنة و — الدور الثانى ز — الدور الضام



شكل ١٧ (ب) — تابع الانقسام الاختزالى فى ذكر Lepidoserin

ح ـ الدور الازدواجى وابتداء الانكماش ط ـ ازدياد الانكماش ى ـ زوال الانكماش ك ـ الدور المفرغ وفيه قد تم انفصال الكروموزومات ل ـ الدور التحضيرى للانقسام الاختزالى ويرى فيه أن الكروموزومات ابتدأت تزدوج ثانية م ـ الدور المقابل فى بدته .

أما أوجه مشابهة سلوك الكروموزومات لعوامل مندل فهى انطباق هذا السلوك على انعزال الصفات أو قانون مندل الأول وعلى التوزيع الحر أو قانون مندل الثانى .

فقد افترض مندل وجود عوامل الصفات فى الجاميطات إذ هى الجسر الذى تنتقل عليه صفات النوع من جيل لجيل وعند تعليل مندل لنتائج تجاربه افترض مايأتى :

(١) أن لكل صفة عامل خاص (وحدة الصفات)

(٢) أن عامل الصفة يوجد فى الجاميطة بحالة فردية

(٣) أنه بحصول الأخصاب واتحاد الجاميطات يصبح الزيجوت وبه عامل الصفة فى الحالة الزوجية إذ يأتيه أحد العاملين من كل من الأبوين

(٤) أن وجود العوامل معاً لايفقدها وحدتها المستقلة لكل منها فهى لاتمتزج معاً .

وقد دلت المشاهدات السيتولوجية على أن الكروموزومات، بين ماتتركب منه الخلايا ، هى وحدها التى ينطبق عليها هذا السلوك عند تكوين الجاميطات واتحادها ثانياً إذ : ـ

(١) أن كل كروموزوم وحدة خاصة بشكله وحجمه .

(٢) أن الجاميطة تحمل نصف عدد كروموزومات النوع أى واحداً فقط من كل زوج .

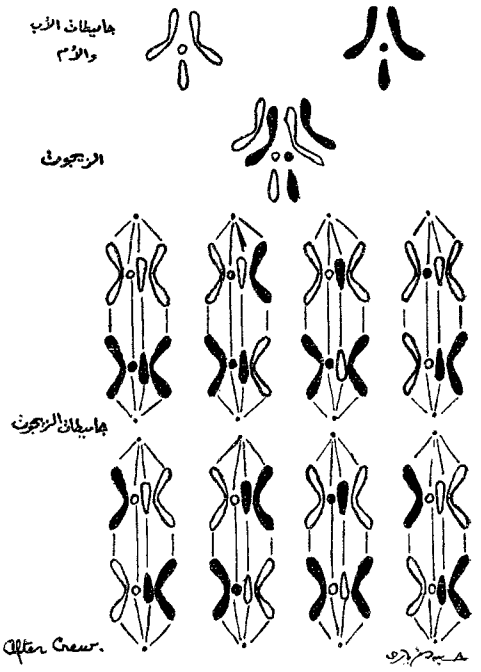
(٣) أنه بحصول الأخصاب يرجع عدد كروموزومات النوع كما كان أولاً أى توجد الكروموزومات فى أزواج أو بمعنى آخر يوجد الكروموزوم فى الفرد بحالة زوجية لأن كلا الأبوين يمده بكروموزوم واحد من كل زوج

(٤) أن وجود الكروموزومات معاً لايفقدها وحدتها المستقلة إذ يمكن تتبعها دائماً فى كل مراحل تكوين الجاميطات كما أن هناك أدلة

تؤيد وحدة الكروموزومات أثناء سكون الخلية أيضاً .

ولقدعلل مندل تجاربه التى درس فيها أكثر من زوج واحد من الصفات الأليلومورفية بقانون التوزيع الحر الذى يفترض فيه أن كل زوج من أزواج العوامل ينعزل فى الجاميطات مستقلا عن الأزواج الأخرى، ولا علاقة هناك بين توزيع أى زوج منها والآخر .

ولقد دلت كل الابحاث السيتولوجية الموثوق بصحتها على أن التوزيع الحر يحصل أيضاً فى الكروموزومات عند تكوين الجاميطات فأن أحد فردى كل زوج متماثل من الكروموزومات يوجد فى الجاميطات مع أحد فردى أى زوج آخر فليس هناك إذاً علاقة بين توزيع زوج وآخر . ولقد تأيد هذا التوزيع الحر للكروموزومات من الفحص السيتولوجى لكروموزومات ذبابة الفاكهة الأمريكية Drosophila melanogaster ومن أبحاث فوافوف Voivov ١٩١٤ وفنريك Wenrich ١٩١٤ وروبرتسون Robertson ١٩١٥ وكثير غيرهم . وأكثر الباحثين أدلة فى هـــذا الصدد مس كاروثرز Miss Carothers فقد تمكنت أثناء دراستها تكوين الجاميطات فى أنواع كثيرة من الحشرات، من أن تميز كل كروموزوم فى أدوار الانقسام باختلاف وضعه على المغزل أو بشكله الخاص أو باتجاهه الى قطب واحد مع كروموزوم خاص يسمى كروموزوم الجنس sex chromosome أو اتجاهه مضادا لهذا الكروموزوم الأخير ، وبسطت بذلك الدليل الثابت المقنع على توزيع الكروموزومات توزيعاً لا علاقة فيه بين أحد الأزواج والآخر



شكل ١٨ ـ الاحتمالات المختلفة لتوزيع الكروموزومات فى الجاميطات
فى النوع دروسوفلا ميلانوجاستر

وفى ذبابة الفاكهة الأمريكية أربعة أزواج من الكروموزومات كل زوج منها يختلف عن الآخر شكلا وحجما كما يرى فى الرسم (شكل ١٨) ولا تحتوى الجاميطة الواحدة إلا على نصف عددها أو أربعة كروموزومات فقط ، واحد من كل زوج ، وهذه توزع توزيعا حرا كما ظهر فى الفحص السيتولوجى. وعلى ذلك فهناك ستة عشر حالة لوجود هذه الكروموزومات فى الجاميطات عند تكوينها فاذا رمزنا لهذه الأربعة أزواج بالحروف الآتية ا أ س س ح ح ى ى كانت هذه الحالات كالآتي :

ا س ح ى	أ س ح ى
ا س ح ىَ	أ س ح ىَ
ا س حَ ى	أ س حَ ى
ا س حَ ىَ	أ س حَ ىَ
اَ س ح ى	اَ س ح ى
اَ س ح ىَ	اَ س ح ىَ
اَ س حَ ى	اَ س حَ ى
اَ س حَ ىَ	اَ س حَ ىَ

ولا شك أن هذا السلوك ينطبق على قانون التوزيع الحر لصفات الأفراد عند دراسة زوجين أو أكثر من هذه الصفات كما وضعه مندل

فلم يبق هناك بد من قبول هذه الحقائق السيتولوجية التى اكتشف بموجبها الأساس المادى الذى افترض مندل وجوده . وبذلك وضع مورجان نظريته عن الوراثة وهى النظرية المعروفة باسمه وباسم نظرية الكروموزومات أيضا (١٩١٩ — ١٩٢٣) فان كان فضل وضع الأساس يرجع إلى مندل ففضل اقامة البناء واتمامه يعود إلى مورجان .

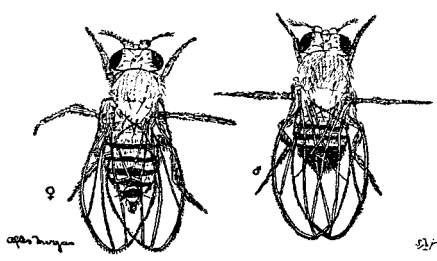
ومما نذكره فى هذا المقام أن مورجان حاز جائزة نوبل فى العلوم الطبية والفسيولوجية فى سنة ١٩٣٣ وفى ذلك تقدير بليغ لما له من الأيادى البيضاء على العلم .

مورجان

الباب السادس

نظرية مورجان او نظرية الكروموزومات

نظم العالم الكبير توماس هنت مورجان Thomas Hunt Morgan ماتجمع من الحقائق المكتشفة فى السيتولوجى مطبقاً إياها على نتائج تجارب التربية العملية التى قام بها هو ومساعدوه لحشرات الدروسوفلا ميلانوجاستر Drosophila melanogaster (شكل ١٩) فى نظرية عامة تفسر وراثة الصفات من جيل لجيل ومنطوقها « ان جهاز الوراثة المادى هو الكروموزومات التى تحمل العوامل الوراثية أو الجينات Genes كل جين منها موجود على كروموزوم خاص فى منطقة خاصة ثابتة وأن ترتيب هذه الجينات على الكروموزوم هو ترتيب طولى »



شكل ١٩ . ذبابة الفاكهة الأمريكية : النوع الوحشى .
الذكر إلى اليمين والانثى إلى اليسار

وبناء على هذه النظرية يرجع سلوك الصفات فى انتقالها من جيل لآخر إلى سلوك الكروزومات وما تحمله من العوامل الوراثية .

وقد اطلق مورجان على العامل الوراثى كلمة جين gene تمييزا له من العامل النظرى الذى فرض مندل وجوده فى الجاميطات ولم يعرفه . أما الجين فهو شىء مادى حقيق معروف سيأتى ذكره فى موضع آخر .

وكل التجارب المندلية التى درست فيها كيفية وراثة صفتين متضادتين يكونان معا أليلومورفا واحدا لها نتيجة واحدة وهى انعزال هاتين الصفتين فى الجيل الثانى بنسبة معروفة كما سبق شرحه . ولقد درس مورجان عددا كبيرا من هذه الأليلومورفات فى الدروسوفلا مطبقا سلوك الكروموزومات على انعزال الصفتين المتضادتين فتوصل إلى معرفة أن كل اثنين منها يسلكان سلوك زوج واحد من الكروموزومات، وعلى ذلك فعامل إحدى الصفتين اذا كان محمولا على كروموزوم خاص فلا بد أن عامل الصفة المضادة لها موجود على نفس هذا الكروموزوم فى الفرد المقابل أى الذى تظهر به الصفة المضادة المذكورة .

مثال ذلك أنه توجد سلالة من الدروسوفلا أجنحتها عبارة عن نتوءات صغيرة لا فائدة منها فى الطيران وهذه الصفة ظهرت طفرة من النوع الوحشى للدروسوفلا الذى له أجنحة طويلة عادية مثل اجنحة باقى الذباب. وتسمى السلالة التى نشأت بها الطفرة المشار اليها مختزلة الجناح vestigial wings . وتدل التجارب العملية على أن صفة الجناح المختزل متنحية أمام صفة الجناح الطويل الذى يميز النوع الوحشى وأنهما معا يكونان زوجا من الصفات المتضادة المندلية

سلالة طويلة الجناح × سلالة مختزلة الجناح — P1

طويلة الجناح — F1

٣ طويلة الجناح : ١ مختزلة الجناح — F2

ولقد تقدم ذكر تعليل مندل لمثل هذه الحالات الوراثية ولذا لانرى داعيا لاعادة ذلك التعليل . أما تحليل هذه الحالة فى ضوء نظرية مورجان

فهو ان الفرد طويل الجناح الذى استعمل فى التلقيح يحمل جين طول الجناح على كروموزوم خاص . وبما ان لهذا الفرد زوجا متماثلا من الكروموزومات فبداهة ان به الجين المذكور فى حالة زوجية . ورمز هذا الجين هو V وعلى ذلك فالفرد تركيبه VV

أما الفرد المختزل الجناح فله أيضاً عاملان لهذه الصفة (رمز كل منهما v) محمولان على نفس زوج الكروموزومات المشابه لزوج الكروموزومات الذى يحمل عاملى طول الجناح فى الفرد الأول .

وعندما تتكون جاميطات كل من هذين الأبوين لا يوجد بكل جاميطة منها الا كروموزوم واحد من كل زوج متماثل كما هو معروف وعلى ذلك فكل جاميطة من الفرد طويل الجناح بها عامل واحد V فقط ، كما أن كل جاميطة من الفرد المختزل الجناح ليس بها إلا عامل واحد v فقط لهذه الصفة (ولا ضرورة للقول بأن هناك عوامل أخرى خاصة بصفات أخرى غير أنها لا تهمنا فى هذه الحالة)

وسواء كان التلقيح بين ذكر طويل الجناح وأنثى مختزلة الجناح أو بالعكس فالاخصاب بين الجاميطات يجمع العاملين V, v فى أفراد الجيل الأول، وعند نضج جاميطات الجيل الأول (الخليطة لصفة الطول) لا يوجد بأى منها الا كروموزوما واحداً فقط من كل زوج متماثل أى أنه يوجد بالجاميطة الواحدة من زوج الكروموزومات الذى ندرسه إما الكروموزوم الذى يحمل الجين V أو الآخر المماثل له الذى يحمل الجين v . وبمعنى آخر أن اختزال عدد الكروموزومات للنصف فى الجاميطات هو الذى يسبب انعزال العوامل الوراثية . فاذا ما تكون الجيل الثانى نتيجة لاتحاد الجاميطات نتجت النسبة المعروفة ٣ : ١

F1	Vv	×	Vv	
جاميطات	V : v		V : v	
F2	VV :	Vv :	Vv :	vv

وهنا تتفق تماماً نتائج التربية ونتائج الفحص السيتولوجى الذى يدل على أن الجاميطات تنشأ بالانقسام الاختزالى ، أى أن عملية انعزال العوامل الوراثية هى عملية مستمرة فى النباتات والحيوانات جيلا فجيل سواء كانت صفاتها نقية أو خليطة .

ولقد أوضحنا فى موضع سابق أن سلوك الكروموزومات يفسر قانون التوزيع الحر الذى وضعه مندل لوراثة زوجين أو أكثر من الصفات المتضادة . ويدل هذا السلوك فى نفس الوقت على أن عاملى كل زوج من هذه الصفات يحمل زوجاً من الكروموزومات غير الذى يحمل عاملى زوج الصفات الآخر . فمثلا عند دراسة مندل لنتيجة تلقيح باسلاء طويلة الساق ملونة الأزهار بأخرى قصيرة الساق بيضاء الأزهار ماكان يمكن أن ينتج التوزيع الحر فى الجيل الثانى إلا فى حالة واحدة فقط وهى افتراض أن زوج الكروموزومات الذى يحمل صفتى الساق هو غير زوج الكروموزومات الذى يحمل صفتى الزهرة .

وإذا حصل التوزيع الحر لثلاث أزواج من الصفات أو أكثر فلا بد من القول أن كل زوج من هذه الصفات يحمل عامليه زوج من الكروموزومات غير الذى يحمل أياً من الصفتين الأخريين ، أو بمعنى آخر أن هذه الثلاثة أزواج من الصفات توجد عواملها على ثلاث أزواج مختلفة من الكروموزومات

ومن أمثلة التوزيع الحر لزوجين متضادين من الصفات فى الدروسوفلا ما يأتى : —

طويل الجناح أحمر العين × مختزل الجناح قرنفلى العين — P_1

طويل الجناح أحمر العين — F_1

F_2 ٩ طويل الجناح أحمر العين : ٣ طويل الجناح قرنفلى العين :
٣ مختزل الجناح أحمر العين : ١ مختزل الجناح قرنفلى العين

وهذه النتيجة واضحة الدلالة على أن زوج الكروموزومات الذى يحمل عاملى صفتى الجناح هو غير زوج الكروموزومات الذى يحمل عاملى لون العين

ومن أمثلة التوزيع الحر لثلاث أزواج من صفات الدروسوفلا المثال الآتى :

رمادى اللون مختزل الجناح ذو عيون × أبنوسى اللون طويل الجناح عديم العيون

رمادى اللون طويل الجناح ذو عيون — F_1

F_2 ٢٧ رمادى اللون طويل الجناح ذو عيون : ٩ رمادى اللون طويل الجناح عديم العيون
: ٩ رمادى اللون مختزل الجناح ذو عيون : ٩ أبنوسى اللون طويل الجناح ذو عيون
: ٣ رمادى اللون مختزل الجناح عديم العيون : ٣ أبنوسى اللون طويل الجناح عديم العيون
: ٣ أبنوسى اللون مختزل الجناح ذو عيون : ١ أبنوسى اللون مختزل الجناح عديم العيون

وفى هذه الحالة أيضاً توجد ثلاث أزواج مختلفة من الكروموزومات تحمل كل منها زوجاً من عوامل هذه الأليلومورفات

وسنتقدم الآن لذكر الأدلة على صحة نظرية مورجان دارسين فى نفس الوقت الحالات المختلفة التى اكتشفها عن كيفية وراثة الصفات

الباب السابع

الارتباط — المجاميع الارتباطية — الارتباط العارى — العبور

احدى نتائج نظرية مورجان فى الوراثة هى أن العوامل أو الجينات محمولة على الكروموزومات . وأول ما يخطر بالبال هو السؤال عما إذا كان الكروموزوم يحمل عاملا واحدا فقط أو أكثر والاجابة على هذا السؤال تقتضى مقارنة عدد صفات أى نوع حى بعدد أزواج كروموزوماته، فلو كان الكروموزوم الواحد يحمل عاملا وراثيا واحدا لكان من نتائج ذلك أن عدد أزواج كروموزومات النوع تساوى عدد صفاته الوراثية

على أنه لم يدل الفحص السيتولوجى فى أى حالة إلى يومنا هذا على وجود عدد أزواج من الكروموزومات يعادل عدد الصفات التى فى الفرد ، بل المعروف أن عدد الكروموزومات أقل كثيراً من عدد الصفات . فمثلا فى الدروسوفلا درست مئات من الصفات مع أن عدد أزواج كروموزوماتها أربعة فقط فلم يبق شك بعد هذا فى أن الكروموزوم الواحد يحمل عدداً من العوامل الوراثية .

وقد تقدم بنا القول أن الكروموزوم الواحد كتلة مستقلة ينتقل بأكمله من جيل إلى جيل فهو ينتقل من الفرد إلى الجاميطة ثم إلى الفرد الجديد بما يحمله من عوامل الصفات، ويتلو ذلك بالبداهة أن الصفات التى تحمل عواملها على كروموزوم واحد تنتقل من جيل لآخر معا . وتسمى هذه الظاهرة بارتباط الصفات linkage of characters بينما الصفات التى تنتقل معا تسمى الصفات المرتبطة linked characters

وتستمد نظرية الوراثة بالكروموزومات دليلا جديدا على صحتها من حالة ارتباط الصفات هذه . إذ أن الصفات التى تحمل عواملها على كروموزوم واحد تكون معا مجموعة مرتبطة linkage group فلو كان جهاز الوراثة حقا هو الكروموزومات لكان من المحتوم أن يوجد فى النوع عدد من المجاميع الارتباطية مساويا لعدد أزواج كروموزوماته . وهذا هو الواقع فى كثير من الأنواع التى درسها مختلف الباحثين. ومما يستحق الذكر بصفة خاصة أنه لم يكتشف للآن فى أى نوع من النبات أو الحيوان عدد من المجاميع الارتباطية يزيد عن عدد أزواج كروموزوماته . ولا شك أن الابحاث فى هذه الناحية ستؤيد نظرية مورجان عند ما تكثر وتتجمع المعلومات الوافية . وأكثر ما اشتغل به الباحثون للآن هما الدروسوفلا والباسلاء وفيما يلى خلاصة لما اكتشف عنهما وعن غيرهما من الأنواع .

إسم النوع	عدد أزواج الكروموزومات	عدد المجاميع الارتباطية المكتشفة
الباسلاء	٧	٤
الذرة	١٠	٩
دودة القز	٢٠	١
الفأر	٢٠	١
Drosophila melanogaster	٤	٤
„ obscura	٥	٥
„ virilis	٦	٥
„ willistoni	٣	٣
„ simulans	٤	٣

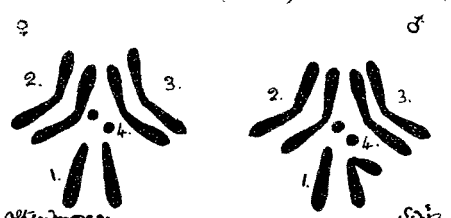
هذا ولقد وجد هوايت White فى دراسته لصفات الباسلاء سبعة أزواج من الصفات توزع توزيعاً حراً، دليلا على أن عاملى كل زوج منها يحملهما زوج من الكروموزومات غير الذى يحمل عاملى أى البلومورف آخر من الستة الباقية . وكان هذا العدد هو أقصى عدد من الصفات التى أمكنه أن يركبها معا ووُزّعت توزيعاً حراً، ولن يكون غير ذلك مادامت الباسلاء لها سبعة أزواج من الكروموزومات فقط. ووجد متز Mtez أيضاً

حالة مطابقة لهذه فى نوع الدروسوفلا المسمى Drosophila melanogaster إذ وجد خمسة أزواج من الصفات توزع توزيعاً حراً . هذا وكلما كثر المشتغلون ببحث صفات الكائنات الحية وكيفية وراثتها كلما توفرت الأدلة التى تثبت بوضوح مطابقة عدد مجاميع الصفات المرتبطة لعدد أزواج الكروموزومات . وهذا التطابق فى حد ذاته سيكون برهاناً مستمداً من النتائج العملية على أن الكروموزومات هى فعلا الواسطة فى نقل الصفات من جيل لجيل .

هذا فضلا عن انه فى دراسة حالة الارتباط نفسها دليل آخر على أن الصفات المرتبطة تسلك سلوك الكروموزوم المحمولة عواملها عليه ، وهنا تتفق مرة أخرى نتائج التجارب العملية فى التربية ونتائج الفحص السيتولوجى.

وقد سبقت الاشارة إلى ان حشرة الدروسوفلا هى أكثر الانواع التى درست صفاتها منذ اشتغل بها مورجان ومساعدوه . ولما كانت العلاقة معروفة عن مجاميعها الارتباطية وكروموزوماتها يجب قبل أن ندرس هذه العلاقة ونثبتها فعلا أن نذكر شيئاً عن كروموزوماتها .

للدروسوفلا D. melanogaster أربعة أزواج من الكروموزومات ، ثلاثة أزواج منها متشابهة تماما فى الذكر وفى الانثى وتعرف على التوالى بارقام ١و٢و٣ و ٤ كما فى (شكل ٢٠)



شكل ٢٠ - التركيب الكروموزومى لحشرة الدروسوفلا ميلانوجاستر
(الذكر الى اليمين والانثى الى اليسار)

وزوج الكروموزومات رقم ٢ شكله فى دور الانقسام الخلوى المسمى بالدور المتقابل metaphase كشكل قوسين كبيرين وكذلك الزوج رقم ٣ إلا أنه أكبر قليلا من الزوج السابق . أما الزوج رقم ٤ فهو عبارة عن كروموزومين مستديرين صغيرى الحجم جدا وغالبا ما يوجدان فى الوسط بين الكروموزومات الأخرى

وزوج الكروموزومات رقم ١ يختلف دائما فى الشكل بين الذكر والأنثى فهو فى الانثى عبارة عن كروموزومين متماثلين حجما وشكلهما عصوى ، بينما هو فى الذكر مكون من كروموزومين أحدهما عصوى يشبه ما يوجد فى الأنثى تماما والآخر ذو طرف منحن من أعلا . ونظرا لاختلاف الزوج الأول فى الذكر عنه فى الأنثى فقد سمى بزوج الكروموزومات الجنسى sex chromosomes واصطلح على اختصار ذلك إلى حرف X ولما كان كروموزوما الأنثى متماثلين فهى لها xx بينما للذكر x واحد والكروموزوم الملتوى الطرف يسمى بحرف Y لمشابهة شكله لهذا الحرف .

ونسبة الطول بين أربعة أزواج الكروموزومات فى الدروسوفلا هى على التوالى للأزواج ١ : ٢ : ٣ : ٤ كنسبة ١٠٠ : ١٤٥ : ١٧٥ : ١٠ كما أن النسبة بين ذراعى الكروموزوم y فى الذكر هى ٤٠ : ٧٠

ولما كانت الأنثى تختلف عن الذكر فى زوج الكروموزومات الأول فعند تكوين الجاميطات تحصل كل بويضة على الكروموزوم x أما جاميطات الذكر فنصفها يحصل على الكروموزوم x والنصف الآخر على Y فاذا أخصبت البويضات بنوعى جاميطات الذكر كان نصف النسل xx وهذا تركيب الأناث والنصف الآخر xy وهو تركيب الذكور . ويستدل من ذلك على علاقة الكروموزومات بتعيين الجنس فى الأفراد وعلى وجود جهاز كروموزومى يعطى نسبة متساوية من الذكور والاناث فى كل جيل وهو الجهاز xy ، إذ

أنه بداهة ما دام ينفصل فرداه فى الجاميطات بحيث يحتوى نصفها x والنصف الآخر y فنصف النســـل يأتيه x من الأب و x من الأم فيكون أناثاً، بينما النصف الاخر يأتيه y من الأب و x من الأم فيكون ذكوراً. على أن دراسة الجنس وعلاقة الكروموزومات به ستأتى فى موضع آخر.

	♀		♂
الآباء	x x	×	x y
الجاميطات	x		x : y
الأبناء	x y ♂		x x ♀

الارتباط بالجنس

ويوجد فوق المائة صفة من صفات الدروسوفلا تكون مجموعة ارتباطية واحدة إذا درست أى صفة منها يرى أنها تسلك فى انتقالها من جيل لآخر سلوكا يطابق تماماً انتقال زوج الكروموزومات الجنسى xx و xy من جيل لجيل أيضاً.

ولا يمكن أن يدل هذا التطابق فى السلوك إلا على أن عوامل هـذه الصفات يحملها زوج الكروموزومات المذكور.

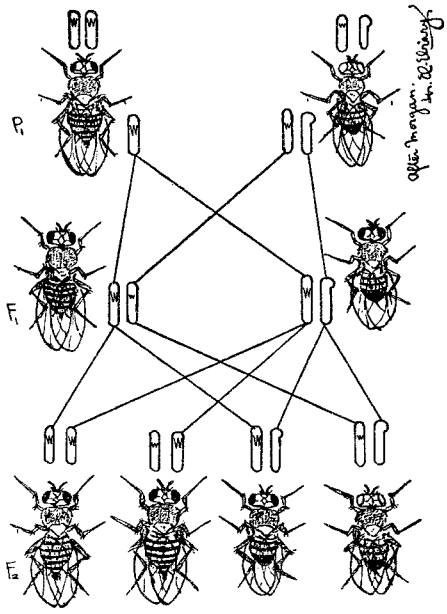
وهذه الصفات خاصة بكل أعضاء الجسم كلون وشكل العيون المركبة ولون الجسم وحجم الجناح وتعريقه ومنها عدد كبير مميت فى تأثيره. كما أن منها السائد ومنها المتنحى فهى كسائر الصفات لا تتميز عن غيرها إلا بسلوكها الوراثى الذى لا يمكن فصله عن الجنس بل يجب أن يدرس معه لارتباطه به ولتفسير ذلك نذكر المثال الآتى:

من المعروف أن النوع الوحشى من الدروسوفلا أحمر العيون وأنه توجد سلالات أخرى من هذه الحشرة عيونها مختلفة الألوان ومن هذه السلالات السلالة بيضاء العيون.

فاذا لقح ذكر أبيض العيون عدة أناث حمراء العيون من النوع الوحشى نتج الجيل الأول F_1 وكل أفراده حمراء العيون فاللون الأحمر إذاً سائد على اللون الأبيض سيادة تامة (شكل ٢١).

واذا تناسل الجيل الأول F_1 نتج الجيل الثانى F_2 وثلاثة أرباع عـدد أفراده حمراء العيون أما الربع الباقى فأبيض العيون.

ويلاحظ أن كل فرد أبيض العيون فى هذا الجيل ذكر.



شكل ٢١ — نتائج التلقيح بين ذكر أبيض العين وأنثى حمراء العين فى حشرة الدروسوفلا

ويُخرج هذه الحالة من نطاق الحالات المندلية أن صفة أبيض العين لم تظهر فى الجيل الثانى F_2 إلا فى جنس واحد هو الذكور أو بمعنى آخر أنه لابدلظهورها أن يكونالتركيب الكروموزومى الجنسى xy . فالأب الأصلى أبيض العيون أورث صفته هـذه لابنائه أبنائه الذكور ولم يورثها لحفيداته الأناث وتسمى مثل هذه الصفات بالصفات المرتبطة بالجنس Sex linked characters

وفى الحالات المندلية الحقيقية ليس من داع لدراسة جنس الأفراد التى تظهر بها الصفتان المتضادتان فى التجربة لأن كل من هاتين الصفتين سواء كانت السائدة أو المتنحية تظهر فى كلا الجنسين الذكور والأناث على حدسواء.

والطريق الوحيد لتعليل سلوك أبيض العين هو اعتبار أن عامل هـذه الصفة محمول على الكروموزوم x فى الأب الذكر أبيض العين ،والأدلة متوفرة لاثبات أن الكروموزوم y لايحمل عوامل بالمرة كما سنشير اليه فيما بعد . وعلى ذلك فعامل اللون الأحمر فى الأنثى على الكروموزوم المقابل أى x وبما أن لها xx فكلاهما يحمل عاملا لصفة أحمر العين . فاذا دل تتبع كروموزومات الجنس فى الاب والأم على سلوك مطابق لسلوك كل من الصفتين فى الجيل الأول والثانى عملياً كان الفرض صحيحاً .

تركيب الذكر فى زوج الكروموزومات الجنسى هو y لايحمل عوامل و x يحمل العامل w إذا فهو (w x) y ويستعمل القوس للدلالة على أن العامل w محمول على الكروموزوم x كما فرض . وعلى ذلك تكون الأنثى (Wx) (Wx) لأنها xx وكل منهما يحمل عامل الصفة السائدة أحمر العين وهو W

P1	(Wx) (Wx)	×	(wx) y
جاميطات	(Wx)		(wx) : y
F1	(Wx) y	:	(Wx)(wx)

ويرى أن الجيل الأول نصفهذكور ونصفه أناث وجميع أفراده حمراء العيون، فاذا تناسل لتكوين الجيل الثانى حصل الأنخصاب بين جاميطات تحتوى كروموزوما واحداً فقط من الزوج الجنسى وتفسير ذلك .

جاميطات	(Wx)	y
(wx)	(wX) (WX) حمراء العيون	(wX) y أبيض العيون
(WX)	(WX) (WX) حمراء العيون	(WX) y أحمر العيون

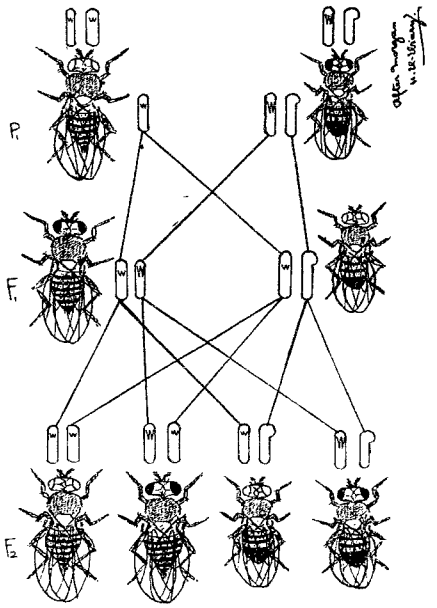
ومن ذلك يظهر صحة الفرض الأصلى وهو أن عامل الصفة المرتبطة بالجنس يحمله الكروموزوم x .

ويؤيّد هذا الاستنتاج من نتيجة التلقيح العكسى هكذا :

♂ أحمر العيون	×	♀	بيضاء العيون	F1
♂ أبيض العيون	:	♀	حمراء العيون	F2

♂ أحمر العيون : ♂ أبيض العيون : ♀ حمراء العيون : ♀ بيضاءالعيون

هذه النتيجة العملية لايمكن تعليلها إلا بنفس الفرض وهو أن عامل الصفة المرتبطة بالجنس يحمله الكروموزوم الجنسى x وسلوك الكروموزومات يطابق سلوك الصفات تماماً . ويمكن تتبع هـذه الكروموزومات فى التحليل الآتى : —



شكل ٢٢ — نتائج التلقيح بين أنثى بيضاء العين وذكر أحمر العين فى حشرة الدروسوفلا

P_1	(wX) (wX)	×	(WX) Y
جاميطات	(wX)		WX : Y
F_1	(wX) Y	:	(wX) (WX)

فسلوك الكروموزوم الجنسى فى هذه الحالة هو الذى يفسر السبب فى أن ذكور الجيل الأول بيضاء العيون وأن أناثه حمراء العيون (شكل ٢٢)

ويرى هنا أن صفات الجيل الأول متعاكسة مع صفات الأبوين فالأم

البيضاء العيون أبناؤها بيضاء العيون بينما الأب الاحمر العيون بناته هى الحمراء العيون وهذه الظاهرة لا تحصل إلا فى نوع الوراثة المرتبط بالجنس فقط وتسمى « بوراثة الصفات فى جنسى النسل متعاكسة مع الصفات فى جنسى الأبوين » أو تسمى اختصارا بالوراثة المتعاكسة criss-cross inheritance

وسلوك الكروموزومات أيضا هو الذى يفسر تكوين الجيل الثانى جنسا وصفة كما ظهر عمليا ويمكن تتبع ذلك فيما يأتى :

	(wX)	Y
(wX)	(wX) (wX) بيضاء العيون	(wX) y أبيض العيون
(wX)	(wX) (WX) حمراء العيون	(WX) y أحمر العيون

وهذه الصفات المرتبطة بالجنس تختلف عن الصفات المحددة بالجنس لأنها توجد فى كلا الجنسين فأبيض العيون صفة توجد فى الذكور والأناث من الدروسوفلا، بينما الصفات المحددة بالجنس لا تظهر إلا فى أحد الجنسين فقط بالرغم من وجود عواملها فى كليهما ، والصفات المحددة بالجنس تسلك السلوك المندلى المعروف فى انتقالها من جيل لآخر

ومن الصفات التى عرف من كيفية وراثتها فى الدروسوفلا أنها مرتبطة بالجنس أيضا صفة « أصفر اللون » وهى صفة خاصة بلون الجسم ظهرت طفرة من النوع الوحشى الرمادى الجسم وهى متنحية أيضا أمام لون النوع الوحشى .

وفى المثالين الآتيين يرى كيفية وراثة هذه الصفة

(١) ذكر أصفر الجسم × أنثى رمادية الجسم P_1

كل أفراد الجيل رمادية الجسم F_1

$\frac{3}{4}$ رمادية الجسم : $\frac{1}{4}$ صفراء الجسم F_2

ويلاحظ أن الأفراد صفراء الجسم فى الجيل الثانى كلها ذكور

وعامل اللون الأصفر y بينما عامل اللون الرمادى السائد Y وبذا يكون التحليل كالآتى :

P_1 (YX) (YX) × (yX) Y

F_1 (YX) (yX) × (YX) Y

F_2 (YX) (YX) : (YX) Y : (YX) (yX) : (y X) Y

ويرى أن صفة أصفر الجسم المقابلة للعامل y لا تظهر إلا فى تركيب xY فى هذا الجيل الثانى

(٢) التلقيح العكسى:

ذكر رمادى الجسم × أنثى صفراء الجسم P_1

ذكور صفراء الجسم × أناث رمادية الجسم F_1

$\frac{1}{4}$ ذكور صفراء : $\frac{1}{4}$ أناث صفراء : $\frac{1}{4}$ ذكورر مادية : $\frac{1}{4}$ أناث رمادية F_2

P_1 (yX) (yX) × (YX) Y

جاميطات (yX) (Yx) Y

F_1 (YX) (yX) : (yX) Y

جاميطات (YX) (yX) (yX) Y

F_2 (YX) (yX) : (YX)Y : (yX) (yX) : (yX) Y

من هذا يتضح أن سلوك الكروموزوم الجنسى X مطابق لسلوك أصفر اللون ورمادى اللون فلابد أن تكون عوامل هذه الصفات على هـذا الكروموزوم .

وقد أشرنا فيما تقدم إلى أن الكروموزوم Y لا يحمل عوامل للصفات وقليل من التأمل فى هذا المثال الأخير يفسر حالة الصفات المرتبطة بالجنس وسلوكها الخاص

فيما أن الأنثى صفراء الجسم لها كروموزوم جنسى X مزدوج فكل بويضة لهذه الأنثى يصلها كروموزوم X ومعه العامل y أصفر اللون فاذا ما أخصبت بويضة بسبرم به الكروموزوم Y كانت ذكرا غير أن هذا الذكر لا يصله عوامل للون الجسم من أبيه الرمادى فهو يرث عامل اللون الأصفر من أمه فقط دون أن يرث من أبيه عاملا مضادا له وعلى ذلك تظهر الصفة المتنحية فكل ذكور الجيل الأول صفراء لوراثتها هذا اللون من أمها — فالوراثة المتعاكسة مع الجنس منشؤها سلوك كروموزوم x من الأم ومن الأب .

إذاً ما هى الأفراد التى ترث صفة اللون من الأب . هذه الأفراد بداهة يجب أن تكون ناشئة من أخصاب بويضات (وكل بويضة بها كروموزوم x من الأم عليه عامل أصفر اللون) بسبر مات (كل منها به الكروموزوم x من الأب الذى يحمل عامل رمادى اللون) أى يجب أن تكون أناثا وأن تكون رمادية لسيادة هذا اللون على اللون الأصفر

وذكر الدروسوفلا به الكروموزوم X فى حالة فردية لأن الكروموزوم y كما سبق قوله غير عامل فسيولوجيا . بينما هذا الكروموزوم الجنسى X يوجد فى الأنثى بحالة زوجية . فهذه الحالة شبيهة بحالة الأفراد الخليطة فى أى صفة مندلية عند تلقيحها بالمتنحى المزدوج فمثلا فى الباسلاء

طويل الساق خليط × قصير الساق

Ss ss

طويل الساق : قصير الساق

فكل فرد من نسل الباسلاء هنا يرث عامل قصر الساق من أحد أبويه ، وليكن من الأم مثلا، بينما نصف النسل فقط يرث طول الساق من الأب . وكذلك الحال فى الصفات المرتبطة بالجنس ففى المثال الأخير كل فرد من

الجيل الأول يرث اللون الأصفر من الأم لأنه يرث منها كروموزوما جنسياً x بينما نصف الجيل الأول فقط يرث اللون الرمادى من الأب

فكأن الأب فى هذه الحالة خليط بالنسبة للون الرمادى وذلك يرجع إلى أنه يملك كروموزوم x واحداً فقط وعاملا رمادياً واحداً فقط

على أن هذه المقارنة من قبيل المجاز ، إذ الواقع أن الذكر الرمادى أو أى ذكر فى الدروسوفلا أصيل دائماً بالنسبة لصفاته المرتبطة بالجنس فمثلا y (wX) أصيل فى صفة أبيض العين كما أن y (WX) أحمر العين أصيل طبعاً ما دام لا يحمل العامل المضاد لهذه الصفة . أما الأنثى فقد تكون أصيلة أو خليطة

ومجموعة الصفات المرتبطة بالجنس فى الدروسوفلا تُحمل عواملها على الكروموزوم الجنسى X ، وهذه العوامل بداهة تنتقل مع الكروموزوم المذكور أينما انتقل ولا يمكن أن تنفصل عن بعضها فهى كلها مرتبطة بالجنس ومرتبطة مع بعضها البعض ولا يحصل توزيع حر بينها مطلقاً فمثلا

P1 ♂ أبيض العين أصفر الجسم × ♀ حمراء العين رمادية الجسم

F1 كل الأفراد حمراء العين رمادية الجسم

F2 ٣ حمراء العين رمادية الجسم : ١ ذكر أبيض العين أصفر الجسم

أى أن هذه الصفات كلها تسلك كصفتين متضادتين فقط

وتحليل ذلك كالآتى :

P1 (WYX) (WYX) × (wy X) y

جاميطات (WXY) (wyX) : y

F1 (WYX) (wyX) × (WYX) y

جاميطات (WYX) : (wyX) (WYX) : y

F2 (WYX) (WYX) : (WYX) y : (WYX) (wyX) : (wyX) y

ومن أمثلة الصفات المرتبطة بالجنس فى الدروسوفلا صفة شكل العين العودى Bar eye وهى طفرة تختلف عن صفة النوع الوحشى وبه العين مستديرة الشكل normal or round eye . وتنشأ هذه الطفرة بنقص فى عدد العديسات البصرية التى تتكون من مجموعها العين المركبة العادية أو المستديرة ولها أشكال مختلفة (شكل ٢٣)

شكل ٢٣ — بعض الطفرات الشهيرة فى العين المركبة فى حشرة الدروسوفلا ميلانو جاستر

ا — فى النوع الوحشى العين المستديرة Round

ب — العين العودية أو الهلالية Bar

جـ — العين العودية المزدوجة Ultrabar

ولا تختلف هذه الصفة عن غيرها من الصفات المرتبطة بالجنس السابق شرح سلوكها إلا فى أنها سائدة على العين المستديرة . والمثالين الآتيين يوضحان سلوك هذه الصفة

(١) P1 ذكر عودى العين × أنثى مستديرة العين

F1 كل الذكور مستديرة العين وكل الأناث عودية العين

F2 ½ ذكور مستديرة العيون : ½ ذكور عودية العيون : ½ أناث مستديرة العيون : ½ أناث عودية العيون

وتحليل هذه الحالة هو كما يأتى — رمز العين العودية B والعين المستديرة b

P1 (bx) (bx) × (Bx)y

F1 (Bx) (bx) : (bx)y

F2 (Bx) (bx) : (bx) (bx) : (BX)y : (bx)y

(٢) التلقيح العكسى :

P_1	ذكر مستدير العين × أنثى عودية العين
F_1	كل الأفراد عودية العين
F_2	٣/٤ عودية العين : ١/٤ مستدير العين (وكله ذكور)

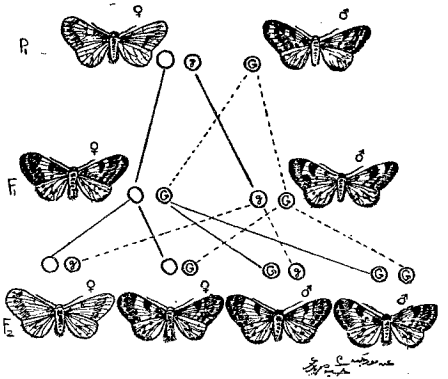
وتحليل هذه الحالة كالآتى :

P_1	(BX) : (BX)	×	(bX) y	
F_1	(BX) : (bX)	:	(BX)y	
F_2	(BX) (BX) : (BX)Y	:	(BX) (bX)	: (bX)y

وهنالك مجموعة من الكائنات الحية يمتلك الذكر فيها كروموزوم × واحد من الزوج الجنسى، ومن البدهى أن تسلك الصفات المرتبطة بالجنس فيها مثل سلوكها السابق شرحه فى الدروسوفلا .

كما أن هناك مجموعة أخرى الذكر فيها هو الذى يمتلك الزوج الجنسى المتماثل من الكروزومات أى x x ومثالها نوع من الحشرات يسمى أبراكسس Abraxas حشرته الكاملة فراش يختلف لون أجنحته فقد يكون الجناح أخضر باهتاً به بقع غامقة ويسمى هذا باللون النباتى وقد يكون أصفر باهتاً جداً ويسمى باللون اللبنى، وهذان اللونان يكونان معاً زوجاً أليلومورفيا واحداً من الصفات المرتبطة بالجنس ، ويظهر ذلك فى المثالين الآتيين :

(١) إذا لقح ذكر نباتى الأجنحة أنثى لبنية الأجنحة يكون الجيل الأول كله نباتى الجناح فاذا تناسل هذا الجيل ذكوره وإناثه معاً ينتج الجيل



شكل ٢٤ — نتيجة التلقيح بين أنثى لبنية الاجنحة وذكر نباتى الاجنحة فى فراش الابراكساس

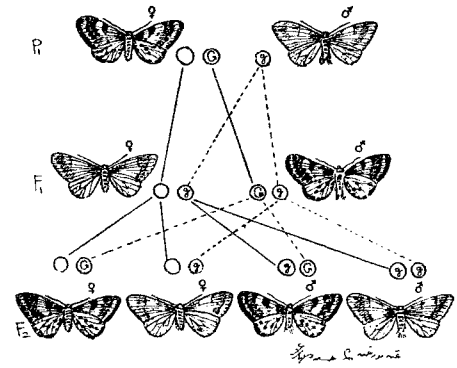
الثانى وثلاثة أرباعه أفراد نباتية الأجنحة والربع الأخير كله اناث لبنية الأجنحة .

فالأنثى الأصلية ورثت صفتها لبنات بناتها الاناث فقط، ولم تورث هذه الصفة لأى ذكر من ذكور الجيل الثانى . ولتحليل هذه الحالة نفرض أن الجين الذى يعين اللون النباتى السائد هو G وأن عامل الصفة المتنحية أى لبنى الجناح هو g وبذلك فالتلقيح الأصلى وما يليه من الأجيال كانت كالآتى:

P_1	♀ (gx) y	×	(Gx) (Gx)	♂
الجاميطات	(gx) : y		(Gx)	
F_1	(Gx) y	:	(Gx) (gx)	
الجاميطات	(Gx) : y	(Gx) : (gx)		
F_2	(gx) y : (Gx) y : (Gx) (gx) : (Gx) (Gx)			

ويظهر من ذلك بوضوح أن الصفة المقابلة للعامل g أى لبنى الأجنحة لا تظهر إلا فى ربع الجيل الثانى وفى أفراد تركيبها حتما xy وهى أناث (شكل ٢٤)

(٢) التلقيح العكسى (شكل ٢٥)



شكل ٢٥ — نتيجة التلقيح بين أنثى نباتية الاجنحة وذكر لبنى الاجنحة فى فراش الابراكساس

ذكر لبنى الأجنحة × أنثى نباتية الأجنحة — P1

ذكور نباتية الاجنحة : أناث لبنية الأجنحة — F1

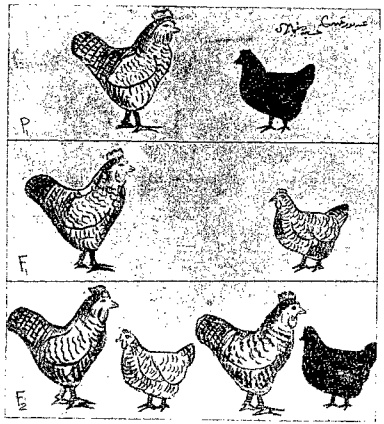
ذكر لبنى : ذكر نباتى : أنثى لبنية : أنثى نباتيه — F2

والتحليل كالآتى :

P1	♀ (Gx)y	×	(gx) (gx)	♂
الجاميطات	(Gx) : y	:	(gx)	
F1	(gx)y	:	(Gx) (gx)	
الجاميطات	(gx) : y	:	(Gx) (gx)	
F2	(Gx)y : (gx)y	:	(gx)(Gx) : (gx) (gx)	

والطيور من هذه المجموعة التى يمثل لها بالأبراكسس لأن ذكور

الطيور XX وإناثها XY وعلى ذلك فسلوك الصفات المرتبطة بالجنس فيها هو مثل سلوكها فى الأبراكسس Abraxas type مثال ذلك :



شكل ٢٦ - نتائج التلقيح بين ديك بليموث روك ذو أقلام ودجاجة لا تحتمل سوداء

فى الدجاج « وجود الأقلام » Barred هو الحالة التى ترى فى ريش بعض الأنواع بحيث يتعاقب على الريشة لونان كل منهما فى منطقة تلى الأخرى وتوازيها ، وهذان اللونان هما الرمادى الفاتح والرمادى الغامق، وذلك كما فى البليموث روك المقلّم واللجهورن ذو الأقلام والدومنيك المقلم وغير ذلك من الأنواع، وهذه المناطق الفاتحة والغامقة تنتج من تعديل اللون الأساسى للدجاج والسبب فى ذلك هو فعل عامل سائد يؤثر على اللون الأصلى وهذا العامل مرتبط بالجنس فى مظهر صفته . وفى المثالين الآتيين إيضاح لانتقال هذه الصفة من جيل لآخر (شكل ٢٦)

المثال الأول ـ دجاجة سوداء × ديك ذو أقلام

P_1

كله ذو أقلام

F_1

٢٥٪ سوداء (هذا الربع كله أناث) : ٧٥٪ ذات أقلام

F_2

المثال الثانى ـ (شكل ٢٧) دجاجة ذات أقلام × ديك اسود

P_1

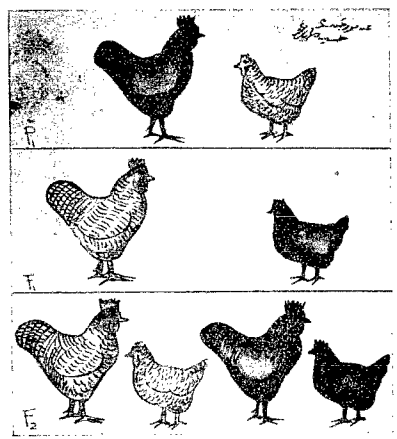
الدجاجات سوداء والديوك ذات أقلام

F_1

٢٥ ٪ دجاج اسود : ٢٥ ٪ ديوك سوداء : ٪ دجاج ذو اقلام

٢٥ ٪ ديوك ذات أقلام

F_2



نتائج شكل ٢٧ ـ نتائج التلقيح بين ديك لانجشان أسود ودجاجة بليموث روك ذات أقلام

وتحليل هذه النتائج يدل على وجود العامل B السائد الذى يعين صفة وجود الأقلام على الكروموزوم X الجنسى . وتبعاً لقانون الانعزال يوجد العامل b للون الأسود على نفس الكروموسوم فى الأفراد السوداء، وعليه فتحليل حالة المثال الأول هو :

P_1 (Bx) (Bx) × (b x) y

F_1 (Bx) (bx) : (Bx) y

F_2 (Bx) (Bx) : (Bx) y : (Bx) (bx) : (bx) y

وعلى ذلك فلا تظهر صفة اللون الأسود فى الجيل الثانى إلا فى أفراد تركيبها Xy وهى إناث .

وتحليل حالة المثال الثانى هو :

P_1 (bX) (bX) × (BX)y

F_1 (BX) (bX) : (bX)y

F_2 (BX) (bX) : (BX) y : (bX) (bX) : (bX)y

ويعرف فى الدجاج كثير من الصفات المرتبطة بالجنس نكتفى منها بالمثال السابق.

وهذه الصفات المورفولوجية تساعد مربى الدجاج على معرفة جنس الأفراخ يوم فقسها وذلك يوفر كثيراً من النفقات إذ يمكن أن يوجه المربون عنايتهم للاناث بينما يستغنون الذكور الزائدة عن حاجتهم فى الأسابيع الاولى من عمرها ثم تباع بعد ذلك وفى هذا ما يغنى عن انتظار الشهور الطويلة قبل ظهور صفات الجنسين.

على أن للارتباط بالجنس فى الماشية والدجاج أهمية عظمى فى تربية الحيوان لسلوك بعض الصفات الاقتصادية سلوك هذا النوع من وراثة الصفات ولذا سنفرد لها بحثا خاصا فى مؤلف آخر إذ هو خارج عن موضوع الدراسة الحالية

وكثير من الصفات المرتبطة بالجنس معروف فى الانسان وهى صفات لها خطرها فى عالم الطب مثل « عدم تمييز الألوان » Colour blindness وهى حالة مَرَضية لا يمكن للمصاب بها أن يميز بين اللونين الأحمر والأخضر،

وهذه الصفة متنحية . كما أن الحالة المعروفة بمرض الصمام القلبي صفة سائدة مرتبطة بالجنس أيضا وتسمى Valvular disease of the heart وغير هذين توجد عوامل أخرى تؤدى إلى حالات مرضية أخرى .

الارتباط العادى

أما وقد درسنا بعض أمثلة عن سلوك الصفات المحمولة عواملها على الكروموزوم الجنسى X فلنتحول الآن لدراسة صفات عواملها محمولة على غير هذا الكروموزوم

وبديهى أن هذه الصفات ولو أنها ترتبط معاً لوجود عواملها على كروموزوم واحد ، إلاّ أنه لا علاقة لها بتعيين الجنس

ولنأخذ صفتين فى الدروسوفلا مثل أسود الجسم ومختزل الجناح عاملاهما على التوالى b و v موجودان على الزوج الثانى من الكروموزومات. وبما أن الصفتين متنحيتين فالفرد الأسود الجسم المختزل الجناح دائماً أصيل ، أى يوجد به كروموزومان يحمل كل منهما عاملا لكل من الصفتين ويرمز له هكذا (bv)(bv) وتستعمل الأقواس حول العوامل رمزاً لوجودها على كروموزوم واحد، ولا داعى هنا لذكر اسم الكروموزوم نفسه مادامت الاشى كالذكر كل منهما به زوج من الكروموزوم « ٢ »

والتجربة الآتية تدل على الارتباط بين الصفتين

P1	أسود مختزل الجناح	×	رمادى طويل الجناح
F1	رمادى طويل الجناح		
F2	٣ رمادى طويل الجناح : ١ أسود مختزل الجناح		

وتعليل هذه النتيجة كالآتى

P1	(BV) (BV)	×	(bv) (bv)			
F1	(BV) (bv)	×	(BV) (bv)			
F2	1 (BV) (BV)	:	2 (Bv) (bv)	:	1 (bv) (bv)	

هنا درست أربع صفات كل اثنين منها فى زوج متضاد ، ومع ذلك أعطت نتيجة يعطيها زوج واحد من الصفات المتضادة فقط

ولننظر الآن فى التجربة التى يدخل فى التلقيح فيها فردان بكل منهما صفة متنحية من هاتين الصفتين

P1	أسود طويل الجناح	×	رمادى مختزل الجناح
F1	رمادى طويل الجناح		
F2	٣ رمادى طويل الجناح : ١ أسود طويل الجناح : ١ رمادى مختزل الجناح		

ولا ينتج فى الجيل الثانى متنح مزدوج فى الصفتين ، أى لا يوجد أسود مختزل الجناح. وتعليل ذلك كالآتي

P1	(Bv) (Bv)	×	(bV) (bV)					
F2	(Bv) (bV)	×	(Bv) (bV)					
F2	(Bv) (Bv)	:	(Bv) (bV)	:	(bV) (Bv)	:	(bV) (bV)	
	أسود طويل		رمادى طويل		رمادى طويل		رمادى مختزل	

وهذه النسبة ٢ : ١ : ١ : صفر (وهى على التوالى تمثل ٢ من الصفات السائدة : ١ صفة سائدة : ١ صفة سائدة أخرى : صفر صفتين متنحيتين) هى نسبة خاصة تدل على الارتباط المعتاد ولا تظهر إلا فى هذه الحالة الخاصة من وراثة الصفات

وكما تقدم القول لا تتغير النسبة الارتباطية (٣ : ١) المعروفة إذا زاد عدد الصفات المرتبطة التى تدرس معاً، إذ أن عواملها تحمل على كروموزوم واحد، وبذلك تنتقل كلها كمجموعة واحدة ويدل مسلكها على وجود ارتباط بينها . مثال ذلك فى الدروسوفلا الخمس صفات الآتية كلها متنحية ومن المجموعة الارتباطية الثانية (كروموزوم ٢)

اسود الجسم مختزل الجناح أرجوانى العين مقوّس الأجنحة ذو بقعة سوداء فى الجناح وعواملها هى على التوالى b و v و p و a و sp

والصفات المضادة لها هى صفات النوع الوحشى wild type وهى سائدة وهذه هى : رمادى الجسم . طويل الجناح . أحمر العين . معتدل الجناح . عـــديم البقعة السوداء على الجناح . وعواملها على التوالى هى B و V و P و A و Sp

ومن التجربة الآتية تظهر النسبة الحاصلة فى الجيل الثانى من تلقيح :

P1 اسود مختزل ارجوانى مقوس ذو بقعة × رمادى طويل أحمر معتدل عديم البقعة

F1 كله رمادى طويل أحمر معتدل عديم البقعة

F2 ٣ رمادى طويل أحمر معتدل عديم البقعة : ١ اسود مختزل أرجوانى مقوس ذو بقعة

فهذه عشرة صفات فى خمس أزواج متضادة أعطت نسبة كأنها زوج واحد من الصفات فقط ، ولم يحصل توزيع مندلى حر . مما يدل على وجود الارتباط بين هذه الصفات، فالتى تدخل التلقيح منها معاً تبقى متماسكة، وتظهر فى الجيل الثانى مع بعضها لأن عواملها يحملها كروموزوم واحد .

P1 (BVPASp) (BVPASp) × (bvpasp) (bvpasp)

F1 (BVPASp) (bvpasp)

F2 1 (BVPASp) (BVPASp) : 2 (BVPASp) (bvpasp) : 1 (bvpasp) (bvpasp)

ولقد سبق أن عرفنا الارتباط بأنه هو التماسك الموجود بين الصفات التى يحمل عواملها كروموزوم واحد. إلا أن التجارب العملية أظهرت أن الارتباط بين الصفات ليس تاماً فى كل الحالات التى يشاهد فيها. بل الواقع أن الصفات المرتبطة تنفصل عن بعضها. ولم يُعرف الارتباط التام إلى الآن إلا فى حالات شاذة ونادرة منها ذكر الدروسوفلا وأنثى دودة القز

ولقد كان لاكتشاف هذه النتائج العملية التى يظهر منها أن الصفات المرتبطة قد تنفصل عن بعضها البعض أهميـــة كبرى ، إذ أضاف ذلك الاكتشاف دليلا جديداً على أن الكروموزومات هى التى تحمل العوامل الوراثية. بل وأمكن بواسطته أن يستدل على أن كل عامل وراثى خاص

بصفة من الصفات يوجد على الكروموزوم فى منطقة خاصة ثابتة . وتمكن العالم الكبير مورجان ومساعدوه من معرفة موقع العامل على الكروموزوم، وبذلك وضعوا نظرية الترتيب الطولى للعوامل على الكروموزوم، وأيدوها بالتجارب المثبتة لها ، فصـــارت إحدى النقط الهامة فى نظرية الوراثة الكروموزومية

ومن حالات الارتباط المعروفة منذ زمن طويل الحالة التى سبق ذكرها عن بسلة الزهور والتى اكتشفها العالمان بيتسن Bateson و بَنِت Punnett وسميا إذ ذاك بالازدواج . فى هذه الحالة يرى أن الجيل الثانى به عدد كبير من الأفراد « قرمزى الزهرة طويل حبوب اللقاح » وعدد آخر كبير «أحمر الزهرة مستدير حبوب اللقاح » مما يدل مباشرة على وجود ارتباط بين هاته الصفات فلم تكن النسبة الناتجة تدل على توزيع حر للصفات المذكورة

على أن الارتباط لو كان تاماً بين كل صفتين دخلتا التلقيح معاً لوجب أن يكون الجيل الثانى مكوناً من مجموعتين فقط هما « قرمزى طويل » و « أحمر مستدير » ولكانت النسبة بينهما على التوالى ٣ : ١

إلا أن الجيل الثانى كان فى الواقع هكذا :

٤٨٣١	قرمزى	الأزهار طويل حبوب اللقاح
١٣٣٨	أحمر	« مستدير «
٣٩٠	قرمزى	« « «
٣٩٣	أحمر	« طويل «

يرى من هذا أن الصفتين « قرمزى . طويل » دخلتا فى التلقيح فى أحد الأبوين معاً وبقيتا فى الجيل الثانى متماسكتين معا فى ٤٨٣١ فرداً إلا أنهما انفصلتا فى ٣٩٠ فرداً إذ هناك أفراد قرمزية مستديرة . كما أن الصفتين « أحمر . مستدير » وقد دخلتا التلقيح معاً فى أحد الأبوين بقيتا فى الجيل

الثانى معاً فى ١٣٣٨ فرداً إلا أنهما انفصلتا فى ٣٩٣ فرداً إذ هذه حمراء الأزهار طويلة حبوب اللقاح . فالارتباط فى هذه الحالة ليس تاماً ، وإلا لما ظهرت المجموعتان « قرمزى مستدير » و« أحمر طويل » وإذا نظرنا إلى الصفات المرتبطة أصلا فى المثال المذكور أى صفات الأبوين « قرمزى طويل » و « أحمر . مستدير » لوجدنا مجموعتين كبيرتين فى الجيل الثانى بقيت فيهما الصفات على ما كانت عليه عند دخولها التلقيح

إلا أن هناك مجموعتين أيضا فى الجيل الثانى أخذت كل منهما صفة من احد الأبوين وصفة من الأب الآخر، وذلك لانتقال الصفة « طويل » من ٣٩٠ فرداً « قرمزى الأزهار » وظهورها مع « أحمر » فى المجموعة الأخرى التى عددها ٣٩٣ . ويقال للصفة التى تنفصل عن صفة مرتبطة معها وتنتقل إلى صفة أخرى لم تكن مرتبطة معها بأنها صفة « عابرة » كما تسمى هذه الظاهرة بالعبور crossing over

والعبور يحصل من الجانبين لامن ناحية واحدة فقط فالصفة « طويل » عبرت إلى أفراد « حمراء » فى نفس الوقت التى عبرت فيه الصفة « مستدير » إلى أفراد قرمزية

وعلى ذلك فالجيل الثانى فى هذا المثال به المجاميع الأربعة :—

٤٨٣١ : قرمزى . طويل « مجموعة لم يحصل بها عبور » non - crossovers

١٣٣٨ : أحمر . مستدير « مجموعة لم يحصل بها عبور » non - crossovers

٣٩٠ : قرمزى . مستدير « مجموعة حصل بها عبور » cross - overs

٣٩٣ : أحمر . طويل « مجموعة حصل بها عبور » cross - overs

ويلاحظ أن المجموعتين اللتين حصل فيهما العبور تكادان أن تكونا متساويتين فى عدد الأفراد، كما ينتظر أن يحصل ذلك نظريا

العبور

قد تقدم بنا القول ان الارتباط لايكون تاماً إلا فى حالات نادرة ، وعلى ذلك ففى أكثر حالات الارتباط يحصل العبور أيضا ، وبذلك يصبح الارتباط والعبور فى الواقع وجهين متلازمين لظاهرة واحدة . أذا درس أحدهما درس معه الآخر لظهوره حتما مقترنا به .

على انه من المدهش حقا ان دراسة حالات العبور دلت على انه يحصل دائما بطريقة منتظمة وليس بمحض الصدفة كما سنبينه فيما بعد :

والارتباط يستدل عليه من النسبة الناتجة فى الجيل الثانى إذ أن أى عدد من أزواج الصفات المرتبطة تعطى نفس النسبة التى يعطيها زوج واحد من الصفات المندليـة فى الجيل الثانى أى ٣ : ١ (على شرط أن تكون الصفات السائدة فى أحد طرفى التلقيح والصفات المتنحية فى الطرف الآخر) . على أنه قد اصطلح للكشف عن ارتباط الصفات على أن تؤخذ بعض أفراد الجيل الأول المراد اختبار صفاته ثم تلقح بأفراد متنحيـة للصفات التى تدرس . وهذا الاختبار يماثل بالضبط الاختبار الذى يجرى للكشف عن السائد الأصيل والسائد الخليط لزوج واحد من الصفات المندلية ، اذ الخليط يعطى عند تلقيحه بالمتنحى المزدوج نسلا نصفه سائد الصفة ونصفه متنحى الصفة

وبما ان الصفات المرتبطه تسلك كأنها زوج واحد من الصفات المندلية كما سبق ذكره فأفراد الجيـل الأول الخليطة فى أى عدد من هـذه الصفات المرتبطة تسلك مثل الخليط المندلى تماما عند اختبارها بالمتنحى المزدوج، أى تعطى نسلا نصفه سائد الصفات ونصفه متنحى الصفات . وهذه النسبة فى النسل المذكور ٥٠٪ : ٥٠٪ دليـل واضح على الارتبـاط . ويطلق على تلقيح أفراد الجيـل الأول بالمتنحى المزدوج « التلقيـح الرجعى للمتنحى » ويرمز له اختصارا FR_1 . كما يطلق على النسل الناتج من هذا التلقيح « الجيل

الثانى الراجع للمتنحى » ويرمز له اختصاراً FR_2 . فشلا فى الدروسوفلا (شكل ٢٨)

(١) رمادى الجسم طويل الجناح × اسود الجسم مختزل الجناح P_1

(bv) (bv) (BV) (BV)

رمادى الجسم طويل الجناح F_1

(BV) (bv)

(٢) إذا أخذ بعض ذكور من الجيل الأول المذكور ولقحت بأناث متنحية أى سوداء الجسم مختزلة الجناح كان هذا التلقيح FR_1 وهو اختبار لمعرفة ارتباط الصفات هكذا :

FR_1 ♂ (BV) (bv) × (bv) (bv) ♀

FR_2 (BV) (bv) : (bv) (bv)

ويرى من هذا ان النسل FR_2 يكون بنسبة ٥٠٪ سائد : ٥٠٪ متنحى

على أنه اذا أخذت أناث من الجيل الأول ولقحت بذكور سوداء مختزلة كانت النتيجة مخالفة للحالة السابقة ولما هو منتظر إذ بدلا من ظهور مجموعتين فى FR_2 « رمادى طويل » و « اسود مختزل » بنسبة النصف من كل منهما يظهر فعلا أربع مجموعات، رمادى . طويل » و « رمادى مختزل » و« اسود مختزل » و « اسود طويل » وعلى ذلك فقد حصل العبور فى هذه الحالة (شكل ٢٩) فاذا عُدّت الأفراد التى بكل مجموعة كانت نسبتها المئوية من عدد أفراد الجيل

٥ر٤١ ٪ رمادى طويل
٥ر٤١ ٪ اسود مختزل
} لم يحصل عبور فى هاتين المجموعتين

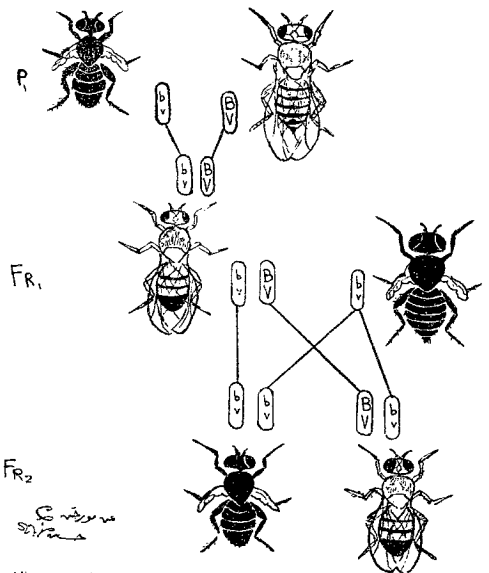
٥ر٨ ٪ اسود طويل
٥ر٨ ٪ رمادى مختزل
} حصل العبور فى هاتين المجموعتين

هذه المجاميع الأربع لا بد أنها نشأت من اختلاف بويضات الأم وذلك لأن سبرمات الذكر كلها من تركيب عاملى واحد وهو (bv)

وهذه المجاميع الأربعة لا بد أنها نشأت من اختلاف بويضات الأم وذلك لأن سبرمات الذكر كلها من نوع واحد فى تركيبها العاملى وهو (bv) وبما أن هذه المجاميع ظهرت بالنسبة المذكورة فتكون بويضات الأم هى أيضا قد تكونت بنفس النسبة وتركيبها

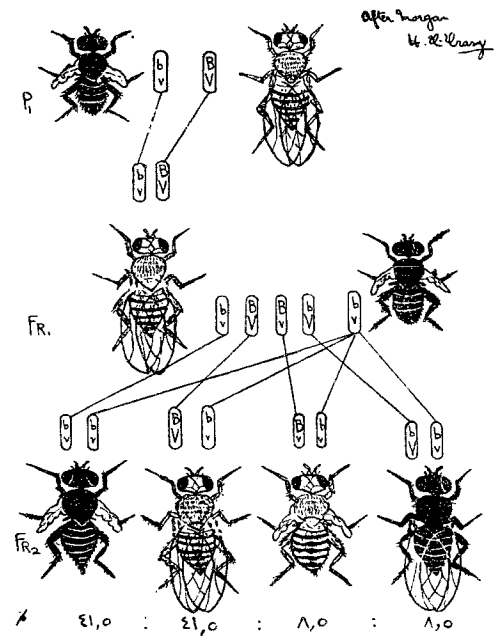
٥ر٤١ ٪ (Bv) : ٥ر٨ ٪ (bV) : ٥ر٤١ ٪ (bv) : ٥ر٨ ٪ (BV)

و بأخصاب هذه البويضات تنتج الأربعة مجاميع التى بالجدول الآتى



شكل ٢٨ — نتيجة التلقيح الرجعى بين ذكر خليط من الجيل الاول (ناتج من تلقيح الاسود المختزل الجناح مع النوع الوحشى) وبين انثى متنحية مزدوجة

بويضات		سبرمات	أفـــراد	
(BV)	٤١٫٥ ٪	(bv)	٤١٫٥ ٪	(BV) (bv)
(bv)	٤١٫٥ ٪	(bv)	٤١٫٥ ٪	(bv) (bv)
(bV)	٨٫٥ ٪	(bv)	٨٫٥ ٪	(bV) (bv)
(Bv)	٨٫٥ ٪	(bv)	٨٫٥ ٪	(Bv) (bv)



شكل ٢٩ — نتائج التلقيح الرجعى بين انثى خليطة من الجيل الاول (نتجت من التلقيح بين الاسود المختزل الجناح مع النوع الوحشى) وبين ذكر أسود مختزل الجناح .

ويرى من ذلك أن العبور حصل فى ١٧ ٪ من أفراد الجيل المذكور، ويقال أن قيمة العبور بين أسود ومختزل ١٧ ٪ .ويتلو ذلك بداهة أن قيمة العبور بين رمادى وطويل ١٧ ٪ أيضاً . وتسمى قيمة العبور هـــذه واختصاراً (c. o. v.) crossing - over value ومعنى أن قيمة العبور بين اسود ومختزل ١٧ ٪ أن هاتين الصفتين، إذا دخلتا معاً فى تلقيح ما، تبقيان متماسكتين كذلك فى النتائج فى ٨٣ ٪ من عدد الأفراد ولكن تنفصلان فى ١٧ ٪ من عدد هذا النتاج حيث تحل الصفة المضادة محل كل منهما

وإذا أعيدت هذه التجربة فى سلالة ذات عمر واحد وتحت ظروف بيئة واحدة يرى أن قيمة العبور ثابتة فهى دائماً ١٧ ٪

ومما يدعو إلى الدهشة أن الانتظام فى حصول العبور وفى ثبات قيمته لا يتغير إذا تغيرت الصفات التى تدخل التلقيح معا . مثال ذلك (شكل ٣٠)

P1 أسود الجسم طويل الجناح × رمادى الجسم مختزل الجناح

F1 رمادى الجسم طويل الجناح

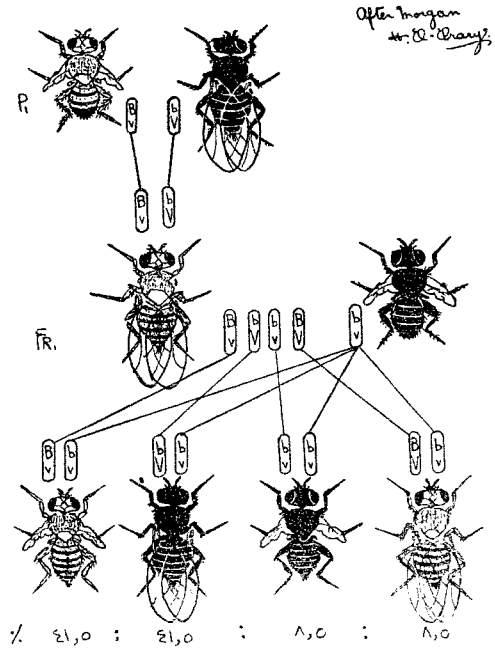
إذا أخذت أنثى من الجيل الأول هذا ولقحت تلقيحاً رجعياً من ذكر أسود مختزل كان الناتج أربعة مجموعات بالنسب المئوية الآتية

٤١٫٥ ٪ أسود . طويل
٤١٫٥ ٪ رمادى . مختزل
} لم يحصل عبور فى هاتين المجموعتين

٨٫٥ ٪ أسود . مختزل
٨٫٥ ٪ رمادى . طويل
} حصل العبور فى هاتين المجموعتين

فيرى من ذلك أن قيمة العبور وهى ١٧ ٪ لم تتغير . أو بمعنى آخر أنه لافرق بالمرة بين دخول « اسود » و « مختزل » فى تلقيح ماعلى كروموزوم واحد، وبين دخول كل منهما على كروموزوم بمفرده، فالنتيجة واحدة وهى أنهما يعبران دائما بنسبة ثابتة تحت الظروف الواحدة . ومما لا يحتاج

لبيان انه لايحصل عبور فى الحالة السابقة لو أخذ ذكر من الجيل الأول لتلقيح أنثى متنحية (شكل ٣١)



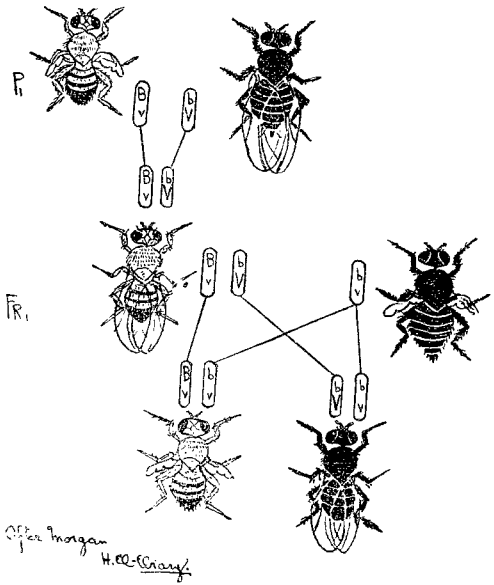
شكل ٣٠ — نتائج التلقيح الرجعى بين أنثى من الجيل الاول (نتجت من تلقيح الرمادى المختزل الجناح بالأسود الطويل) وبين ذكر أسود مختزل الجناح.

وفى دراسة العبور بين الصفات المرتبطة وجد أن لكل صفتين مرتبطتين قيمة عبور خاصة وثابتة . فمثلا

فى الدروسوفلا « ابيض العين » و « اصفر الجسم » صفتان مرتبطتان

معا ومرتبطتان بالجنس أذ يحمل عاملاهما على الكروموزوم الجنسى X

فاذا لُقحت أنثى بيضاء العين صفراء الجسم بذكر أحمر العين رمادى الجسم كان الجيل الأول أناثه حمراء العين رمادية اللون . وإذا أخذت أنثى



شكل ٣١ — نتائج التلقيح الرجعى بين ذكر خليط من الجيل الاول (ناتج من تلقيح الرمادى المختزل الجناح مع الاسود الطويل) وبين انثى سوداء مختزلة الجناح

من هذا الجيل ولقحت تلقيحا رجعيا بذكر ابيض العين أصفر اللون نتج من هذا التلقيح النسل الآتى وبالنسب المئوية المذكورة بعد : (شكل ٣٢)

٤٩و٢٥ ٪ أبيض . أصفر
٤٩و٢٥ ٪ أحمر . رمادى
} المجاميع غير العبورية

شكل ٣٢ — نتائج التلقيح بين أنثى صفراء الجسم بيضاء العين وذكر من النوع الوحشى رمادى الجسم أحمر العين فى حشرة الدروسوفلا .

٠و٧٥ ٪ أبيض . رمادى
٠و٧٥ ٪ أحمر . أصفر
} المجاميع العبورية

P_1 (ywX)(ywX) × (VWx) y

F_1 (VWx)(ywX) : (ywx) y

F_1 ♀ Gam. (VW x) : (ywx) : (VwX) : (yWx) . ♂ جاميطات

٧٥و٠٪ ٤٩و٢٥٪

أفراد F_{R1}	سبرمات	بويضات
(VWX) ٪ (VWX) : (ywx) y ٪ ٤٩و٢٥	Y : (ywx)	(VWX) ٪ ٤٩و٢٥
(yw X) (yw) : (ywX) y ٪ ٤٩و٢٥	Y : (ywx)	(ywX) ٪ ٤٩و٢٥
(V w X) (ywx) : (Vwx) y ٪ ٠٠و٧٥	Y : (ywx)	(VwX) ٪ ٠٠و٧٥
(y W X) (ywx) : (yW) y ٪ ٠٠و٧٥	Y : (ywx)	(yW) ٪ ٠٠و٧٥

فنسبة العبور هنا بين أبيض العين وأصفر الجسم هى ١و٥ ٪ فقط

وإذا دخلت هذه الصفات فى التلقيح بترتيب آخر لا تتغير نسبة العبور بل تبقى ثابتة. فمثلا أحمر العين أصفر الجسم × أبيض العين رمادى الجسم يعطى اناثا فى الجيل الأول حمراء العين رمادية الجسم ، وإذا لقحت أنثى من هذا الجيل تلقيحاً رجعياً بذكر أبيض العين أصفر الجسم كان الناتج هكذا :

٤٩و٢٥ ٪ أحمر . أصفر
٤٩و٢٥ ٪ أبيض . رمادى
} مجاميع غير عبورية

٠و٧٥ ٪ أحمر . رمادى
٠و٧٥ ٪ أبيض . أصفر
} مجاميع عبورية

ويرى من هذه التجربة أن قيمة العبور لم تتغير بتغير التراكيب الملقحة معاً

وكذلك إذا درست صفة أخرى مرتبطة مع أبيض العين نرى أن لها مع أبيض العين نسبة عبور خاصة بهما وهى نسبة ثابتة لها أيضاً ومثال ذلك ضئيل الجناح miniature wing صفة من صفات الدروسوفلا المرتبطة بالجنس فهى مثل أبيض العين عاملها يحمله الكروموزوم الجنسى X وهى مثلها أيضا صفة متنحية (الجناح الضئيل يكاد طوله يزيد قليلا عن نصف طول الجناح المعتاد ولونه غامق نوعاً وهى صفة أخرى غير مختزل الجناح المعروفة) . والتجربة الآتية يرى منها نسبة العبور بين هاتين الصفتين

(١) ♀ بيضاء العين ضئيلة الجناح × ♂ احمر العين طويل الجناح P1
إناث حمراء العين طويلة الجناح : ذكور بيضاء العين ضئيلة الجناح F1

(٢) التلقيح الرجعى لأنثى من الجيل الأول

♀ حمراء العين طويلة الجناح × ♂ أبيض العين ضئيل الجناح FR1

٣٣٠٥ . ٠ أبيض . ضئيل
٣٣٠٥ . ٠ أحمر . طويل
} مجاميع غير عبورية FR2

١٦٠٥ ٪ أبيض . طويل
١٦٠٥ ٪ أحمر . ضئيل
} مجاميع عبورية

ويرى أن نسبة العبور بين أبيض وضئيل هى ٣٣ ٪ وهذه النسبة دائما ثابتة ما دامت الظروف واحدة

ونسبة العبور بين أى صفتين تتخذ مقياساً بطبيعة الحال لقوة الارتباط بينهما إذ أنها تعطى النسبة المئوية للانفصال بين هاتين الصفتين فمثلا :

أسود ومختزل نسبة العبور بينهما ١٧ ٪ (تبقيان متماسكتين ٨٣٪)
ابيض واصفر « ١و٥ ٪ (« « ٩٨و٥٪)
أبيض وضئيل « ٣٣ ٪ (« « ٦٧٪)

اذاً فالارتباط أقوى فى حالة « أبيض وأصفر » منه فى حالة « واسود ومختزل » وهو هنا أقوى منه فى حالة « ابيض وضئيل »

وقد جرى الاصطلاح على اعتبار أن الارتباط قوى إذا كانت نسبة العبور ١ ٪ أو أقل . فمازاد عن ذلك يعتبر ضعيفا .

وقد أدت دراسة حالات العبور وكيفية حصوله الى البحث عن حالة موازية له فى الكروموزومات ، أذ الصفة التى ترتبط بأخرى يكون عاملاهما على كروموزوم واحد . وعلى ذلك فلا يمكن حصول العبور وانفصال احدى الصفتين عن الأخرى إلا اذا انتقل عامل أحداهما من الكروموزوم الأصلى وحل محله عامل الصفة العابرة . أو بمعنى آخر اذا كانت عوامل الصفات محمولة حقاً على الكروموزومات (وقد توفرت الأدلة على صحة ذلك) فلا يمكن أن يحصل تبادل فى الصفات المرتبطة إلا إذا حصل تبادل فى مادة الكروموزومات المتماثلة .

ولقد قدم الدليل السيتولوجى على حصول تبادل فى الكروماتين ، بين أزواج الكروموزومات المتماثلة، عدد من العلماء المعروفين منهم مورجان Morgan وجانسن Janssens وروبرتسون Robertson وفنريش Wenrich

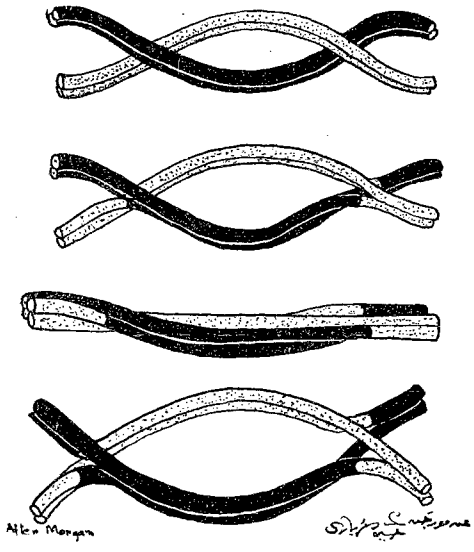
وبلاو Plough ، وهذا الأخير أظهر عند دراسته سلوك الكروموزومات فى الدروسوفلا أن تبادل الكروماتين يحصل أثناء دور ا ٌو للبويضات أى قبل الانقسام ، وقد أمكن الباقون أن يتتبعوا كل كروموزوم على حدته فى الحالات التى درسوها وأثبتوا أنه قبل أن تدخل الخلايا الجرثومية فى دور انقسامها الاختزالى يستطيل كل كروموزوم ثم يتقارب فردا كل زوج متماثل من بعضهما حتى يلتصقا من أحد طرفيهما ثم يستمر الالتصاق تدريجاً على طول جسميهما بحيث يأخذ شكلا حلزونيا عند تمام التصاقهما ويسمى هذا الدور Sinapsis ، والتصاق جسمى الزوج المتماثل يجيز حصول التبادل فى الكروماتين بين الكروموزومين قبل أن ينفصلا ثانيا (شكل ٣٣)

وقد أشار هؤلاء الباحثون إلى أن كل كروموزوم يتركب من عدد ثابت من الحبيبات تسمى الكروموميرات Chomomeres وهى دائماً فى موضع ثابت ولها حجم وشكل خاص يميز بينها . وأهمية ذلك لا تخفى فى دراسة العوامل الوراثية وترتيبها الطولى المماثل تماماً لترتيب الكروماتين فى هذه الحبيبات .

ولقد أظهر فنريش Wenrich ان للكروموزومات غشاء خاص يحيط كل واحد منها على الدوام ، وفى كل دور تكون فيه الخلية، إلا فى دور واحد فقط وذلك عندما تستطيل هذه الكروموزومات وتستدق وتتقارب وتلتصق معا . ومن هنا يتضح أنه يسهل حصول العبور فى هذا الدور وأنه لا يمكن أن يحصل فى أى دور آخر .

كما ان جانسن ومورجان أظهر كل منهما انه عند افتراق الكروموزومين المتماثلين عن بعضهما يبدأ هذا الافتراق من أحد الطرفين بمستو مستقيم بصرف النظر عن الوضع الحلزو الذى كانا عليه عند التصاقهما معاً .

ويتضح مما تقدم ان الدليل السيتولوجى يؤيد التجارب العملية فيما



شكل ٣٣ - رسم تخطيطى يبين الحالات التى تنشأ من التفاف كروموزومين متماثلين ثم افتراقهما من بعضهما

تشير إليه من حصول تبادل فى الكروماتين ينتج عنه تبادل فى الصفات المرتبطة . ولا شك انه كلما تقدم البحث السيتولوجى وكثرت دراساته كلما توافرت أدلة جديدة على حصول التبادل الفعلى .

على ان الأدلة التى تستمد من التجارب الوراثية تظهر بأقوى بيان صحة حصول هذا التبادل بين فردى كل زوج متماثل من الكروموزومات . وقد ظهر أيضاً من التجارب المذكورة أن التبادل لا يكون قاصرا على نقطة واحدة فى الكروموزوم بل انه يشمل كتلة بأكملها تنتقل من كروموزوم

ما الى الكروموزوم المماثل له ، وفى نفس الوقت يحل محلها كتلة من هذا الكروموزوم الأخير ، وتكون الكتلتان متساويتين طولا وحجما بطبيعة الحال .

وفى دراسة حالات العبور دليل قاطع على ان عوامل الصفات توجد على الكروموزومات بحيث ان كل عامل منها له منطقة خاصة ثابتة . والمثل الآتى يوضح مانقول :

أنثى الدروسوفلا الخليطة الناتجة من تلقيح اسود مختزل الجناح برمادى طويل الجناح لها كروموزومان «٢» أحدهما من الأب المتنحى الصفتين والآخر من الأب الرمادى طويل الجناح . هذان الكروموزومان متماثلان تماماً فى الشكل والحجم والطول وعدد الحبيبات ، وعلى الأول منهما يوجد العاملان (bv) وعلى الثانى يوجد العاملان (BV) .

ومن المحال أن يحصل عبور ينتج عنه أن b ينفصل عن الكروموزوم الذى يحمله ليحل محل B بينما يحل هذا محله إلا إذا كان كل من هذين العاملين موجود فى منطقة خاصة ثابتة بحيث ان المنطقة التى يوجد بها B على أحد الكروموزومين تكون مقابلة وموازية تماماً للمنطقة التى يقع عليها b فى الكروموزوم الآخر .

ويمكن وضع ذلك فى صيغة عامة نصها « أن أى زوج أليلومورف من العوامل يُحمل على زوج متماثل من الكروموزومات ، بحيث انه اذا كان العامل السائد محمولا على منطقة خاصة فان العامل المتنحى يكون موجودا أيضاً ، على نفس هذه المنطقة من الكروموزوم الثانى »

أما وقد استمد الدليل على الترتيب الطولى للعوامل الوراثية المحمولة على كروموزوم واحد من نتائج تجارب التربية ومن البحث السيتولوجى أيضاً كما ثبت أن للعامل الواحد منطقة ثابتة لا تتغير ، فمن الممكن قياس المسافة التى بين عامل وآخر يحملهما كروموزوم واحد إذ انه من الواضح

انه لو كانت المسافة بين هذين العاملين بعيدة لكان الارتباط بينهما قليلا ولزاد احتمال انفصالهما بالعبور ، أما لو كانت المسافة المشار اليها صغيرة لكان حصول العبور أقل احتمالا ولكان الارتباط شديدا .

فاذا عُرفت الصفات التى تكوّن معاً مجموعة ارتباطية واحدة وعرف الكروموزوم الذى يحمل عوامل هذه الصفات أمكن بعد ذلك وضع تخطيط نسبى للكروموزوم يعيّن به موضع كل عامل ورائى ، وذلك من معرفة قيمة العبور بين هذا العامل وأى عاملين آخرين فى المجموعة المذكورة . ومما يستوقف النظر ان نسبة العبور بين أى عاملين من هذه الثلاث عوامل تدل على حالة مشابهة تماماً للعلاقة الهندسية التى توجد بين ثلاث نقط تقع على خط مستقيم ، ذلك انه إذا فرضنا ثلاث نقط ا ، ب ، حـ على استقامة واحدة فان المسافة التى بين ا ، حـ هى إما حاصل جمع أو باقى طرح الرقمين الدالين على المسافة بين ا ، ب ثم بين ب ، حـ وهذا هو الحاصل فعلا من حساب قيمة العبور بين أى ثلاث عوامل على كروموزوم واحد .

ومن هذا التطابق لا يمكن تفسير العلاقة التى توجد بين العوامل الوراثية الموجودة على كروموزوم ما إلا بالوضع الهندسى المشار إليه وهو أنها مرتبة طولياً على خط مستقيم .

ومثال ذلك ان أصفر الجسم وأبيض العين وملتحم العروق هى ثلاث صفات متنحية ومرتبطة بالجنس فى الدروسوفلا (*) وقيمة العبور بينها هى :

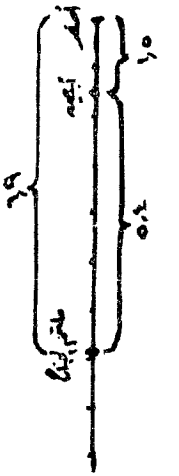
١ر٥ ٪ بين أصفر الجسم وأبيض العين
٤ر٥ ٪ بين أبيض العين وملتحم العروق
٦ر٩ ٪ بين أصفر الجسم وملتحم العروق

ومن الواضح جداً ان هذه الأرقام تدل على وضع هذه العوامل كأنها على خط مستقيم ، فاذا رسم خط طولى وقسّم إلى عدة أقسام متساوية

(*) ملتحم العروق bifid صفة يحصل فيها أن العروق الطولية للاجنحة تلتحم معاً ولا تصل للحافة

ووضعت نقطة فى أعلا الخط المذكور لتعين موقع العامل أصفر الجسم فان العامل أبيض العين يقع أسفل النقطة السابقة بمقدار قسم ونصف قسم من هذه الأقسام المتساوية ، كما ان العامل ملتحم العروق يعين موقعه على بعد ٦٫٩ قسما من أصفر الجسم و ٤٫٥ قسما من أبيض العين ولذا لا بد أن يكون الى الجنوب من كل منهما .

ومما يجدر بالذكر أن الاقسام المتساوية ، التى تعين حدودها على خط



مستقيم يرسم رمزاً لأى كروموزوم ، يسمى كل واحد منهما «مورجان» .

ولقد تمكن مورجان من وضع تخطيط نسبى لكروموزومات الدروسوفلا بالطريقة التى شرحناها وذلك من تعيين مواقع كل ثلاث عوامل معاً مرة واحدة ولهذا تسمى هذه الطريقة بالتجربة ذات الثلاث نقط

ولقد تحاشى مورجان الخطأ الذى ينشأ من العبور المزدوج بأخذ

الصفات التى بينها نسبة عبور صغيرة أى التى تكون عواملها متقاربة فى وضعها

هذا والعبور المزدوج ، الذى تكررت الاشارة إليه ، فهو الذى يحصل عندما يتمزق الكروموزوم فى مستويين اثنين فى وقت واحد ، وقد عرف حصول هذا العبور المزدوج من دراسة مجاميع الصفات المرتبطة التى تزيد عواملها عن اثنين

فاذا فرض أن كروموزوم ما يتكون من المناطق التى تقع عليها العوامل ا ب ح ى هـ و م ن ك ل وكلها عوامل سائدة وأن الكروموزوم الثانى المماثل له يحمل العوامل المتنحية أَ بَ حَ ىَ هَ وَ مَ نَ كَ لَ فان العبور قد يحصل بحالة من الحالات الثلاث الآتية :

(١) قد يحصل تبادل فى الكروماتين نتيجة انفصال منطقة من كل من الكروموزومين فى مستوى واحد مثل هـ

ا ب ح ى هـ و م ن ك ل

أَ بَ حَ ىَ هَ وَ مَ نَ كَ لَ

وبذلك يخرج الكروموزوم الأول وبه المناطق أَ بَ حَ ىَ هَ و م ن ك ل والكروموزوم الثانى ينفصل وبه المناطق ا ب ح ى هـ وَ مَ نَ كَ ل

ومن البديهى أن الكتلة الكروماتينية التى تنفصل عن كل من الكروموزومين يختلف حجمها وطولها وذلك تبعاً لحصول الانفصال والتمزق عند المناطق المختلفة فالكتلة التى تنفصل عند هـ مثلا أكبر من تلك التى تنفصل عند ح وهكذا

(٢) قد يحصل تبادل كروماتينى نتيجة انفصال كتلتين من طرفى كل كروموزوم وذلك إذا حصل التمزق فى مستويين اثنين ويسمى عبور

العوامل فى هذه الحالة بالعبور المزدوج فمثلا لو حصل التمزق والانفصال عند مستوى المنطقتين حـ ز ح فى وقت واحد فان المناطق يتبادلها الكروموزومان بالكيفية الآتية :

ا ب حـ ز هـ و م ح ك ل

ا ب حـ ز هـ و م ح ك ل

(٣) قد يحصل العبور وتبادل الكروماتين فى أكثر من منطقتين فى وقت واحد، وليس هنالك ما يمنع من حصول ذلك ولو من الوجهة النظرية على الأقل، ويسمى العبور فى هذه الحالة بالعبور عديد المناطق

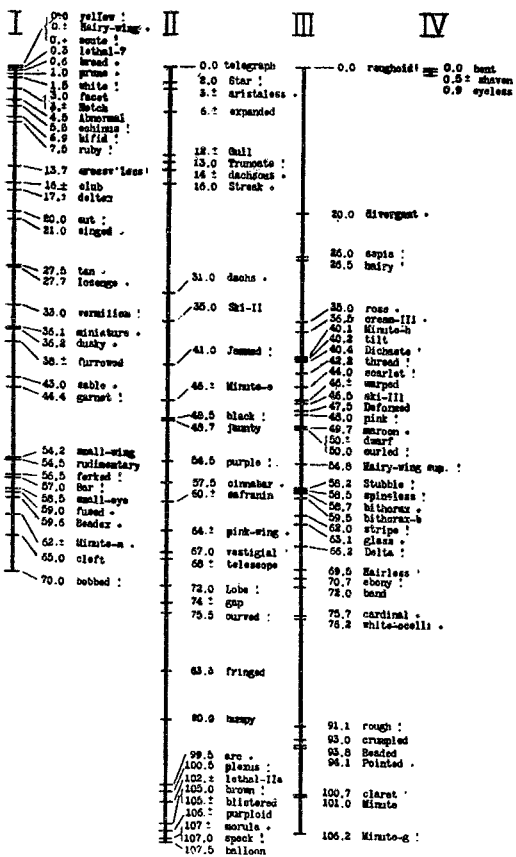
ولقد وجد من الابحاث المستفيضة عن العبور المزدوج أن تبادل الكروماتين يحصل فعلا وحقيقة بين كتل متساوية من الكروموزومات المتماثلة كما سبق أن ذكرنا . ويتبع ذلك بداهة أن حصول العبور فى منطقة ما يحمى المناطق المجاورة لها من حصول عبور آخر فيها فمثلا إذا حصل تمزق وانفصال فى الكروموزومين الآتي تخطيطهما عند المنطقة الواقعة بين ز ح هـ

ا ب حـ ز هـ و م ح

ا ب حـ ز هـ و م ح

فأن جميع العوامل التى على يمين ز تنتقل معها ولذا لا يمكن أن يحصل عبور بين أى عامل منها وبين عامل آخر يقع على يسار هـ أو بمعنى آخر أن حصول العبور بين منطقتى العاملين ز ح هـ يحمى المناطق التى على يمين أحد العاملين والتى على يسار الآخر أيضاً

وفى (الشكل ٣٤) رسم تخطيطى لكروموزومات الدروسوفلا كما وضعه مورجان وتسمى هذه الرسوم بالخرائط الكروموزومية



شكل ٣٤ — الخريطة الكروموزومية للدروسوفلا (after Morgan)

الباب الثامن

العلاقة بين العوامل والصفات

لقد تقدمنا بذكر الأدلة القوية التى ترتكز عليها نظرية الوراثة بالكروموزومات، تلك النظرية التى استمدها مورجان ومساعدوه من نتائج تجارب التربية ودراسة سلوك الصفات، على أن هذه الأدلة استنتاجية وليست حسية.

أما لاثبات أن هناك علاقة حقيقية بين الكروموزوم والصفة فيجب أن يعدم كروموزوم خاص فلا تظهر الصفة التى يحمل عاملها هذا الكروموزوم. ولم يقم أحد للآن بمثل هذه التجربة. إلا أن الطبيعة قد تهيأت لها الوسائل للقيام بها فى أحوال خاصة، ذلك أن نتائج التربية تستمر عادية مادام الوضع الكروموزومى عادياً فاذا اختل هذا الوضع زيادة أو نقصاً أعطت تجارب التربية نتائج شاذة.

فى مثل هذه الحالات يلجأ الباحث عن أسباب الشذوذ الى دراسة التركيب السيتولوجى للأفراد الشاذة فيجد فى هذا التركيب مايؤيد ويفسر النتائج غير العادية التى حصل عليها.

وأمثلة ذلك عديدة قررها كثير من العلماء ونكتفى بذكر بعض منهافقط فى مجال البرهان على وجود العلاقة الفعلية بين الكروموزوم والصفة.

من هذه الأمثلة أن بردجز Bridges وهو يدرس لون العين المسمى « باهت » Pale فى الدروسوفلا اكتشف أن قطعة من الطرف الأيمن

للكروموزوم ٢ ملتصقة بالطرف الأيمن للكروموزوم ٣، والفرد الذى به كروموزوم ٢ الناقص وكروموزوم ٣ الملتصق به الجزء الناقص من ٢ لايختلف شكلا عن النوع الوحشى المعروف. أما إذا كان هذا الفرد أصيلا فى لون العين المسمى أيوسينى eosin ظهر هذا اللون باهتاً. ولو لقحت أنثى وحشية عادية من ذكر بهذا الشذوذ الكروموزومى لكان النسل كالآتى*:

(١) ربع جاميطات الذكر تحتوى الكروموزومين الشاذين (٢ — ٣ + ٤) وهذه ينشأ عنها أفراد باهتة.

(٢) وربع جاميطات الذكر عادية الكروموزومات (٢ ٣ ٤) وهذه تنتج نسلا وحشياً عادياً.

(٣) وربع جاميطات الذكر تحتوى (٢ معتاد ٣ ٤ +) وينشأ عن هذه أفراد تختلف عن النوع الوحشى فى صغر حجم عيونها وفروق ثانوية أخرى.

(٤) والربع الأخير من جاميطات الذكر تحتوى (٢ — ٣ ٤ عادى) وكل الزيجوتات الناشئة منها تموت وربما كان ذلك لنقص عوامل وراثية أو لتغيير كبير فى التركيب العاملى.

حقق بردجز هذه النتائج الشاذة وعرف أسبابها بالفحص السيتولوجى فوجد النقص فعلا فى طرف الكروموزوم ٢ كما شاهد الالتصاق بطرف الكروموزوم ٣، وقد ذكر جيلى Gelei أن الوقت الذى يحصل فيه ذلك فى الكروموزومين المذكورين هو أثناء الدور الضام pachytene فى الانقسام الاختزالى للخلايا الجرثومية إذ تلتوى أطراف كل كروموزوم وتتجه تلك الأطراف اتجاهاً قطبياً فى الخلية فقد يحصل عند التوائها أن يلتف طرف

---

* — (٢) علامة تستعمل للدلالة على كروموزوم ٢ الناقص

\+ (٣) » » » » » ٣ الملتصق به قطعة من كروموزوم ٢

كروموزوم بطرف آخر مكوناً عقدة وبذلك يتمزق الطرف المذكور وينفصل عن كروموزومه الأصلى . وتعرف أيضاً ظاهرة الالتصاق هذه بالانتقال translocation . وهناك نوع آخر من الشذوذ الكروموزومى يوجد فيه ، فضلا عن الكروموزومات العادية للفرد ، جزء من أحد هذه الكروموزومات زائداً وفى غير موضعه العادى . ولقد اكتشف بردجز Bridges وغيره من العلماء هذه الحالة فى الدروسوفلا ووجدا أنها تغير النسب الوراثية المنتظرة تغيراً ظاهراً .

كما ان بردجز Bridges وستورتفانت Sturtevant اكتشفا عكس الظاهرة السابقة ، أى وجود نقص فى جزء من كروموزومات الدروسوفلا Dificiency ، ووجدا ان نتيجة هذا النقص هى الحصول على نسب مخالفة للنسب المنتظرة فى التجارب التى كانا يقومان بها .

ويقصد بالنقص إما فقد أو شلل فى كتلة من الكروموزوم يمكن معرفتها وقياسها . وإما فقد أو شلل فى الكروموزوم باجمعه . فى الحالة الأولى تسمى الظاهرة نقصاً منطقياً Sectional deficiency وفى الثانية تسمى نقصا كليا Chromosme deficiency

ومن أمثلة النقص الكلى المسبب عن شلل كروموزوم بأكمله حالة الكروموزوم الجنسى y الذى يوجد مورفولوجيا إلا انه غير عامل فسيولوجيا (شلل فسيولوجى) إذ قد استدل من براهين قاطعة أنه لا يحمل عوامل وراثية كما سنشير لذلك فى موضع آخر .

أما النقص الكلى المسبب عن فقد كروموزوم باكمله فقد اكتشفه بعض الباحثين وأشهر أمثلته الحالة التى وصفها بروجز Bridges عن الدروسوفلا الضئيلة الشعيرات كما سماها Diminished Bristles وهى أفراد أقل حجما من النوع الوحشى وشعيراتها أقصر وأقل سمكا ولون جسمها فاتح وبالمنطقة الصدرية لها علامة غامقة والأعين أكبر ولو ان شعيراتها أقصر منها فى النوع الوحشى أما الأجنحة ففتوحة قليلا وليست شفافة تماماً وهذه

الأفراد خصبها أقل من خصب النوع الوحشى والعقم بها كثير الحصول كما انها تنمو ببطء والوفيات فيها عالية النسبة وهذه الصفات تظهر كلها فى الجيل الأول لتلقيح ضئيل الشعيرات بالنوع الوحشى أى انها صفات سائدة إذ كما ان تلقيح « ضئيل » بمثلها ينتج نسبة ٥٠ ٪ منها و ٥٠ ٪ من النوع الوحشى ، مما يثبت ان « ضئيل » له تأثير مميت يشبه تأثير اللون الأصفر فى الفأر ويظهر تأثيره هذا لو وجد عامله فى حالة زوجية . وكل الصفات التى تميز « ضئيل الشعيرات » تظهر دائما معاً مما يدل على أنه لا يحصل عبور فى هذه الصفات . كما ان هذه الأفراد تسلك سلوكا شاذاً بالنسبة لصفات المجموعة الارتباطية الرابعة . وبالفحص السيتولوجى لخلاياها اتضح ان أحد كروموزومى الزوج الرابع غير موجود ، وهذا الفحص هو الذى عرف منه ان الكروموزوم الرابع يحمل عوامل هذه المجموعة الارتباطية . كما وجد أيضا من التجارب الوراثية أن « ضئيل الشعيرات » غير مرتبط الصفة بالجنس وغير مرتبط بصفات المجموعة الارتباطية الثانية ولا بالمجموعة الثالثة .

هذا واكتشاف بردجز لوقوع عوامل المجموعة الرابعة الارتباطية على زوج الكروموزومات الرابع قد أضاف دليلا آخر ظاهر التأييد للنظرية الكروموزومية .

وتنتج الأنثى « ضئيلة الشعيرات » نوعين من البويضات أحدهما به الكروموزوم الرابع الفردى والآخر ليس به كروموزوم رابع بالمرة .

والنوع الأول من البويضات عادى أما النوع الثانى الذى لا يوجد به كروموزوم ٤ فانه لو أخصب بسبرمات تحمل عوامل متنحية من المجموعة الرابعة الارتباطية ، تظهر هذه الصفات المتنحية فى الأفراد الناشئة عن هذا الاخصاب .

أما الذكر « ضئيل » فينتج بالمثل نوعين من السبرمات مماثلة للبويضات المذكورة فى تركيبها الكروموزومى وفى مسلكها أيضا .

فاذا لقح ذكر أنثى وكل منهما به الكروموزوم الرابع فردياً فالمنتظر أن ينتج ٢٥ ٪ من نسلهما بدون كروموزوم رابع بالمرة ، إلا أن التجارب العملية تدل على عدم وجود مثل هذه الأفراد فى النسل . والنسبة الحاصلة تثبت موت هذه الأفراد كما فى الشكل

من هذا التحليل يرى أن ربع النسل يموت كما أن ثلث النسل الحى يكون عاديا والثلثان « ضئيل الشعيرات » . والسبب فى موت ربع النسل الذى كان ينتظر ظهوره هو نقص فى تركيب أعضاء الأجنة ناشىء من عدم وجود العوامل الوراثية التى يحملها الزوج الرابع من كروموزومات الأفراد لغياب هذا الزوج من تركيب هذه الأجنة .

ولكى يمكن أن نتتبع كيف تظهر نتائج شاذه فى الحالات الوراثية نتيجة نقص هذا الكروموزوم الرابع نعطى المثال الآتى :

« عديم العيون » eyeless صفة وراثية متنحية يحمل عاملها على الكروموزوم الرابع من كروموزومات الدروسوفلا . والصفة المقابلة لها وتسود عليها هى « وجود العيون » . وهذه الحالة حالة مندلية معتادة تنطبق على كيفية وراثة صفتين يكونان معاً زوجا أليلومورفياً من الصفات .

فاذا لقح ذكر معتاد ذو عيون انثى عديمة العيون مثلا كان الجيل الأول كله ذا عيون أما الجيل الثانى فثلاثة أرباعه ذات عيون وربعه الباقى أفراد عديمة العيون، وهذه النتائج صحيحة فى الأحوال العادية التى لا يوجد بها شذوذ فى التركيب الكروموزومى للابوين، أى ان الذكر ذو العيون والأنثى عديمة العيون كل منهما يملك الزوج الرابع من الكروموزومات

أما إذا كان أحدهما لا يملك إلا كروموزوما واحداً من هذا الزوج فعند تلقيحه بالآخر يعطى نتائج مخالفة لما سبقت . مثال ذلك إذا لقح ذكر ضئيل ذو عيون أنثى أو عدة أناث عادية عديمة العيون كان نصف النسل الناتج عديم العيون . هنا ظهرت فى الجيل الأول صفة متنحية محل الصفة السائدة فى الحالات المعتادة ، وتعرف هذه الحالة الشاذة بحالة السيادة الكاذبة False dominance . ويمكن معرفة سبب ظهور السيادة الكاذبة من تحليل الحالة بالعوامل كالمعتاد . إذا فرض أن عديم العيون عاملها ey يكون وجود العيون Ey وبذلك فالذكر الضئيل تركيبه العاملى Ey فقط لأنه لا يملك إلا كروموزوما واحداً أما الأنثى فتركيبها ey ey لأنها عادية . ويستعاض فى التحليل بوضع صفر محل العامل الناقص ،

P1	Ey.	×	ey ey
gametes	Ey, .	:	ey
F2	1 Eyey	:	1 ey .
	ذات عيون	:	عديمة العيون
gametes	Ey , ey	:	ey , .
F2	Ey ey : Ey.	:	ey ey : ey.

ويرى من هذا أن كلا الجيلين الأول والثانى شاذان فى النسب الحاصلة وفى ظهور الصفة . والجيل الثانى نصفه ذو عيون ونصفه عديم العيون وليست هذه بالنسبة المندلية للحالات المعتادة التى لا شذوذ بها .

ولقد اكتشف بردجز Bridges أيضاً كثيراً من حالات النقص المنطقى Sectional deficiency كلها تعطى نتائج شاذة لتجارب التربية ، وتظهر فيها السيادة الكاذبة . ومن أمثلة ذلك نقص فى الكروموزوم الجنسى X فى المنطقة مابين عودى العين Bar وشوكى مجعد الشعيرات forked أى المنطقة ٥٦٫٥ — ٥٧ فى خريطة الكروموزوم المذكور ، كما وجد أن الاناث التى

تحمل النقص فى هذه المنطقة لايحصل فيها عبور فى المنطقة المذكورة مطلقاً مما يدل على أنه ليست هى العوامل الوراثية التى تأثرت فقط بالنقص، بل أن غلاف الكروموزوم نفسه أصيب حول المنطقة أيضاً بالشلل. واحدى التجارب التى ذكرها بردجز هى أنه لقح أنثى خليطة فى لون العين المسمى أيوسين eosin وهى صفة أليلومورفية ومتنحية مع اللون الأبيض بذكر أبيض العين عودى وتركيب الأبوين هو $(W^e\ bX)\ (w^e\ bX)$, $(W^e\ BX)y$ حيث رمز اللون الأبيض بالحرف W^e واللون إيوسين بالحرف w^e ولعودى العين بالحرف B وللعين العادية بالحرف b

وكان المنتظر مما هو معروف عن سلوك الصفات المرتبطة بالجنس أن تكون الأناث الناتجة من هذا التلقيح كلها عودية الأعين، إلا أنه فى هذه التجربة الخاصة وجد أن إحدى هذه الأناث ليست عودية العين بالرغم من أنها ورثت اللون الأبيض من أبيها.

وعند ما لقحت هذه الأنثى من ذكر عادى العيون لم ينتج لها نسل عودى العين، فهى على ذلك لم ترث هذه الصفة ولم تورثها. هذا ولم يكن النسل الناتج لها بالعدد المعتاد الحصول عليه فى الدروسوفلا مما يدل على وجود تأثير مميت lethal فى نفس الوقت لنقص عوامل أخرى ذات ضرورة لحياة الفرد. ولقد أجرى بردجز الاختبارات الكافية لأفراد النسل الناتجة من التلقيح فوجد ان الأفراد التى ماتت هى التى ورثت الكروموزوم الجنسى المصاب بالنقص (W^e non - Bar) كما ان الباحث المشار اليه اكتشف عدة حالات من النقص فى مناطق أخرى، منها «غير شفاف» vermilion وهى احدى الصفات الخاصة بالعين ومنها «مقصوص» Notch وهى احدى صفات الجناح، نكتفى هنا بالاشارة اليها.

ولقد ذكر كثير من الباحثين أنهم عثروا على دروسوفلا ذات ثلاث كروموزومات من الزوج الرابع بدلا من العدد المعتاد وهو اثنان كما هو

المعروف. هذه الدروسوفلا الشاذة غامقة اللون ذات علامة صدرية باهتة وعيون صغيرة وأجنحة طويلة ضيقة وشعيراتها طويلة وتعرف بثلاثية الكروموزوم الرابع Triploid IV ولقد وجد من تجارب التربية أنها تعطى نتائج مخالفة أيضاً للنسب المندلية المنتظرة، وذلك ناشىء عن وجود الكروموزوم الزائد.

فمثلا إذا لقح فرد ذو عيون (ثلاثى الكروموزوم الرابع) فرداً عاديا عديم العيون كان الجيل الأول ذو عيون، أما الجيل الثانى فالافراد ذات العيون نسبتها إلى عديمة العيون نحو ٢٦ : ١ ويرى من التحليل الآتى أسباب هذه النسبة الشاذة التى ترجع إلى توزيع غير عادى للكروموزومات فى الجاميطات

P_1	Ey	Ey	Ey	×	ey ey
gametes	Ey ,	Ey	Ey	:	ey
F_1		Eyey		:	Ey Ey ey

أما جاميطات الجيل الاول فهى ey و Ey ثم Ey و Ey ey و Ey ey و Ey و Ey Ey و ey فى كل من الذكور والأناث ولهذا ينشأ الجيل الثانى من اتحادها، ويعطى النسبة السابق ذكرها.

ولو لقح فرد « ثلاثى الكروموزوم الرابع » بالمتنحى المزدوج أى عديم العيون المعتاد تلقيحا رجعياً لا ينتج لذلك التلقيح نسل نصفه ذو عيون ونصفه عديم العيون، بل تنتج نسبة ٥ : ١ من الصفتين بالتوالى المذكور

فهذه الحالات على شذوذها عن المعتاد قد أضافت أدلة جديدة وقوية تثبت أن العلاقة بين الصفات والكروموزومات علاقة حقيقية، كما ان حالة « النقص » تؤيد الترتيب الطولى لوضع عوامل الصفات على الكروموزوم

الباب التاسع

طبيعة الجين — الطفرة — التصنيف

أما وقد تقدمنا بأهم الادلة التى اكتشفت منذ قام مندل بتجاربه التاريخية إلى هذه السنوات والتى تثبت بكل وضوح وجود الجين ، وان العلاقة بينه وبين الصفة أو الصفات التى يعينها علاقة فعلية ، فلننتقل الآن إلى دراسة ماهية الجين نفسه .

على ان البحث ينتقل بنا فى الواقع من ميدان علم الوراثة إلى ميدان علوم أخرى ، فدراسة ماهية الجين هى نفسها دراسة كيمياء الكروماتين وتفاعلاتها المعقدة أثناء الحياة وهذا موضوع لازالت دراسته فى مهدها ، وإلى أن يعرف كل ما يهم معرفته عن الكروماتين ستبقى طبيعة الجين الحقيقية مجهولة .

كما انه يوجد بين الجين فى الزيجوت والصفة فى الفرد مجال متسع تشغله عدة عمليات تركيبية وفسيولوجية يطلق على مجموعها نمو الجنين ، ولا شك ان هذا هو المجال الذى يفعل فيه الجين أثره فى تكييف صفة الفرد . على ان علم الأجنة Embryology لم تتسع أبحاثه بعد لأكثر من وصف الأدوار المتتابعة لنمو الجنين أما كيفية النمو بالضبط ولماذا تحصل تلك التغيرات المتوالية فيه فلم يقدم لها شرح كاف للآن .

وعلى ذلك فتأثير الجين فى ظهور الصفة ستبقى كطبيعة الجين نفسه مسائل فرضية غير معروف عنها كثير من الحقائق إلى أن تتقدم الأبحاث الخاصة بعلمى الفسيولوجى ونمو الأجنة .

على انه من الثابت المعروف أن جميع الصفات التى درست للان دراسة

وافية فى بعض أنواع الكائنات الحية ترجع مباشرة لفعل العوامل الوراثية ، ولكن الفحص السيتولوجى يدل دلالة واضحة على أن كل خلية فى كل عضو من أعضاء الكائن الحى توجد بها مجموعة كاملة من الكروموزومات ويتلو هذا بداهة ان كل عضو فى الجسم ينمو ويتشكل فى وجود عوامله الوراثية كلها مجتمعة . وهذه الحقيقة تدعو لأمعان النظر ، فمع انه صحيح أن لكل صفة جين مقابل لها إلا أن تكييف هذه الصفة يتم فى وجود العوامل الوراثية بأجمعها ، والرأى المأخوذ به الآن بين علماء الوراثة هو ان صفات الفرد تتأثر بمجموع عوامله أو بتركيبه الجينوتيبى ، ولا شك ان هذا الرأى يستند إلى الدليل السيتولوجى من جهة وإلى كثير من نتائج تجارب التربية من جهة أخرى ، فمثلا اكتشف مورجان وتلاميذه خمسين طفرة فى الدروسوفلا كل منها يؤثر فى لون العين وكل منها أليلومورفى مع اللون الأحمر وهو لون العين فى النوع الوحشى ، وعلى ذلك فلون العين الأحمر يتوقف على العوامل العادية المقابلة للخمسين طفرة المشار اليها ، وكذلك يمكن استنتاج أن لون الجسم أو طول الجناح فى الدروسوفلا يتوقف كل منهما على عوامل عديدة مضادة للطفرات المعروفة عن كل منهما ، والواقع أن مورجان وبردجز وستورتفانت قد أثبتوا أن صفات النوع الوحشى فى الدروسوفلا تتوقف كل منها على مجموعة من العوامل بعضها موجب وبعضها سالب وأن حالة التوازن بين هذه العوامل هى التى تعين هذه الصفات

وقد يبدو فى الظاهر أن الرأى الذى يُرجع كل صفة لمجموع العوامل الوراثية يضاد نظرية العوامل والجين ، على أن الأمر بالعكس فالدليل واضح على أن الكروموزومات تتركب من وحدات مستقلة تماماً عن بعضها البعض وهى العوامل الوراثية فهى تنعزل كوحدات مستقلة وتعبر من كروموزوم لآخر كوحدات مستقلة كما أن كل عامل منها قد يتغير بدون أن تتغير العوامل الأخرى معه

وقد تقدم ذكر الأدلة التى تثبت أن الجين عبارة عن كمية خاصة من الكروماتين الذى يتكون منه الكروموزوم وأن له موضعاً خاصاً ثابتاً على نفس الكروموزوم. على أنه لم يعرف للآن هل الجين له تركيب جزئي ثابت أم هو عبارة عن كتلة من المادة ليس لها تركيب ثابت، والاستنتاج الوحيد المعروف للآن هو الذى تقدم به جوهانسن Johannsen ومنه يمكن القول أن الجين ثابت التركيب . كما أنه لا يعرف للآن ما اذا كان تأثير الجين كتأثير الأنزيم أوهو يقتصر على إطلاق مواد تحكم نشاط ووظائف السيتوبلازم . وذكر ذلك يدعو للأشارة الى أنه وان كان الثابت المعروف أن الجينات تحكم السيتوبلازم وتحدد وظائفه ونموه ألا أن ذلك لا يستدعى أهمال هذا السيتوبلازم فهو مركز كل العمليات والتفاعلات الحيوية فى الجسم

يرى من هذا أن مجال البحث فى الجين وفى عمله لازال فى مبدئه ، ولذا لا يمكن لقلة معلوماتنا الآن أن يقال عنهما شيء قاطع . على أنه يجدر بنا فى هذا الصدد أن نذكر شيئا عن محاولة مورجان ومساعديه معرفة حجم الجين أوقياسه، وأن كانت هذه أيضا محاولة غير ناضجة تستند الى العمليات الحسابية عن قيمة العبور ولكنها تعطى فكرة تقريبية عن حجم الجين . ولقد قدر هؤلاء الباحثون أن عدد عوامل الدروسوفلا ألفان مستعينين على هذا التقدير بقيمة العبور بين العوامل القريبة جداً من بعضها وبتكرر الطفرات فى المنطقة الواحدة وللمناطق المختلفة . وبما أن رأس السبرم يحتوى كل هذه العوامل فى الحالة الفردية ومن الممكن قياس رأس السبرم تقريبياً فعلى ذلك لو قسم حجم هذا الرأس على عدد العوامل الوراثية لكان خارج القسمة عبارة عن النهاية العظمى للجين الواحد، وقد وجده العلماء المشار اليهم يتجمعون يكرون أى لا يزيد كثيرا عن جزيء الهيموجلوبين heamoglobin وربما كانت هناك جزيئات أخرى من البروتينات تزيد عن هذا الحجم فيكون

الجين فى هذه الحالة مماثل لها فى القياس، وتجد نظرية التأثير الكيميائى للجين تأييداً كبيراً من اكتشاف العوامل الأليلومورفية المتبادلة Multiple allelomorphs فى الدروسوفلا وفى غيرها من الأنواع التى درست صفاتها الوراثية ، كما استمد الدليل أيضا من هذه العوامل المتبادلة على ثبات الجين فى تركيبه وعلى أن الطفرة ما هى فى الواقع الا تغيير فى الصفة الظاهرة للجين نتيجة تغيير داخلى فى الجين نفسه يترتب عليه إختلاف فى ترتيب الذرات فى مادة الجين . ولا شك أن هذه الحالة كثيرة المشاهدة والحصول فى المركبات الكيمائية فأنواع السكر الثنائية التركيب لا تختلف عن بعضها إلا فى ترتيب الذرات داخل الجزىء ومن ذلك ينجم اختلاف خواصها طعماً وذوباناً ، وتوجد المشابهات " isomers " فى مركبات غير السكر مثل البيوتان butane ، وكذلك الأثير Ether والكحول بمجموعتان متشابهتان ، كما أن بمجموعة الكيتون Ketones وبمجموعة الألدهيد Aldehyde رمزهما الكيميائى واحد إلا أن الخلاف فى ترتيب الجزىء هنا وهناك يجعلهما مختلفين فى الخواص اختلافاً كبيراً .

والجين كتلة من الكروماتين أى بروتين عال ومعقد التركيب وهو مادة حية قابلة للتغيير فهو يتغير فعلا لا فى مادته بل فى ترتيبه الداخلى، وينشأ من هذا التغيير تغيير فى صفاته الظاهرة كما تتغير خواص المركبات المتشابهة، وعلى ذلك فالسيادة والتنحى هما حالتان ناتجتان من تغيير يحصل فى جين واحد أى فى منطقة واحدة على كروموزوم خاص

فمثلا إذا حصل تغيير خاص فى منطقة خاصة على الكروموزوم X فى الدروسوفلا نتج عن ذلك لون العين الأبيض بدلا من الأحمر . فاذا لقح ذكر أبيض العين أنثى حمراء العين كان الجيل الأول أحمر العين أما الجيل الثانى فيه ثلاثة حمراء العيون وفرد واحد أبيض العين من كل أربعة أفراد وعلى ذلك فاللون الأحمر سائد على الأبيض أى أن لون العين الأبيض طفرة متنحية

وقد شوهد فى مزرعة بها سلالة بيضاء العين من الدروسوفلا فردعيناه بلون الأيوسين eosin . وإذا لقح ذكر أيوسينى العين eosin أنثى حمراء العين كان الجيل الأول كله أحمر العيون أما الجيل الثانى فثلاثة أرباعه حمراء العين وربعه أيوسينى العين . أى أن اللون الأيوسينى eosin طفرة خاصة بلون العين وهى طفرة متنحية كاللون الأبيض أيضاً . ثم ظهر بعدا كتشاف اللون السابق عدة طفرات أخرى وهى كريزى cherry ومصطبغ tinged ودموى blood وذهبى buff وعقيق coral وعاجى ivory ومشمشى apricot ومظلل écru وفى كل حالة منها كانت الطفرة متنحية أمام اللون الأحمر

ويلاحظ أن هذه الصفات متدرجة فى اللون من صفة النوع الوحشى وهى أحمر العين إلى صفة أبيض العين ويمكن ترتيبها جميعاً على الصورة الآتية

أحمر — عقيق — دموى — كريزى — أيوسينى — مشمشى — عاجى — مصطبغ — ذهبى — أبيض

ومن هنا يمكن تعريف سلسلة العوامل الأليلومورفية المتبادلة بأنها عدة عوامل أى اثنين منها يكونان معاً زوجا أليلومورفياً واحداً . ومن البديهى أنه لا يمكن أن يوجد فى فرد واحد أكثر من اثنين من هذه العوامل إذا كان خليطا ، لأن الفرد زوجى التركيب ، فمثلا إذا وجدت سلسلة متبادلة من العوامل مثل a_1 ، a_2 ، a_3 ... ... الخ فالفرد الخليط قد يكون a_1a_2 أو a_1a_3 أو a_3a_4 مثلا تبعاً للتلقيح الناشىء منه ذلك الفرد

ويستدل على أن العوامل الأليلومورفيه المتبادلة طفرات تحصل فى منطقة واحدة أى تغيير فى جين واحد من الجين « أبيض العين » فى الحالة التى نحن بصددها ، أنها تعطى كلها نسبة ارتباط واحدة مع غيرها من نفس المجموعة الارتباطية . فمثلا نسبة العبور بين أصفر الجسم وابيض هى ١ر٥ ٪ وكذلك نسبة العبور بين أصفر وكل من الصفات المذكورة التى تكون سلسلة واحدة خاصة بلون العين هى ١ر٥ ٪

ونسبة العبور بين « أبيض العين » و « عودى العين » Bar هى ٤٤ ٪ وهى

نفس نسبة العبور التى تعطيها أى صفة أخرى من سلسلة الصفات المذكورة. وقد يستنتج من هذه التجارب أن العوامل الخاصة بسلسلة صفات أليلومورفية إما أن تكون طفرات تحصل فى منطقة واحدة أو ان تكون طفرات حاصلة فى مناطق قريبة جدا من بعضها لدرجة أنها تعطى ارتباطا تاما . ألا أن هذا الفرض الأخير وجد بالتجربة أنه غير منطبق على الواقع . فلو فرضنا أن المناطق المتقاربة جدا من بعضها على كروموزوم خاص هى ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وحصلت الطفرة فى حالة ما فى المنطقة ١ ثم فى حالة أخرى فى المنطقة ٢ ثم فى حالة ثالثة فى المنطقة ٣ وهكذا وجدنا أنه بتلقيح أى طفرتين منها تظهر صفة النوع الوحشى. ألا أنه ظهر بالتجربة أن هذا لا يحصل ، بل ماينتج فعلا هو إما أحدى الطفرتين أو حالة وسط بينهما ، مثال ذلك

أنثى كريزية العين × ذكر أبيض العين — P_1

أناث (كريزية ـ بيضاء) العين : ذكور كريزية العين — F_1

وتحليل ذلك كالآتى :—

$$P_1 \quad (wX)\,y \times (w^cX)(w^cX)$$

$$(wX)(w^cX) : (w^cX)\,y$$

وأيضا لو لقح ذكر أبيض العين أنثى ايوسينية العين

أنثى أيوسينية العين × ذكر أبيض العين — P_1

أناث (أيوسينية ـ بيضاء) العين : ذكور أيوسينية العين — F_1

وتحليل ذلك كالآتى :—

$$P_1 \quad (wX)\,Y \times (w^eX)(w^eX)$$

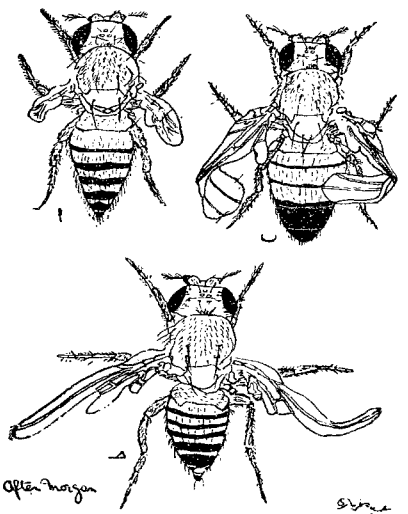
$$(wX)(w^eX) : (w^eX)\,Y$$

وهذه النتائج لا يمكن تعليلها إلا بحالة واحدة وهى أن الطفرات المذكورة حصلت فى منطقة واحدة أما ١ أو ٢ أو ٣ الى آخر ذلك

لهذا فالقاعدة المتبعة هى الرمز لعوامل هذه الصفات المتبادلة بحين

واحد ويضاف الحرف الأول من كل صفة هكذا : ابيض العين w وكريزى w^c ودموى w^b وذهبى w^{bu} وعاجى w^i الى آخر المجموعة.

وفى الدروسوفلا كثير من هذه العوامل المتبادلة منها السلسلة السابقة ومنها سلسلة أخرى خاصة بشكل العين وهى عودى Bar وفوق العودى Utra - bar ومفصص Lobe الخ . ومنها سلسلة خاصة بشكل الجناح وهى مقطوع Cut وحزامى strap ومختزل vestigial



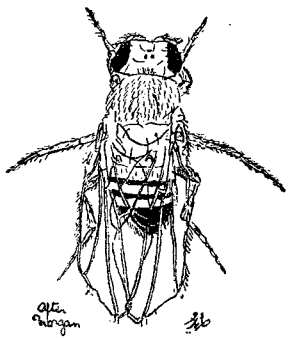
شكل ٣٥ — بعض طفرات الجناح فى دروسوفلا ميلانو جاستر

ا — الجناح المختزل العادى vestigial

ب — الجناح المختزل الملتوى Antlered.

حـ — الجناح المختزل الحزامى Strap.

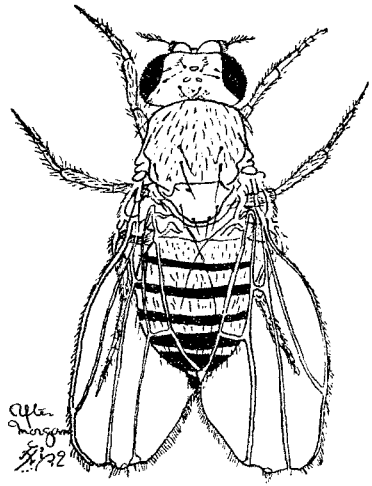
وفى الفأر سلسلة من هذه العوامل هى الرمادىوأبيض البطن وأصفر واسود . وكذلك فى الأرنب سلسلة منها الهمالايان وعديم اللون والملون Self - coloured وفى الدجاج السلسلة الخاصة بشكل العرف وهى الجوزى والوردى والباسلائى والمفرد



شكل ٣٦ — إحدى طفرات الجناح فى الدروسوفلا : الجناح المقطوع Cut

ولقد تقدمت الاشارة فى موضع سابق لنظرية الحضور والغياب Presence and Absence Hypothesis التى وضعها Correns أولا ثم توسع فيها بتسن Bateson وزملاؤه وهى النظرية التى تعلل سيادة صفة ما بوجود عامل فى التركيب الوراثى خاص بها، وتنحى الصفة المقابلة لها بغياب العامل السائد من التركيب الوراثى للفرد المتنحى . وينتج من ذلك أن الطفرات أوالصفات الجديدة تنشأ بفقد العوامل Loss Mutations . كما انه سبقت الأشارة إلى ان هذه النظرية ليست صحيحة ، وقداستمد الدليل على خطئها من نظرية الكروموزومات ومن الفحص السيتولوجى ، إلا ان اكتشاف العوامل الأليلومورفية المتبادلة هو من أقوى الأدلة على ذلك الخطأ ولا يسعنا التفصيل فى هذه الحالة إنما نكتفى بالاقتصار على دليلين :

(١) أنه لو كان التنحى نتيجة غياب أو فقد العامل السائد فكيف تنشأ السلسلة الأليلومورفية؟ فمثلا لو كان غياب اللون الأحمر لعين الدروسوفلا ينتج اللون الأبيض فما الذى ينتج الألوان كريزى ودموى وعاجى وذهبى؟



شكل ٣٧ — إحدى طفرات الجناح فى الدروسوفلا
الجناح المثقوب Notch

(٢) أنه لو كان غياب العامل السائد ينتج الصفة المتنحية فكيف يمكن تفسير حصول الطفرات العكسية ؟ مثال ذلك اللون الأبيض تنتج طفرة فى سلالة حمراء فكيف تنتج الألوان الأخرى مثل دموى وذهبى من اللون الأبيض بل كيف ينتج اللون الأحمر من سلالة بيضاء وقد ثبت حصول ذلك كثيراً وفى حالات مختلفة

وهذه العوامل المتبادلة تلقى دراستها ضوءاً قوياً يوضح كيفية نشوء العوامل المتضادة التى توجد فى أزواج أليلومورفية . وقد كانت أول دراسة علمية للصفات هى التى قام بها مندل إذ وجد الصفات تورث فى أزواج، على أنه لم يبحث فى منشأ هذه الأزواج بل فى طريقة انتقالها من جيل لجيل . إلا أنه لم يكن الميدان خالياً من البحث بالمرة فمنذ وضع نظرية نشوء الأنواع وارتقائها وبعض العلماء يلقون بآرائهم عن أصل الصفات . على أن دارون كان يقول بالتغيير التدريجى البسيط فى الصفة فتختلف جيلا بعد جيل فى بعض الأفراد خلافاً بسيطاً إلا أن مجموع هذه الخلافات على مرور الأجيال ينتج منه تغيير كلى واضح فى الصفة . وكان دى فريز de Vries أول من أشار إلى ظهور أفراد تخالف النوع فى بعض صفاته خلافاً كبيراً وتظهر هذه الأفراد فجأة أو مرة واحدة أو طفرة فأظهر بذلك خطأ دراون فى فرضه

ولقد أدت دراسة وراثة الصفات فى الدروسوفلا إلى معرفة كثير من الحقائق عن ظهور الطفرات، وسبب ذلك سهولة فحص الدروسوفلا وتربيتها تحت رقابة القائمين بأبحاثها وتناسلها بأعداد كثيرة ودراسة عدة مئات من الطفرات فيها . فكثيرا ما شوهد عند تربية سلالات خاصة منها ظهور فرد أو عدة أفراد قليلة أو كثيرة مختلفة الصفة عن السلالة الأصلية، ولم تظهر هذه الصفة الجديدة من فعل قوانين الانعزال المندلية أى لم تكن فى السلالة من بادىء الأمر فهى صفة جديدة بكل معنى اللفظ، وهذه الصفة الجديدة تسلك سلوكا أليلومورفيا مع صفة مقابلة لها فى النوع الوحشى ومن الممكن عزلها بسهولة فى سلالة نقية . وعلى ذلك فهذه الصفة هى طفرة mutation بكل مافى هذه الكلمة من معنى .

مثال ذلك أنه فى تجربة خاصة كان يقوم بها مولر Muller وجد ذكرا له عين حمراء وعين بيضاء فلما لقح مع الأناث التى بالتجربة أعطى نسلا أحمر العيون، ولما لقح هذا النسل بعضه البعض نتج من ذلك التلقيح أناث حمراء العيون،

وذكور نصفها حمراء العيون ونصفها بيضاء العيون . ولما كانت التجربة تقوم من مبدأ الأمر فى سلالة حمراء العين أصيلة (أى WW) فأبيض العين نشأت هنا من تغيير العامل W إلى w فى الفرد الذى ظهرت فيه هذه الصفة أولاً وهو الذكر ذو العين الحمراء والعين البيضاء . ولما كان هذا الذكر تركيبه العاملى الذى ابتدأ به هو Y (WX) فى الزيجوت فلابد وأن يكون قد حصل به تغيير أدى إلى التركيب Y (wX) فى الأدوار الأولى لأنقسام الزيجوت التى تكون منها . ويدل على ذلك أن كل بنات هذا الذكر كانت خليطة لأبيض العين أى (wX) (Wx) فالنسيج الجرثومى للذكر المذكور كان جميعه (w)

ولقد أدى اكتشاف مئات من الطفرات فى الدروسوفلا إلى الظن أن حصول الطفرة كثير فى الطبيعة والواقع أن البحث لا يؤيد هذا الظن. وقد أجرى هذه الأبحاث إخصائيون معروفون وكلتهم موضع ثقة وبلغ ماالتشغلوا به من الدروسوفلا أكثر من ١٣ مليونا وربما كانت ٢٠ مليونا من الحشرات من سلالات معروفة ومختبرة ، فقد فحص مولر Muller وألتنبرج Altenburg سلالة من الدروسوفلا عددها ١٠٦٢ فردا لمعرفة الأفراد التى بها عامل مميت جديد خاص فى الكروموزوم X فكان عدد هذه الأفراد ٢٠ وعلى ذلك فنسبة ظهور الطفرة الجديدة فى هذه الحالة هى ١ : ٥٣ ولما كانت الأناث زوجية للكروموزوم X فلو أخذ بهذه الأرقام كانت الطفرة الجديدة فى ١ ٪ من الكروموزومات X السلالة

وفحص مولر Muller سنة ١٩٢٣ سلالة أخرى لطفرة مميتة على الكروموزوم الثانى فوجدها فى ٣٠ جاميطة من ٥٠٠٠ كما أنه وجد أن طفرة ثالثة تظهر فى ٤ من كل ٥٠٠٠ جاميطة وأن طفرة رابعة تظهر فى كل ٢ من ١٨٠٠ جاميطة

وعلى ذلك فيمكن الاستنتاج من هذه الأرقام ومن إحصائية اخرى وضعها عن طفرات كثيرة ان نسبة ظهور الطفرات المختلفة ليست واحدة

فهناك مناطق خاصة على الكروموزومات تتغير كثيرا بينما مناطق أخرى لم يشاهد تغيرها أكثر من مرة واحدة إذاً فهناك مناطق على الكروموزوم اكثر عرضة للتغير عن مناطق أخرى أو بمعنى آخر أنه بينما يوجد جين يتغير كثيرا توجد عوامل أخرى قليلة التغير

وقد أدى فحص الطفرات العديدة التى تظهر فى الدروسوفلا إلى معرفة أن التغير لا يقتصر على دور خاص من حياة الفرد ، فقد وجد بردجز Bridges ومولر Muller ولانسفيلد Lancefield وموهر Mohr وكثير غيرهم حالات من الطفرة أدى اختبارها لمعرفة أنها حصلت فى الفرد وهو لا يزال زيجوت قبل الأدوار الأولية لانقسامها

كما أن كثيراً من الباحثين توصلوا لمعرفة طفرات تحصل بعد الاخصاب وبعد انقسام الزيجوت. ووجدت حالات أخرى من الطفرة تحصل فى بعض أنسجة الجسم ولا تؤثر فى الخلايا الجرثومية . وعلى ذلك فيمكن تقسيم الطفرات تبعا لأدوار حصولها فى حياة الفرد إلى : —

(١) طفرة جاميطية أى تحصل قبل نضج الجاميطات فاذا بقى الكروموزوم الحامل لها فى الجاميطات الناضجة ولم يقذف للأجسام القطبية (فى الأناث) فتظهر الصفة على الفرد الناشىء من إحدى هذه الجاميطات إن كانت الطفرة سائدة . أما إن كانت متنحية فيتوقف ظهورها على الكروموزوم المماثل أى على صفة الأب الآخر وقد تستمر عدة أجيال بدون أن تظهر فى فرد ما

(٢) طفرة زيجوتية أى تحصل عقب الاخصاب مباشرة وهذه الطفرة تظهر صفتها فى الفرد المتكون من الزيجوت سواء كانت سائدة أو متنحية

(٣) طفرة جسمية أو سوماتية أى تحصل فى إحدى خلايا الفرد وهنا تظهر الطفرة فى عضو الجسم المتكون من هذه الخلية ولا تورث لأنها

لا تحصل فى النسيج الجرثومى ، وبمثل هذه الطفرة توجد الأزرار النباتية المختلفة والكمرات وغيرها

وتوجد أدلة متوفرة تثبت أن الطفرة لا تحصل فى زوج كروموزومى متماثل بل فى أحد فرديه فقط ، فاذا علم فى نفس الوقت أنه لا يمكن أن يوجد وسط متشابه أكثر مما يحيط بكروموزومين متماثلين داخل خلية واحدة ظهر أنه لا يمكن دفع الطفرة للظهور بتغيير الوسط المحيط بالأفراد

والواقع أنه لم تنجح أى محاولة قام بها أحد المجربين لدفع الطفرة للظهور وكل هذه التجارب أعطت نتائج سلبية يحسن الأشارة إلى بعض منها

توجد طفرة فى الدروسوفلا تعرف باسم « البطن غير العـــادية » abnormal abdomen وهى صفة سائدة توافقها الظروف الرطبة . وفى مورجان Morgan عدة أجيال من سلالة بها الطفرة المذكورة فى وسط جاف فلم تتغير الصفة عند تربيتها بعد ذلك فى جو رطب . وفى باين Payne تسعة وستين جيلا من الدروسوفلا فى الظلام ثم اختبر الجيل الأخير فى درجة إحساسه بالضوء فلم يجد فرقا بينها وبين غيرها المربى كالمعتاد

وحاول دنكان Duncan أن يحدث الطفرة بتلقيح سلالات من الدروسوفلا من بلاد بعيدة جداً عن بعضها فلم يصل لنتيجة . وقد حاول ستورتفانت ذلك أيضاً فلم تظهر الطفرة . ولقح كاتب هذه السطور سلالات بيضاء العين بعضها من اسكوتلندا وبعضها من المجر ورباها لعشرة اجيال فى مصر فلم تظهر طفرة واحدة بها

وحاول مورجان Morgan إحداث الطفرة باستعمال درجات حرارة مختلفة واملاح واحماض وقلويات ومواد سكرية مختلفة فلم تحصل لديه طفرة واحدة. وظهرت لديه بعض طفرات بعد المعاملة بالراديوم، ألا أنه عند اعادة التجربة فى عدد أكبر من الحشرات لم يصل لنتيجة ، وكذلك لم تفد أشعة أكس X-rays . وظهر لدى جينوت Guyênot بعض طفرات بعد المعـاملة

بالأشعة فوق البنفسجية إلا أن أعادة التجربة أعطت نتيجة سلبية .

ولقد وجد فى أنواع مختلفة من الكائنات الحية طفرات تشبه بعضها البعض وتسمى بالطفرات المتوازية Parallel mutations فمثلا فى الدروسوفلا ميلانوجاستر D. melanogaster وفى الدروسوفلا فيونبرس D. funebris توجد طفرة خاصة بالجناح تسمى « مثقوب » Notch وهى سائدة ومرتبطة بالجنس ولها تأثير مميت متنح ولا تقتصر الصفة على وجود ثقب فى طرف الجناح بل تجعل العرقين الثاني والخامس بالجناح سميكين وتؤدى إلى صغر العين واستدارتها وإلى عدم انتظام صفوف الشعر فى المنطقة الصدرية . وتوجد أيضاً طفرة أخرى فى كلا النوعين وتأثيرها متماثل فى كل منهما وهى « عديم الشعر » hairless وهى سائدة . وكذلك توجد طفرة ثالثة وهى « أصفر الجسم » فى melanogaster و simulans و virilis و obscura و millistoni وتأثيرها متماثل فى الكل . كما أن أبيض العين توجد فى melanogaster و obscura و virilis و hydei وقد شوهد أنها كثيرة التغير فى اوبسكيورا كما هى فى ميلانوجاستر وأن لها عامل مضاد هو الأيوسين eosin هنا وهناك . والواقع أنه يوجد نحو العشرين عاملا لها تأثير متماثل فى أنواع الدروسوفلا المختلفة. ويوجد كثير مثلها فى أنواع الحيوان والنبات القريبة لبعضها مما يدعو للقول بأن وجوه الشبه بين الأنواع المتقاربة تعود إلى وجود هذه العوامل ذات التأثير المتماثل فى كل منها وأن الاختلاف بين صفاتها يعود إلى طفرات نشأت فى أصل واحد. فقد وجد فى الدروسوفلا ميلانوجاستر طفرات تكفى لأبعاد الأفراد الحائزة عليها من هذا النوع ووضعه فى نوع آخر وليس هناك شك فى أن الأنواع المختلفة من الكائنات الحية نشأت بهذه الطريقة كما تدل عليه دراســـة صفاتها المورفولوجية وتسلسلها الجيولوجى مما يخرج بنا الكلام عنه عن نطاق علم الوراثة ولذا نكتفى بالاشارة اليه فى هذ المجال

وقد تضر الطفرة بالنوع ضرراً بليغاً اذا كانت الصفة الجديدة مما يعوق فى كفاح الحياة ويؤدى إلى التنافر بين النوع والوسط المحيط به ومثل هذه الطفرة تؤدى حتما إلى تلاشى النوع . كما وأنها قد تؤخر تقدم النوع اذا كانت أخف وطأة عليه من الطفرات المهلكة. ولقد وجد أن الطفرات التى تظهر بالدروسوفلا طفرات مضرة بالسلالات التى تظهرفيها فتلك التى تختزل الجناح أو تؤثرفيه تأثيرات شتى تعوق الطيران وتجعل السلالة عرضة لفتك أعدائها الطبيعية بها . وكثير من الطفرات بل الواقع أن معظم طفرات الدروسوفلا من نوع العوامل المميتة كما وأن الطفرات التى تؤثر فى لون الجسم تجعل السلالة ظاهرة أمام أعدائها المفترسة

وبعض الطفرات التى تظهر بالأنواع المختلفة من الكائنات لها عكس التأثير السابق فتجعل النوع أكثر ملائمة للوسط الذى يعيش فيه ، وبتكاثر الأفراد التى تحتوى هذه الصفة المفيدة تثبت الصفة فى النوع بسرعة ، وتصير من مميزاته، إما بفعل الانتخاب الطبيعى أو بواسطة الانسان، فكل السلالات التى يربيها من الحيوانات والنباتات ما هى الا طفرات من أصول وحشية رأى الأنسان فائدتها فعمل على استئناسها واكثارها

ولقد تقدم القول أن الطفرة تؤدى الى وجود صفة جديدة بالنوع وأن هذه الصفة تنتقل من جيل لجيل وتنطبق عليها وعلى الصفة المضادة لها قوانين الانعزال المندلية، وبذلك يوجد بين أفراد الأجيال المتتالية خلاف فى الصفات ، والواقع أنه لايوجد فى الطبيعة فردان متشابهان من كل الوجوه الشكلية أو الفسيولوجية تمام التشابه مهما كانت درجة القرابة بينهما ، ودقة الفحص تدل بكل وضوح أن كل فرد هو الأول والأخير فى مثل صفاته وأنه لايمكن أن يوجد فرد آخر مطابق له ، بل لابد من وجود خلاف بين الأفراد التى من جيل واحد من نوع واحد من الكائنات الحية أو التى من أجيال متعاقبة من ذلك النوع . ويطلق على تلك الفروق الشكلية أو التركيبية أو الفسيولوجية

التى تؤدى لاختلاف أفراد النوع عن بعضها البعض إسم « التصنيف » Variation

وقديماً كان يظن أن التصنيف والوراثة موضوع واحد ، إلا أن دقة الفحص والتجارب فى الزمن الحديث أظهرت أن كثيراً من وجوه التصنيف لاتدخل فى ابحاث علم الوراثة بمعناه الحرفى .

وقد أدت دراسة التصنيف إلى تقسيمه إلى قسمين ويرجع ذلك التقسيم إلى العوامل المسببة لكل منهما :

(١) التصنيف الوراثى Genetic variation وهو الذى ينشأ نتيجة لاختلاف توزيع العوامل الوراثية فى الأفراد، ومثال ذلك فى أبسط حالاته التجربة التاريخيه التى قام بها مندل عن وراثة طول الساق فى النبات إذ كان الأبوان أحدهما طويل الساق والآخر قصير الساق ونتج من تلقيحهما معاً أبناء طويلة الساق ، أما الجيل الثانى فثلاثة أرباعه طويلة الساق وربعه قصير الساق . هنا يرى أن الجيل الأول يختلف فى صفته عن أحد الأبوين (القصير) كما أن الجيل الثانى تختلف أفراده فيما بينها فى الصفة وتختلف عنها فى الجيل الأول أيضاً . هذا الخلاف فى الصفة أو بمعنى آخر هذا التصنيف راجع لانعزال العوامل فى الأفراد .

وحالات العوامل المانعة والمحوِّرة والمعدلة والارتباط وما اليها من الحالات الوراثية التى سبقت دراستها تؤدى الى هذا النوع من التصنيف.

(٢) التصنيف الفسيولوجى Developmental variation وهو الذى ينشأ فى أفراد تركيبها الوراثى متماثل ويرجع منشؤه لفعل البيئة وتأثيرها بحالة مختلفة فى الأفراد التى من جيل واحد أو من أجيال متعاقبة

ويقصد بالبيئة مجموع العوامل الخارجية التى تحيط بالفرد أثناء النمو والتكوين، ولها تأثير عميق فى صفات الكائنات الحية لايتسع المجال لأكثر من ذكر بعض أمثلة عنها .

ا : درجة الحرارة — وتأثيرها مشاهد باستمرار فى الطبيعة وفى التطبيق الزراعى، إذ يعرف المزارع ان لكل نوع من محصولاته درجة حرارة مناسبة لنموه فاذا زرع على درجات أقل من الحد الادنى لها أو أعلا من الحد الاكبر كان النمو ضعيفاً وربما توقف بتاتا . وقد شوهد ان الحيوانات التى تعيش فى المناطق الباردة ذات شعر كثيف يقيها من البرد ، فاذا نقلت إلى مناطق حارة تقل كثافة الشعر كثيراً . وهناك مثال معروف عن تأثير الحرارة على لون أزهار النبات المسمى برميولا سينسس Primula sinensis فهى بيضاء على درجة ٣٠° م حمراء على درجة ٢٠° م . كما ان نوع الأرانب المسمى بالهيمالايان Himalayan لونه أبيض ماعدا أطراف جسمه فسوداء وهى الآذان والأنف والأرجل والذنب . ولو نزع الشعر الأبيض من أى من هذه الحيوانات ثم عرض الحيوان بعد ذلك لدرجة حرارة الصقيع نما عليه شعر اسود فى كل جسمه .

ب : الضوء — كثير من التجارب الأولية فى علم النبات تثبت العلاقة الشديدة بين النمو وشدة الضوء . فتلك النباتات التى تربى فى ضوء ضعيف تكون صغيرة الحجم صفراء اللون بينما تلك التى تربى فى درجة ضوء مناسبة تكون قوية خضراء اللون . ومن الممكن إنبات درنات البطاطس بعيدة عن الضوء فتنتج أفراخا بيضاء إذا نمت فى الضوء صارت خضراء لتكون الكلوروفيل فيها .

ح : الرطوبة — تأثيرها مشاهد ويمكن التدليل عليه بالنباتات الصحراوية التى تنمو فى وسط جاف فتكون أقل سطح معرض للجو حتى يقل التبخر منها لأقل حدوده ولذا تتحور سوقها أو أوراقها إلى أشواك . وكثير من هذه النباتات تتكون به الأوراق المعتادة عند تربيته بالأراضى العادية وموالاته بالماء . ومن الطفرات المعروفة بالدروسوفلا صفة « البطن غير العادية أو المنتفخة » التى مر ذكرها لا تظهر فى ظروف الجفاف وينا سب ظهورها توفر الرطوبة .

و : الموقع أو المكان — وهو ليس بعامل واحد بل بمجموع عدة عوامل منها طبيعة الأرض والمرعى الطبيعية والارتفاع عن سطح البحر ودرجات الحرارة وما إليها . وللمكان تأثير كبير فى النباتات والحيوانات ، فمثلا الأغنام فى المناطق الحارة صوفها مجعد هش ، والتى تربى فى المناطق المعتدلة صوفها ناعم جيد ، أما التى تربى فى المناطق الباردة فصوفها سميك قابل للكسر وأغلبه شعر . ويختلف حجم الأغنام كما يختلف طعم لحومها باختلاف المكان الذى تربى فيه ، فتلك التى تعيش فى قمم الجبال صغيرة الحجم لو نقلت للسهول المنخفضة يزيد حجمها كثيرا

هـ : حالة الأسر — كثير من الحيوانات المفترسة لا تتناسل فى الأسر والمكان المحدود يؤثر فى درجة نموها وتناسلها تأثيرا سيئاً .

م : كمية الغذاء — يتوقف نمو النبات والحيوان على ما يعطى له من الغذاء كماً إذ من هذا الغذاء يكون الكائن الحى أنسجة جسمه فلو ندر الغذاء صغر حجم الفرد ولو كان الغذاء متوافرا نما الفرد إلى أقصى حدوده .

ن : صنف الغذاء — ولا تكفى كمية الغذاء لتعويض نقص فى عنصر خاص لازم للحياة أو للنمو ، وتجارب المزرعة المائية Water cultures معروفة تكفى الاشارة لها .

أما فى الحيوان فصنف الغذاء له تأثير كبير على درجة النمو فمثلا نمو الكتاكيت تتوقف درجته على نوع البروتين الموجود فى الغذاء فتلك التى تغذى على بروتين من مصدر حيوانى كالبيض واللحم والسمك واللبن مثلا يبلغ حجمها أضعاف التى تغذى على بروتين من الحبوب النباتية كالقمح والذرة والشعير . وقد لوحظ ان نوع الغذاء الذى يقتات به الأسكيمو يجعل شكل وجوههم مختلفا عن شكل الوجه المعتاد لسكان أوروبا ذلك انهم يعيشون على ما يصيدونه ويجففونه فى الثلج ، وبذلك يكون غذاؤهم جافا صلب المضغ يؤدى إلى تحوير فى شكل الفك الذى يصير تبعاً لذلك قويا وعريضاً

وكثير من العمليات الزراعية يقصد بها فى الواقع إعطاء نوع خاص أو صنف خاص من الغذاء للنباتات أو الحيوانات فالتسميد بأزوتات الصودا أو بالسوبر فوسفات ، وكذلك تسمين الحيوانات بغذاء به نسبة كبيرة من الكاربوايدرات ماهى إلا أمثلة لذلك .

وكما يتبع التصنيف الوراثى قوانين ثابتة كذلك يتبع التصنيف الفسيولوجى قوانين خاصة وتدرس بالطريقة الاحصائية أيضاً كما سيلى .

الباب العاشر

القوانين الاحصائية وتطبيقها فى دراسة التصنيف

للكائنات الحية صفات كثيرة بعضها خاص بالشكل المورفولوجى أو التركيب التشريحى والبعض الآخر خاص بوظائف الأعضاء كما أن كثيراً من صفات النوع الأنسانى متعلق بحالته النفسية أو العقلية

وعند التأمل القليل فى طبيعة هذه الصفات يتضح أنه من الممكن تقسيمها بصفة عامة إلى قسمين

الأول : الصفات الكمية وهى التى تقبل القياس الدقيق ويمكن أن يعبر عنها برقم أو أرقام مضبوطة مثال ذلك الصفات المتعلقة بالطول أو العرض أو الارتفاع أو الحجم أو الوزن

ولا يخفى أن هذه الصفات يسهل تحديدها ومعرفة الفرق فيها بين الأفراد التابعة لنوع واحد

الثانى : الصفات الوصفية وهى التى لا يمكن أن تدل عليها الأرقام لأنها لا تقبل القياس مثال ذلك اللون فى أزهار النباتات أو فى الحيوانات

ومن الصعوبة بمكان أن تحدد الفروق الموجودة بين الأفراد فى هذه الصفات الوصفية لأن تقدير الصفة فى هذه الحالة يتوقف على الحس أو النظر ، وليس فى ذلك ميزان حساس يشعر بالفروق الدقيقة جداً التى قد توجد بين فرد وآخر مثال ذلك أنه قد يخطىء النظر فى اعتبار أن أزهار نباتين من لون واحد أو أن حيوانين من لون واحد بينما فى واقع الأمر قد يكون هناك فرق بين لون هذا وذاك ، ولكن العين لا تشعر به لأنه طفيف جداً

ولهذا السبب كانت الصفات الكمية هى وحدها الصالحة لدراسة حالات التصنيف إذ مهما كانت الفروق فى هذه الصفات صغيرة جداً فانها تظهر فى الحال

ولا شك أن هناك ظروف يحصل فيها التباس فى معرفة أى نوعى التصنيف هو الحاصل أهو الوراثى وحده أو الفسيولوجى وحده أو هما معاً، ولهذا كان تطبيق طرق الاحصاء والقوانين المستمدة منها أمر على أعظم جانب من الأهمية للتمييز بين الأحوال المذكورة . وهذه القوانين الاحصائية لا يمكن تطبيقها بالبداهة فى غير الصفات الكمية

ولا تقف فائدة القوانين الأحصائية عند حد التمييز بين نوعى التصنيف بل أن تطبيق ذلك فى تجارب التربية ذو فائدة لا تقدر فى معرفة درجة نقاوة الصفات فى الأجيال المرباة وفى معرفة ما إذا كان صاحب التجربة قد توصل إلى تكوين السلالة النقية أم لا يزال أمامه فسحة من الوقت قبل بلوغ هذا الغرض

والصفة الكمية يختلف مظهرها فى الأفراد كما تختلف الصفات الأخرى، وعلى ذلك فعند دراستها يجب أن لا يكتفى بصفة فرد واحد أو عدة أفراد قلائل بل يجب أن تقدر هذه الصفة فى النوع تقديرا صحيحا للحصول على رقم لا يبعد عن الحقيقة كثيرا بل يقرب منها ما أمكن القرب

وإذاً فهناك رقم ثابت هو الذى يمثل أى صفة كمية فى مجموع أفراد النوع أو فى مجموع الأفراد التى تشملها الدراسة . ومن البديهى أن يكون هذا الرقم هو متوسط صفات هذه الأفراد جميعا واستخراج هذا المتوسط هو الخطوة الأولى فى تطبيق الطرق الاحصائية . وقد جرى الاصطلاح على تسمية المتوسط المذكور باسم « المتوسط القياسى »

وعند تعيين الرقم الدال على المتوسط القياسى ومقارنته بالأرقام التى تدل على الصفة فى كل فرد من الأفراد يظهر الخلاف بين هذه الأفراد

واضحاً جليا ويمكن بذلك معرفة مقدار التصنيف الحاصل بسهولة وذلك من تقدير « الانحراف » بين صفة كل فرد وبين المتوسط

هذا ولا يخفى ان النتائج النهائية تتوقف دقتها وقربها أو بعدها عن الحقيقة المطلقة على عدد الأفراد التى تشملها الدراسة فكلما كان العدد كبيراً كلما كان قريبا من الواقع ، على أنه يجب استبعاد هذا العامل الذى يؤثر على صحة النتائج ، وذلك بحساب مقدار « الخطأ المحتمل » فى كل حالة

أما وقد تقدمنا بهذا البيان المجمل فلنبدأ بشرح الطرق والقوانين الأحصائية شرحا وافيا يصحبه التطبيق على حالات مختلفة

القياس : وهو العملية أو العمليات التى تجرى لتقدير الصفات الكمية ويجب قبل القيام بالقياس أن يراعى الغرض المقصود من دراسة الصفات المذكورة ولا يخرج ذلك عن واحدة من حالتين

(١) أن يراد بالأفراد التى يجرى القياس فيها تمثيل النوع كله

(٢) أن يراد بالأفراد المذكورة دراسة نتائج تجارب خاصة بالتربية ولا شأن لهذه الدراسة بصفة النوع

ففى الحالة الأولى يجب الحصول على الأفراد المطلوبة للقياس بحيث يكون الحصول عليها بمجرد الصدفة المحضة وبدون اختيار مقصود . وفى الحالة الثانية لا ينطبق هذا الشرط على الأفراد لأنها معروفه بالذات وناتجة من تجارب مصممة بنظام خاص ولغرض خاص

مثال ذلك أنه اذا أريد معرفة طول الاوراق فى نبات الدورنتا بلومراى ، Duranta plumieri سياج الزينة المعروف، فيجب مبدئيا الحصول على عدد من الأوراق بمجرد الصدفة ومن عدة نباتات

والجدول الآتى يبين قياس الطول لمائة ورقة من أوراق هذا النبات

نمرة الورقة	القياس م	نمرة الورقة	القياس م	نمرة الورقة	القياس م	نمرة الورقة	القياس م
١	٨٣	٢٦	٦٦	٥١	٨٠	٧٦	٨٠
٢	٨٨	٢٧	٩٠	٥٢	٨٧	٧٧	٨٥
٣	٩٠	٢٨	٨٣	٥٣	٨٠	٧٨	٩٠
٤	١٠١	٢٩	٨٧	٥٤	٨٣	٧٩	٩٧
٥	٨٠	٣٠	٩٠	٥٥	٧٩	٨٠	٩٦
٦	٨٤	٣١	٨٧	٥٦	٧٢	٨١	٨٤
٧	٩٥	٣٢	٨١	٥٧	٧٩	٨٢	٨٥
٨	١٠٤	٣٣	٨٥	٥٨	٨٩	٨٣	٨٤
٩	٨٧	٣٤	٧١	٥٩	٨٣	٨٤	٧١
١٠	٨٤	٣٥	٧٨	٦٠	٧٨	٨٥	٨٧
١١	٨٤	٣٦	٩٠	٦١	٧٥	٨٦	٨٥
١٢	٧٩	٣٧	٦٨	٦٢	٧١	٨٧	٩٣
١٣	٨٣	٣٨	٧٥	٦٣	٧٥	٨٨	٨٠
١٤	٦٦	٣٩	٨٨	٦٤	٨٠	٨٩	٨٠
١٥	٨٤	٤٠	١٠٠	٦٥	٨٠	٩٠	٧٨
١٦	٨٢	٤١	٩٠	٦٦	٧٢	٩١	٧٥
١٧	٧٨	٤٢	٩٩	٦٧	٨٢	٩٢	٧٣
١٨	٨٦	٤٣	٨٢	٦٨	٧٥	٩٣	٨٨
١٩	٧٥	٤٤	٨٥	٦٩	٨٦	٩٤	٨٦
٢٠	٨٤	٤٥	٨٠	٧٠	٧٢	٩٥	١٠٤
٢١	٧٦	٤٦	٧١	٧١	٧٥	٩٦	١٠٠
٢٢	٨٥	٤٧	٨٠	٧٢	٩٣	٩٧	٩٠
٢٣	٨٥	٤٨	٨١	٧٣	٨٢	٩٨	٨١
٢٤	٧٨	٤٩	١٠٢	٧٤	٩٢	٩٩	٨٧
٢٥	٨٥	٥٠	٩٢	٧٥	٧٩	١٠٠	١٠٣

الترتيب : على أن الأرقام التى تمثل مظهر صفة مافى مجموعة من الكائنات الحية قد يكون عددها كبيرا يبلغ عدة مئات أو عدة آلاف فى بعض الأحيان

ولذا يجب أن تنظم هذه الأرقام وترتب فى عدة مجاميع تسهيلا لدراستها ومنعا لما قد يحصل من خطأ او التباس إذا تناولتها الدراسة جملة واحدة بلا نظام خاص .

أما كيفية توزيع الأفراد فى مجاميع فهى من البساطة بمكان ذلك أنه يلاحظ أن بعض الأفراد صفاتها متقاربة من بعضها البعض ويمكن بصفة عامة أن توضع هذه الأفراد معا فى مجموعة واحدة ، ثم يبحث عن أفراد اخرى يمكن نظمها فى مجموعة ثانية وهكذا حتى تتكون فى النهاية عدة مجاميع بعضها متوسط فى صفته وبعضها قليل او كبير

ولا يهم بالمرة عدد المجاميع التى تقسم الأفراد اليها وانما الهام هو أن تكون هذه المجاميع متساوية المقدار أى أن الفرق بين حدّى كل مجموعة يساوى الفرق بين حدّى أى مجموعة ثانية

ولتقسيم أوراق الدورتا السابق قياسها يلاحظ أن أقل طول فيها هو ٦٦ ملليمترا وان أكبر طول هو ١٠٤ ملليمترا وعلى ذلك فالفرق بين هذين الطولين هو ٣٨ ملليمترا وهو الذى تتراوح فيه جميع الأوراق الأخرى .

ومن الجائز تقسيم الأوراق الى مجاميع كل مجموعة يكون مداها عشرة ملليمترات او خمسة ملليمترات فان ذلك لا يؤثر فى سير العمل ولا فى النتيجة

فاذا أخذنا بتقسيم الأفراد الى مجاميع مداها خمسة ملليمترات وجب أن يكون أصغر رقم لأول مجموعة هو ٦٥ ملليمترا وعلى ذلك فهذه المجاميع حدودها كالآتى :

(١) من ٦٥ — ٦٩ ملليمترا
(٢) « ٧٠ — ٧٤ «
(٣) « ٧٥ — ٨٩ «
(٤) « ٨٠ — ٨٤ «
(٥) من ٨٥ — ٨٩ ملليمترا
(٦) « ٩٠ — ٩٤ «
(٧) « ٩٥ — ٩٩ «
(٨) « ١٠٠ — ١٠٤ «

ويرى أنه بمجرد الوصول الى المجموعة التى تنظم أكبر طول لا تصبح أى ضرورة لاضافة مجاميع اخرى

وبعد تحديد المجاميع على الصورة المتقدمة يوضع كل فرد فى المجموعة التابع لها على الوجه الآتى

المجموعة ٦٥ — ٦٩	المجموعة ٧٠ — ٧٤	المجموعة ٧٥ — ٧٩	المجموعة ٨٠ — ٨٤	المجموعة ٨٥ — ٨٩	المجموعة ٩٠ — ٩٤	المجموعة ٩٥ — ٩٩	المجموعة ١٠٠—١٠٥
٦٦	٧١	٧٥	٨٠	٨٥	٩٠	٩٥	١٠٠
٦٦	٧١	٧٥	٨٠	٨٥	٩٠	٩٦	١٠٠
٦٧	٧١	٧٥	٨٠	٨٥	٩٠	٩٧	١٠١
٦٨	٧١	٧٥	٨٠	٨٥	٩٠	٩٩	١٠٢
	٧٢	٧٥	٨٠	٨٥	٩٠		١٠٣
	٧٢	٧٥	٨٠	٨٥	٩٠		١٠٤
	٧٢	٧٥	٨٠	٧٥	٩٠		١٠٤
	٧٣	٧٥	٨٠	٨٦	٩٢		
		٧٨	٨٠	٨٦	٩٢		
		٧٨	٨٠	٨٦	٩٣		
		٧٨	٨١	٨٧	٩٣		
		٧٨	٨١	٨٧			
		٧٨	٨١	٨٧			
		٧٩	٨٢	٨٧			
		٧٩	٨٢	٨٧			
		٧٩	٨٢	٨٧			
		٧٩	٨٢	٨٨			
			٨٣	٨٨			
			٨٣	٨٨			
			٨٣	٨٩			
			٨٣				
			٨٣				
			٨٤				
			٨٤				
			٨٤				
			٨٤				
			٨٤				
			٨٤				
			٨٤				

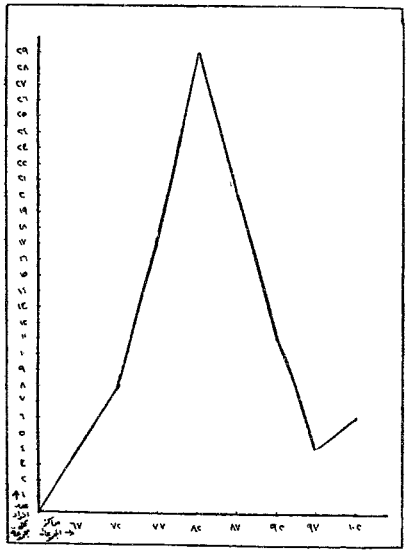
هذا وبدلا من تحديد أى مجموعة من المجاميع بذكر حديها الأدنى والأعلى يحسن أن يعين رقم واحد للدلالة على هذه المجموعة وهذا الرقم هو بطبيعة الحال المتوسط بين الحدين السابق الاشارة إليهما ، ويمكن اعتبار هذا الرقم ممثلا لكل فرد فى المجموعة التابع لها ولهذا السبب فانه يسمى مركز المجموعة

إلى هنا نكون قد وضعنا أساساً نظامياً لدراسة الحالة يسهل علينا مايزيد إستخراجه من المعلومات عنها ومما يساعد كثيراً فى هذه الدراسة ويزيدها وضوحاً أن يرسم المنحنى البيانى الذى يدل على كيفية توزيع الأفراد فى المجاميع فيقسم المحور الأفقى إلى أقسام تمثل مراكز المجاميع بينما المحور الرأسى يقسم إلى أقسام تدل على عدد الأفراد . وبوضع نقط خاصة تدل على عدد الأفراد التى تقابل مركز كل مجموعة ثم إيصال هذه النقط بعضها ببعض ينتج المنحنى البيانى المطلوب الذى يسمى منحنى التوزيع

والجدول الآتى يبين حدود المجاميع ومركز كل مجموعة منها وعدد الأفراد التابعة لكل مجموعة فى أوراق الدورنتا السابق قياسها

حدود المجاميع	مراكز المجاميع	توزيع الأفراد
٦٥ — ٦٩	٦٧	٤
٧٠ — ٧٤	٧٢	٨
٧٥ — ٧٩	٧٧	١٧
٨٠ — ٨٤	٨٢	٢٩
٨٥ — ٨٩	٨٧	٢٠
٩٠ — ٩٤	٩٢	١١
٩٥ — ٩٩	٩٧	٤
١٠٠ — ١٠٥	١٠٢	٧

وتوزيع الأفراد على المجاميع التى بالجدول السابق يمكن تمثيله فى الرسم البيانى التالى (شكل ٣٨)



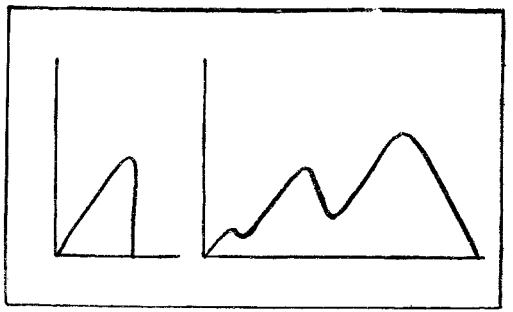
— شكل ٣٨ —

وأول ما يلفت النظر أن التوزيع يختلف باختلاف المجاميع فان عدد الافراد التابعة للمجاميع الصغيرة المركز قليل وكذلك يوجد عدد قليل من الأفراد فى المجاميع الكبيرة المركز ، بينما المجاميع المتوسطة بها عدد كبير من الأوراق

وهذا النوع من التوزيع يوجد فى معظم الحالات التى تدرس فيها صفة كمية فى عدد ما من الأفراد . ويكاد الرسم البيانى للتوزيع المذكور يقرب

جداً مما يسميه الرياضيون « المنحنى الطبيعى » الذى يتداخل فى تكوينه عدة عوامل فى وقت واحد بعضها موجب وبعضها سالب وترجع هذه العوامل إلى فعل قانون « الاحتمالات المختلفة »

ولما كان أغلب الصفات الكمية يمثلها منحنيات بيانية قريبة من المنحنى الطبيعى ففى هذا دليل واضح على أن هذه الصفات تحكمها عدة عوامل سواء كانت وراثية أو فسيولوجية (تأثير الوسط) وهذه العوامل تعمل كلها فى



شكل ٣٩ — المنحنى المركب (إلى اليمين) والمنحنى المزلق (إلى اليسار)

وقت واحد بعضها موجب وبعضها سالب ولهذا تتخذ الصفة الكمية مظهراً وسطاً بين التأثيرات المختلفة لهذه العوامل كلها

على أنه توجد أحياناً حالات كثيرة تدرس فيها صفات كمية فى مجموعة من الأفراد ولا يتبع التوزيع فى هذا الحالات المنحنى الطبيعى المنتظم السابق الاشارة إليه بل قد توجد رسوم بيانية غير منتظمة بالمرة لتمثيل التوزيع المذكور، وربما وجدت منحنيات مركبة أو منحنيات منزلقة (شكل ٣٩)

وتدل هذه المنحنيات الشاذة على الحالات الآتية :

(١) أن تكون الأفراد التى تدرس صفاتها خليطاً من سلالات مختلفة

ومن البديهى أن يكون التوزيع فى سلالة منها مخالفاً له فى سلالة أخرى ولذا ينتج الشذوذ فى الرسم البيانى

(٢) أن يكون هناك انعزال فى العوامل الوراثية يؤدى إلى تراكيب مختلفة ولذا لايكون الرسم البيانى منتظما كما يحصل فى الرسم الذى يمثل أفرادا تركيبها الوراثى متماثل فى الجميع .

(٣) أن يكون فعل عوامل الوسط غير متساوى الأثر فى الأفراد التى تدرس صفاتها .

المتوسط السطحى Mode : هذا المتوسط هو مركز المجموعة التى يتبعها أكبر عدد من الأفراد ، وهذا المتوسط قد يتخذ للدلالة بصفة سطحية أو تقريبية عن مظهر الصفات الكمية . وغالباً مايوجد المتوسط المذكور فى اتجاه نحو أحد طرفى المنحنى البيانى وليس فى المنتصف تماماً

والمتوسط السطحى لطول المائة ورقة من أوراق نبات الدورنتا السابق قياسها هو ٨٢ لأنه مركز المجموعة التى بها ٢٩ فردا

المتوسط القياسى Mean : المتوسط القياسى أو الحقيقى هو المتوسط الحسابى بين أى كميتين . وهو الذى يدل على مظهر الصفات الكمية دلالة حقيقية . ولاستخراج هذا المتوسط يمكن أن تجمع صفات الأفراد التى تشملها الدراسة ثم يقسم حاصل الجمع على عدد الأفراد

إلا أن هناك طريقة أبسط من ذلك وهى تقسيم الأفراد فى مجاميع كما تقدم ذكره ثم يضرب عدد الأفراد التابعة لكل مجموعة فى مركز هذه المجموعه ، ثم تجمع الحواصل ويقسم العدد الناتج على عدد الأفراد جميعا وخارج القسمة هو المتوسط القياسى المطلوب . فاذا كان ت هو توزيع أى مجموعة ، ر هو مركز كل مجموعة ، ع هو عدد الأفراد التى تشملها الدراسة ، م . ق . = المتوسط القياسى ، ∑ علامة تدل على حاصل جمع .

$$\therefore \text{م . ق .} = \frac{\sum ر \times ت}{ع}$$

وفيما يلى بيان لطريقة استخراج المتوسط الحقيقى لطول المائة ورقة من أوراق الدورنتا التى تدرس فيها هذه الصفة

ر	ت	ر × ت	ر	ت	ر × ت
٦٧	٤	٢٦٨	٨٧	٢٠	١٧٤٠
٧٢	٨	٥٧٦	٩٢	١١	١٠١٢
٧٧	١٧	١٣٠٩	٩٧	٤	٣٨٨
٨٢	٢٩	٢٣٧٨	١٠٢	٧	٧١٤

$$\text{م . ق .} = \frac{\text{حاصل جمع الأرقام ر} \times \text{ت}}{ع} = \frac{٨٣٨٥}{١٠٠} = ٨٣٫٨٥ \text{ ملليمترا}$$

الانحراف السطحى average deviation : عند دراسة التصنيف يجب قياس الفرق بين كل فرد وبين المتوسط القياسى سواء كان الفرق المذكور موجباً أو سالباً وذلك لتقدير مقدار انحراف الصفة عن المتوسط

ولا يخفى أن لهذا الانحراف أهمية كبرى فى إيضاح طبيعة التصنيف إذ من المعروف أن المتوسط القياسى وحده لا يدل على شىء من هذا القبيل فقد توجد مجموعتان لهما متوسط واحد إلا أن انحراف الصفة فى إحداهما تختلف عنها كثيراً فى الثانية

والانحراف السطحى أو الظاهرى هو عبارة عن مجموع الفروق التى بين كل فرد فى المجموعة التى تدرس فيها صفة كمية وبين المتوسط القياسى مقسوماً هذا المجموع على عدد الأفراد

فاذا كان ف = الفرق بين مركز أى مجموعة وبين المتوسط القياسى

∑ ت = التوزيع (عدد الأفراد فى كل مجموعة)

∑ ع = عدد الأفراد التى تشملها الدراسة

$$\therefore \text{الانحراف السطحى} = \frac{\sum \text{ف} \times \text{ت}}{ع}$$

الانحراف الحقيقى Standard deviation :وهو الرقم الذى يدل بطريقة مضبوطة عن مقدار التصنيف فى مجموعة من الافراد تدرس فيها صفة رقمية.

والانحراف الحقيقى الذى يرمز له دائماً بعلامة σ هوالذى يعول عليه فى جميع الاحصاءات عند الدراسة الكمية لصفة من الصفات

ويستخرج هذا الرقم بتربيع الانحرافات الفردية ثم جمعها ثم استخراج الجذر التربيعى لها وذلك يرجع إلى قوانين رياضية معروفة ليس هنا مجال شرحها والقانون الآتى يبين كيفية استخراج الانحراف الحقيقى

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma \text{ ف}^{٢} \times \text{ت}}{\text{ع}}}$$

وفيما يلى بيان لطريقة حساب الانحرافين السطحى والحقيقى للطول فى مائة ورقة من الدورتا السابق الاشارة اليها.(انظر الجدول فى الصفحة الآتية)

مركز المجموعة	انحراف المجموعة عن م.ق	ت	ف × ت	ف٢	ف٢ × ت
٦٧	١٦٫٨٥	٤	٦٧٫٤	٢٨٣٫٩	١١٣٥٫٦
٧٢	١١٫٨٥	٨	٩٤٫٨	١٤٠٫٤	١١٢٣٫٢
٧٧	٦٫٨٥	١٧	١١٦٫٤٥	٤٦٫٩	٧٩٧٫٣
٨٢	١٫٨٥	٢٩	٥٣٫٦٥	٣٫٤	٩٨٫٦
٨٧	٣٫١٥	٢٠	٦٣	٩٫٩	١٩٨
٩٢	٨٫١٥	١١	٨٩٫٦٥	٦٦٫٤	٧٣٠٫٤
٩٧	١٣٫١٥	٤	٥٢٫٦	١٧٢٫٩	٦٩١٫٦
١٠٢	١٨٫١٥	٧	١٢٧٫٠٥	٣٢٩٫٤	٢٣٠٥٫٨
		٦٦٤٫٦			٧٠٨٠٫٥

الانحراف السطحى $= \frac{٦٦٤٫٦}{١٠٠} = ٦٫٦٤٦$ ملليمترا

والانحراف الحقيقى $\sigma = \sqrt{\frac{٧٠٨٠٫٥}{١٠٠}} = \frac{٨٤٫٢}{١٠} = ٧٫٤٢$ ملليمترا

ومما تقدم يتضح أن الانحراف السطحى هو رقم تقريبى . أما الانحراف الحقيق فهو الرقم الصحيح الذى يبين المدى الثابت الذى تبتعد فيه الأفراد عن المتوسط القياسى زيادة أو قلة أو بمعنى آخر هو مقدار التصنيف

معامل التصنيف coefficient of variability : لما كان الانحراف الحقيق وحدته هى نفس وحدة الصفة فلا يمكن بداهة أن يستعمل للمقارنة بين تصنيف صفة وصفة أخرى . مثال ذلك إذا عمل قياس لطول أوراق الدورتا بالملليمترات ثم عمل قياس لوزن حبوب القمح بالملليجرامات فليس هناك وجه لمقارنة هذه الوحدة بالأخرى

ولهذا السبب يحسب معامل التصنيف لكل صفة وهو رقم مطلق ليس له وحدة خاصة لأنه عبارة عن الانحراف الحقيق مقسوما على المتوسط القياسى ومعبرا عن خارج القسمة بنسبة مئوية . أو بعبارة أخرى هو مقدار التصنيف معبرا عنه برقم مئوى كما يدل عليه القانون الآتى

$$\text{معامل التصنيف (مع نص)} = \frac{\text{ص}}{\text{م . ح}} \times ١٠٠$$

ولو حسب معامل التصنيف لطول الأوراق فى الدورتا السابق ذكرها لكان كالآتى

$$\frac{٨٫٤٢}{٨٣٫٨٥} \times ١٠٠ = ١٠٫٠٤ \%$$

الخطأ المحتمل probable error : لابد فى أى دراسة إحصائية لصفة من الصفات الكمية أن يحسب مقدار الخطأ المحتمل لكل رقم من الأرقام المستخرجة . والخطأ المحتمل يدل على حدّين يقع بينهما الرقم الحقيق ولذا يكتب الخطأ المحتمل بعد الرقم المستخرج ويفصل بينهما علامتا ±

ويحسب مقدار الخطأ المحتمل من القوانين الآتية

(١) الخطأ المحتمل (خ . م .) للمتوسط القياسى

$$\text{خ . م . (م . ح .)} = \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \frac{\text{ع}}{\text{م . ح .}}$$

(٢) الخطأ المحتمل (خ . م .) للانحراف الحقيقى

$$\text{خ . م . (ع)} = \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \frac{\text{ع}}{\text{ع٢}}$$

(٣) الخطأ المحتمل فى معامل التصنيف

$$\text{خ . م (مع نص)} = \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \frac{\text{مع نص}}{\text{ع٢}}$$

(٤) الخطأ المحتمل فى التجارب المندلية .

$$\text{خ . م (×)} = \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \sqrt{\frac{\text{ح} - \text{ح}^2}{\text{ع}}}$$

ح = حاصل جمع النسب الناتجة من التجربة .

ح = رمز للفينوتيب الذى تدرس صفته .

ع = عدد الأفراد التى تشملها التربية كلها .

وباستخراج قيمة الخطأ المحتمل للارقام الناتجة من تطبيق القوانين الإحصائية فى دراسة طول الماشة ورقة من نباتات الدورتا المشار اليها سابقاً نجد أن :

$$\text{خ . م . (م . ح .)} = \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \frac{٨٣ \text{ و } ٨٥}{١٠٠}$$

$$= \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \frac{٨٣ \text{ و } ٨٥}{١٠}$$

$$= \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times ٣٨٥ \text{ و } ٨$$

$$= \pm ٧ \text{ و } ٥$$

وعلى ذلك فالمتوسط القياسى لهذه الحالة هو ٨٥ و ٨٣ ± ٥ر٧ مم

$$\text{خ} \cdot \text{م} (\sigma) = \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \frac{٨ر٤٢}{\sqrt{٢٠٠}} = \pm ٣٨٧ \text{ و} \cdot$$

وعلى ذلك فالانحراف الحقيقى لهذه الحالة هو ٤٢ ر ٨ ± ٣٨٧ و ٠

$$\text{خ} \cdot \text{م} \cdot (\text{م نص}) = \pm ٦٧٤٥ \text{ و} \times \frac{١٠ر٣}{\sqrt{٢٠٠}} = \pm ٤٩ \text{ و} \cdot$$

وعلى ذلك فمعامل التصنيف لطول أوراق الدورانتا هو

٣ و ١٠ ٪ ± ٤٩ و٠

الطرق الاحصائية المختصرة :

تتبع طرق مختصرة فى قياس الارقام الثابتة للصفات الكمية كالمتوسط والانحراف وهذه الطرق فيها توفير للوقت والمجهود وهى مشتقة رياضيا من الطرق المطولة التى شرحت فيما سبق . والطرق المختصرة ليست ذات نتائج تقريبية بل أن الأرقام المستخرجة بواسطتها هى الأرقام الحقيقية . أما كيفية تطبيق هذه الطرق فيكون بافتراض أن المتوسط يقع فى أى مجموعة من المجاميع التى قسمت الأفراد اليها ثم يحسب بعد ذلك الانحراف الحقيقى من بُعد مراكز المجاميع عن هذا المتوسط الفرضى . وبعد ذلك يعمل التصحيح المناسب .

ولايضاح ذلك سنأتى فيما يلى بتطبيق الطريقة المختصرة فى حالة المائه ورقة من أوراق نباتات الدورانتا المعطى قياسها فيما سبق

يفرض أن المتوسط هو ٨٢ مم ويحسب الانحراف الفرضى من هذا المتوسط الفرضى كما فى الجدول الآتى فى الصفحة التالية

مراكز المجاميع	التوزيع	الانحراف عن المتوسط الفرضى	الانحراف الفرضى مضروباً فى التوزيع	الانحراف الفرضى مربعاً ومضروباً فى التوزيع
٦٧	٤	—١٥	—٦٠	٩٠٠
٧٢	٨	—١٠	—٨٠	٨٠٠
٧٧	١٧	—٥	—٨٥	٤٢٥
٨٢	٢٩	صفر	صفر	صفر
٨٧	٢٠	+٥	+١٠٠	٥٠٠
٨٢	١١	+١٠	+١١٠	١١٠٠
٩٧	٤	+١٥	+٦٠	٩٠٠
١٠٢	٧	+٢٠	+١٤٠	٢٨٠٠

ويجب مراعاة علامات الزائد والناقص بكل دقة عند اتباع الطرق الاحصائية المختصرة . أما التصحيح الذى يعمل فيتوقف على حساب رقم خاص يستخرج من جمع الأرقام التى بالعمود الرابع ثم قسمة حاصل الجمع على مجموع عدد الأفراد .

وعلى ذلك فرقم التصحيح فى حالة المائة ورقة من أوراق الدورانتا التى تدرس فيها صفة الطول هو $\frac{١٧٠}{١٠٠} = ١ر٨٥$

ولما كان المتوسط الفرضى يختلف عن المتوسط القياسى بمقدار رقم التصحيح مسبوقاً بعلامته فيكون المتوسط الحقيقى فى هذه الحالة هو

٨٢ + ١ر٨٥ = ٨٣ر٨٥ مم

ويحسب الانحراف الحقيقى فى الطرق المختصرة من القانون الآتى : تربع الانحرافات الفرضية ثم تضرب فى توزيع الأفراد ويقسم حاصل الضرب على مجموع عدد الأفراد . ثم يطرح من الناتج مربع رقم التصحيح . وبعد ذلك يستخرج الجذر التربيعى لباقى الطرح فيكون هو الانحراف المطلوب الحقيقى

ولتطبيق هذا فى حالة المائة ورقة من أوراق الدورانتا الواردة بالجدول السابق يرى أن

$$\text{خ} = \sqrt{\text{٧٤٫٢٥} - \left(\frac{\text{٧٤٫٢٥}}{١٠٠}\right)^{٢}} = \sqrt{\text{٧٤٫٢٥} - \text{٣٫٤٢}}$$

$$= \sqrt{\text{٧٠٫٨٣}} = \text{٨٫٤٢ مم}$$

وقد تقدم القول أن النتائج النهائية فى دراسة الأرقام الثابتة لأى صفة من الصفات الكمية تتوقف دقتها وقربها أو بعدها عن الحقيقة المطلقة على عدد الأفراد التى تشملها الدراسة ، ولكى نبين ذلك بطريقة حسية أخذت مجموعة أخرى من أوراق الدورانتا عددها مائة ورقة وعمل قياس لطول كل ورقة منها. ويمكن مراجعة هذه الأطوال فى الجدول الآتى بعد وهو الخاص بالتلازم بين الطول والعرض .

وعلى ذلك فيمكن تقدير الأرقام الثابتة للطول فى مائتى ورقة تشمل المجموعة السابقة والمجموعة اللاحقة بتطبيق القوانين الخاصة بالأرقام المذكورة . مثال ذلك أنه باستخراج المتوسط القياسى للطول فى المائتى ورقة المذكورة يرى أنه :

$$\text{م} \cdot \text{ط} = \frac{\text{٨٣٫٨٥} + \text{٧٩٫١٠}}{٢} = \text{٨١٫٤٧٥ مم}$$

هذا الرقم هو أقرب للحقيقة من المتوسط القياسى الذى يحسب لكل مائة ورقة على حدتها وإثباتاً لذلك يحسب الخطأ المحتمل للمتوسط القياسى الخاص بالمائتى ورقة فيرى أنه :

$$\text{خ} \cdot \text{م} \left(\text{م} \cdot \text{ط}\right) = \frac{\text{٦٧٤٥٫} \times \text{٨١٫٤٧٥}}{\sqrt{٢٠٠}}$$

$$= \frac{\text{٥٤٫٩٥٤٦}}{\text{١٤٫١٤}}$$

$$= \pm \text{٣٫٨٨٦ مم}$$

ومعنى ذلك أن الرقم الحقيقى لمتوسط صفة الطول فى أوراق نبات الدورانتا هو رقم يبعد عن ٨١٫٤٧٥ مم بمقدار ٣٫٨٨٦ مم زيادة أو نقصاً ، فى حين أن الخطأ المحتمل لمتوسط الطول إذا حسب عن كل مائة ورقة على حدة يرى أنه يكاد أن يكون ضعف الخطأ المحتمل للمائتى ورقة معاً . أى أن الرقم الثابت لمائة ورقة أبعد عن الحقيقة منه لمائتى ورقة .

وبالمثل يمكن حساب الانحراف القياسى أو أى رقم ثابت آخر من الاحصاءات التى تعمل للمائتى ورقة فيرى أنها أدق وأضبط وكلما زاد عدد الأوراق كلما قل الخطأ المحتمل وزاد اقتراب الرقم الثابت المستخرج نحو الحقيقة المطلقة .

تلازم الصفات Correlation

تقدم القول فى موضع سابق أن للعامل الوراثى الواحد أثاراً متعددة وإن كان العامل المذكور يعرف بأهم هذه الآثار وأكثرها بروزاً .

فاذا فرض وجود صفتين (أو أكثر) تنتجان من فعل عامل واحد لتوقف ظهورهما على وجود هذا العامل فى التركيب الوراثى للأفراد، فأن خلا تركيب أحد الأفراد من العامل المذكور لم تكن الصفتان المشار اليهما بين صفاته .

وعلى ذلك فهناك تلازم تام بين هاتين الصفتين وهو الأمر الذى اكتشفه مندل وغيره من الباحثين . مثال ذلك أن نباتات الباسلاء ذات الأزهار البيضاء أغطية بزورها بيضاء أما تلك النباتات ذات الأزهار الأرجوانية فأغطية بذورها رمادية. وفى الحيوانات القارضة يلاحظ أنها لو كانت عديمة اللون لكانت عيونها قرنفلية أما أن كانت ملونة فتكون عيونها أيضاً ملونة .

ومثل هذا التلازم التام بين الصفات قد ينتج أيضاً فى حالات الارتباط التام وهو قليل الحصول ، وعلى ذلك فاذا وجد ارتباط غير تام بين العوامل

كان من نتائجه تلازم غير تام بين الصفات المقابلة لهذه العوامل .

ومن الأمور الهامة فى دراسة الصفات الكمية معرفة وجود تلازم مابين صفتين تتغيران فى اتجاه واحد أى تزيد أحداهما إذا زادت الأخرى (تلازم موجب) أو تتغيران فى اتجاهين مختلفين أى تزيد إحدهما وتقل الأخرى (تلازم سالب) .

ولدراسة التلازم يجب التعبير عنه برقم إذ أن الأرقام هى التى تحدد أى حالة من الحالات وتدل على درجتها أيضاً . ويسمى الرقم المذكور معامل التلازم coefficient of correlation .

ولاستخراج معامل التلازم بين صفتين فوائد كثيرة أهمها :

(١) أنه إذا عرفت إحدى الصفتين المتلازمتين فى فردما أو فى عدة أفراد أمكن تقدير الصفة الأخرى بدون داع لقياسها ، فاذا كانت درجت التلازم بين الصفتين كبيرة كان هذا التقدير قريباً جداً من الواقع .

(٢) أن المعامل المذكور يتخذ قياساً لظهور الصفتين فى الأجيال المتوالية أو بمعنى آخر أنه يدل على درجة وراثة الصفات الكمية .

طريقة استخراج معامل التلازم : من الضرورى لاستخراج هذا المعامل فى مجموعة ما من الأفراد أن تدرس الصفتان معاً فى كل فرد من أفراد المجموعة . أما الطريقة التى تتبع فهى الطريقة الاحصائية المختصرة التى سبق شرحها .

والنقطة الأساسية فى هذه الدراسة هى قياس كل من الصفتين فى كل فرد من أفراد المجموعة ثم تعيين المتوسط الفرضى لكل صفة من هاتين الصفتين.

وبعد ذلك تعمل مجاميع صغيرة لكل صفة على حدتها على أن تمثل كل مجموعة صغيرة بواسطة مركزها وذلك تبعاً لما سبق شرحه فى الجداول السابقة

وبما أن الصفتين المراد معرفة تلازمهما ستدرسان معاً وفى وقت واحد فى جميع الأفراد فأن ذلك يقتضى لتخطيط التوزيع فيهما أن يعمل ذلك فى

شكل مربع يكتب على أحد أضلاعه مراكز مجاميع إحدى الصفتين وتكتب مراكز مجاميع الصفة الأخرى على الضلع العمودى للضلع السابق .

ثم توصل خطوط طولية وأخرى أفقية بقدر عدد مراكز الصفتين ، فينتج عن ذلك خانات داخل المربع المذكور كل خانة منها تمثل مجموعة بها كل من الصفتين على درجة خاصة وهذه المجموعة ذات مركز لأحدى الصفتين ومركز آخر للصفة الأخرى .

وبعد ذلك يوضع كل فرد من الأفراد فى الخانة التى يتبعها .

وتستخرج الارقام التى تعبر عن الانحراف والتوزيع ورقم التصحيح ثم الانحراف الحقيقى لكل صفة على حدتها بالطريقة التى سبق شرحها ومن هذه المعلومات يحسب معامل التلازم بتطبيق القانون الآتى :

مع . نم = معامل التلازم

ك = مجموع الأرقام الناتجة من حاصل ضرب عدد الأفراد الموجودة فى كل خانة مضروباً فى انحراف هذه الخانة عن المتوسط الفرضى للصفة الأولى مضروبا فى إنحراف نفس الخانة عن المتوسط الفرضى للصفة الثانية . مع مراعاة الدقة التامة فى اعتبار العلامات السالبة والموجبة

ى = رقم التصحيح لأى صفة

ع = عدد الأفراد التى يدرس فيها التلازم

ح = الانحراف الحقيقى لأى صفة

فاذا رمزنا لاحدى الصفتين بالحرف ا وللصفة الاخرى بالحرف ب

$$\text{مع . نم} = \frac{\text{ك} - (\text{ى}_{\text{ا}} \times \text{ى}_{\text{ب}})}{\text{ع} \times \text{ح}_{\text{ا}} \times \text{ح}_{\text{ب}}}$$

وبعد ذلك يحسب الخطأ المحتمل لمعامل التلازم هكذا :

$$\text{خ . م (مع . نم)} = \frac{+ ٦٧٤٥ \text{ و} (١ - \text{مع . نم}^{٢})}{\sqrt{\text{ع}}}$$

مدلول معامل التلازم : معامل التلازم هو رقم يقع بين — ١ ، + ١ فاذا كان زائد العلامة كان التلازم موجباً وإن كان سالب العلامة كان التلازم سالبا .

والتلازم درجات منه التلازم التام وهو الذى يدل عليه رقم الواحد الصحيح سواء كان سالباً أو موجباً . والتلازم التام الموجب يدل على أن صفتين تتغيران فى إتجاه واحد فان زادت إحداهما تزيد الأخرى معها وإن نقصت الأولى تنقص الثانية تبعاً لها .

ومن التلازم ما هو شديد وهو ذلك الذى يدل عليه معامل يقع بين ٥ و. ، ١ سواء كان موجب العلامة أو سالبها، أو قد يكون التلازم متوسطاً

وقد يتراوح الرقم المستخرج من تطبيق القانون فى حدود أربعة أضعاف الخطأ المحتمل لنفس هذا الرقم وفى هذه الحالة دليل واضح على عدم وجود التلازم بين الصفتين اللتين تشملهما الدراسة .

ويمكن تلخيص مدلول معامل التلازم فى الحدود الآتية :

الرقم	مدلوله	الرقم	مدلوله
— ١	تلازم سالب تام	+ ١	تلازم موجب تام
— ٥ر.	« « وشديد	+ ٥ر فافوق	« « شديد
— ٣ر.	« «ومتوسط	+ ٣ر فافوق	« « متوسط
— ٤خ . م (مع . تم) الى صفر	لا يوجد تلازم	+ ٤خ . م (مع . تم) الى صفر	لا يوجد تلازم

وفى تجارب التربية العملية لمعرفة التلازم فائدة كبرى . فاذا عرف أن هناك تلازماً بين صفتين كميتين يمكن بتثبيت إحداهما بحاله أصيله تثبيت الأخرى معها عرضاً ولا يخفى أن فى هذا توفيراً للمجهود وتبسيطاً للعمل .

أما إذا عرف أنه لا يوجد تلازم بين صفتين كميتين وكانتا من الصفات المرغوبة فلا بد من تثبيت كل منهما على حدة ، و تثبيتهما معاً متبعين فى ذلك طريقاً مختلفاً عن الطريق السابق بطبيعة الحال .

وكذلك يفيد معرفة التلازم فى الصفات بين الأبناء والآباء ولذلك أهمية كبرى فى عمليات الانتخاب والتحسين التى تجرى على الدوام فى تربية النبات أو الحيوان .

ومثال ذلك ما هو معروف عن وجود تلازم كبير جداً بين لون الجسم الأصفر فى الدروسوفلا وبين درجة التناسل العالية لها . وبما أن هذه الصفة الأخيرة هى صفة فسيولوجية غير ظاهرة بينما لون الجسم صفة واضحة وبسيطة فاذا عملنا على تثبيت الصفة الظاهرة وركزناها فى سلالة أصيلة صفراء اللون نكون فى نفس الوقت قد عملنا على تثبيت الصفة الفسيولوجية غير الظاهرة وهى درجة التناسل العالية .

ولو لم يكن لمعامل التلازم من فائدة إلا أنه يلقى كثيراً من الضوء على بعض الاعتقادات الشائعة لدى المزارعين لكفى بذلك من فائدة .

فقد كانت دراسة التلازم هى الواسطة الفعلية فى تغيير مجرى الانتخاب لتحسين ماشية اللبن . إذ كان أغلب المزارعين فى أوروبا وأمريكا يأخذون بوجود علاقة شديدة بين الشكل الظاهرى للحيوان وبين كفائته الوراثية الكامنة لانتاج اللبن وزاد هذا الاعتبار رسوخاً حتى أدى إلى وضع جداول خاصة للتحكيم فيها وصف دقيق محكم لما يجب أن يكون عليه الشكل الخارجى لحيوان اللبن ولا شك أن هذه الجداول كانت تشير ضمنا بانطباق الوصف النموذجى على الحيوان العالى الكفاءة الانتاجية .

إلا أن « جاون » « Gowen » وهو أحد علماء تربية الحيوان الأمريكيين فحص عددا يبلغ ١٦٧٤ بقرة من نوع الجرسى (ماشية لبن) فوجد أن معامل التلازم بين الأدرار والشكل الخارجى النموذجى هو ١٩٤١ر+٠١٦ر وهذا الرقم إن دل على شىء فهو يدل على وجود تلازم ضعيف جداً لا يمكن أن يعول عليه فى رسم خطط التربية .

والجدول الآتى يشمل قياس الطول والعرض لمائة ورقة من أوراق الدوراتا بالملليمترات وذلك كمثال يبين طريقة استخراج معامل التلازم بين هاتين الصفتين

نمرة الورقة	الطول مم	العرض مم	نمرة الورقة	الطول مم	العرض مم
١	٧٤	٣٧	٣١	٨٢	٣٢
٢	٧٢	٣٨	٣٢	٦٧	٣٣
٣	٨٣	٣٨	٣٣	٦٢	٢٩
٤	٧٨	٣٨	٣٤	٥٦	٢٦
٥	٧٨	٣٥	٣٥	٧٢	٣٢
٦	٨٥	٤٠	٣٦	٦٦	٣٧
٧	٨٣	٤٢	٣٧	٦٤	٣٠
٨	٧٠	٣٢	٣٨	٨٢	٣٩
٩	٦٧	٣٢	٣٩	٦٣	٣٣
١٠	٧٥	٣٦	٤٠	٥٧	٣٣
١١	٦٠	٢٨	٤١	٧٥	٣٥
١٢	٨٠	٣٩	٤٢	٦٣	٣٢
١٣	٦٨	٣٧	٤٣	٨٦	٣٩
١٤	٥٥	٢٦	٤٤	٩٢	٤٤
١٥	٦٥	٣٢	٤٥	٧٢	٣٥
١٦	٨٨	٣٨	٤٦	٧٦	٣٣
١٧	٧٧	٣٧	٤٧	٧٠	٣٥
١٨	٧٦	٣٧	٤٨	٧٣	٣٤
١٩	٧٥	٣٥	٤٩	٦٠	٣٢
٢٠	٧٢	٤٠	٥٠	٦٦	٣١
٢١	٨١	٣٧	٥١	٦٧	٣٠
٢٢	٧٣	٢٧	٥٢	٧٥	٣٦
٢٣	٧٧	٣٤	٥٣	١٠٥	٤٢
٢٤	٨١	٣٢	٥٤	٩٩	٣١
٢٥	٧٧	٢٩	٥٥	٩٧	٣٨
٢٦	٥٧	٢٩	٥٦	٧٩	٣٤
٢٧	٥٨	٣٤	٥٧	٨٣	٣٤
٢٨	٥٥	٢٧	٥٨	٨٤	٢٦
٢٩	٧٥	٣٥	٥٩	٧٥	٣١
٣٠	٧٣	٣٩	٦٠	٨٠	٣٨

نمرة الورقة	الطول مم	العرض مم	نمرة الورقة	الطول مم	العرض مم
٦١	٩١	٣٣	٩١	٩٢	٥٣
٦٢	٦٢	٢٧	٩٢	٧٤	٣٩
٦٣	٩٦	٤١	٩٣	٧٥	٤٢
٦٤	٩٤	٤٠	٩٤	١٠٤	٤٤
٦٥	٧٩	٣٨	٩٥	١٠٤	٤٧
٦٦	٦١	٢٩	٩٦	١٠٥	٤٥
٦٧	٧٨	٤٢	٩٧	١٠٣	٤٥
٦٨	٩٨	٤٥	٩٨	١٠٢	٤٥
٦٩	٩٠	٣٥	٩٩	٩٨	٤٥
٧٠	٨١	٤١	١٠٠	٦٥	٣٤
٧١	٨٢	٤١			
٧٢	٧٣	٤٥			
٧٣	٨٠	٤٠			
٧٤	٧٨	٤٢			
٧٥	٨١	٤٤			
٧٦	١١٤	٤٧			
٧٧	٧٢	٣٦			
٧٨	٧٧	٣٩			
٧٩	٨٥	٤٠			
٨٠	٨١	٤١			
٨١	٨٧	٣٦			
٨٢	٩٥	٣٥			
٨٣	١٠٦	٥٣			
٨٤	١٠٢	٤٩			
٨٥	٩٠	٤٥			
٨٦	٨٦	٤١			
٨٧	٩١	٤٥			
٨٨	٩٢	٣٨			
٨٩	٥٨	٢٦			
٩٠	٧٨	٤١			

التوزيع فى مربع التلازم

مراكز المجاميع	٢٧	٣٢	٣٧	٤٢	٤٧	٥٢
٥٧	٥	٢				
٦٢	٤	٤				
٦٧		٦	٢			
٧٢	٢	٣	٧	١	١	
٧٧	١	٤	١١	٤		
٨٢		٣	٥	٦		
٨٧			٣	٣		
٩٢		١	٢	٢	٢	١
٩٩		١	٢	١	٢	
١٠٢				١	٤	
١٠٧					٢	١
١١٢					١	

وبفرض أن المتوسطين الظاهريين للطول وللعرض هما اللذان يعتبران كأنهما متوسطان حقيقيان (وبعد ذلك يعمل التصحيح المناسب) يكون :

المتوسط الفرضى للطول ٧٧ مم

المتوسط الفرضى للعرض ٣٧ مم

الجدول الذى تستخرج منه المقادير المطلوبة لحساب التلازم

التوزيع (ت)	الانحراف عن المتوسط الفرضى للطول (ف ١)	ت×ف ١	ت×ف ١ ٢	الانحراف عن المتوسط الفرضى للعرض (ف ٢)	ت×ف ٢ ٢	ت×ف ٢	ت×ف ١×ف ٢ (ك)
٧	— ٢٠	— ١٤٠	٢٨٠٠				١٢٠٠
٨	— ١٥	— ١٢٠	١٨٠٠				٩٠٠
٨	— ١٠	— ٨٠	٨٠٠				٣٠٠
١٤	— ٥	— ٧٠	٣٥٠				١٠٠
٢٠	صفر	صفر	صفر				صفر
١٤	+ ٥	+ ٧٠	٣٥٠				٧٥
٦	+ ١٠	+ ٦٠	٦٠٠				١٥٠
٨	+ ١٥	+ ١٢٠	١٨٠٠				٦٠٠
٦	+ ٢٠	+ ١٢٠	٢٤٠٠				٤٠
٥	+ ٢٥	+ ١٢٥	٣١٢٥				١١٢٥
٣	+ ٣٠	+ ٩٠	٢٧٠٠				١٠٥٠
١	+ ٣٥	+ ٣٥	١٢٢٥				٣٥٠

(تكملة الجدول السابق)

١٢						
٢٥						
٢١						
١٩						
١١						
٢						
حاصل الجمع	+ ٢١٠	١٧٩٥٠	١٠ —	١٢٠ —	١٢٠٠	٥٨٩٠
			٥ —	١٢٥ —	٦٢٥	
			صفر	صفر	صفر	
			٥ +	٩٥ +	٤٧٥	
			١٠ +	١١٠ +	١١٠٠	
			١٥ +	٣٠ +	٤٥٠	

رقم التصحيح للطول = $\frac{٢١٠}{١٠٠} = ٢ر١٠$

رقم التصحيح للعرض = $\frac{-١٠}{١٠٠} = -٠ر١٠$

الانحراف الحقيق للطول = $\sqrt{\frac{١٧٩٥٠}{١٠٠} - (٢ر١٠)^٢} = ١٣ر٢$

الانحراف الحقيق للعرض = $\sqrt{\frac{٣٨٥٠}{١٠٠} - (-٠ر١٠)^٢} = ٦ر٢$

مع . م = $\frac{\frac{٥٨٩٠}{١٠٠} - (٢ر١٠ \times -٠ر١٠)}{١٣ر٢ \times ٦ر٢} = ٠ر٧٢٢$

الخطأ المحتمل فى معامل التلازم السابق

$$= \pm \frac{٠ر٦٧٤٥ (١ - ٠ر٥٢١)}{\sqrt{١٠٠}} = \pm ٠ر٠٣$$

∴ معامل التلازم للطول والعرض = ٠ر٧٢٢ ± ٠ر٠٣. وهذا يدل على تلازم شديد . ولأهمية الأرقام المعبر عنها بحرف ك فى الجدول السابق نبين فيما يلى كيفية حسابها :

يرى فى أول سطور مربع التلازم سبعة أفراد تنحرف عن المتوسط الفرضى للطول بمقدار — ٢٠ منها خمسة أفراد تنحرف عن المتوسط الفرضى للعرض بمقدار — ١٠ وفردين بمقدار — ٥ وعلى ذلك فالرقم الذى يدل على ك بالنسبة لهذه الأفراد السبعة هو

٥ × — ٢٠ × — ١٠ = ١٠٠٠

٢ × — ٢٠ × — ٥ = ٢٠٠

١٢٠٠ هذا المجموع يكتب فى الجدول أمام السبعة أفراد وبالمثل يمكن إيجاد قيمة ك لكل مجموعة من ضرب عدد الأفراد فى إنحرافاتها عن متوسط الطول الفرضى وعن متوسط العرض الفرضى أيضاً

وفى النهاية تجمع هذه المقادير جميعاً وحاصل الجمع هو الذى يعوض به عن الرمز « ك » فى قانون معامل التلازم .

الباب الحادي عشر

وراثة الصفات الكمية

منذ اتجهت أنظار العلماء إلى دراسة السلوك الوراثى للصفات الكمية وأجريت التجارب التى شملت كل واحدة منها طرفين مختلفين من هذه الصفات والنتائج تدل بوضوح تام على أن انتقال هذه الصفات من جيل لآخر خارج عن نطاق قوانين مندل وقواعد نظريته الأساسية . فبينما تقتضى نظرية مندل وجود السيادة التامة وظهور نسب خاصة فى الجيل الثانى من الابناء وانقسام أفراد هذا الجيل إلى مجاميع متباينة نرى أن الصفات الكمية لا تخضع فى توارثها لهذه القواعد . على أن ما عرف فيما بعد عن كيفية إنتقال هذه الصفات دل على أن مندل كان موفقاً كل التوفيق فى اختياره نبات الباسلاء للتجربة عليه فأن صفتى طول الساق وقصره فى هذا النبات تظهر فيهما حالة السيادة التامة وتورثان بنظام مندلى تماماً وفى ذلك تخالفان جميع الصفات الكمية الأخرى ما عدا القليل النادر

وقد توصل فرانسيس جولتون Francis Galton فى سنة ١٨٩٧ إلى وضع قانون يفسر به السلوك الوراثى للصفات الكمية واسماه « قانون التوارث عن السلف » Law of Ancestral Inheritance استمده من نتائج بحثه عن كيفية توارث طول القامة فى الانسان . ويمكن تلخيص هذا القانون فى أن كل فرد من الأفراد يأخذ نصف صفاته من أبيه والنصف الآخر من أمه ، وكل من هذين يأخذ نصف صفاته من كل من أبويه ، وعلى ذلك فالفرد يأخذ ربع صفاته من كل من أجداده الأربعة . وهكذا كلما رجعنا جيلا إلى الوراء فى نسب الفرد وجدنا أن كل فرد فى الجيل المذكور يؤثر فى صفات النسل بمقدار متساو مع غيره من أفراد الجيل ويتوقف

مقدار هذا التأثير على بعد الجيل أو قربه من الفرد . أو إذا أردنا وضع هذا القانون فى صيغة أخرى يمكن القول بأن كل فرد فى أى جيل من أجيال السلف يؤثر فى النسل بمقدار ½ صفاته مرفوعا هذا المقدار إلى قوة تعادل بعد جيل السلف عن النسل . على أن المقام لا يسمح بالتوسع فى شرح هذا القانون ويكفى أن نشير إلى أنه يخالف نظرية مورجان وما هو معروف عن توزيع الكروموزومات فى الجاميطات فقد يحصل أن جميع الكروموزومات التى من أحد الآباء تنتقل معاً إلى النسل عن طريق الجاميطات التى ينشأ منها هذا النسل ، وقد وضح بصورة لا تقبل الشك أن التوزيع الحر للكروموزومات يحصل فعلا . وفى ضوء هذه الاكتشافات السيتولوجية ونظرية مورجان المستمدة منها لا يمكن قبول القانون الذى وضعه جولتون وأشير إليه فيما سبق

على أن الفضل فى الكشف عن الطريقة التى تورث بها الصفات الرقمية يعود إلى العالم السويدى نلسون ايل Nilsson - Ehle الذى حصل على نسب غير مندلية عندما كان يدرس وراثة اللون فى حبوب القمح وفسر هذه النسب بنظرية العوامل المتضاعفة سنة ١٩٠٩

وقد دلت التجارب والاختبارات التى أجريت لتحقيق ماتفرع من هذه التجارب على أن نظرية العوامل المتضاعفة تنطبق تمام الانطباق فى وراثة الصفات الكمية ويمكن بواسطتها وضع قواعد عامة وتفسيرات شاملة لانتقال هذه الصفات من جيل لآخر . وسنقدم فيما يلى بعض الأمثلة بياناً لذلك .

(١) إذا فرضنا أن متوسط الوزن فى بعض أنواع الدجاج ٣ أرطال وأنه فى نوع آخر ٦ أرطال وأن وراثة الوزن فى هذه الحالة تتوقف على ثلاثة أزواج من العوامل المتضاعفة كلها متساوية فى التأثير ، وأن العوامل الكبيرة الطابع رمز للوزن الثقيل، كان الفرد الذى يزن ستة أرطال تركيبه هو

AABBCC والفرد الذى يزن ثلاثة أرطال تركيبه aabbcc ومادامت هذه العوامل متساوية فأن العامل السائد يعين رطلا واحداً من وزن الدجاج المذكور بينما العامل المتنحى يعين نصف رطل فقط. ولما كانت أفراد الجيل الأول التى تنتج من تلقيح نوعى الدجاج المشار اليهما ذات تركيب عاملى خليط AaBbCc فهى على ذلك تكون أيضاً متوسطة الوزن بين الأبوين لأن حاصل جمع الأوزان المقابلة لهذه العوامل هو ٥ ر ٤ رطلا.

وعند تناسل هذا الجيل الأول من الأبناء مع بعضه البعض ينتج الجيل الثانى وفيه تركب العوامل على الوجه المبين بالجدول الآتى الذى يشمل التراكيب الوراثية المختلفة لأى ثلاثة أزواج من العوامل المندلية ونسبة ظهورها أيضاً

(انظر الجدول فى الصفحة التالية)

النسبة	عدد الافراد	تركيب العوامل	الوزن بالرطل لكل فرد
٢٧	١	AA BB CC	٦
	٢	AA BB Cc	٥ر٥
	٢	AA Bb CC	٥ر٥
	٢	Aa BB CC	٥ر٥
	٤	AA Bb Cc	٥
	٤	Aa BB Cc	٥
	٤	Aa Bb CC	٥
	٨	Aa Bb Cc	٤ر٥
٩	١	AA BB cc	٥
	٢	AA Bb cc	٤ر٥
	٢	Aa BB cc	٤ر٥
	٤	Aa Bb cc	٤
٩	١	AA bb CC	٥
	٢	AA bb Cc	٤ر٥
	٢	Aa bb CC	٤ر٥
	٤	Aa bb Cc	٤
٩	١	aa BB CC	٥
	٢	aa BB Cc	٤ر٥
	٢	aa Bb CC	٤ر٥
	٤	aa Bb Cc	٤
٣	١	AA bb cc	٤
	٢	Aa bb cc	٣ر٥
٣	١	aa BB cc	٤
	٢	aa Bb cc	٣ر٥
٣	١	aa bb CC	٤
	٢	aa bb Cc	٣ر٥
١	١	aa bb cc	٣

ومن مراجعة أوزان الدجاج فى الجيل الثانى يتضح أنها تتدرج من أحد الأبوين الى الآخر وأن التوزيع ليس متساوياً فيها بل يتبع المنحنى الطبيعى المنتظم السابق الاشارة اليه كما يدل على ذلك ترتيب عدد الأفراد التابعة لكل مجموعة من مجموعات الوزن كالآتى :

عدد الأفراد	الوزن بالرطل	عدد الأفراد	الوزن بالرطل
١	٦	١٥	٤
٦	٥ر٥	٦	٣ر٥
١٥	٥	١	٣
٢٠	٤ر٥		

وهنا تتفق نتائج التجارب العملية والتحليل النظرى مما يثبت صحة التعليل القائل بانطباق سلوك الصفات الكمية وسلوك العوامل المتضاعفة .

(٢) وتجارب أيست East سنة ١٩١٣ عن وراثة الصفات الكمية لنبات الذرة واضحة الدلالة فى معرفة سلوك هذه الصفات . واحدى هذه التجارب كانت خاصة بقياس أطوال الكيزان فى النبات المذكور فقد وجد أيست أن سلالة خاصة كانت تزيد عن ضعف سلالة أخرى فى طول الكيزان. فلما لقح هذه السلالة بتلك حصل على نباتات الجيل الأول التى كان طول كيزانها متوسطاً بين طول كيزان الأبوين .

أما الجيل الثانى فمع أنه كان متوسطاً أيضاً فى صفته بين الأبوين إلا أن معامل تصنيفه أعلا منه كثيراً فى الجيل الأول مما يدل على انعزال فى العوامل الوراثية وهو مايحصل فعلا ، بينما معامل تصنيف الجيل الأول يدل على انحراف راجع لتأثير الوسط .

وفيما يلى المقاييس الأحصائية لهذه التجربة

الأبوان :

السلالة الأولى من الأبوين		×	السلالة الثانية من الأبوين	
عدد الأفراد	طول الكوز		عدد الأفراد	طول الكوز
٤	٥ سم		٣	١٣ سم
٢١	٦ »		١١	١٤ »
٢٤	٧ »		١٢	١٥ »
٨	٨ »		١٥	١٦ »
			٢٦	١٧ »
			١٥	١٨ »
			١٠	١٩ »
			٧	٢٠ »
			٢	٢١ »

الجيل الأول :

عدد الأفراد	طول الكوز
١	٩ سم
١٢	١٠ »
١٢	١١ »
١٤	١٢ »
١٧	١٣ »
٩	١٤ »
٤	١٥ »

الجيل الثاني :

عدد الأفراد	طول الكوز	عدد الأفراد	طول الكوز
٢	٧ سم	٢١	١٤ سم
٥	٨ »	١٣	١٥ »
١٧	٩ »	١٠	١٦ »
٣٣	١٠ »	١١	١٧ »
٣٣	١١ »	١٢	١٨ »
٣٣	١٢ »	١	١٩ »
٢٧	١٣ »	٢	٢٠ »
		١	٢١ »

والجدول الآتى يشمل الأرقام الثابتة مستخرجة من البيانات المتقدمة

الجيل	المتوسط القياسى	الانحراف الحقيقى	معامل التصنيف
P_1 (ا)	٦ر٠٧ ± ٠ر٠	٨١ر٠ ± ٠٥ ر٠	٢٧ر١٢ ± ٧٨ر٠
P_1 (ب)	٨ر١٦ ± ١٢ ر٠	٨٧ر١ ± ٠٩ ر٠	١٣ر١١ ± ٥٣ر٠
F_1	١ر١٢ ± ١٢ ر٠	٥١ر١ ± ٠٩ ر٠	٤٨ر١٢ ± ٧٢ر٠
F_2	٦ر١٢ ± ١٣ ر٠	٨١ر٢ ± ٠٩ ر٠	٣٠ر٢٢ ± ٧٤ر٠

ويلاحظ من دراسة الأرقام الثابتة لهذه التجربة أن كلا من الجيل الأول والثانى متشابه فى متوسط الصفة غير أن الانحراف فى الجيل الثانى وكذلك معامل التصنيف أعلا كثيرا عن مثلهما فى الجيل الأول للسبب السابق ذكره

فاذا كان معامل التصنيف فى السلالة الأولى من الأبوين وكذلك فى السلالة الثانية منهما يعود الى فعل عوامل الوسط الخارجى لأن كلا السلالتين أصيل فهذا يفسر التقارب بين رقمى المعاملين المذكورين وبين معامل تصنيف

الجيل الأول الذى يرجع لعوامل البيئة أيضا ما دامت كل أفراد هذا الجيل ذات تركيب واحد

وسلوك الصفات الرقية يمكن تلخيصه فيما يأتي

(١) أن تكون السيادة غير التامة هى القاعدة . فأفراد الجيل الأول وسط فى الصفة بين صفتى الأبوين

ومن البديهى أن المقارنة بين الصفات تكون باعتبار أن المتوسط القياسى يمثل الصفة فى أى مجموعة من الأفراد أو جيل من الأجيال

(٢) أن معامل التصنيف للأبوين وللجيل الأول من الأبناء لا يختلف كثيرا ذلك لأنه راجع لفعل عوامل الوسط فى هذه الحالة

(٣) أن الجيل الثانى من الأبناء متوسط الصفة بين الأبوين أيضا مثله فى ذلك مثل الجيل الأول غير أن معامل التصنيف لهذا الجيل أعلا منه فى الجيل الأول وذلك راجع لأن تركيب الأفراد فى الجيل الثاني يختلف كثيرا من بعضه البعض

(٤) أنه قد لا توجد أفراد فى الجيل الثانى شبيهة بالأبوين إلا إذا كان عدد العوامل التى تتوقف عليها الصفة قليلا .

وقد يعرف عدد أزواج العوامل فى أى حالة من نسبة ظهور أفراد فى الجيل الثانى مشابهة للأبوين ، والتشابه فى الصفات الكمية دليل على التشابه فى تركيب العوامل أيضاً . والجدول الآتى يبين نسبة ظهور أفراد مشابهة للأبوين فى الجيل الثانى تبعاً لعدد العوامل .

عدد أزواج العوامل	١	٢	٣	٤	٥	ن
النسبة	$\frac{1+1}{4}$	$\frac{1+1}{16}$	$\frac{1+1}{64}$	$\frac{1+1}{256}$	$\frac{1+1}{1024}$	$\frac{1+1}{4^{ن}}$

ويتضح من هذا أن النسبة تقل كلما زاد عدد العوامل ففى حالة خمسة

أزواج من العوامل مثلا تكون هذه النسبة من ١٠٢٤ فرداً من الجيل الثانى ولذلك فليس هناك احتمال لظهور مثل هذه الأفراد المشابهة للأبوين إذ يندر وجود كائن حى يتناسل بهذه الكثرة .

وعلى ذلك فلو رسم خط بيانى لتوزيع أفراد الجيل الثانى لكان منحنياً يتردد حول المتوسط فى مسافة تقل كلما زاد عدد العوامل المتضاعفة .

ومن الواضح أن السبب فى ذلك هو أن كثرة العوامل التى تتوقف عليها صفة مايجعل تأثير كل عامل منها قليلا فى حد ذاته (شكل ٤٠).

التمييز بين نوعى التصنيف الوراثى والفسيولوجى :

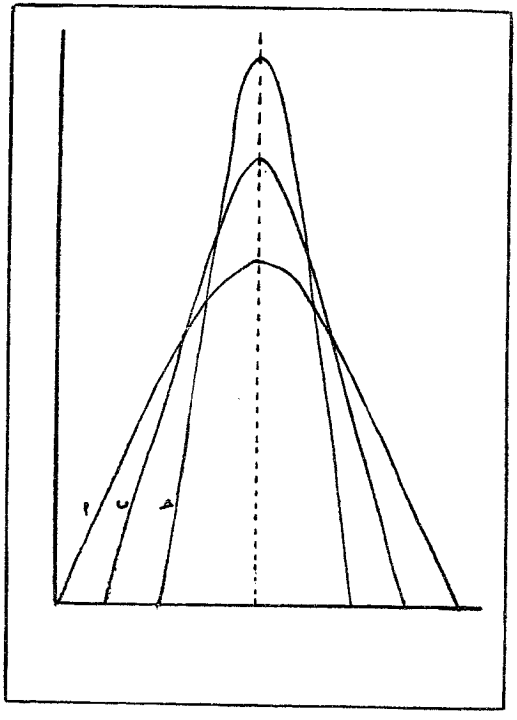
عندمقارنة الأرقام الثابتة كالمتوسط القياسى والانحراف ومعامل التصنيف فى السلالات الأصيلة بمثلها فى تجارب التلقيح المختلفة التى تنتج انعزالا فى العوامل وتراكيب مختلفة نتيجة الانعزال المذكور يتضح ان :

(١) المتوسط القياسى لكل سلالة نقية يبقى ثابتاً كما هو جيلا بعد جيل

(٢) أى فرد من سلالة نقية إذا تناسل بالتلقيح الذاتى أو بتلقيح أفراد مثله فى مظهر الصفة ومن نفس السلالة قد لا ينتج نسلا مشابهاً له فى صفته وإنما يلاحظ أن متوسط صفة النسل المذكور يساوى متوسط صفة السلالة النقية .

(٣) لا يوجد ارتفاع فجائى فى معامل التصنيف من جيل لآخر ، لأن السلالة النقية لا يحصل فيها انعزال العوامل الوراثية فى تراكيب مختلفة ينتج عنها انحراف واسع المدى .

(٤) قد يختلف معامل التصنيف للسلالة النقية جيلا بعد جيل ولكن هذا الاختلاف يكون قليلا ، ومنشؤه اختلاف عوامل الوسط مثل درجات الحرارة أو الرطوبة أو غيرها .



شكل ٤٠ — رسم بيانى لانحراف ثلاثة مجموعات ا و ب و ح
يزيد عدد عوامل صفات كل منها على التوالى

الباب الثانى عشر

الصفات المكتسبة

أن القول بوراثة الصفات المكتسبة هو من أقدم الاعتقادات التى انتشرت بين الناس والتى لا تزال تجد قبولا لتصديقها لما تصادف من هوى فى النفوس

ولقد بدأ القول بوراثة هذه الصفات عندما أخذ العلماء بدراسة التطور وذلك تبعا لما لاحظوه من أن الكائنات الحية نباتية كانت أو حيوانية تظهر كثيراً من الصفات التى توافق ظروف الوسط الخارجى الذى تعيش تلك الكائنات الحية فيه، بل وأن انتقال النباتات والحيوانات من وسط إلى وسط آخر كثيراً ما يدعو لظهور صفات جديدة تجعل ملائمة الوسط الجديد سهلة على الأحياء المنقولة اليه

هذه المشاهدات مع اتساع نطاقها هى التى أوجدت الاعتقاد بان الصفات المكتسبة (أى الصفات التى يطبعها الوسط على الكائن الحى) تنتقل من الأحياء إلى نسلها، وأنه على مرور الأجيال والعصور نشأت كائنات حية تختلف عن أسلافها فى بعض صفاتها فصارت أنواع جديدة واتخذت مركزها فى العالم الحى مستقلة عن ذلك السلف الذى نشأت منه

ولقد كان لامارك Lamarck كما سبق القول فى موضع آخر هو حامل لواء هذا الاعتقاد وهو الواضع لنظرية وراثة الصفات المكتسبة والدافع لهذه النظرية إلى الأمام حتى أحلها محلا هاما بين النظريات العلمية التى تفسر التطور وتسلسل الأنواع

ولم يخالف دارون Darwin هذا الاعتقاد بل أخذ به وإن كان تعليله لحصول التطور بالانتخاب الطبيعى natural selection يخالف رأى لامارك فى التفصيل لا فى القاعدة العامة

غير أنه لم تلبث الاكتشافات السيتولوجية أن أظهرت أهمية الخلايا الجرثومية « الجاميطات » فتحول العلماء ناحيتها باحثين منقبين وراء الحقيقة حتى عرفوها ، وكان فايزمان Weismann من أول الذين أنكروا وراثة الصفات المكتسبة

ولقد كانت تعاليمه القائلة بضرورة التفرقة بين الخلايا الجسمية والخلايا الجرثومية وعدم الخلط فى فهم وظائف كل منها من أقوى الأسباب الباعثة على رفض نظرية الصفات المكتسبة، إذ لم يجد العلماء سبيلا للقول بوراثتها ما لم يقم دليل واضح على أن الخلايا الجرثومية تتأثر فعلا بالوسط الذى تعيش فيه الكائنات الحية

وعلى ذلك فقد وُجدت مدرستان تناقشان هذا الرأى وتسعى كل منهما للتدليل على صحة آرائها وهما مدرسة لامارك التى تقول بوراثة الصفات المكتسبة وتأخذ ضمنا بان ظروف الوسط تغير تركيب الخلايا الجرثومية ، أو بمعنى آخر أن التصنيف الفسيولوجى قد يصبح تصنيفا وراثيا ، ثم مدرسة فايزمان التى تنفى إمكان حصول شىء من هذا .

وكثيرا ما كانت المدرسة الأولى تستند الى المناقشات الكلامية أو الى المشاهدات العامة ولا يخفى أن العلم لا يمكن أن يأخذ بأدلة غير مستمدة من التجارب الحقيقية . أما المناقشات المنطقية فخارجة عن ميدان العلم التجريبى بالمرة بينما المشاهدات العامة قد تكون عرضة للخطأ مالم تخضع لقوانين القياس والفحص الدقيق

ولذا تقدم كثير من الباحثين لوضع هذه الآراء المتعارضة عن الصفات

المكتسبة موضع التجربة العلمية الدقيقة جلاء للموقف وحبا فى البحث عن الحقيقة المطلقة وهى دائماوجهة النظر العلمية إذالعلم لاغرض له الامعرفة الحقيقة فى حد ذاتها وذلك سواء كانت نتائج التجارب العلمية تؤيد أو تنكر وراثة الصفات المكتسبة .

ولقد تجمعت نتائج تجارب كثيرة فى هذا الموضوع منها ما ينفى القول بوراثة الصفات المكتسبة وهذه التجارب لامطعن فيها ولا مأخذ عليها ، ومنها مايشير الى وراثة هذه الصفات وهذه التجارب الأخيرة قدمت ضدها انتقادات عديدة تجعل نتائجها موضع الشك

وقبل البدء بأى تجربة علمية فى هذا الموضوع وقبول أو رفض نتائج هذه التجربة يجب أن تحدد ماهية الصفات المكتسبة بعدة شروط هى :

(١) أن تكون الصفة المكتسبة نتيجة تأثير الوسط الخارجى فعلا وليست من الصفات التى ترتكز الى وجود جين مقابل لها فى التراكيب الوراثية

(٢) أن تكون الصفة المكتسبة جديدة فعلا أى لم يسبق ظهورها فى السلف ثم اختفت عدة أجيال ورجعت للظهور كما يفعل كثير من الصفات الوراثية المتنحية أو التى تتوقف مثلا على تداخل عدة عوامل معا

(٣) ان الصفة المكتسبة تظهر فى النسل ويجب أن تبقى موروثة حتى ولو تغيرت ظروف الوسط الخارجى المهيأة لظهورها فى الأصل

وعلى ضوء هذا التحديد الذى يميز بين الصفات الوراثية والصفات المكتسبة من الوسط الخارجى لايبقى موضع للالتباس

التجارب ذات النتائج السلبية

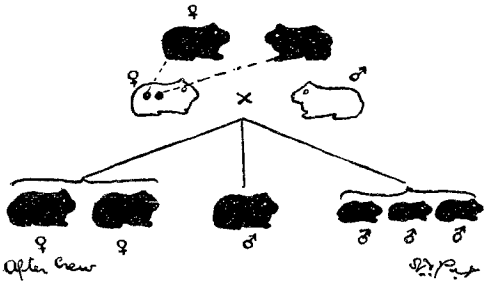
أجرى كاسل Castle وفلبس Phillips سنة ١٩٠٩ عدة تجارب الغرض منها معرفة هل يغير الوسط فى العوامل الوراثية التى تحملها الجاميطات والى أى مدى يحصل هذا التغيير

قام الباحثان المذكوران بنزع المبيض الأيسر لأنثى من الحيوان القارض

المسمى الأرنب الروى guinea pig بيضاء اللون albino عمرها خمسةشهور ثم وضعا بدلا منه مبيض أنثى من نفس النوع انما سوداء اللون وأصيلة فى هذه الصفة .

وبعد أسبوع من هذه العملية نزعا المبيض الأيمن للأنثى البيضاء المذكورة وغرسا بدلا منه مبيض أنثى سوداء أخرى أصيلة فى لونها أيضاً

وبعد شفاء الأنثى البيضاء وضعت مع ذكر أبيض اللون وبقيت معه طول حياتها إلى أن نفقت بعد عام من وضعها معه ، وقد تناسلت مع هذا الذكر ثلاث مرات ، فى المرة الأولى وضعت اثنين لونهما أسود ، وفى المرة الثانية ذكرا اسود اللون ، وفى المرة الثالثة لم تكمل مدة الحمل لموتها قبل تمامه غير أنها شُرِّحت فوجد داخل الرحم ثلاث صغار سوداء اللون (شكل ٤١)



شكل ٤١ — تجربة كاسل وفلبس عن وراثة الصفات المكتسبة

ولو لم تجر عمليات بتر المبيض وغرس آخر بدلا منه لبقيت هذه الأنثى محتفظة بمبيضيها ولكانت بويضاتها كلها تحمل العامل « أبيض اللون » ولكان نسلها مع الذكر الأبيض أبيض اللون حتما

كما أنه لو وضع الذكر الأبيض مع أنثى سوداء أصيلة وتناسل معها على النحو السابق الذكر لكانت الصفات التى تظهر فى النسل مطابقة تماماً لما حصل عليه كاسل وفليس فى هذه التجربة

فلم يبق شك فى أن الخلايا الجرثومية (بويضات الأنثى السوداء) التى نقلت لتعيش فى جسم آخر ووسط آخر غير الذى كانت به أصلا لم تتأثر من هذا النقل ، وبقيت حافظة لتركيبها الوراثى دون تغيير حتى بعد نقلها بنحو عام

وقد لقحت إحدى الأنثيين ، اللتين وضعتا فى المرة الأولى للتجربة نتيجة لتناسل الذكر الأبيض مع الأنثى البيضاء المغروس بها مبيضان من أناث سوداء ، لقحت هذه الأنثى من أبيها الأبيض اللون فكان نسلها ثلاث أفراد أحدها اسود والآخران أبيضان وهو أقرب ما يكون إلى النسل المنتظر من تلقيح أنثى سوداء خليطة من ذكر أبيض

وهناك كثير من التجارب لا يكاد يشملها الحصر وهى ذات نتائج سلبية منها تجربة Weismann الذى قام ببتر أذناب الفيران على مدى تسعة عشر جيلا متوالية ثم لم يحصل فى نهايتها على نسل عديم الأذناب أو يقل حجم أذنابه عن الحجم المعتاد

وبتر الذنب عُرف جرى عليـــه كثير من مربى الأغنام والخيول فى أوروبا وأمريكا منذ زمان طويل ولم يقرر واحد منهم للآن أنه قد ولد لديه حيوان لا ذنب له

ويباشر بعض الناس عملية الختان منذ ألوف السنين جيلا بعد جيل ولم يولد للآن غلام فى غير حاجة للختان

ويربط أهل الصين أقدامهم منذ الطفولة لمنعها من النمو ولا بقائها صغيرة ولم يشاهد للآن أن هـذه الصفة المكتسبة أصبحت موروثة رغم أنهم اعتادوا هذا العمل منذ أقدم الأزمان التاريخية

التجارب ذات النتائج الايجابية

قام جولوس Jollos سنة ١٩٢٠ بتعريض حيوان البراميسيوم Paramaecium لدرجات حرارة عالية ولتأثير سموم مختلفة فوجد أن هذه العوامل الضارة أوجدت فى النسل قوة مقاومة جيلا بعد جيل حتى حصل أخيراً على جيل ذى قوة مقاومة عالية

على أن هذه المقاومة فقدت عند امتناع المؤثر المسبب لها وجاء فقدانها تدريجاً أيضا جيلا بعد جيل

وقد استعمل ستوكارد Stockard سنة ١٩١٤ ، وغيره من الباحثين ، مواد مختلفة مثل الكحول والراديوم وأشعة إكس على بعض الحيوانات فوجدوا أنه حصل شىء من الضرر لبعض هذه الحيوانات ، وكان الضرر يصل أحيانا الى حد تشويه العضو المصاب وأن هذه التشويهات أو الأضرار كانت تظهر فى النسل أيضا وكانت أكثر الأعضاء تشويهاً فى النسل هى أكثرها تعرضاً فى الآباء لفعل المؤثرات الضارة

على أن مثل هذه التجارب وجهت اليها اعتراضات قوية وطلب استبعادها وعدم الاخذ بنتائجها لما اتضح من أن المؤثرات التى استعملت فيها قد أحدثت أضراراً بالانسجة الجسمية وبالنسيج الجرثومى (الكروموزومات على الخصوص) فى نفس الوقت ، وقد تشوه النسل لما أصاب الكروموزومات من التلف

والشرط الاساسى لوضع مثل هذه التجارب موضع الاعتبار يقضى بأبقاء الكروموزومات سليمة من التلف أو الضرر ولو حصل هذا فى التجارب المشار اليها لما كان هناك مفر من قبول نتائجها

أما إتلاف الكروموزومات أو إحداث أضرار بها تؤدى الى اتلاف

الجينات المحمولة عليها ثم القول بعد ذلك بأن هذا دليل لوراثة الصفات المكتسبة فهو قول ظاهر البطلان

وهناك تجربة بافلوف Pavlov سنة ١٩٢٣ التى حاول فيها أن يعوّد الفيران عادة خاصة فوجد أنها تعودتها فعلا واكتسب نسلها هذه العادة

اجتهد بافلوف فى تعليم الفيران التى أجرى التجربة عليها أن تسرع الى مكان خاص لغذائها وذلك عند ما تسمع صوت جرس خاص

وقد اقتضى تعليم الحيوانات الاصلية ثلثمائة درس ، أما الجيل الثانى فقد اكتسب هذه العادة بعد مائة درس فقط وتعلم الجيل الثالث درسه بعد ثلاثين مرة أما الجيل الرابع فقد لزم لتعليمه عشرة دروس فقط ، ولزمت خمسة دروس لتعليم الجيل الخامس

وهنا يقول بافلوف أن وراثة العادة المكتسبة تظهر بوضوح على مرور الأجيال ، إلا أن هذه التجربة انتقدت كثيراً بأنها لم تتوفر فيها الشروط العلمية المضبوطة إذ كان يجب قبل البدء بها أن يتأكد بافلوف أن الحيوانات التى سيجرى التجربة عليها متماثلة فى تركيبها الوراثى ولا تختلف فى سرعة إجابتها على منبه خاص ، وليس هناك أى ضمان لاستبعاد فعل الوراثة والانتخاب فى تكوين الآباء التى نشأت منها الأجيال المتتالية وكان يجب التأكد أن يكون التزاوج متروكاً لمحض الصدفة

وقد قام فيكارى Vicari وماكدول Mac Doweil سنة ١٩٢١ وباج Bagg سنة ١٩٢٤ باعادة تجربة بافلوف هذه فلم يحصلوا على مثل نتائجه

وفى سنة ١٩٢٠ أجرى جوير Guyer تجربة عن حقن محلول من عدسات عيون الأرانب فى الدجاج . فتكونت فى الدجاج بطبيعة الحال أجسام مضادة لهذه العدسات anti-bodies

وقد استعمل جوير بعد ذلك مصل دم الدجاج المذكور فى حقن أناث

حوامل من الأرانب فعند ما وضعت هذه الأناث وجد أن بعض النسل لم تكن عيونه عادية بل كانت ناقصة التكوين أو معتمة العدسات أو بها غير ذلك من التشويهات

وقد أعاد هذه التجربة كثيرون منهم هكسلى Huxley وكارسوندرز Carr-Saunders وفندلاى Findlay فكانت نتائجهم سلبية ، مما حملهم على القول بأن حيوانات جوير التى جرب عليها كانت تختلف فى تركيبها الوراثي بحيث أن بعضاً منها كان يحمل عوامل متنحية أحدث انعزالها تشويهات العيون السابقة الذكر

وقد وجد جوير نفسه بعد ذلك أن تشويهات العيون تنتقل فعلا من جيل لجيل كصفة مندلية متنحية وأنها لا تنتج من تأثير الأجسام المضادة بمفردها

وهناك تجارب كاميرر Kammerer سنة ١٩٢٣ التى أجراها على نوعين مختلفين من أنواع الزواحف أحدهما السلامندر الأصفر الأسود Salamandra maculosa الذى تضع أنثاه عادة نحو ثلاثين إلى أربعين من الصغار ، لها خياشيم تعيش بواسطتها فى الماء مدة ستة أسابيع ثم تنتقل إلى الأرض . والنوع الآخر هو السلامندر الأسود S. atra الذى تضع أنثاه إثنين من الصغار فقط يعيشان على الأرض مباشرة من وقت وضعهما . ويقول كاميرر أنه أمكنه أن يغير طباع ومعيشة هذه الحيوانات ، وكذا أن يزيد أو يقلل عدد الصغار تبعاً لتعريض الآباء إلى درجات حرارة عالية ورطوبة ، أو إلى درجات حرارة قليلة وجفاف

غير ان هذه التجارب ليست قاطعة . وقد انتقدها صاحبها نفسه باحتمال أن يكون النسيج الجرثومى قد تأثر من اختلاف درجات الحرارة والرطوبة .

كما أن جرفث Griffith أجرى بعض التجارب على الفيران إذ وضع بعضاً منها فى أقفاص وجعل هذه الأقفاص تتحرك حركة دائرية مدة من

الزمن ، فلاحظ ان النسل الذى وضعته هذه الفيران بعد خروجها من الأقفاص لم يكن معتدل السير بل كان يلف ويدور .

وقد كانت نتيجة تجربة كهذه مما يصح التعويل عليها لولا أن دتلفزن Detlefaen لفت الأنظار إلى استبعادها محتجاً بأن دوران الفأر قد يتسبب من إصابته بالأذن ، وأنه وجد لديه فيران مصابة بآذانها وكانت تلف فى سيرها وتدور كتلك التى عثر عليها جرفث فى تجاربه .

وقد أشار مورجان Morgan سنة ١٩٣٢ إلى أنه يجب التريث فى تفسير بعض الظواهر بأنها أدلة لوراثة الصفات المكتسبة ويستشهد بما حصل لديه أثناء تربيته بعض سلالات الدروسوفلا . فقد كان يفحص بعض الحشرات فى يوم من الأيام فأصابت إبرة ساخنة أنثى حمراء العيون وأتلفت عينا . وبعد بضعة أيام أعاد مورجان فحص هذه الحشرات فوجد أن الأنثى المصابة صارت أنابيب ملبيجى Malpighian tubules التى بها حمراء داكنة وبقيت كذلك طول حياتها . وعلى مرور الزمن تكاثرت السلالة التى منها الأنثى المذكورة وتعددت أقسامها وإذا به يعثر فى بعض الأيام على يرقة من نسل هذه السلالة ذات أنابيب ملبيجى حمراء داكنة « وعند ذلك تذكرت أنى رأيت مرة إحدى اليرقات تتغذى على رأس وعيون ذبابة ميتة ، فأصبح جهازها الهضمى أحمر داكنا . ولهذا حضرت مسحوقا من عيون عدة حشرات وغذيت عليه بعض اليرقات فوجدت أن جهازها الهضمى وأنابيب ملبيجى أيضاً تحول لونها إلى أحمر قاتم . وعلى ذلك وضح لى ما حصل فى الأول وكدت أن أنسبه الى غير حقيقته ، فى حين أنه لم يكن الا نتيجة المصادفة المحضة » وليس نتيجة وراثة صفة مكتسبة .

الباب الثالث عشر

وراثة الامراض والعيوب الجسمية

عند دراسة التأثير الذى تحدثه صفة وراثية فى الكائن الحى الذى تظهر عليه هذه الصفة يتضح أنها قد تكون مفيدة أو مضرة بنفس الفرد وتعتبر فى الحالة الأولى « صفة عادية » أما فى الحالة الثانية فهى « صفة غير عادية »

ويمكن القول بوجه عام أن تلك الصفات التى تشذ عن الحالة العادية المألوفة فى أداء الوظائف الحيوية تسمى أمراضا . وتلك الصفات التى تخرج عن الوضع العادى لتركيب الأعضاء الجسمية تسمى عيوبا أو عاهات . غير أنه من البديهى أن وضع حد فاصل بين نوعى الشذوذ غير ممكن إذ كثيراً ما تختلف الوظائف الفسيولوجية تبعا لاختلاف التركيب أو النمو فى أعضاء الجسم

والواقع أن « المرض » فى ضوء التعريف المتقدم هو حالة تقديرية محضة لا يمكن تحديدها بدقة ولا ارسالها اطلاقا . فقد يجوز أن ما يعتبر مرضا فى نوع ما من الكائنات الحية يكون حالة عادية فى نوع آخر ، بل قد تختلف الوظيفة الفسيولوجية فى النوع الواحد كما هو الحال فى ارتفاع المستوى الغذائى للذكر عنه فى الأنثى فى جميع الحيوانات الثديية ، وهو مع ذلك لا يعتبر مرضا فى هذا الجنس أو ذاك

ولقد نشأت الصفات المقطوع بوراثتها بطريق الطفرة ، وليس هناك شك فى أن كثيرا من هذه الطفرات لم يكن ملائما للأنواع التى نشأت فيها فسببت اختلالا فى الوفاق الواجب وجوده بين الكائن الحى والوسط الذى يعيش فيه وهكذا يحيق الضرر بالأفراد ويصيبها « المرض »

وكما يتغير اعتبار «المرض» باختلاف النوع فهو حتما يتغير عند ما يتغير الوسط أو الظرف الذى نشأ فيه أو عند ما يتغير نظر الناس الى تقدير الضرر الحاصل منه . فكثير من الطفرات التى تدخل فى قائمة الأمراض أو العيوب فى وقت ماقد تصبح حالات «عادية» فى وقت آخر ، وهناك أمثلة عديدة لذلك منها «عديم القرون» فى الماشية ، إذ كانت تعتبر عيبا فى مبدأ ظهورها فى بعض الحيوانات ثم ألفها المزارعون وقدروا فائدتها فيما بعد فاصبحوا يركزون هذه الصفة الآن فى كثير من قطعان الماشية بأوروبا وأمريكا . وهناك أيضا طفرة ظهرت فى الدجاج فى زمن مضى وكانت عبارة عن نتوء عظمى مستدير بارز فوق الجمجمة وكان يستقبح الكثير من الناس هذه الطفرة إلا أن الرأى تغير فيما بعد واستقر على تركيزها كحلية فى بعض أنواع الدجاج ويسمونها «رأس السلطان»

كما أن هناك مثل الأنكون "Ancon" وهو نوع من الأغنام أصل منشئه أنه ظهر فى سنة ١٧٩١ ، فى احدى المزارع بأمريكا ، تحمل له ظهر طويل جدا وأرجل معوجة ، وكان صاحب المزرعة رجلا بعيد النظر رأى فى الحال فائدة هذه الطفرة فى مزرعته اذ كانت حقوله لا أسوار لها تمنع فقد الأغنام وكم كبده ذلك من خسائر فيما مضى . فانتهز فرصة ظهور الطفرة المذكورة فى قطيعه وربى من الحمل المشار اليه وكانت الطفرة متنحية وانعزلت فى كثير من الأغنام بتتابع الأجيال وبتركيزها تكون النوع السابق الذكر

ويعرف الانسان من قديم الزمن أن للوراثة ارتباط شديد ببعض الأمراض المعدية أو العيوب التشريحية

غير أنه من الناحية العلمية المحضة لا يمكن القول بوراثة الأمراض المعدية ذلك أن هذه الأمراض تسببها الميكروبات ، أما جهاز الوراثة فهو الكروموزومات وهذه لا تحمل ميكروبات الأمراض .

ويجب التمييز الدقيق بين الوراثة والعدوى اذ أن هناك اعتقاد شائع بين

الناس بأن بعض الأمراض المعدية ، كالزهرى مثلا فى الانسان ، من الأمراض الوراثية . وسبب هذا الاعتقاد أن المصابين يولد نسلهم مصابا أيضا إلا أن الحقيقة أنه لا وراثة فى هذا المرض ، فالوراثة تقضى بوجود العوامل على الكروموزومات ولها نظام ثابت خاص وتسلك سلوكا معروفا فى ظهور صفاتها من جيل لجيل . أما اصابة النسل بالزهرى فسببه أن ميكروب المرض ينتقل اليهم عن طريق الدورة الدموية أثناء حمل أمهاتهم بهم ، فالاصابة ناتجة عن عدوى من الأم ، ولا شأن لذلك بالكروموزومات .

ومرض الاسهال الأبيض المعدى فى الطيور الدواجن مثله مثل زهرى الانسان تماما أى أن النسل يصاب بطريق العدوى من الأم اذ تضع بيضا به ميكروب المرض المذكور ومن هذا البيض ينمو الجنين الجديد فيعديه الميكروب ولذا يخرج للحياة وهو مريض .

وبالرغم من أن العلم ينفى وراثة الأمراض المعدية بالمعنى الحرفى لهذه الكلمة الا أنه من المشاهد أن الأفراد والعائلات بل والأنواع تختلف كثيرا فى درجة تأثرها عند الاصابة بأى مرض من هذه الامراض . فمثلا من المعروف أن الحيوانات تختلف فى درجة قابليتها للاصابة بمرض الحمى الفحمية Anthrax . فينما نرى أن الفأر rat يكاد يكون منيعا ضد هذا المرض ، نجد أن الأرنب والحيوان القارض المسمى بالأرنب الروسى guinea-pig لها استعداد للاصابة به وإن كان استعداد ثانيهما أكبر من استعداد الأول .

وكذلك الحال فى الأغنام فالمعروف أن الأغنام الجزائرية تكاد لا تصاب بالحمى الفحمية فهى بذلك ذات مناعة نسبية اذا قورنت ببافى أنواع الأغنام الأخرى .

وهناك نوعان من ناموس الأنوفيليس يصاب أحدهما بطفيل الملاريا وهو النوع المسمى Anopheles maculipennis بينما لا يصاب به النوع الآخر المسمى Anopheles punctipennis

وتدل المشاهدة على وراثة الاستعداد للاصابة بالسل فى الحيوانات كما تدل على وراثة المقاومة ضد هذا المرض أيضا . وهناك أمثلة عديدة عن ماشية لم تصب بالمرض المشار إليه رغم أنها عاشت مع ماشية أخرى مصابة به وكانت جميع الظروف القاضية بالعدوى موجودة .

وقد ذكر كثير من الثقاة أن السل لم تعرف اصابته للماشية السودانية بينما هو كثير الظهور فى الماشية المصرية . وقد وجد أيضاً أن الجمال تتفاوت فى مقاومتها للمرض المذكور

والمعروف أن أمراض العظام التى تصيب قوائم الخيول تظهر في نسل الخيول المصابة إذا أجهدت فى العمل ، وقد قال بوراثة هذه الأمراض كثير من الأطباء غير أن بعضهم ينكر هذه الوراثة ويقول بأن هذه الأمراض مثلها كمثل الكساح لم يعرف وجوده مطلقا فى الحيوانات البرية المتوحشة ، ويظنون بأن منشأ أمراض العظام هذه هو فى واقع الأمر اضطرار الحيوان للمعيشة تحت ظروف غير موافقة له تمام الموافقة

والانسان له مناعة ضد كثير من الأمراض المعدية التى تصيب الحيوانات المستأنسة كما أن هذه بدورها ذات مناعة ضد بعض أمراض الانسان.

هذا والأجناس البشرية المختلفة تتباين فى قابليتها للعدوى ، فالجنس الأسود ذو مناعة ضد الحمى الصفراء والجنس المغولى منيع ضد الحمى القرمزية ويقال إن للأوربيين إستعداداً كبيراً للاصابة بالحمى الصفراء وبالدفتريا وأمراض الأمعاء كالكوليرا والتيفويد والدوسنتاريا بينما الشرقيون شديدو القابلية للاصابة بالسل والبرص وداء الفيل .

وقد وضعت عدة نظريات لتعليل وجود المناعة الطبيعية في الأنواع المختلفة ضد بعض الأمراض . ولعل أصح هذه النظريات هى القائلة بأنه

عند مبدأ عهد نوع ما بميكروب مرض جديد يصاب أفراد هذا النوع إلا القليل منها تلك التى تملك تركيباً وراثياً خاصاً يقيها فتك المرض المذكور . ولا شك أن المرض لا يبقى على تلك الأفراد التى لا تتحمله أو تنجح فى مقاومته ولا يترك لها الفرصة للتناسل وبذا ينشأ الجيل التالى من نسل الأفراد المنيعة أو ذات المقاومة للمرض ، وباستمرار هذه العملية جيلا بعد جيل لا يبقى فى النهاية إلا الأفراد المنيعة فقط إذ يكون المرض قد قضى على كل الأفراد ذات الاستعداد للاصابة .

والمناعة الطبيعية معروفة فى النبات أيضاً فكثير من المحاصيل تصاب بأمراض لا تصاب بهـا محاصيل أخرى كما أن السلالات المختلفة للنوع الواحد تتباين فى درجة قابليتها للعدوى . وأمثلة ذلك كثيرة نذكر منها اختلاف درجة الاصابة بأنواع الصدأ فى أصناف القمح المختلفة ونذكر منها أيضاً اختلاف قابلية أصناف الموالح للاصابة بمرض التصمغ .

أما المناعة المكتسبة فحكمها حكم الصفات المكتسبة لايمكن أن تصبح وراثية وعلى ذلك فلا شأن للجهاز الكروموزومى بها .

وهناك كثير من الأدلة التى تثبت أن المناعة والمقاومة والاستعداد للاصابة بالأمراض المعدية كلها صفات وراثية تنتقل من جيل لجيل ، ومن هذه الأدلة تجربة من التجارب شملت عدداً من الفيران بعضها من النوع اليابانى وبعضها من النوع العديم اللون والبعض الآخر ناتج من تلقيح هذين النوعين معاً (F_1) . وقد أصيبت هذه الفيران بعدوى شديدة من ميكروب كروى متجمع Staphylococcus سبب موت أفراد النوع اليابانى بينما لم تتأثر الأفراد العديمة اللون أو الخليطة بين النوعين . وعندما ربى الجيل الثانى (F_2) أصابت العدوى ربع أفراد هذا الجيل وقضت عليها أما الباقى فلم يصب .

وعند تلقيح بعض أفراد الجيل الأول مع أفراد من النوع اليابانى هلك

نصف النسل الناتج لاصابته بالمرض وعاش النصف الآخر . وعندما لقحت بعض اناث الجيل الأول (F1) بذكور عديمة اللون نتج نسل عدده واحد وخمسون فأرا عاش منها خمسون ومات واحد لسبب غير معروف .

وهذه النتائج تتفق تماماً مع اعتبار المقاومة والاستعداد فى هذه الحالة زوجاً واحداً من الصفات الوراثية المتضادة فيه المقاومة سائدة على الاستعداد ، وأن الآباء اليابانية كانت أصيلة فى صفة الاستعداد بينما العديمة اللون كانت أصيلة فى صفة المقاومة.

ومن المسلم به الآن أن هناك مناعة ضد مرض السل تختلف باختلاف الأجناس البشرية فالجنس الأسود وكثير من الأمم التى لازالت على الفطرة لهم استعداد كبير للاصابة بهذا المرض وذلك بعكس الأمم المتحضرة التى احترفت الصناعة من زمن طويل إذ تقل بهم نسبة الاصابة . وقد دلت تجارب كثيرة استعمل فيها اختبار التيوبركلين على أن الفرق بين أهل الحضر وأهل الريف واضح جدا فى الاستعداد للمرض المذكور فأهل الحضر يكثر بينهم المرضى وتقل الوفيات ولكن أهل الريف يقلّ فيهم المرضى وتكثر الوفيات ويكون المرض فيهم شديد الوطأة . والاحصاء الآتى يبين النسبة المئوية للاصابة بالسل فى جنود من أمم مختلفة يتكون منها جيش الاستعمار الفرنسى .

السنغاليون	٨٦ر٠٧ ٪
الأناميون	١٥ر٣١ ٪
العرب	١٣ر٣٣ ٪
المراكشيون	١١ر٧٣ ٪
الفرنسيون	٩ر٥٥ ٪

على أنه لا يوجد دليل قاطع على أن هذا الفرق فى نسبة اصابه هؤلاء الجنود يرجع إلى فعل الوراثة أو إلى غير ذلك من الأسباب . وإلى وقت

قريب جداً لم يكن من الممكن البت فيما إذا كان للوراثة علاقة بمرض السرطان اذ كانت الاحصاءات التى تجمع تتضارب فى نتائجها ولم يكن من الممكن فى كل حالة اجراء الصفة التشريحية بعد الوفاة للتحقق من أسباب الموت ، ولو أنه كان من المعروف من قديم الزمان أن هناك عائلات يكثر بها المرض عن غيرها كعائلة بونابرت إذ قيل أن نابليون وأباه وأخاه لوسيان Lucein وأختاه پولين Pauline وكارولين Caroline توفوا جميعاً لاصابتهم بسرطان المعدة إلا أن هذه المشاهدات كان يعوزها الدليل . فاذا كان للوراثة علاقة بهذا المرض لوجب أن يتعدد ظهوره فى عائلات خاصة وعلى مدى أجيال متعددة منها وهذا هو الواقع فعلا فقد توالت الاحصاءات وكثرت مصادرها وأمكن منها معرفة أن الاستعداد للسرطان موجود فى عائلات خاصة وأنه يكثر ظهوره فى الأفراد الذين سبق أن ظهر المرض فى أسلافهم ، وقد دلت المشاهدات أيضا على أن هذه الأفراد يظهر فيها المرض مبكرا ويكون شديد الوطأة عليها . وليس هناك شك بعد كل ما تجمع من المعلومات فى وراثة الأورام البسيطة ، التى تصيب الأوعية الدموية أو النسيج الغضروفى أو الجلد وغير ذلك من أنواعها . وقد أجريت تجارب كثيرة غرست فيها أورام سرطانية فى الحيوانات وأظهرت نتائجها أن :

(١) بعض سلالات الحيوانات ليس لها إستعداد للاصابة بأورام تصيب سلالات أخرى من نفس النوع .

(٢) التركيب الوراثى لسلالة خاصة هو العامل الأساسى فى قابلية هذه السلالة للاصابة بهذا المرض .

(٣) الأفراد التى ينجح فيها الطعم المغروس أقاربها أكثر استعداداً للاصابة بالمرض المذكور من غيرها .

فالفأر اليابانى المسمى Japanese waltzing mice يكثر إصابته بنوع من السرطان لاينمو فى الفيران العادية والجيل الاول (F1) الناتج من

تناسل هذا الفأر الياباني والفأر المعتاد إذا غرس فيه هذا النوع من السرطان نجح ونما . وقد دلت التجارب على أن الاستعداد لهذا النوع من السرطان المغروس ينشأ من نحو ١٢ — ١٤ عامل وراثي . إلا أن تجارب أخرى في أنواع أخرى من الفيران وعن أنواع أخرى من السرطان أتت بنتائج تخالف النتيجة السابقة في عدد العوامل المسببة لهذا المرض .

وقد درست حالة الأورام الذاتية (التي تنشأ من نفسها) واتضح من دراستها أن :

(١) يتوقف نوع السرطان وموضعه في الفيران على التركيب الوراثي.

(٢) تختلف السلالات المختلفة في درجة استعدادها لهذا المرض .

وأوسع ما أجري من التجارب في هذا الصدد تلك التي استمرت أكثر من أثني عشر عاماً وشملت عدداً كبيراً يفوق الأربعين ألفاً من الفيران، وكانت تنقسم الى ثلاثة أقسام القسم الأول منها تكثر فيه الاصابة بالسرطان والثاني يقل فيه هذا المرض والثالث لا يصاب به مطلقاً . وقد اتخذت جميع الاحتياطات من ابتداء التجربة الى انتهائها لاستبعاد جميع العوامل التي كان من المحتمل أن تؤثر في نتائجها . كما أن الصفة التشريحية قد أجريت على كل حيوان ووجد منها أن نحو خمسة آلاف حالة كانت مصابة بأورام من النوع الخبيث . وقد استنتج من هذه التجارب أن معظم أنواع السرطان التي توجد في الانسان تظهر أيضاً في الفأر ومثال ذلك سرطان الثدي الكارسينومي وسرطان الرئتين الكارسينومي وأورام الكبد الاولية والسرطان الساركومي والسرطان الكارسينومي في الجلد والفم وأورام الخصية وكارسينوما المعدة وسرطان المبيض الاديني ومي وسرطان الرحم وغير ذلك . وقد ظهر السلوك الوراثي للاستعداد والمقاومة واضحا إذ أمكن تكوين سلالات لم تحصل بها حالة واحدة من السرطان على مدى ثلاثين جيلا منها ، كما أن سلالات أخرى انتشر فيها السرطان

لدرجة أن أصبح هو وحده السبب في موت أفرادها . ومن دراسة السلوك الوراثي للمقاومة أمكن الاستدلال على أنها صفة سائدة بينما الاستعداد للاصابة سلك سلوك الصفات المتنحية ، وقد حصل إنعزال فعلي في التجارب لصفتي الاصابة والمقاومه كما تنعزل الصفات الوراثية العادية . وفضلا عن النتائج المتقدمة وجد أيضاً أن نوع السرطان وموضع نشوءه مسائل وراثية ، ففي سلالات من التي أجريت عليها التجارب كانت الأورام ثديية على الدوام وفي غيرها من السلالات كانت دائماً كبدية وفي سلالات أخرى كانت باستمرار في الخصية . وقد أيدت هذه النتيجة الأخيرة المشاهدات المعروفة عن ميل هذا المرض إلى موضع خاص في الحيوانات عموماً ومثال ذلك أن السرطانات الثديية في الأبقار نادرة بينما تكثر فيها السرطانات الكبدية وكذلك الزنوج تنتشر بينهم أورام الرحم الليفية العضلية . وقد درست طبيعة تكوين الأورام في حشرات الدروسوفلا ميلانوجاستر Drosophila metanogaster أيضا ففي إحدى التجارب وجد أن ربع اليرقات تكونت فيها كتل سوداء اللون ظهر من دراستها إنها عبارة عن نمو من خلايا كبيرة تفرز مادة ملونة بكثرة فاعتبرت اوراما من النوع الخبيث إذ أنها خلايا غير نموذجية كما أنها كانت قابلة للغرس في حشرات أخرى حيث كونت أوراما خبيثة بها .

ومن فحص اليرقات التي تكونت فيها الكتل السوداء السابقة الذكر اتضح أنها كانت ذكوراً كلها وقد ماتت عن آخرها مما يدل على أن الاستعداد لتكوين الأورام المذكورة في الدروسوفلا صفة متنحية مرتبطة بالجنس .

ولهذه التجارب عن وراثة السرطان في الحيوانات الصغيرة تطابقها على الانسان إذ أن القوانين الوراثية واحدة لا تختلف باختلاف النوع

على أنه يجدر بالذكر أن نشير الى أن جميع التجارب قد دلت على أن السرطان لا يورث على حالة أورام أو نمو بل في صورة إستعداد لتكوينهما

وهذا الاستعداد يظهر عند وجود مايسبب إهاجة المرض وتنشيطه .

والاستعداد لمرض من الأمراض المعدية ينشأ عن إختلاف فى المقدرة على أداء الوظائف الحيوية وتنشأ هذه المقدرة بدورها من اختلاف التراكيب الوراثية للأفراد المختلفة مما يسبب أن يصبح الفرد قادراً أو غير قادر على الأحتفاظ بحياته وصحته تحت ظروف الوسط الذى يعيش فيه . وتلك الأفراد التى تصبح بحكم تركيبها الوراثى ذات استعداد للاصابة بمرض ماهى أفراد قد حكم عليها من مبدأ عمرها بأن تصبح عاجزة عن الكفاح فى معترك الحياة . فهناك من يرث الاستعداد لمرض الناسور المعوى duodenal ulcer أو فقر الدم أو الربو أو السل أو ضعف العقل أو غير ذلك من الأمراض

ولا شك أن خير علاج لهذه الأمراض التى يتوقف ظهورها على الوراثة هو منع ظهورها باتباع طريق فى التربية لايسمح بنشوء أفراد مصابة .

وسيأخذ علم الوراثة مركزه الجدير به فى مجموعة العلوم التى يدرسها الطبيب . كما أن طبيب المستقبل سيلجأ كثيرا إلى تطبيق القوانين الوراثية لحفظ صحة الناس ، ولا يمكن أن يشعر أحد بعظم الفائدة والنفع اللذين يعودان على الأنسان من تطبيق القواعد التى تقضى على ظهور الامراض ذات الأستعداد الوراثى إذ لايقدّر هذا إلا من يشعر بعظم الشقاء الذى يعانيه المصابون بهذه الأمراض هم وعائلاتهم ونسلهم .

ولنضرب مثلا بالوسائل التى يمكن بها القضاء على ضعف العقل وهو صفة متنحية بسيطة وذلك للاسترشاد بها فى مكافحة الأمراض الأخرى

(١) يجب عدم السماح لضعاف العقول أن يتزوجوا بضعيفات العقول

(٢) يجب عدم السماح لرجال ظهر المرض فى عائلاتهم أن يتزوجوا بنساء ظهر المرض فى عائلاتهن .

(٣) يجب اختبار وفحص كل من يظهر بهم ضعف العقل وذلك للفصل بين من لديهم استعداد وراثى للمرض وبين من أوجدته فيهم الحوادث حتى يمكن أن يعامل كلٌ المعاملة المناسبة له .

(٤) يجب أن يعزل ضعاف العقول أو أن يقرر القانون تعقيمهم (والتعقيم Sterilisation هو الوسيلة المؤدية لمنع التناسل) .

أما إذا أريد التخلص من هذا المرض بسرعة فيجب أيضاً تعقيم جميع أقارب المصابين كيلا يتناسلوا وبهذه الوسيلة ينجو الأنسان من هذا المرض فى أقصر مدة .

على أن الأسباب التى قد تمنع تطبيق هذه الوسائل بدقة فى النوع الأنسانى ليست قائمة فى النباتات والحيوانات ، التى يجب القضاء على الأمراض ذات الاستعداد الوراثى فيها بتطبيق الطرق الوراثية المعروفة .

وقد دلت الدراسة التى أجريت عن وراثة الصفات غير العادية على أن كثيراً من العاهات والعيوب تسلك سلوكا وراثياً ويكاد عدد هذه العاهات أن لايقع تحت حصر ومثلها التحام الأصابع syndactylism أو زيادة الأصابع polydactylism وكلاهما سائد على الحالة الطبيعية العادية

وسنجمل فى الجداول الآتية ماتجمع من المعلومات عن الأمراض وطرق وراثتها فى الانسان .

بعض الأمراض والعيوب الوراثية فى الانسان

الاسم العلمى للمرض	الاسم العربى	السلوك الوراثى	ملاحظات
Achondroplasia.	نمو غضروفى غير محدود	سائد	الاثبات غير مؤكد
Acoustic tumours.	أورام القناة السمعية	سائد .	
Adenoid disposition	تضخم اللوز الأنفيـــة	سائد .	
Adiposity.	السمن	سائد .	
Albinism.	إشقرار اللون (عدو الشمس)	متنحى	
Alkaptonuria	مرض البول الراتنجى	متنحى	
Alopecia.	الصلع	سائد	
Amaurotic family idiocy.	شلل الأطفال المصحوب بالبلاهة	متنحى	شبه ميت فى اليهـــود
Anencephaly.	فقد المخ	متنحى	
Angioneurotic œdena.	أوذيما عصبية وعائية	سائد	
Anidrosis.	إحتباس العرق	متنحى مرتبط بالجنس	
Aniridia.	عدم وجود القزحية	سائد	
Anodontia.	عدم وجود الانسان للعين	متنحى مرتبط بالجنس	
Anonychia.	عدم وجود الأظافر	سائد	
Anophthalmia.	عدم وجود الأعين	متنحى	
Arteriosclerosis.	تصلب الشرايين	سائد	
Asthenia.	الضعف العام	سائد	
Asthma	الربو	سائد	في بعض الحالات كان متنحياً مرتبطاً بالجنس
Astigmatism.	خطأ في انكسار النظر	سائد	
Ateliosis.	نقص تكوين الجنين	متنحى	
Atheroma.	تصلب الشرايين المتقدم	سائد	
Atrophy of auditory nerve.	ضمور العصب السمعى	سائد	
Brachydactyly.	قصر الأصابع	سائد	شبه ميت
Brachyphalangy.	قصر السلاميات	سائد	
Camptodactyly.	انثناء الأصابع	سائد	متنحى فى العأر
Carcinoma.	سرطان كارسينومى	سائد	
Cataract.	كاتاراكتا	سائد	
Cerebellar ataxia.	اختلاج مخيخى	سائد	
Chondrodystrophy, severe.	كساح الأطفال الشديد	متنحى	
" " , non-severe	" " غير الشديد	سائد	
Chorea	خوريا	سائد	
Cleft-palate.	تشقق أعلا الحلق	سائد	غير منتظم
Clinodactyly.	فرطحة الأصابع	سائد	

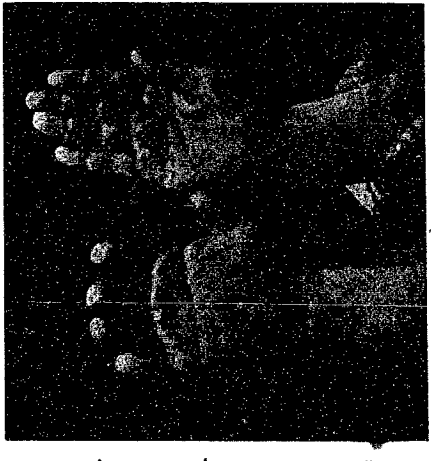
الاسم العلمى للمرض	الاسم العربي	السلوك الوراثى	ملاحظات
Clubbed fingers.	تضخم الأنامل	سائد	
Compulsive insanity.	الجنون الدافع	سائد	
Congenital absence of calvaria.	عدم وجود الجمجمة خلقة	متنحى	
„ hypertrophy & dilatation of lower part of colon.	تضخم واتساع الجزء السفلى للقولون خلقة	سائد	
Corneal opacity.	إعتام القرنية	سائد	
Cretinism.	القزامة	متنحى	
Cryptophthalmus.	التصاق الأجفان خلقة	متنحى	
Cyclopia.	شلل العضلة الهدبية للعين	متنحى	
Cystinuria.	بول السيستين	سائد	
Deaf-mutism.	الصمم والبكم	متنحى	
Dementia præcox.	فقد الذاكرة	متنحى	عديد العوامل
Diabetes mellitus.	مرض البول السكرى	متنحى	غير منتظم
„ insipidus.	دياييطس غير سكرى	سائد	
Diathesis lymphatic.	الميل الليمفاوى	سائد	
	ازدواج الأهداب	متنحى	
Ear, absence of external.	عدم وجود الأذن الظاهرة	سائد	غير منتظم
„ , bilobed.	الأذن المشقوقة	سائد	غير منتظم
Ectopia lentis.	تغيير موضع العدسة	سائد	
„ pupillae.	„ „ الحدقة	متنحى	مرتبط بالجنس وغير منتظم
Elephantiasis.	داء الفيل	سائد	
Epicanthus.	الجلد المنثنى أعلا زاوية العين	سائد	فى معظم الحالات
Epilepsy.	الصرع	سائد	متنحى : مرتبط بالجنس
Epispadias.	فتحة مجرى البول من أعلا	متنحى	
Eyelids, constricted.	ضيق الأجفان	سائد	
Feeble-mindedness.	ضعف العقل	متنحى	سائد فى بعض حالات
Flat-foot.	القدم المفلطحة	سائد	
Fragilitas ossium	مرض العظام الهشة	سائد	
Freckles.	النمش — الكلف	سائد	
Gallstones	حصوات صفراوية	سائد	
Glaucoma.	اغلوكوما	سائد	متنحى أحيانا
Glioma.	ورم مخى	متنحى	الدليل غير كاف
Glomerulo-nephritis.	التهاب فى أجسام مليجى	سائد	

الاسم العلمي للمرض	الاسم العربي	السلوك الوراثي	ملاحظات
Goitre.	تضخم الغدد الدرقية	سائد	
Gout.	ورم المفاصل	سائد	غير منتظم
Hoemophilia.	الهيموفليا	متنحي مرتبط بالجنس	شبـــه مميت
Hoemorrhagic telangiectasis.	تمدد الأوعية الشعرية مع النزيف	سائد	
Hare-lip.	الشفة المشقوقة	سائد	غير منتظم
Hemeralopia.	العشا	سائد	
Hereditary epistaxis.	نزيف أنفي وراثي	سائد	
„ spinal ataxia.	اختلاج نخاعي شوكي وراثي	متنحي	
„ tremor.	رعشة وراثيـــة	سائد	
High blood pressure.	ارتفاع ضغط الدم	سائد	
Hydrophthalmia.	رمد مائي	متنحي	
Hyperidrosis.	كثرة العرق	سائد	
Hypermetropia.	طول النظر	سائد	
Hyperthyroidism.	إزدياد افراز الغدة الدرقية	سائد	
Hypertrichosis	شعرانيـــة	سائد	
Hysteria.	هستريا	سائد	

Ichthyosis congenita.	تقشر جلدي خلقي	متنحي	شـــبه مميت
Infantilism.	بقاء صفات الطفولة بعد البلوغ	متنحي	
Inguinal hernia.	فتق أربي	سائد	
Insanity, maniac depressive.	الجنون الانقباضي	سائد	
Jaundice, hereditary.	مرض الصفراء الوراثي	سائد	غير منتظم : متوسط
Keratosis universalis	تقرن أو غلظ الجلد	متنحي	
Megalocornea.	كبر القرنية	متنحي مرتبط بالجنس	
Microbrachycephaly.	صغر وقصر الرأس	متنحي	
Microcephaly.	صغر الرأس	متنحي	
Microphthalmia.	صغر العين	متنحي	مرتبط بالجنس أحياناً
Myoclonus epilepsy.	صرع تقلصي غير منتظم	متنحي	
Myopia hemeralopia.	عشا نتيجة قصر النظر	متنحي مرتبط بالجنس	
Myotonia congenita.	التشنج العضلي الخلقي	سائد	
Neurasthenia.	نورستانيا	سائد	
Neuritis optici.	التهاب الأعصاب البصرية	متنحي	مرتبط بالجنس وغير منتظم
Nyctalopia.	الخفش (جهر العين)	متنحي	
Nystagmus.	اختلاج العين	سائد	
←+ swaying of head.	اختلاج العين وإطاحة الرأس	متنحي مرتبط بالجنس	

الاسم العلمى للمرض	الاسم العربى	السلوك الوراثى	ملاحظات
Oedema of legs.	أوذيما الأرجل	سائد	
Optic atrophy.	ضمور العين	متنحى	مرتبط بالجنس وغير منتظم
Oxycephaly	استطالة الجمجمة	سائد	متنحى فى بعض حالات
Paralysis agitans.	شلل اهتزازى	متنحى	فى حالة واحدة كان سائداً
Patella, absence of	عدم وجود الرفة	سائد	
Pernicious anaemia.	فقر الدم الخبيث	سائد	الدليل غير كاف
Peroneal atrophy.	ضمور عظام الشظية	سائد	
Polycystic kidney disease.	مرض الكلى الكيسى	سائد	
Polycythaemia	إزدياد عدد الخلايا فى الدم	سائد	
Polydactyly.	إزدياد الأصابع	سائد	
Prognathism.	بروز الفك السفلى	سائد	
Progressive muscular atrophy.	ضمور عضلى متزايد	متنحى مرتبط بالجنس	
Red-green blindness.	عدم تمييز اللون الأحمر والأخضر	متنحى مرتبط بالجنس	
Retinitis pigmentosa.	التهاب الشبكية المزمن الملون	مرتبط بالجنس	متنحى وأحيانا سائد
Rounded back.	استدارة الظهر	سائد	
Scarlatinal nephritis.	التهاب كلوى يعقب الحمى القرمزية	متنحى	
Spastic spinal paralysis.	شلل نخاعى شوكى متقطع	سائد	متنحى احيانا
Splenomegaly.	كبر الطحال	سائد	غير منتظم
Split hand.	اليد المشقوقة	متنحى	
Split foot.	القدم المشقوقة	سائد	
Stammering.	ثقل النطق وترديده	سائد	غير منتظم
Suicide.	الميل للانتحار	سائد	
Syndactyly.	التحام الأصابع	سائد	
Synphalangy.	التحام السلاميات	سائد	
Torsion neurosis.	التقلص العصبى	متنحى	
Trophoneurosis.	الضمور العصبى	متنحى	
Urticaria.	ارتكاريا	سائد	
Valvular disease of the heart.	مرض القلب المصرعى	سائد	
White forelock.	الخصلة الأمامية البيضاء	سائد	
Zygodactyly.	ازدواج الأصابع	سائد	غير منتظم

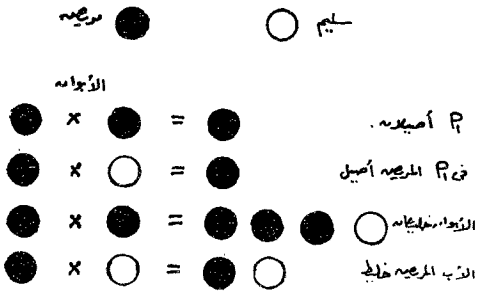
ويرى من الاطلاع على الجدول السابق أن بعض الأمراض لم يعرف كيفية سلوكها الوراثى على وجه التحقيق فبينما تظهر فى بعض الحالات التى درست أنها سائدة يتبين من فحص حالات أخرى أنها متنحية أو مرتبطة بالجنس ، ولا شك أن توالى الاحصاءات عن ظهور هذه الأمراض فى عائلات خاصة أو فى أفراد تربطهم صلة القرابة سيكشف عن السلوك الصحيح للامراض المذكورة .



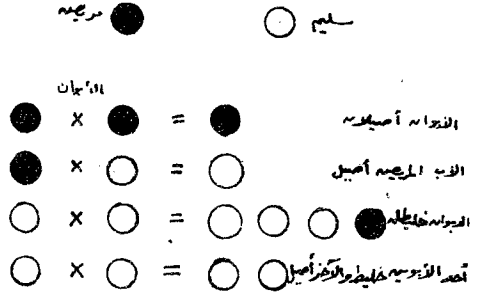
شكل ٤٢ — الاصابع القصيرة طفرة سائدة (أعلا الرسم يد ذات أصابع عادية للمقارنة)

وكذلك يرى أن بعض الأمراض التى شملها الجدول كان سلوكها واضحا وليس موضع الشك غير أنه لم يظهر المرض بالنسبة المنتظرة وقد عبرنا عن ذلك بعدم الانتظام فى السلوك الوراثى للمرض المذكور

هذا ومع أن كثيراً من أمراض الانسان كشف عن سلوكه الوراثى فان ازدياد الاهتمام بالتوسع فى دراسة هذا الموضوع وجمع الاحصاءات الوافية عنه سيكون له أكبر الأثر فى تقدم العالم فى المستقبل .



شكل ٤٣ — كيفية وراثة مرض سائد (حالات مختلفة)



شكل ٤٤ — كيفية وراثة مرض متنحى (حالات مختلفة)

ويشمل الجدول الآتى أشهر الأمراض والعيوب الوراثية التى تصيب الحيوانات الزراعية . ويجدر بنا أن نشير الى أن عدداً كبيراً من أمراض الحيوانات لم تتيسر دراسته إذ أن عادة المزارعين جرت على التخلص من الحيوان المريض بأسرع وقت .

اسم المرض أو العيب	الاسم العربى	السلوك الوراثى	ملاحظـــات
Albinism.	اشقرار اللون (عدم تكوين اللون)	متنحى	فى الماشية والحيوانات القارضة
Congenital cataract	كاتاراكتا وراثية	متنحى	فى الماشية
„ epithelial defects.	نقص أبثليومى وراثى	متنحى (عميت)	فى الماشية (العجول)
„ melanotic cutaneous tumours	اورام جلدية ملونة	عوامل مكملة غير واضحة تماماً	فى الخنزير
„ tremors.	رعشة وراثية	متنحى	في الدجاج
Cranial hernia.	فتق جمجمى	غير واضح	في الدجاج
Crooked neck.	الرقبة المعوجة	متنحى	فى الدجاج
Earless.	عدم وجود الأذن الظاهرة	سائد	فى الأغنام
Ear notch.	قطع أو ثقب فى الأذن	سائد	فى الماشية
Frizzled feathers.	لريش المجعد	سائد	فى الدجاج
Hackleless.	الرقبة العارية	سائد	فى الدجاج
Kinky tail.	الذنب المعوج ذو الزاوية	متنحى	فى الخنزير
Muscle contracture.	تقلص العضلات	متنحى (عميت)	فى الماشية والاغنام والخنزير
Naked.	عديم الشعر	متنحى (عميت)	فى الارنب
Polled.	عديم القرون	سائد	فى الماشية والأغنام
Polydactylism.	الاصابع الزائدة	سائد	فى الماشية والأغنام والخنزير والدجاج
Rumpless.	عدم وجود الذنب	سائد	فى الدجاج
Roaring.	الشحير	متنحى	فى الخيول
Screw tail.	الذنب اللولبى	سائد	فى الماشية
Semi-hairlessness.	ندرة الشعر	متنحى	فى الماشية
Short legs	الارجل القصيرة	متنحى	فى الاغنام والماشية والخيول
Skull defects.	نقص تكوين الجمجمة	متنحى	فى الخنزير
Spurlessness.	عدم وجود المهماز	متنحى	فى الدجاج
Syndactylism.	التحام الاصابع	سائد	فى الماشية والأغنام والخنزير
Taillessness.	عدم وجود الذنب	سائد	فى الخيول والأغنام والخنزير
Umbilical hernia.	فتق سُرّى	سائد محدد بالجنس	فى الماشية

الباب الرابع عشر

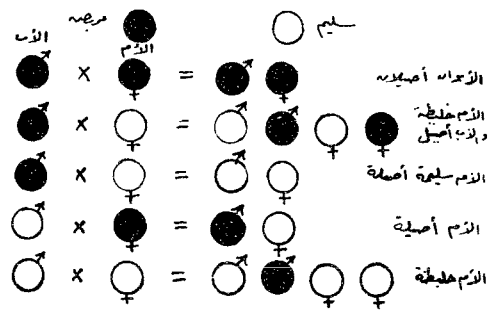
تعيين الجنس Sex Determination

الجنس واسطة التناسل أى واسطة خلق الأجيال المتتالية من الأنواع، ودراسة الجنس لايمكن أن تفصل عن وراثة الصفات مادام الجنس هو المهيء لانتاج الجاميطات. على أن هناك وجها آخر لعلاقة الجنس بعلم الوراثة، فالجنس فى الواقع هو مجموع من الصفات المورفولوجية والفسيولوجية والنفسية التى تورث من جيل لجيل، ولهذه الصفات أهميتها الخاصة كما هو ظاهر.

ويمكن تعريف الجنس بأنه اختصاص أعضاء خاصة فى أفراد مختلفة بأنتاج جاميطات مختلفة. وفى هذه الحالة يكون الفرد إما ذكرا طول حياته أو أنثى، ويكون النوع ثنائى الجنس dioecious, bisexual. وقد توجد أعضاء التذكير والتأنيث فى الفرد الواحد، أو قد يختلف الفرد الواحد فى أوقات مختلفة فينتج سبرمات وقتاً ما ثم بويضات وقتا آخر. وفى هذه الحالة يكون النوع وحيد الجنس monoecious

وليس الفرق بين الجنسين فى معظم الحيوانات قاصرا على الغدد التناسلية فقط بل يشمل أيضاً تركيب الأعضاء التناسلية المختصة بنقل الجاميطات إلى محل الأخصاب وبحمل الجنين، ويشمل الصفات الجنسية الثانوية وهذه لاشأن لها بعملية التناسل مباشرة وإنما تلعب دورها فى إجتذاب أحد الجنسين للآخر وفى عناية الأنثى بتغذية وحضانة الصغار

ووراثة الصفات المندلية تقوم على الجاميطات فهى مظهر من مظاهر التكاثر الجنسى. ولعل أكبر الأسباب لفوز التكاثر الجنسى يرجع إلى أن



شكل ٤٥ — كيفية وراثة مرض متنحى مرتبط بالجنس (حالات مختلفة)

اختلاف جنسى النوع يمهد لخلط تراكيب وراثية كثيرة جداً فى الأفراد ، وفى هذه يعمل الانتخاب عمله . فمثلا إذا فرض ان عشر طفرات نشأت فى نوع يتكاثر لاجنسيا فانه ينشأ منها عشرة أشكال مختلفة دون زيادة فى كل جيل . أما إذا نشأت عشر طفرات فى نوع يتكاثر جنسيا وكان نشوؤها فى الخلايا التناسلية ففى هذه الحالة توجد تراكيب ترجع لاتحادأى جاميطين منها ، أو بمعنى آخر أن عدد التراكيب سيكون ١٠٢٢ أو ١٠٢٤ تركيباً مختلفا أحدها عن الآخر . ومن هذا يتضح جلياً أن الجنس هو الأساس المهيء للمرونة فى الارتقاء والتطور إذ بواسطته تتوفر الظروف لطفرات نشأت مستقلة وفى أوقات مختلفة لكى تجتمع معا فيكتسب النوع قوة جديدة بذلك

وتدل دراسة الأنواع ومقارنة مورفولوجيتها على أن من أكبر الخطى لتقدم وارتقاء العالم هو وجود التناسل الجنسى ، والأنواع التى تتكاثر بهذه الواسطة هى التى تتفوق فى كفاح الحياة بسرعة تناسلها وكثرة عددها ودوام ظهور أشكال جديدة منها .

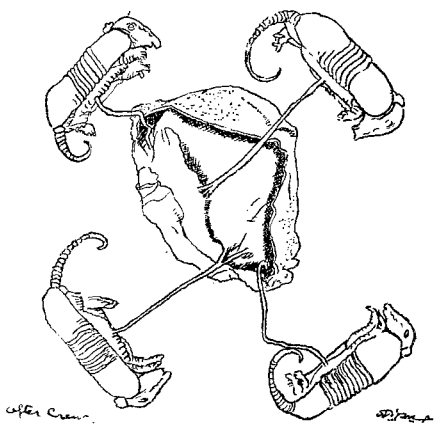
على أن الطبيعة نفسها تتداخل فتمنع استمرار الاخصاب الذاتى ، إذ أنه يؤدى فى النهاية إلى العقم .

وقد كان المعتقد فى أوائل هذا القرن أن البويضة بعد إخصابها قابلة لأن تصير ذكراً أو أنثى كما كان الاعتقاد سائدا أيضاً بتأثر تعيين جنس الفرد بظروف نمو الجنين

غير أن هذه النظريات قد تداعت أمام الابحاث الحديثة وتقدم علم الوراثة فى السنوات الأخيرة . فالمعروف الآن أن الجنس يعين وقت الاخصاب ، أى أنه فى نفس الوقت الذى يتحد فيه سبرم ببويضة يقرر جنس الفرد الذى سينشأ من هذا الأخصاب . وفيما يلى أهم الأدلة التى تثبت ذلك

(١) شوهد أن التوائم المتطابقة identical twins تكون على الدوام من جنس واحد . وتعدد الأجنة هذا نادر فى الانسان . على أن القاعدة فى

نوع الحيوان المسمى الأرمدلو Texas armadillo أن تضع الأنثى أربعة صغار لكل حمل (شكل ٤٦) هذه الأربعة صغار دائما من جنس واحد أى كلها ذكور أو إناث . وقد دل فحص نيومان Newman وباترسون Paterson على أن هذه الأربعة توائم تنشأ كلها من بويضة واحدة مخصبة تنمو إلى حدما ثم تنقسم إلى أربعة أجنة



شكل ٤٦ — التوائم المتطابقة فى نوع الحيوان المسمى Texas armadillo

وهناك حالات أخرى لتعدد الأجنة لا تنشأ فيها التوائم من بويضة واحدة مخصبة بل بويضات عددها بقدر عدد الأجنة . وقد شوهد فى هذه الحالات أنه ليس من المحتوم أن يكون الصغار من جنس واحد ، فقد يكون الأمر كذلك وقد يكون فى الصغار ذكور وأناث

ولا يمكن أن تدل مقارنة هاتين الحالتين إلا على أن تركيب البويضة المخصبة هو الذى يعين الجنس وقت الاخصاب . وإلا فما السبب فى أن تكون

الأجنة الناشئة من بويضة واحدة وسبرم واحد كلها ذات جنس واحد بينما الأجنة الناشئة من بويضات مختلفة وسبرمات مختلفة تختلف فى جنسها فيكون فيها ذكور وأناث .

(٢) وحالة الولادة البكرية parthenogenesis تضيف دليلا آخر ، فمن المعلوم أنه فى الفصيلة الغشائية الأجنحة من الحشرات Hymenoptera وفى غيرها أيضاً تظهر هذه الظاهرة

ففى النحل مثلا قد تنمو البويضات المخصبة فتكون عادة إناثا ، بينما البويضات غير المخصبة إذا نمت صارت ذكوراً . وعلى ذلك فجنس الفرد يتوقف على حصول الاخصاب أو عدم حصوله ، وبداهة أنه يتلو ذلك ان الجنس يعين بحصول الاخصاب وقبل أن ينمو الجنين

(٣) وتضيف المعلومات السيتولوجية أدلة مادية واضحة الدلالة فى أن وقت الاخصاب هو الوقت الذى يعين فيه الجنس .

ففى معظم الانواع التى درست سيتولوجيا لا يقف الفرق بين الذكر والأنثى عند حد الجهاز التناسلى أو الصفات المورفولوجية والفسيولوجية التى تميزهما بل يشمل الفرق بينهما أيضاً التركيب الكروموزومى لخلايا كل منهما . وقد تقدم القول فى موضع آخر بذكر الكروموزومات الجنسية التى تختلف فى الذكور عنها فى الأناث ، كما ذكرنا أن توزيع هذه الكروموزومات فى الجاميطات ثم تعادها ثانيا عند الاخصاب هو الذى يجعل الذكر ذكرا والأنثى أنثى أى يتوقف عليه تعيين الجنس .

على أن الحصول على ذكور مساوية فى عددها للأناث جيلا بعد جيل كان من أقوى البواعث للظن بوجود جهاز مادى يتوقف عليه حفظ هذه النسبة ثابتة ، وقد أدت الاكتشافات السيتولوجية بعد ذلك إلى معرفة أن هذا الجهاز هو الكروموزومات

وأنثى الدروسوفلا كروموزوماتها الجنسية XX أما الذكر فهو XY وعلى ذلك فجاميطات الأنثى تختلف عن جاميطات الذكر اختلافا ينشأ عنه الحصول على نسبة جنسية ١ : ١ نتيجة لأن الأنثى تملك كروموزومين XX بينما لا يملك الذكر الا واحدا فقط

وأن كثيرا من الابحاث الأخرى تؤيد فعلا أن اختلاف جاميطات الذكر والأنثى له ارتباط بتعيين جنس الأفراد

ففى سنة ١٩٠٢ اكتشف ماك كلونج Mc Clung أن كثيرا من الحشرات المستقيمة الأجنحة Orthoptera كالصرصار والنطاط يوجد لأناثها زوج كروموزومى جنسى XX بينما لا يوجد للذكر مقابل هذا الزوج إلا كروموزوم واحد فقط ، وعلى ذلك فيقل عدد كروموزومات الذكر واحداً عن الأنثى . وعند نضج الجاميطات يوجد بداهة بكل بويضة كروموزوم X بينما ينضج نوعان من السبرمات النوع الذى به X والنوع الذى ليس به كروموزوم جنسى بالمرة . فاذا أخصبت بويضة بسبرم به X تنتج أنثى أما اذا أخصبت بويضة بسبرم ليس به X ينتج ذكر .

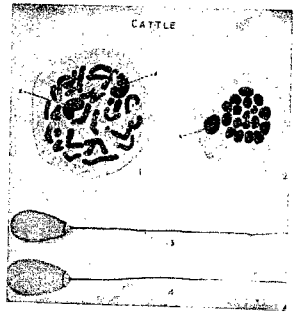
ولما كانت الكروموزومات الجنسية زوجية فى الأنثى وفردية فى الذكر فقد جرى الاصطلاح على وضع حرف O رمزاً للكروموزوم الجنسى الناقص فى الذكور ، وعلى ذلك فتركيب هذه الذكور يكون XO .

الجيل الحالى	XO	×	XX	
الجاميطات	X : O		X	
الجيل التالى	XX	:	XO	

وقد وجد هوجبن Hogben أن كروموزومات أنثى الصرصار عددها ٣٤ بينما وجدها مورز Morse فى الذكر ٣٣ فقط .

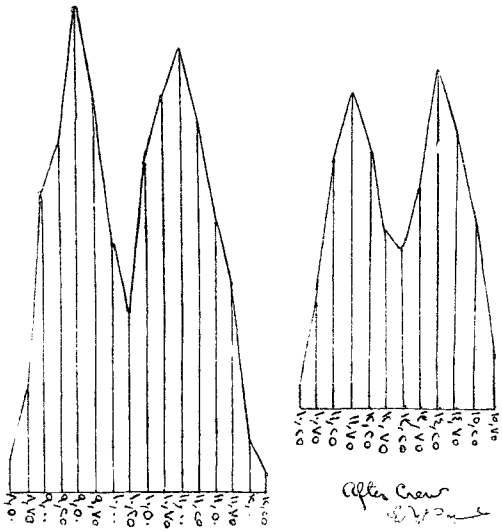
ثم توالت الاكتشافات لأنواع كثيرة وكلها تؤيد وجود فرق كروموزومى بين الذكر والأنثى فى هذه الأنواع المختلفة ويمكن حصرها فى

مجموعتين : الأولى التى يملك الذكر فيها كروموزوم جنسى واحد X مع وجود الكروموزوم Y أوعدم وجوده وذلك مثل الدروسوفلا والانسان ، والثانية التى يملك فيها الذكر زوجا متماثلا من الكروموزمات الجنسية XX بينما الأنثى تملك تركيبا XY مثل فراش الآبراكسس Abraxas والطيور



شكل ٤٧ — اختلاف أحجام الحيوانات المنوية فى الماشية

وعلى ذلك فهناك أنواع فيها أحد الجنسين يختلف فيه زوج الكروموزمات الجنسى فاما أن يكون XY او XO . وعند نضج جاميطات هذا الجنس يرى أنها من نوعين النوع الذى به الكروموزوم X والنوع الذى به Y أو O ، فان كان من النوع الاخير الذى ليس به كروموزوم جنسى بالمرة فان نقص هذا الكروموزوم يجعل حجم الجاميطات أقل من تلك التى تحمل الكروموزوم X . هذا وقد وجد فعلا فرق فى الشكل والحجم بين نوعى الجاميطات المشار اليهما إذ أمكن ولسون Wilson سنة ١٩٢٥ بعد إجراء القياس أن يشير الى وقوع هذه الجاميطات فى مجموعتين متوسط إحداهما يختلف عن متوسط الاخرى . ومن الواضح أن المجموعة الكبيرة الحجم هى التى تحمل جاميطاتها الكروموزوم X وبذلك تكون هى التى تعين الأنثى فى ذوات الثدى (شكل ٤٧ وشكل ٤٨)



شكل ٤٨ — اختلاف أحجام الحيوانات المنوية
فى الخنزير (الى يمين الرسم) — فى الحمل (الى يسار الرسم)

هذا وتوجد أنواع بها أكثر من زوج واحد من الكروموزومات الجنسية فيوجد للذكر عدد يختلف من كروموزومين إلى ثمانية ويرمز لها كلها بحرف X ، وتملك الأنثى ضعف هذا العدد فتكون XX . وفى الجدول الآتى بعض الأمثلة لهذه الأنواع المركبة الكروموزوم الجنسى

اسم النوع	عدد الكروموزومات التى تركب X	الكروموزوم Y
Syromastes	٢	غير موجود
Ascaris lumbricoides	٥	»
Fitchia	٢	موجود
Prionidus	٣	»
Gelastocoris	٤	»
Acholla multispinosa	٥	»

ولقد سبقت الاشارة إلى العلاقة التى بين عملية الأخصاب وبين تعيين الجنس ، تلك العلاقة التى استلفتت الأنظار إلى البحث فى وظيفة السبرم فى تعيين الجنس، ولذلك إتجه الباحثون إلى دراسة العلاقة التى بين الكروموزومات وبين تعيين الجنس فى الأنواع التى يحصل فيها توالد بكرى لأنها أصلح من غيرها لفحص هذا الموضوع .

وتقع هذه الأنواع تحت قسمين أولهما عدد كروموزومات بويضاته زوجى بينما الثانى عدد كروموزومات بويضاته فردى . وبويضات هذا القسم الثانى هى المعدة للاخصاب ، على أنها تنمو أحياناً إلى أجنة بدون إخصاب، فأن فعلت نشأ عن ذلك أفراد فردية الكروموزومات وتكون دائماً ذكوراً ومثال ذلك ما يحدث فى النحل والنمل .

أما إذا أخصبت هذه البويضات فينشأ من ذلك أفراد زوجية الكروموزومات وهى دائماً إناث .

أما بويضات القسم الأول وهى الزوجية الكروموزومات فانها غير معدة للاخصاب ولم يحصل إخصابها على ما هو معروف . هذه البويضات تنمو دون إخصاب إلى إناث إذا نضجت بويضاتها كان ذلك بطريق الانقسام الاختزالى فتكون فردية الكروموزومات ، فان أخصبت بدورها نتجت إناث وإن لم تخصب نمت إلى ذكور . وهكذا تتبادل أجيال المن مابين توالد تناسلى وتوالد بكرى .

وكيفية سلوك الصفات المرتبطة بالجنس تدل دلالة واضحة على وجود جهاز كروموزومى يعين الجنس إذ لو لم تختلف الأنثى عن الذكر فى كروموزوماتها لما اختلف سلوك هذه الصفات عن الصفات المندلية فى وراثتها بالمرة . فسلوك لون أجنحة فراش الأبراكسس مثلا يدل على وجود الجهاز XX فى الذكر و XY فى الأنثى . وعند الفحص السيتولوجى لهذا الفراش وجد دونكاستر Doncaster أن كلا من الذكر والأنثى به ٥٦ كروموزوماً ألا أنه لم يجد خلافا مورفولوجيا فى أحد أزواج كروموزومات الأنثى وهذه إحدى الحالات التى يستدل فيها من نتائج تجارب التربية على الجهاز XY وعلى أنه لا يختلف شكلا بل يختلف وظيفة .

وقد عثر دونكاستر وهو يربى هذا الفراش على أناث لا تنتج ألا أناثاً وبفحص كروموزوماتها وجد لها ٥٥ كروموزوما فقط

مثل هذه النتيجة تنتظر اذا لم يكن بهذه الاناث الكروموزوم X وعلى ذلك فلابد أن يكون الكروموزوم الناقص فى تركيبها هو X هذا وألا لأعطت ذكورا واناثا فى نسلها

وعند نضج بويضات هذه الاناث إما أن يرحل ٢٧ كروموزوماً إلى الجسم القطبى ويبقى بالبويضة ٢٨ كروموزوماً وإما أن يحصل العكس ، وعلى

ذلك فهناك بويضات بها ٢٧ وأخرى بها ٢٨ كروموزوماً وهذه الأخيرة عبارة عن ٢٧ كروموزوماً معها الكروموزوم Y ، وعند إخصاب هذه البويضات بسبرمات تنشأ أفراد بها ٥٥ وأخرى بها ٥٦ كروموزوماً وتكون أما XO أو XY وهى كلها أناث إذ الذكر فى هذا النوع XX

الاناث الشاذة	×	الذكر	
٥٤ و YO		٥٤ و XX	التركيب الكروموزومى
O + ٢٧	Y + ٢٧ :	X + ٢٧	الجاميطات
XO + ٥٤ ♀		XY + ٥٤ ♀	الأخصاب / الجنس

وقد كان فى اكتشاف دونكاستر لهذه الحالة الشاذة دليل قوى على علاقة الكروموزومات بتعيين الجنس

على أن الحالة نفسها قد ألقت كثيراً من الضوء على وظيفة كل من الكروموزومين X و Y فى تعيين الجنس ، إذ وجد أن الأنثى هى التى يكون فيها X فردياً سواء وجد معه Y أو لم يوجد . أما الذكر فهو الذى يوجد به X زوجياً وعلى ذلك فالكروموزوم Y غير عامل فسيولوجياً فى تعيين الجنس . فأذا أضيف هذا الدليل إلى الابحاث التى تشير إلى أنواع كثيرة لا يوجد فيها الكروموزوم Y طبيعيا كان لا مفر من القول بأن الجنس يعين فعلا بدون علاقة للكروموزوم المذكور بتعيينه ، وان ذلك التعيين يتوقف على وجود X فردية أو زوجية فى تركيب الفرد . والجدول الآتى يشمل بعض الأنواع التى عرفت كروموزوماتها الجنسية وكلها من الحيوانات الثديية ماعدا الطيور

اسم النوع	زوج الكروموزومات الجنسى	
	فى الذكر	فى الأنثى
الانسان	XY	XX
القرد	XY	XX
الارنب	XY	XX
الارنب الروى g. p.	XY	XX
الحصان	XO	XX
الماشية	XO	XX
الخنزير	XO	XX
الفأر	XO	XX
الطيور	XX	XY

على أن حالة عدم الانفصال non-disjunction فى زوج الكروموزومات الجنسى واضحة الدلالة فى أن الكروموزوم Y اذا وجد لا يكون له عمل فى تعيين الجنس . والذى نقصده بعدم الانفصال هو حالة شاذة فى سلوك بعض الكروموزومات أثناء تكوين الجاميطات . اذ بدلا من أن يسلك كل زوج متماثل من هذه الكروموزومات السلوك العادى أثناء أوجه الانقسام الاختزالى السابق شرحها فى موضع آخر يُرى أن زوجا من الكروموزومات يقترب فرداه من بعضهما تدريجا حتى يلتحما على طولهما ثم يعجزا بعد ذلك عن الانفصال ثانيا من بعضهما أو لا ينفصلان أحيانا الا بصعوبة وبعد مدة طويلة وتكون الخلايا قد أتمت انقسامها ونتيجة ذلك أن يبقى هذا الزوج الكروموزومى فى خلية واحدة . ويعزى عدم الانفصال إما الى تأثير كيماوى فى الخلية التى يحصل فيها أو الى تأثير ميكانيكى بسيط مما لا يمكن الاطالة فى شرحه وتعليله فى هذا المؤلف ، اذ هو من الابحاث السيتولوجية المحضة ، ونحن لا نريد هنا أكثر من دلالته على تعيين الجنس وعلاقة ذلك بالكروموزوم Y .

ولاختلاف زوج الكروموزومات الجنسى فى ذكر الدروسوفلا يحصل

عدم الانفصال فى الأنثى أكثر منه ، وذلك لان كروموزوماتها الجنسية متماثلة فليس هناك صعوبة فى التصاقهما والتفافهما حول بعضهما .

وأول ما اكتشفت هذه الحالة الشاذة كان سنة ١٩١١ وبعد ذلك عثر عليها كثير من الباحثين ، منهم سافير Safir سنة ١٩٢٠ ومافور Mavor من سنة ١٩٢١ الى سنة ١٩٢٣ وبونير Bonnier سنة ١٩٢٢ . وقد كان بردجز Bridges أول من اكتشف هذه الحالة وذلك أثناء تجاربه عن وراثة الصفات المرتبطة بالجنس إذ وجد فى بعض تجاربه عن وراثة احدى هذه الصفات «معتم العين» vermilion شذوذا فى السلوك وفى النسبة الحاصلة. ولشرح هذا الشذوذ وتفسير أسبابه يحسن أن نستبدل «معتم العين» بأبيض العين بما أنه سبق لنا الاسهاب فى شرح سلوكها فى موضع سابق . يذكر القارىء أنه اذا لقحت أنثى بها صفة متنحية مرتبطة بالجنس مثل «أبيض العين» أو «معتم العين» بذكر يحمل الصفة المقابلة لها السائدة عليها مثل أحمر العين كانت الوراثة المتعاكسة مع جنس الأبوين هى ماينتظر ظهوره فى النسل

غير أنه فى تجارب بردجز Bridges ظهر الشذوذ اذ وجد مجموعتين من النسل بهما الوراثة المتعاكسة أى ذكور بيضاء العين واناث حمراء العين، ووجد أيضا مجموعتين أخريين أى أناث بيضاء العين وذكور حمراء العين . ولما كانت الابناء العادية لهذه الحالة هى ذات العيون البيضاء لأنها تأخذ الكروموزوم x الذى يحمل عامل هذه الصفة من أمها البيضاء العين ، فقد تقدم بردجز Bridges بالتعليل الآتى لهذه الحالة الشاذة

(١) أن عوامل الصفات المرتبطة بالجنس محمولة على الكروموزوم x كما هو معروف

(٢) أن الابناء العادية بيضاء العين لأن الكروموزوم x يأتيها من الأم بيضاء العين

(٣) أن الابن غير العادى أحمر العين لابد أن به كروموزوم x من أبيه أحمر العين .

(٤) أن البنات العادية حمراء العين بها الكروموزوم x من الأب أحمر العين .

(٥) أما البنات بيضاء العين الغير عادية فلا بد أن (xx) أتتها من الأم بيضاء العين

(٦) أن الأبناء غير العادية والبنات غير العادية نشأت من سبب واحد غير عادى وهو :

(٧) أنه أحيانا لم يحصل انفصال فى (xx) الأم بيضاء العين أثناء الانقسام الاختزالى .

وبدلا من ذلك فاما أنهما بقيا معاً فى البويضة أو رحلا معاً إلى الجسم القطبى . فاذا أخصبت بويضة من هاتين البويضتين الشاذتين حصلت النتائج غير العادية المشار إليها . فالبويضة الخالية من كروموزوم x إذا أخصبها سبرم به x كانت (ox) ونشأ منها ذكر أحمر العين (لأن الكروموزوم x من الأب)

أما البويضة التى بها (xx) فاذا أخصبها سبرم به y كانت xxy وهى أنثى بيضاء العين (لأن كلا الكروموزومين xx من الأم)

ولما لقحت الأناث بيضاء العين غير العادية xxy بذكور حمراء العين من سلالة وحشية نتجت أربعة مجاميع كالسابقة أى ذكور عادية بيضاء العين وأناث عادية حمراء العين ، وذكور شاذة حمراء العين ، وأناث شاذة بيضاء العين . وقد علل بردجز هذه النتائج بالشذوذ فى توزيع الكروموزومات الجنسية الثلاثة y و x و x فى البويضات . هذا وقد أجرى الفحص السيتولوجى على الأمهات بيضاء العين فوجد بها فعلا كروموزوم y زائداً، مثل هذه الأمهات الشاذة وُجد الدليل الكافى لأثبات أنها تنضج بها بويضات من أربعة أنواع :

(١) بويضات بها xx (ويذهب y إلى الجسم القطبى) هذه إذا

أخصبت بسبرمات بها x تكون xxx وتنشأ منها أناث حمراء العين إذ أحد كروموزوماتها الجنسية الثلاثة من الأب

وإذا أخصبها سبرمات تحمل y كانت xxy وهى أناث كالأم تماماً وبيضاء العين .

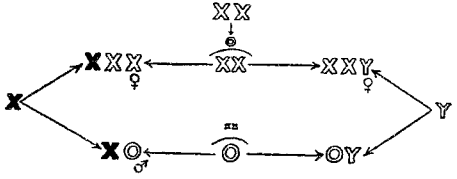
(٢) بويضات بها y (ويرحل xx إلى الجسم القطبى) إذا أخصبت بسبرمات بها x كانت xy ذكوراً عادية حمراء العين

أما إذا أخصبت بسبرمات بها y كانت yy وهذه تموت ويعلل موتها بفقد عوامل ضرورية للحياة يحملها الكروموزوم x

(٣) بويضات بها x (ويرحل xy إلى الجسم القطبى) وعند اخصابها بنوعى السبرمات x أو y تنشأ أناث عادية حمراء العين وذكور عادية بيضاء العين .

(٤) بويضات بها xy (ويذهب x إلى الجسم القطبى) وعند اخصابها بسبرمات بها x تكون xxy أناث حمراء العين غير عادية

أما إذا أخصبها سبرمات بها y كانت xyy وكانت ذكوراً غير عادية بيضاء العين .



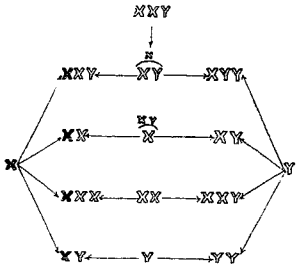
شكل ٤٩ — لايضاح عدم الانفصال الأولى

يرى مما تقدم أن عدم الانفصال على نوعين وهما :

(١) عدم الانفصال الأولى Primary non-disjunction الذى يعجز

فيه فردا زوج متماثل من الكروموزومات عن الانفصال من بعضهما (شكل ٤٩)

(٢) وعدم الانفصال الثانوى Secondary non-disjunction وينشأ من النوع السابق ويرى فيه كروموزوم جنسى زائد عن العدد المعتاد مثل yxx أو xxx التى أشير اليها فيما تقدم (شكل ٥٠)



شكل ٥٠ — لايضاح عدم الانفصال الثانوى

وهذه النتائج كلها تضع العلاقة بين توزيع الكروموزومات الجنسية وبين تعيين الجنس على أساس متين كما يرى من الجدول الآتى :

كروموزومات الجنس فى الافراد الشاذة	الجنس فى الافراد المقابلة لها
xxy	أنثى
xxx	أنثى
xo	ذكر
xy	ذكر
xyy	ذكر
yy	يموت
oy	يموت

ويتضح من هذا أن الذكر يعين بوجود x واحدة سواء وجد معه Y أو لم يوجد، كما أن الأنثى تعين بوجود xx سواء وجد معها Y أو لم يوجد، أى أن الكروموزوم Y ليس له تأثير بالمرة فى تعيين الجنس ولو كان له أى فعل فى ذلك لما كان xO ذكرا ولما كانت xxY أنثى

هذا وأن وجود الكروموزوم Y أو عدم وجوده لم يغير شيئا ما من الصفات المرتبطة بالجنس فى ظهورها، كما كان منتظرا، وهنا دليل قاطع على أن عوامل هذه الصفات يحملها الكروموزوم x فقط دون Y إذ قد ظهر من النتائج التى حصل عليها بردجز Bridges أن البويضات الشاذة التى فقدت الكروموزوم x فقدت معه كل قدرتها فى إظهار الصفات المرتبطة بالجنس، ولما أخصبت بسبرمات بها x من الأب أظهرت الصفات المرتبطة بالجنس التى أظهرها الأب نفسه، كما أن البويضات الشاذة xx التى أتاها بالاخصاب Y من الأب لم تغير شيئاً من صفاتها إذ أظهرت صفة الأم أما التى أتاها x من الأب فقد نمت وصارت أفرادا صفتها كصفة الأب لأنها سائدة على صفة الأم

وكما وجد أن نقص الكروموزوم للجنسى x من مجموع كروموزومات الفرد يجعله غير قابل للحياة، كذلك المعروف أن نقص الكروموزوم رقم ٢ أو رقم ٣ يؤدى إلى نفس النتيجة فلا يمكن أن تتكون أفراد لا تملك أيا منهما. أما عدم الانفصال فى الزوج رقم ٤ من كروموزومات الدروسوفلا فليس له تأثير مميت ومنه تنشأ « ضئيلة الشعيرات » Diminished التى تقدم ذكرها فى موضع آخر

ودراسة الحالة المعروفة بجانبية الجنس Gynandromorphism تلقى ضوءا واضحا على عدم تداخل الكروموزوم Y فى تعيين الجنس.

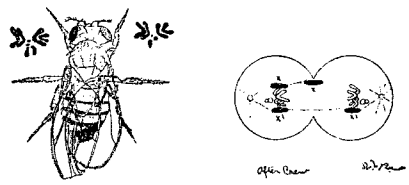
والفرد الجانبى الجنس Gynandromorph هو فرد من نوع ثنائى الجنس يجمع بين صفات وأعضاء الذكر والأنثى على جانبى جسمه طوليا.

وهذه الحالة كثيرة الحدوث ففى الدروسوفلا تشاهد بنسبة ١ من كل ٢٠٠٠ حشرة، وفى معظمها يرى أن أحد جانبى الحشرة طوليا به أعضاء وصفات الذكر بينما الجانب الآخر به أعضاء وصفات الأنثى ويلتحم الجانبان معا فى خط وسطى ظاهر ينتج من اختلاف الأنسجة يمينا ويسارا.

ولما كان الذكر فى الدروسوفلا أصغر حجما من الأنثى، فعلى ذلك ينحنى جسم الحشرة الجانبية الجنس ناحية الجانب المذكر فيها، وفى كثير من هذه الأفراد يحتوى الجانب المذكر خصية بينما يوجد مبيض فى الجانب الثانى إلا أن أغلبها يوجد به خصيتان ومبيضان معا

وقد يكون الفرد الجانبى الجنس نصفيا، أى نصف جسمه على خط الطول مذكر بينما النصف الآخر مؤنث ويسمى bilateral gynandromorph وقد يكون ربع جسمه طوليا مذكر وثلاث أرباع الجسم مؤنثة، وقد يكون أقل من ذلك أيضا.

وقد وصف مورجان وبردجز Morgan and Bridges كثيرا من هذه الحالات فى الدروسوفلا كما ذكرا أنه اذا تصادف أن كان الفرد الجانبى الجنس ناتجا من تلقيح ذكر وأنثى يختلفان فى صفاتهما المرتبطة بالجنس sex - linked فان الجانب الذكر تظهر عليه صفات الأب فقط أو الأم فقط كيفما كانت الحالة، بينما الجانب الأنثى تظهر عليه صفات من أبيه وأخرى من أمه، كما يرى ذلك واضحا فى (الشكل ٥١) وهو فرد جانبى الجنس نصفيا نصف جسمه الأيمن بالطول ذكر بينما نصفه الأيسر أنثى. وفى النصف الأيمن تظهر جميع صفات الذكر بينما النصف الأيسر عليه كل صفات ومميزات الأنثى ويرى فى النصف الأيمن الصفات المتنحية وهى العين العقيقية ruby-eye ولون الجسم البنى tan body colour والشعيرات المنفرجة forked bristles وقد كانت هى الصفة السائدة فى أمه.



شكل ٥١ — جانبى الجنس النصفى فى الدروسوفلا

ومما هو جدير بالذكر أن جميع الحشرات الجانبية الجنس يختلف تركيبها الكروموزومى فى جانبى جسمها إذ أن جميع الخلايا التى بالنصف الذكر تمتلك فردا واحدا من الكروموزوم الجنسى x بينما النصف المؤنث تمتلك كل خلية فيه زوجا من هذا الكروموزوم فتكون xx، وفى هذا الخلاف السيتولوجى على جانبى الجسم مايفسر نشوء هذه الأفراد، اذ لامفر من اعتبارها فى الدروسوفلا أناث عين جنسها بتركيب كروموزومى xx فى الزيجوت الناشئة منه، فاذا انقسم هذا الزيجوت الى خليتين عند بدء سلسلة الانقسامات المتتالية لتكوين الفرد وكانت احدى الخليتين الناتجتين من الانقسام بها x x بينما الخلية الأخرى بها x واحد فقط اذ يتأخر الكروموزوم x الثانى عن اللحوق به لأى سبب من أسباب شذوذ التكوين فعند ذلك تحصل هذه الحالة الجانبية الجنس، وتكون نصفية لأن نصف الجسم الناشىء من انقسامات الخلية الأولى x x يكون مؤنث الأنسجة بينما النصف الآخر الناتج من توالى انقسام الخلية الثانية (x) يكون مذكر الأنسجة. والمثال السابق وصفه يؤيد صحة هذا الفرض، فالحشرة المذكوره نتجت لتلقيح أنثى (xx) مثقوبة الجناح أصيلة (أى تمتلك عاملين لهذه الصفة كل منهما على كروموزوم x) بذكر (xy) يحمل كروموزومه الجنسى x عوامل الصفات المتنحية عقيق العين بنيا لجسم منفرج الشعيرات.

وأناث الجيل الأول F_1 لهذا التلقيح تمتلك كروموزوما جنسيا x من أبيها وآخر من أمها، ولو كانت عادية التكوين لكانت صفاتها التى تظهرها هى مثقوب الجناح حمراء العين رمادية اللون غير منفرجة الشعيرات وهى الصفات السائدة التى بأمها، أما اذا حصل أثناء التكوين شذوذ، فانقسم الزيجوت الى خليتين باحداهما x من الأب و x من الأم كالمعتاد بينما الخلية الأخرى وجد بها x من الآب ولم يتمكن الكروموزوم x الذى أصله من الأم من دخول هذه الخلية، فهنا تطابق ظهور الصفات فى جانبى الجنس المثال الذى تقدم وضعه.

واذا حصل هذا الشذوذ فى توزيع زوج الكروموزمات الجنسية xx أثناء الانقسام الأول للزيجوت كان الفرد الجانبى الناشىء من هذا الزيجوت نصفيا لأن كل نصف من جسمه ينشأ من احدى الخليتين الناتجتين من الانقسام الاول.

أما اذا حصل الشذوذ بعد ذلك فى الانقسام الثانى كان الفرد الجانبى الجنس ربع جسمه مذكر فقط فى الدروسوفلا، وفى الانقسام الثالث ⅛ الجسم وهكذا

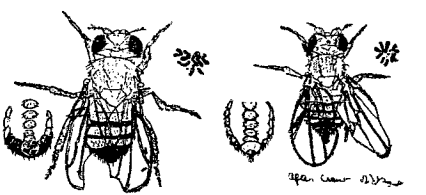
ومن البديهى أنه لا يمكن أن تحصل حالة جانبية الجنس فى نوع ما الا فى الجنس المتماثل زوج الكروموزومات الجنسية فيه، أى الذى يمتلك x x، ولذا تحصل هذه الحالة فى أناث الدروسوفلا وفى ذكور دودة القز وذكور فراش الأبراكسس وأيضا فى ذكور الطيور.

وكذلك لا يمكن حصول هذه الحالة إلا فى الأنواع التى يحكم تمييز الجنس فيها عضو مركزى واحد يؤثر فى جميع خلايا الجنين، ولذا تحصل فقط فى تلك الأنواع التى يتطابق فيها تمييز الجنس وتعيينه كالحشرات أو التى لا يتوقف تمييز الجنس فيها على الغدد التناسلية وحدها كالطيور

ولقد اكتشفت عدة حالات من حالات شذوذ التكوين اتضح من دراستها وتفسيرها أن تعيين الجنس ليس خاصاً بالكروموزومات الجنسية

فقط ، بل يتوقف فى الواقع على فعل التركيب الكروموزومى جميعه فى الزيجوت الناشىء منها الفرد أى على مجموع العوامل الوراثية ، ذلك أن عثر بردجز Bridges فى بعض تجاربه عن الدروسوفلا على أفراد غير عادية فى صفاتها الجنسية إذ تقع صفاتها وميزاتها هذه بين صفات الذكور وصفات الأناث ، فهى « بين الجنسين » intersexes أو خنثى كما كان يطلق عليها قديماً ، وكان البعض منها أكثر إتجاها نحو صفات الأناث فجهازها التناسلى الخارجى كان مثله فى الأنثى وكذلك البطن وكان بها المجمع المنوى spermathecae

أما غدد التناسل فكانت فى الكثير منها مبايض أولية بها نسيج مثل نسيج الخصية وفى البعض منها وجدت خصية أولية ومبيض أولى معاً ، على أن عددا من الأفراد الشاذة كان أيضاً أكثر إتجاها نحو صفات الذكر فى مميزات أعضائه التناسلية وبطنه ، ووجد به خصية بحالة أولية (شكل ٥٢)



شكل ٥٢ - إلى اليمين خنثى ذات اتجاه لناحية الانثى female type intersex
الى اليسار - خنثى ذات اتجاه لناحية الذكر male type intersex

ولقد استلفت نظر بردجز Bridges إليها أنه كان يدرس فى تجربته التى ظهرت بها هذه الأفراد صفة وراثية جديدة (بنى Brown) فوجد شذوذا فى نسبة ظهور الصفات الارتباطية لم يمكنه تعليله إلا بافتراض أن هذه الأفراد تمتلك كروموزومات بحالة ثلاثية بدلا من الحالة الزوجية المعروفة ، وقد دلّه الفحص السيتولوجى على صحة هذا الفرض إذ وجد أنه بدلا من أن يوجد الأربعة أزواج من الكروموزومات المعتادة كان هناك ثلاثة من

الكروموزوم الثانى وثلاثة من الكروموزوم الثالث مع الزوج الرابع ، والزوج الأول الجنسى XX ووجد أن بعضاً منها كان به الكروموزوم الرابع ثلاثياً أيضاً كما أن بعضها كان به الكروموزوم الجنسى Y

ووجد الباحث المشار إليه أن جميع الأفراد بين الجنسية ذات الاتجاه نحو الأنثى كانت تمتلك التركيب الكروموزومى الآتى :

زوج الكروموزومات	عدد الكروموزومات الموجودة
الأول	٢
الثانى	٣
الثالث	٣
الرابع	٣

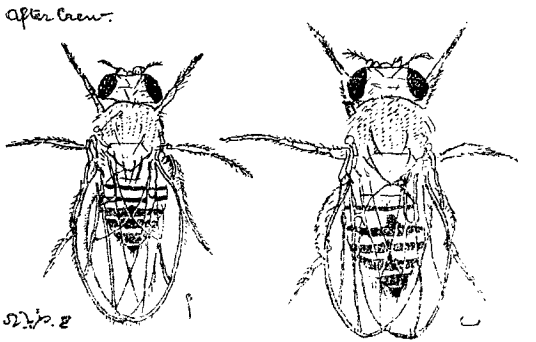
وعند فحص تلك الأفراد ذات الاتجاه نحو نموذج الذكر وجد أنها تمتلك التركيب الآتى :

زوج الكروموزومات	عدد الكروموزومات الموجودة
الأول	٢
الثانى	٣
الثالث	٣
الرابع	٢

ويرى من هذا أن زيادة كروموزوم واحد قلبت الاتجاه من ناحية الذكر لناحية الأنثى ، وقد فحصت أم هذه الأفراد الشاذة سيتولوجياً فوجد أنها تمتلك التركيب الآتى :

زوج الكروموزومات	عدد الكروموزومات الموجودة
الأول	٣
الثانى	٣
الثالث	٣
الرابع	٣

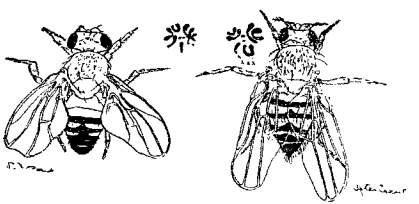
ويرى من مقارنتها بنسلها ذى الاتجاه لناحية نموذج الأنثى أن زيادة كروموزوم x واحد بها جعلتها أنثى عادية بدلا من خنثى (شكل ٥٣)



شكل ٥٣ — ا — أنثى عادية فى الدروسوفلا ٢ X : ٢ A
ب — أنثى ثلاثية فى الدروسوفلا ٣ X : ٢ A

ثم توالى اكتشاف عدة حالات أخرى ظهر من دراستها وفحصها السيتولوجى أن النسبة بين الكروموزومات الجنسية والكروموزومات الجسمية أو الأوتوزومية التى يمتلكها الفرد ذات علاقة واضحة بجنسه ويمكن تلخيص هذه الحالات فى الجدول الآتى :

الجنس		عدد الكروموزومات الموجودة فى كل من الزوج الأول	الزوج الثانى	الزوج الثالث	الزوج الرابع
superfemale	أنثى مبالغ فى صفاتها الجنسية	٣	٢	٢	٢
normal female	أنثى عادية	٤	٤	٤	٤
		٣	٣	٣	٣
		٢	٢	٢	٢
		١	١	١	١
intersex (female type)	خنثى ذات اتجاه نحو الانثى	٢	٣	٣	٣
intersex (male type)	خنثى ذات اتجاه نحو الذكر	٢	٣	٣	٢
normal male	ذكر عادى	١	٢	٢	٢
supermale	ذكر مبالغ فى صفاته الجنسية	١	٣	٣	٣



شكل ٥٤ — إلى اليمين — أنثى مبالغ فى صفاتها الجنسية Super - female ٣ X : ٢ A
إلى اليسار — ذكر مبالغ فى صفاته الجنسية Supermale ١ X : ٢ A

وهذه الأرقام واضحة الدلالة فى أن هناك حالة توازن بين الكروموزومات الجنسية والكروموزومات الجسمية بموجبها يعين جنس الفرد

فاذا رمز إلى الكروموزوم الجنسى X بحرفه هذا وإلى مجموع الكروموزومات الثانى والثالث والرابع بالحرف A يرى أن نسبة X : ٢

A ٢ تمتلكها الأنثى المعتادة ، وأن أضافة A زيادة إلى هذه النسبة أى X ٢ : A ٣ تميل بالجنس إلى ناحية الذكر فتنتج الخنثى بينما أضافة X إلى النسبة المذكورة أى X ٣ : A ٢ يميل إلى المبالغة بصفات الأنثى الجنسية

وكذلك يميز الذكر بامتلاكه النسبة X ١ : A ٢ ، وأضافة X أخرى إلى هذه النسبة تميل به إلى ناحية الأنثى بينما إضافة A إلى النسبة العادية للذكور تجعلها ذكوراً مبالغاً فى صفاتها كثيراً (شكل ٥٤)

ومن الراجح أنه توجد جينات على الكروموزوم X تتجه لتعيين الأنثى كما يتضح من الجدول السابق، ويغلب على الظن أن فعل هذه الجينات هو أحداث المستوى الغذائى الذى تختلف فيه الأنثى عن الذكر ، كما أنه توجد جينات بالمجموعة A تتجه لتعيين الذكر برفع المستوى الغذائى فيه كما هو معروف ، إذ أن الجنسين يختلفان فسيولوجياً وما الخلاف بين أعضائهما وصفاتهما إلا أحد مظاهر هذا الخلاف الداخلى فأحدهما يتميز بأنسجته وإفرازاته الهورمونية ويغلب فيه البناء anabolic بينما الآخر يغلب فيه الهدم katabolic .

الباب الخامس عشر

تميز الجنس Sex Differentiation

نقصد بتميز الجنس تمام تبينه ووضوحه أى أن يمتلك الفرد ذكراً كان أو أنثى جهازاً تناسلياً تام التكوين معداً لأداء وظائفه

وتميز الجنس فى الفرد هو المظهر لتعيين الجنس الذى يحدده التركيب الكروموزومى ، ويستغرق كل الأدوار التى يمر بها الجنين من وقت تكوينه وهو زيجوت إلى خروجه للحياة المستقلة ثم اكتمال أعضائه التناسلية بعد ذلك

فبين تميز الجنس وتعيينه فرق واضح ، وهو يماثل فى ذلك الفرق بين امتلاك الفرد عاملا لصفة ما وبين ظهور هذه الصفة فعلا عليه . وقد تقدم القول فى موضع آخر أن امتلاك الفرد لعامل الصفة لا يحتم أظهارها إلا إذا وافقت ظروف الوسط، والأمر كذلك فى تميز الجنس إذ مجرد امتلاك الفرد للتركيب الكروموزومى لا يقتضى تميز جنسه ، إلا فى وسط داخلى موافق تماماً لذلك

وقد اتضح أن تميز الجنس فى الحيوانات الفقرية Vertebrata يتوقف على أمرين ، التركيب الكروموزومى للفرد ثم الهورمونات أو الافرازات الداخلية للغدد الصامة التى ليس لها قنوات خاصة تصب إفرازاتها فيها بل تصب هذه الافرازات فى الدم مباشرة وتحدث تأثيرها بواسطة الدورة الدموية للحيوان فى مختلف أعضائه

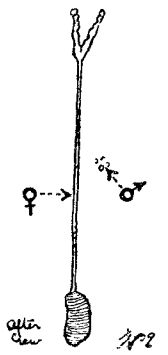
وللحيوان عدد من هذه الغدد الصامة مثل الغدة النخامية pituitary والغدة الدرقية thyroid (وللحيوان غدتان درقيتان) والغدة القلبية thymus

والفرق بين الذكر والأنثى كبير جدا فى البونيليا بل هو فى الواقع النهاية القصوى للخلاف بين الجنسين فى المملكة الحيوانية، فالأنثى عبارة عن جسم كلوى الشكل طوله نحو الخمسة سنتيمترات يمتد منه خرطوم طويل رفيع ويتفرع هذا الخرطوم إلى فرعين فى نهايته كما يرى فى (شكل ٥٥) أما الذكر فهو كائن دقيق صغير الحجم جدا أعضاؤه الداخلية أولية ما عدا أعضاء التناسل وهو يعيش فى رحم الأنثى متطفلا عليها فى حياته

وقد وجد بالتزر Baltzer سنة ١٩١٤ أن الأنثى المخصبة تضع بيضاً تفقس منه يرقات تعوم فوق الماء . وبعض اليرقات تسبح قليلا ثم تغوص إلى قاع البحر حيث تقضى زمنا غير متميزة فيه ثم تصبح أنانا . أما اليرقات الأخرى فقد يصادف بعد سباحتها أن تقع فوق خراطيم أناث بالغة فتصير هذه اليرقات ذكورا . فكل يرقة قادرة على أن تصير ذكرا أو أنثى تبعا لموقعها . وقد تحقق بالتزر Baltzer من هذه الظاهرة بأن انتزع بعض اليرقات التى وقعت فوق خراطيم إناث كبيرة ، وانتزعها قبل أن يتم تمييز جهازها التناسلى جميعه وتصبح ذكوراً . ثم أجبرها على الحياة المستقلة فوجد أنه حصل بذلك فى نهاية التجربة على حيوانات بين الجنسين intersexes (أى خنثى) ، وأن درجة التحول إلى ناحية الأنثى كانت متوقفة على طول المدة التى قضتها اليرقة بعيدة عنها فاليرقات التى قضت وقتا أطول من غيرها فوق خراطيم الاناث البالغة قبل أن ينزعها بالتزر كانت أكثر اتجاها فى أعضائها التناسلية نحو الذكور . وبالعكس تلك التى قضت وقتا أقصر كانت أكثر اتجاها نحو الاناث

وقد اكتشفت حالة أخرى مماثلة لحالة البونليا فى الحيوان البحرى المسمى Crepidula كريبديولا وهو حيوان يعيش فى جماعات يرقاته الصغيرة تسبح فى الماء ثم تقع فوق أفراد كبيرة وتنمو فى مواقعها هذه بعد أن تثبت نفسها بالأفراد الأكبر منها، وكل يرقة منها بعد أن تتم نموها تمر فى دور لا يتميز جنسها فيه ثم تصبح خنثى أو «بين الجنسين» منتجة سبرمات وبويضات ثم تختم حياتها بأن تصبح أنثى منتجة بويضات فقط

والغدة فوق الكلوية adrenal (وللحيوان غدتان فوق كل كلية واحدة منهما) وكذلك الخصيتان والمبيضان يعتبران من الغدد الصامة إذ يفرز منهما هورمونات جنسية عن طريق الدورة الدموية



شكل ٥٥ — رسم يوضح اختلاف الجنسين فى ديدان البونيليا .

ولم يثبت بصفة قاطعة أن للغدد الصامة تأثير فى تمييز الأعضاء التناسلية للفرد ، الا للخصيتين والمبيضين ، وقد يكون للغدد الصامة الأخرى تأثير غير مباشر .

أما الغدد الجنسية، أى الخصيتان والمبيضان، فالأدلة متوافرة على حصول تمييز الجنس تحت تأثيرها ورقابتها كما سنورد هذه الأدلة فيما يلى من السطور

من دراسة تاريخ حياة الديدان البحرية المسماة بالبونيليا Bonellia وضح أن الجهاز الكرموزومى لا يكفى وحده لتمييز الجنس إذ ظهر أن لتغيير الموضع الذى تترى فيه اليرقة تأثيراً ملموسا فى ذلك ، فالموضع يحدد لدرجة كبرى ما إذا كانت اليرقة ستنمو إلى ذكر عامل أو أنثى عاملة

ووجد جولد Gould سنة ١٩١٧ فى هذا الحيوان

(١) أن اليرقة لاتصير ذكراً إلا إذا وقعت فوق أنثى

(٢) أن اليرقة لو منعت من الوقوع فوق أنثى وأجبرت على الحياة بنفسها بعيدة عن غيرها تصبح ، بعد نموها ، أنثى مباشرة

ووضعت نظرية تفسر هذه الحقائق فى البونيليا إذ فرض جولد شمت Goldschmidt سنة ١٩٢٣ أن التركيب الكرموزومى المعين للجنس ينتج مواد يتميز الجنس تحت رقابتها وبتأثيرها وأنه فى كل فرد توجد المواد التى تميز الجنسين معا غير أنه فى المبدأ تزيد المواد المميزة للذكر وبعد مدة تتغلب عليها المواد المميزة للأنثى وأن وقوع اليرقة فوق خرطوم أنثى يجعلها تتأثر بأفرازات هذا الخرطوم التى تعجل تميز جنس الفرد وتمنعه بذلك من النمو ، وهكذا يتميز جنس اليرقة بسرعة فى وقت تغلب فيه داخلها المواد المميزة للذكر فتصبح ذكرا . أما اليرقة التى تقع فى قاع البحر فهى ليست تحت تأثير ما من فرد آخر ، وبذلك تمر فى أدوار نموها الطبيعية ولا يوجد ما يعجل تميز جنسها فيتميز ببطء وفى وقت تغلب فيه داخل جسم الحيوان المواد المميزة للأنثى فتصبح أنثى تبعا لذلك

ومع أن هذه النظرية ترتكن الى وجود جهاز كروموزومى معين للجنس وهو ما لم يقم عليه دليل بعد فى حالتى البونيليا Bonellia والكربديولا Crepidula فانها لاتفقد قيمتها لهذا السبب ، وذلك لوجود أدلة تؤيدها من مصادر أخرى عديدة تجعلها ذات انطباق عام فى قسم كبير من المملكة الحيوانية يشمل الطيور وذوات الثدى وبعض الحيوانات اللافقرية .

أما غير هذه الحيوانات فلم يوجد للغدد التناسلية تأثير فى تميز جنسها ويدخل تحت هذا القسم الحشرات والحيوانات المفصلية عامة ، ومتى عين الجنس فى هذا القسم من المملكة الحيوانية ، ترتب على ذلك أن يتبعه حتما تميز الأعضاء التناسلية فى نفس الاتجاه المعين . فالتجارب التى أجريت تدل

بوضوح على أن استئصال الغدد التناسلية فى اليرقات ليس له أى تأثير فى ظهور أو عدم ظهور الصفات الجنسية للحشرات الكاملة . بل وأنه عندما تنقل الغدد التناسلية من أحد الجنسين للجنس الآخر لايتبع ذلك أى تأثير فى صفات الجنس ولا فى طباع الأفراد المنقولة اليها تلك الغدد .

على أن الأمر عكس ذلك فى الحيوانات الفقرية وخصوصا ذوات الثدى والطيور . وفى هذه الحيوانات يختلف الذكر عن الأنثى عند تمام النضج الجنسى فيما يأتى :

أولا : الصفات الجنسية الأولية Primary sex characters

وهذه عبارة عن الأعضاء الجنسية ذات العلاقة الفعلية بوظائف التناسل وهى

(١) الغدد التناسلية (الخصيتان والمبيضان) وتختلف تركيبا وموضعا فى كلا الجنسين .

(٢) الأعضاء الموصلة وهى مجموعة قنوات وغدد وظيفتها فى الذكور نقل الحيوانات المنوية الى موضع الأخصاب وتسمى القنوات الناقلة vasa deferentia وما معها من غدد كغدة كوبر Cowper's gland : أما فى الأنثى فوظيفتها نقل البويضات أيضا ثم ايواء الجنين أثناء الحمل ، وتلك الأعضاء هى : قنوات المبيض والرحم والمهبل .

(٣) الأعضاء الخارجية (فى الذكر القضيب وغلاف الخصية أو الصفن وفى الأنثى البظر والحيا)

ثانيا : الصفات الجنسية الثانوية Secondary sex characters

وهى عدة صفات ليس لها علاقة مباشرة بوظائف التناسل وان كانت ذات أهمية فى اجتذاب أحد الجنسين للآخر أو فى العناية برضاعة الصغار وحمايتها ومثلها اختلاف درجة الصوت فى الذكر والأنثى أو توزيع الشعر

على الوجه والجسم أو شكل الصدر والحوض أو درجة نمو غدد اللبن أو لون الريش وهكذا

غير أن الجهاز التناسلى فى أجنة هذه الحيوانات يتركب من أعضاء متماثلة فى كل منها سواء أصبحت فيما بعد ذكورا أو أناثا ، وعلى ذلك فكل جنين من ذوات الثدى أو الطيور قابل لأن يتميز جنسه إلى ذكر أو إلى أنثى لوجود الأعضاء المشار إليها به ، وهذه الأعضاء هى :

(١) غدتان صغيرتان تسميان gonads تركيبهما متماثل فى جميع الأجنة

(٢) زوج من قنوات ولف Wolffian ducts وزوج آخر من قنوات مولر Müllerian ducts

(٣) نمو عضلى صغير phallus وفتحة بولية تناسلية urogenital sinus

ومن هذه الأعضاء تتميز الأعضاء التناسلية للذكر الكامل أو الأنثى الكاملة على الوجه الآتى :

أولا فى حالة الذكر :

أول خطوة فى تميز جنس الذكر تحول الغدتين الصغيرتين إلى خصيتين وهذا يحصل عادة قبل تميز بقية الجهاز التناسلى بزمن طويل . ولا يوجد شك فى أن التركيب الكروموزومى الذى يعين الجنس هو الذى يتحكم أيضاً فى تميز الغدد التناسلية .

وبعد مدة من الزمن تختلف تبعاً لنوع الحيوان تتحول قناتا ولف w. d. إلى وعائين ناقلين vasa deferentia أما قناتا مولر m. d. فيقف نموهما

وآخر الخطى هو نمو القضيب من النمو العضلى الصغير phallus ثم تكوين غلاف الخصية scrotum من الفتحة البولية التناسلية وتترك الخصية مكانها الأول فى التجويف البطنى abdominal cavity وتستقر فى موضعها الجديد فى الغلاف المذكور .

وبعد ذلك بمدة عند ما يكتمل النضج الجنسى للذكر تظهر صفاته الجنسية الثانوية فيضخم صوته وهكذا

ثانياً فى حالة الأنثى :

أول الخطى فى تميز جنس الأنثى هو تحول الغدتين الصغيرتين إلى مبيضين تحت رقابة الجهاز الكروموزومى المعين للجنس

وبعد مدة من الزمن تتحول قنوات مولر m. d. إلى قنوات المبيض oviducts ويقف نمو قنوات ولف w. d.

وفى النهاية يتميز البظر clitoris من العضلة الصغيرة phallus وتتحول الفتحة البولية التناسلية إلى الحيا vulva

وبا كتمال النضج الجنسى لهذه الأنثى تظهر صفاتها الجنسية الثانوية المعروفة

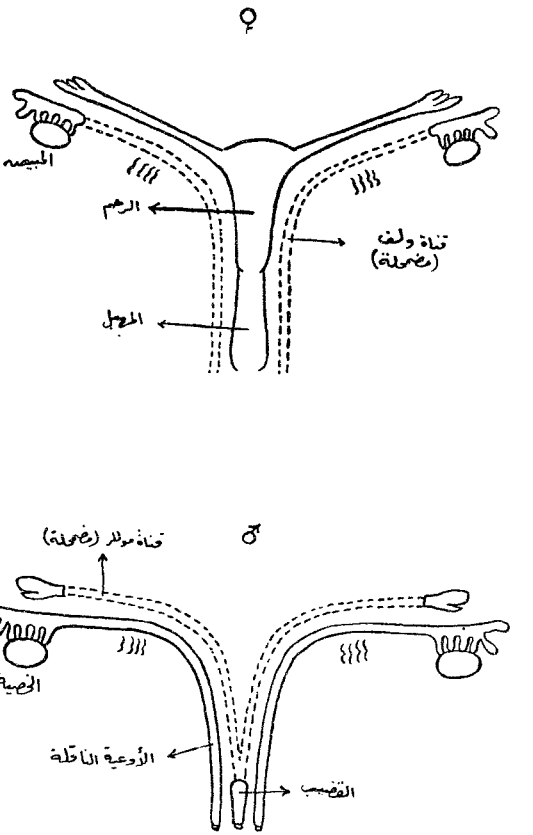
وقد تقدم القول أن تميز الخصية أو المبيض من الغدة التناسلية الصغيرة يتبع حتما التركيب الكروموزومى ، وجميع الحالات التى فحصت لم تشر إلا إلى هذه النتيجة . على أن تميز باقى أعضاء الجهاز التناسلى يحتاج حتما إلى وجود خصية عاملة أو مبيض عامل وتحت رقابة الهورمون الذى يفرزه كل منهما يتشكل الجهاز التناسلى .

وتشير إلى هذه النتيجة جميع التجارب التى عملت عن بتر غدد التناسل أو نقلها من موضعها أو نقلها من حيوان وغرسها فى آخر .

كما أنه فحصت حالات كثيرة كان تكوين الجهاز الجنسى فيها شاذا وأمكن ارجاع شذوذ هذا إلى الغدد التناسلية وهذه الحالات التى كثيرا ما توجد فى الطبيعة تؤيد نظرية تحكم الهورمون الجنسى فى تميز الجهاز التناسلى وسنشير إلى هذه الحالات فى موضعها .

استئصال الغدد التناسلية ونتائجها فى الذكور: Gonadectomy

من أقدم الأزمنة وهذه العملية تجرى فى الانسان وتعرف بعملية الخصى



شكل ٥٦ ـ رسم يبين أن الجهاز التناسلي للذكر والانثى في ذوات الثدي يتميز من تراكيب واحدة في الجنين

castration ونتائجها معروفه تماما . وإذا أجريت قبل البلوغ نشأ عنها أعراض كثيرة أهمها أن الجهاز التناسلي يصيبه الضمور فالقضيب وغدة البروستاتا والأوعية المنوية تبقى فى حجم مثلها فى الجنين، ولا يظهر الفرد أى ميل جنسى عند كبره ، كما أن تلك الصفات التى يختلف فيها الجنسان لا تظهر عليه وذلك مثل الشكل الخاص بالذكور فى الصدر والحوض وكبر حجم الحنجرة وضخامة الصوت ونمو الشعر على الوجه والصدر والأطراف . وعادة يصحب هذه العملية اختزان الدهن تحت الجلد خصوصا فى مناطق الاثدية والفخذين ، على أن بعض الذكور المخصية تبقى نحيفة. ويتأثر الهيكل العظمى أيضا من عملية الخصى فمثلا تصبح عظام الأطراف أطول وأدق وتستغرق عظام الرأس وقتا أطول للالتحام مما تحتاجه فى الذكور الكاملة . كما أن الغدد الصامة تتأثر كذلك فالغدة الدرقية مثلا تضمر ويقل حجمها بينما تكبر الغدة النخية والغدة القلبية لا تضمر كالعادة

وتحصل مثل هذه الأعراض فى ذوات الثدى الأخرى عقب استئصال الخصيتين gonadectomy (أو الخصى) إذ تبقى أعضاء التناسل صغيرة ويمتنع ظهور الميل الجنسى ولا يبدى الذكر أى ميل للمشاكسة ولو فى وجود الأناث ويصبح سلوكه هادئا مسالما . والحيوان المخصى على العموم يسمن بسرعة ويزيد حجما ووزنا عن الذكور الكاملة .

وفى الحيوانات التى يتميز فيها الذكور بأعضاء خاصة (صفات الجنس الثانوية) مثل القرون الكبيرة المتفرعة فى الغزال أو فى بعض أنواع الأغنام، يشاهد أن هذه الأعضاء لا تظهر عند البلوغ إذا خصى الحيوان قبل ذلك ، فأن ظهرت تبقى صغيرة جدا ، فأن كانت قد بدأت فى النمو قبل عملية الخصى يقف نموها فى الحال

وإذا أجريت عملية الخصى بعد البلوغ يتبع ذلك ارتداد فى الصفات الجنسية الثانوية التى تكون قد بدأت بالظهور فعلا كما أن الأعضاء التناسلية

تأخذ فى الضمور ، وفى كثير من الأحيان يحصل هبوط فى المستوى الغذائى يتسبب عنه سمن الحيوان

ولكى تحصل الأعراض السابقة يجب أن يكون استئصال الخصيتين تاما إذ لو بقى منهما جزء (ولو $\frac{1}{10}$ من أى منهما) فان هذا الجزء يأخذ فى النمو والتضخم ويمنع جميع نتائج عملية الخصى

وتأثير الخصى فى الطيور معروف إذ أنه يجرى كثيراً على الدجاج وذلك لتسمين الذكور أو منعها من التناسل . وأهم التغيرات الظاهرة فى الديك عقب خصيه هو أن يصبح العرف والدالیتين أقل نمواً وأرق وأقل تعريقاً منها فى الديك الكامل . وإذا خصى الديك وعمره ثلاثة أو أربعة أسابيع لا ينمو عرفه عند البلوغ ولا يصل الى مثل عرف الأنثى حجما بل يقل عنه كثيراً ويصير الريش أغزر قواماً وأقل لمعانا من ريش الديك الكامل ويكبر الهيكل العظمى ويختزن الدهن فى الجسم وعلى العموم يزيد وزن الديك المخصى نحو ٢٥ ٪ عن الديك الكامل ، ولا يصيح مثل الديك العادى ولا يشاكس أو يتشاجر مع غيره من الديوك ويفقد الميل الجنسى

وإذا حصل الخصى بعد البلوغ وبعد ظهور الصفات المميزة للذكور فان بعض هذه الصفات يأخذ فى الارتداد إذ يقل حجم العرف والدالیتين ويمتنع الديك عن الصياح ويفقد الميل الجنسى ولكن الريش والمهمازين تبقى كما كانت

ويحول بقاء أى جزء من الخصية مهما كان صغيرا دون حصول هذه الأعراض . وقد درست نتائج الخصى فى طيور أخرى مثل البط والفزان والنعام فكانت مماثلة لما تقدم ذكره

وتدل جميع هذه المشاهدات على أن للخصية أفرازا داخلى ذو تأثير فى ظهور صفات الجنس فى الذكور . وعند غياب هذا الأفراز لا يمكن ظهور هذه الصفات بتاتا فان كانت موجودة فعلا يعقب غياب الأفراز المذكور إرتداد

فى الصفات المشار إليها . فعلى وجود هذا الهورمون أو عدم وجوده يتوقف وجود صفات الذكور أو اختفائها

على أن للخصية أفراز هورمونى آخر يمنع ظهور الصفات الجنسية للأناث على الذكور وسيأتى الكلام عنه فيما بعد

والتشريح الدقيق (الهستولوجى) للخصية يظهر منه أنها تتركب بصفة عامة من نوعين من الأنسجة الأول منهما هو النسيج المولد للجاميطات gametogenic tissue وهو يوجد فى الخصية على صورة أنابيب كثيرة ملتوية ومتفرعة وتملأ معظم حجم الغدة وتسمى بالأنابيب المنوية seminiferous tubules أما النسيج الثانى فهو موجود على صورة خلايا يتجمع البعض منها فى الفراغات التى توجد عادة بين كل ثلاثة أو أربعة أنابيب منوية ويسمى هذا النسيج « المنتشر بين الأنابيب » interstitial tissue كما تسمى خلاياه « المنتشرة بين الأنابيب » أو خلايا ليدج cells of Leydig أو غدة البلوغ puberty gland وقد اكتشف ليدج Leydig هذه الخلايا سنة ١٨٥٠ ، وسنطلق هنا على هذا النسيج اسم النسيج الغدى

كما أننا سنسمى هذه الخلايا بالخلايا الغدية . وهى خلايا لها شكل عديد الزوايا والأضلاع ذات نوايا كبيرة ونويات ظاهرة وسنتروزوم مزدوج فى معظمها أما ستيو بلازم هذه الخلايا فيحتوى غالبا على كرات دهنية وحبيبات بروتينية

وهذا النسيج الغدى لا يوجد بدرجة واحدة من النمو فى جميع أنواع الحيوانات فهو مثلا فى القط أكثر نموا منه فى الحيوانات القارضة

ومنذ اكتشاف هذا النسيج تتوالى المعلومات عن وظائفه وخصائصه ولعل أبرز هذه المعلومات جميعا هو أن وجود هذا النسيج على حالة من النمو تزيد عن المعتاد (أى تضخم النسيج hypertrophy) يصحبه دائما نمو زائد مقابل له فى الصفات الجنسية الثانوية

وهذا النسيج يمكنه النموجيداً حتى لو اضمحلت الأنابيب المنوية وذلك يحصل نتيجة تعلُّق الخصية وهى من الحالات الشاذة فى تكوين الفرد أو يحصل أيضا عقب ربط الوعاء الناقل ligature of the vas أو قطعه vasectomy أو نتيجة تعريض الخصية لأشعة إكس . وفى كل هذه الحالات تبقى الصفات الجنسية الثانوية كما لو كان النسيج المولد للجاميطات موجودا لم يصبه ضرر ، وفى هذا دليل واضح على أن هذه الصفات لا تتوقف على وجود هذا النسيج المولد للجاميطات . وعلاقة الصفات المذكورة بالنسيج الغدى يدل عليها ماهو معروف من أنه اذا أصيب هذا النسيج بالاضمحلال أو التلف تحصل للحيوان أعراض تماثل تماما لأعراض الخصى السابق بيانها

والنسيج الغدى يتضخم فى الحالات الآتية

(١) حالة الخصية المعلقة cryptorchidism وهى الحالة التى لا ترحل فيها الخصية الى مقرها الطبيعى فى غلاف الخصية scrotum خارج الجسم بل بدلا من ذلك تبقى داخل الفراغ البطنى للحيوان

والنسيج المولد للجاميطات فى الخصية المعلقة لا يتكون بتاتا أو يكون فى حالة اضمحلال ، وعلى العموم لا يمكن تكوين الحيوانات المنوية (سبرمات) . على أن الاضمحلال لا يصيب النسيج الغدى بل قد يحصل أن يتضخم هذا النسيج وينمو حتى يملأ معظم حجم الخصية

وقد تحصل هذه الحالة فى إحدى الخصيتين أو فيهما معا وهنا يصبح الحيوان عقيما ألا أنه لا يفقد القدرة على أداء العملية الجنسية . ومع أنه لا يكون حيوانات منوية فان القضيب وغدة البروستاتا والأوعية المنوية تنمو كالمعتاد وجميع الصفات الجنسية الثانوية تظهر تماما

وسواء حصل تعلق الخصية طبيعياً من تلقاء ذاته أو عقب عملية تجريبية فان النتائج تكون متماثلة

(٢) الخصية المغروسة implanted testis : وهى الخصية التى تنزع من

موضعها الطبيعى لتغرس فى موضع آخر فى جسم الحيوان نفسه أو تغرس فى حيوان آخر من نفس نوع الحيوان الذى نزعت منه وتسمى أيضاً بالطعم graft . والمعروف أن هذه الخصية تضمحل أنابيبها المنوية ويمتنع تكوين الحيوانات المنوية فيها (إلا إذا غرست داخل غلاف الخصية الداخلى tunica vaginalis) . غير أن النسيج الغدى للخصية المغروسة لا يصيبه الضمور بل فى كثير من الأحيان يتضخم .

والطعم يمنع أعراض الخصى ويحتفظ للحيوان بصفاته الجنسية الثانوية وذلك سواء كان الطعم خصية كاملة أو جزءا منها

(٣) حالة ربط أو قطع الوعاء الناقل : إذا ربط الوعاء الناقل أضمحل النسيج المولد للجاميطات وامتنع تكوين الحيوانات المنوية وازداد نمو النسيج الغدى الذى يملأ معظم فراغ الخصية ويصل هذا التضخم حده الاقصى إذا بترت الخصية الثانية . والصفات الجنسية الثانوية للحيوان لا تتأثر بهذه العملية مطلقاً

(٤) معاملة الخصية بأشعة إكس أو الراديوم : تعريض الخصية لأشعة X يسبب العقم وذلك لتلف النسيج المولد للجاميطات أما النسيج الغدى فلا يتأثر من هذه المعاملة بل قد يزيد حجمه . ويحتفظ الحيوان بجميع صفاته الجنسية الثانوية وميله الجنسى أيضاً

وقد تكون هذه النتيجة وقتية فقط إذا عرضت الخصية لأشعة أكس بحالة مخففة أو لمدة قصيرة .

ولو عرض الحيوان للأشعة قبل البلوغ ينشأ عن ذلك عدم نمو النسيج المولد للجاميطات بينما النسيج الغدى ينمو كالمعتاد وعند بلوغ الفرد تظهر صفاته الجنسية الثانوية وميله الغريزى

وتحصل هذه النتائج أيضا من تعريض الخصية لأشعاع كميات قليلة من الراديوم على فترات طويلة

وهذه الحالات جميعا تتفق فى نتائجها وهى اضمحلال أو تلف النسيج المولد للجاميطات بينما لا يتأثر النسيج الغدى ولا صفات الجنس الثانوية أو الميل الجنسى عند الذكور

استئصال الغدد التناسلية فى الاناث Ovariotomy

أن النتائج التى تحصل عقب استئصال المبيضين معا فى الأناث أقل وضوحا فى الحيوانات الثديية عن نتائج العملية المقابلة لها فى الذكور

ولو أجريت هذه العملية على صغار الحيوانات أو لو كان بهذه الحيوانات من تلقاء ذاتها ضمور فى المبيضين فالنتيجة المشاهدة هو أن يكون الحيوان فى منظره وصفاته وسطا بين الذكر والأنثى ولو أنه كثيرا ما يكون أميل لناحية الذكر . وكذلك ينشأ عن استئصال المبيضين فى الحيوانات الصغيرة أن الرحم والاعضاء التناسلية الخارجية تصبح أقل نموا من المعتاد ، كما أن الصفات الجنسية الثانوية لا تظهر بالمرة وتمتنع دورة الشبق . وقد تظهر الصفات الجنسية الثانوية بحالة ضئيلة .

واذا أجريت العملية بعد البلوغ تكون النتائج طبعا أقل مما سبق ذكرها غير أن الشبق يمتنع بتاتا ويقل حجم الرحم وقنوات المبيض والمهبل والغدد اللبنية . ويميل الصوت فى الانسان للانخفاض فى الدرجة عن صوت الأنثى العادية وتحصل اضطرابات قلبية وفى الدورة الدموية أيضا مشابهة لما يحصل عند وصول المرأة لسن اليأس ، ويهبط المستوى الغذائى ويميل الحيوان أو الانسان للسمن .

ولا شك أن هذه الأعراض ترجع الى مقدار افرازات الهورمون الجنسى من المبيضين ، وتدل المقارنة مع حالة الذكور على أن مركز هذا الافراز هو النسيج الغدى للمبيض وليس النسيج المولد للبويضات .

على أنه من الصعوبة بمكان الاستدلال على صحة هذه النظرية فى حالة الأنثى نظرا لعدم امكان الفصل بين نوعى الانسجة اذا عمل تطعيم بمبيض

أو بجزء من مبيض مهما كان صغيرا ، لأنه يحتوى على حويصلات جراف فى كل حالة .

غير أن أقوى الأدلة لاثبات أن النسيج الغدى هو المفرز للهورمون فى الأنثى كما هو فى الذكر مستمد من تعريض المبيض لاشعة اكس بدرجة خفيفة ومع الاحتراس التام ، وعند ذلك يحصل ضمور وتلف لحويصلات جراف بينما يبقى النسيج الغدى على حاله وقد يتضخم أيضا ، ويتلو ذلك أن الرحم يزداد حجما وكذلك الغدد اللبنية (حتى ولو كانت الأنثى بكرا) ويحتفظ الحيوان بميله الغريزى الجنسى وصفاته الجنسية الثانوية على التمام .

وقد درست هذه الحالة فى الطيور أيضا وفى الدجاج والبط أكثر من غيرها من الأنواع . وقد وجد أن الدجاج الصغير عند استئصال مبيضه قبل البلوغ تنمو له مهاميز وريش يشبه ذلك الذى للذكور ، بل أن ريش الذنب يكون أكبر نموا ومماثل ذلك فى الذكور المخصية . وهذه الأناث تنمو الى حجم أكبر من الأناث المعتادة ، ولكنها لا تصبح كالديوك . وتفقد الميل الجنسى ويشبه شكلها العام شكل الذكور ولو أن العرف والدالیتين أقل حجما وا وا

وقد شوهد كثيرا أن بعض الدجاج الذى يتوقف فيه المبيض عن القيام بوظائفه لسبب ما يصبح له ريش مماثل لريش الذكور تماما .

وينمو للأنثى المستأصل مبيضاها من بط روان Rouen duck ريش فى لمعانه ولونه الزاهى يشبه ريش الذكور تماما .

وهذا الميل فى الأناث التى فقدت مبيضها الى ناحية التذكير هو ميل أكثر وضوحا فى الطيور منه فى ذوات الثدى ولو أن النتيجة العامة هى نشوء حالة وسط بين الذكور والأناث مع اتجاه لناحية الذكور .

تطعيم الذكور المخصية بطعم مخصية Testicular grafting of castnated males

اذا وضع طعم من خصية فى حيوانات خصيت من قبل سواء كانت هذه الحيوانات ذكورا أو أناثا كانت النتائج الحاصلة مؤيدة لنظرية تأثير الهورمون الجنسى فى الصفات الثانوية .

وتجربة برتولد Berthold سنة ١٨٤٩ من أهم التجارب التى عملت فى هذا الصدد إذ نزع خصى عدة طيور ثم أعاد غرس خصية واحد منها فى فراغه البطنى كما أنه غرس خصية أخرى فى الفراغ البطنى لديك لم يكن هو المنزوعة منه تلك الخصية . وقد أصبحت الطيور ولها منظر الذكور المعتادة تماماً . وبعد شهرين نزع برتولد Berthold الطعم المغروس فى أحد الطيور فأعقب ذلك ظهور أعراض الخصى . ومن هنا استنتج صاحب التجربة أن الخصية تصب مادة فى الدم تسرى بواسطته وتؤثر فى الجسم عامة ولعله أول من لفت النظر لهذا الافراز الداخلى .

ولتجارب فوجاس Fogas وبيزارد Pézard أهمية خاصة فى هذا الشأن إذ اتضح منها أنه سواء عمل التطعيم بخصية كاملة أو بقطعة منها فهو يمنع أعراض الخصى فينمو العرف ثانياً ويصبح تذكير الطير تاماً . وقد أظهر هذان الباحثان أن وجود نسيج الطعم نفسه ليس ضرورياً إذ أنهما حقنا عدداً من الطيور المخصية بخلاصة الخصية فنتج عن ذلك ظهور الصفات الثانوية للذكور . حتى أنه لم يكن من المحتم استعمال خلاصة خصية من نفس النوع الحيوانى إذ أن الخلاصة المحضرة من الخنزير عند حقن الطيور المخصية بها كانت لها نفس النتائج المشار اليها وبدأت الطيور فى الصياح وأخذت يبدو عليها الميل الجنسى كالذكور .

وفى الأنات التى نزعت مبايضها أمكن أظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكور عليها وذلك بعد حقنها عدة مرات بخلاصة الخصية .

على أن جميع هذه النتائج تقف عند انقطاع الحقن .

أما فى الحيوانات الثديية فأهم تجارب التطعيم بالخصية هى تلك التى قام بها ستينخ Steinach وساند Sand وليشوتز Lipschutz وفورونوف Voronoff وقد أجرى هؤلاء تجاربهم على حيوانات عدة منها الفأر والفأر الهندى والأرنب والأغنام والماعز والانسان .

وقد شاهدوا فى جميع تجاربهم أن الطعم الموضوع فى الحيوانات المخصية يعيد ظهور صفات الجنس الثانوية وسلوك الذكور اليها وذلك يكون بعد مدة تحتاجها الطعم فى تثبيت نفسه والاتصال بالأوعية الدموية للحيوان المطعم فاذا تم له ذلك بنجاح بدأ فى أفراز الهورمون الجنسى وهذا يقوم بالتأثيرات السابق ذكرها .

ولو عمل التطعيم بقطعة من خصية فأنها تنمو ويتضخم نسيجها الغدى .

ونتائج التطعيم لاتنحصر فقط فى مظهر الحيوان وشكله الخارجى بل تشمل أيضاً سلوكه ووظائفه الحيوية ، ذلك أن الحيوانات المطعمة تنشط كثيراً وتميل للمشاكسة وتجتذبها الأنات اليها كما لوكانت ذكوراً عادية وذلك بعكس الحال فى الذكور المخصية .

وقد شوهد أنه لو أجرى التطعيم فى حيوان مسن محتفظ بخصيتيه فأن هذا الحيوان يتغير سلوكه كثيرا فيحل بدل خموله نشاط وقوة ويظهر ميلا جنسياً ، ويصبح قادراً على التلقيح ، وقد ينشأ من ذلك حمل أيضاً .

ولفحص الطعم الموضوع فى مثل هذا الحيوان يدل على تضخم النسيج الغدى كثيرا بينما لايرى أثر بالمرة لتكوين السبرمات فلا شك حينئذ فى أن الحمل الذى يقع من هذا الحيوان يكون من الحيوانات المنوية التى تقذفها الخصية الأصلية التى تستفيد بدورها من النشاط العام الذى يكتسبه الجسم وعلى ذلك تقوم بأداء وظائفها .

وقد لوحظ أن الطعم المغروس يستمر نحو عامين أو ثلاثة (فى الكلب والماعز والأغنام) وقد أجريت عملية التطعيم على حيوانات صغيرة قبل بلوغها (من الماعز) فظهرت عليها الصفات الجنسية الثانوية كالقرون والفرو قبل موعد ظهورها المعتاد وازداد نموها وقوتها كثيرا عن مثيلتها التى لم تعامل مثلها .

وقد أمكن إحداث تأثيرات مماثلة لهذه فى الأنسان أيضاً بواسطة وضع

طعم من خصية حيوان صغير السن وذلك للتغلب على أعراض كبر السن التى تنشأ من ضعف وضمور الخصيتين فيكتسب الانسان تحسنا ظاهرا فى الصحة بصفة عامة وفى القوى العقلية والجسمية ودرجة الأبصار والميل الجنسى

وهذه النتائج تعيد للذكرى تجارب براون سيكارد Brown -- Séquard عند ما أحس بانحطاط القوى وضعف البصر وهو فى الثانية والسبعين من عمره فعالج ذلك بتحضير خلاصة من خصى بعض الحيوانات وصار يحقن نفسه بها .

شكل ٥٧ - تأثير عملية سقناخ فى شخص له من العمر ٧٣ عاما
(A المظهر قبل العملية و B بعدها)

غير أن التحسن الظاهر نتيجة الحقن لا يمكن أن يستمر أكثر من عدة أيام ويحتاج بعدها لتكرار الحقن وذلك بخلاف الطعم .

ويجب أن يؤخذ الطعم من أفراد من نفس النوع كالحيوان المراد تطعيمه أو من أشد الأنواع قرابة إليه ، وقد وجد فورونوف Voronoff أن طعم الشمبانزى ينجح فى الأنسان على شرط أن يوضع فى موضع الخصية الطبيعى داخل الغلاف الباطنى للخصية tunica vaginalis وهو يقول باستمرار هذا الطعم فى الانسان على مدى الزمن . وقد أيده ثورك Thorek فى ذلك سنة ١٩٢٢

وتجرى عملية أخرى للحصول على نتائج مماثلة لعملية التطعيم وتلك هى عملية ستيناخ Steinach التى يربط فيها الوعاء الناقل على أحد جانبى الانسان أو الحيوان ، وقد يمكن فى نهاية الأمر ربط الوعائين الناقلين معا على الجانبين وهذه العملية أبسط كثيرا من عملية فورونوف وإن تكن النتيجة واحدة إذ يؤدى ربط الوعاء الناقل إلى اضمحلال النسيج المولد للجاميطات فينمو النسيج الغدى ويتضخم ويفرز الهورمون بكميات كبيرة فيصيب الجسم من ذلك نشاطا وقوة وتحسنا عاما (فضلا عن التأثير الحاصل على صفات الجنس أيضا .)

وقد يقطع الوعاء الناقل أو الوعاءان الناقلان معا فتحصل نفس النتائج المشار إليها وهذه هى عملية ساند Sand

وقد فحصت عدة حالات لأولاد صغار كانوا مصابين بأورام سرطانية فى الخصى ونشأ عن ذلك ظهور بعض الصفات الثانوية عليهم بحالة واضحة مثل نمو الشعر على الوجوه وعندما بترت هذه الأورام إختفت هذه الصفات، ويعلل ذلك بأن هذه الأورام أوجدت نموا غير عادى فى النسيج الغدى فأنتج هذه النتائج .

تطعيم اناث المستأصل مبايضها بطعم مبيضه
Ovarian grafting of speyed females

أجريت هذه العملية كثيرا فى ذوات الثدى وفى الطيور . ولو أجرى التطعيم وقت نزع المبايض لامتنعت أعراض الخصى من الظهور . كما أنه لو وضع الطعم بعد استئصال المبيضين بمدة ما أعاد وضعه لإناثى صفاتها الجنسية التى فقدتها، ولو أن طول المدة يقلل من ظهور هذه الصفات كما هو منتظر

وقد عملت هذه العمليات للانسان بكثرة فمنعت أعراض الخصى من الظهور ومنعت ضمور الرحم وأعادت المحيض

على أنه لو نزع الطعم بعد مدة من ظهور نتائج وضعه لكان لذلك تأثير عكسى إذ تبدو أعراض الخصى ثانية وواضحة

ومن الجلى أن المبيض يفرز هورمونا ينشط ظهور الصفات الجنسية الثانوية للأنثى

ولكن بما أن بعض الصفات الجنسية الثانوية للذكور تظهر على الأناث المخصية فمن الواضح أن للمبيض أفراز هورمونى من نوع آخر وظيفته منع صفات الذكور من الظهور على الأناث ، ومما يدل على ذلك أيضا أن هذه الصفات الذكرية تختفى من الأناث المخصية عقب وضع طعم من مبيض لها

وقد أمكن الحصول على تحسين الصحة والنشاط والقوة الجسمية فى فى الأناث بواسطة أشعة إكس غير أنها تسبب عقم الانسان أوا لحيوان كما تقدم ذكره . وتنتج هذه النتائج أيضا من التطعيم بالمبيض إذ أجريت هذه العملية فى كثير من الحيوانات الثديية والانسان فحولت حالتها من سكون وضعف الى نشاط يشمل جميع الوظائف الحيوية ومنها التناسل . غير أن المعاملة بأشعة إكس تفضل هذه الطريقة لأنها لا تلجأ الى التدخل الجراحى وهى بذلك أبسط من التطعيم وإن كانت تعطل وظائف التناسل

غرس غدد تناسلية فى حيوانات من جنس مضاد لها :

ان ابحاث ستيناخ Steinach فى معرفة التأثير الذى يحصل عند وضع طعم من مبيض فى ذكور مخصية أو طعم من خصية فى أناث مستئصلة مبايضها ذات دلالة واضحة على فعل الهورمون الجنسى فى تشكيل صفات الجنس

وقد أجرى ستيناخ تجاربه هذه على الحيوانات القارضة . وكانت النتيجة عندما وضع طعم من مبيض فى ذكور صغيرة مخصية انها تأنثت فقل حجم القضيب والبروستاتا والأوعية المنوية كثيرا وكبرت الأثدية والحلمات الى مثل حجمها فى الأنثى وحصل أفراز للبن من بعض هذه الحيوانات وأمكنها إرضاع الصغار . وقد أصيب الطعم فى بعض الحالات بالضمور كما انه نزع

جراحيا فى حالات أخرى فتسبب عن ذلك اختفاء صفات الأناث .

والذكور المؤنثة يتأثر نموها بصفة عامة أيضا فانها لا تصل حجم الذكور العادية بل تكون أقل نمواً وأخف وزناً منها وقد تقل فى هذا عن الأناث أيضا . وتتغير كثير من صفاتها النفسية فانها تسلك سلوك الأناث ويعاملها الذكور على هذا الاعتبار

وقد حصل ستيناخ على تذكير الأناث المستأصلة مبايضها وذلك بغرس طعم من خصية فى كل منها وقد شاهد نتيجة ذلك أن الحلمات تبقى صغيرة فى صغار الحيوانات ويقل حجم الرحم كثيرا كما أن البظر يكبر إلى مثل حجم القضيب . وهذه الحيوانات تفوق فى النمو الأناث العادية وتصل إلى مثل حجم الذكور بل قد تفوقها أحيانا . أما سلوكها فيصبح مثل سلوك الذكور فأنها تصيح وتتبع الأناث وتتشاجر مع غيرها

وقد حصل براندز Brandes على نتائج مماثلة لهذه فى الغزال عند ما بتر مبيض أنثى وغرس فيها خصية فنمت لها صفات الذكور وسلكت مسلكها نحو الأناث .

وقد بحث ساند Sand فى النتائج التى تحصل من وجود غدد تناسلية متضادة أى خصى ومبايض فى حيوان واحد فى وقت واحد . فأجرى عملية التخنيث الصناعية أو «بين الجنسية» الصناعية experimental intersexuality إذ غرس مبيضا فى خصية حيوان قارض فكانت نتيجة ذلك أن استبق الحيوان المذكور صفات الذكور الأساسية كبقاء القضيب والبروستاتا والأوعية المنوية على حجمها الأول غير أنه ظهرت بعض صفات الأنثى أيضا إذ كبر حجم الأثدية والحلمات وتكون اللبن فيها .

وعلى ذلك يجمع الحيوان بين بعض صفات الذكور وبعض صفات الأناث وقد يكون أكثر اتجاها نحو هذه الناحية أو تلك تبعا لدرجة نمو الخصية أو المبيض ، فلو بترت إحدى الخصيتين عند إجراء التطعيم بالمبيض

فأن صفات الأنثى تظهر بسرعة . ولو أبقيت الخصيتان وغرس المبيض فى موضع مستقل بنفسه فقد لا يحصل تأثير لذلك أو قد تظهر بعض صفات الأنثى بعد مدة طويلة . وفى هذه الحالة لو بترت الخصيتان تظهر صفات الأنثى بسرعة إذ يكبر حجم الأنثدية والحلمات ويقل حجم القضيب والأوعية المنوية وهذا يدل على أن الطعم المغروس كان يصب هورمونه الجنسى فعلا فى الدم غير أن تأثيره كان يتغلب عليه إفرازات الخصيتين

وقد اتضح من دراسة بعض هذه التجارب أن الهورمون الذى تفرزه خصية واحدة لم يكن كافيا لاخفاء تأثير هورمون الطعم إلا إذا كان الوعاء الناقل لهذه الخصية مربوطا وعلى ذلك يتضخم نسيجها الغدى فيفرز كمية من الهورمون تكفى للتعادل أو التغلب على هورمون ذلك الطعم . وقد أمكن من فحص كثير من الحالات ارجاع درجة نمو صفات الجنس الثانوية الى كمية الهورمون الذى تفرزه الغدة التناسلية

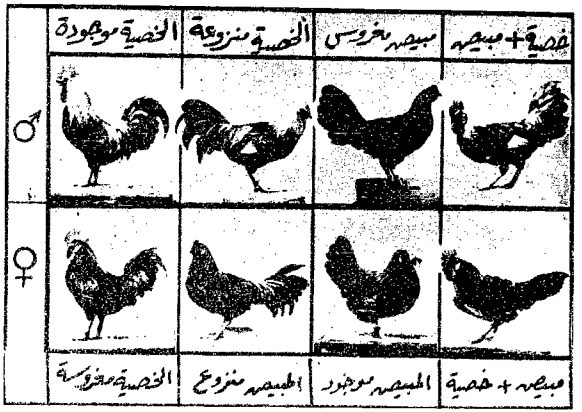
وقد أجريت تجارب عديدة على الطيور وخاصة الدجاج لدراسة تأثير الغدد التناسلية التى تغرس فى أفراد من جنس مضاد لها . ووجد من هذه التجارب أنه إذا غرس مبيض فى ذكر مخصى فأنه يكتسب الهيئة والغريزة الجنسية التى للأناث وكذلك لون الريش وقوامه .

كما أنه إذا غرست خصية ديك فى دجاجة صغيرة السن فأن هذه الدجاجة عندما يكتمل نموها تصبح مثل الديك المعتاد شكلا ومنظراً وريشاً وسلوكا .

فاذا لم تكن الطيور مخصية أو كان استئصال غددها التناسلية ليس تاماً فان غرس غدد من طيور أخرى مضادة لها جنسياً يتبعه تغيرات فى الصفات الجنسية الثانوية وتتوقف هذه التغيرات على درجة نمو الطعم الجديد . على أن مثل هذا التطعيم قلما ينجح .

وقد قام فنلاى Finlay سنة ١٩٢٣ بعدة تجارب فى هذا الصدد على دجاج صغير السن (استأصل غدده التناسلية وعمره ثلاثة أيام ثم غرس

فيه غدداً مختلفة) وحقق وظائف الهورمون الجنسى وعلاقته بصفات الجنس الثانوية فوجد أن هذه الصفات تتبع حتما نوع الغدة التناسلية الموجودة فاذا وجدت غدتان متضادتان معاً فى وقت واحد كان العرف نامياً الى مثل نموه فى الذكور العادية بينما الريش يصير مثل ريش الأنثى (شكل ٥٨)



شكل ٥٨ — تجارب فنلاى عن غرس الغدد التناسلية فى الدجاج .

وتوجد فى الطبيعة أحيانا بعض الحالات التى تدل على ما للهورمون الجنسى من تأثير بالغ فى هذه الناحية . ومن قبيل ذلك تلك الطيور التى فحصها كرو Crew سنة ١٩٢٣ وكانت ذكوراً وأناثا لها الشكل الخاص والريش المميز والسلوك المعروف للطيور المخصية . وقد دل الفحص على أن لهذه الطيور خصى ومبايض متميزة فعلا ، ألا أنها لم تؤد وظائفها تماما

ومن ذلك أيضا الدجاج الذى فحصه نفس العالم المذكور وهو دجاج كان يضع بيضا (المبيض يؤدى وظائفه) ولكن كان له ريش الذكور تماما

وقد دل الفحص على أن هذه الطيور كانت أنثا عادية توقفت مبايضها عن العمل أثناء فصل تغيير الريش (وهو فصل طبيعى يقع غالبا فى أوائل الخريف وفيه يبدل الدجاج ريشه بريش جديد moult) وعلى ذلك نما الريش الجديد دون رقابة الهورمون

وقد توجد حالات التخنيث « بين الجنسية » intersexuality من تلقاء ذاتها وذلك فى الحيوانات الثديية والانسان فتلقى ضوءا على ما للهورمون من فعل كبير فى تمييز الجهاز التناسلى وسنشرح بعضها بقليل من التفصيل .

من هذه الحالات ، الحالة المسماة « بين الجنسية الهرمونية » hormonic intersexuality وهى لاتنشأ وقت الاخصاب وليس لها علاقة مباشرة بالتركيب الكروموزومى للفرد ، وانما يسببها هورمون خاص تفرزه الغدد التناسلية وعلى ذلك فوقت حصولها هو بعد تمييز هذه الغدد

وأظهر الأمثلة المعروفة لهذه الحالة هو «الأنثى التوأم الشاذة » فى الفصيلة البقرية Free-Martin وشذوذها المشار اليه يحصل فى جهازها التناسلى . وقد يكون التوأمان فى العائلة البقرية من جنس واحد ويكون جهازاها التناسليان عاديين أو قد يكونا ذكرا وأنثى . وفى هذه الحالة قد يحصل أولا يحصل شذوذ فى الجهاز التناسلى للانثى

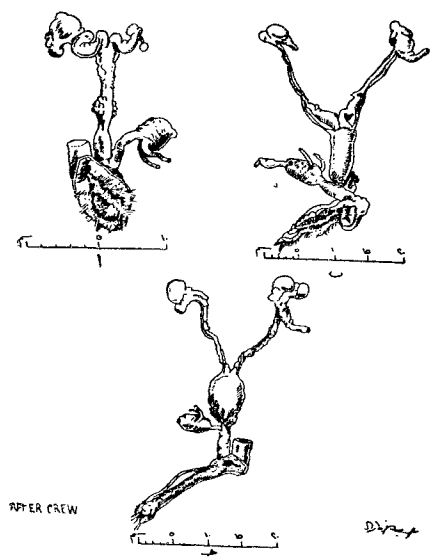
وعند فحص عدد كبير من هذه الحالات أمكن التوصل لمعرفة أن الأنثى الشاذة هى أنثى حقيقية أى أنها قد سبق أن عين جنسها بالتركيب الكروموزمى المعتاد وهو (XX) فلا بد أن الشذوذ الذى أصاب أعضاءها التناسلية أثناء التمييز يرجع الى فعل شىء آخر غير الكروموزومات . وقد وجد أن هذا الشىء هو الهورمون الجنسى الذى يفرزه التوأم الذكر أثناء وجودها معا فى رحم الأم .

والتوأمان فى العائلة البقرية ينشآن من بويضتين مختلفتين (ويستدل على ذلك من فحص المبيض) فلو صادف أن قذفت بويضتان معا ومن مبيض واحد وأخصبتا فهما حتما تنموان فى ناحية واحدة (أو قرن واحد) من الرحم . وكلما ازداد نموهما وكبرا حجما كلما اقتربت أغشية كل منهما نحو أغشية الآخر حتى ينتهى الأمر بالتصاق خوريون الذكر بخوريون الأنثى ويوجد اتصال بين الأوعية الدموية لكلا الجنينين ، ولهذا يصبح فى استطاعة الهورمون الذى يفرزه إحداهما أن يسرى فى جسم الآخر والهورمون الذى يسبق الآخر فى وجوده هو بالبداهة الذى يحكم تمييز الجنس فى كليهما فى مبدأ الأمر

شكل ٤٩ ـ بين الجنسية الهورمونية فى الماشية

وقد دل الفحص على أن الخصية تسبق المبيض فى تمييزه بمدة من الزمن ، ويتلو ذلك أن الهورمون الذى تفرزه خصية التوأم الذكر يسبق فى الوجود الهورمون الثانى (هورمون الأنثى التوأم) ويخلو له الميدان فيشكل الأعضاء التناسلية الداخلية للأنثى بمفرده وغالباً بعد ذلك يلحقه الهورمون الذى يكون

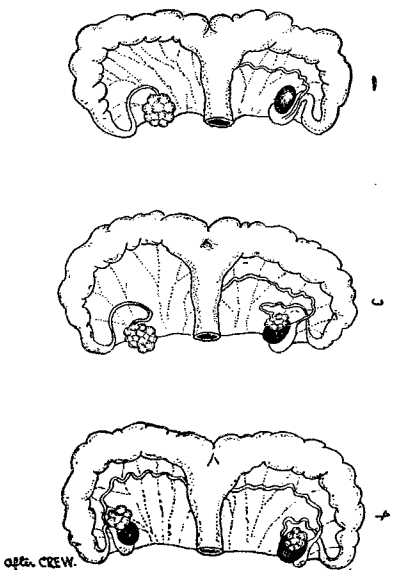
المبيض قد بدأ فى إفرازه فيشكل هذا الأعضاء الخارجية للأنثى لأنها لم تكن قد تميزت بعد وهى بلا شك أكثر أطاعة لهورمون المبيض نظرا لاستعدادها الوراثى للتشكيل ناحية التأنيث . وهذا هو التعليل الذى يطابق المنطق والواقع والفحص التشريحى لهذه الأنماط الشاذة التى تكون أعضاؤها التناسلية الداخلية أعضاء الذكور بينما تكون أعضاؤها الخارجية أعضاء الأناث



شكل ٦٠ - بين الجنسية الكاذبة فى الماعز
رسم إيضاحى لثلاث درجات مختلفة من امزاج الاعضاء التناسلية «للمقارنة بينها يوجد مقياس مدرج »

وهناك أيضاً حالة « بين الجنسية الكاذبة » فى ذوات الثدى - Pseudo intersexuality وقد سميت كذلك لأن الفرد الذى تحصل به هو فى الواقع

وحقيقة الأمر من أحد الجنسين وليس مختثاً ولا وسطاً بين الذكر والأنثى . وهذه الحالة كثيرة الشيوع فى الماعز وقد شوهدت فى الانسان كثيراً أيضاً. والوصف النموذجى للأفراد التى تظهر بها « بين الجنسية » الكاذبة هى أنها تعتبر فى المراحل الأولى من حياتها أناثاً ثم تظهر فيها بعد ذلك صفات الذكور. وقد تكون أعضاؤها التناسلية الظاهرة من أعضاء التذكير والتأنيث معاً



شكل ٦١ - بين الجنسية الكاذبة فى الخنزير
رسم إيضاحى لثلاث درجات من امتزاج الغدد والاعضاء الداخلية التناسلية

وأعضاء هذه الأفراد الداخلية هى غدتان تناسليتان يدل فحصهما التشريحى والسيتولوجى على أنهما شديدتا الشبة بالخصية المعلقة أو المحجوزة

داخل الجسم ، أما الأعضاء الموصلة فهى عبارة عن القناة البربخية epididymis والاوعية الناقلة والأوعية المنوية وغدد البروستاتا وكوبر والرحم والمهبل ، أما الاعضاء الخارجية فهى مكونة من الحيا والبظر الذى قد يكون حجمه أكبر من المعتاد وقد لايوجد اتصال بين المهبل والحيا فى البعض منها .

وقد فحص كرو Crew كثيرا من هذه الأفراد من حيوانات مختلفة كالماعز والخنزير والخيول والماشية والأغنام فوجدها متشابهة جداً فى تكوين أعضائها التناسلية ولو أنه قد توجد بينها فروق بسيطة كأن يكون المهبل والبظر عاديين مثلا أو أن يكون البظر كبير الحجم ولكنه مثله فى الأنثى تشريحياً أو كأن يكون مثل القضيب ولكن قنواته غير كاملة التكوين وفى كل هذه الأفراد لم يوجد غلاف الخصية scrotum ولو أنه فى كثير منها كانت الخصيتان تحت الجلد فى المنطقة البريتونية وفى الامكان لمسهما . وعند فحص الحصى كانت علامات الانحلال الدهنى دائما ظاهرة فيها . وكانت الصفات الجنسية الثانوية لهـــذه الحيوانات هى صفات الذكور أما كاملة أو ناقصة فى البعض منها .

وقد وضعت عدة فروض لتفسير كيفية حصول هذه الحالة على اعتبار أنها خنثى نتيجة وجود غدد تناسلية مختلفة فيها . غير أن الفحص قطع بعدم صحة هذه الفروض إذ لم يوجد بأى حيوان منها مبيض أو نسيج يشبه المبيض فى تركيبه أو وظائفه . وقد وضع كرو Crew التعليل الوحيد المطابق للواقع وللمنطق وهو الذى يأخذ باعتبار أن هذه الأفراد ليست « بين الجنسين » بل هى فى الحقيقة ذكور معين جنسها من مبدأ حياتها وأنها عند تميز الجهاز التناسلى بدأت الخصيتان تتميزان فى أول خطوات هذه العملية كما هو المعتاد . ولو أن هاتين الغدتين أفرزتا هورمونهما بكمية كافية لرقابة تمييز بقية الأعضاء الجنسية تمت هذه العملية دون شذوذ أو مخالفة للمألوف . غير أنه بدلا من

ذلك لم يفرز الهورمون الجنسى من الخصيتين أو كان إفرازه قليل الكمية لضعف هاتين الغدتين (ولم يعرف سبب هذا الضعف تماماً وان كان من المحتمل أن يرجع لضعف فى الغدد الصامة الأخرى) وعلى ذلك فالأعضاء الجنينية الموجودة نمت دون رقابة تدفع البعض للنمو وتوقف البعض الآخر وتؤدى لاضمحلاله ، أى أن قنوات ولف نمت بطبيعتها الى مثل نموها فى الذكور الى أوعية ناقلة بينما قنوات مولر لم تجد الهورمون الذى يمنعها من النمو فى جسم الذكر فالتحمت أطرافها وكونت الرحم والمهبل . وقد يبقى أفراز الهورمون قليلا أو معدوماً بالمرة فتبقى الفتحة التناسلية البولية urogenital sinus والتنوء العضلى phallus على حالها فى الجنين وهما يشبهان كثيراً الأعضاء الظاهرة للأنثى حتى أنه يخطأ فيها الاعتبار فيظن أنها أنثى فعلا . على أن الغالب هو أن الخصيتين يقوى نسيجهما ويزداد أفرازهما على مدى الأيام فيتحول البظر الى جسم مثل القضيب وإن كان لايصل الى حجمه أو تكوينه المعروف فى الذكور .

انقلاب الجنس Sex Reversal

وهناك حالات انقلاب الجنس وهى تضيف أدلة جديدة فيها بيان قاطع على ما للهورمون الذى تفرزه الغدد التناسلية من فعل فى تمييز الجنس

وقد وصف كثير من الباحثين هذه الظاهرة فى الحيوانات وصفا دقيقا أصبح لا مفر بعده من الاعتراف بأنه قد يحصل فى بعض الأحيان أن أفرادا بالغة من أحد الجنسين يتحول جنسها بعد البلوغ إلى الجنس المضاد وتعمل فى أداء وظائف هذا الجنس الذى تحولت اليه كما تعمل الأفراد العادية تماما

فالمقصود من انقلاب الجنس هو أن إناثا من نوع ما من الحيوانات معروف من تاريخ حياتها أنها كانت إناثا عادية وأدت وظائف التناسل فعلا

وهى كذلك تتحول إلى ذكور فى كل ما يخص الذكور جسميا ومعنويا وتؤدى وظائف الذكور العادية

ويحصل انقلاب الجنس فى الأسماك بكثرة وقد بيّن ذلك ايسنبرج Essenberg سنة ١٩٢٣ كما ذكر ذلك غيره من الباحثين نتيجة مشاهداتهم لحصوله فى مختلف أنواع الأسماك . وفى بعض الحالات التى وصفها ايسنبرج امتنعت عدة أناث عن وضع الصغار (وكانت تفعل ذلك من قبل) ثم ظهرت عليها صفات الذكور بعد عدة أسابيع ووجدت فى غددها التناسلية حيوانات منوية فعلا

وشوهد انقلاب الجنس فى كثير من أنواع الحيوانات المائية الأرضية كالضفادع وغيرها . وقد جمع كرو Crew سنة ١٩٢١ عددا كبيرا من الضفادع انقلبت من أناث إلى ذكور وعلل السبب فى ذلك بحصول انحلال فى نسيج المبيض فنما نسيج مولد للسبرمات بدلا منه . وذكر العالم المشار اليه أن بعض هذه الضفادع عملت فعلا كذكور وأمكنها أن تلقح وتخصب الأناث وكان النسل الناتج لها كله أناث وهو بالضبط ما ينتظر ما دامت هى لا تحمل الكروموزوم Y فى تركيبها

أما فى الطيور فانقلاب الجنس كثير الحصول وقد وصف بعض الباحثين حالات عديدة منه فى الحمام والدجاج وغيرها من الأنواع . فقد ذكر ردل Riddle سنة ١٩٢٣ أن حمامة أنثى وضعت احدى عشرة بيضة فى مدة معروف مبدأها وآخرها ثم انقطعت عن وضع البيض فى الستة شهور التالية لهذه المدة وكانت أثناء هذه الشهور تحتضن هى وزوجها بيض غيرها من الأناث وتفرخه وترى الأفراخ الصغيرة وفى التسعة عشر شهرا التالية تغير سلوكها الجنسى إلى مثل سلوك الذكر كما أن درجة نموها أصبحت كدرجة نمو الذكر . وبعد نحو العامين من وضعها آخر بيضة لها نقلت هى وزوجها إلى عش آخر به بعض الطيور التى أقعدها كبر السن وأفقدها حركتها ونشاطها ، ثم مات

زوجها بعد ذلك بثلاث شهور فشرح جسمه وعرف وزن وحجم خصيتيه، ثم بعد ذلك بنحو عشرين شهرا نفقت هذه الأنثى بعد أن ظهرت عليها أعراض الاصابة بمرض السل فى البطن . وعند تشريحها وجد بها خصيتان عرف وزنهما وحجمهما كما أن الكبد وعدة أعضاء أخرى وجدت متدرنة إلى درجة أنها كونت كلها كتلة واحدة مصابة وربما كان ما بقى من المبيض ضمن هذه الكتلة ذلك ان كان المرض قد أبقى منه شيئا

وفى بعض الدجاج غزير البيض قد ينمو العرف والزوائد الجلدية فى الوجه الى مثل نموها فى الذكور ، وغالبا ما يحصل هذا فى هذا العام الثالث من عمر الدجاج ويصحب نمو هذه الزوائد الجلدية انقطاع عن وضع البيض ويكبر حجم مهمازها أيضا ومع ذلك فان ريش هذه الطيور وسلوكها الجنسى يكونان كما هما فى الأناث ولو أنها تحاول أن تصيح كالذكور . مثل هذا الدجاج يوجد به عند الفحص التشريحى مبايض فى حالة ضمور . وقد يحصل بعد ذلك أن يختفى نسيج المبيض تماما فينمو ريش هذه الطيور كريش الذكور وقد ينقلب جنسها انقلابا كليا فتعادى الذكور وتتشاجر معها وتجتذب الأناث وتسعى وراءها وقلما يمكن تمييزها من الذكور العادية الا اذا وضعت معها جنبا لجنب فتعرف بحجمها وهيئتها . وقد فحص كرو Crew سنة ١٩٢٣ ثمان حالات من هذا الدجاج وكانت كلها تحت المراقبة مدة عام ونصف .

وكانت احداها فيما سبق أماً لعدد كبير من الدجاج ثم ظهرت عليها الأعراض السابقة حتى أنها وضعت وحدها مع أنثى بكرا فشوهد أنها كانت تلقحها وأخصبت بيض هذه الأنثى فعلا وأفرخ منه صغار كثيرة . وقد فحص السائل المنوى فكان به حيوانات منوية حية ونشطة .

وقد أظهر الفحص التشريحى لهذه الدجاجة وجود كتلة كروية حمراء موضع المبيض بها بقع صفراء كثير عددها كما أن سطح هذه الكتلة كان ملتصقا به جسم يشبه الخصية على كلا الجانبين . ووجد بالجانب الأيسر قنا

رفيعة جداً وقصيرة هى قناة المبيض وبجوارها زوج من القنوات القاذفة . وعند الفحص السيتولوجى وجد أن الجسم الملتصق بسطح الكتلة الحمراء هو فعلا خصية عاملة فى حالة نشاط قليل كما أنه اتضح أن الكتلة نفسها هى المبيض وقد تلف تلفا شديدا من فعل مرض السل .

هذه الدجاجة معروف تاريخ حياتها ، وقد وضعت فى أول الأمر كثيرا من البيض وأفرخته فعلا . غير أنها بعد ذلك أصيبت بمرض السل فى المبيض فتلف نسيجه تدريجيا حتى اختفى تماما وهنا ظهرت الأعراض المعروفة عند غياب المبيض (أو استئصاله) . على أن سير المرض وطبيعته رفعا المستوى الغذائي فى هذه الدجاجة الى مثله فى حالة الذكور وبذلك تهيأت الظروف الداخلية لنمو خلايا جنسية جديدة من الغدد التناسلية فنما نسيج الخصية فى الغدة اليسرى وكذلك فى الغدة اليمنى (مع أن هذه تكون عادة فى حالة ضمور فى الأناث). وبتكوين الخصيتين وافرازهما للهورمون الذكرى تنبهت قناتا ولف للنمو إلى قنوات قاذفة وبالجملة أصبحت الدجاجة أهلا للعمل كذكر وقد سبق القول أنها عملت كذلك فعلا .

أما بقية الحالات الأخرى التى فحصها كرو Crew فقد وجدها مماثلة لهذه وإن اختلفت درجات التماثل غير أنها كلها كانت حلقات من سلسلة واحدة هى انقلاب الجنس إلى ذكور عاملة وفى كل هذه الحالات يستبدل المبيض بخصية وتضمر أعضاء التناسل المؤنثة وتنمو الأعضاء المذكرة تحت تأثير ورقابة الهورمون الذى تفرزه الخصية الجديدة .

وقد عثر كثير من الباحثين على مثل هذه الحالات التى فحصها كرو Crew ، أما فى الحيوانات الثديية فقد ذكر كولدر Calder سنة ١٩٢٨ حالة انقلاب الجنس فى بقرة أنثى معروف تاريخ حياتها تحولت إلى شكل الذكور ونمت لها القرون الخاصة بها وسلكت مسلك تلك الذكور تماما وقد وجد بالفحص التشريحى أن نسيج المبيض تالف بفعل مرض التدرن

وقد ذكر فيزنر Wiesner أن انقلاب الجنس يحصل فى الانسان أيضاً ووصف حالة معروفة لذلك .

وجميع الحالات التى حصل فيها انقلاب الجنس فى الحيوانات كان ذلك نتيجة للاصابة بمرض سريع النمو كالسل أو السرطان يتلف نسيج المبيض فينمو بدلا منه نسيج خصية ويرتفع المستوى الغذائى إلى مثله فى الذكور وتتكون أعضاء تناسلية مذكرة تحت رقابة أفراز الخصيتين الجديدتين .

أما أن نسيج الخصية ينمو بدلا من نسيج المبيض التالف فهو مسألة معروفة يقرها عالم السيتولوجى إذ أنه عند دراسة تميز الغدد التناسلية ظهر أن الخلايا الجرثومية الأولية germinal epithelium ترسل طبقة من الخلايا عند انقسامها ، وهذه الخلايا تتجه لداخل الغدة التناسلية ثم تضمحل فترسل الخلايا الجرثومية الأولية طبقة ثانية من الخلايا وهذه هى التى تتكون منها نسيج المبيض ، ولا يمكن أن يتكون إلا من هذه الطبقة فقط ، أما الطبقات التى بعد ذلك فكلها تكون نسيج خصية . وتبعاً لهذا فاذا تلف نسيج المبيض لا يمكن أن يحل محله نسيج مثله بل نسيج مضاد له .

ومن الجائز نظريا أن يحصل انقلاب الجنس فى الطيور حيث أن جهازها التناسلى الخارجى متشابه تماما فى كلا الجنسين . أما فى ذوات الثدى فيختلف الجنسان فى أعضائهما الجنسية الظاهرة ولذا يصعب تحويل هذه الأعضاء إلى أعضاء الجنس الآخر .

أما تغيير المستوى الغذائى من حالة الأنثى ورفعه إلى منسوب الذكر فهو أمر لابد منه فى كل حال ، وغالباً ما يحصل هذا نتيجة لاضطراب فى أفراز الغدد الصامة الداخلية فى الجسم .

وليس هناك شك فى أن معظم الأسباب المؤدية إلى انقلاب الجنس غير معروفة ، وأنه لا يجب أن تعطى أهمية كبيرة للنظريات القائلة بأن تغيير المستوى الغذائى هو الذى يسبب تغيير الجنس من حالة إلى عكسها فقد

لاتكون العلاقة بينهما هى العلاقة بين السبب والنتيجة بل قد يكون كلاهما ناتج من فعل عوامل أخرى لم يكشف عنها بعد تماما، وإن كان من المعروف أن للعوامل الوراثيـة أكبر الأثر فى ذلك لمـا سبق ذكره من بيان فعلها فى تعيين الجنس .

النسبة الجنسية

النسبة الجنسية لنوع ما من الحيوان هى عبـارة عن رقم يدل على عدد الذكور المقابلة لكل مائة أنثى من ذلك النوع . والنسبة الجنسية النظرية هى نسبة متساوية لأن الجهاز الكروموزومى الجنسى كفيل بايجاد هذه المساواة كما تقدم بيانه فى موضعه . على أن النسبة الحقيقية تختلف عن النسبة النظرية

ولما كانت الاحصـاءات التى تستخلص منها النسب الجنسية يجب أن تؤخذ فى مرحـلة خاصة من تاريخ حياة الأفراد لهذا جرى العرف باعتبار المراحل الثلاث ذات الأهمية الكبرى فى الحياة صالحة لذلك وهى :

(١) مرحلة الجنين وتبدأ هذه المرحلة فى الواقع بعملية الاخصاب واتحاد الجاميطات التى تنشأ منها الأجنة . والنسبة المأخوذة فى هذه المرحلة تسمى النسبة الجنسية الاولية primany sex ratio .

(٢) عقب الولادة : وتؤخذ نسبة جنسية أخرى عقب وضع الاحياء وتسمى النسبة الجنسية الثانوية seconday sex ratio .

ولا شك أنها تكون مماثلة للنسبة الأولية لو تهيأت جميع الظروف التى تجعل كل الاجنة قادرة على الحياة بدرجة واحدة أثناء حمل أمهاتها وقبل ولادتها الا أنه يحصـل فعـلا أن بعض الاجنة تفقـد الحياة ويؤدى ذلك إلى اختلاف بين النسبتين . والنسبة الثانوية هى التى يعمل بها عادة .

(٣) عقب النضج الجنسى « البـلوغ » وتختلف هذه النسبة أيضاً عن سابقتها إذ ليست كل المواليد قادرة على الحياة حتى تصـل مرحلة البـلوغ . والنسبة المأخوذة هنا تسمى النسبة الثلاثية tertiary sex ratio

وقد شوهد أن النسبة الجنسية تختلف بالنسبة للنوع كما يدل على ذلك الجدول الآتى :

نوع الحيوان	النسبة الجنسية الثانوية
الانسان	١٠٣ — ١٠٧
الخيول	٣ ر ٩٨
الماشية	٣ ر ١٠٧
الأغنـام	٧ ر ٩٧
الخنزير	٨ ر ١١١
الأرنب	٦ ر ١٠٤
الدجاج	٩٣٫٤ — ٩٤٫٧

ومن المعروف أيضاً أن النسبة الجنسية داخل النوع الواحد تختلف تبعاً للسلالة أو العائلة أو الفرد ، وتوجد أدلة قوية يظهر منها صحة ذلك فمن المشاهد فى الانسان وفى الحيوان أيضاً أن هناك ميل وراثى واضح فى بعض الأفراد أو العائلات لانتاج ذكور أكثر من الأناث فى نسلها أو بالعكس ومع أن أمثلة ذلك لايمكن أن يشملها الحصر فيـكفى فى هذا المقام أن نشير الى أهم هذه الحالات .

فى معرض ماشية اللبن الذى أقيم سنة ١٩٢٣ فى الولايات المتحدة كانت توجد بقرة من النوع الجرسى Jersey عمرها ثلاثة وعشرون عاماً وتسعة شهور وضعت ٢١ حيوانا منها ٢٠ أنثى وذكر واحد .

وهناك عائلة معروفة نسلها كله من الذكور ولم يولد لأى من أبنائها غير ذكور فقط . كما أن كثيراً من الرجال لايولد لهم إلا أناثاً فقط .

وقد قامت مس كنج Miss King سنة ١٩١٨ ببحث هـذا الموضوع باجراء تجارب على الفأر إذ بدأت تجاربها بزوجين من هذا الحيوان وربت خمسة عشر جيلا منها فأمكنها فى النهاية أن تصل للحصول على نسبة جنسية

مختلفة فى كل من السلالتين وذلك نتيجة الانتخاب والتربية من الأفراد التى تنتج ذكوراً أكثر من الأناث أو العكس وحصلت فى السلالة الأولى على نسبة ١٢٥ : ١٠٠ وفى السلالة الثانية على نسبة ٨٣ : ١٠٠ وبذلك أثبتت أنه يمكن الحصول بالانتخاب على نسل يكثر فيه الذكور أو الأناث .

هذا وأن الكشف عن الأسباب التى تؤدى إلى تغيير النسبة الجنسية عن حالة التساوى قد يكشف فى الوقت ذاته عن الطريق أو الطرق التى توصل الى التحكم فى الجنس بحيث يصبح فى مقدور الانسان أن يوجد مايريد من كل من الجنسين وهذه المسألة ذات أهمية لمربى الحيوان الزراعى فمثلا أى زيادة فى الأناث التى تولد من ماشية اللبن أو طيور البيض هى ربح محقق بينما زيادة الذكور عن الأناث التى تولد للخيول أو أغنام اللحم أوماشية العمل أو ماشية اللحم هى أيضا ربح محقق .

أما النسبة الجنسية الأولية فلا يمكن أن تختلف عن النسبة النظرية إذا توفرت الشروط الآتية :

(١) أن ينتج الجنس المختلف الجاميطات أعدادا متساوية من نوعى الحيوانات المنوية أو البويضات التى بها الكروموزوم x والتى ليس بها هذا الكروموزوم

(٢) وأن تكون هذه الجاميطات غير متفاوتة فى قابليتها للحياة

(٣) وأن يتم الأخصاب بمجرد الصدفة

(٤) وأن تكون جميع البويضات المخصبة ذات قابلية واحدة للحياة

وتدل جميع الابحاث والمشاهدات على تعذر تحقيق هذه الشروط وعلى ذلك فلا بد من أن تختلف النسبة الأولية عن النسبة النظرية

أما أن الجنس المختلف الجاميطات (وهو الذكر فى ذوات الثدى والأنثى فى الطيور) لا ينتج نوعى الجاميطات بأعداد متساوية من كل منها

فما لا شك فيه غير أن أسباب هذا التفاوت ليست معروفة تماما . وإن كانت بعض الابحاث قد دلت على أن الكروموزومين x و Y لا يذهبان إلى الجسم القطبى عند نضج البويضات بمجرد الصدفة بل أن هناك عوامل تجعل أحدهما أكثر مرورا إلى ذلك الجسم القطبى من الآخر وتبعا لذلك لا يمكن الحصول على نسبة جنسية متساوية

وقد أمكن فى بعض التجارب التى قام بها هيب Heape أن يحدث تفاوتا فى انتاج نوعى البويضات فى الطيور وذلك باستعمال درجات مختلفة من الحرارة أو الضوء أثناء نضج هذه الجاميطات

وأما بالنسبة لاختلاف قابلية الحياة فى نوعى الجاميطات فقد دلت على ذلك المشاهدات المتكررة فمثلا من المعلوم الآن أن جاميطات حشرات المن Aphids التى لا تحمل الكروموزوم x تتلف كلها

وقد يرجع اختلاف النسبة الجنسية عن النسبة النظرية إلى أن نوعى الجاميطات الذكرية (سبرمات) تختلف فى سرعة حركتها أو فى اجتذابها بواسطة البويضات وقد أظهر كول Cole ودافز Davies أنه يوجد فعلا تنافس وتسابق بين الحيوانات المنوية

وفى اليوم الذى يمكن فيه التحكم فى إنتاج نوعى الجاميطات المختلفين أو فى التحكم فى سرعة حركة كل منهما أو فى اجتذابه للبويضات يصبح عند ذلك للانسان رقابة تامة على الجنس يوجده كما يشاء وبالنسبة التى يريدها.

الباب السادس عشر

العلاقة بين الآباء وتأثيرها فى الأبناء

تربية الاقارب — تربية الاباعد — الانتخاب

من الحقائق الثابتة أن التناسل هو مفتاح الحياة وهو الواسطة فى تجدد الأجيال جيلا بعد جيل. فاذا ما اتحدت خلية تناسلية من ذكر بخلية تناسلية من أنثى تكوّن من اتحادهما زيجوت ينقسم وينمو فيكبر ويخرج للحياة مستقلا كفرد مستقل ولقد ذكرنا فى مواضع سابقة أن صفات هذا الفرد الجديد ترجع الى ما يصله من العوامل الوراثية من أبيه ومن أمه. ولقد وجد من الابحاث المستفيضة أن درجة ظهور الصفات فى الفرد تتأثر كثيرا بالعلاقة الكائنة بين أبويه. ذلك أن الأبوين قد يكون بينهما صلة فى الدم أى صلة قرابة فاذا ما تزاوجا كان ذلك تزاوج أقارب وكان النسل الناتج من هذا التزاوج نتيجة تربية الأقارب. وقد لا يكون بين الأبوين هذه الصلة فيكون كل منهما بعيداً عن الآخر غريبا عن دمه وعائلته فاذا ما تزاوجا كان ذلك تزاوج الاباعد وكان النسل الناتج من هذا التزاوج نتيجة تربية الأباعد.

وتسمى تربية الأقارب أيضا التربية الداخلية لأنها تحصر التزاوج داخل العائلة الواحدة، ولنفس السبب تسمى تربية الأباعد بالتربية الخارجية لأن التزاوج فيها يقع بعيداً من صلة العائلة.

والواقع أن الفرق بين طريقتى التربية ليس فرقا كبيرا جدا من الوجهة النظرية أو أن تعاليم التطور والنشوء تدل على أن كل الأنواع بل وكل الأفراد التى يجمعها النوع الواحد هى فى الحقيقة ذات قرابة لبعضها البعض. ولكن بالرغم من أن التقسيم إلى تزاوج الأباعد ينتفى من الوجهة العلمية المحضة إلا

أنه ذو أهمية من الوجهة العملية، والذى يفهم من هذا التقسيم فى هذه الحالة هو أنه لا يعنى بدراسة القرابة التى بين الآباء التى تبعد عن النسل مئات الاجيال وانما يعنى بدراسة هذه القرابة إذا كانت فى الأجيال التى لا تبعد عن النسل كثيرا

تربية الاقارب Endogamy - Inbreeding

يرى المتأمل قليلا فى تربية الأقارب أنها درجات تتفاوت بقرب أو بعد العلاقة العائلية بين الذكور والاناث التى تتزاوج معاً فمن الواضح أن القرابة بين أخ وأخت شقيقين أقوى منها بين أبناء الأعمام. لهذا جرى العرف بين العلماء على تقسيم تربية الأقارب الى قسمين. جمعوا فى القسم الأول درجات القرابة الشديدة لتلقيح الأب لابنته أى الأبن لأمه أو الأخ لأخته واصطلحوا على تسمية هذا القسم بتربية أقارب الدرجة الأولى. ومن الواضح أنه يدخل تحت هذا القسم أيضا الحالات التى يحصل معها التلقيح الذاتى الذى يحدث فى بعض النباتات وأحيانا فى بعض الحيوانات غير الراقية.

وفى القسم الثانى أدرجت جميع الحالات التى تقل فيها درجة القرابة بين الآباء عما سبق وأطلق على هذا القسم تربية أقارب الدرجة الثانية.

ويستخلص من ذلك أن تربية الأقارب بقسميها تؤدى الى إخصاب جاميطات متشابهة فى بعض أو كل تركيبها الوراثى.

على أنه لا يخفى أن هذا التقسيم هو تقسيم عرفى فقط وأن الفرق بين القسمين هو فرق فى الدرجة ليس إلا. وتربية الأقارب معروفة من قديم الزمان زاد لها الانسان فى نباتاته وحيواناته بل وأخذ بها لنفسه أيضا.

ولقد كانت تربية أقارب الدرجة الأولى متبعة فى العصور القديمة الى أن حرمتها الأديان السماوية. وتذكر المراجع التاريخية أن قدماء المصريين كانت تجرى بعض عائلتهم الملكة على تربية أقارب الدرجة الأولى وقد أدى ذلك الى انقراض هذه العائلات ولقد تضاربت النتائج التى تجمعت على

توالى الزمن عن تأثير تربية الأقارب فى النسل فقد ذكر كثيراً أنها مفيدة وذكر كثيراً أنها مضرة . لهذا قام العلماء بتحقيق هذه النتائج وذلك بواسطة تجارب عديدة منها التجربة التى قام بها كرامب Crampe فى سنة ١٨٨٣ واستعمل فيها تربيـة أقارب الدرجة الأولى فى سبعة عشر جيـلا متواليا من الفيران وشاهد أثناء سير التجارب :

(١) ظهور أفراد كثيرة ذات استعداد للامراض .

(٢) ظهور العيوب الخلقية .

(٣) إنحطاط عام فى درجة التناسل ووجود العقم فى بعض الحيوانات

وفى سنة ١٨٩٤ قام ريتسمابوس Ritzema Bos بتربيـة فيران تربيـة أقارب مدة ستة سنوات وحصـل فى أثناء هذه المدة على ثلاثين جيـلا من هذه الحيوانات فوجد أن درجة التناسل كانت تقـل بالتـدريج وأن نسبة العقم كانت تتزايد عاماً بعد عام

وفى سنة ١٨٩٨ ربى فايزمان Weismann تسعةوعشرين جيلامن الفيران تربية أقارب فوجد أن درجة التناسل كانت تقل سنة وراء أخرى

وفى سنة ١٩٠٦ قام كاسل Castle باجراء تجربةعلى الدروسوفلا استعمل فيها تزاوج الأخ بأخته باستمرار مدة تسعة وخمسين جيـلا فوجد أن درجة التناسل لم تقل عما كانت عليه فى المبدأ .

وقدتأيدت هذه النتيجةبما قام به مونكهاوس Moenkahaus سنة ١٩١١ وهايد Hyde سنة ١٩١٤ ووتورث Wentworth سنة ١٩١٣من تجارب على الدروسوفلا أجمعوا فيها على أن العقم قد يوجد فى الاجيال الأولى من تربية الأقارب إلا أنه لا يظهر بالمرة بعد ذلك .

وفى سنة ١٩٠٦ قام رومل Rommel وسيوال رايت Sewall Wright بتجارب بدأت بثلاثة وثلاثين زوجا من الأرانب الرومية وكونا من كل

زوج منها عائلة خاصة واستعملا تربية الأقارب بدرجة شديدة وذلك لمدى إحدى عشر عاما أنتجا فيها نحو عشرين جيلا .

كما أنهما أقاما بجانب هذه التجربة مجموعة أخرى من الفيران لم تستعمل فيها تربية الأقارب بالمرة وذلك لمقارنةالنتائج . وقد وجدالباحثان المذكوران أن تربية الأقارب سببت صغرا فى الحجم وقلة فى درجة التناسل وزيادة فى نسبة وفيات الصغار . على أنهما عندما دققا الفحص فيما أصاب كل عائلة من العائلات على حدتها وجدا أن بعض العائلات حل بها الانحطاط وانقرض الكثير منها غير أن بعض العائلات الاخرىظلت محتفظة بصفاتها الاصلية التى كانت عليها عند بدء التجربة . واستخلص الباحثان المذكوران من نتائج هذه التجربة أنه توجد عوامل وراثية تؤثر فى درجة النمو وفى موعد النضج الجنسى وفى درجة التناسل وفى طول العمر وأن الخلاف بين العائلات عند إنتهاء التجارب يرجع إلى الخلاف فى تركيزهذهالعوامل أو العوامل المضادةلها.

وقد قام إيست East وجونز Jones فى سنة ١٩١٩ بتجارب على نحو الثلاثين صنفا مختلفا من أصناف الذرة الشامية واتبعا تربية الأقارب بدرجة شديدة فتحصلا فى النهاية على النتائج الآتية :

(١) أن حجم النباتات وكمية المحصول يقـلان لحد محدود على أنه لم يحصل إنحطاط فى النوع مطلقا .

(٢) أنه تنعزل سلالات نقية تختلف عن بعضها البعض فى صفاتها .

(٣) أن هذه السلالات صفاتها ثابتة فيها وفى نسلها أيضاً .

(٤) أنه قد وجد فعلا بعض أفراد عقيمة عقما كلياً أو جزئياً .

وفى سنة ١٩١٩ قامت Miss King بتجربة بدأت فيهـا بزوجين من الفيران البيضاء ذكرين وأنثيين وأسست من كل زوج منهما سلالة خاصة باتباعها تزاوج الأخ لأخته وكانت تجرى الانتخاب باستمرار بعد الجيل السادس وذلك فى السلالة الأولى . وقد ظهر من نتائج هذه التجربة أن

تربية الأقارب مع الأنتخاب تنتج منها سلالة متشابهة أنشط وأكبر حجما وأطول عمرا وأكثر خصبا من تلك التى لم يستعمل فيها تربية أقارب .

على أن التجارب السابقه فيما عدا تجربتى رومل ورايت وكنج لا يمكن الاعتماد عليها كثيرا وذلك لأن الحيوانات التى أجريت عليها كانت مختلفة كثيرا فى تركيبها الوراثى مما يؤدى إلى حصول تداخل فى النتائج .

كل هذه التجارب وغيرها كثير تشير إلى نتيجة واحدة وهى أن تربية الأقارب تؤدى إلى إنعزال سلالات نقية الصفات ثابتة فى توريث صفاتها لنسلها .

ولتفسير ذلك نفرض أننا سنجرى تربية الأقارب على نباتات البسلة وذلك بواسطة التلقيح الذاتى وهو أقوى درجات تربية الأقارب ولتسهيل العملية حسابيا نفرض أن التزاوج الواحد ينتج أربعة نباتات . فاذا بدأنا بنبات من نباتات البسلة الطويلة الساق الخليطة فى هذه الصفة نرى أنه سينتج من هذا النبات أربعة نباتات أحدها طويل أصيل فى هذه الصفة واثنان منها طويلان خليطان أما الرابع فهو قصير . وباتباع التلقيح الذاتى فى هذا الجيل والذى بعده ينتج أربعة نباتات طويلة أصيلة لأنها نسل النبات الطويل الأصيل وأربعة نباتات قصيرة ناتجة من النبات القصير . أما النباتان الخليطان فى الجيل السابق فنسلهما ثمانية نباتات منها اثنان طويلان أصيلان وأربعة خليطة فى الطول واثنان قصيران وعلى ذلك فهذا الحقل به ستة نباتات طويلة أصيلة وأربعة نباتات طويلة خليطة وستة نباتات قصيرة وباستمرار التناسل بواسطة التلقيح الذاتى جيلا بعد جيل تتكون الأجيال كالآتى :

F1				Ss		
F2	ss	١	:	Ss ٢	:	SS ١
F3	ss	٦	:	Ss ٤	:	SS ٦
F4	ss	٢٨	:	Ss ٨	:	SS ٢٨
F5	ss	١٢٠	:	Ss ١٦	:	SS ١٢٠
F6	ss	٤٩٦	:	Ss ٣٢	:	SS ٤٩٦

ويتضح من مراجعة الأرقام السابقة أن من اتباع هذه الطريقة فى التربية ينعزل فى النسل سلالتان أصيلتان إحداهما طويلة والأخرى قصيرة وأن عدد كل سلالة منهما يزيد جيلا بعد جيل كما أن نسبة الخليط فى كل جيل تقل بالتدريج .

الجيل	١	٢	٣	٤	٥	٦
نسبة الخليط	١٠٠٪	٥٠٪	٢٥٪	١٢و٥٪	٦و٢٥٪	٣و١٢٥٪

ومن الواضح أن هذه متوالية هندسية تقل فيها نسبة الخليط فى أى جيل بضعفها فى الجيل السابق وعلى ذلك فهى فى الجيل الثامن أقل من ١ ٪ أى أن أفراد هذا الجيل ستنقسم بصفة عملية إلى مجموعتين فقط هما السلالة الطويلة الأصيلة والسلالة القصيرة الأصيلة . وفى الأجيال التى تلى هذا الجيل يستمر النقص فى نسبة الخليط حتى يتلاشى وجوده بالمرة

هذا ومن الواضح أن النسبة المئوية للنقص فى الخليط حسبت فى المثال المتقدم من انعزال صفتين متضادتين لزوج اليلومورفى واحد أما إذا حسبت لزوجين من الصفات أو أكثر فالنتيجة ، وهى انعزال الصفات فى سلالات نقية ، سوف لا تتغير طبعا ولكن الزمن الذى يقتضيه الوصول لهذه النتيجة النهائية يكون حتما أطول أى أنه كلما إزداد عدد أزواج العوامل كلما كان إنعزال السلالات النقية أبطأ فأبطأ وقد وضع ريمرز Reimers القانون الآتى لحساب نسبة السلالات النقية التى تنعزل فى أى جيل إذا كان ن عدد الأجيال و م عدد العوامل الوراثية

$$\therefore \text{نسبة الأفراد الأصيلة فى الجيل ن} = \frac{(٢ - ٢^{ن})^{م}}{٢^{ن}}$$

وعلى ذلك فقد أصبح من الواضح أن النتائج المتضاربة لتربية الأقارب يمكن تفسيرها على ضوء التحليل المتقدم إذ مادامت تربية الأقارب تؤدى الى عزل السلالات النقية فنتائجها تكون جيدة إذ كانت الصفات التى تنعزل فى

هذه السلالات النقية صفات جيدة كما أن النتائج تكون سيئة إذا كانت الصفات التى تنعزل فى السلالات النقية هى أصلا سيئة .

وهذا يعود بنا الى صفات الآباء الاصلية ، فهى المسؤولة أولا وأخيراً عن تربية الأقارب أما الطريقة فى حد ذاتها فلا عيب فيها ولا لوم عليها

وتربية الأقارب بقسميها السابق ذكرهما تصل حتما إلى النتيجة التى أشرنا اليها وهى عزل الصفات فى سلالات أصيلة ، على أنه من البديهى أنه كلما كانت درجة القرابة أشد كلما كان الوصول الى النتيجة أسرع ، وبما أن تربية الاقارب تعمل على عزل الصفات نقية وتكشف بذلك عن التركيب الوراثى للكائنات الحية فهى بذلك أحسن اختبار لصفات النوع .

تربية الأباعد Exogamy - Outbreeding

أما تربية الأباعد فانها تختلف عن تربية الاقارب من جميع الوجوه ويشمل هذا الخلاف طريقة التزاوج فى كل من الحالتين كما سبق بيانه ويشمل الخلاف أيضا النتائج النهائية التى تتلو كلاً من طريقتى التربية .

وكما أن تربية الأقارب درجات تتفاوت تبعا لشدة القرابة أو ضعفها فكذلك تتفاوت تربية الأباعد فى مراحل البعد بين الآباء . فقد يحصل التزاوج بين أفراد لاتربطها صلة فى الدم ، ولكنها تقع فى عائلات مختلفة من سلالة واحدة . وقد يحصل التزاوج بين أفراد من سلالات مختلفة فى نوع واحد . كما أنه قد يحصل بين أفراد يتبع كل منها نوعا مختلفا أو بين أفراد تتبع أجناس مختلفة ، وكلما اتسعت مرحلة البعد بين الآباء كلما قلت الطبيعة احتمال نجاح الأباعد وحصرتها فى نطاق ضيق واتبعتها بالعقم فى كثير من الحالات ، ولعل أبرز الا مثلة على ذلك عقم البغل ، هذا العقم الناتج عما بين الابوين من بعد الشقة . فكأن الطبيعة تحاول أن تحصر منطقة التربية داخل النوع .

وتربية الأباعد على طرف النقيض مع تربية الأقارب فى النتيجة النهائية التى تنجم عنها . فبينما ينتج من اتباع تربية الأقارب عزل الصفات فى سلالات نقية كما سبق القول به نرى أن تربية الاباعد لا تؤدى الى شىء من هذا القبيل وإنما تبقى نسبة الخليط كما هى جيل بعد جيل . ولكى نبين الفرق بين النتيجتين نطبق تربية الأباعد على نفس المثال السابق أى على نباتات الباسلاء الطويلة والقصيرة .

فاذا بدأنا بنباتين من الباسلاء كل منهما طويل خليط على ألا تكون بينهما صلة قرابة مفترضين أن التزاوج الواحد بين أى نباتين ينتج أربعة نباتات كانت الأربعة نباتات كالآتى : واحد منها طويل أصيل واثنان منها طويلان خليطان والرابع قصير ، وتطبيق تربية الأباعد فى هذه الحالة يكون بأن يلقح نبات نباتاً آخر ، فمثلا لو لقح النبات الطويل الأصيل أحد النباتين الخليطين نتج من ذلك أربعة نباتات منها اثنان أصيلان فى الطول واثنان خليطان فيه . ولو لقح النبات القصير النباتَ الآخر الخليط نتج من ذلك أربعة نباتات منها اثنان طويلان خليطان واثنان قصيران .

وعلى ذلك فمجموع أفراد هذا الجيل الثالث هو ثمانية الأصيل منها اثنان فى الطول واثنان فى القصر والخليط منها أربعة ، وبمقارنة نسبة الخليط فى هذا الجيل بالجيل السابق له يرى أنها ٥٠ ٪ فى كلا الجيلين فهى رقم ثابت لم يطرأ عليه زيادة أو نقصان . ولو حسبنا أى جيل من الأجيال بعد ذلك لوجدنا أن هذه النسبة ثابتة فيه كما يدل عليه البيان الآتى :

F1				Ss	×	Ss		
F2	ss	١	:	Ss	٢	:	SS	١
	ss	٢	:	Ss	٢	:	SS	٢
F3	ss	٢	:	Ss	٤	:	SS	٢
F4	ss	٤	:	Ss	٨	:	SS	٤
F5	ss	٨	:	Ss	١٦	:	SS	٨
F6	ss	١٦	:	Ss	٣٢	:	SS	١٦

ولا يقوم الاعتراض على هذا التحليل بأن بين هذه الأفراد قرابة فقد اشترطنا من المبدأ الا يكون شيء من هذا ، وعلى ذلك فيمكن إجراء التلقيح بين نباتات بعيدة جدا عن بعضها مع بقاء التراكيب الوراثية كما هي في البيان المذكور .

على أنه وإن كانت تربية الأباعد لا تؤدى إلى انعزال الصفات في سلالات أصيلة إلا أن لها نتيجتها الخاصة وهي نتيجة هامة في حد ذاتها لما لها من التطبيق العملي في الانتاج الزراعي . وتعرف هذه النتيجة باسم «قوة الخليط» heterosis والذى يقصد بها أن النسل الناتج من تربية الأباعد يفوق كلا من أبويه في كثير من صفاته .

وحالة البغل مثل مشهور لقوة الخليط فهو أقوى من كل من أبويه وأكثر احتمالا للشاق وجلدا على العمل .

وقد قام رايت Wright بتجارب واسعة النطاق عن قوة الخليط وذلك في عدة سلالات من الأرانب الرومية فوجد أن النسل الناتج من تربية الأباعد إذا قورن بأبويه يزيد في الوزن عنهما بنحو ١٢ ٪ كما أن قوة مقاومته لمرض السل تزيد ٢٠ ٪ وأن سرعة النمو تزيد بواقع ١٦ ٪ وتقل الوفيات نحو ١١ ٪ .

وهذه الظاهرة أي قوة الخليط لا تظهر إلا في الجيل الأول فقط . وتعليل هذه الظاهرة ، الكثيرة الحصول في النباتات والحيوانات بل وفي النوع الانساني أيضا ، يعود إلى سبب واحد وهو أن الخلط بين سلالتين نقيتين يؤدى إلى اجتماع عوامل مكملة في التركيب الوراثي للجيل الأول الخليط لم تكن مجتمعة في أبويه النقيين ، ولاجتماع هذه العوامل تأثير في ظهور الصفات بحالة مكبرة أو مبالغ فيها .

الانتخاب : Selection

هو عملية يجرى فيها تزاوج بين ذكور واناث ذات صفات خاصة وذلك

بغرض ايجاد هذه الصفات في النسل .

ولما كانت هذه الصفات الخاصة تعتبر أنها أحسن صفات النوع أو المحصول فلا يمكن أن يكون هناك قياس ثابت لعملية الانتخاب إذ أن الاعتبار الذى يقضى بأن صفة ما هي أحسن صفات النوع هو اعتبار تقديرى محض قد يتغير بتغير الظروف أو الزمان .

ولقد جرى العرف في الانتاج الزراعي من قديم الزمن على إجراء الانتخاب تبعا للصفات الظاهرية في النبات أو الحيوان إذ لم تكن هناك طريقة معروفة غير ذلك فكان القائم بالانتخاب في هذه الحالة يشتغل على المجاميع المتشابهة الصفات وهذا النوع من الانتخاب يسمى بالانتخاب تبعا للشكل الظاهرى phenotypic selection

على أن تقدم علم الوراثة أدى إلى وجود أساليب تطبيقية ذات فائدة عظمى في الكشف عن التراكيب الوراثية للافراد . ومن البداهة أن القائم باجراء الانتخاب لم يقنع عند حد ما كان يفعله قبل وجود هذه الأساليب الجديدة بل أنه سعى لاستخدامها والانتفاع بها في تحسين محاصيله النباتية والحيوانية ولهذا تحول مجرى الانتخاب إلى معرفة التركيب الوراثي للافراد التي يراد تناسلها قبل السماح بتزاوجها ويسمى هذا النوع بالانتخاب تبعاً للتركيب العاملي genotypic selection . وباتباع هذا النوع في الانتخاب انتقل المجال من اعتبار أن أحسن صفات النوع هي مسألة تقديرية قد تختلف فيها الآراء إلى أن هذه الصفات يجب أن تكون وحدات ثابتة وعلى الخصوص تلك الصفات التي تقبل الأحصاء والقياس .

ومن هنا كانت نتائج النوع الثاني من أنواع الانتخاب أضمن وذلك لارتكازها على تراكيب وراثية أصيلة ، بينما الانتخاب تبعا للشكل الظاهرى لا يقطع بتماثل الأفراد في تركيبها العاملي لأن المجموعة المتشابهة تشمل الأصيل والخليط . ومن المقارنة أيضاً بين نوعي الانتخاب يتضح أن النتائج النهائية

لهذه العمليه يحصل عليها فى زمن أسرع باتباع الانتخاب تبعاً للتركيب العاملى .

على أن الانتخاب بنوعيه يقضى بتزاوج أفراد ذات صفات متشابهة أو ذات تركيب عاملى متماثل، فهو بهذه الطريقة يؤدى إلى أخصاب جاميطات متشابهة فى بعض أوكل تركيبها الوراثى . وعلى ذلك تصبح عملية الانتخاب عملية كثيرة الشبه جدا بتربية الأقارب من هذه الناحية . وبما يؤدى إخصاب جاميطات متشابهة إلى تركيز العوامل التى تربطها بحالة أصيلة فى سلالات نقية من أتباع تربية الأقارب فحتما يحصل هذا أيضاً من أتباع الانتخاب أى أن الانتخاب يؤدى حتما إلى عزل العوامل بحالة زوجية فى سلالات نقية

ومتى أوصلنا الانتخاب إلى السلالة النقية فمن البديهى أن استمراره فى هذه السلالة يصبح عديم الجدوى لأن التركيب الوراثى للسلالة المذكورة قد أصبح ثابتا غير قابل للتحسين أكثر مما وصل إليه .

وهناك كثير من التجارب العملية التى تثبت هذه النتيجة أشهرها تلك التى قام بها جوهانسن Johannsen إذ كان يجرى الانتخاب على سلالة نقية من نبات الفاصوليا تعرف باسم فاصوليا برنسيس Princess beans وكان يحاول أن يزيد وزن الحبوب فى هذه السلالة بانتقاء أكبر هذه الحبوب وزنا فى كل جيل وزرعها للحصول على الجيل الذى يليه فبعد عدة أجيال لاحظ أنه يحصل على نباتات متوسطة وزن حبوبها ثابت لم يتغير فى أى جيل منها عن أى جيل آخر ولا عن السلالة الأصلية التى بدأ بها تجربته .

ولقد كان الحصول على نتائج جيدة من اتباع الانتخاب المستمر باعثاً للظن عند الكثير من الناس بأن الانتخاب قد يؤدى إلى خلق صفات جديدة، على أن قليلا من التأمل فى طبيعة هذه العملية يدل على خطأ هذا الاعتقاد فما الانتخاب إلا وسيلة تكشف عن كثير من العوامل الوراثية التى لم

تكن ظاهرة فى الافراد الخليطة ، ثم تركز هذه العوامل فى سلالات نقية فتظهر الصفات واضحة جلية .

وإلى هذا الحد يقف بنا البحث فى طرق التربية من الوجهة النظرية ، أما تطبيقها على النباتات والحيوانات والمفاضلة بينها والارشاد إلى أيها الذى يتبع فى الحالات المختلفة فله موضعه الخاص فى مراجع تربية النبات والحيوان .

المراجع

REFERENCES.

Text Books.

Agar, W. E; Cytology, London, 1920.

Babcock & Clausen; Genetics in Relation to Agriculture New York, 1927.

Castle, W. E; Genetics & Eugenics, London, 1924.

Coulter, W. C; Outline of Genetics, Chicago, 1923.

Crew, F. A. E., Animal Genetics, London, 1925.

" Organic Inheritance in Man, Edinburgh, 1927.

" The Genetics of Sexuality in Animals, Cambridge, 1927.

Doncaster, L., Cytology, Cambridge, 1920.

East, E. M., & Jones, D. F., Inbreeding and Outbreeding, Philadelphia, 1919.

Goldschmidt, R., Mechanism and Physiology of Sex Determination, London, 1923.

Marshall., F. H., The Physiology of Reproduction, London, 1922.

Morgan, T. H., Heredity & Sex, New York, 1913.

" The Physical Basis of Evolution, London, 1932.

" The Physical Basis of Heredity, Philadelphia, 1919.

" The Theory of the Gene, Yale, 1926.

Crew, F. A. E., Abnormal Sexuality in Animals.
The Ouarterly Review of Biology.
Vol. I No. 3, 1926. Vol. II No. 2, 1927 Vol. II No. 3, 1927.

„ The Bull-dog Calf

„ The Bull-dog Calf of the Dexter Breed of Cattle, Veterinary Journal, Vol 79 No. 8.

„ Genetical Aspects of Natural Immunity and Disease Resistance. Edinbrugh Medical Journal, 1928.

„ A Histological Study of The Undescended Testicle of the horse. Journal of Comparative Pathology and Therapeutics. 1922.

The Human Sex Ratio,
Edinburgh Medical Journal, 1927

„ The Infleunce of Internal secretions on Sex Characters, British Medical Journal. 1927.

„ On The Inheritance of feeble mindedness.
The Mechanism of Inheritance. British Medical Journal 1926.

„ Three Cases of Developmental Intersexuality in the Pig Veterinary Journal, Vol 19 No. 9

„ Report on Dr. Serge Voronoff's experiments. (with Marshall, Walton and Miller.) Ministry of Agriculture and Fisheries, London, 1928.

Fraser Roberts, J. A., A Hereditary Lethal deformity in New-born lambs. Journal of the Ministry of Agriculture, Dec. 1926.

Greenwood, A. W., Gonad Grafts in Embryonic chicks and their relation lo sexual differentiation. British Journal of Experimental Biology, 1925.

„ „ Gonad Grafts in the Fowl, The British Journal of Experimental Biology, 1925.

Morgan, Bridges & Sturtevant.
The Genetics of Drosophila,
Bibliographica Genetica 11, 1925.

Osborn, H. F., From the Greeks to Darwin, New York 1913.

Poulton, Schönland, Shipley;
Weismann on Heredity, Oxford, 1889.

Punnet, R., Mendelism, London. 1912.

Reid, G. A., Laws of Heredity, London, 1910.

Russel, E. S., The Interpretation & Development of Heredity, Oxford, 1930.

Sharpey Schafer, E., The Endocrine Organs I & II, London, 1924, 1926.

„ „ , Essentials of Histology, London, 1929.

Sinnott & Dunn., Principles of Genetics, New York 1925.

Shull, A. F., Heredity, York, 1926.

Thomson, J. Arthur., Heredity, London, 1912.

Periodicals.

The Journal of Genetics 1925 — 1936
The Journal of Heredity 1925 — 1936
Animal Breeding Abstracts 1933 — 1936

Research Papers.

Buchanan Smith, A. D., Equine Heredity, Live-Stock Journal 1932.

„ The Inheritance of Horns in Cattle,
Some Further Data. Journal of Genetics, 1927.

Greenwood, A. W. Marsupial spermatogenesis. Quarterly Journal of Microscopical Science, 1923.

Greenwood, A. W., and Crew, F. A. E. Studies on The Relation of Gonadic structure to plumage Characterisation in the domestic Fowl, I. II. III, and IV, Proceedings of the Royal Society 1926, 1927, and 1928.

„ On the Quantitative Relation of Comb Size and Gonadic activity in The Fowl. Proceeding of the Royal Society of Edinburgh, 1927.

Greenwood, A. W., aud Blyth, Janet, S. S., Some Experiments relating to the ovarian function in the Fowl. The Results of Testicular transplation in Brown Leghorn Hens. Proceedings of the Royal Society, 1930.

Greig, R., and Buchanan Smith, A. D., Horns versus Polls, Scottish Journal of Agriculture, 1927.

Masui, K. and Tamura, Y. The Effect of Gonadecto myon the weight of the Kidney, Thymus, and Spleen of Mice. British Journal of Experimental Biology, 1926

Patel, J. S., The Inhibition of œsterus by Corpus Luteum extracts. Quarterly Journal of Experimental Physiology. 1930.

أبواب الكتاب

أبواب الكتاب

صفحة

٧ الباب الأول — مقدمة تاريخية . تعاريف أولية . طرق دراسة العلم . الأهمية التطبيقية للعلم .

١٧ الباب الثانى — تجارب مندل . قوانين مندل الوراثية .

٥٨ الباب الثالث — اكتشاف حالات غير مندليه . تعديل نظرية مندل .

٨٩ الباب الرابع — اكتشاف حالات غير مندلية (تابع ما قبله) العوامل المميتة . الصفات المحددة بالجنس . عدم وجود وحدة الصفات بالمعنى المندلى الآثار المتعددة للعامل الواحد .

١٠١ الباب الخامس — الأساس المادى للوراثة .

١٢١ الباب السادس — نظرية مورجان أو نظرية الكروموزومات

١٢٦ الباب السابع — الارتباط . المجاميع الارتباطية . الارتباط العادى . العبور

١٧٠ الباب الثامن — العلاقة بين العوامل والصفات .

١٧٨ الباب التاسع — طبيعة الجين . الطفرة . التصنيف .

١٩٧ الباب العاشر — القوانين الاحصائية وتطبيقها فى دراسة التصنيف

٢٢٦ الباب الحادى عشر — وراثة الصفات الكمية .

٢٣٦ الباب الثانى عشر — الصفات المكتسبة

٢٤٥ الباب الثالث عشر — وراثة الأمراض والعيوب الجسمية .

٢٦٩ الباب الرابع عشر — تعيين الجنس .

٢٩٣ الباب الخامس عشر — تمييز الجنس .

٣٣٠ الباب السادس عشر — العلاقة بين الآباء وتأثيرها فى الأبناء . تربية الأقارب . تربية الأباعد . الانتخاب .

في يوم الخميس ٢١ يناير سنة ١٩٣٧
تم طبع «كتاب الوراثة»
بدار النشر الحديث
« مطابع احمد الصاوى محمد » بالقاهرة

تصحيح أخطاء

نظرا لدقة المواضيع التى يتناولها هذا المؤلف نرجو القارىء أن يصحح الأخطاء الآتية وذلك قبل قراءة الكتاب :

الصفحة	السطر	الخطأ	الصواب
٥٧	١٨	الاحتفالات	الاحتمالات
٧٤	١٨	الصفة	الصبغة
١٢٣	١٧	كروموزوما واحدا	كروموزوم واحد
١٢٧	٢٧	Mtez	Metz
١٢٨	١	melanogaster	virilis
١٣٣	١٢	F_1	P_1
«	١٣	F_2	F_1
«	١٤	—	ضع F_2 فى آخر السطر بجانب بيضاء العيون
١٣٥	بجانب الجدول لأسفل	(wX)	(WX)
١٤٤	٦	٠/٠ دجاج ذو أقلام	٠/٠ ٢٥ دجاج ذو أقلام
١٤٧	١١	F_2	F_1
١٥٩	الجدول (السطر الاول تحت خانة الافراد)	٠/٠ ٤٩٫٢٥ : (ywx) y (YWx) (YWX)	٠/٠ ٤٩٫٢٥ (YWX) y (ywX) (YWX)
١٧٥	١٣	F_2	F_1
١٩١	١٢	millistoni	willistoni
٢١٦	١١	درجت	درجة
٢٢٢	الاخير	المتوسط والفرضى	والمتوسط الفرضى
٢٩١	تحت شكل ٥٤	A ٢ : X ١ Supermale	A ٣ : X ١ Supermale