الباب الأول
الوراثة المندليـــة

من هو مندل ؟؟ نبذة تاريخية

ولد جريجور جوهان مندل سنة ١٨٢٢ فى قرية Brunn بالنمسا وتسمى الآن Brno وتقع فى تشيكوسلوفاكيا من أبوين فلاحين ولوحظ عليه النبوغ منذ الصغر فنصح والده بادخاله مدرسة ثانوية بعد اتمامه التعليم الابتدائى التحق بها مدة من الزمن ثم تركها للضيق المالى وكانت له ميول دينية كميوله أيضا للبحث والتنقيب فدخل دير سانت توماس St. Thomas فى Brno حيث أصبح راهبا فى عام ١٨٤٧ وتدرج فى مناصب الدير إلى أن أصبح رئيس الدير سنة ١٨٦٨ واشتغل مندل فى أثناء حياته بالدير مدرسا غير متخصص لمادة التاريخ الطبيعى وبدأ تجاربه على نبات البازلاء Pisum sativum ١٨٥٧ فى حديقة الدير وأعلن نتائج أبحاثه فى مجلة تسمى Proceeding of the National Society of Brunn فى سنة ١٨٦٦ ولكن العلماء فى ذلك الوقت كانوا مهتمين بنظريات داوون عن التطور ولم ينتبهوا إلى نتائج مندل وحتى مندل نفسه بعد عدة مراسلات بينه وبين العالم النباتى Nageli أصبح فى شك من أمر إبحاثه وخاصة بعد اشتغاله على نبات الهير شيام Hieracium وهو نبات تتكون فيه البذور بكريا (بدون اخصاب وسوف نتحدث عن ذلك فيما بعد) فحصل على نتائج مختلفة عما حصل عليه من نبات البسلة.

وبقيت نتائج تجارب مندل كما هى بدون اهتمام ومات مندل سنة ١٨٨٤ وظلت تجاربه مجهولة إلى أن أعيد اكتشافها سنة ١٩٠٠ بواسطة العلماء الثلاثة التاليين :ـــ

١ ـــ De Vries مارس سنة ١٩٠٠ هولندى وكان يشتغل على نبات الداتورا .

٢ ــ Corens أبريل سنة ١٩٠٠ ألمانى وكان يشتغل على نبات الذره والبسلة والفاصوليا .

٣ ــ Von Tschermak يونيو سنة ١٩٠٠ نمساوى وكان يشتغل على نبات البسلة.

توصل هؤلاء العلماء كل على حده إلى اثبات أن تجارب مندل تعتبر الأساس العلمى الصحيح فى أى بحث وراثى وإلى أن مندل كذلك قد توصل إلى معرفة مبادىء الوراثة قبلهم .

ثم بعد ذلك اطلق على هذا العلم من علوم الحياة اسم الوراثة Genetics بواسطة العالم الانجليزى Bateson ١٩٠٦ فى المؤتمر العالمى الثالث للتهجينات المعقد فى باريس International Congress on Hybridization in Paris لقد حدث منذ ذلك الحين تقدم كبير فى علم الوراثة وأقيمت فى مختلف انحاء العالم تجارب مختلفة على كثير من الكائنات الأخرى حيث اثبتت جميعها صحة قوانين مندل سواء كانت على الحيوان أو النبات أو حتى على الإنسان .

بعض العوامل التى أدت إلى نجاح مندل فى تجاربه الوراثية :

١ ــ كان يسعى مندل إلى تجنب التعقيدات التى كانت تقف أمام العلماء من قبله وذلك عن طريق تبسيط البحث إلى أقصى حد ممكن ومن أهم النقاط فى ذلك أن العلماء من قبل كانوا يدرسون الكائن الحى كله كوحدة وراثية واحدة لاتقبل التجزىء أما مندل فقسم دراسة الفرد إلى عدة صفات محددة درس كل صفة منها على حده ثم انتقل بعد ذلك إلى دراسة كل صفتين من صفات الكائن معا ثم بعد انتهائه من ذلك انتقل إلى دراسة ثلاث صفات من الكائن معا ... وهكذا .

٢ ــ كان مندل حسن الحظ فى اختياره للصفات التى درسها حيث أن كل صفة منها كانت توجد على كروموسوم منفصل وبذلك لم يحصل على تعقيدات نتيجة دراسته لصفتين واقعتين على كروموسوم واحد (سوف

ندرس ذلك بالتفصيل فيما بعد) .

٣ ــ كان مندل حسن الحظ أيضا فى اختياره لنبات البازلاء لعد أسباب منها :

(ا) نبات البسلة من النباتات ذاتية التلقيح الذاتى .

(ب) النسل الناتج من أى تلقيح دائما خصب .

(جـ) يوجد فى البسلة سلالات عديدة مختلفة فى صفاتها وهذه الصفات ثابتة داخل كل سلالة .

٤ ــ كانت الصفات التى درسها مندل من الصفات الثابتة من جيل إلى آخر.

٥ ــ لم يعتمد مندل على الذاكرة فى تسجيل بيانات تجاربه بل كان يسجل كل صغيرة وكبيرة فى سجلات خاصة يدون فيها عدد أفراد كل جيل وكان يسجل المجموعات المتماثلة من أفراد كل جيل وكل على حده مما مكنه من أن يحلل نتائجه تحليلا احصائيا دقيقا .

وقد درس مندل ٧ صفات متفارقة أو متضاده contrasting or allelomorphic characters من نبات البازلاء وهذه الصفات هى :

١ ــ الاختلاف فى شكل البذرة تامة النضج أما ان تكون مستديرة أو مجعدة .

٢ ــ الاختلاف فى لون الفلقتين فى البذور تامة النضج فأما أن يكون أصفراً فاقع اللون أو أخضراً .

٣ ــ الاختلاف فى لون الملقات . وهى أما إن تكون بنية (رمادى) أو بيضاء اللون .

٤ ــ الاختلاف فى شكل القرن تام النضج أما إن يكون منتفخا أو محززا بين البذور ومجعدا بعض الشىء .

٥ ــ الاختلاف فى لون القرن غير تام النضج أما أخضرا أو أصفرا .

٦ ــ الاختلاف فى موضع الزهرة أما ابطى أى موزعه على طول الساق وأما طرفى أى متجمعه عند قمة الساق ومرتبه على هيئة نوره خيميه كاذبة .

٧ ــ الاختلاف فى طول الساق أما طويل يتراوح ما بين ٦ ــ ٧ قدم أو قصيرا ٢/٣ ــ ١/٤ قدم .

أراد مندل معرفة العلاقة الوراثية بين كل زوج من أزواج الصفات المتفارقة Contrasting characters فمثلا أخذ نباتين يختلفان فى صفة واحدة فأخذ مثلا نبات ناتج عن بذرة مستديره وآخر ناتج عن بذرة مجعده واستخدم الأب المعطى لحبوب اللقاح أى الأب المذكر هو النبات ذو البذور المستديره وا الأب المعطى للبويضات (الأب المؤنث) هو النبات ذو البذور المجعده ووجد ان نتيجه هذا التهجين أعطت نباتات كل بذورها كانت مستديرة وأطلق على هذا الجيل اسم الجيل الأول First filial generation (F_1) .

أخذ مندل البذور الناتجة من الجيل الأول وزرعها وأجرى للنباتات الناتجة منها عملية تلقيح ذاتى Self Pollination فوجد أن البذور الناتجة عن نباتات هذا التلقيح (وهذا ما أطلق عليه اسم الجيل الثانى F_2 second filial generation) تنقسم إلى مجموعتين الأولى ذات بذور مستديره : والثانية ذات بذور مجعده وجد أن عدد البذور الناتجة فى الجيل الثانى كانت ٥٤٧٤ بذرة مستديرة وكان عدد البذور المجعدة ١٨٥٠ بذرة وحسب النسبة بين البذور المستديرة إلى المجعدة فوجدها ٢,٩٦ : ١ .

اجرى مندل لنفس الصفة التلقيح العكسى reciprocal cross أى استخدم الأب المعطى لحبوب اللقاح أى الأب المذكر هو النبات مجعد البذور والأب المؤنث هو النبات مستدير البذور وحصل أيضا على F_1 ثم لقح ذاتيا نباتات هذا الجيل للحصول على F_2 فوجد أن جميع أفراد الجيل الأول كلها كانت مستديرة البذور وأعطت بذور الجيل الثانى النسبة السابقة أى ٢,٩٦ . ١ مستدير إلى مجعد أى أنه لايوجد اختلاف بين التلقيح والتلقيح العلكسى له

وجد مندل أن نفس الشيء ينطبق أيضا على الست صفات الأخرى التى قام بدراستها فدائما تظهر فقط فى الجيل الأول صفة واحدة لأحد الأبوين وتظهر فى الجيل الثانى انعزالات للصفتين المتفارقتين بنسب تختلف عن بعضها اختلافا بسيطا .

فمثلا عند اجراء تلقيح بين نباتين يختلفان فى لون القصره أعطت جميع نباتات الجيل الأول حبوبا ذات قصر صفراء وأعطت نباتات الجيل الثانى حبوبا صفراء قدرها ٦٠٢٢ نباتا وخضراء قدرها ٢٠٠١ نباتا أى نسبة ٣,٠١ : ١ وفى حالة صفة الطول كانت النسبة فى F_2 ٢,٨٤ طويل : ١ قصير أما فى حالة موضع الزهرة فكانت النسبة ٣,١٤ : ١ أبطى : قمى فى الجيل الثانى (الجدول التالى) .

جدول رقم (١)

بيانات الجيل الثانى لتجارب مندل على التهجينات فى بازلاء الأكل بالنسبة لكل زوج من أزواج السبعة صفات المتفاوتة (عن مندل)

زوج الصفات المتفارقة		الصفة السائدة	عدد أفراد الجيل الثانى المحتوية على		نسبة الجيل الثانى السائد المتحى
الصفة			الصفة السائدة	الصفة المتحية	
شكل البذور	مستديرة ــ مجعدة	مستديرة	٥٤٧٤	١٨٥٠	١ : ٢,٩٦
لون الفلقتان	أصفر ــ أخضر	أصفر	٦٠٢٢	٢٠٠١	١ : ٣,٠١
لون الأزهار	بنفسجى ــ أبيض	بنفسجى	٧٠٥	٢٢٤	١ : ٣,١٥
شكل القرن	منتفخ ــ محزز	منتفخ	٨٨٢	٢٩٩	١ : ٢,٩٥
لون القرن	أخضر ــ أصفر	أخضر	٤٢٨	١٥٢	١ : ٢,٨٢
موضع الزهرة	إبطى ــ قمى	إبطى	٦٥١	٢٠٧	١ : ٣,١٤
طول الساق	طويل ــ قصير	طويل	٧٨٧	٢٧٧	١ : ٢,٨٤
المجموع الكلى			١٤٩٤٩	٥٠١٠	١ : ٢,٩٨

مما سبق من تجارب أمكن لمندل أن يضع التعميمات الآتية :

يظهر فقط فى جميع أفراد الجيل الأول F_1 صفة واحدة من صفتى الأبوين واختفت الصفة المتفارقة الأخرى مما جعله يطلق على الصفة التى ظهرت فى هذا الجيل اسم الصفة السائدة Dominant character أى سائدة على الصفة الأخرى ومنعتها من اظهار تأثيرها وأطلق على الصفة التى لم تظهر فى أفراد الجيل الأول بالرغم من وجودها فى أحد الأبوين المستخدمين فى التجربة اسم الصفة المتنحية recessive character .

٢ ــ فى الجيل الثانى ظهرت الصفتان الصفة السائدة والصفة الأخرى فى مجموعتى شكل مظهرى phenotypes ولكن كانت نسبة الأفراد الحاملة للصفة السائدة مرتفعة بمقارنتها بالأفراد الحاملة للصفة المتنحية وكانت هذه النسبة حوالى ٣ سائد: ١ متنحى فى جميع التجارب الخاصة بالسبع صفات المدروسة والسابق بيانها .

لم يكتف مندل بهذا القدر من النتائج بل قام بعد ذلك بأخذ بذور كل مجموعة من مجموعتى الشكل المظهرى الناتجة فى الجيل الثانى F_1 كل على حده بغرض الحصول على أفراد الجيل الثالث F_3 منها وزرعها وأجرى لها أيضا عملية تلقيح ذاتى فوجد أن الأفراد الناتجة فى الجيل الثانى والتى أظهرت الصفة المتنحية تعطى باستمرار أفرادا متنحية وحاملة لهذه الصفة فى الجيل الثالث أى لم يحدث لها أى انعزالات بل أنها تعطى باستمرار نفس الصفة فأطلق على هذه الأفراد اسم المتنحية المتماثلة أو الأصيلة homozygous recessive .

وعندما أخذ بذور الأفراد التى أظهرت الصفة السائدة فى الجيل الثانى وزرعها ثم لقحت نباتاتها تلقيحا ذاتيا لتعطى بذور الجيل الثالث وجد أنها تعطى مجموعتى شكل مظهرى فى F_3 .

(ا) مجموعة أصيلة أو متماثلة سائدة Homozygous dominant

تعطى باستمرار أفراد حاملة للصفة السائدة بحالة متماثلة ولا تعطى أى انعزالات .

(ب) مجموعة خليطة :

تشبه أفراد الجيل الأول السابق ذكرها أى بعزل بنسبه ٣ : ١ وهى ما اطلق عليها اسم Heterozygous dominant سائدة خليطة .

ونسبة أفراد المجموعتين إلى بعضها هى بنسبة ١ : ٢ أى ممكن تقسيم الأفراد التى ظهرت بنسبة ٣ فى الجيل الثانى إلى مجموعتين بنسبة ١ : ٢ أصيلة سائدة وخليطه سائدة ويمكن تمثيل ذلك بالمثال الآتى :

ما هو التعليل الذى وضعه مندل لهذه النتائج ؟ .

من أهم المفاتيح التى أوضحت الوضع لمندل من هذه النتائج هو أن الجيل الأول لم تظهر به صفة واحدة من صفتى الأبوين ولكن العامل الوراثى أو المادة الوراثية Hereditary base المسئولة عن الصفة الأخرى الخاصة بالأب الآخر والتى لم تظهر فى هذا الجيل لم تفقد بدليل ظهورها ثانية فى الجيل الثانى . اعتبر مندل أن العلاقة الوحيدة بين النسل وأبويه هى الخلايا التناسلية أو الجاميطات وهذه تحتوى على عوامل Factors تعمل على اظهار الصفات فى النسل ـــ اطلق عليها بعد ذلك اسم الجينات Genes ـــ وطبقا لذلك فكل جاميطه تحتوى على العامل الوراثى الخاص بالصفة تحت الدراسة بحالة مفرده أى تحتوى على الجين الخاص بصفة البذور المستديرة أو المجعدة مثلا بحالة مفردة وعند الاخصاب يحدث اتحاد بين الجاميطة المذكرة الآتية من الأب المذكر والحاملة لهذا الجين أو العامل الوراثى بحالة مفردة مع الجاميطة الآتية من الأب المؤنث والحاملة لهذا العامل الوراثى أيضا بحالة مفردة لكى تعطى الفرد أو الزيجوت الناتج للعاملين الوراثيين أو لحيي الآتين من كلا الأبوين المذكر والمؤنث ويصبح بذلك العامل الوراثى أو الجين ممثل مرتين فى خلايا الفرد الناتج بينما تحتوى الجاميطة على العامل الوراثى بصورة فردية أو ممثل مرة واحدة .

نقطة أخرى غاية فى الأهمية وجدها مندل وهى إن الأفراد الحاملة مثلا لصفه

البذور المجعدة وهذه تكون دائما بحالة متنحية متماثلة عندما أجرى لها تلقيحا ذاتيا تعطى باستمرار بذورا مجعدة ويمكن تعليل ذلك بأن هذه الأفراد تعطى جاميطات مذكرة تحمل عامل التجعيد عند تلقيحها لجاميطة مؤنثة من نفس النبات تلقيحا ذاتيا حامله لعامل التجعيد أيضا تعطى أفرادا ذات بذور مجعده نتيجة لاتحاد عامل التجعيد فى الزيجوت الناتجة وبالمثل لأى صفة أخرى من الصفات التى درسها مندل نجد نفس النتيجة بالنسبة لمجموعات الشكل المظهرية المتنحية الأصيلة .

نرجع ثانيا لتحليل الأفراد الناتجة فى الجيل الأول فعندما اجرى التلقيح بين الأبوين الأب الأول أفراده بذورها مجعدة والأب الآخر أفراده بذورها مستديرة والأفراد ذات البذور المستديره تعطى جاميطات حاملة لعامل صفة البذور المستديرة بحالة مفردة أو حاملة للجين الخاص بشكل البذرة المستديرة بحالة مفردة وكما قلنا فان أفراد الأب المجعد تعطى جاميطان حاملة لعامل الصفة المجعدة بصورة مفردة وعند الاخصاب تتحد الجاميطات وبالتالى الجنينين فنحصل على أفراد حاملة لجينين إحدهما خاص بشكل البذرة المستديرة والآخر بشكل البذرة المجعدة ولكن نظرا لأن الجين الخاص بشكل البذرة المستديرة جين سائد فانه يسود على الجين الخاص بشكل البذرة المجعدة ويمنعه من اظهار تأثيره ولذلك ظهرت أفراد الجيل الأول وكلها حاملة لبذور ومستديرة بالرغم من أنها حاملة فى تركيبها الوراثى للجين الخاص بصفة البذور المجعدة والدليل على ذلك إن صفة البذور المجعدة ظهرت ثانية فى الجيل الثانى بنسبة ١/٤ الأفراد الناتجة عندما أجرى التلقيح الذاتى لنباتات الجيل الأول .

وسبب الظهور فى الجيل الثانى طبقا لتعليل مندل إن جميع الأفراد فى الجيل الأول كانت سائدة خليطة لصفة البذور المستديرة وهى ما أطلق عليها

Heterozygous dominant.

وهذه بالتالى تعطى نوعين متساوين من الجاميطات (نظرا لأنها خليطة فى

تركيبها الوراثى) احدهما تحمل الجين الخاص بشكل البذرة المستديرة والأخرى تحمل الجين الخاص بشكل البذرة المجعدة هذا من ناحية الأب المذكر ونفس الحال أيضا بالنسبة للأب المؤنث يعطى نوعين متساويين من الجاميطات احداهما حاملة للجين الخاص بجين البذرة المستديرة والأخرى حاملة للجين الخاص بشكل البذرة المجعدة وطبقا لنظرية الاحتمالات فهناك احتمال مقداره ١/٤ فى أن تلقيح الجاميطة الحاملة للجين الخاص بشكل البذرة المجعدة الآتية من الأب المذكر الجاميطة الحاملة للجين الخاص بشكل البذرة المجعدة الآتية من الأب المؤنث وتعطى افراداً ذات بذور مجعدة متماثلة أصيلة فى جينى الصفة المجعدة البذور بنسبة ١/٤ أفراد الجيل الثانى .

والثلاث احتمالات الأخرى الباقية هى أن الجاميطة الحاملة للجين الخاص بشكل البذرة المستديرة أما إن تلقح جاميطة حاملة للجين الخاص بشكل البذرة المستديرة أيضا وتعطى أفرادا ذات بذور مستديرة مظهريا وفى نفس الوقت أصيلة فى تركيبها الوراثى وهى ماأطلق عليها اسم Homozygous dominant أما الاحتمالين الآخرين هما تلقيح جاميطة حاملة للجين الخاص بشكل البذرة المستديرة مع أخرى حاملة للجين الخاص بشكل البذرة المجعدة وهذين يعطيان أفرادا ذات شكل مظهرى مستدير البذور فى الجيل الثانى ولكن تركيبها الوراثى خليط وهى ماأطلق عليها اسم Heterozygous dominant سائدة خليطة .

وهذه الأربع احتمالات الناتجة عن اخصاب كل من نوعى الجاميطات المذكرة والمؤنثة لأفراد الجيل الأول بيان وصفها كالآتى :

حبة لقاح تحتوى على عامل البذرة المجعدة تخصب بويضة حاملة للعامل الخاص بالبذرة المجعدة .

وعملية الأخصاب هذه تنتج ـــ أفرادا مجعدة البذور أصيلة فى الجيل الثانى .

حبة لقاح تحتوى على عامل البذرة المجعدة تخصب بويضة حاملة للعامل الخاص بالبذرة المستديرة .

وعملية الاخصاب هذه تنتج أفرادا مستديرة البذور خليطة فى الجيل الثانى .

حبة لقاح تحتوى على عامل البذرة المستديرة تخصب بويضة حاملة للعامل الخاص بالبذرة المجعدة .

وعملية الاخصاب هذه تنتج أفرادا مستديرة البذور خليطة أيضا فى الجيل الثانى .

حبة لقاح تحتوى على عامل البذرة المستديرة تخصب بويضة حاملة للعامل الخاص بالبذرة المستديرة .

وعملية الاخصاب هذه تنتج أفرادا مستديرة البذور أصيلة فى الجيل الثانى .

ومحصلة هذه الاحتمالات الأربعة الممكن الحصول عليها فى أفراد الجيل الثانى مظهريا بالنسبة لمجموعة الافراد المجعدة إلى مجموعة الافراد المستديرة البذرة . هى بنسبة ٣:١ أو تركيبا ١:٢:١ أى مجعدة أصيلة : مستديرة خليطة : مستديرة أصيلة .

هذه النتائج التى حصل عليها مندل وضع لها عدة فروض يجب توافرها للحصول على هذه النتائج وهذه الفروض هى :

١ ــ ينعزل العاملان الوراثيان (الجينان) الخاصان بكل صفة عن بعضهما عند تكوين الجاميطات بحيث تحتوى الجاميطة على عامل واحد فقط من عاملى أى زوج من العوامل .

٢ ــ كل من الجاميطات المذكرة والجاميطات المؤنثة متماثلة فى حيويتها .

٣ ــ أى بويضة لا تخصب إلا بحبة لقاح واحدة .

٤ ــ أى حبة لقاح لها نفس الفرصة فى اخصاب أى بويضة .

٥ ــ الزيجوتات الناتجة متماثلة فى حيويتها .

وأمكن بذلك ... هذه الفروض ومن تجاربه التوصل إلى النقاط الآتية

١ ــ ازواج الصفات ممثلة كل منها بأزواج من العوامل الوراثية فى الخلايا

٢ ــ عدد أزواج العوامل يساوى عدد أزواج الصفات .

٣ ــ يوجد بخلايا الكائن الحى العوامل الوراثية فى أزواج وفردى كل زوج جاء احدهما من الأب المذكر عن طريق الجاميطة المذكرة والآخر جاء من الأب المؤنث عن طريق الجاميطة المؤنثة .

٤ ــ لا تتأثر هذه العوامل من وجودها مع بعضها فى حالة خليطة فعندما يوجد عاملا الصفتان المتضادتان مع بعضهما فى أفراد الجيل الأول F_1 مثلا فان هذين العاملين ينفصلان ثانية عن بعضهما عند تكوين الجاميطات بدون حدوث أى تغيير أو تلوث لهذه العوامل .

ويمكن أن نضع بعض التعريفات الهامة وراثا قبل الدخول فى تفاصيل أكثر عن تجارب مندل .

١ ــ وحدة الوراثة The unit of heredity أى على سبيل المثال الشىء المسئول عن التحكم فى صفة البذور أو اللون أو الطول مثلا يطلق عليه اسم الـ gene الجين .

٢ ــ أعضاء كل زوج من هذه الوحدات أو الجينات يطلق عليها اسم اليلات Alleles

٣ ــ يطلق اللفظ Genotype .

٤ ــ يطلق اللفظ Phenotype على التركيب المظهرى للفرد

استعمال الرموز فى التجارب الوراثية :

لسهولة تفهم التجارب الوراثية جرت العادة على استعمال رموز تمثل العوامل الوراثية ويرمز للعاملين الاليليين بحرف واحد من هجاء أحد حروف كل من

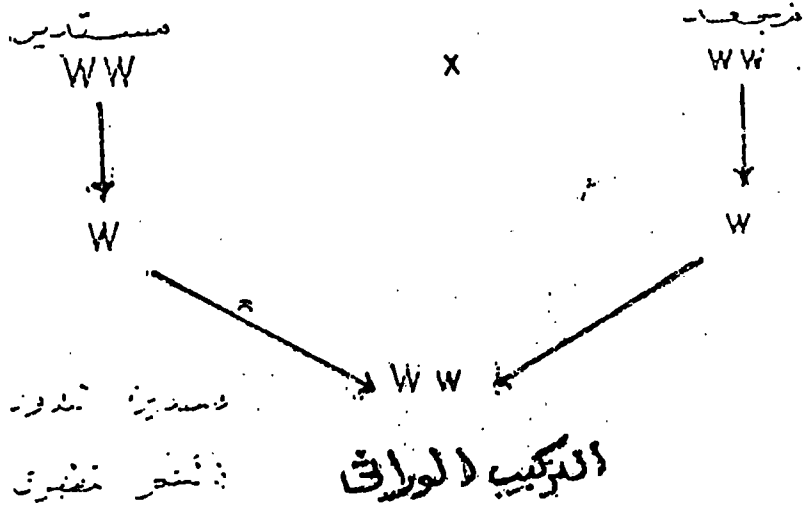
الاسم الانجليزى للصفة المتنحية واستعماله للرمز لزوج العوامل المتضاده ويعطى للصفة المتنحية الحرف الـ Small والصفة السائدة الحرف الـ Capital .

فمثلا بالنسبة للمثال السابق الخاص بشكل البذور الصفة المتنحية هى المجعدة Wrinkled والصفة السائدة هى المستديرة وعلى ذلك يرمز للصفة التجعيد بالرمز w ولصفة الاستدارة بالرمز W فبالرجوع إلى التجارب السابقة أجرى مندل تلقيحا بين نبات ذو بذور مجعدة وآخر ذو بذور مستديرة . المجعد يكون الرمز الخاص بصفة التجعيد فيه ww والأب المستدير البذور WW وذلك كما سبق أن بينا أن الاليلات توجد بحالة زوجية فى الأفراد أى أن التركيب الوراثى للأب المستدير البذور WW والأب المجعد البذور ww وعندما تقوم هذه الاباء بتكوين الجاميطات يعطى الأب مستدير البذور جاميطات كلها تحمل العامل الوراثى W ويوجد بحالة مفردة أما الأب المجعد البذور فيعطى جاميطات من نوع واحد كلها تحمل الجنين w وهذا أيضا يوجد بحالة مفردة فى كل جاميطة وعند اخصاب الجاميطات المذكرة والمؤنثة تتكون الزيجوتات الخاصة بالجيل الأول وجميعها تركيبها الوراثى Ww خليطة ولكن حيث أن جين البذور المستديرة W سائد سيادة تامة على جين البذور المجعدة w فان الجين السائد يمنع الجين المتنحى من اظهار تأثيره فى الأفراد الخليطة (F_1) وبدا تظهر جميع أفراد F_1 بذور مستديرة . وإذا ماتركت أفراد الجيل الأول لكى تتلقح ذاتيا (أى يحصل النبات على حبوب اللقاح من نفسه أى من نفس الأب وذلك فى النباتات ذاتية التلقيح كما فى البسلة) فى هذه الحالة تعطى النورات المذكرة نوعين متساويين من حبوب اللقاح احدهما تحمل الجاميطات فيه العامل الوراثى W والأخرى تحمل الجاميطات العامل الوراثى w كذلك تعطى الجاميطات المؤنثة نوعين متساويين من الجاميطات أحدهما تحمل العامل الوراثى W والأخرى تحمل العامل الوراثى w أى ممكن القول أن كل من الأبوين يعطيان نوعين متساويين مختلفين من الجاميطات أما أن تحمل العامل الوراثى السائد أو تحمل العامل الوراثى المتنحى وإذا فرضنا طبقا لقواعد وشروط مندل أن كل جاميطة مذكرة لها نفس الفرصة فى اخصاب الجاميطة المؤنثة وأن حيوية الجاميطات سواء الحاملة للعامل الوراثى السائد أو العامل الوراثى المتنحى واحدة فانه طبقا لنظرية الاحتمالات من

الممكن أن تخصب بويضة تحمل العامل الوراثى W بأى من حبوب اللقاح سواء تلك التى تحمل العامل W أو العامل الوراثى w فاذا أخصبت البويضة بحبة لقاح تحمل العامل الوراثى W فانها تعط زيجونات تركيبها الوراثى WW وهذه تعطى شكلا مظهريا مستديرة وتكون تركيبها المظهرى وتركيبها الوراثى واحد وهو سائد أصيل أو قد تخصب البويضة الحاملة للعامل الوراثى W بحبة لقاح حاملة للعامل الوراثى w وهذه تعطى زيجوتات تركيبها الوراثى خليط Ww وشكلها المظهرى مستديرة وبما أن تركيبها الوراثى خليط ونتيجة للسيادة التامة للعامل W على العامل w تظهر هذه الأفراد بشكل مظهرى مستديرة البذور فى الجيل الأول والثانى .

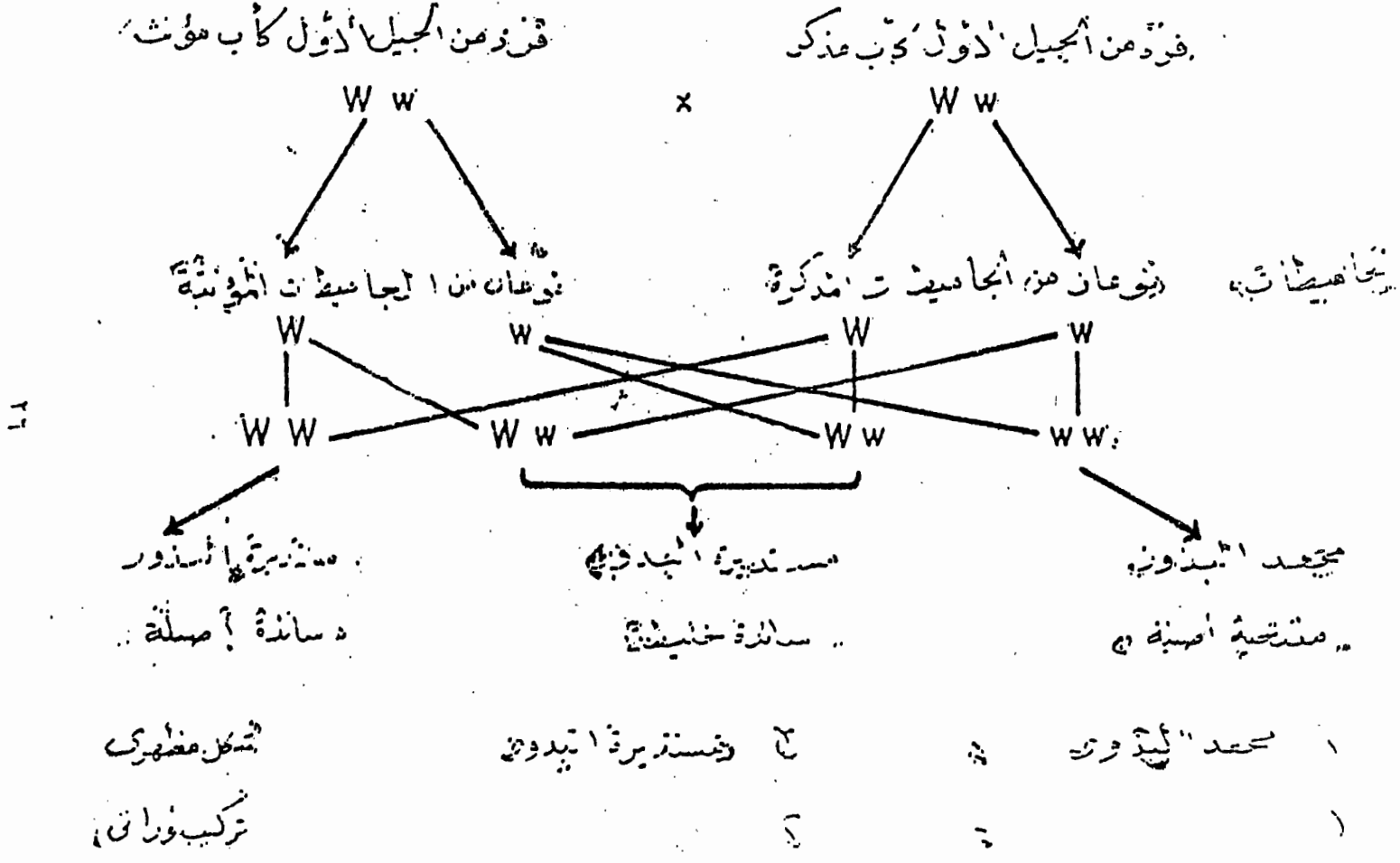
وبنفس الطريقة ممكن أن تخصب البويضات الحاملة للعامل الوراثى w بأى من حبوب اللقاح التى تحمل W أو التى تحمل w ـــ كما سبق القول توجد الاليلات أو العوامل الوراثية بحالة مفردة فى الجاميطات ـــ وعمليات الاخصاب تلك تعطى أيضا أفرادا خليطة فى تركيبها الوراثى ولكن لها شكل مظهرى واحد فى الجيل الثانى وهو نباتات ذات بذور مستديرة وذلك فى الحالة الأولى وأفرادا أخرى لها شكل مظهرى مجعد فى الجيل الثانى من الحالة الثانية .

ومن الممكن تبسيط هذه الخطوات جميعا فى التوضيح التالى :ـــ


جيل الأباء
الجامنيات
الجيل الأول
مستديرين
WW
x
مرجعات
WW
W
W
W W
مستديرة تقدم
شعير متغير
التركيب الوراثي

وحيث أن أفراد الجيل الأول جميعا ذات تركيب وراثى خليط Ww وعند اجراء التلقيح الذاتى لهذه النباتات فاننا نجد أن كل فرد من أفراد الجيل الأول يعطى نوعيت مختلفين من الجاميطات سواء كانت جاميطات مذكرة أو مؤنثة . هذان النوعان من الجاميطات هما نوع من الجاميطات مذكرة أو مؤنثة تركيبهما W والنوع الآخر من الجاميطات المذكرة أو المؤنثة تركيبهما w . وتبعا لنظرية الاحتمالات نجد أن هناك أربعة احتمالات للتراكيب الوراثية الناتجة من اتحاد نوعى الجاميطات المذكرة والمؤنثة لأفراد الجيل الأول فاذا اخصبت بويضة تحمل W بحبة لقاح تحمل W ينتج زيجوتات تركيبها WW وشكلها المظهرى مستديرة أصيلة أما إذا اخصبت بويضة تحمل W بحبة لقاح تحمل w تعطى زيجوتات تركيبها Ww وهذه سائدة خليطة وتعطى بذور مستديرة نتيجة سيادة W على w أو أن تخصب البويضة الحاملة للعامل الوراثى w بحبة لقاح حاملة للعامل الوراثى w وهذه تعطى زيجوتات تركيبها الوراثى ww أى متنحية أصيلة وهذه تعطى بذور مجعدة مثل الأب مجعد البذور الذى استخدم أصلا فى التلقيح .

وطبقا لنظرية الاحتمالات تكون نسبة هذه الأفراد هى ١/٤ النسل الناتج ويمكن تبيان ذلك بالتوضيح التالى :


فرد من الجيل الأول كأب هوث
فرد من الجيل الأول كأب مذكر
W w
W w
×
نوعان من الجاميطات المؤنثة
نوعان من الجاميطات المذكرة
الجاميطات
W
w
W
w
W W
W w
W w
w w
مستديرة السنور
سائدة ؟ صلة
مستديرة البدون
سائدة خليفة
مجعد البدون
متنحية أصلية
١ مجعد البدون
٢ مستديرة البدون
شكل مظهري
تركيب وراثي

أراد مندل بعد ذلك التحقق من صحة هذه النتائج التى حصل عليها والتأكد من أن هذه الانعزالات ترجع فقط إلى اختلافات فى التركيب الوراثى وليست إلى التلوث فى التلقيح Contamination وذلك عن طريق التلقيح الذاتى لكل مجموعة شكل مظهرى من مجموعتى الشكل المظهرى المتحصل عليها فى الجيل الثانى بغرض الحصول على أفراد الجيل الثالث Fa كما سبق ذكره وذلك بأن أخذ البذور المجعدة التى حصل عليها فى الجيل الثانى وزرعها وأجرى لنباتاتها تلقيحا ذاتيا فأعطيت باستمرار نباتات ذات حبوب مجعدة وهذا هو المتوقع حيث أن تركيبها الوراثى ww فتعطى باستمرار حبوب اللقاح جاميطات حاملة للعامل الوراثى w وتعطى أيضا البويضات باستمرار جاميطات حاملة للعامل الوراثى w واتحادهما معا يعطى زيجوتات حاملة فقط للعوامل ww وهذه تعطى أفرادا ذات حبوب مجعدة .

ثم أخذ مندل الحبوب المستديرة المتحصل عليها من الجيل الثانى وزرعها للحصول على أفراد الجيل الثالث فأمكن تقسيم هذه المجموعة إلى مجموعتين بنسبة ١ : ٢ المجموعة الأولى التى بنسبة ١/٣ هذه أعطت باستمرار فقط حبوب مستديرة فى F_2 أى يمكن القول بأن هذا النوع من الحبوب ذو تركيب وراثى أصيل سائد homozygous dominant أى بمعنى آخر أن هذه المجموعة تمثل الأفراد ذات التركيب الوراثى WW .

المجموعة الثانية وهى التى حصل عليها مندل بنسبة ٢ أى ٢/٣ وهذه عند اجراء التلقيح الذاتى لها للحصول على أفراد الجيل الثالث أعطت حبوبا مستديرة وحبوبا مجعدة بنسبة ٣ : ١ أى تشبه تماما جيل الـ F_1 فى التلقيح الأساسى السابق التحدث عنه . وهذا هو فى الواقع المتوقع طبقا للفرض الأساسى السابق ذكره وتوضيحه وهذه تمثل الأفراد ذات التركيب الوراثى Ww وهذه لها شكلا مظهريا هو مستديرة البذور ولكنها خليطة التركيب الوراثى وهى ماأطلقنا عليه من قبل heterozygous dominant .

التلقيح الرجعى Test cross or Backcross

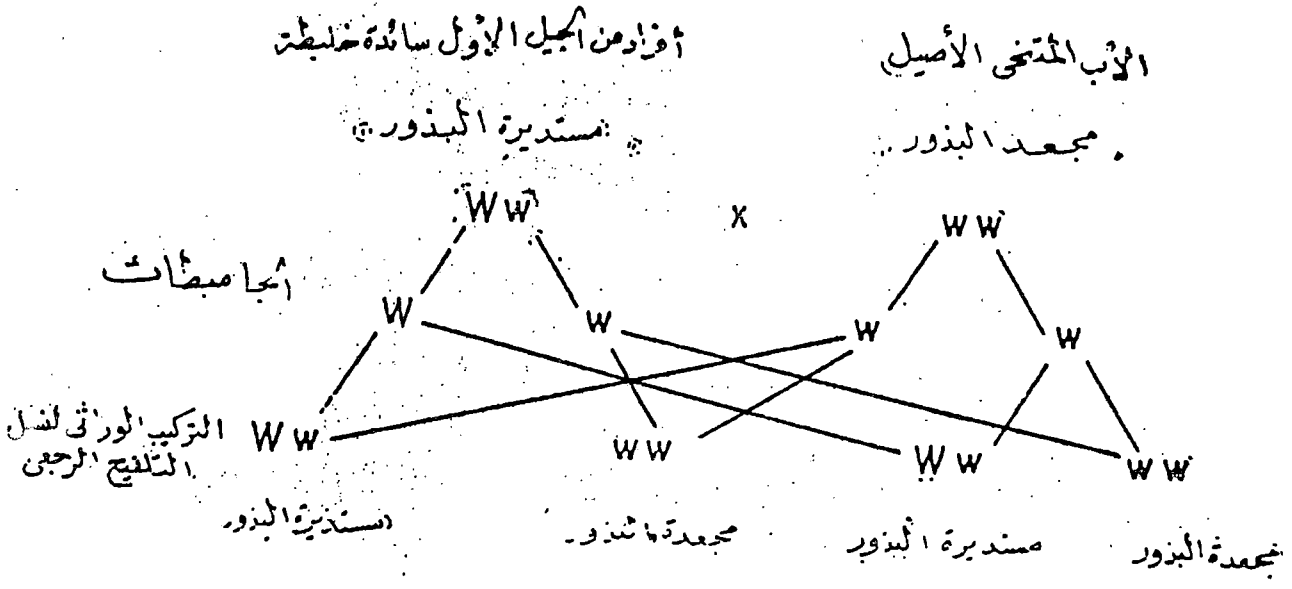
فى الواقع لم يعرف مندل قبل اجراء تجاربه أن أفراد F_1 تنتج نوعين متساويين من الجاميطات بنسبة واحدة وهى ١ : ١ ولكنه استنتج ذلك من النتائج التى حصل عليها فى كل من F_2, F_3 حيث وجد أن النسبة ٣ : ١ مظهريا والنسبة ١ : ٢ : ١ تركيبيا لايمكن الحصول عليها إلا إذا كان الهجين فى F_1 يعطى نوعين متساويين من الجاميطات بنسبة واحدة .

أراد مندل تعضيد نتائجه السابقة واثبات أيضا النتائج التى حصل عليها فى الجيل الثالث لذلك أجرى تلقيحا يسمى بالتلقيح الرجعى أو الـ Backcross أو الـ testcross (ويتم هذا التلقيح بأخذ أفراد الجيل الأول وإجراء تهجين لها مع الأب المتنحى) ويمكن تمثيل هذا التلقيح كالآتى :

فالتركيب الوراثى لأفراد الجيل الأول هو Ww وهذه يجرى لها تلقيح مع الأب المتنحى ذو التركيب ww (ولاحظ مندل أن استخدام أى منهما كذكر والآخر كأنثى أعطى نفس النتائج أى لاتود اختلافات فى التلقيحات العكسية) والشكل التالى يبين ذلك :

أى أن النتيجة هى الحصول على أفراد مستديرة وأفراد مجعدة البذور بنسبة ١ : ١ وهذا مما يعضد رأى مندل القائل بأن أفراد الجيل الأول تعطى نوعين متساويين من الجاميطات أحدهما يحمل العامل السائد W والآخر العامل المتنحى w وبنسبة متساوية ١ : ١ .

ويعتبر التلقيح الرجعى من أحسن الاختبارات التى تستخدم للتمييز بين الأفراد السائدة الأصيلة homozygous dominant والسائدة الخليطة heterozygous dominant والتى تظهر دائما فى حالة السيادة التامة بشكل مظهرى واحد (كما فى المثال السابق كلاهما مستديرة البذور) .


الأب المتنحى الأصيل
مجعدة البذور
أفراد من الجيل الأول سائدة خليطة
مستديرة البذور
X
أجاميطات
التركيب الوراثي لنسل التلقيح الرجعي
مستديرة البذور
مجعدة البذور
مستديرة البذور
مجعدة البذور

ومن المهم الاشارة هنا أنه باجراء التلقيح الرجعى للأفراد ذات التركيب الخليط Ww يظهر فى نسل التلقيح الرجعى النسبة ١ : ١ متنحى أصيل : سائد خليط بينما إذا أجرى التلقيح الرجعى للأفراد ذات التركيب الوراثى WW مع الأب المتنحى ww يعطى النسل أفرادا تشبه الـ F_1 أى تعطى أفراداً سائدة خليطة Ww فقط أى توجد مجموعة شكل مظهرى واحد ولا يحدث لمثل هذا التهجين الأخير أى انعزالات فى النسل الناتج منه .

ملخص نتائج مندل :

١ ــ توجد أزواج من الصفات الاليلومورفيه Alleles أو Allelomorphs وتوجد أزواج من العوامل الوراثية أو الجينات تمثل هذه الصفات فى خلايا الكائن .

٢ ــ العوامل الوراثية ثابتة فى صفاتها أى لا تتأثر من وجودها فى حالة خليطة وتحتفظ بصفاتها من جيل إلى جيل .

٣ ــ الجاميطة تحتوى دائما على العامل الوراثى بحالة مفردة وعند اتحاد الجاميطات المذكرة والمؤنثة معا لتكوين الزيجوت ترجع الحالة الثنائية للعوامل الوراثية إلى حالتها ثانية .

٤ ــ جميع السبع صفات التى درسها مندل تتبع فى دراستها قانونه الأول المسمى بقانون الانعزال Low of Segregation ونصه كالآتى :

(عاملا أى زوج من العوامل الأليلومورفيه تنفصل أو تنعزل عن بعضها عند تكوين الجاميطات بدون أى تغير) .

مثال على القانون الأول لمندل فى حشرة الدروسوفلا :

حشرة الدروسوفلا من الكائنات التى كان لها فضل كبير فى تقدم علم الوراثة ويطلق عليها لذلك اسم الحشرة الوراثية والنوع الشائع الاستعمال منها هو Drosophila melanogaster وسوف تقومون بإجراء تجارب كثيرة على هذه الحشرة فى العملى وتدرس بالتفصيل .

ومن الصفات الشائعة فى هذه الحشرة هى صفة الجناح المختزل Vestigial wing وهذه الصفة صفة متنحية أمام صفة الجناح العادى وعلى ذلك يعطى لها الرمز vg وصفة الجناح العادى الرمز Vg إذا أجرى تلقيح بين أنثى عادية وذكر مختزل الجناح ظهرت أفراد الجيل الأول كلها عادية الجناح نتيجة سيادة صفة الجناح العادى على الجناح المختزل .

وعندما أخذ ذكر وأنثى من الجيل الأول وأجرى تلقيح بينهما وظهرت حشرات الجيل الثانى وجد أن بها حشرات عادية الجناح وحشرات مختزلة بنسبة ٣ : ١ . ويمكن تمثيل ذلك وراثيا كالآتى :

ذكر مختزل الجناح

vg vg

vg vg

x

عادية الجناح F_1

Vgvg

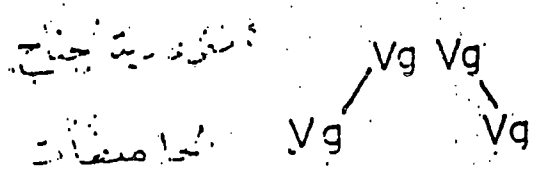
Vgvg

F_2

Vgvg Vgvg vgvg

3 1

عادي الجناح مختزل الجناح



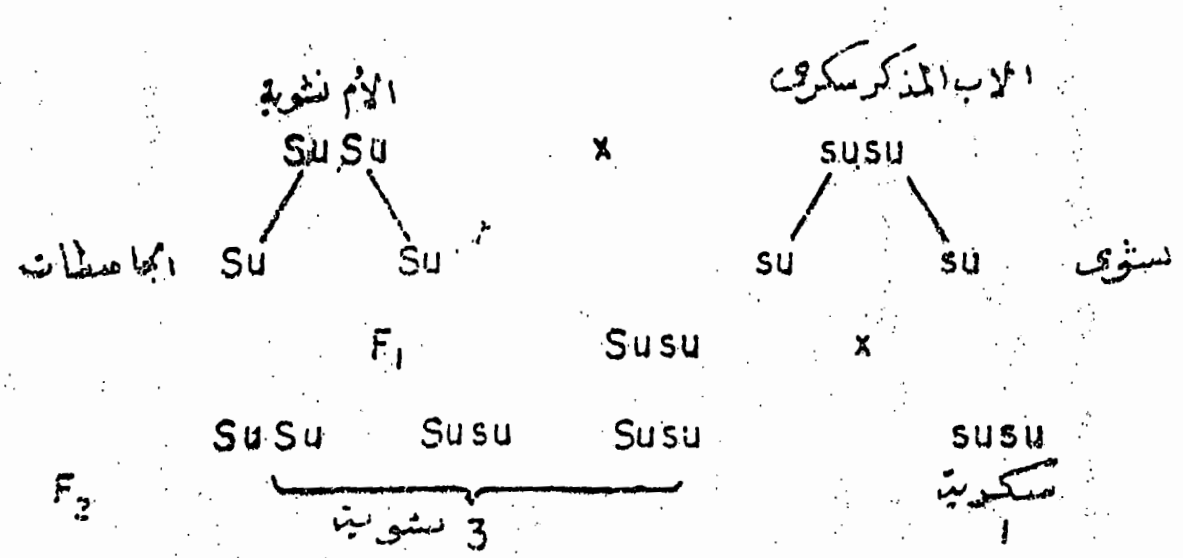
الجاميطات

Vgvg

Vgvg

عادي الجناح

وفى نبات الذرة صفة الذرة السكرية متنحية أمام صفة الذرة النشوية أو العادية وإذا أجرى تلقيح بين نبات ذو بذور سكرية كأب ونبات ذو بذور نشوية أو عادية كأم أو التلقيح العكسى ظهرت بذور النباتات الناتجة عن الجيل الأول كلها نشوية وفى الجيل الثانى حدث انعزال وظهرت بنسبة ٣:١ نشوى : سكرى . ويمكن تمثيل ذلك كالآتى : (sugary رمز للسكرية ويعطى لها الرمز su والنشوى الرمز Su) .


الأم نشوية
SuSu
x
susu
الأب المذكر سكري
الجاميطات
Su
Su
su
su
نشوي
F1
Susu
x
SuSu
Susu
Susu
susu
F2
3 نشوية
سكرية
1