الفصل الخامس

الصفات الكمية وكيفية التعامل معها

سبق تعريف الصفات الكمية بأنها الصفات التى يوجد فيها استمرار فى الشكل المظهرى، والتى تتدرج من مستوى إلى آخر دون وجود فواصل محددة بين المستويات المختلفة. كما فى صفات الطول، والمحصول، وقوة النمو، وموعد النضج إلخ، ونظرًا لأن دراستها تستدعى القياس، لذا فإنها تسمى metrical traits أى الصفات المقيسة وبرغم أن بعض الصفات الكمية يتحكم فى وراثتها جين واحد رئيسى major gene إلا أن غالبيتها يتحكم فيها عدد كبير من العوامل الوراثية multiple factors وبينما تدرس الفئة الأولى منها كصفات بسيطه. يمكن غالبًا - تمييز مجاميع أفرادها وعدّها فى الأجيال الانعزالية فإن دراسة الفئة الثانية منها يدخل فى نطاق علم الوراثه الكميه Quantitative Genetics وهو موضوع يستمد أهميته من أن الصفات الكميه تشكل أهم الصفات الاقتصادية التى يهتم بها المربى، فى الوقت الذى تحتاج فيه إلى طرق خاصة فى دراستها، وتداولها عند التربية

خصائص الوراثة الكمية

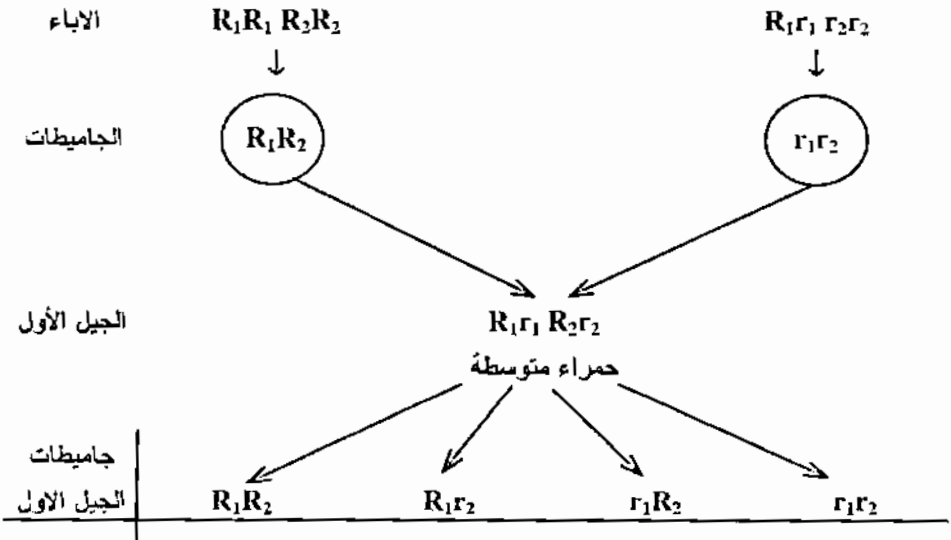
يعد كل من نلسون وإيلى Nilson-Ehle (١٩٠٨-١٩٠٩) فى السويد، وإيست East (١٩٠٦-١٩٣٦) فى الولايات المتحدة الأمريكية من أوائل العلماء الذين تناولوا الصفات الكمية بالدراسة، وهما اللذان أثبتا أن الصفات الكمية تسلك فى وراثتها سلوك الصفات الوصفية

دراسات نلسون وإيلى

قام نلسون وإيلى بإجراء تلقيح بين سلالتين نقيتين من القمح. إحداهما حمراء الحبوب، والأخرى بيضاء، فكانت حبوب الجيل الأول وسطًا بين صفتى الأبوين، أى

كانت السيادة غير تامة، وتدرجت حبوب الجيل الثاني من اللون الأحمر القاتم إلى اللون الأبيض وأمكن تمييزها الى خمس فئات مظهرية كانت بنسبة ١ ٤ ٦ ٤ ١

فسّر نلسون وإيلى هذه النتائج على أساس أن صفة لون الحبوب يتحكم فيها زوجان من الجينات المتفارقة المتماثله التأثير، أى إن كلا منها مماثل للآخر فى تأثيره فى إظهار صفة لون الحبوب الحمراء، وأن تأثير هذه الجينات تجمّع cumulative، بمعنى أنه كلما زاد عدد الجينات السائدة كان اللون الأحمر أكثر تركيزا (شكل ٥ ١، وجدول ٥ ١)



جاميطات الجيل الاول	R_1R_2	R_1r_2	r_1R_2	r_1r_2
R_1R_2	$R_1R_1\ R_2R_2$ حمراء دكنة	$R_1R_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1r_1\ R_2R_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة
R_1r_2	$R_1R_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1R_1\ r_2r_2$ حمراء متوسطة	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة	$R_1r_1\ r_2r_2$ حمراء فاتحة
r_1R_2	$R_1r_1\ R_2R_2$ حمراء متوسطة الدكنة	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة	$r_1r_1\ R_2R_2$ حمراء متوسطة	$r_1r_1\ R_2r_2$ حمراء فاتحة
r_1r_2	$R_1r_1\ R_2r_2$ حمراء متوسطة	$R_1r_1\ r_2r_2$ حمراء فاتحة	$r_1r_1\ r_2r_2$ حمراء فاتحة	$r_1r_1\ r_2r_2$ بيضاء

شكل (٥-١) وراثه لون الحبوب فى القمح

جدول (٥-١): نسب التراكيب الوراثيه والأشكال المظهرية التى تظهر فى الجيل الثانى لفرد خليط فى عاملين وراثيين ($R_1r_1\ R_2r_2$) يتحكمان فى لون البذرة فى القمح وهما تأثير متجمع.

التركيب الوراثى	النسبة	عدد الآليلات السائدة	الشكل المظهرى	النسبة
$R_1R_1R_2R_2$	١	٤	أحمر قاتم	١
$R_1r_1\ R_2R_2$	٢	٣	أحمر متوسط الدكنة	٤
$R_1R_1\ R_2r_2$	٢	٣	أحمر متوسط الدكنة	
$R_1r_1\ R_2r_2$	٤	٢	أحمر متوسط	٦
$R_1R_1\ r_2r_2$	١	٢	أحمر متوسط	
$r_1r_1\ r_2R_2$	١	٢	أحمر متوسط	
$R_1r_1\ R_2r_2$	٢	١	أحمر فاتح	٤
$r_1r_1\ R_2r_2$	٢	١	أحمر فاتح	
$r_1r_1\ r_2r_2$	١	صفر	أبيض	١

دراسات إيست

درس إيست وراثة طول الزهرة (طول التويج) فى التبغ، وهى صفة قليلة التأثر بالعوامل البيئية، وأجرى إيست تلقيحًا بين سلالتين نقيتين من التبغ البرى *Nicotiana longiflora* تختلفان اختلافًا واضحا فى طول الزهرة، وحصل على النتائج المبينة فى جدول (٥-٢)، ثم درس الاختلافات بين الآباء وأفراد الأجيال الأول والثانى والثالث، وتوصل منها (وكذلك من دراسات أخرى أجراها على طول الكوز فى الذرة) إلى ما يلى

١ تتشابه الاختلافات التى تظهر بين نباتات الجيل الأول – والناتجة من التلقيح بين أفراد نقية – مع الاختلافات التى تظهر بين نباتات الآباء، وتكون جميعها اختلافات راجعة إلى الظروف البيئية فقط.

٢ – تظهر اختلافات أكبر فى الجيل الثانى، نتيجة حدوث الانعزالات الوراثية، ويمكن الحصول على التراكيب الوراثية للأبوين إذا زرع عدد كاف من النباتات فى هذا الجيل

٣ – تعطى النباتات المختلفة مظهريًا – فى الجيل الثانى – أنسالاً ذات متوسطات مختلفة فى الجيل الثالث

وقد نجح إيست فى تطبيق قوانين مندل على الصفات الكمية التى درسها.

جدول (٥–٢) التوزيع التكرارى لطول تويج الزهرة فى نباتات الاباء (P_1، و P_2)، والجيل الأول (F_1)، و الجيل الثانى (F_2) لتلقيح بين سلالتين نقيتين من *Nicotiana longiflora*

الجيل	سنة الزراعة	مركز مجموعات التوزيع التكرارى (مم) لطول تويج لزهرة																							عدد	المتوسط	معامل الاختلاف	الانحراف القياسى
		٣٤	٣٧	٤٠	٤٣	٤٦	٤٩	٥٢	٥٥	٥٨	٦١	٦٤	٦٧	٧٠	٧٣	٧٦	٧٩	٨٢	٨٥	٨٨	٩١	٩٤	٩٧	١٠٠	الكلى			
P_1	١٩١١		١٣	٨٠	٣٢																				١٢٥	٤٠.٥	١ ٧٥	٤,٣٣
P_1	١٩١٢		٤	٢٨	١٦																				٤٩	٤٠٦	٢ ٠٠	٤ ٩٢
P_1	١٩١٣		٤	٣٢	١																				٣٧	٣٩ ٨	١ ٠٩	٢ ٧٤
F_1	١٩١١							٤	١٠	٤١	٧٥	٤٠	٣												١٣٧	٦٣.٥	٢ ٩٢	٤ ٦٠
P_2	١٩١١																			٦	٢٢	٤٩	١١		٨٨	٩٣ ٥	٢,٢٩	٢,٤٦
P_2	١٩١١																			٢	١٦	٣٢	٦	١	٤٧	٩٣ ٤	٢ ٢٣	٢ ٣٩
P_2	١٩١١																			٥	٧	١٠	٢		٢٤	٩٢ ١	٢ ٧٠	٢ ٩٣
F_2 (١)	١٩١٢ (أ)							١	٥	١٦	٢٣	١٨	٦٢	٣٧	٢٥	١٦	٤	٢	٢	٢					٢١١	٩٧ ٥	٥ ٩١	٨ ٧٥
F_2 (٢)	١٩١٢ (أ)							٢	٤	٢	٢٤	٣٧	٣١	٣٨	٣٥	٢٧	٢١	٥	١		١				٢٣٣	٦٩.٨	٦ ٧٩	٩ ٧٢

(أ) حصل على نسلى الجيل الثانى من نباتى جيل أول.

السمات المميزة للصفات الكمية

يمكن تلخيص أهم خصائص وراثة الصفات الكمية فى أنه يتحكم فيها عدة عوامل وراثية، ذات تأثير كبير واضح، يطلق عليها عادة اسم major genes، وعوامل وراثية أخرى كثيرة ذات تأثير بسيط، يطلق عليها اسم polygenes (وتسمى – أحيانا – الجينات الثانوية minor genes) وتعد الجينات الثانوية أكثر تأثرًا بالعوامل البيئية من الجينات الرئيسية، ولكن لا يمكن قياس تأثير البيئة على كل عامل منها على حدة. وبينما يكون تأثير الجينات الرئيسية فى الشكل المظهرى كبيرًا .. فإن تأثير الجينات الثانوية لا يظهر إلا بعد تجمع عدد كبير منها فى التركيب الوراثى، وتعد هى الأساس فى التطور وعملية الانتخاب الطبيعى

تتميز الجينات الثانوية – أيضًا – بأنها تنعزل بكثرة، وتتوزع على أعداد كبيرة من التراكيب الوراثية (= $٣^{ن}$ حيث ن هى عدد أزواج الجينات التى يختلف فيها الأبوان)، وتتميز كذلك بأن الشكل المظهرى لا يتأثر كثيرًا بإحلال جين محل آخر لذا . فإن تراكيب وراثية كثيرة يمكن أن تعطى نفس الشكل المظهرى؛ كما تكون معظم العشائر الخلطية التلقيح خليطة إلى حد كبير فى هذه العوامل وأخيرا فإن هذه الجينات الثانوية (أو الـ polygenes) . قد تكون ذات تأثير متعدد على الشكل المظهرى، وقد تكون محورة لفعل جينات أخرى modifiers، أو مثبطة لها suppressors

ومن أهم خصائص الوراثية الكمية – أيضًا – ما يعرف بالانعزال الفائق الحدود transgressive segregation حيث يظهر فى الجيل الثانى لبعض التلقيحات أفراد تزيد عن الأب الأعلى، أو تقل عن الأب الأقل فى الصفة المدروسة. ويحدث ذلك عندما يخلف الأبوان فى الجينات المسئولة عن الصفة، أو فى بعضها، مما يؤدى إلى انعزال أفراد فى الجيل الثانى، تحتوى على آليلات من تلك التى تزيد من الصفة. تزيد عن تلك الموجودة فى الأب الأعلى، أو تتركز فيها الآليلات التى تخفض من الصفة.

تحديد فئات ونسب الانعزالات الوراثية والمظهرية فى الجيل الثانى للصفات الكمية

يتبين من دراستنا لخصائص الوراثة الكمية أن عدة تراكيب وراثية يمكن أن تعطى نفس الشكل المظهرى؛ فعلى سبيل المثال . لو أن صفة كمية يتحكم فيها ثلاثة أزواج

من العوامل الوراثية هى Aa، و Bb، و Cc، وكانت الآليلات السائدة هى التى تزيد من الصفة فإن الشكل المظهرى - الذى يكون مرده إلى وجود خمسة آليلات سائده يمكن أن يظهر فى أى من التراكيب الوراثية التالية: Aa BB CC، أو AA Bb CC، أو AABBCc

ونظرا لأن أيًا من هذه التراكيب الوراثيــة يظـهر فـى الجيـل الثـانى بنسـبة $\frac{\text{س}^{٢}}{\text{ن}^{٤}}$ (حيث س، ن هى عدد المواقـع الجينية الخليطة فى كـل مـن الـتراكيب الوراثـى المـراد معرفة نسبته، وفى الجيـل الأول، على التـوالى) $= \frac{١^{٢}}{٢^{٤}} = \frac{١}{١٦}$، لذا فإن نسبة ظـهور هذه التراكيب الوراثية مجتمعة $= ٣ \times \frac{١}{١٦} = \frac{٣}{١٦}$

وتوجد طريقتان رئيسيتان لتحديد فئات ونسـب الانعـزالات الوراثيـة والمظهريـة فـى الجيل الثانى للصفات الكمية - التى يتساوى فيها تأثير الجينات المختلفة على الصفة، هما باستخدام المعادلة ذات الحدين، وباستخدام مثلث باسكال

المعادلة ذات الحدين

يمكن معرفة نسب الانعزالات فى الجيـل الثـانى مـن مفكـوك المعادلـة ذات الحديـن (س+ص)^{ن}، حيث تمثل (س) الآليلات التى تؤثر على الصفة فى أحد الاتجاهات (كـأن تزيد من الصفة مثلاً)، وتمثل (ص) الآليلات التى تؤثر على الصفـة فـى الاتجـاه الآخـر (كأن تنقص من الصفة مثلا)، وتمثل (ن) عدد الآليلات الموجودة (تلك التى تزيـد والتـى تنقص من الصفة) فمثلا إذا تحكم فـى الصفـة خمسـة أزواج مـن الجينـات (أى عشـرة آليلات) فإن المعادلة تصبح (س + ص)^{١٠}، ويكون مفكوكها كما يأتى.

س^{١٠} + ١٠س^{٩}ص + ٤٥س^{٨}ص^{٢} + ١٢٠ س^{٧}ص^{٣} + ٢١٠س^{٦}ص^{٤} + ٢٥٢ س^{٥}ص^{٥} + ٢١٠ س^{٤}ص^{٦} + ١٢٠ س^{٣}ص^{٧} + ٤٥ س^{٢}ص^{٨} + ١٠ س ص^{٩} + ص^{١٠}

وبذا تكون الانعـزالات هـى ١ ١٠ ٤٥ ١٢٠ ٢١٠ ٢٥٢ ٢١٠ ١٢٠ ٤٥ ١٠ ١

ويمكن الحصول على المعامل العددى لكل حد من مفكوك المعادلـة ذات الحدين بالطريقة التالية:

١ – يكون المعامل العددى لكل من الحدين الأول والأخير دائمًا عبارة عن الواحد الصحيح.

٢ – يؤخذ أس (س) للحد الأول أى (ن)، ويمثل هذا المعامل العددى للحد الثانى.

٣ – يضرب المعامل العددى للحد الثانى فى أس (س) لهذا الحد، أى (ن–١) ويقسم على ٢ ليعطى المعامل العددى للحد الثالث

٣ – يضرب المعامل العددى للحد الثالث فى أس (س) لهذا الحد، أى (ن–٢)، ويقسم على ٣ ليعطى المعامل العددى للحد الرابع .. وهكذا.

هذا .. ويعنى مفكوك هذه المعادلة أنه يوجد تركيب وراثى واحد، يحتوى على الآليلات العشرة التى تزيد من الصفة، وعشرة تراكيب وراثية، يحتوى كل منها على تسعة آليلات من تلك التى تزيد من الصفة، وآليل واحد من تلك التى تنقص من الصفة، و ٤٥ تركيبًا وراثيًّا، يحتوى كل منها على ثمانية آليلات، من تلك التى تزيد من الصفة، وآليلين من تلك التى تنقص من الصفة . وهكذا ويكون المجموع الكلى لنسب التراكيب الوراثية هو ١٠٢٤، وهو الذى يمكن الحصول عليه – أيضًا – من المعادلة $٤^{٥}$ حيث تمثل (ن) عدد أزواج العوامل الوراثية الخليطة فى الجيل الأول، وبذا يكون مجموع النسب فى هذا المثال $٤^{٥}$ = ١٠٢٤

مثلث باسكال

يمكن الاستعانة بمثلث باسكال Pascal's Triangle المبين أدناه فى تحديد نسب الانعزالات فى الجيل الثانى؛ حيث يكون كل معامل عددى عبارة عن مجموع المعاملين العددين الموجودين أعلاه على اليمين واليسار كما يلى:

عدد الآليلات	المعاملات العددية للفئات المظهرية
١	١ ١
٢	١ ٢ ١
٣	١ ٣ ٣ ١
٤	١ ٤ ٦ ٤ ١
٥	١ ٥ ١٠ ١٠ ٥ ١
٦	١ ٦ ١٥ ٢٠ ١٥ ٦ ١
٧	١ ٧ ٢١ ٣٥ ٣٥ ٢١ ٧ ١
٨	١ ٨ ٢٨ ٥٦ ٧٠ ٥٦ ٢٨ ٨ ١

ومن الطبيعى أنه لا يستعمل من المعاملات العددية بالمثلث، إلا ما يقابل العدد الزوجى من الآليلات. وهو الذى يمثل عدد أزواج العوامل الوراثية التى تتحكم فى الصفه، فلو أن الصفة يتحكم فيها مثلاً – ٣ أزواج من العوامل الوراثية نبحث فى المثلث مقابل ٦ آليلا، لنجد أن نسب المعاملات العددية للفئات المظهرية هى ١ ٦ ١٥ ٦ ١

توزيع الانعزالات المظهرية فى الجيل الثانى

تتأثر طريقة توزيع الانعزالات المظهرية للصفات الكمية – فى الجيل الثانى – بعوامل كثيرة، نذكر منها ما يلى

١ – عدد الجينات التى تتحكم فى الصفة.

٢ – كون هذه الجينات ذات سيادة غير تامة، أم سائدة.

٣ – كون الجينات مرتبطة، أم تتوزع توزيعا حرًا

٤ - كون الجينات مساوية فى تأثيرها فى الصفة، أم غير متساوية.

٥ – وجود علاقة تفوق بين الجينات المتحكمة فى الصفة، والجينات الأخرى فى النبات، أو عدم وجودها

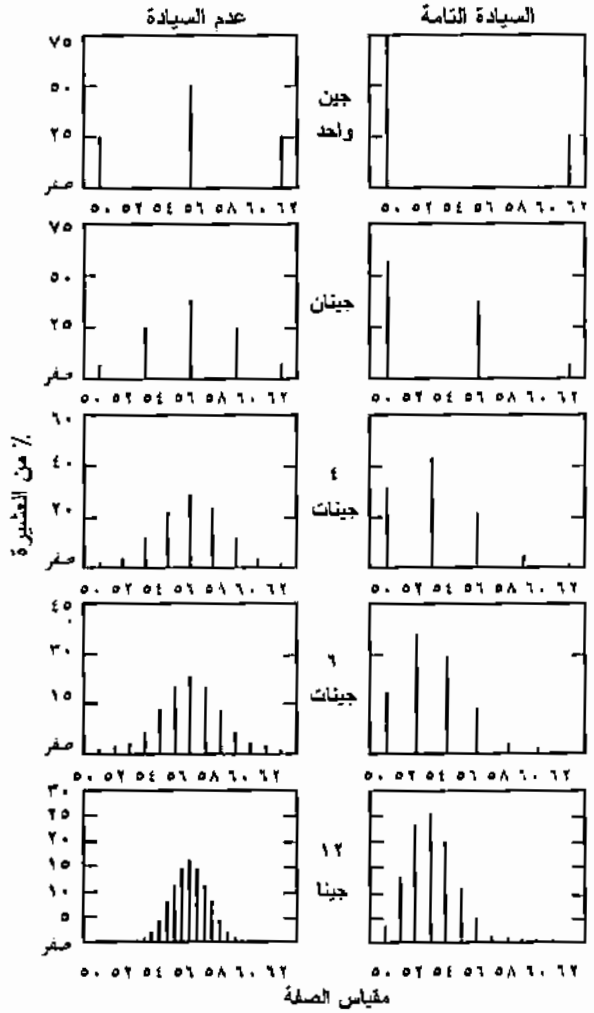
٦ – كون الجينات المتحكمة فى الصفة تتأثر بجينات أخرى محورة، أم لا تتأثر

٧ – مدى نفاذية الصفه penetrance، ودرجة التعبير عنها expersivity فى التراكيب الوراثية المختلفة

٨ - مدى تأثر الصفة بالعوامل البيئية

وأغلب الظن أن كثيرًا من هذه العوامل تتداخل فى التأثير على الصفات الكمية، بل إن السلوك الوراثى للجينات المتحكمة فى الصفة الواحدة قد يختلف من جين إلى آخر، وهو ما يعد أقصى درجات التعقيد وتعد أبسط الحالات تلك التى تكون فيها الجينات المتحكمة فى الصفة غير مرتبطة ببعضها، ومتساوية فى تأثيرها، ولا تتفاعل مع الجينات الأخرى فى النبات أو تتأثر بها، وذات نفاذية تامة، تعبر عن نفسها بوضوح وبدرجة واحدة، ولا تتأثر بالعوامل البيئية وإذا توافرت كل هذه الشروط – وهو أمر نادر الحدوث – فإن الانعزالات التى تحدث فى الجيل الثانى تكون مماثلة لتلك

التى فى شكل (٥-٢) الذى تظهر به التوزيعات فى حالتى غياب السيادة (التوزيعات التى على الجانب الأيسر من الشكل)، والسيادة التامه (التوزيعات التى على الجانب الأيمن من الشكل)، وعندما تكون الصفه بسيطة - أى يتحكم فيها جين واحد - وعندما تكن الصفة كمية ويتحكم فيها ٢، أو ٤، أو ٦، أو ١٢ جينًا (التوزيعات من أعلى إلى أسفل فى الشكل)



شكل (٥-٢): التوزيعات المتوقعة فى الجيل الثانى لصفة يتحكم فيها (من أعلى لأسفل فى الشكل) ١، و ٢، و ٤، و ٦، و ١٢ جينًا فى حالتى السيادة التامه (العمود الأيمن)، وغياب السيادة (العمود الأيسر) علمًا بأن درجة توريث الصفة ١٠٠٪ (عن Allard ١٩٦٤).

ويتضح من هذه التوزيعات ما يلي:

١ عندما تكون الصفة ذات سيادة غير تامة فإن التوزيعات تكون متساوية، أى متماثلة ومنتظمة حول الشكل المظهرى، الذى يأخذ القيمة الوسطية، والذى يكون تربيعه أعلى التوزيعات، ويكون كل شكل مظهرى معبرا عن تركيب وراثى، و مجموعه من التركيب الوراثية التى تتساوى فى عدد الأليلات التى تؤثر فى الصفة ويمكن الحصول على هذه التوزيعات من مفكوك المعادلة ذات الحدين، أو باستخدام مثلث باسكال

وبينما يمكن تمييز فئات التوزيعات المختلفة فى الصفات البسيطه، والصفات التى يتحكم فيها جينان أو ثلاثه جينات فإن فئات التوزيعات تقترب من بعضها مظهريًا بسده – كلما ازداد عدد الجينات المتحكمة فى الصفة بحيث يصعب تمييزها عن بعضها، كما تأخذ شكل منحنى التوزيع الطبيعى

ويصاحب كل زيادة فى عدد الجينات المتحكمة فى الصفة نقص كبير فى نسبة الأفراد المشابهة للأبوين، الأمر الذى يستلزم زراعة عدد كبير من نباتات عشيرة الجيل الثانى للحصول على نبات واحد أصيل فى الصفه ومماثل لأحد الأبوين

٢ عندما تكون الصفه سائدة سيادة تامة فإن التوزيعات تكون منحرفه أو مائله skewed نحو الشكل المظهرى للأليلات السائدة وبينما تزيد عدد فئات التوزيعات المظهريه مع زيادة عدد الجينات المتحكمه فى الصفة فإن عدد الفئات يبقى أقل مما هى حالة عدم السيادة عند نفس العدد من الجينات ويكون من الصعب تمييز الفئات المظهرية عن بعضها فى الصفات التى يتحكم فيها من ١-٤ جينات، إلا أن فئات التوزيعات تتقارب مع بعضها، ويصبح من الصعب تمييزها بعد ذلك

وكلما ازداد عدد الجينات المتحكمة فى الصفة بدا التوزيع أقرب إلى التوزيع الطبيعى، أى كلما قل وضوح الجنوح ظاهريًا، ذلك لأن نسب الفئات التى تتجمع فيها الأليلات المتنحية تنخفض بشدة، بحيث لا تمثل شيئا يذكر إلى جانب بقية العشيرة التى تبدو طبيعية إلى حد ما فى توزيعها برغم أنها تكون منحرفه بشدة نحو الصفة السائدة

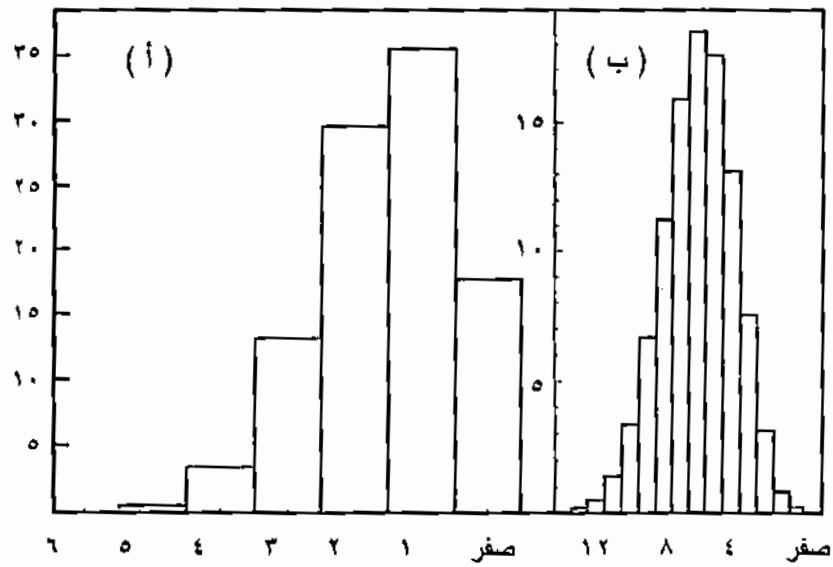
ويلاحظ - أيضًا - أن الفئات المظهرية المنعزلة لا تمثل تراكيب وراثية متشابهة، بسبب وجود السيادة

ويبين جدول (٥-٣، نقلا عن Simmonds & Smartt ١٩٩٩) كيف أن زيادة عدد الجينات المتحكمة في الصفة الكمية - عند غياب السيادة - يجعل توزيع فئات الأشكال المظهرية يقترب من التوزيع الطبيعي. أما شكل (٥-٣، نقلاً عن Falconer ١٩٨١) فإنه يبين كيف أن التوزيع فى حالة السيادة التامة يبدو أقل جنوحًا كلما ازداد عدد الجينات المتحكمة فى الصفة ويوضح الشكل التوزيع المتوقع من الانعزال الحر لأزواج الآليلات، عندما يتحكم فى الصفة ٦ جينات (شكل أ)، أو ٢٤ جينًا (شكل ب) علما بأن السيادة تامة لأحد الآليلات على الآليل الآخر فى كل موقع جينى، ونسبة جميع الآليلات ٠,٥، ويؤدى كل موقع جينى متنح أصيل إلى خفض قيمة الصفة بمقدار وحدة كاملة فى الشكل (أ) وربع وحدة فى الشكل (ب)، كما يظهر على المحور الأفقى الذى توزع عليه فئات التراكيب الوراثية، التى تختلف فى عدد المواقع الجينية المتنحية الأصيلة أما المحور الرأسى .. فيمثل النسبة المئوية المتوقعة لكل فئة مظهرية، وقد حسبت من مفكوك المعادلة ذات الحدين $(^{1}/_{4} + ^{3}/_{4})^{ن}$ حيث تمثل (ن) عدد المواقع الجينية

تعد صفة وزن الثمرة فى الطماطم مثالاً جيدًا للصفات الكمية التى يسود فيها أحد آليلى كل جين على الآخر، ويبين شكل (٥-٤) توزيعًا حقيقيًا لمتوسط وزن الثمرة بالجرام، حُصل عليه فى الجيل الثانى للتلقيح بين سلالة الطماطم رقم (٩٠٢) ذات الثمار الكبيرة نسبيًا، وسلالة النوع البرى *Lycopersicon pimpinellifolium* ذات الثمار الصغيرة جدًا ويظهر من الشكل سيادة صفة الثمار الصغيرة، واقتراب متوسط وزن الثمرة فى الجيلين الأول والثانى من المتوسط الهندسى المحسوب، وابتعادهما كثيرا عن المتوسط الحسابى، وهو ما يدل على أن الجينات ذات تأثير متجمع، وأن تأثير إضافة أى جين هو زيادة وزن الثمرة بنسبة معينة، وقد يمكن تفسير الجنوح المشاهد فى التوزيع - فى هذا المثال - على أساس سيادة الجينات التى تتحكم فى وزن الثمرة الصغيرة

جدول (٥-٣) التوزيع المتوقع لصفات يتحكم فيها من ١-٦ جينات ذات تأثير إضافي بوحدة في أسفل الجدول مقارنة بين التوزيع الطبيعي، وتوزيع صفة يتحكم فيها ستة جينات.

عدد العوامل		التوزيع التكراري لمختلف الفئات المظهرية																							
الوراثية (ن)	٢ن	الصفة المنخفضة						الصفة المتوسطة												الصفة العالية					
١	٢	١						٢												١					
٢	٤	١				٤		٦				٤								١					
٣	٨	١			٦		١٥	٢٠			١٥		٦							١					
٤	١٦	١		٨		٢٨		٧٠		٥٦		٢٨		٨						١					
٥	٣٢	١	١٠		٤٥		١٢٠	٢٥٢	٢١٠		١٢٠		٤٥		١٠					١					
٦	٦٤	١	١٢	٦٦		٢٢٠		٧٩٢ ٩٢٤	٧٩٢	٤٩٥		٢٢٠		٦٦		١٢				١					
ن ٦		٠	٠,٢	١ ٧		٥ ٤		١٩,٣ ٢٢,٤	١٩,٣	١٢ ٢		٥.٤		١ ٧		٠.٢				٠					
التوزيع الطبيعي		٠	٠ ٣	١,٦		٥ ٢		١٩٥ ٢٢٩	١٩ ٥	١١.٨		٥ ٢		١.٦		٠.٣				٠					



شكل (٥-٣) التوزيع المتوقع لصفة سائدة يتحكم فيها ٦ جينات (على اليسار)، أو ٢٤ جينا (على اليمين) راجع المتن للتفاصيل (عن Falconer ١٩٨١).

الفعل الجينى

تعرف خمسة تأثيرات رئيسية للجينات والتفاعلات بينها، هى كما يلى:

١ - تأثير الإضافة additive gene effect.

٢ - تأثير السيادة dominance gene effects

٣ تأثير التفوق epistatic gene effects.

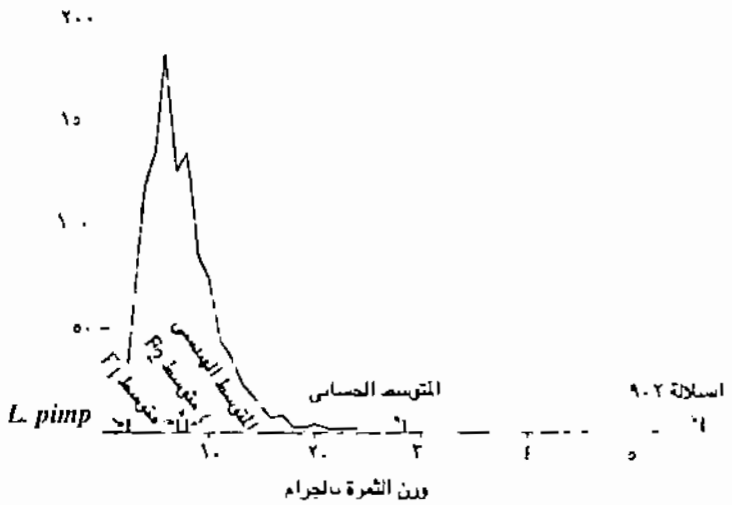
٤ - تأثير السيادة الفائقة overdominance gene effects.

ونقدم فى جدول (٥-٤) مثالاً توضيحيًا للأنواع الأربعة السابقة الذكر من الفعل الجينى

يلاحظ من جدول (٥-٤) أنه فى كل حالة من حالات الفعل الجينى . تعطى عدة تراكيب وراثية أشكالا مظهرية متشابهة وفى هذا المثال كان لكل من الجينين A، و B تأثيرات متماثلة على الصفة. إلا أن ذلك لا يحدث بالضرورة، فقد يكون تأثيرها على الصفة متباينًا. كذلك فإن بعض الجينات قد يكون لها تأثيرات متعددة (أى تكون pleiotrpopic)، وتؤثر على الصفات المختلفة بطرق مختلفة.

وعندما يكون تأثير الجينات إضافيًا، فإنه يمكن إجراء الانتخاب للصفات المرغوب فيها بقدر كبير من الثقة، وهو ما لا يمكن تحقيقه إذا ما كان تأثير الجينات بالسيادة أو بالتفوق

أما تأثير السيادة الفائقة فإنه يمكن الاستفادة منه فى الهجن، ومن خلال التكاثر اللاإخصابى، وعند مضاعفة العدد الكروموسومى للهجن العقيمة التى تنتج من التلقيح بين الأنواع البعيدة



شكل (٥-٤) توزيع صفة وزن ثمرة الطماطم فى الجيل الثانى للتلقيح بين سلالة من *Lycopersicon pimpinellifolium* وسلالة الطماطم رقم ٩٠٢؛ راجع المتن للتفاصيل (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧)

جدول (٥-٤) التأثيرات الممكنة للفعل الجينى يفترض فى هذا المثال وجود زوجان من العوامل الوراثية المتحكمة فى الصفة، وأن كل أليل سائد يضيف وحدة واحدة إلى الصفة التى يتراوح مداها - تبعًا لتلك الافتراضات بين صفر، و ٤ (عن Poehlman & sleper ١٩٩٥)

التراكيب الوراثية:	AA	Aa	aa
	تأثير الإضافة effects additive gene		
BB	٤	٣	٢
Bb	٣	٢	١
bb	٢	١	صفر

تابع جدول (٥-٤).

التراكيب الوراثية:	AA	Aa	aa
	تأثير السيادة dominance gene effects		
BB	٤	٤	٢
Bb	٤	٤	٢
bb	٢	٢	صفر
	تأثير التفوق epistatic gene Effects		
BB	٤	٤	صفر
Bb	٤	٤	صفر
bb	صفر	صفر	صفر
	تأثير السيادة الفائقة over daminance gene effects		
BB	٢	٣	١
Bb	٣	٤	٢
bb	١	٢	صفر

٥ – التأثير الهندسي أو التضاعفي:

يظهر التأثير الهندسي geometric action للجينات في بعض الصفات كصفة حجم الثمار مثلاً، حيث تتفاعل الجينات مع بعضها بطريقة ليست إضافية additive، وإنما تضاعفية multiplicative، وهو ما يتمشى مع طبيعة الصفة، حيث يكون الحجم حاصل ضرب أرقام، وليس بحاصل جمع أبعاد، ويقال إن الجينات ذات تأثير هندسي geometric gene action عندما تكون المتوسطات الهندسية المحسوبة بمختلف العشائر الهندسية أقرب إلى القيم الملاحظة لهذه العشائر، بينما يقال إن الجينات ذات تأثر حسابي arithmatic gene action عندما تكون متوسطاتها الحسابية أقرب إلى قيمتها الملاحظة. وتحسب المتوسطات الهندسية على النحو التالي (Powers & Lyon ١٩٤١).

• المتوسط الهندسي المتوقع للجيل الأول =

$$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للأب الأول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الثاني}}$$

o المتوسط الهندسى المتوقع للجيل الثانى = العدد المقابل (antilogarithm)

(لوغاريتم المتوسط المشاهد للأب الأول + ٢ لوغاريتم المتوسط المشاهد للجيل الأول + لوغاريتم المتوسط المشاهد للاب الثانى)/٤ أو هو =

$$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للأب الاول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الثانى} \times \text{ضعف المتوسط المشاهد للجيل الأول}}$$

o المتوسط الهندسى المتوقع للتلقيح الرجعى للأب الأول =

$$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للجيل الأول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الأول}}$$

o المتوسط الهندسى المتوقع للتلقيح الرجعى للأب الثانى

$$\sqrt{\text{المتوسط المشاهد للجيل الأول} \times \text{المتوسط المشاهد للأب الثانى}}$$

ويمكن التعرف على طبيعة فعل الجينات بمقارنة المتوسطات الحسابية arithmetic means والهندسية geometric means المتوقعة لكل من الأبوين، والجيلين الأول والثانى، والتلقيحيين الرجعيين مقارنتها مع المتوسط المشاهد لكل عشيره باستعمال اختبار t

ويمكن تصور التأثيرين الإضافى والصندسى للجينات بمثال تزيد فيه قيمة الصفة بزيادة عدد الجينات التى تتحكم فيها على النحو التالى:

١ – فى حالة التأثير الإضافى قد تكون قيمة الصفة ٣، و ٦، و ٩، و ١٢؛ حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ٣ وحدات؛ أو ١، و ١١، و ١٢، و ١٣؛ حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ١٠ وحدة

٢ – فى حالة التأثير الهندسى: قد تكون قيمة الصفة ٣، و ٩، و ٢٧، و ٨١؛ حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ثلاثة أضعاف القيمة السابقة؛ أو ١، و ١١٠، و ١٢١، و ١٣٣١، و ١٤٦٤١؛ حيث يزيد كل جين إضافى قيمة الصفة بمقدار ١١٠ ضعف القيمة السابقة، أى يضيف حوالى ١٠٪ إلى القيمة السابقة

ويلاحظ أن توزيع الأفراد فى الأجيال الانعزالية يكون دائمًا مجنّحا skewed عندما تكون الجينات ذات فعل هندسى، وللتأكد من صحة فرضية التأثير الهندسى للجينات

يجب ألا تختلف القيم المشاهده لعشائر الجيلين الأول والثانى، وكذلك التلقيحات الرجعية - معنويًا - عن القيم المحسوبة على أساس التأثير الهندسى ويؤدى تحويل القيم المشاهدة - للأفراد فى حالة الصفات التى تؤثر عليها الجينات بطريقة هندسية - تحويلها إلى لوغاريتمات، إلى أن يصبح توزيع الأفراد قريبا من التوزيع الطبيعى

وبينما لا يوجد أى ارتباط بين متوسطات أو تباينات الآباء والجيلين الأول والثانى وعشائر التلقيحات الرجعية فى حالة التأثير الإضافى للجينات نجد أن هذه القيم تكون مرتبطه ببعضها، عندما تكون الجينات ذات تأثير هندسى ويصاحب زيادة المتوسطات زيادة التباينات فى حالة التأثير الهندسى، بينما لا يشترط ذلك فى حالة التأثير الإضافى، حيث قد تصاحب زياده المتوسطات زيادة أو نقص فى التباينات (Brewbaker ١٩٦٤)

تقدير عدد الجينات المتحكمة فى الصفات الكمية

تستخدم بعض المعادلات فى تقدير عدد الجينات التى تتحكم فى الصفات الكميه، نذكر منها ما يلى

$$N = \frac{D^2}{8(VF_2 - VF_1)}$$

حيث تمثل N الحد الأدنى لعدد الجينات المتحكمة فى الصفة وتمثل D الفرق بين متوسطى الأشنية[وين، و VF2, VF1 تباينى الجيلين الأول والثانى على التوالى (Castle & Wright ١٩٢١) وتفترض هذه المعادلة ما يلى

١ – عدم وجود أى ارتباط أو تفاعل بين الجينات المتحكمة فى الصفة

٢ – لكل الجينات درجة واحدة من الاهمية فى التأثير فى الصفة

٣ – غياب السيادة

٤ - يكون أحد الأبوين – فقط هو مصدر جمع الآليلات المؤثرة فى الصفة فى أحد الاتجاهات

$$N = \frac{D^2}{8VA}$$

حيث يمثل VA التباين الإضافى الذى يحسب – بدوره – بالمعادلة التاليه

$$½ VA = 2 VF_2 - (VB_1 + VB_2)$$

حيث يمثل VF_2، و VB، و VB_2 تباينات الجيل الثانى، وعشائر التلقيحات الرجعية للأبوين الأول والثانى على التوالى (Mather & Jinks ١٩٧٧)

$$N = 0.25(0.75 - h + h^2)\, D^2/VF_2 - VF_1$$

حيث إن

$$h = F_1 \times P_1/P_2 - P_1$$

(Burton ١٩٥١)

ويشترط لتطبيق هذه المعادلة جميع الفروض التى أسلفنا بيانها بالنسبة لمعادلة Castle & Wright، ولكن مع افتراض أن لكل الجينات درجة واحدة من السيادة بدلاً من غياب السيادة

مكونات التباين فى الصفات الكمية

يصعب فى الصفات الكمية تتبع كل جين على حدة فى الأجيال الانعزاليه، كما يصعب تقسيم النباتات إلى أقسام محددة حسب النسب المندلية المعروفة كما فى الصفات البسيطة أو التى يتحكم فيها عدد قليل من الجينات ويسعى المربى – بدلا من ذلك إلى تقدير التباين Variance – وهو قيمة إحصائية - للدلالة على مدى الاختلافات المشاهدة فى الصفة فى العشائر التى يقوم بدراستها

يعرف التباين الكلى المشاهد باسم تباين الشكل المظهرى Phenotypic Variance ويرمز له بالرمز (V_{Ph})، ونظرا لأن الاختلافات التى تشاهد فى الشكل المظهرى ترجع إلى تأثير كل من التركيب الوراثى، والعوامل البيئية على كل فرد من أفراد العشيرة، لذا فإن.

$$V_{Ph} = V_G + V_E$$

حيث يمثل (V_G) التباين الذى يرجع إلى تأثير التركيب الوراثى أو التباين الوراثى Genotypic Variance، بينما يمثل (V_E) التباين الذى يرجع إلى تأثير البيئة أو التباين البيئى Environmental Variance

التباين البيئى

يقدر التباين البيئى لأية صفة، بحساب مدى التباين فى هذه الصفة فى عشيرة يحمل جميع أفرادها نفس التركيب الوراثى، كأن تكوين جميعها – مثلا – سائدة أصيلة، أو متنحية أصيلة، أو خليط فى الصفة. ويحسب التباين البيئى بالمعادلة التالية

$$V_E = \frac{\sum \times 2 - (\sum \times)^2 / n}{n - 1}$$

حيث تمثل (×) القيمة المشاهدة للصفة لكل فرد من أفراد العشيرة، و (n) عدد أفراد العشيرة، بينما ترمز (Σ) لكلمة مجموع.

تجدر الإشارة إلى أن التباين البيئى لصفة ما لا يكون ثابتًا دائمًا، وإنما يتغير بتغير التركيب الوراثى لأفراد العشيرة فى الصفة المدروسة، وبتغيير الخلفية الوراثية لأفراد العشيرة، فهو يكون أكبر – عادة – فى السلالات الأصيلة (مثل السلالات النقية، أو السلالات المرباة تربية داخلية) عما فى الأصناف العادية (الصادقة التربية، أو المفتوحة التلقيح)، ويقل فى الأصناف الهجين عامة عما فى الأصناف العادية. وبرغم أن تقدير التباين البيئى يختلف بين العشائر غير المتجانسة .. إلا أنه يكون أقل فيها مما فى العشائر الأكثر تجانسًا، باستثناء الأصناف الهجين. وبالإضافة إلى ما تقدم .. فإن التباين البيئى يختلف بين السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة نظرًا لاختلاف مدى تأثر التراكيب الوراثية السائدة الأصيلة والمتنحية الأصيلة بالصفة، أى يحدث تفاعل بين البيئة والتركيب الوراثى فى التأثير على الصفة.

ولذا فإن أفضل تقدير للتباين البيئى يكون هو متوسط التباين البيئى للآباء والجيل الأول (وهى العشائر المتجانسة) كما يلى:

$$V_E = (V_{P1} + V_{P2} + V_{F1})/3$$

حيث تمثل V_{P1}، و V_{P2}، و V_{F1} تباينات أحد الآباء، والأب الثانى، والجيل الأول الهجين بينهما على التوالى.

ويفضل أحيانا - حساب التباين البيئى بالمعادلة التالية

$$V_e = \sqrt[3]{V_{F1} \cdot V_{F2} \cdot V_{F1}}$$

أى على أساس الجذر التكعيبى لحاصل ضرب تباين الأب الأول مع تباين الأب الثانى مع تباين الجيل الأول بينهما

التباين الوراثى

أسرنا - سابقا إلى أن التباين الوراثى (V_G) يعكس القدر الذى يشارك به التركيب الوراثى فى التباين الكلى للصفة، ويمكن تقسيم التباين الوراثى - بدوره - إلى مكونات اصغر، يسهم كل منه بنصيب فى التباين الكلى للصفة وهى كما يلى

١ - تباين التأثير الإضافى للجين أو التباين الإضافى Additve Variance (أو V_A)، وهو مقياس لقيمه التربية Breeding Value، ويرجع إلى اختلاف التراكيب الوراثيه الاصيلة فى التأثير على الصفة، وهو يعد أهم مكونات التباين الوراثى لأنه الوحيد الذى يمكن الاعتماد عليه عند الانتخاب، كما أنه بشكل -- عادة - أكبر نسبة من التباين الوراثى الكلى

٢ تباين تأثير السيادة أو تباين السيادة Dominance Variance (أو V_D)، وهو مقياس للانحراف الذى يعود إلى السيدة dominamce deviation، نتيجة للتفاعل بين الجينات الآليليه، وهو - عادة - يلى التباين الإضافى فى نسبته من التباين الوراثى الكلى

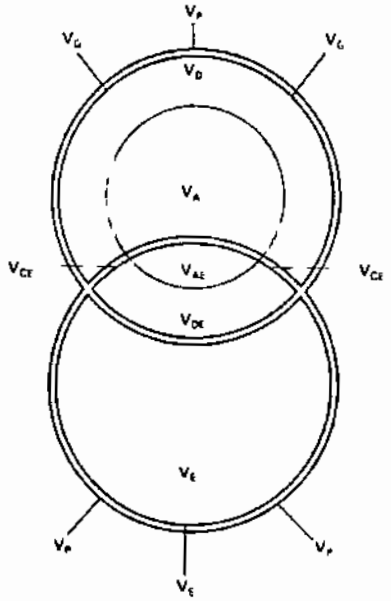
٣ - تباين التفاعل Interactron Variance (أو V_I)، وهو مقياس للانحراف الذى يعود إلى التفاعل interaction deviation بين الجينات غير الآلبلية، أى إلى حالات التفوق epistasis، وهو بشكل - عادة - أقل نسبة من التباين الوراثى الكلى

وبذا فإنه يمكن اعادة صيغة معادلة التباين الكلى لتصبح كما يلى

$$V_{Fa} = V_A + V_D + V_I + V_E$$

ويبين شكل (٥-٥) معظم مكونات التباين التى سبقت الإشارة إليها ويمكن الاستفاده من الشكل فى تفهم العلاقة فيما بينها، خاصة فيما يتعلق بتباينات لم تسبق

الإشارة إليها، وهى تباين التفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة Genotype-Environment Interaction Variance (أو V_{GE})، والذى قسم - بدوره - إلى تباين التفاعل بين التأثير الإضافى والبيئة (V_{AE})، وتباين التفاعل بين تأثير السيادة والبيئة (V_{DE})



شكل (٥-٥): تخطيط للعلاقة بين الأنواع المختلفة من التباينات التى يتكون منها تباين الشكل المظهرى، راجع المتن للتفاصيل (عن Simmonds & Smartt ١٩٩٩).

ويمكن بإجراء التجارب المناسبة تقدير مكونات مختلفة لتباين مواقع إجراء الدراسة sites، ومواسم إجرائها seasons كجزء من التباين البيئى، وكذلك تحديد تباين التفاعلات بين مكونات البيئة وبعضها (V_{EE})، ويبين تأثير التفاعل بين التفاعل الجينى والبيئة (V_{IE}) وتباينات التفاعلات بين مختلف مكونات التباين الوراثى، مثل (V_{AA})، و (V_{AD})، و (V_{DD})، وهى التى تشكل فى مجموعها تباين التفاعل الوراثى (V_I)، وتمثل - على التوالى - تباين التفاعل بين قيمتين من قيم التربية، وتباين التفاعل بين قيمة التربية لأحد المواقع الجينية مع الانحراف العائد إلى السيادة فى موقع جينى آخر، وتباين التفاعل بين اثنين من الانحرافات العائدة إلى السيادة وإذا كان التفاعل بين آليلات أكثر من موقعين جينيين .. فإنه يكون شديد التعقيد.

ونظرا لأن حساب مختلف التفاعلات يكون أمرا معقدا، لذا فإنها تهمل عادة حيث يحسب تباين التفاعل بين التركيب الوراثى والبيئه ضمن التباين البيئى. كما يقسم التباين الوراثى إلى مكوناته الثلاثة الرئيسية (V_A)، و (V_D)، و (V_I) دونما تفصيل لتباين التفاعل، أو قد يقسم إلى مكونين فقط، هما (V_A) وبقية مكونات التباين الوراثى معًا، ذلك لأن فاعليه عملية الانتخاب فى برامج التربية تتحدد - أساسا - بتباين التأثير الإضافى للجين

درجة التوريث

يرتبط مفهوم درجة التوريث Heritability – عادة بالصفات الكمية، إلا إنه لا يوجد ما يحول دون استعمالها مع الصفات البسيطة التى تتأثر كثيرًا بالعوامل البيئية ويعنى بدرجة التوريث مدى تطابق ظهور الصفة فى الأنسال، مع ظهورها فى أبائها من النباتات المنتخبة، أو هى القدرة على توريث صفة ما من نبات منتخب إلى نسله

وتعرف درجتان للتوريث، هما درجة التوريث على النطاق العريض، ودرجه التوريث على النطاق الضيق، بالإضافة إلى ما يعرف بدرجة التوريث المدركة أو الواقعة

تأخذ درجة التوريث على النطاق العريض الرمز H، بينما تأخذ درجة التوريث على النطاق الضيق الرمز h^2، وأحيانا الرمز h إذ إنها ليست مربعًا لقيمة ما وفى أحيان أخرى يميز بين درجتى التوريث باستعمال الحروف التحتية المناسبة، مثل h^2_n لدرجه التوريث على النطاق العريض (broad sense). و h^2_N لدرجة التوريث على النطاق الضيق (narrow sense) كذلك قد يعبر عن درجة التوريث على النطاق العريض broad sense heritability بالرمز BSH، ولدرجة التوريث على النطاق الضيق narrow sense heritability بالرمز NSH

هذا ويعبر عن أى من درجتى التوريث إما على صورة كسر عشرى، واما على صورة نسبه مئوية بضرب الكسر العشرى فى مئة

أهمية درجة التوريث

ترجع أهمية درجة التوريث إلى أن الانتخاب لصفة ما تقل فاعليته كلما انخفضت

درجة التوريث، لأن النباتات المنتخبة ربما لا تعكس حقيقة التراكيب الوراثية المرغوب فيها، لذا .. فإن التعامل مع الصفات ذات درجات التوريث المنخفضة يتطلب أمرين هما.

١ – انتخاب عدد كبير من النباتات التى تظهر بها الصفة، لأن جزءًا كبيرا منها لا يكون ممثلا للتركيب الوراثى المرغوب فيه

٢ – اختبار نسل النباتات المنتخبة قبل الاستمرار فى الاعتماد عليها فى برنامج التربية، ويفضل أن يختبر النسل فى مكررات، عندما تكون الصفة المعنية كمية، وذات درجة توريث شديدة الانخفاض.

هذا وتكون درجة التوريث مرتفعة – عادة – فى الصفات البسيطة والنوعية عامة، بينما تكون منخفضة فى الصفات الكمية، التى تشمل معظم الصفات الاقتصادية المهمة، فنجد أن درجة توريث بعض الصفات فى نبات الذرة - على سبيل المثال – تقدر بنحو ٧٠٪ بالنسبة لصفة طول النبات، و ٢٥٪ بالنسبة للمحصول، و ١٧٪ بالنسبة لصفة طول الكوز

درجة التوريث على النطاق العريض أو المطلق

تحسب درجة التوريث على النطاق العريض Broad Sense Heritability (تكتب اختصارًا BSH، ويرمز لها كثيرًا بالرمز H) بالمعادلة التالية (عن Burton ١٩٥١).

$$BSH = V_G/V_{Ph}$$

حيث يمثل V_G، و V_{Ph} التباين الوراثى والتباين الكلى (تباين الشكل المظهرى Phenotypic Variance) على التوالى، ويحصل على هذه القيم من العلاقات التالية:

$$V_{Ph} = V_{F2}$$

$$V_{F2} = V_G + V_E$$

$$V_E = (V_{P1} + V_{P2} + V_{F1})/3$$

ويتبين من ذلك أن درجة التوريث على النطاق العريض تمثل نسبة التباين الوراثى إلى التباين الكلى، الذى يشمل التباين الوراثى والتباين البيئى، وقد تحسب كنسبة مئوية للتباين الوراثى من التباين الكلى

وقد يحسب التباين البيئى على أساس أنه الجذر التربيعى لحاصل ضرب تباينى الأبوين (Frey & Horner ١٩٥٧)، كما يلى.

$$V_E = \sqrt{V_{E1} \times V_{E2}}$$

وإذا توفرت بيانات عن الصفة فى الجيل الأول فإنه يفضل حساب التباين البيئى على أساس أنه الجذر التكعيبى لحاصل ضرب تباين الجيل الأول فى تباينى الأبوين كما يلى

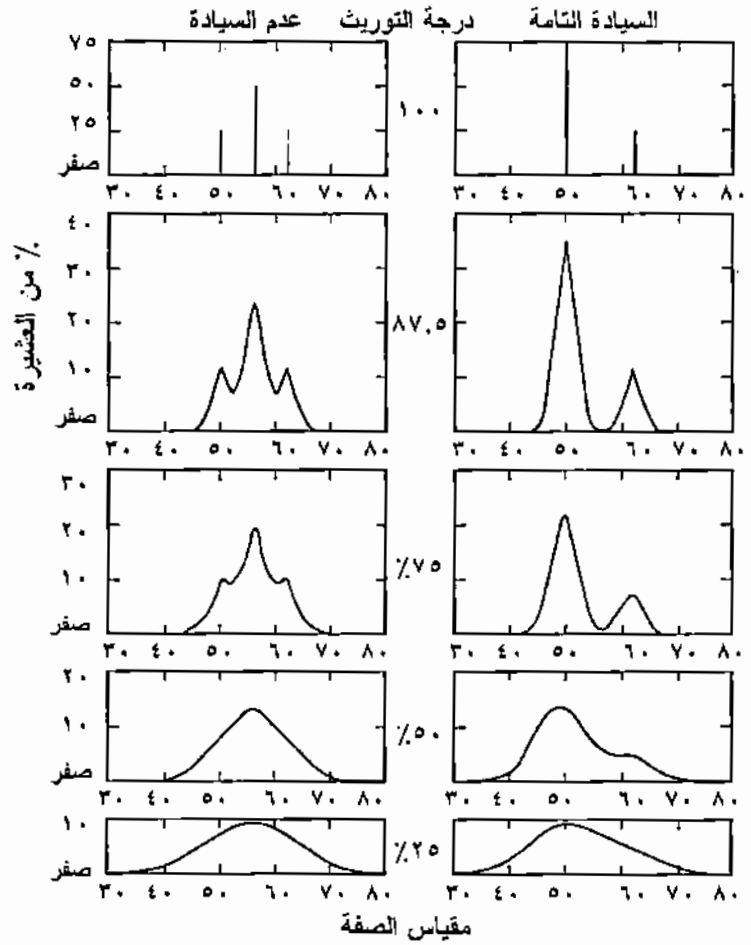
$$V_E = \sqrt[3]{V_{E1} \times V_{E1} \times V_{E2}}$$

يعاب على أى من الطرق السابقة فى حساب التباين البيئى ن الأبوين قد يكون تأثرهما بالعوامل البيئية أعلى بكثير من تأثر نباتات الجيل الثانى، وهو ما يحدث حينما يكون الأبوان سلالات مرباة تربية داخلية من محاصيل تلقح خلطيًا – بدرجة عالية فى الطبيعة، حيث تكون الآباء ضعيفة النمو، بينما تظهر قوة الهجين فى نباتات الجيل الثانى. لذا يفضل – فى حالات كهذه – اعتبار تباين الجيل الأول ممثلا للتباين البيئى

ويتبين من المعادلات المستعملة فى حساب درجه التوريث أن قيمة BSH تزداد كلما قل تأثر الصفة بالعوامل البيئية ويوضح شكل (٥-٦) كيف يبدو ذلك عمليًا فى توزيع صفة بسيطة (يتحكم فيها جين واحد) بين أفراد الجيل الثانى، عند اختلاف درجه التوريث التى تقل – تدريجيًا – من ١٠٠٪ إلى ٢٥٪ مع الاتجاه من أعلى لأسفل فى الشكل، وبينما تمثل الرسوم البيانية فى العمود الأيمن - التوزيع المتوقع للصفه فى حالات السيادة التامة فإن العمود الأيسر يمثل التوزيع المتوقع فى حالات غياب السيدة ويفترض فى جميع الأشكال أن الأبوين يختلفان فى ١٢ وحدة من الوحدات التى تقاس بها الصفة

يلاحظ من الشكل أن الأشكال المظهرية تكون ممثلة تمامًا للتراكيب الوراثية المنعزلة فى الجيل الثانى، حينما لا تتأثر الصفة بالعوامل البيئية، أى حينما تكون درجه التوريث ١٠٠٪، وهو ما يلاحظ عادة فى عديد من الصفات البسيطة، كلون الأزهار مثلا. ومع نقص درجة التوريث إلى ٨٧,٥ يبدأ ظهور تداخل فى الشكل المظهرى بين فئات التراكيب الوراثية الثلاثة فى حالة غياب السيادة، وبين التراكيب السائدة والمتنحية فى حاله السيادة التامه، ويحدث ذلك نتيجة لتأثير البيئة على الشكل

المظهرى للفرد. حيث تزيد قيمة الصفة بدرجات متفاوتة فى بعض الأفراد، وتقل بدرجات متفاوتة – كذلك - فى أفراد أخرى، تحمل جميعها نفس التركيب الوراثى ويزداد هذا التداخل مع زيادة تأثر الصفة بالعوامل البيئية – أى مع نقص درجة التوريث – إلى أن تختفى الحدود بين توزيع فئات التراكيب الوراثية وبينما يقترب توزيع الصفة – بين أفراد الجيل الثانى من التوزيع الطبيعى عند غياب السيادة فإنه يكون منحنا skewed نحو الصفة السائدة فى حالة السيادة



شكل (٥–٦). التوريثات المتوقعة فى الجيل الثانى لصفة بسيطة، يتحكم فيها جين واحد تبلغ درجة توريثها (من أعلى لأسفل فى الشكل) ١٠٠٪، و ٨٧,٥٪، و ٧٥٪، و ٥٠٪، و ٢٥٪ فى حالتى السيادة التامة (العمود الأيمن)، وغياب السيادة (العمود الأيسر) راجع المتن للتفاصيل (عن Allard ١٩٦٤).

درجة التوريث على النطاق الضيق

إن أهم مكونات التباين الوراثى المؤثرة على فاعلية عملية الانتخاب هى التباين الإضافى. فمع افتراض أن الصفة يتحكم فيها جين واحد، ولا تتأثر بالعوامل البيئية (الرسوم العنوية من شكل ٥-٦) نجد أن أى نبات منتخب - عند غياب السيادة - يكون ممثلا للتركيب الوراثى المرغوب، بينما تكون النباتات المنتخبة الحاملة للصفة السائدة - فى حالة السيادة - من أحد تركيبين وراثيين هما. السائد الأصيل، أو السائد الخليط وتزداد الحالة تعقيدا كلما قلت درجة توريث الصفة بطبيعة الحال - كما أن التفاعل بين الجينات غير الآليلية، والتفاعلات بين التأثيرات المختلفة للجينات وبعضها البعض، وبين تأثير الجينات وتأثير البيئة يقلل بدرجة أكبر من جدوى الانتخاب، لأن النباتات المنتخبة لا تكون ممثلة للتراكيب الوراثية المرغب فيها. الأمر الذى لا يتأتى إلا حينما تكون الجينات التى تتحكم فى الصفة ذات تأثير إضافى

ولذا فإن درجة التوريث الأهم للمربى هى تلك التى تأخذ فى الاعتبار نسبة التباين الإضافى (V_A) إلى التباين الكلى (V_{Ph})، أو هى النسبة المئوية للتباين الإضافى من التباين الكلى، وتسمى درجة التوريث على النطاق الضيق Narrow Sense Heritability (تكتب اختصارا NSH، ويرمز لها - كثيرًا بالرمز h^2)، وتكتب معادلتها العامة كما يلى

$$NSH = V_A/V_{Ph}$$

بعد التباين الإضافى (V_A) أهم مكونات هذه المعادله، وتتبع عدة طرق لإيجاده، أو لإيجاد درجة التوريث على النطاق الضيق مباشرة، نتناولها بالشرح فيما يلى

● تقدر مكونات التباين الوراثى بزراعة عشائر الأباء والجيلين الأول والثانى والتلقيحات الرجعية - معا - فى وقت واحد، وحساب القيمة المشاهدة للصفة موضع الدراسة فى كل فرد من كل عشيرة، ثم حساب تباين الصفة فى كل عشيرة بالمعادلة العامة التى سبق شرحها لدى التباين البيئى، وهى

$$V = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{n - 1}$$

وبذا .. يمكن الحصول على تباين الأبوين (V_{P1}، و V_{P2}) وتباين الجيلين الأول والثانى (V_{F1}، و V_{F2} على التوالى)، وتباين التلقيحين الرجعيين للأبوين (V_{B1}، و V_{B2} للأبوين الأول والثانى على التوالى)

● تقدر – بعد ذلك – مكونات التباين الوراثى؛ بالاستنباط من المعادلات التالية (عن Simmonds & Smartt ١٩٩٩):

$$V_{F2} = V_A + V_D + V_E$$
$$V_{B1} + V_{B2} = V_A + 2V_D + 2V_E$$
$$V_E = (V_{P1} + V_{P2} + V_{F1})/3$$

ويحسب التباين الإضافى بطرح حاصل ضرب المعادلتين الأولى والثانية من المعادلة الثانية، ثم تحسب قيمة تباين السيادة بطرح التباين الإضافى من التباين الوراثى.

● كما يمكن تقدير مكونات التباين الوراثى كما يلى (عن Benepal & Hall ١٩٦٧):

$$V_A = 2(V_{F2} - ¼\ V_D - V_E)$$
$$V_D = 4(V_{B1} + V_{B2} - V_{F2} - V_E)$$

حيث إن V_A، و V_D هما تباينا الإضافة والسيادة، على التوالى.

● تقدر مكونات التباين الوراثى كذلك بالمعادلات التالية (Warner ١٩٥٢):

$$V_A = 2V_{F2} - V_{B1} - V_{B2}$$
$$V_D = V_{F2} - V_E - V_A$$

● وتقدر درجة التوريث على النطاق الضيق – مباشرة – بالمعادلة التالية (عن Warner ١٩٥٢):

$$NSH = [2V_{F2} - (V_{B1} + V_{B2})]/V_{F2}$$

● كما تقدر مباشرة – كذلك – بالمعادلة التالية (عن Sheppard ١٩٧٣):

$$NSH = ½\ V_A/(½\ V_A + ¼\ V_D + V_E)$$

● تقدر كذلك درجتا التوريث على النطاق العريض BSH، وعلى النطاق الضيق NSH باستعمال طريقة Mather & Jinks (١٩٧٧) لمكونات التباين بالتعريض فى المعادلات التالية:

$$V_A = V_{F2} - (V_{B1} - V_{B2})$$

$V = (V_1 + V_{11} + V_{12})/3$

$V_D = V_{10} - V_A - V_I$

BSH (h^2_D) = $(V_A + V_D)/V_P$

NSH (h^2_A) = V_A/V_P