حيث تمثل (V_{mxf}) تباين التفاعل بين الذكور والإناث ، و (V_e) تباين الخطأ التجريبى، و r عدد المكررات المستعملة فى التصميم الإحصائى . وتكون مصادر الاختلافات ودرجات الحرية فى التحليل الإحصائى على النحو التالى :

مصادر الاختلافات	درجات الحرية	التباين
المكررات (r)	r-1	
الذكور (m)	m-1	M_4
الإناث (f)	f-1	M_3
الذكور × الإناث	(m-1) (f-1)	M_2
الخطأ التجريبي	(r-1) (mf-1)	M_1
الكلى	rmf-1	

علماً بأن توقعات التباينات المختلفة تتضمن ما يلى :

$$M_4 = V_e + r\,(Cov\ FS - Cov\ HS_f - Cov\ HS_m) + rf\,Cov\ HS_m$$

$$M_3 = V_e + r\,(Cov\ FS - Cov\ HS_f - Cov\ HS_m) + rm\ Cov\ HS_f$$

$$M_2 = V_e + r\,(Cov\ FS - Cov\ HS_f - Cov\ HS_m)$$

$$M_1 = V_e$$

حيث يمثل (V_e) تباين الخطأ التجريبى ، و (Cov FS) التباين المرافق لعائلات الأقارب التامة ، و ($Cov\ HS_f$) التباين المرافق لعائلات أنصاف الأقارب حينما تكون الأم(الأنثى) مشاركة فى كل التلقيحات ، و ($Cov\ HS_m$) التباين المرافق لعائلات أنصاف الأقارب ، حينما يكون الأب (الذكر) مشاركا فى كل التلقيحات (عن Sprague ١٩٦٦، Fehr ١٩٨٧)

درجة التوريث

يرتبط مفهوم درجة التوريث Heritability – عادة – بالصفات الكمية ، إلا إنه لايوجد ما يحول دون استعمالها مع الصفات البسيطة التى تتأثر كثيراً 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 . ويرمز لدرجة التوريث – عادة – بأحد الرمزين h^2 ، أو H وسيكتفى بالرمز الأخير (H) – عادة – للدلالة على درجة التوريث فى هذا الكتاب ، وهى ليست مربعاً لقيمة ما ، بل هى نسبة ، وتعرف درجتان للتوريث ، هما درجة التوريث على النطاق العريض ، ودرجة التوريث على النطاق الضيق ، بالإضافة إلى مايعرف بـ درجة التوريث المدركة أو الواقعة .

درجة التوريث على النطاق العريض أو المطلق

تحسب درجة التوريث على النطاق العريض Broad Sense Heritability (تكتب اختصارا BSH ، ويرمز لها كثيرا بالرمز H) بالمعادلة التالية (عن Burton ١٩٥١) :

$$BSH = \frac{V_G}{V_{Ph}}$$

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 :

$$V_{Ph} = V_{F_2}$$

$$V_{F_2} = V_G + V_E$$

$$V_E = (V_{P_1} + V_{P_2} + V_{F_1}) / 3$$

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) :

$$V_E = \sqrt{V_{P_1} \times V_{P_2}}$$

وإذا توفرت بيانات عن الصفة فى الجيل الأول .. فإنه يفصل حساب التباين البيئى على

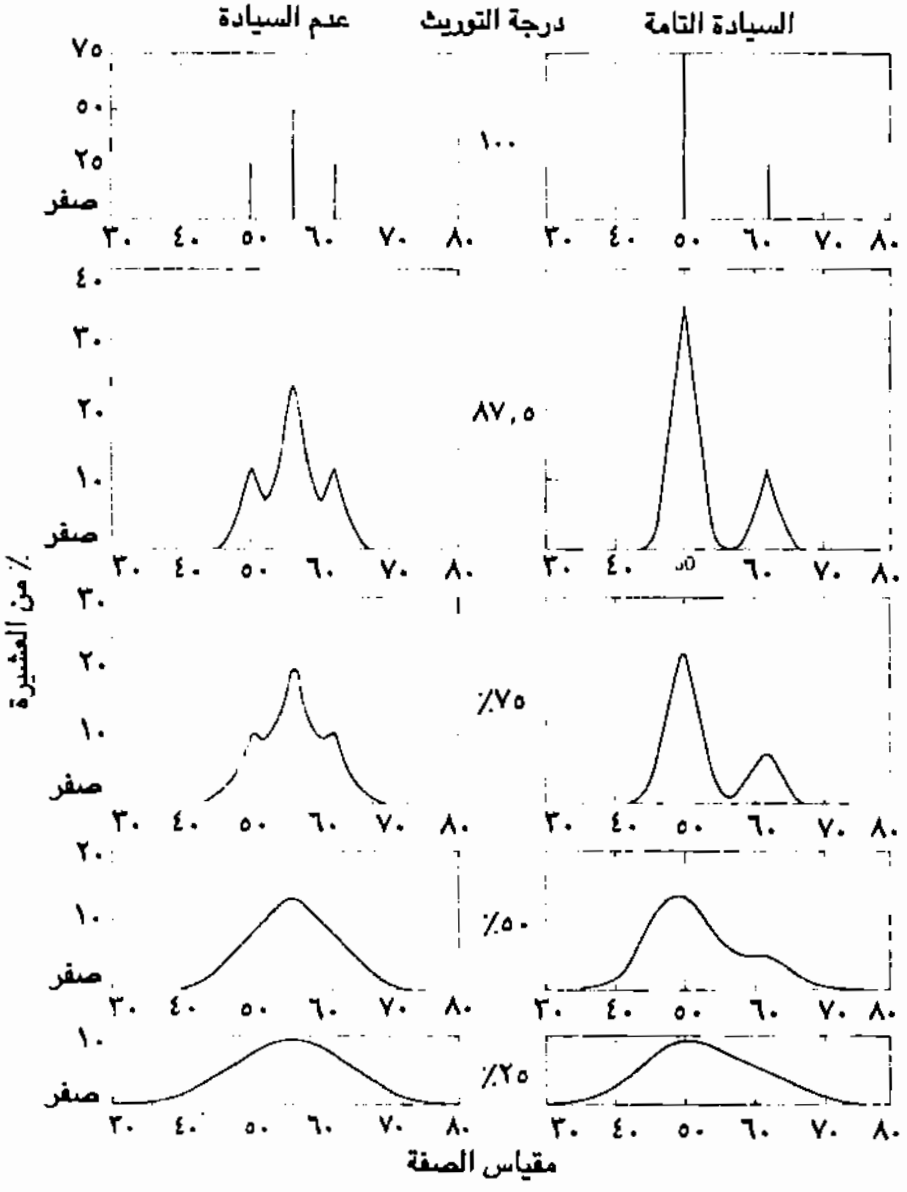
أساس أنه الجذر التكعيبى لحاصل ضرب تباين الجيل الأول فى تباينى الأبوين كما يلى :

$$V_E = \sqrt[3]{V_{F1} \times V_{P1} \times V_{P2}}$$

يعاب على أى من الطرق السابقة فى حساب التباين البيئى أن 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 - خلطياً - 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 ممثلاً للتباين البيئى .

ويتبين من المعادلات المستعملة فى حساب درجة التوريث أن قيمة BSH تزداد كلما قل تأثر الصفة بالعوامل البيئية . ويوضح شكل (٤ - ٥) كيف يبدو ذلك عمليا فى توزيع صفة بسيطة (يتحكم فيها جين واحد) بين أفراد الجيل الثانى ، عند اختلاف درجة التوريث التى تقل - تدريجياً - من ١٠٠٪ إلى ٢٥٪ مع الاتجاه من أعلى لأسفل فى الشكل ، وبينما تمثل الرسوم البيانية - فى العمود الأيمن - التوزيع المتوقع للصفة فى حالات السيادة التامة .. فإن العمود الأيسر يمثل التوزيع المتوقع فى حالات غياب السيادة . ويفترض فى جميع الأشكال أن الأبوين يختلفان فى ١٢ وحدة من الوحدات التى تقاس بها الصفة .

يلاحظ من الشكل أن الأشكال المظهرية تكون ممثلة تماماً للتراكيب الوراثية المنعزلة فى الجيل الثانى ، حينما لا تتأثر الصفة بالعوامل البيئية ؛ أى حينما تكون درجة التوريث ١٠٠٪ ، وهو ما يلاحظ - عادة - فى عديد من الصفات البسيطة ؛ كلون الأزهار مثلاً ، 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 حالة السيادة التامة ؛ 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



شكل (٤ – ٥) : التوزيعات المتوقعة في الجيل الثاني لصفة بسيطة ، يتحكم فيها جين واحد تبلغ درجة توريثها (من أعلى لأسفل في الشكل) ١٠٠٪ ، ٨٧٫٥٪ ، و ٧٥٪ ، ٥٠٪ ، ٢٥٪ فى حالتى السيادة التامة (العمود الأيمن) ، وغياب السيادة (العمود الأيسر) راجع المتن للتفاصيل (عن Allard ١٩٦٤) .

فئات التراكيب الوراثية . وبينما يقترب توزيع الصفة – بين أفراد الجيل الثانى – من التوزيع الطبيعى عند غياب السيادة .. فإنه يكون مجنحاً Skewed نحو الصفة السائدة فى حالة السيادة . 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 . وترجع 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 جزءا كبيراً منها لايكون ممثلاً 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 .

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 ، ولاتتأثر بالعوامل البيئية (الرسوم العلوية من شكل ٤ – ٥) .. نجد أن أى نبات منتخب – عند غياب السيادة – يكون ممثلاً 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 تعقيداً كلما قلت درجة توريث الصفة – بطبيعة الحال – كما أن التفاعل بين الجينات غير الأليلية ، والتفاعلات بين التأثيرات المختلفة للجينات وبعضها البعض ، وبين تأثير الجينات وتأثير البيئة يقلل بدرجة أكبر من جدوى الانتخاب ؛ لأن النباتات المنتخبة لاتكون ممثلة للتراكيب الوراثية المرغوب فيها ، الأمر الذى لايتأتى 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 - كثيراً - بالرمز h^2) ، وتكتب معادلتها العامة كما يلى :

$$NSH = \frac{V_A}{V_{Ph}}$$

يعد التباين الإضافى (V_A) أهم مكونات هذه المعادلة ، وتتبع عدة طرق لإيجاده ، أو لإيجاد درجة التوريث على النطاق الضيق مباشرة ، نتناولها - بالشرح - فى الجزء التالى .

طرق تقدير درجة التوريث على النطاق الضيق

يتأثر تقدير درجة توريث صفة ما بعديد من العوامل ؛ ولذا .. فإن القيم المتحصل عليها يجب أن تفسر فى نطاق الطريقة التى اتبعت للحصول عليها ؛ ذلك لأن قيم التباين الإضافى لصفة ما .. قد تختلف من صنف إلى آخر ، ومن عشيرة وراثية لأخرى ، كما أن درجة التوريث هى حاصل قسمة قيمتين ، يكون فيهما التباين البيئى (V_E) أحد المكونات الهامة للمقام ، وهو الذى يتأثر كثيراً بالتصميم التجريبى المتبع ، وبعدد المكررات المستعملة ، ومساحة الوحدات التجريبية ... إلخ . وفيما يلى .. شرح لبعض الطرق المتبعة فى تقدير التباين الإضافى ، أو فى تقدير درجة التوريث على النطاق الضيق مباشرة .

طريقة تحليل مكونات التباين :

١- تتبع أى من الطرق التى سبق بيانها عند مناقشة مكونات التباين الوراثى فى تقدير التباين الإضافى وهى طرق : تصميم دياليل ، والتصميم رقم (١) ، والتصميم رقم (٢) . ويستعمل تقدير التباين الإضافى بعد ذلك فى حساب درجة التوريث على النطاق الضيق باستعمال المعادلة العامة .

٢- طريقة ارتداد الأنسال على الآباء :

ينسب إلى Lush عام ١٩٤٠ (عن Fehr ١٩٨٧) طريقة ارتداد الأنسال على الآباء Parent-Offspring Regression لتقدير درجة التوريث على النطاق الضيق مباشرة ؛ حيث تمثل قيمة معامل الارتداد (b) درجة التوريث فى المعادلة :

$$Y_i = a + b\,x_i + e_i$$

حيث تمثل (Y_i) متوسط قيمة الصفة فى نسل الأب (i) الذى تبلغ قيمة الصفة فيه (X_i) و (a) المتوسط العام للصفة فى جميع الآباء المستعملة ، و (e_i) الخطأ التجريبى المصاحب لتقدير X_i ؛ أما(b) فهى معامل الارتداد الخطى linear regression coefficient .

ويقصد بالآباء فى العشائر النباتية أى نبات أو سلالة عشوائية من العشيرة . ويقصد بالنسل النباتات التى تنمو من زراعة البذور التى تحصد من النباتات المنتخبة ، سواء نتجت هذه البذور بطريقة التلقيح الذاتى selfed progeny أم بطريق التلقيح الخلطى العشوائى half-sib progeny . كما يمكن استعمال ارتداد الأنسال على متوسط قيمة الأبوين الذى يمثل العلاقة بين متوسط الصفة فى الأبوين mid-parent point ، ونسلهما المشترك full-sib offspring . وتستعمل - عادة - نباتات الجيل الثانى - الذى نفترض أن تتوفر فيه جميع الاختلافات الوراثية - فى تقدير معامل الارتداد الخطى ؛ حيث تنتخب مجموعة كبيرة - نسبياً - من النباتات ، تكون ممثلة لكافة الأشكال المظهرية المشاهدة ، ثم تؤخذ أنسالها ، ويقدر متوسط الصفة فى كل نسل على حدة ، ويلى ذلك .. حساب معامل الارتداد بالمعادلة السابقة ، وتتوقف قيمة درجة التوريث على النطاق الضيق على طريقة الحصول على النسل كما يلى :

أ - عندما تكون الأنسال ناتجة من التلقيح العشوائى بين النباتات المنتخبة وبقية النباتات فى الحقل :

تكون نصف الأليلات فى كل نسل فى هذه الحالة من النبات المنتخب (الأب) ، والنصف الآخر من بقية العشيرة ؛ ولذا .. فإن قيمة (b) المحسوبة تمثل نصف درجة

التوريث ؛ أى إن درجة التوريث تكون فى هذه الحالة ضعف قيمة (b) . وتحسب قيمة (b) بالطريقة الإحصائية العادية ، التى يمكن الاطلاع على تفاصيلها فى أى من مراجع الإحصاء ؛ مثل Cochran & Cox (١٩٥٧) ، و Steel & Torrie (١٩٦٠) ، و Snedecor & Cochran (١٩٦٧) ، و Little & Hills (١٩٧٨) ، و Gomez & Gomez (١٩٨٤) .

ويتبين لدى التحليل الوراثى الإحصائى للطريقة التى يتم بها تقدير (b) فى هذه الحالة أنها تمثل كلا من التباين الإضافى وتباين التفاعل ، نسبة إلى التباين الكلى ، ولكنها لاتتضمن أى جزء من تباين السيادة ، لذا .. فإنه يمكن اعتبارها ممثلة لنصف قيمة درجة التوريث على النطاق العريض ، إلا إذا كان للتفاعل بين الجينات غير الأليلية أهمية كبيرة .

ب – عندما تكون الأنسال ناتجة من التلقيح الذاتى :

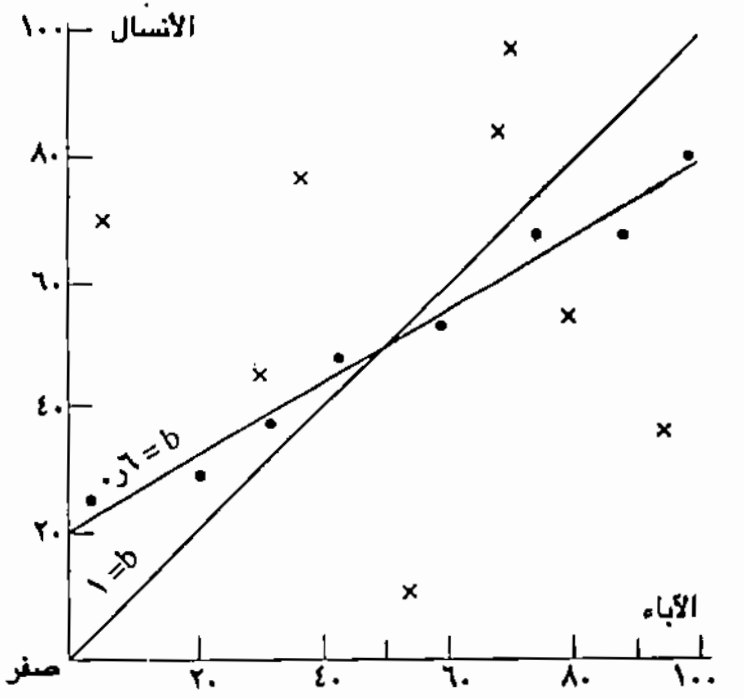
تكون جميع الأليلات فى كل نسل فى هذه الحالة من النبات المنتخب ، وتكون قيمة (b) ممثلة لدرجة التوريث مباشرة .

جـ – الأنسال الناتجة من التلقيح بين آباء منتخبة :

تعرف الانسال الناتجة فى هذه الحالة بأنها أنسال الأقارب full-sib progenies . ويلزم – فى هذه الحالة – تقدير الصفة فى كل أبوين يجرى تلقيحهما ، ثم تحسب القيمة الوسطية للصفة بينهما ، ومتوسط قيمة الصفة فى نسلهما ، ويكون ارتداد الأنسال محسوباً على القيمة الوسطية للآباء ، وتكون جميع الأليلات فى كل نسل من النبات المنتخب ، وتكون قيمة (b) المحسوبة ممثلة لدرجة التوريث مباشرة ، وهى تمثل التباين الإضافى وتباينات الطرز الإضافية لحالات التفوق (التفاعلات بين الجينات غير الأليلية) ؛ لذا .. يمكن اعتبار (b) ممثلة لدرجة التوريث على النطاق الضيق إذا كانت تفاعلات الإضافة غير مهمة .

يبين شكل (٤ – ٦) مثالاً نظريًا لثلاث حالات من ارتداد الأنسال على الآباء ، هى فى حالة h=1 (أى إن درجة التوريث ١٠٠/) ، h= ٦٠ . (أى إن درجة التوريث عالية) ،

و b= صفراً (أى إن درجة التوريث = صفراً) . يتبين من الشكل كيف تكون قيم الأنسال ممثلة تماما لقيم الآباء ، حينما تكون قيمة (b) واحداً صحيحاً ، وكيف أنها تكون متناثرة بالقرب من خط الإرتداد حينما تكون قيمة (b) عالية (وهى القيم الممثلة فى الشكل بالنقط السوداء) ، وكيف أنها تتناثر دونما علاقة بقيم الآباء عندما تكون درجة التوريث مساوية للصفر (وهى القيم الممثلة فى الشكل بحروف x).أما شكلا (٤ – ٧) ، و (٤ – ٨) .. فيبينان تقديرين مختلفين لدرجة توريث صفة واحدة ، هى المقاومة لعفن الجذور الجاف (الفيوزارى) فى الفاصوليا ، ولكن من مصدرين مختلفين هما السلالة 12-2114 فى شكل (٤ – ٧) ، والسلالة N203 فى شكل (٤ – ٨) .



شكل (٤ – ٦) : مثال نظرى لثلاث حالات من ارتـــداد الأنسال علـــى الآباء هـــى b =١ ، و b =٠,٦ ، و b = صفراً . راجع المتن للتفاصيل (عن Simmonds ١٩٧٩) .

ويعتمد تقدير درجة التوريث بطريقة ارتداد الأنسال على آبائها على عدة فروض هى :

(أ) أن تكون النباتات ثنائية المجموعة الصبغية .

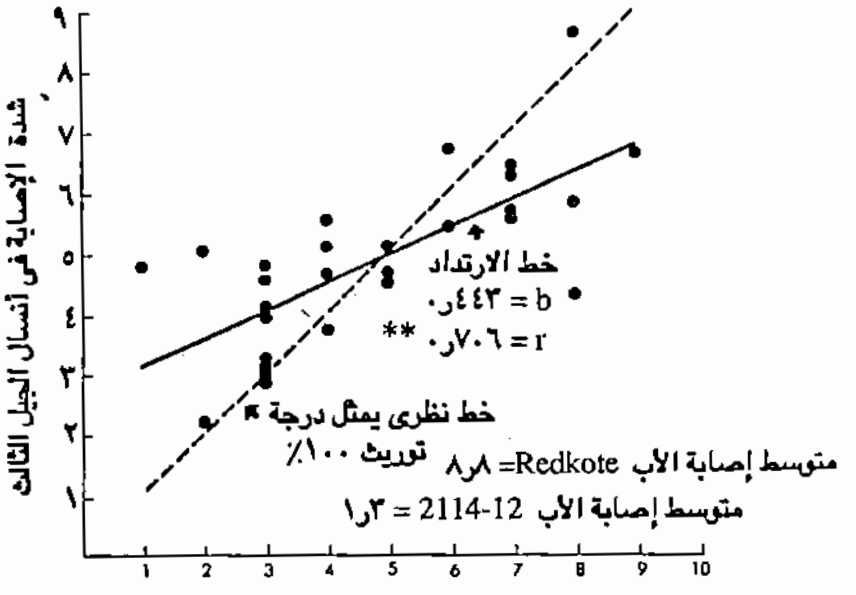
(ب) أن تكون العشيرة ناتجة من تلقيح عشوائى .

(جـ) ألا يوجد ارتباط بين الجينات المتحكمة فى الصفة .

(د) ألا تكون الآباء سلالات مرباة تربية داخلية .

(هـ) ألا يوجد ارتباط بيئى بين سلوك الآباء والأنسال .

ويؤدى عدم توفر أى من هذه الفروض إلى أن يصبح تقدير التوريث متحيزاً ، ولايشكل ذلك مشكلة – عادة – حينما تُوزع الآباء والأنسال عشوائياً مستقلة عن بعضها فى تجربة



شكل (٤ – ٧) : ارتداد أنسال الجيل الثالث على آبائها من نباتات الجيل الثاني لصفة المقاومة لعفن الجذور الجاف (الفيوزاري) للتلقيح 12-2114 x Redkote فى الفاصوليا (عن Hassan وآخرين ١٩٧١) .

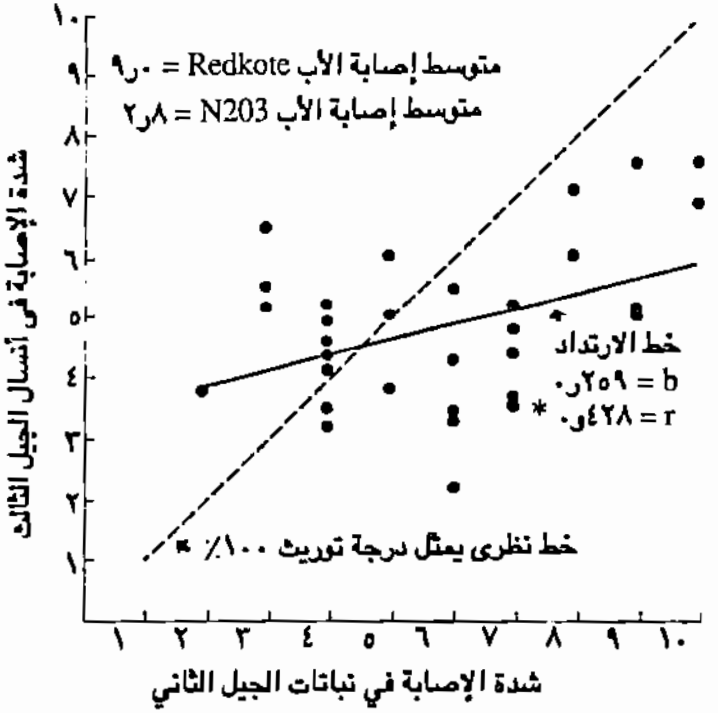
بمكررات . كما يمكن أخذ معامل تصحيح فى الاعتبار ، عندما تكون الآباء مرباة داخليا .

٣- طريقة التلقيحات الرجعية

تحسب درجة التوريث فى طريقة التلقيحات الرجعية بالمعادلة التالية (Warner١٩٥٢) :

$$NSH = \frac{2V_{F_2} - (V_{F_2B_1} + V_{F_2B_2})}{V_{F_2}}$$

حيث يمثل (V_{F_2}) تباين الجيل الثانى للتلقيح الفردى بين أبوين (P_1) ، و (P_2) ، بينما يمثل $V_{F_2B_1}$ ، و $V_{F_2B_2}$ تباين الجيل الثانى للتلقحيات الرجعية بين نباتات الجيل



شكل (٤ – ٨) : ارتداد أنسال الجيل الثالث علي آبائها من نباتات الجيل الثاني لصفة المقاومة لعفن الجذور الجاف (الفيوزاري) للتلقيح Redkote x N203 (عن Hassan وآخرين ١٩٧١) .

الأول للتلقيح الفردى السابق وكل من أبوى التلقيح (P_1) ، و (P_2) على التوالى . ويمثل البسط فى المعادلة السابقة التباين الإضافى فقط ؛ لذا .. فإن المعادلة تعد مقياساً لدرجة التوريث على النطاق الضيق .

درجة التوريث المدركة أو الواقعة

تستنبط درجة التوريث المدركة أو الواقعة Realized Heritability (تكتب اختصاراً RH) من النتائج التى يحققها الانتخاب فى جيل واحد ؛ وهى درجة توريث واقعية تأخذ فى الاعتبار ما أمكن تحقيقه بالفعل من تقدم أثناء الانتخاب ، وتحسب بإحدى المعادلتين التاليتين (Falconer ١٩٨١) :

$$RH = \frac{\bar{X}_s F_3 - \bar{X}F_3}{\bar{X}_s F_2 - \bar{X}F_2}$$

أو

$$RH = \frac{\bar{X}_{high} F_3 - \bar{X}_{low} F_3}{\bar{X}_{high} F_2 - \bar{X}_{low} F_2}$$

يعتمد حساب درجة التوريث فى المعادلة الأولى على تقديرات متوسط الصفة فى عشيرة جيل ثان ($\bar{XF}_2$) لتلقيح فردى ، وفى مجموعة من النباتات المنتخبة منه ($\bar{X}_S F_2$) ، وفى الجيل الثالث عامة ($\bar{X}F_3$) ، وفى نسل النباتات المنتجة من الجيل الثانى ($\bar{X}_S F_3$) . وقد تجرى الحسابات على أساس نباتات فردية، أو لوطات مكررة لمختلف العشائر الداخلة فى حساب درجة التوريث ،أو على أساس المتوسط العام لكل عشيرة .

أما فى المعادلة الثانية .. فإن حساب درجة التوريث يعتمد على تقديرات متوسط الصفة فى أعلى ($\bar{X}_{high} F_2$) ، وأقل ($\bar{X}_{low} F_2$) مجموعة من نباتات الجيل الثانى فى الصفة، ومتوسط الصفة فى كل من فئتى النباتات المنتخبة فى الجيل الثالث ($\bar{X}_{high} F_3$) للفئة العالية فى الصفة ، و ($\bar{X}_{low} F_3$) للفئة المنخفضة فى الصفة .

يعاب على درجة التوريث هذه أنها ربما لاتمثل درجة التوريث الحقيقية ، بسبب احتمالات وجود تأثير متنظم للبيئة فى التراكيب الوراثية فى العشيرة ، أو حدوث تدهور فى قوة النمو مع التربية الداخلية .

العوامل المؤثرة على دقة تقديرات درجة التوريث

تختلف درجة التوريث باختلاف الطريقة المتبعة فى تقديرها ، كما تتأثر دقة التقدير فى كل طريقة بثلاثة عوامل ، هى كما يلى (عن Fehr ١٩٨٧) :

١- الاحتياطات التى يتخذها المربى لتقليل الخطأ التجريبى experimentall error إلى أدنى مستوى ممكن ، حيث تزيد دقة التقدير كلما انخفض الخطأ التجريبى .

٢- عدد المواقع locations ، والسنوات years التى يجرى فيها اختبار درجة التوريث ، عندما يكون الاختبار على أساس متوسط المداخل (العشائر الوراثية) entry-mean basis حيث يتأثر التقدير بعدد النباتات فى كل مكررة ، وعدد المكررات ، وعدد المواقع ، وعدد سنوات تقييم التركيب الوراثى ؛ فيؤدى الإخفاق فى تقدير تباينات : تفاعل التركيب الوراثى × الموقع (V_{gl}) ، والتركيب الوراثى × السنة (V_{gy}) ، والتراكيب الوراثى × الموقع × السنة (V_{gly}) إلى ظهور زيادة غير حقيقة فى تقدير درجة التوريث . ولايمكن فصل التباين الوراثى (V_G) عن تباينات التفاعل الثلاثة ، إلا إذا قُيِّمَتْ التراكيب الوراثية فى موقعين ، وعلى مدى سنتين كحد أدنى ؛ وبخلاف ذلك .. فإن البسط فى معادلة حساب درجة التوريث .. سوف يحتوى على ما يلى :

(أ) V_G ، و V_{gl} فى حالة إجراء التقييم فى موقع واحد على مدى سنتين أو أكثر .

(ب) V_G ، و V_{gy} فى حالة إجراء التقييم فى موقعين أو أكثر فى موسم زراعى واحد .

(جـ) V_G ، و V_{gl} ، و V_{gy} ، و V_{gly} فى حالة إجراء التقييم فى موقع واحد ، ولموسم زراعى واحد .

٣- عدم التوازن بين حالتى الارتباط التزاوجى (AB/ ab) ، والتنافرى (Ab / aB) ، وهو مايعرف باسم linkage disequilibrium ، الذى يحدث عندما لاتكون حالتا الارتباط بنفس النسبة فى العشيرة . وتؤدى الزيادة الكبيرة – فى حالة الارتباط التزاوجى – إلى ظهور زيادة غير حقيقية فى تقديرات تباينى الإضافة والسيادة ، بينما تؤدى الزيادة الكبيرة فى حالة الارتباط التنافرى إلى ظهور زيادة غير حقيقية فى تباين السيادة ، ونقص

غير حقيقى فى التباين الإضافى ، ويمكن تقليل حالة عدم التوازن تلك بالتزاوج العشوائى لأفراد العشيرة ، ويتوقف عدد الأجيال للوصول إلى التوازن على قوة الارتباط .

التفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة

تشمل البيئة جميع العوامل الجوية والأرضية بالإضافة إلى العمليات الزراعية المتبعة ، وهى تؤثر - منفردة ، ومجتمعة - فى أداء التراكيب الوراثية كما سبق أن أوضحنا ، ويحدث التفاعل بين التراكيب والبيئة حينما يختلف الأداء النسبى للتراكيب الوراثية المختلفة فى البيئات المختلفة . وبينما يمكن التنبؤ ببعض مكونات البيئة (مثل نوع التربة وموعد الزراعة ، وكثافة الزراعة) .. فإن بعض المكونات الأخرى لايمكن التنبؤ بها مثل موقع الزراعة وسنة الزراعة ، ويعطى كل منها تفاعلاً خاصاً به مع التركيب الوراثى ؛ مثل تفاعلات التركيب الوراثى × نوع التربة ، والتركيب الوراثى × موعد الزراعة ، والتركيب الوراثى × كثافة الزراعة ، والتركيب الوراثى × الموقع ، والتركيب الوراثى × السنة ، والتركيب الوراثى × الموقع × السنة .

ويبيِّن شكل (٤ - ٩) ثلاثة طرز لكيفية تأثر أداء التراكيب الوراثية بالتغير فى العوامل البيئية . نجد فى الحالة الأولى (I) أن أداء (محصول) كلا الصنفين أعلى فى البيئة (ب) عما فى البيئة (أ) ، ولايوجد أى تفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة لأن الصنف الأعلى محصولا (١) ظل متفوقا على الصنف الآخر(٢) بمقدار ٢٠ وحدة فى كلتا البيئتين . أما الحالتان الأخريان .. فيظهر فيهما تفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة ؛ لاختلاف التأثر النسبى لمحصول الصنفين فى البيئتين ؛ فنجد فى الحالة (II) أن محصول كلا الصنفين أعلى فى البيئة (ب) مما فى البيئة (أ) ، ورغم أن الزيادة فى محصول الصنف (١) كان أكبر بكثير مما فى الصنف (٢) .. إلا أن الوضع النسبى للصنفين بقى كما هو ، ويتشابه الوضع فى الحالة (II) مع الحالتين الأخريين فى أن محصول الصنفيين أعلى فى البيئة (ب) مما فى البيئة (أ) ، إلا أن الزيادة فى محصول الصنف (٢) كانت أعلى بكثير مما فى الصنف (١) ؛ مما أدى إلى اختلاف الوضع النسبى لأداء (محصول) الصنفين ، بحيث أصبح الصنف (٢) أعلى محصولاً من الصنف (١) فى البيئة (ب) ، بعد أن كان أقل منه محصولاً فى البيئة (أ) (Allard & Bradshaw ، ١٩٦٤ Fehr ، ١٩٨٧) .