# الباب الثانى عشر

## وراثة الصفات الكمية

## Quantitative Inheritance

لاحظنا مما سبق دراسته أن الأساس الذى بنيت عليه قواعد قوانين مندل هو تلك الإختلافات المشاهدة بين الأشكال المظهرية الموجودة فى الكائن تحت الدراسة ، وعلى سبيل التذكرة مثل تلك التى وجدت ما بين النباتات الطويلة والنباتات القصيرة فى بازلاء الأكل والبذور الخضراء والصفراء الخ من الصفات اعتبرت تلك الإختلافات الوصفية qualitative المشاهدة مثل إختلافات اللون أو الحجم أو الطول الخ فى مثل هذه تجارب على أنها الوظيفة الرئيسية لنشاط الجين .

ومن جهة أخرى فلقد لوحظت اختلافات أخرى كمية quantitative صغيرة وخاصة ما بين صفات تختص بحجم الكائن نفسه . فعلى سبيل المثال فى تجربة مندل الخاصة بطول نبات البازلاء لاحظ مندل أن النباتات القصيرة ليست جميعها متشابهة فى قصر الساق وكذلك أيضا ليست جميع النباتات الطويلة الساق متشابهة فى درجة الطول ولكن توجد درجات لهذه الصفة من النبات القصير إلى النبات الطويل

وجدنا أيضا أن أى من الصفات الأخرى التى درسها مندل وراثيا فى بازلاء الأكل على أنها تعتبر صفات غير مستمرة أو متقطعة discontinuous أى أنها صفات وصفية qualitative من الممكن تقسيمها إلى صفتين اليلومورفيتين فمثلا البذور ناعمة أو منكمشة ـــ صفراء أو حضراء ... الخ . لكن وجد أن الصفات الكمية quantitative لا تتبع فى سلوكها مثل سلوك الصفات الوصفية هذه حيث وجد Kolreuter منذ قرن مضى قبل تجارب مندل من دراسته على طول

نبات الدخان أنه بالتهجين بين سلالتين نقيتين الأولى طويلة الساق والثانية قصيرة الساق أن هذا التهجين ينتج هجينا جميع أفراده متوسطة الطول بين الأبوين وبالتلقيح الذاتى لهذا الهجين ينتج الجيل الثانى والذى تتراوح أطوال نباتاته بين النبات الطويل إلى القصير ولكن غالبية النباتات فى هذا الجيل الثانى متوسطة الطول . فعلى العكس من ذلك نجد أن مندل لاحظ فى دراسته للصفات السبعة أن أفراد الجيل الأول تظهر سيادة تامة حيث أن جميع أفراده طويلة ( صفة متقطعة ) وكذلك أفراد الجيل الثانى تقع فى مجموعتى شكل مظهرى منفصلتان . وهما $\frac{٣}{٤}$ طويلة : $\frac{١}{٤}$ قصيرة .

فى بادىء الأمر نجد أن الاختلافات الكمية كان من الصعب تحليلها وراثيا ذلك لأن مدى الشكل المظهرى يمتاز باستمرارية بدون وجود حدود فاصلة بين أقسام الشكل المظهرى المختلفة .

درس أيضا كل من جالتون Galton عام ١٨٦٩ وبيرسون Karl Pearson عام ١٩٠٤ بعضا من الصفات التى تظهر تباينا مستمرا . حيث أوضحا مثلا أن طول قامة الانسان يتحكم فى توارثها من الآباء إلى النسل عوامل وراثية . حيث اقترح جالتون لتفسير توارث هذه الصفات المستمرة أنها تتبع فى سلوكها نظرية المزج الوراثى blending inheritance .

وتبعا لهذا التفسير نجد أن الطفل يصله ربع المادة الوراثية من كل من أبويه على حدة و $\frac{١}{١٦}$ من كمية المادة الوراثية من كل من أجداده الأربعة السابقين وهكذا بالرجوع إلى الأجداد سوف نجدهم أيضا يشتركون فى نقل مادتهم الوراثية إلى هذا الطفل . وقد أطلق جالتون على هذه الطريقة قانون توارث السلف Law of Ancestral Inheritance والذى نوضحه فى الشكل التالى :

Hypothetical ancestor — الجد الأعلى

الجيل الأول — الجد الأعلى يورث نصف مادته الوراثية إلى أفراد هذا الجيل الأول .

الجيل الثانى — الجد الأعلى يورث ربع مادته الوراثية إلى أفراد هذا الجيل الثانى .

الجيل الثالث — الجد الأعلى يورث $\frac{١}{٨}$ من مادته الوراثية إلى أفراد هذا الجيل

الجيل الرابع — الجد الأعلى يورث $\frac{١}{١٦}$ من مادته الوراثية إلى أفراد هذا الجيل

وبالتالى فلقد ظهر فى بادىء الأمر أن وراثة الصفات الكمية تسلك سلوكا متعارضا مع تلك المبادىء الخاصة بالوراثة المندلية . ففى الحقيقة نجد أن معظم الصفات الكمية تتبع فى توزيعها شكل المنحنى الطبيعى حيث يتراوح مقياس الصفة الكمية من القيم الأقل إلى القيم الأعلى بدون حدود فاصلة ما بين الأقسام التى يشملها هذا المدى الواسع من الاختلافات . أيضا من المهم القول هنا أن جزءاً من هذه الاختلافات الموجودة فى الصفة الكمية ترجع إلى تأثير الاختلافات البيئية ما بين الأفراد التى قد تكون متماثلة التركيب الوراثى .

وبناء على هذا فلقد اعتقد كل من باتسون Bateson ودى فريز Devries على أن الصفات الكمية ( المستمرة ) لا يتحكم فيها عوامل وراثية أى لا تتوارث بالتالى . بينما اعتقد فى أن الاختلافات للصفة الغير مستمرة ( الوصفية ) هى التى تنتج عن تأثير الجينات . وعلى هذا نجد أن اعتقاد باتسون ودى فريز متعارضا لما يعتقده كثير من الوراثيين والإحصائيين فى ذلك الوقت .

انقسم إذن رأى العلماء خاصة بعد اكتشاف نتائج تجارب مندل إلى رأيين أساسيين :

**أولهما** : Mendelians وهؤلاء هم العلماء الوراثيون الذين يعتقدون فى أن أغلب الاختلافات الوراثية المهمة لعملية التطور لأى صفة ما هى إلا اختلافات وصفية qualitalive وغير مستمرة .

**ثانيهما** : Biometricians وهؤلاء هم العلماء الذين يعتقدون فى أن الإختلافات الكمية أيضا تورث وأن العوامل الوراثية ما هى إلا وحدات منفصلة . ولقد كان من الصعب فى ذلك الوقت التحقق من صحة أى من هذين الاعتقادين . واستمر عدم وضوح الرؤية بالنسبة لتفسير طرق توارث الصفات الكمية وانطباق قوانين مندل عليها حتى عام ١٩٠٩ . ففى هذا العام قدم جوهانس Johannsen تحديداً قاطعاً بين التركيب الوراثى genotype والشكل المظهرى Phenotype . كذلك حصل نلسون ايلى Nelson-Ehle على أدلة قاطعة

تؤدى إلى ظهور نظرية الجينات المتعددة multiple-genes لتفسير توارث الصفات الكمية .

وسوف نتناول بشيء من التفصيل فيما يلى بعض التجارب الهامة التى وضعت حجر الزاوية لتفسير سلوك توارث الصفات الكمية :

## تجارب جوهانسن ونظرية السلالة النقية

### Johannsen's Pure Lines

تعتبر تجربة جوهانسن على الفاصوليا broad bean (Phaseolus) من أوائل الخطوات لحل التعارض ما بين اعتقاد المندليين والإحصائيين حيث شملت تلك التجربة تحليلا لصفة كمية فى الفاصوليا . وتتلخص هذه التجربة فى أن جوهانسن قام بوزن حبوب عينة من الفاصوليا التجارية ووجد أن هذه الحبوب تتراوح ما بين حبوب خفيفة الوزن ( ١٥ سنتيجرام ) وما بين حبوب ثقيلة الوزن ( ٩٠ سنتيجرام ) . ولقد لوحظ فى مبدأ التجربة أنه لا توجد اختلافات وراثية ما بين الحبوب الخفيفة وتلك الثقيلة الوزن حيث أن الحبوب الخفيفة انتجت نسلا افراده لها مدى واسع من الوزن بعضها ثقيل الحبوب يقترب وزنها من وزن الحبوب الثقيلة الوزن أصلا فى العينة التجارية والعكس أيضاً صحيح .

وبتصميم تجربة تربية متكاملة استطاع جوهانسن أن يوضح أن هناك فعلا اختلافات وراثية لصفة وزن الحبوب فى الفاصوليا ما بين حبوب العينة التجارية . وحيث أن نبات الفاصوليا ما هو إلا نبات ذاتى التلقيح بطبعه وتبعاً لذلك فإنه من السهل الحصول على سلالات نقية من هذا النبات ، وذلك عن طريق استمرار التلقيح الذاتى لعدة أجيال متعاقبة من النباتات الناتجة أصلا عن بذرة واحدة ذلك لأن جوهانسن كان يعلم بما أشار إليه مندل قبله بعدة سنوات قليلة من أن التلقيح الذاتى المستمر يؤدى إلى زيادة التماثل الوراثى بالنسبة لجميع الجينات ، وبالتالى من الممكن الوصول بعد عدة أجيال متتالية إلى درجة كبيرة من التماثل الوراثى . وبذلك فلقد أمكن لجوهانسن من أن يحصل على تسعة عشر سلالة نقية وكل هذه السلالات التسعة عشر نتجت أصلا عن طريق بذرة مفردة . أو بمعنى آخر أن

كل سلالة نقية من هذه السلالات التسعة عشر نتجت أصلا عن طريق التلقيح الذاتى المستمر لنسل بذرة واحدة من بذور العينة التجارية .

وفيما يلى متوسطات وزن حبوب النسل من نبات الفاصوليا الناتجة من التسعة عشر سلالة نقية .

| رقم السلالة | وزن السلالات النقية الأبوية من الفاصوليا ( سنتيجرام ) ٢٠×٢٠ ٣٠×٣٠ ٤٠×٤٠ ٥٠×٥٠ ٦٠×٦٠ ٧٠×٧٠ | | | | | | متوسط وزن النسل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | وزن النســـل | | | | | | |
| ١ | | | | ٦٣,١ | ٦٤,٩ | ٦٤,٢ | |
| ٢ | | | ٥٧,٢ | ٥٤,٩ | ٥٥,٥ | ٥٥,٨ | |
| ٣ | | | | ٥٦,٤ | ٥٤,٤ | ٥٥,٤ | |
| ٤ | | | | ٥٤,٢ | ٥٦,١ | ٥٤,٨ | |
| ٥ | | | ٥٢,٨ | ٤٩,٢ | ٥٠,٢ | ٥١,٢ | |
| ٦ | | ٥٣,٥ | ٥٠,٨ | | ٤٢,٥ | ٥٠,٦ | |
| ٧ | ٤٥,٩ | | ٤٩,٥ | | ٤٨,٢ | ٤٩,٢ | |
| ٨ | | ٤٩,٠ | ٤٩,١ | ٤٧,٥ | | ٤٨,٩ | |
| ٩ | | ٤٨,٥ | | ٤٧,٩ | | ٤٨,٢ | |
| ١٠ | | ٤٢,١ | ٤٦,٧ | ٤٦,٩ | | ٤٦,٥ | |
| ١١ | | ٤٥,٢ | ٤٥,٤ | ٤٦,٢ | | ٤٥,٤ | |
| ١٢ | ٤٩,٦ | | ٤٥,٩ | ٤٤,٠ | ٤٥,٥ | | |
| ١٣ | | ٤٧,٥ | ٤٥,٠ | ٤٥,١ | ٤٥,٨ | ٤٥,٤ | |
| ١٤ | | ٥٤,٤ | ٤٦,٩ | | ٤٢,٩ | ٤٥,٣ | |
| ١٥ | ٤٦,٩ | | | ٤٤,٦ | ٤٥,٠ | ٤٥,٠ | |
| ١٦ | | ٤٥,٩ | ٤٤,١ | ٤١,٠ | | ٤٤,٦ | |
| ١٧ | ٤٤,٠ | | ٤٢,٤ | | | ٤٢,٨ | |
| ١٨ | ٤١,٠ | ٤٠,٧ | ٤٠,٨ | | | ٤٠,٨ | |
| ١٩ | | ٣٥,٨ | ٣٤,٨ | | | ٣٥,١ | |
| | متوسط جمع السلالات = ٤٧,٩ | | | | | | |

وبدراسة هذه النتائج نجد أن كل سلالة نقية من السلالات التسعة عشر تمتاز بأن لها متوسط وزن حبوب خاص بها . حيث يتضح لنا من الجدول السابق أن السلالة رقم ١ هى السلالة التى تمتاز بأنها ذات الحبوب الثقيلة الوزن بالمقارنة ببقية السلالات الأخرى حيث يبلغ متوسط وزن حبوبها ٦٤ سنتيجرام . بينما نجد أن السلالة رقم ١٩ فهى السلالة التى تمتاز بأنها ذات الحبوب الأخف وزنا بالمقارنة ببقية السلالات الأخرى ويبلغ متوسط وزن حبوبها ٣٥ سنتيجرام . هذه النتائج الخاصة بكل سلالة نقية كانت بالطبع مختلفة عن النتائج التى تحصل عليها جوهانسن من خليط الحبوب التجارية فى بدء التجربة .

ومن هذه النتائج أيضا نستطيع القول بأن هناك اختلافات وراثية ما بين التسعة عشر سلالة من الفاصوليا نتيجة التربية الداخلية بها . هذه الاختلافات الوراثية ما بين السلالات وبعضها أيضا من الممكن الاستدلال عليها من جهة أخرى وذلك عن طريق مقارنة انسال تلك السلالات بعضها البعض والناتجة عن آباء لها نفس أوزان الحبوب . فمثلا الأب المستخدم من السلالة رقم ٢ والذى له متوسط وزن حبوب = ٤٠ سنتيجرام ينتج نسلا له متوسط حبوب = ٥٧,٢ سنتيجرام . بينما الأب من السلالة ١٩ والذى له نفس متوسط وزن الحبوب = ٤٠ سنتيجرام ينتج نسلا له متوسط وزن الحبوب = ٣٤,٨ سنتيجرام . وبناء على ذلك فلقد أوضح جوهانسن بأن ال تماثل الوراثى داخل كل سلالة نقية يتلازم مع تماثل متوسط وزن الحبوب فى النسل . وليس معنى ذلك أن تكون الأشكال المظهرية للنباتات المفردة داخل كل سلالة متماثلة تماما . حيث نجد أن هناك بعض التباين أو الاختلافات داخل أفراد السلالة الواحدة . ويرجع هذا التباين داخل كل سلالة إلى عوامل البيئة ، هناك أيضاً نقطة مهمة جداً أوضحتها تجربة جوهانسن وهو أنه باستمرار الانتخاب لعدة أجيال متتالية داخل كل سلالة نقية فإن عملية الانتخاب هذه لم تؤدى فى النهاية إلى تغيير متوسط وزن الحبوب فى نسل هذه السلالة ، أى أن عملية الانتخاب داخل السلالة النقية بعد الوصول إلى التماثل الوراثى لم تؤدى إلى إحداث تغيرات وراثية داخل نفس السلالة . وعلى هذا فإننا نستطيع القول بناء على تجربة جوهانسن على الفاصوليا بأن الصفة الكمية فى

العشيرة المكونة من مجموعة من الأفراد فهذه العشيرة تحتوى على مجاميع وراثية مختلفة وبداخل كل مجموعة وراثية واحدة يوجد مدى للاختلافات الكمية لهذه الصفة نتيجة لتأثير عوامل البيئة عليها وبالتالى فإن تأثير كل من العوامل الوراثية والعوامل البيئية يؤدى إلى تداخل حدود هذه المجاميع بعضها مع البعض عندئذ نجد أنه من الصعب علينا فصل هذه المجاميع أو تقسيمها أو تمييزها عن بعضها وبالتالى تمتاز بأنها تتبع المنحنى الطبيعى فى سلوكها .

والآن نجد أن تجربة جوهانسن ساعدت على إيضاح أن الإختلافات المستمرة المشاهدة فى الصفة الكمية ما هى إلا نواتج لتأثير كل من البيئة والتركيب الوراثى . وبناء عليه فلقد أوضح الفرق ما بين الاصطلاحين التركيب الوراثى genotype والشكل المظهرى phenotype .

. وعلى الرغم من أهمية تجربة جوهانسن إلا أننا نجد أن السلالات التى أمكنه الحصول عليها لا نستطيع أن نجد خيطا يربطها بجينات معينة ذلك أنه لم يمكنه من عزل جينات محددة أو معرفة عددها كما وجد فى تجارب مندل بالنسبة للصفات الوصفية . وعلى هذا فإن الأساس الوراثى للاختلافات الكمية بقى بدون تفسير .

**نظرية العوامل الوراثية المتعددة Multiple factors hypothesis :**

اقترح يال Yule عام ١٩٠٦ اقتراحا يختص باعتبار أن الاختلافات الكمية تنتج عن طريق وجود عدة عوامل وراثية تتحكم فى توارث الصفة الكمية ولكل عامل من هذه العوامل تأثير صغير على الصفة تحت الدراسة . وكذلك فإن تأثير هذه العوامل ما هو إلا تأثير مجمع Cummulative . ولقد تعضد هذا الاقتراح مباشرة بواسطة تجارب Nilson-Ehle والتى دلت على انعزال واستقلال عوامل وراثية معينة ذات تأثير كمى لصفات معينة فى نبات القمح والزمير والشوفان. كذلك دلت تجارب ايست East عام ١٩١٠ فى توضيح الأساس الوراثى فى توارث الصفات الكمية والذى يعتمدأساساً على ربط وتفسير سلوك توارث الصفة الكمية تبعاً لقوانين مندل مثلها فى ذلك مثلما أدت إليه تجارب نلسون ايلى .

١ــ تجارب نلسون ايلى على وراثة صفة لون حبوب القمح :

قام نلسون ايلى بتهجين سلالة من القمح تمتاز بأن حبوبها بيضاء اللون بسلالة أخرى تمتاز بأن حبوبها حمراء اللون ، وبفحص حبوب القمح الناتجة فى نباتات الجيل الأول وجد أن هذه الحبوب وسط فى لونها بين أبويها ( حمراء الحبوب ) . وبإجراء التلقيح الذاتى لنباتات الجيل الأول كانت أفراد الجيل الثانى موزعة على المجاميع التالية بالنسب قرين كل منها كما يلى :

| النسبة | الشـــكل |
|---|---|
| ١ | أحمر غامق جدا |
| ٦ | أحمر غامق |
| ١٥ | أحمر |
| ٢٠ | أحمر متوسط |
| ١٥ | أحمر فاتـح |
| ٦ | أحمر فاتح جدا |
| ١ | أبيـض |
| ٦٤ | المجمـــوع |

هذه النسب تماثل مثيلتها المتحصل عليها من تجارب مندل ذلك بالنسبة للجيل الثانى للهجين الثلاثى والذى يتحكم فى توارثه ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية المستقلة عن بعضها فى انعزالها والتى تمتاز أيضا بأن تأثير هذه العوامل ما هو إلا تأثير مجمع .

وتبعا لذلك فلقد افترض نلسون ايلى وجود ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية . فلو فرض أن هذه العوامل هى Aa, Bb, Cc فإن العوامل أو الجينات ABC هى جينات سائدة للون الأحمر على الجينات الخاصة باللون الأبيض المتنحة abc . وكل زوج من هذه الأزواج الثلاثة ينعزل تبعا لقوانين مندل عند تكوين الجاميطات

وعليه فإن النسل الناتج من التلقيح الذاتى لأى نبات خليط فى أى زوج من هذه الأزواج الثلاثة على حده سوف يعطينا النسبه ٣ . ١ للأحمر الأبيض فى الجيل الثانى . وهذا هو نفسه ما تحصل عليه نلسون ايلى من تجربة معينة أخرى على القمح تؤيد هذا الانعزال وظهور النسبة ٣ : ١ فى الجيل الثانى .

فى تجربة ثالثة لنلسون ايلى على القمح أيضا أمكنه من دراسة انعزال زوجين خليطين من الجينات الخاصة بوراثة لون حبوب القمح . فلقد لوحظ أن نتائج الجيل الثانى تماثل أيضا نتائج الجيل الثانى بالنسبة للانعزال المندلى للهجين الثنائى . حيث تحصل نلسون ايلى من هذه التجربة على النتائج التالية :

| | |
|---|---|
| A __ B __ | |
| A __ bb | ١٥ أحمر |
| aa B __ | |
| aa bb | ١ أبيض |

من هذه التجارب جميعا نلاحظ أن تأثير الجين A مماثل تماما لتأثير الجين B وهذا بالتالى مماثل تماما للجين C وعليه فان الثلاثة جينات المختلفة كل منها يؤثر على الصفة الواحدة إلا وهى صفة لون حبوب القمح تأثيرا مماثلا وأن هذا التأثير أيضا تأثير مجمع . وحيث أن تأثير كل من هذه الجينات الثلاثة المختلفة هو تأثير مماثل وعلى صفة واحدة ولذلك فانه من المستحسن وراثيا أن يرمز لكل منها برمز واحد وهو الرمز R لجين اللون الأحمر ولكن يوضع أسفل هذا الحرف الرقم ١ إما ٢ إما ٣ للدلالة على الزوج الأول أو الثانى أو الثالث ... الخ من أزواج الجينات المتحكمة فى الصفة .

ويمكننا الآن تفسير كلمة تأثير مجمع فيما يلى :

وجدنا من تجارب نلسون ايلى أن هناك مجموعة من التراكيب الوراثية المحتمل الحصول عليها من هذه الأزواج الثلاثة خاصة بالشكل المظهرى للون الأحمر . بعض التراكيب الوراثية يشمل عدد أكثر من الجينات الخاصة باللون الأحمر عن

البعض الآخر . فاذا ما تخيلنا أن تأثير كل جين من هذه الجينات الخاصة باللون الأحمر عند وجوده فى التركيب الوراثى يضيف تركيزا أكثر للون الأحمر . فعليه نجد أنه نتيجة لذلك أن نتوقع وجود مدى واسع من التلوين فى الأشكال المظهرية الناتجة لدينا . كذلك نجد أن توزيع هذه الأشكال المظهرية المتطرفة ( مثل اللون الأحمر الداكن جدا ـــ اللون الأبيض ) نادرة الحدوث . بينما تلك الاشكال المظهرية المتوسطة أو القريبة من متوسط الصفة فانها تظهر باعداد كبيرة . وكلما زاد عدد الجينات الخاصة باللون كلما زاد تركيز اللون الأحمر وهذا فعلا ما تحصل عليه فى تجارب نلسون ايلى .

نجد أيضا أن نوع توزيع الأشكال المظهرية الناتجة عن انعزال هذه الثلاثة أزواج من الجينات ـــ الخاصة بتجربة نلسون ايلى ـــ الخليطه المستقلة عن بعضها والتى لكل منها تأثير معين متساوى على الصفة فان ذلك يجعل أن يكون شكل هذا التوزيع يقترب من شكل المنحنى الطبيعى خاصة إذا ما أضيف تأثير العوامل البيئية على الشكل المظهرى الناتج . ويرجع أيضا سبب طبيعية هذا التوزيع إلى الانحصاب الاعتباطي واستقلال الجينات عن بعضها البعض فى سلوكها . وحيث أننا وجدنا أن هناك عدة جينات مختلفة لكل منها نفس التأثير على الشكل المظهرى لصفة كمية واحدة فلقد سميت مثل هذه الجينات باسم multiple factors .

ومن ناحية اخرى فاننا لا نستطيع تحديد شخصية كل جين من هذه الجينات المتعددة وذلك لأن تأثير كل منها على الصفة هو تأثير صغير للغاية لا نستطيع ادراكه . أيضا قد يرجع التأثير الكمى للصفة تحت الدراسة لتأثير جانبى لجينات أخرى خاصة بصفات أخرى . ولهذه الأسباب فلقد اتفق على أن تأثير هذه الجينات المتعددة ليس مماثلا لما وجد سابقا عن تأثير جينات الصفات الوصفية وعليه فلقد اتفق أخيرا على احلال الاصطلاح polygenes المقترح بواسطة ماثر Mather بدلا من الاصطلاح multiple fectors .

نستخلص مما سبق أن هناك عاملان مهمان جدا يؤثران على إنتاج

الاختلافات المستمرة للصفة الكمية هذان العاملان هما العدد الكبير من أزواج الجينات المختلفة المتحكمة فى توارث الصفة الكمية وثانيهما هو تأثيرات عوامل البيئة على الشكل المظهرى للصفة الكمية نفسها . وقد يتساءل القارىء : كيف إذاً نفرق ما بين تلك الاختلافات الناتجة عن التراكيب الوراثية وما بين تلك الاختلافات الناتجة عن تأثير عوامل البيئة والتى تؤثر بالتالى على الشكل المظهرى للصفة الكمية ؟ والطريقة الوحيدة للتفرقة بين تأثير هذين العاملين هى بالتالى عن طريق تجارب تربية معينة مشابهة لتجربة جوهانسن السابق شرحها .

بالرغم من استطاعتنا تحديد الاختلافات فى الأشكال المظهرية التى تسببها التراكيب الوراثية وفصلها عن تلك الاختلافات الناتجة عن تأثير عوامل البيئة على الشكل المظهرى للصفة الكمية إلا أننا نجد أنه من الصعب تحديد أو تبيين عدد أزواج الجينات المتحكمة فى نوارت الصفة الكمية تحديداً دقيقاً . ولقد كانت تجارب ايست East (١٩١٠) لدراسة صفة طول عنق الزهرة فى نبات الدخان من أوائل تلك التجارب الملائمة لتقدير عدد أزواج الجينات المتحكمة فى توارث صفة كمية معينة . وسنتناول فيما يلى تفصيلات تجربة ايست .

**تجربة ايست East على وراثة طول عنق الزهرة فى الدخان :**

تعتبر أيضاً تجربة ايست على دراسة توارث صفة طول عنق الزهرة فى نبات الدخان هامة جداً من جهة أخرى حيث أنها عضدت أيضاً نظرية multiple factors hypothesis حيث أن هذه التجربة شملت دراسة لصفة كمية لا تظهر نسبا مندلية عادية فى أجيالها الانعزالية وكذلك فإن هذه الصفة تتأثر تأثراً بالغاً بالظروف البيئية .

تمكن ايست من التهجين بين سلالتين من الدخان كل منهما متماثلة التركيب الوراثى مختلفتين عن بعضهما فى صفة طول عنق الزهرة احداهما ذات متوسط ٤١ مم والأخرى ذات متوسط ٩٣ مم . وعلى الرغم من أن تلك السلالتين متماثلتين فى التركيب الوراثى إلا أن كل منهما تظهر داخليا اختلافات قليلة بين أفرادها فى طول عنق الزهرة . وهذه الاختلافات الداخلية ترجع بالطبع إلى تأثير العوامل البيئية .

لكن من جهة أخرى الاختلافات ما بين متوسطى هاتين السلالتين يرجع بالطبع إلى تأثير كل من العوامل الوراثية والبيئية معاً . بحصول ايست على الهجين الناتج من هذا التلقيح وجد أن أفراد هذا التهجين ذات متوسط لطول عنق الزهرة يقع ما بين متوسطى الأبوين كما هو متوقع على أساس أن الجينات المتحكمة فى هذه الصفة لها تأثير مضيف additive كذلك وجد أن أفراد الجيل الأول تظهر فيما بينها اختلافات قليلة وهذه بالتالى ترجع إلى تأثير عوامل البيئة فقط ذلك لأن جميع أفراد هذا الجيل الأول تحمل تركيبا وراثيا واحداً ( خليطة التركيب الوراثى ) . إذاً فلابد وأن تكون هذه الاختلافات المشاهدة بين أفراد الجيل الأول مشابهة لتلك التى وجدت فى الأبوين ألا وهى اختلافات البيئة .

عند قيام ايست باجراء التلقيح الذاتى لأفراد الجيل الأول لإنتا ج الجيل الثانى من هذا النبات فلقد لاحظ أن توزيع أفراد هذا الجيل الثانى يشمل مدى أوسع من الاختلافات التى وجدت فى أفراد الجيل الأول . وهذا بالتالى يعود إلى الاستنتاج بأن هذه الاختلافات الموجودة فى الجيل الثانى ترجع أساساً إلى كل من تأثير التراكيب الوراثية المنعزلة فى هذا الجيل وكذلك ترجع إلى تأثير العوامل البيئية أيضا . وهناك طريقة بسيطة جداً لإثبات أن للعوامل الوراثية تأثير على ظهور هذا المدى الواسع من الاختلافات بين أفراد الجيل الثانى بالإضافة إلى تأثير عوامل البيئة ذلك بأن تؤخذ نباتات الجيل الثانى وتلقح ذاتيا لانتاج أفراد الجيل الثالث منها . وجد فى جميع الحالات أن متوسط العائلات الناتجة فى الجيل الثالث يعتمد أساساً على متوسط النبات الأب المأخوذ من الجيل الثانى . وعليه فان جميع أفراد الجيل الثانى ليست عبارة عن سلالة نقية بل هى فى الحقيقة عبارة عن خليط من مجموع من التراكيب الوراثية . والسؤال الآن هو : ما هى تلك التراكيب الوراثية وما هو عدد أزواج الجينات المتحكمة فى توارث هذه الصفة الكمية ؟

للإجابة على هذا السؤال هناك طريقة مبسطة لتقدير عدد أزواج العوامل الوراثية المتحكمة فى توارث مثل هذه الصفة وذلك عن طريق حساب نسب الأفراد المتحصل عليها فى الجيل الثانى والتى تظهر شكلا مظهريا مشابها

لقسمى الأبوين . فإذا ما أخذنا فى اعتبارنا أنه كلما زاد عدد أزواج الجينات المتحكمة فى الصفة الكمية فكلما قلت نسبة الأفراد ذات التركيبات المشابهة لقسمى الأبوين . فمثلا إذا وجدنا فى تهجين معين لصفة كمية ما وفرض وجود زوج واحد فقط من الجينات المتحكمة فى توارث الصفة فى الأبوين المختلفين فى التركيب الوراثى كما يلى :

الآبا $AA \times aa$

$F_1$ $Aa$

$F_2$ $1/4\ AA: 1/2\ Aa: 1/4\ aa$

فإنه من المتوقع الحصول على مجموعتين كل منهما بنسبة $\frac{1}{4}$ من مجموعة أفراد الجيل الثانى كل منها مشابهة لأى من التركيبين الأبوين .

إذا فرض وجود زوجين من الجينات المتحكمة فى توارث الصفة الكمية فاننا نتوقع بالتالى أن نحصل على مجموعتين كل منهما ذات تركيب وراثى مشابه لأحد الأبوين وكل منهما بنسبة $\frac{1}{16}$ من مجموع أفراد الجيل الثانى .

وعند افتراض وجود ثلاثة أزواج من الجينات المتحكمة فى الصفة الكمية فاننا نتوقع بالتالى الحصول على مجموعتين فى الجيل الثانى كل منهما بنسبة $\frac{1}{64}$ من مجموع أفراده مشابهة لأى من الأبوين ... وهكذا . بالمثل فان التلقيح الذاتى لأفراد الجيل الأول الخليط فى عدد n من أزواج الجينات فإننا نتوقع الحصول فى الجيل الثانى على مجموعتين كل منهما بنسبة $\frac{1}{4^n}$ مشابهة لأى من الأبوين المتماثلين .

وبالرجوع مرة أخرى إلى تجربة ايست نجد أنه تحصل على ٤٤٤ نباتاً فى الجيل الثانى ولم يشمل هذا العدد على أى نبات يشابه أى من الأبوين الداخلين فى التهجين . لذلك فلقد استطاع الاستنتاج بناء على الطريقة السابقة فى أن هذه

الصفة ألا وهى صفة طول عنق الزهرة فى نبات الدخان يتحكم فيها على الأقل أربع أزواج من العوامل الوراثية . ومن المفيد هنا أن نذكر أن مثل تلك الطريقة الحسابية لتعيين عدد أزواج العوامل الوراثية المتحكمة فى توارث أى صفة كمية يجب استخدامها بكل حذر حيث نجد أن هذه الطريقة تفترض لاتمامها فى أن تكون الجينات المتحكمة فى توارث الصفة الكمية ذات تأثير متساوى وكذلك أنها غير مرتبطة معاً أى مستقلة عن بعضها البعض فى سلوكها الوراثى وأيضاً تتجاهل هذه الطريقة تأثير العوامل البيئية على الصفة نفسها . كل هذه الفروض بالطبع لا نجدها متوفرة فى جميع أنواع التجارب المختلفة لدراسة الصفة الكمية .

نلاحظ من جميع النقاط السابقة أن تناول دراسة الصفة الكمية يتطلب منا أن نتعامل مع هذه الصفة على أساس المقاييس الكمية وهذه بالتالى تدعونا إلى أن نتعامل أيضا مع التحليل الإحصائى المبنى على التوزيع الطبيعى والتوزيعات الأخرى المشتقة منه . ولقد كان فضل من نادى بالتقاء كل من علمى الوراثة والاحصاء يرجع إلى العالم Fisher (١٩١٨) . ومنذ التقاء هذين العلمين فلقد أضافا الكثير من المعلومات والطرق الإحصائية الحيوية مما ساعد على تقدم هذا العلم حتى أنه وصل فى الأعوام الأخيرة درجة كبيرة جداً من الارتقاء والرقى . وسوف لا نتناول الآن هذه الخطوات بالتفصيل بل نتركها لمن يرغب فى التحصيل ليستزيد منها .

**ظاهرة الاختلاف الفائق Transgressive Variation :**

قد نلاحظ فى دراستنا لسلوك الصفة الكمية أن يشتمل الجيل الثانى على اشكال مظهرية لمجاميع معينة تفوق فى شكلها المظهرى لقسمى الأبوين . تسمى هذه الظاهرة بظاهرة الاختلاف الفائق . والسبب الرئيسى لحدوث هذه الظاهرة هو أن كل من الأبوين المتماثلين الداخلين فى التهجين غير ممثلين أو حاملين للأقسام الطرفية من ناحية التركيب الوراثى الخاص بالصفة الكمية . وتوضح التجربة التالية تلك الخاصية :

درس بانيت Punnett صفة حجم الجسم فى سلالتين من الدجاج حيث قام بتلقيح سلالة أصيلة تمتاز بحجم الجسم الكبير مع أخرى أصيلة أيضا ولكنها ذات

حجم جسم صغير . امتازت أفراد الجيل الأول بأنها ذات حجم متوسط لصفتى الأبوين . وبتزاوج أناث مع ذكور من نسل الجيل الأول نتجت أفراد الجيل الثانى . وبدراسة أفراد الجيل الثانى هذه وجد بانيت أن حوالى ١٪ من أفراد هذا الجيل تمتاز بحجم جسم كبير أكبر من الحجم الكبير للأب الكبير . وأيضاً وجد أفراد أخرى بنسبة ١٪ تمتاز بصغر حجم جسمها وكان هذا الجسم للمجموعة الثانية أصغر من حجم الأب الصغير . ولقد استنتج بانيت من دراسته هذه أن هناك أربعة أزواج من الجينات مسئولة عن توارث هذه الصفة فى الدجاج وهذه الأزواج الأربعة مستقلة فى سلوكها وانعزالها وأن تأثير كل منها هو تأثير مجمع .

وبناء على هذا فلقد افترض بانيت بأن التركيب الوراثى لكلا الأبوين لا يمثلان تمثيلا تاما التراكيب الوراثية للجينات الخاصة بزيادة الحجم جميعاً أو تلك التراكيب الوراثية لجميع الجينات الخاصة بصغر الحجم . ويمكن بتتبع التحليل التالى تفهم هذه الظاهرة :

| الأب الثانى | الأب الأول |
|---|---|
| حجم صغير | حجم كبير |
| DD cc bb aa | AA BB CC dd |
| $F_1$ Aa Bb Cc Dd | متوسط الحجم |
| الجاميطات المؤنثة | الجاميطات المذكرة |

$\frac{١}{١٦}$ من الجاميطات هى للتركيب ABCD $\frac{١}{١٦}$ من الجاميطات هى للتركيب ABCD

$\frac{١}{١٦}$ من الجاميطات هى للتركيب abcd $\frac{١}{١٦}$ من الجاميطات هى للتركيب abcd

$\frac{١}{٢٥٦}$ من التراكيب الوراثية الناتجة فى $F_2$ هى للتركيب AA BB CC DD فى الجيل الثانى .

وهذا التركيب التالى سوف يعطى شكلا مظهرياً حجمه أكبر من الأب الأول الكبير الحجم وذلك بسبب أن هذا التركيب الأخير فى $F_2$ جمع جميع الجينات المسئولة عن كبر الحجم فى فرد واحد .

و $\frac{1}{256}$ من التراكيب الوراثية $F_2$ هى للتركيب aa bb dd . وهذا التركيب الوراثى الأخير سوف يكون شكله المظهرى ذو حجم صغير أصغر من الأب الأصغر . ذلك بسبب أن هذا التركيب الوراثى فى $F_2$ جمع جميع الجينات المسئولة عن صغر الحجم فى تركيب واحد .

## ظاهرة الاختلاف الارتدادى Regressive Variation

تعتبر ظاهرة الاختلاف الارتدادى هى ظاهرة عكسية لظاهرة الاختلاف الفائق . ومن الناحية العملية نجد أن ظاهرة الاختلاف الارتدادى أكثر شيوعاً وحدوثا فى عشائر الكائنات الحية بالنسبة للصفات الكمية . وتعرف هذه الظاهرة بأنها تلك الظاهرة التى تميل فيها غالبية أفراد النسل فى أن تكون ذات متوسط للشكل المظهرى قريب جداً من متوسط العشيرة أكثر من ميلها إلى أن تفوق متوسطى الأبوين . فمثلا الأطفال الناتجة من زيجة بين أبوين طويلين سوف تميل هذه الأطفال بأن تمتاز بأنها ذات قامة أقصر من أبويها عند البلوغ وسيكون متوسط طولها قريب جداً من متوسط العشيرة ولن تكون أطول من أبويها . كذلك سوف نجد أن الأطفال الناتجة من زيجة أخرى بين أبوين قصيرين سوف يكون متوسط طول النسل أطول من أبويها أى تميل إلى أن تقترب فى طولها من متوسط العشيرة نفسها . ويجب ملاحظة أن هذه الظاهرة ألا وهى ظاهرة الاختلاف الارتدادى تنطبق خاصة فى تلك العشائر المتزاوجة اعتباطيا .

أما إذا ما كان التزاوج فى عشيرة ما غير اعتباطى كان يكون لدى الرجل الطويل الرغبة فى التزاوج من امرأة طويلة . أو قد يكون للرجل القصير الرغبة فى التزاوج من امرأة قصيرة فإننا نجد فى هذه الحالات أن التزاوج هنا ليس تزاوجا اعتباطياً . وفى مثل هذه الحالات الأخيرة سوف نجد بالطبع أن أطفال الزيجة الأولى

سوف يكونون ذوى قامة طويلة مثل أبويهم وأيضا سوف نجد بالطبع أن أطفال الزيجة الثانية أطفالا ذوى قامة قصيرة . أى أننا سوف نجد نتيجة لعدم توافر التزاوج الاعتباطى أن أطفال النسل تميل إلى أن تشابه أبويها فى طول قامتهم وبالتالى لا يقترب متوسط طول قامتهم من متوسط طول قامة العشيرة نفسها .

والآن باختصار شديد نجد أن وراثة الصفات الكمية يتحكم فيها سلسلة عديدة من الجينات polygenes وأن النسب المندلية المتحصل عليها فى الأجيال الانعزالية قد تكون أكثر تعقيدا عن الصفات الوصفية العادية وعلى الرغم من هذا فاننا نجد أن قوانين مندل تنطبق على هذه الصفات أيضا مثلها فى ذلك مثل الصفات الوصفية .