



السنة : الخامسة
القسم : الإنتاج الحيواني
الاختصاص : المجترات

علم التحسين الوراثي
للحيوانات الزراعية

منشورات جامعة دمشق

كلية الزراعة



علم التحسين الوراثي للحيوانات الزراعية

د. بسام سعد الله عيسى

الأستاذ المساعد في قسم الإنتاج الحيواني

جامعة دمشق : ١٤٢٦ - ١٤٢٧

٢٠٠٥ - ٢٠٠٦



فهرس الموضوعات

الصفحة	الموضوع
١١	المقدمة
١٣	الفصل الأول
١٥	أسس دراسة العشائر
١٥	١-١ تعريف العشيرة
١٧	٢-١ التكرار الوراثي وتكرار المورثات
٢٧	٣-١ العوامل المؤثرة في التوازن الوراثي
٢٧	١-٣-١ التزاوج المنتظم
٢٩	٢-٣-١ الهجرة
٣٠	٣-٣-١ الانتخاب
٣٤	٤-٣-١ الانحراف الوراثي
٣٥	٥-٣-١ الطفرة
٣٧	٤-١ البناء الوراثي للعشيرة في حالات معقدة
٣٧	١-٤-١ القران المتعددة
٣٩	٢-٤-١ المورثات المرتبطة بالصيغيات الجنسية
٤٣	الفصل الثاني
	القيم المتوسطة والآثار الوراثية للصفات الكمية
٤٥	١-٢ نموذج تشكيل الصفة .
٤٦	٢-٢ مكونات قيم الصفات المظهرية .
٤٩	٣-٢ متوسط العشيرة والآثار الوراثية لموقع وراثي واحد .
٥٠	٣-٢ - ١ متوسط العشيرة .
٥٢	٢-٣-٢ آثار وتأثير المورثات .
٥٥	٤-٢ علاقات آثار المورثات بمكونات قيمة النموذج الوراثي

التباين والتباين المشترك

- ٦٥ ١-٣ تباين الصفات .
- ٦٧ ١-٣-١ مكونات التباين المظهري .
- ٦٨ ١-٣-٢ مكونات التباين الوراثي لموقع وراثي ما .
- ٧٢ ١-٣-٢ التباين المشترك بين الأفراد الأقارب .
- ٧٢ ١-٣-٢-١ تعريف وأهمية التباين المشترك .
- ٧٤ ١-٣-٢-٢ استنتاج التباين المشترك بين الأهل والنسل .
- ٧٧ ١-٣-٢-٣ استنتاج التباين المشترك بين الأخوة .
- ٧٩ ١-٣-٣ الطريقة الشاملة لاستنتاج التباين المشترك لعدد n من المواقع
- ٨٠ ١-٣-٣ التوائم المتطابقة .
- ٨٢ ١-٣-٣ الأخوة الأشقاء .
- ٨٣ ١-٣-٣ الأخوة أنصاف الأشقاء
- ٨٣ ١-٣-٤ الأهل والنسل .

الفصل الرابع

المؤشرات الوراثية للعشائر

- ٨٧ ١-٤ مؤشرات العشيرة .
- ٨٨ ٢-٤ المكافئ الوراثي .
- ٩٢ ١-٢-٤ تقدير المكافئ الوراثي
- ٩٢ ١-٢-٤-١ تقدير المكافئ الوراثي من دون انتخاب .
- ٩٢ ١-٢-٤-٢ تحليل التباين بين الأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء
- ٩٨ ١-٢-٤-٢ تحليل العلاقة بين الأهل والنسل .
- ١٠٢ ١-٢-٤-٢ تقدير المكافئ الوراثي بعد الانتخاب .
- ١٠٤ ٣-٤ الارتباط الوراثي .
- ١٠٥ ١-٣-٤ تقدير معامل الارتباط الوراثي من خلال تحليل الارتباط أو الاتحاد .
- ١٠٨ ٢-٣-٤ تقدير الارتباط الوراثي بواسطة تحليل للتباين والتباين المشترك للأخوة .
- ١١٠ ٤-٤ معامل التكرار .

الفصل الخامس

اختبارات الإنتاج

- ١١٥ ٥ - ١ الأسس العامة لتنفيذ اختبارات الإنتاج .
- ١١٨ ٥ - ٢ وظائف ومهام اختبارات الإنتاج .
- ١٢٠ ٥ - ٣ اختبار نتائج الأسلاف .
- ١٣١ ٥ - ٤ اختبار الإنتاج الذاتي .
- ١٣٢ ٥ - ٤ - ١ توافر معلومة مباشرة من حيوان التربية .
- ١٣٤ ٥ - ٤ - ٢ توافر معلومة غير مباشرة (صفة مساعدة) من حيوان التربية

التربية

- ١٣٥ ٥ - ٥ اختبار إنتاج الأخوة

الفصل السادس

تقدير القيمة التربوية

- ١٤٣ ٦ - ١ تعريف القيمة التربوية .
- ١٤٤ ٦ - ٢ المعارف والأسس اللازمة لتقدير القيمة التربوية .
- ١٤٤ ٦ - ٢ - ١ نموذج تشكيل الصفات .
- ١٤٦ ٦ - ٢ - ٢ العوامل الثابتة والعوامل العشوائية .
- ١٤٦ ٦ - ٢ - ٣ أسس التقدير (Blue , MI , LS) .
- ١٤٨ ٦ - ٣ المقاييس الضرورية لتقدير القيمة التربوية .
- ١٥٥ ٦ - ٤ أهداف تقدير القيمة التربوية
- ١٥٩ ٦ - ٥ طريقة الـ Blup لتقدير القيمة التربوية .

الفصل السابع

الانتخاب the selection

- ١٦٣ ١ - الانتخاب في التحسين الوراثي .
- ١٦٤ ٧ - ٢ الأسس الوراثية للانتخاب .
- ١٦٥ ٧ - ٣ النموذج الوراثي البسيط للعشيرة .

١٧١	٧ - ٤ النموذج الوراثي الموسع للعشيرة
١٧٣	٧ - ٥ الانتخاب الموجه في حالة التوزيع الطبيعي.
١٧٩	٧ - ٦ النجاح الانتخابي المباشر وغير المباشر .
١٨١	٧ - ٧ الانتخاب الثابت .

١٨٧ الفصل الثامن

الدليل الانتخابي

١٩٠	٨-١ أسس الإنشاء في حالة النموذج الوراثي البسيط للعشيرة
١٩٦	٨-٢ تحديد عامل الوزن W
١٩٨	٨-٣ إمكانات استخدام الدليل الانتخابي
١٩٨	٨-٣-١ الدليل الانتخابي البسيط
٢٠٠	٨-٣-٢ دليل القيمة التربوية

٢٠٧ الفصل التاسع

طرائق التربية

٢٠٩	٩-١ مقدمة في طرائق التربية.
٢١١	٩-٢ تصنيف طرائق التربية
٢١٢	٩-٣ أهداف طرائق التربية
٢١٢	٩-٣-١ تربية المحافظة على السلالات.
٢١٤	٩-٣-٢ التحسين باستخدام عشيرة واحدة
٢١٥	٩-٣-٣ التحسين باستخدام عدة عشائر
٢١٥	- خطط التنحية
٢١٦	- تشكيل سلالات جديدة
٢١٨	٩-٣-٤ الخلط الإنتاجي البسيط
٢١٩	٩-٣-٥ الاستفادة من الآثار الوراثية غير المترجمة
٢٢٠	٩-٤ التربية الداخلية
٢٢٥	٩-٥ الحجم الفعال للعشيرة و التربية الداخلية.

٢٢٦	٦-٩ التربية الداخلية في برامج التزاوج المنظمة
٢٢٨	٧-٩ آثار و استعمالات التربية الداخلية

٢٣٣ الفصل العاشر

تفاعل الحيوان - والبيئة

٢٣٥	١-١٠ مقدمة في تفاعل الحيوان والبيئة .
٢٣٨	١-٢ نماذج لتسجيل تفاعل الحيوان - و البيئة
٢٣٨	١-٢-١ نموذج falconer 1952
٢٤٠	١-٢-٢ نموذج تحليل التباين .
٢٤٥	١-٣ مقارنة بين التماذج .
٢٤٦	١-٤ طرائق التقدير .
٢٤٧	١-٤-١ طرائق التقدير لنموذج falconer .
٢٥١	١-٤-٢ طرائق التقدير لنموذج تحليل التباين .
٢٥٤	١-٥ الانتخاب وتفاعل الحيوان - والبيئة .

٢٥٩ الفصل الحادي عشر

مسائل هامة في التحسين الوراثي

٢٦١	١-١١ المجموع الوراثي وأهمية تحليله للتحسين الوراثي .
٢٦٢	١-٢ نقل المورثات .
٢٦٣	١-٣ التحسين الوراثي لصفات التناسل .
٢٦٣	١-٣-١ معايير التناسل في الحيوانات الذكور .
٢٦٣	١-٣-٢ الشبق والقدرة على القفز .
٢٦٤	١-٣-٣ إنتاج السائل المنوي - نوعية السائل المنوي وقدرة الإخصاب .
٢٦٥	١-٣-٢ صفات التناسل عند إناث الحيوانات .
٢٦٧	١-٤ التضاد الوراثي .
٢٦٨	١-٤-١ التضاد الوراثي بين إنتاج الحليب والخصوبة .

٢٦٩	١١-٤-٢ التناقض بين الحجم الكبير / الاكتناز باللحم وصعوبة الولادة .
٢٧٠	١١-٤-٣ التضاد بين الاستغلال الأمثل للعلف وكبر حجم الحيوان .
٢٧٠	١١-٤-٤ التضاد بين إنتاج الحليب وإنتاج اللحم .
٢٧١	١١-٤-٤-١ العلاقة بين وزن البقرة الصغيرة وإنتاجها من الحليب في الموسم الأول .
٢٧٢	١١-٤-٤-٢ العلاقات بين إنتاج الحليب ومقاييس جسم البقرة .
٢٧٤	١١-٤-٤-٣ العلاقات بين صفات الحليب ووزن الجسم عند الأنهار .
٢٧٥	١١-٤-٤-٤ العلاقات بين صفات الذبيحة وإنتاج الحليب .
٢٧٧	فهرس المصطلحات
٢٨١	فهرس المراجع العلمية

مقدمة

إن هذا الإصدار لكتاب علم التحسين الوراثي للمجترات يتناول الأسس العلمية والمعارف الوراثية العامة للتحسين الوراثي لكل أنواع المجترات . فهو لا يعالج المسائل الخاصة في التحسين الوراثي لكل نوع ، بل يترك هذا الشأن ليتم تداوله في أحد المقررات التدريسية المناسبة .

إن التحسين الوراثي عمل منظم يسعى لتحقيق أهداف محددة . فهو بذلك يبتعد كل البعد عن الفوضى والغموض والضياح .

إن التحسين الوراثي مجموعة من المراحل المتتالية والمتسلسلة ، ويقوم على التقويم والانتخاب وطرائق التربية . هذه المراحل تحكمها بعض المقاييس التربوية والوراثية ؛ لذلك يجب بادئ ذي بدء تقدير هذه المقاييس بشكل موضوعي وعلمي ووضعها تحت التصرف قبل الشروع بتنفيذ برامج التحسين الوراثي . إن التقدير الموضوعي يقصد به أخذ المعطيات من محطات خاصة بالتربية أو تلك التي تنطبق عليها شروط محطات التربية فقط .

يعدُّ التحسين الوراثي نسيجاً تشترك في حياكته كل من المعارف الوراثية والإحصائية الحيوية ؛ لذلك يتطلب فهمه وإدراكه الإلمام الجيد بهذه العلوم الحيوية الرياضية . واليوم يتطلع علم التحسين الوراثي التقليدي إلى الوراثة الجزيئية والتقانات الحيوية على أنها أساليب واعدة ستساهم في تطويره .

وأخيراً أحب أن أشير إلى نقطة مهمة في إصدار هذا الكتاب وهي أنني اعتمدت بشكل كبير على خبراتي العلمية والعملية أثناء عملي كخبير مستشار للتحسين الوراثي في وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي ، وعلى قراءاتي للمراجع العلمية المتنوعة .

فالأفكار المصوغة في هذا الكتاب تحمل بين أسطرها مزيجاً فكرياً لاستنتاجات متنوعة . لا تخص مرجعاً علمياً محدداً ؛ لذلك لم أذكر في الفصول المدروسة أسماء محددة من المراجع العلمية ماعدا بعض الاستثناءات التي تم فيها نقل كامل للمعلومات كالجداول والخطوط البيانية .

واقصرت على ذكر ذلك في فهرس المراجع العلمية .
أخيراً أحب أن أشكر كل من ساهم بإنجاز هذا الكتاب وأتمنى للطلاب النجاح والتوفيق ، وأعتذر سلفاً عن الأخطاء الفنية التي يمكن أن تظهر .

المؤلف

الفصل الأول أسس دراسة العشائر

- ١-١ تعريف العشيرة
- ٢-١ التكرار الوراثي وتكرار المورثات
- ٥-١ العوامل المؤثرة في التوازن الوراثي
 - ١-٣-١ التزاوج المنتظم
 - ٢-٣-١ الهجرة
 - ٣-٣-١ الانتخاب
 - ٤-٣-١ الانحراف الوراثي
 - ٥-٣-١ الطفرة
- ٦-١ البناء الوراثي للعشيرة في حالات معقدة
 - ١-٤-١ القرائن المتعددة
 - ٢-٤-١ المورثات المرتبطة بالصيغيات الجنسية



أسس وراثة العشائر

١ - ١ تعرف العشيرة (population) بشكل عام إنها مجموعة أفراد تتناسل وتتكاثر جنسياً بالتزاوج حصراً فيما بينها ؛ لذلك تتصف أنها تملك في رصيدها الوراثي كمية من المورثات المتطابقة ، مما يؤدي إلى تميزها (مورفولوجيا أو فيزيولوجيا الخ) عن بقية أفراد العشائر النباتية أو الحيوانات الأخرى .

لما العشيرة الحيوانية فتعرف بأنها سلالة أو مجموعة حيوانية تعيش في منطقة جغرافية معينة ، وتملك الموصفات الخاصة بالعشيرة الأنفة الذكر .

وبناء على ذلك تحقق خطوط التربية (line breeding) المشكّلة داخل السلالات لأغراض تربية معينة ، شروط العشيرة ، بينما يكون هذا الأمر غير وارد بالنسبة للثيران الصغيرة الموجودة في إحدى محطات اختبار الثيران . وفي هذا السياق يميز المربيون بين العشيرة المغلقة والعشيرة المفتوحة ، ففي الأولى يمنع إدخال الحيوانات إليها بقصد التكاثر ، بينما يكون هذا الأمر مسموحاً به في العشيرة المفتوحة ، وهنا يشترط أن ينحدر القسم الأكبر من أفراد النسل من العشيرة الأساسية ، لتتمكن من المحافظة على معظم صفاتها .

إن التنقل بين الشكّلين المغلق والمفتوح وارد في الحيوانات الداجنة ، ففي مرحلة تربية الخلط والتي تمر بها أغلب السلالات خلال تطورها تكون العشيرة بالشكل المفتوح وبعد تحقيق درجة الخلط المناسبة ، تنتقل العشيرة إلى الشكل المغلق ويمنع إدخال الحيوانات إليها .

إن الأساليب الإحصائية المستخدمة - غالباً - في علم وراثشة العشائر تتطلب عدداً لا نهائياً من الأفراد بغية تقصي الحقائق وبكل دقة ممكنة . ولصعوبة تحقيق هذا الشرط في العشيرة الحيوانية ، يمكن اعتبار الحجم الكبير للعشيرة بديلاً مهماً يساعد في تحقيق أغراض الدراسة والبحث .

إن علم وراثشة العشيرة يدرس التركيب الوراثي وتطوراته في العشيرة ، وهو عبارة عن تركيب الوراثة الماندلية الكلاسيكية والطرائق الإحصائية الرياضية .

وتتبقى أهميته من النقطتين التاليتين :

أ - لا يحتل توريث الصفات الإفرادية من آباء محددين إلى أفراد نسلهم مركز الاهتمام في الدراسات ، إنما تستخدم قوانين ماندل المعروفة والناظمة لهذا التوريث لتحليل البناء الوراثي للعشائر وتطور تشكيلاته .

ب - تعد الصفات الكمية الهدف الأهم للدراسة والبحث ، لكنها لا تصلح لطرائق ماندل الوراثة .

إن طرائق وراثشة العشائر تعد مناسبة لتحسين الوراثي للحيوانات الزراعية للسببين التاليتين :

١- التحسين الوراثي يهدف إلى إجراء تحسين وراثي لكل العشيرة ، وليس لأفراد محددين .

٢- إن معظم الصفات الإنتاجية المهمة تربوياً في الحيوانات هي صفات كمية .

إن الأساليب المعمول بها في أبحاث وراثشة العشائر والمعارف المنبثقة عنها تشكل اليوم أساساً لتخطيط وتنفيذ برامج التحسين الوراثي للحيوانات

الزراعية ، كما تمكن من تحقيق أهداف التحسين الوراثي خلال فترات زمنية قصيرة . الدراسات التالية تعالج موضوعات في دراسة العشائر تال أهمية خاصة في التحسين الوراثي .

١ - ٢ التكرار الوراثي وتكرار المورثات.

إن الوصف الوراثي لعشيرة ما يتطلب تحديد النماذج الوراثية لأفرادها من جهة وإلى نسبة مشاركة هذه النماذج في المجموع العام للعشيرة من جهة ثانية . وهذه المسألة تعدّ سهلة إذا تعلق الأمر بمورثة جسمية واحدة تشرف على إنتاج صفة نوعية واحدة ، يسمح نموذجها المظهري بتحديد النموذج الوراثي الخاص بها .

إن المعارف في أسس الوراثة تشير إلى أن هذا الأمر يمكن تحقيقه في حالة التوريث البيني (التوسطي) أو السيادة الجزئية وتصبح المسألة أكثر تعقيداً في السيادة التامة لاستحالة التمييز مظهرياً بين النماذج الوراثية الخليطة والأصلية .

مبدئياً ولتسهيل فهم المسألة سنتناول في دراستنا موقعاً وراثياً واحداً ، يتوافر لها القرينان المختلفان A_1, A_2 في العشيرة . وبناء على ذلك فإن النماذج الوراثية المحتمل ظهورها في العشيرة هي : A_2A_2, A_1A_2, A_1A_1 ونرمز للتكرار المطلق لظهور هذه النتائج بـ R, H, D على التوالي ، أما مجموع العشيرة فنرمز له بـ N و الذي يتشكل من

$$N = D + H + R \quad (1-1)$$

إلا أن الأعداد المطلقة لا تعبر كثيراً في حالة المقارنة بين عشائر مختلفة الحجم ؛ لذلك نستخدم ما يسمى بالتكرار النسبي لنماذج الوراثة ، أو التكرار الوراثةي ، والذي ينتج عن قسمة الأعداد المطلقة للنماذج (R,D,H) على مجموع أو حجم العشيرة N . ونرمز للتكرار الوراثةي بـ r, d, h كما يبين الجدول (١ - ١) :

النموذج	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2	المجموع
عدد النماذج	D	H	R	$D+H+R=N$
التكرار الوراثةي	$D = \frac{D}{N}$	$h = \frac{H}{N}$	$r = \frac{R}{N}$	$d + h + r = 1$
عدد المورثات A_1	2D	H	-	-
عدد المورثات A_2	-	H	2R	$2(D+H+R) = 2N$

مقياس وصفي آخر للعشيرة يستخدم في هذا السياق هو تكرار المورثات وهو عبارة عن نسبة المواقع الوراثةية المشغولة بقرين ما على العدد الإجمالي للمواقع الوراثةية المشغولة بالقرائن الأخرى . بالنسبة للحالة التي ندرسها يكون تكرار A_1 الجزء النسبي للمورثة A_1 من المجموع الكلي للمورثة A . ونرمز

لهذا التكرار بـ P . يبلغ عدد المورثات الكلي $2N$ ، لأن كل فرد من النماذج الوراثية يملك مورثتين .

أما عدد مورثات A_1 فيساوي إلى $2D + H$ لامتلاك الحيوانات متماثلة اللواقح مورثتين ، بينما الأفراد الخليطة اللواقح تمتلك مورثة واحدة . فحسب تعريف تكرار المورثة نستنتج قيمة P من الشكل التالي :

$$p = \frac{2D + H}{2N} \quad (٢-١)$$

وبشكل مماثل نحصل على تكرار المورثة A_2 والذي نرمز له بـ q :

$$q = \frac{2R + H}{2N} \quad (٣-١)$$

كما يمكن حساب تكرار المورثة من التكرار الوراثي حسب الشكلين التاليين :

$$p = d + 1/2 h \quad (٤-١)$$

$$q = r + 1/2 h \quad (٥-١)$$

مثال :

عشيرة من ماشية الشورتهورن تتألف من (٢٤٠٠) حيوان تتوزع على الشكل التالي: (١٥٣٦) حيوان أحمر و (٧٦٨) حيوان قرميدي ، و (٩٦) حيوان أبيض .

ما هو التكرار الوراثي وتكرار المورثات في هذه العشيرة ؟

سوف نستعمل في حل هذه المسألة الرموز المستخدمة في دراستنا ، لذلك سنعطى المورثة المسؤولة عن اللون الأحمر الرمز A_1 والمورثة المسؤولة عن اللون الأبيض الرمز A_2 . وكما هو معروف في الوراثة النوعية ، فإن الحيوانات الحمراء هي متماثلة اللواقح بالنسبة لـ A_1 والحيوانات البيضاء متماثلة اللواقح بالنسبة لـ A_2 ، أما الحيوانات ذات اللون القرمي فهي مختلفة اللواقح ؛ لذلك فإن:

$$D = 1536 , \quad H = 768 , \quad R = 96$$

في الجدول (٢-١) تعرض النقاط الضرورية للإجابة على سؤال المسألة :

النموذج	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2	المجموع
عدد النماذج	1536	768	96	2400
التكرار الوراثي	$\frac{1536}{2400} = 0.64$	$\frac{768}{2400} = 0.32$	$\frac{96}{2400} = 0.04$	1
عدد المورثات A_1	3072	768	-	
عدد المورثات A_2	-	768	192	4800

جدول (٢-١)

باستخدام الأشكال الخاصة بحساب تكرار المورثة ينتج لدينا :

$$P = \frac{768 + 1536 \times 2}{4800} = 0.8$$

$$q = \frac{768 + 96 \times 2}{4800} = 0.2$$

ويمكن أن نستخدم التكرار الوراثي لحساب تكرار المورثات كالتالي :

$$P = d + 1/2 h = 0.64 + 0.16 = 0.8$$

$$q = r + 1/2 h = 0.04 + 0.16 = 0.2$$

١-٢-١ قانون هاردي - واينبرغ Hardy - Weinberg rule :

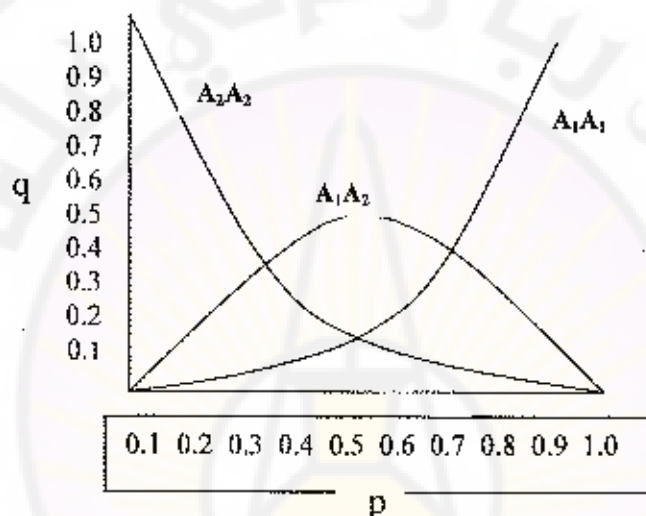
ينص قانون التوازن الوراثي للعشيرة المكتشف من قبل كل من الباحثين الإنكليزي هاردي والألماني واينبرغ عام ١٩٠٨ على أن كلا المقياسين الوصفيين لعشيرة ، أي التكرارات الوراثية وتكرار المورثات ، يرتبطان بعلاقة ما ، ويبقيان ثابتين على مر الأجيال ، أي أن العشيرة لا تتغير وراثياً وذلك تحت ظروف معينة . أما هذه الظروف فتشمل التزاوج العشوائي وغياب كل من التزاوج المنتظم والانتخاب والطفرة والهجرة والانحراف الوراثي .

إن توافر عشيرة ما تحقق الشروط الأنفة الذكر يعدّ حالة مثالية ، ومن الصعب مصادفتها في الطبيعة أو في محطات التربية ، لكنها تعدّ نوعاً من التجرد الجيد لفهم التغييرات الوراثية في العشائر .

أما التزاوج العشوائي penmixia فيقصد به : أن كل فرد من الجنسين يملك الاحتمال نفسه للالتقاء بفرد من الجنس الآخر للتكاثر . فهو يستبعد بذلك

أي اختيار لشركاء التزاوج وبالنسبة للشروط الأخرى ، فستشرح في الفقرات الخاصة بدراساتها .

إن قانون هاردي واينبرغ يصرح أن التكرارات الوراثية لعشيرة مثالية ما تتحدد من خلال تكرار مورثاتها كما يبين ذلك المخطط (١ - ١) .



مخطط (١ - ١) يشير إلى العلاقة بين تكرار المورثات والتكرار الوراثي تحت شروط هاردي - واينبرغ .

وأريد أن أشرح هذه النقطة في عشيرة فيها تكرار المورثات p و q لكل

من A₂ و A₁ . ففي الجدول (٣-١) يبين تكرار تشكيل الأمشاج gamet .

الأمشاج الذكورية وتكراراتها		الأمشاج الأنثوية وتكراراتها
A ₂ q	A ₁ p	
Pq A ₁ A ₂	P ² A ₁ A ₁	A ₁ p
q ² A ₂ A ₂	Pq A ₂ A ₁	A ₂ q

الجدول (٣-١) تكرار تشكيل الأمشاج في عشيرة التزاوج فيها عشوائي

إن حساب تكرار الببضة المخصبة Zygote يتم وفق قانون الاحتمالات الذي يصرح في أحد موضوعاته أن احتمال ظهور متوافقت لحدثين يماثل شرط احتمالات الأحداث الفردية ، طالما أن الحدثين مستقلان عن بعضهما البعض . وهنا يعمل التزاوج العشوائي على تحقيق هذه الاستقلالية . إن ظهور المشيجات بالأكليات A_1 و A_2 يعدّ حدثاً يتطابق تكراره مع تكرار المورثات كما تفسر هذه التكرارات على أنها احتمالات الظهور . أما توزيع النماذج الوراثية في الجيل الأول فيعرضه الجدول (٤-١) .

النموذج الوراثي	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
تكرار النموذج في الجيل الأول	$p^2 = d_1$	$2pq = h_1$	$q^2 = r_1$

جدول (٤-١) تكرار النماذج الوراثية في عشيرة مثلية فيها تكرار المورثات يبلغ p و q

نلاحظ من الجدول أن تكرار النماذج الوراثية يتم حسب القاعدة : $(q^2, 2pq, p^2)$ وبالنسبة للنموذج الوراثي الخليط يوجد احتمالان لشكله ، وذلك بحسب جهة انحدار المورثات (A_1 من الأب و A_2 من الأم وبالعكس). ولتحديد تكرارات المورثات p_1 و q_1 في الجيل الأول F_1 نستعمل الأشكال الرياضية (٤-١) و (٥-١) فنحصل على :

$$p_1 = d_1 + 1/2 h \quad (٦-١)$$

$$q_1 = r_1 + 1/2 h \quad (٧-١)$$

وحسب الجدول (٤-١) فإن $p^2 = d_1$ و $2pq = h^2$ و $q^2 = r_1$. أي أنه بعد الاستبدال في الشكلين (٦-١) و (٧-١) ينتج أن :

$$P_1 = p^2 + pq$$

$$= p (p + q)$$

$$= p \quad (٨ - ١)$$

و

$$q_1 = q^2 + pq$$

$$= q (p + q)$$

$$= q \quad (٩ - ١)$$

وبهذا نبرهن أنه تحت شروط هاردي - واينبرغ لا يتغير تكرار المورثات لإحدى العشائر ، الأمر الذي يؤدي أيضاً إلى إبقاء توزيع النماذج الوراثية ثابتاً ويمكن أن نستنتج أيضاً : أنه في حال حدوث خلل في التوازن الوراثي ناتج عن مؤثر خارجي ، فإنه بعد جيل من التزاوج العشوائي يعود التوازن الوراثي للعشيرة مباشرة من جديد بشكل يناسب التكرار الجديد للمورثات .

في الدراسة السابقة المتعلقة بتشكيل الأمشاج الجدول (١-٣) كانت الفكرة الأساسية للدراسة هي أن هذه الأمشاج الحاملة لمختلف المورثات الموجودة في العشيرة تتشكل وتلتقي بشكل حر . لكن في الواقع تنتج الحيوانات المحددة للتزاوج خلايا تناسلية تتناسب ونموذجها الوراثي ، وتنشأ عن ذلك بيوض مخصصة محددة فعند تزاوج حيوانات من النموذج الوراثي A_1A_1 فإن الأمشاج المتشكلة تحمل المورثة A_1 فقط ، ولذلك ينتج عن هذا التزاوج نسل له نفس النموذج الوراثي للأباء وهنا يراد البرهان على أنه تحت ظروف التزاوج العشوائي يبقى القانون المستنتج صالحاً دون أية قيود . ففي الجدول (١-٥) تعرض أشكال التلقيح الممكنة .

إن قراءة الجدول المذكور تتم على النحو التالي : في عشيرة مثالية يبلغ فيها تكرار المورثات A_1 و A_2 قيمة q p على التوالي يظهر النموذج الوراثي A_1A_1 في كلا الجنسين بتكرار يبلغ $p^2 = d$ وإن احتمال التقاء شريكي التزاوج من هذا النموذج الوراثي يبلغ d^2 ويحمل

		A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
$A_1A_1 \times A_1A_1$	d^2	A_1A_1	-	-
$A_1A_1 \times A_1A_2$	$2dh$	dh	dh	-
$A_1A_1 \times A_2A_2$	$2dr$	-	$2dr$	-
$A_1A_2 \times A_1A_2$	h^2	$1/4 h^2$	$1/2 h^2$	$1/4 h^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	$2hr$	-	-	hr
$A_2A_2 \times A_2A_2$	r^2	-	-	r^2

جدول (٥-١) تكرار التزاوج والتكرار الوراثي للنسل في مجموع يمارس فيه التزاوج العشوائي

النسل الناتج عنها النموذج الوراثي الخاص بالآباء أما تكرار التزاوج بين النمادج الوراثية A_1A_1 و A_1A_2 فيبلغ $2hd$ ، لأن تكرار التزاوج بين $A_1A_1 \sigma$ و $A_1A_2 \phi$ وفي التركيبة المعاكسة للجنسين $A_1A_1 \phi$ و $A_1A_2 \sigma$ يكون dh لكل منهما . إن أفراد نسل هذا التزاوج تتوزع مناصفة بين النموذج الوراثي المتمثل للواقع A_1A_1 والنموذج الوراثي الخليط A_1A_2 . وفي نموذج التزاوج $A_1A_2 \times A_1A_2$ البالغ تكراره h^2 يتوزع أفراد النسل بين النمادج الوراثية A_1A_1 و A_1A_2 و A_2A_2 بالنسبة ١ : ٢ : ١ وبشكل مشابه يمكن استنتاج تكرارات التزاوج المتبقية وتكرار النمادج الوراثية في النسل . وتشير نتيجة جمع تكرارات النمادج الوراثية إلى تطابق بين نسبة النمادج الوراثية في النسل مع نسبة تركيب الأمشاج .

٢-١-٢ حساب تكرار المورثة في حالة السيادة التامة :

إن الأشكال المذكورة سابقاً لحساب تكرارات المورثة قابلة للتطبيق في حال إمكانية التمييز بين النماذج الوراثية الخليطة والنماذج الوراثية المتماثلة . أما في حال السيادة التامة ، فلا تصلح هذه الأشكال ، وذلك للتطابق المظهري بين النموذج الوراثي الأصيل السائد والنموذج الوراثي الخليط ، ففي هذه الحالة يمكن حساب تكرار المورثة فقط إذا نفذت شروط هاردي - واينبرغ ، لأنه في هذه الحالة فقط يصح أن $r = q^2$. ومنه ينتج أن $q = \sqrt{r}$ ، ومن العلاقة $p + q = 1$ نحصل على قيمة p التي تساوي $p = 1 - q$.

مثال في عشيرة أبقار تتألف من (٢٠٠٠) حيوان تتوزع بين (١٩٨٠) حيوان أسود ملون و (٢٠) حيوان أحمر ملون فما هو تكرار المورثة A1 المسؤولة عن اللون الأسود الملون ، والمورثة A2 المسؤولة عن اللون الأحمر الملون ؟

المراء يشترط هنا أن تتواجد العشيرة بحالة توازن وراثي . وبعد استعمال الرموز المعروفة نحصل على ما يلي :

$$R = 20 \quad D + H = 1980$$

$$r = \frac{R}{N} = \frac{20}{2000} = 0.01$$

$$\sqrt{r} = q = 0.1$$

$$p = 1 - q = 0.9$$

وبناء على العلاقة الثابتة بين التكرارات الوراثية والتكرار الوراثي في حالة التوازن الوراثي :

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 \quad (١٠-١)$$

يمكن الكشف عن نسبة النماذج الوراثية المتماثلة المائدة البالغة (٠,٨١) وعن نسبة النماذج الوراثية الخليطة البالغة هنا (٠,١٨) .

١-٣ العوامل المؤثرة في التوازن الوراثي :

في فقرة قانون هاردي - واينبرغ ذكر أن التكرار الوراثي وتكرار المورثات يبقيان ثابتين مع تعاقب الأجيال في عشيرة يكون فيها تزواج الحيوانات عشوائياً وبغياب العوامل المؤثرة سلباً في التوازن الوراثي .

وفي دراستنا التالية سنتعرف بشكل مفصل على تأثير هذه العوامل إفرانياً في التوازن الوراثي ، أي بمعزل عن العوامل الأخرى . وتعدّ هذه الحالة غير حقيقية ، لأنها لا تعكس الحقيقة بشكل كامل . ولأن هدف التربية يقوم على تحسين العشائر وراثياً ، أثرنا في هذه الدراسة بعض النقاط حول إمكانية وكيفية تأثير هذه العوامل في إحداث تغييرات في الصفات الوراثية للعشائر ، ليتسنى استخدامها في التحسين الوراثي وتحقيق الأهداف المحددة.

١-٣-١ التزاوج المنظم Assorted matings

هو الشكل المخالف للتلقیح العشوائي ، ويحدث عندما يتناسل أفراد نموذج وراثي محدد بشكل أكثر أو أقل مما يتوقع في الحالة العشوائية . وهنا نتحدث

عن تزاوج منظم إيجابي أو سلبي ، ويؤدي التلقيح المنظم إلى تغيير X في التكرار الوراثي ، بينما لا يتغير تكرار المورثات . وبعد الإخصاب الذاتي الشكل المتطرف للتلقيح المنظم الإيجابي ، وهو لا يصادف في تربية الحيوان ولكنه يظهر لنا تغير توزيع النماذج الوراثية من جيل لآخر كما هو موضح في الجدول (٥-١) .

Generation	Genotype		
	AA	Aa	aa
0	P^2d	$2pqh$	q^2r
1	$d + 1/4 h$	$1/2 h$	$r + 1/4 h$
2	$d + 3/8 h$	$1/4 h$	$r + 3/8 h$
3	$d + 7/16 h$	$1/8 h$	$r + 7/16 h$
n	$d + [(2n-1) / (2n+1)] h$	$[2 / (2n+1)] h$	$r + [(2n-1) / (2n+1)] h$
∞	$d + 1/2 h$ $p^2 + pq$ p	0	$r + 1/2 h$ $q^2 + pq$ q

الجدول (٥-١) تكرارات النماذج الوراثية في الأجيال المختلفة

نلاحظ من الجدول إن النموذج الوراثي الخليط ينقص في كل جيل بمقدار النصف ، والنصف الآخر يتوزع مناصفة بين النماذج الوراثية المتمثلة اللواقح. وهكذا وبعد أجيال عدة يختفي النموذج الوراثي الخليط تماماً ، وعندها يبلغ الجزء النسبي للأفراد المتمثلة اللواقح السائدة أو المتنحية قيم P أو q . في طرائق التربية التي تقوم على الانتخاب الموجه يسيطر التزاوج المنظم الإيجابي ، بينما يتم التزاوج المنظم السلبي في طرائق التربية التي تقوم

على ظاهرة قوة الهجين ، فالأمر يتعلق هنا بالمحافظة على الجزء الخليط لأقصى درجة ممكنة ، ويمكن بلوغه إذا تم التزاوج بين أفراد ممثلة للسواحي لنماذج وراثية مختلفة .

١-٣-٢ الهجرة Migration :

يقصد بالهجرة إدخال حيوانات إلى العشيرة (أي هجرة داخلية) Immigration وإخراج حيوانات من العشيرة (أي هجرة خارجية) Emigration . وهذه الأخيرة تتدرج تحت اسم الانتخاب الذي سنعالجه موضوعه لاحقاً . أما بالنسبة للهجرة الداخلية فهي تؤدي إلى تغيير في البناء الوراثي للعشيرة ، إذا انحدرت الأفراد المدخلة من عشيرة تمتلك صفات وراثية مختلفة . إن مقدار هذا التغيير يتعلق بالاختلافات الوراثية بسين العشائر ، وبالعديد النسبي للأفراد المدخلة . ونبين فيما يلي طريقة لقياس أثر عامل الهجرة الداخلية في التوازن الوراثي . نرمز لحجم العشيرة الأساس بـ N' ولعدد الأفراد المهاجرة داخلياً بـ M أما N فهي المجموع الكلي الجديد لأفراد العشيرة أي :

$$N = N' + M \quad (1-11)$$

P_0 و q_0 تعبران عن تكرار المورثات في العشيرة الأساسية p_m و q_m تشيران إلى تكرار المورثات في الحيوانات الداخلة . أما p_1 فهو تكرار المورثة الجديد في العشيرة وهو يحسب على الشكل التالي :

$$\begin{aligned} p_1 &= (1-m) p_0 + m p_m \\ &= m (p_m - p_0) + p_0 \end{aligned} \quad (1-12)$$

إن m تدل على الجزء النسبي للأفراد المدخلة وتساوي إلى $m = M/N$
 هذا يعني أن الجزء النسبي لأفراد العشيرة الأساسية يساوي إلى $n = 1 - m$
 إن مقدار التغير في تكرار المورثة Δp بحسب كالتالي :

$$\begin{aligned}\Delta p &= p_1 - p_0 \\ &= m (p_m - p_0) \quad (1-13)\end{aligned}$$

لقد أثرت الهجرة تأثيراً مهماً في التحسين الوراثي للعشائر . فطرائق التربية مثل خلط التحسين وخلط الإزاحة وخلط التركيب تقوم على الهجرة . عن طريق إدخال مورثات بمقدار محدد من سلالات متفرقة إلى سلالات أخرى بهدف تحسينها وراثياً . وقد زادت أهمية الهجرة اليوم مع تطور وسائل النقل والتقانات الحيوية المستخدمة لنقل المورثات حتى أصبحت محوراً أساسياً في برامج التربية الحديثة .

٣-٣-١ الانتخاب Selection :

إن اختلاف أعداد أفراد النسل بين حيوانات عشيرة ما ، يشير إلى مشاركة متباينة بين هذه الأفراد في عملية التناسل وإنتاج النسل . إن هذا السلوك يتفق مع ما يسمى بالانتخاب . فالفرد الذي يملك عدداً أكبر من أفراد النسل يساهم بشكل أكبر في البناء الجديد للرصيد الوراثي للعشيرة ؛ وبالتالي في تغيير الصفات الوراثية للعشيرة في الجيل التالي بالمقارنة مع الأفراد القليلة النسل . وتميز في هذا السياق بين الانتخاب الاصطناعي الذي يقوم مربو الحيوان به من خلال تحديد حيوانات التربية وحجم مشاركتها في التحسين الوراثي ، وبين الانتخاب الطبيعي الذي تمارسه الظروف الطبيعية مانحة أو

مانعة بشكل كبير أو صغير مشاركة الأفراد الحيوانية بإنتاج نسلها . وفي حالات كثيرة يلاحظ وجود الشكليات من الانتخاب وخاصة في الحيوانات الأهلية الخاضعة لأعمال التربية ، فالمربي يختار الحيوانات التي تحقق أهداف التحسين الوراثي المحددة في برنامج ، ثم يؤثر الانتخاب الطبيعي من خلال الاختلافات في الخصوبة والحيوية بين الحيوانات المنتخبة . ففي حالات كثيرة سجل لأفراد ذات قيمة تربوية عالية عدد قليل من أفراد النسل ، في الوقت الذي أحرزت فيه حيوانات ذات قيمة تربوية أدنى تفوقاً في أعداد نسلها .

لنقضي أثر الانتخاب في التوازن الوراثي ، نستخدم مصطلح معامل الانتخاب $(S)_x$ الذي يشير إلى احتمال عدم مشاركة نموذج وراثي محدد في العشيرة في عملية التناسل . وتتراوح قيمته بين الصفر والواحد . فقيمة الصفر لهذا المعامل تعني مشاركة كل أفراد النموذج الوراثي المعني في التكاثر داخل العشيرة ، بينما تشير قيمة الواحد إلى استبعاد كل أفراد هذا النموذج الوراثي من إنتاج النسل . أما المقدار $w = s - 1$ فهو يعبر عن الصلاحية fitness ، إذ يدل على احتمال تناسل الفرد من نموذج وراثي ما . من الشرح السابق يستنتج أن الانتخاب لا يؤثر في المورثات بشكل مباشر ، وإنما من خلال النماذج المظهرية phenotype التي تحدد النماذج الوراثية genotype . ومن الجدير ذكره هنا أن نتيجة الانتخاب تتعلق بشكل كبير بأسلوب تأثير المورثات.

١ - ٣ - ٣ - الانتخاب ضد الأفراد المتنحية المتماثلة اللواقح :

لنفترض أن المورثة A_1 تسود على المورثة A_2 وأن النموذج الوراثي A_2A_2 غير مرغوب فيه كثيراً لبعض العيوب الانتخابية في أفرادها . لذلك يمارس الانتخاب (s) ضد أفرادها ولا يسمح إلا لجزء يبلغ (1-s) R من أفراد هذا

النموذج بالتنازل . وبناء على ذلك فإن أعداد المورثات A_2 سينخفض إلى المقدار $2R(1-s) + H$ ، وبالتالي سيهبط العدد الإجمالي للمورثة A بمقدار $2RS$. بشكل يناسب تعريف تكرار المورثة نستنتج قيمة تكرار A_2 بعد الانتخاب حسب الطريقة التالية :

$$q_1 = \frac{2R(1-S) + H}{2N - 2RS} \quad (14-1)$$

نقسم على $2N$

$$q_1 = \frac{r(1-S) + \frac{1}{2}h}{1 - rs} \quad (15-1)$$

نستبدل التكرار الوراثي بما يناسبه من تكرار المورثات حسب العلاقة المعروفة سابقاً فيكون:

$$q_1 = \frac{q^2(1-S) + pq}{1 - sq^2} = \frac{q - sq^2}{1 - sq^2} \quad (16-1)$$

و بالأسلوب نفسه نحصل على التكرار الجديد لـ A_1

$$P_1 = \frac{(2D + H)}{(2N - 2Rs)} = \frac{(d + 1/2 h)}{(1 - rs)} \quad (17-1)$$

$$= \frac{(p_2 + pq)}{(1 - sq^2)} = p / (1 - sq^2)$$

فعلى رغم تغير عدد المورثات A_1 ، لم يبق تكرارها ثابتاً ، وذلك لانخفاض العدد الكلي للمورثة A .

لو استبعدت كل النماذج الوراثية A_2A_2 من متابعة التربية ، أي أن $S = 1$ ، يصبح تكرار A_2 عندئذ .

$$q_1 = pq / (1 - q_2) \quad (18-1)$$

ومن خلال تحويل معين يكون :

$$q_1 = \frac{q}{1 + q_1}$$

أما في الجيل الثاني فيصبح تكرار المورثة بعد الانتخاب

$$q_1 = \frac{q_1}{1 + q_1}$$

$$= \frac{\frac{q}{1 + q}}{1 + \frac{q}{1 + q}}$$

$$= \frac{q}{1 + 2q} \quad (19-1)$$

وبشكل عام تصبح قيمة هذا التكرار بعد n من الأجيال

$$q_n = q / (1 + nq) \quad (20-1)$$

إذ تشير q إلى تكرار المورثة A_2 في الجيل الأساسي .

q_n إلى تكرار المورثة A_2 في الجيل n .

n إلى عدد الأجيال التي تم فيها الانتخاب .

إن الانتخاب يمكن أن يوجه ضد النماذج الوراثية المختلفة للواقع

والنماذج الوراثية السائدة المتماثلة للواقع أيضاً . وفي حالات معينة يمارس

الانتخاب ضد نموذجين وراثيين مقابل التأكيد على النموذج الوراثي الثالث .

كما هو الحال في السيادة الزائدة ، إذ يفضل النموذج الوراثي المختلف للواقع على النموذجين الآخرين المتمثلي للواقع .

١-٣-٤ الانحراف العشوائي Random deviation:

تذبذبات عشوائية تحدث في العشائر الصغيرة الحجم محدثة تغييراً في تكرار مورثاتها لينتج عن ذلك اختلال في توازنها الوراثي . وتجري هذه العملية دون أي تخطيط أو تدبير بعكس الهجرة و الانتخاب .

وتكمن أسباب هذه الظاهرة في الجزء المختلف للواقع من أفراد العشيرة ، إذ تنتقل مورثة من إحدى مورثتي الموقع الوراثي عشوائياً بتكرار أكبر وبدون أي اختيار إلى جيل الأبناء .

أما الأفراد المتماثلة للواقع ، فليس لها أي تأثير في إحداث تغيير في تكرار المورثة وذلك لتطابق مورثات الموقع الواحد . إلى جانب اختلاف اللواقع يؤدي حجم العشيرة دوراً مهماً في مقدار الانحراف العشوائي . ففي العشائر اللامنتهية العدد يستبعد الانحراف الوراثي ؛ لأن انتقال المورثات يكون متناسباً مع القيم المتوقعة لها . لكن العشائر الحيوانية في الحقيقة ذات أعداد نهائية . إلا أنه في الأحجام الكبيرة يلعب الانحراف الوراثي دوراً صغيراً يمكن إهماله .

إن التنبؤ عن مقدار التغيير في تكرار المورثات الناتج عن الانحراف الوراثي ممكن ، لكن الأمر مستحيل بالنسبة لمعرفة اتجاه هذا التغيير . فمن خلال الانحراف تصبح تكرارات المورثة - المدروسة خلال أجيال عديدة - متغيرات عشوائية . ويبلغ الانحراف المعياري للتغير في تكرارات المورثة σ_p القيمة :

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{2N}} \quad (٢١-١)$$

وتشير p و q هنا إلى تكرار المورثة ، و N إلى حجم العشيرة .

ويبدو تعلق الانحراف الوراثي بالجزء المختلف للواقع وبحجم العشيرة واضحاً خاصة إذا تذكرنا أن تكرارات المورثة تحدد توزع النماذج الوراثية في العشيرة . فعند حجم ثابت للعشيرة يكون العدد الأعظمي للأفراد المختلف والواقع وكذلك الانحراف عندما تكون $p = q = 0.5$.

في الجدول (١ - ٧) تعرض قيم الانحراف المعياري لتكرار المورثة A حسب حجم العشيرة وتكرارها في هذه العشيرة .

N	P 0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
١٠٠٠٠٠٠	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
١٠٠٠٠٠	0.0011	0.001	0.0009	0.0009	0.0007
١٠٠٠٠	0.0035	0.0035	0.0032	0.0023	0.0021
١٠٠٠	0.0112	0.0110	0.0092	0.0089	0.0067
١٠٠	0.0334	0.0346	0.0324	0.0282	0.0213
١٠	0.1118	0.1095	0.1025	0.0894	0.0671
5	0.1581	0.1549	0.1449	0.1265	0.0949

جدول (١ - ٧) الانحراف المعياري لتكرار المورثة A1 حسب حجم العشيرة وتكرار المورثة الأساسي

الجدول يوضح مرة أخرى أن العشائر الكبيرة ينظر إليها عملياً على أنها لا منتهية العدد فلو أخذنا عشيرة من / ١٠٠٠ / حيوان ، فالانحراف المعياري يبلغ لتكرار المورثة $0.5 = \sigma_p$ ، وبالتالي تتوضع ٦٨ % من الحالات بين القيم ٠,٤٩٨٩ و ٠,٥٠١١ .

١-٣-٥ الطفرة Mutation :

هذه الدراسة تتناول أبسط أشكال الطفرات وهي طفرة المورثة ، وتعرف على أنها تغير عشوائي في تركيب المورثة ينتج عنه تغيير في المعلومات

الحيوية للمورثة . والطفرة عامل غاية في الأهمية إذا قدمت مجالاً جديداً للتطور ، إلا أن معظم الطفرات ضارة أو مميتة لأنها تسبب خللاً في التوازن الحيوي للحيوان . ولكن هذا الأمر لا يعني أن كل الطفرات غير مفيدة على الإطلاق ، فالطفرة التي أدت إلى عدم وجود القرون في بعض سلالات الأبقار تعد مفيدة من وجهة نظر رعاية الحيوان . إن الطفرات بشكل عام نادرة الحدوث ، فإذا ظهرت لمرة واحدة فإن احتمال بقاء المورثة الجديدة في العشيرة قليل. ولكن هذه الحالة تتغير إذا حملت المورثة الجديدة معها مزية انتخابية لكل الأفراد التي تملكها .

لنفترض أن المورثة A_1 ذات التكرار p_0 تطفر باحتمال محدد إلى المورثة A_2 ذات التكرار q_0 ، ونطلق مصطلح معدل الطفرة (u) على احتمال حدوث الطفرة لـ A_1 في جيل ما . في الجيل التالي سينخفض تكرار A_1 بمقدار $\Delta p = u p_0$. ويبلغ $p_1 = p_0 - u p_0$ ، وفي الوقت ذاته يتغير تكرار q_0 للمورثة A_2 ليصبح $q_1 = q_0 + u p_0$. في الجهة المقابلة لنفترض أن جزءاً من A_2 طفر إلى A_1 ، أي ما يسمى بالطفرة العكسية باحتمال v ، عندئذ ينخفض التغير في تكرار المورثة بمقدار $\Delta p = u p_0 - v q_0$.

من هذه المعادلة ندرك أنه عند ثبات ما يسمى بالطفرة العكسية ، يستمر تكرار المورثة في التغير لحين حدوث التوازن بين الطفرة و الطفرة المعاكسة ، ويكون عندئذ $\Delta p = 0$ أي أن $u p = v q$ ، أما تكرار المورثة p و q في حالة التوازن هذه فيصبح على الشكل التالي:

$$U (1 - q) = v q$$

$$V q + u q = u$$

$$q(v+u)=u$$

$$q=u/(v+u) \quad (٢٢-١)$$

وتكرار المورثة A1 يبلغ في حالة التوازن هذه :

$$p = v / v+u \quad (٢٣-١)$$

يقدر معدل الطفرة في الحيوانات والإنسان بـ 10^{-6} حتى 10^{-8} . إن هذه النسب الضئيلة تحدث تغييرات قليلة جداً خلال تعاقب الأجيال . ولكن هذه التغييرات المهمة في عملية التطور تحدث فقط إذا تعاونت مع عوامل أخرى مثل الانتخاب .

أخيراً حول هذه النقطة نشير إلى أن الطفرة غير مهمة بالنسبة لمربي الحيوانات لقلة أثرها وعشوائية حدوثها . أما من إذ التطور فهي مهمة لتراكمها على مدى الأجيال العديدة.

٤-١ البناء الوراثي للعشيرة في الحالات المعقدة :

٤-١ - ١ القرائن المتعددة Multiple allelie :

إن قانون هاردي - واينبرغ يصلح أيضاً لحالات القرائن المتعددة ، أي عندما يظهر للموقع الوراثي الواحد أكثر من قرينين للمورثة الواحدة . فمثلاً لو افترضنا توافر القرائن A_1, A_2, A_3 لموقع ما . وذلك بالتكرار P_1, P_2, P_3 على التوالي .

فإن النماذج الوراثية المتوقعة في حال التزاوج العشوائي هي :

$$(p_1A_1 + p_2A_2 + p_3A_3)^2 =$$

$$= P_1^2 A_1 A_1 + 2 P_1 P_2 A_1 A_2 + 2 P_1 P_3 A_1 A_3 + P_2^2 A_2 A_2 + 2 P_2 P_3 A_2 A_3 + P_3^2 A_3 A_3 \quad (٢٤-١)$$

وبشكل عام نحصل بوجود عدد n من القرائن لموقع وراثي ما على تكرار للنماذج الوراثية حسب الشكل التالي :

$$(\sum_{i=1}^n p_i A_i)^2 = \sum_{i=1}^n p_i^2 A_i A_i + 2 \sum_{i \neq j} p_i p_j A_j$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad \text{مع العلم أن}$$

وهنا تشير p_i إلى تكرار المورثة A_i .

إن زمر الدم عند الإنسان تعدّ نموذجاً للقرائن العديدة . فالقرائن الثلاثة A و B و O تحدد زمر الدم الأربع (A, AB, B, O) حسب الجدول التالي :

النموذج الوراثي	AA , AO	BB , BO	AB	OO
زمرة الدم	A	B	AB	O
تكرار النماذج الوراثية	$a = p_1^2 + 2p_1 p_2$	$b = p_1^2 + 2p_2 p_3$	$ab = 2 p_1 p_2$	$O = p_3^2$

جدول (٨ - ١) مجموعة زمر الدم عند الإنسان كمثال على القرائن العديدة

لو افترضنا أن القرائن A و B و O تظهر بالتكرارات p_1, p_2, p_3 نستنتج التكرار الوراثي الموضح في الجدول السابق

إن حساب تكرار المورثات في حالة القرائن العديدة ذات تأثير مسيادي ،
كما هو الحال في زمر الدم عند الإنسان معقداً . لذلك يشترط أولاً أن تكون
العشيرة في حالة توازن وراثي إذ يكون :

$$P_3 = \sqrt{0}$$

لو دمجنا تكرارات الدم A و O مع بعضها البعض لحصلنا على النتيجة
التالية :

$$P_1^2 + 2 p_1 p_3 + p_3^2 = (p_1 + p_3)^2 = (1 - p_2)^2$$

ومن هذا ينتج :

$$(1 - p_2)^2 = a + 0$$

$$p_2 = 1 - \sqrt{a+0}$$

بالأسلوب نفسه ندمج بين تكرار B و O

$$P_2^2 + 2 p_2 p_3 + p_3^2 = (p_2 + p_3)^2 = (1 - p_1)^2$$

$$(1 - p_1)^2 = b + 0 \implies p_1 = 1 - \sqrt{b+0}$$

١-٢-٢ حالة المورثات المرتبطة بالصيغيات الجنسية :

إن المورثات المرتبطة بالصيغيات الجنسية تؤثر في توزيع النماذج
الوراثية في العشيرة . فانطلاقاً من الحقيقة القائلة أنه عند التدييات يملك الذكر
صبيغاً جنسياً واحداً (X) في حين تملك الإناث صبيغين جنسيين X X ، لذلك
فإن توزيع النماذج الوراثية سيكون مختلفاً بين الجنسين .

لنفترض أن عشيرة ما توجد في حالة توازن وراثي يظهر فيها الأسيلان
A₁ و A₂ بالتكرارين P و q عندئذ نحصل على التوزيع التالي للنماذج
الوراثية :

$$(٢٦-١) \text{ في الإناث } p^2 A_1A_1 + 2pq A_1A_2 + q^2 A_2A_2$$

$$\text{وفي الذكور } p A_1 + q A_2$$

هذا التوزيع يشرح الحقيقة وهي أن بعض الأمراض التي تسببها عوامل وراثية متنتجة مرتبطة بالصبيغيات الجنسية تظهر غالباً في الذكور ، فمثلاً إذا كان تكرار المورثة المسؤولة عن عمى الألوان هو $q = 0.01$ فإن نسبة المرض لدى الرجال تبلغ ١ % بينما يمرض من النساء ٠,٠١ % .

إن خصوصية نقل الصبيغيات الجنسية من الأهل إلى النسل تؤدي إلى سعي العشائر إلى تحقيق شكل خاص من التوازن . فمن المعروف أنه في الثدييات يحصل الجنس المختلف اللواقح على الصبغي X فقط من الأم في حين يحصل الجنس المتمثل اللواقح XX على صبيغياته من كلا الأبوين . لو كان تكرار المورثات في جيل الأهل مختلفاً بين الجنسين سيكون عندئذ تكرار المورثات المرتبطة بالصبيغيات الجنسية عند البنات مساوياً إلى متوسط التكرار في الجنسين في حين يساوي تكرار المورثة عند الأبناء لتكرار المورثة في الجنس المؤنث في جيل الأهل .

لو رمزنا بـ p_{mi} لتكرار المورثة A_1 في الجنس المذكور في الجيل i وبـ p_{wi} لتكرار المورثة A_1 في الجنس المؤنث في الجيل i لكان تغير تكرار المورثات من الجيل الأساس وحتى الجيل الأول كالتالي :

$$p_{wi} = \frac{p_{mo} + p_{wo}}{2} \quad (٢٧-١)$$

$$P_{mi} = P_{wo}$$

أما الفارق في تكرارات المورثات في جيل الأهل فيبلغ :

$$d_o = p_{mo} - p_{wo}$$

وبناء عليه يكون في الجيل الأول :

$$d_i = p_{mi} - p_{wi} = p_{wo} - \frac{p_{wo} + p_{mo}}{2}$$

$$= 1/2 (p_{wo} - p_{mo}) = -1/2 d_o$$

وبشكل عام :

$$d_i = -1/2 d_i - 1 = (-1/2)^i d_o \quad (٢٨-١)$$

و الجدول التالي يبين تغير تكرار المورثات المرتبطة بالصبغيات الجنسية

الجيل	p_m	p_w
1	0.4	0.8
2	0.8	0.6
3	0.6	0.7
4	0.7	0.65
∞	0.65	0.675
∞	2	2
∞	3	3

الجدول (١ - ٩) تكرار المورثات المرتبطة بالصبغيات الجنسية



الفصل الثاني

القيم المتوسطة والآثار الوراثية للصفات الكمية

- ١-٢ نموذج تشكيل الصفة .
- ٢-٢ مكونات قيم الصفات المظهرية .
- ٣-٢ متوسط العشيرة والآثار الوراثية لموقع وراثي واحد .
- ٣-٢ - ١ متوسط العشيرة .
- ٢-٣-٢ آثار وتأثير المورثات .
- ٤-٢ علاقات آثار المورثات بمكونات قيمة النموذج الوراثي



القيم المتوسطة والآثار الوراثية للصفات الكمية

الفصل الأول بين علاقة الصفات الوراثية لإحدى العشائر في التكرار الوراثي وتكرار المورثات . ويكون شرح مثل هذه العلاقة سهلاً في الصفات النوعية لأسباب تعود إلى قلة عدد المورثات المسؤولة عنها ولندرة تأثيرها بالعوامل البيئية . أما في الصفات الكمية المهمة اقتصادياً " فتصبح المسألة أكثر تعقيداً " لتأثر هذه الصفات بأعداد كبيرة من المورثات التي تمارس كل منها تأثيراً " صغيراً نسبياً " في تشكيل الصفة . أضف إلى ذلك تأثر هذه الصفات بشكل كبير بالعوامل البيئية ، مما يجعل التباين فيها مستمراً . هذا الشكل من تكوين الصفات يسمى بـ التوريث المتعدد polygen .

٢-١ نموذج تشكيل الصفات :

إن ظروف التوريث المعقدة للصفات الكمية أدت ولفترة زمنية طويلة إلى جدال حول صلاحية قوانين ماندل المكتشفة لتوريث هذه الصفات استمر حتى اكتشاف آثار المورثات التجمعية ، الذي ساهم في فهم عميق لوراثية هذه الصفات ، إن المعارف الحالية تفيد أن تشكيل الصفات يتم وفق الشكل التالي :

$$P = G + U$$

إذ تدل P على القيمة المظهرية ، G على القيمة الوراثية ، U على التأثيرات البيئية .

هذا النموذج الوراثي الإحصائي يبدو بسيطاً وهو مثل كل النماذج تقريبا مبسط للحقيقة ويقوم على شروط محددة . وأهم هذه الشروط عدم ظهور تأثير متبادل بين G ، P ، وعدم وجود علاقة ارتباط بينهما . ويفهم تحت مصطلح السائير المتبادل بالمعنى الإحصائي (وليس بالمعنى الفلسفي) . الأثر الذي يشترك

عاملان على الأقل في إنتاجه فلا يمكن نسبته إلى أحدهما على حدة ، ويعتد عملياً " الانحراف عن النموذج الأساسي التراكمي " . وإن لهذا الأثر دوراً مهماً في موضوع التداخل بين النموذج الوراثي والبيئة . إن تحقيق شرط عدم وجود ارتباط بين U, G غير ممكن تحت بعض الظروف ، فعند كل الأنواع الحيوانية التي ينفذ لديها ما يسمى بالتعليف حسب الإنتاج ، تحصل النماذج الوراثية ذات الإنتاجية العالية على إمداد أفضل بالمواد الغذائية وبالتالي على ظروف بيئية أنسب .

إن مبدأ التعليف حسب الإنتاج يسبب نشوء ارتباط إيجابي بين U, G . وعلى رغم ذلك يمكن الإثبات أنه في هذه الحالات ، وباستخدام علوم وراثية العشائر التي تقوم على النموذج المذكور سابقاً يمكن تحقيق نتائج مهمة . وقد اقترح (falconer ١٩٦٠) أنه يمكن اعتبار بعض الظروف البيئية الخاصة جزءاً من النموذج الوراثي وقيم الانحرافات البيئية .

٢-٢ مكونات قيم الصفات المظهرية :

إن النموذج الأساسي لتشكيل الصفات المذكور في الفقرة السابقة يمكن كتابته بالشكل التالي أيضاً :

$$P = g + \mu + u \quad (٢ - ٢)$$

إن تمثل μ متوسط العشيرة و g تمثل الأثر الوراثي ، أي أن النموذج الوراثي G كقيمة هو مجموع متوسط العشيرة μ والأثر الوراثي g . وتجدر الإشارة إلى أننا سنطلق مصطلح الأثر أو الانحراف على كل القيم التي تعرف

بأنها انحراف عن متوسط المجموع ويكون مجموعها فسي العشيرة مساوياً للصفر دائماً .

ويمكن تجزئة الأثر الوراثي حسب نوع تأثير المورثات كالتالي :

$$g = ga + do + ep \quad (٣-٢)$$

إذ تدل ga على الآثار الوراثية التجمعية و do على الانحراف السياتي و ep على الانحراف التفوقي . ومن المهم الإشارة إلى أن مورثة ذات سيادة تؤثر إلى جانب تأثيرها السياتي أيضاً تأثيراً تراكمياً من خلال متوسط أثرها .
إن التأثير البيئي u الذي يوصف أيضاً بالانحراف البيئي يشمل كل العوامل غير الوراثية ، لإظهار الصفات ومنها التغذية والرعاية والعناية بالحيوانات ، وكذلك العوامل المناخية. إن تأثير العوامل البيئية يمكن أن يظهر كقيم إيجابية أو سلبية لدى أفراد العشيرة ، مما يؤدي إلى تفوق الحيوان أو انخفاض القيمة المظهرية للحيوان عن متوسط قيمته الوراثية . إن قياس كل من القيمة الوراثية والانحراف البيئي غير ممكن على الحيوان نفسه لذلك تبقى كلتا المكونتين لمعادلة النموذج في الحقيقة مجهولتين . وهذا يسبب صعوبات للمربي ، لأنه لا يستطيع تحسين القاعدة الوراثية لعشيرته دون معرفة مباشرة للقيم الوراثية . ولكن بمساعدة أساليب وراثية العشائر يمكن تحليل وتنسيق العلاقات بين القيم الوراثية والمظهرية ، والتي أصبحت اليوم وسيلة مساعدة لا يمكن الاستغناء عنها في برامج التربية الحديثة .

إن مجموع الانحرافات البيئية إحدى الصفات يبلغ في عشيرة ما الصفر ، لأن الانحرافات السلبية والإيجابية تزيل بعضها البعض عند تشكيل القيمة

المتوسطة . ومن هذا نستنتج أن القيم الوراثية والمظهرية لإحدى العشائر تملك القيمة المتوسطة نفسها μ .

إن التأثيرات البيئية تجزأ وتصنف حسب طبيعة تأثيرها ، فهناك التأثير المنتظم والتأثير البيئي العشوائي . فالتأثير البيئي المنتظم يؤثر دائماً في تشكيل صفة مجموعة من الحيوانات بالاتجاه نفسه مما يجعلها متميزة عن مجموعات الحيوانات الأخرى ، فيمكن على سبيل المثال لأسلوب إيواء محدد أن يؤثر في إنتاج الحيوانات الخاضعة له سلباً أو إيجاباً مقارنة بالأساليب الأخرى . ومن العوامل البيئية المنتظمة نذكر تأثير المحطة والسنة وتأثير نظام التغذية والأثر الأمومي في الحيوانات المتعددة المواليد . كما يمكن لهذه التأثيرات أن تجتمع سوياً كما هو الحال في تأثيرات المحطة التي تضم أسلوب الإيواء ونظام التغذية وعمال الرعاية . أما بالنسبة لتأثير السنة فيضم عادة تأثير المناخ وظروف توافر الأعلاف . إن للتأثير البيئي المنتظم تأثيراً سلبياً عند مقارنة إنتاج حيوانات تخضع إلى عوالم بيئية متباينة ، لذلك يسعى المربون إلى توحيد ظروف الرعاية والتغذية في محطات الاختبار ومراكز التربية لاستبعاد أو تحجيم التأثير البيئي المنتظم قدر الإمكان . ويمكن أيضاً ومن خلال الأساليب الإحصائية تسجيل تأثيراتها والعمل على تعديل النتائج بشكل يحد من آثارها .

إن الحيوانات داخل كل شكل إيواء تخضع أيضاً إلى تأثيرات بيئية عشوائية ، وتشمل كل ما تبقى من العوامل البيئية ، وهي تختلف من حيوان لآخر .

في هذا السياق نميز أيضاً بين التأثيرات البيئية المستديمة التي تبقى ثابتة بتأثيراتها ، والتأثيرات البيئية المؤقتة المتباينة التأثير . فمجموعة التأثيرات

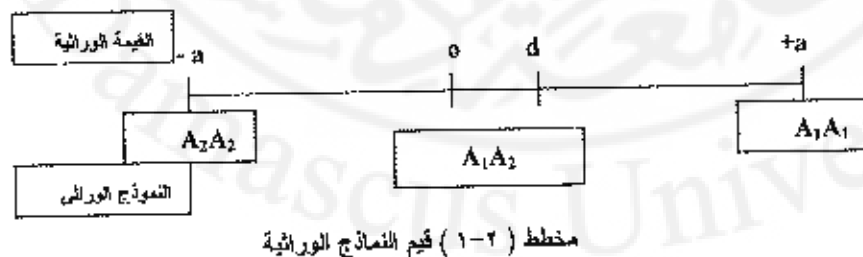
البيئية خلال مرحلة تنشئة حيوان تصنف تحت العوامل المستديمة ، لأنها تؤثر سلباً أو إيجاباً بشكل دائم في الشروط الحيوية للإنتاج المستقبلي . هذا العامل يلزم الحيوان خلال حياته ، ويحدد مع نمودجه الوراثي فرديته .

أما بالنسبة للعوامل البيئية المؤقتة فنذكر مثال اختلاف التغذية خلال وبين فترات الإنتاج .

إن الفصل بين المؤثرات البيئية المستديمة والمؤقتة ممكن فقط في الحيوانات ذات الإنتاج المتكرر ، كما هو الحال في الأبقار ذات المواسم الإنتاجية المتكررة . إن العوامل البيئية المستديمة والمؤقتة تعدل من إنتاج الحيوانات المحددة وراثياً وعلى الرغم من اهتمام المربين بالمحافظة على شروط التغذية موحدة لكل الحيوانات ، فلا يمكن الاستبعاد الكلي لمسببات التباين هذه .

٢-٣ متوسط العشيرة والآثار الوراثية لموقع وراثي واحد:

في هذه الدراسة سنعالج تأثير المورثات في صفة كمية ، انطلاقاً من موقع وراثي واحد مشغول بالقارينين A_1 , A_2 . وعادة ما ننطلق في تحليلنا لتحديد نقطة الصفر من متوسط النموذجين المتماثلين اللواقح وليس من القيم المطلقة للنماذج الوراثية المتوقع تشكيلها (A_1A_1 , A_1A_2 , A_2A_2) إن القيم الوراثية للنماذج الثلاثة يمكن استنتاجها من المخطط (١-٢)



بناءً على المخطط السابق يمكن وصف التأثير السیادی لـ A_1 من خلال قيمة d ففي حال d تساوي الصفر يشير هذا إلى عدم وجود سيادة والأمر هنا يتعلق بالتوريث المتوسطي Intermediate إن القيم الإيجابية لـ d تعني سيادة A_1 على A_2 ، بينما القيم السلبية تعني سيادة A_2 على A_1 حسب المخطط (١-٢) أما إذا كانت $a = d$ أو $d = -a$ فالأمر يتعلق بسيادة تامة لأحد القرينين ، وإذا تجاوزت d القيمة $(a < d)$ أو $(d < -a)$ فنحدث هنا عما يسمى بسـ فوق السيادة لـ A_1 أو لـ A_2 . وفي حالة السيادة الجزئية لـ A_1 فإن d تكون واقعة بين a والصفر أي $0 < a < d$ في حال السيادة الجزئية لـ A_2 تصبح الحالة $-a < d < 0$.

$d / a = 0$	التوريث المتوسطي
$0 < d / a < 1$	السيادة الجزئية
$d / a = 1$	السيادة التامة
$1 < d / a$	فوق السيادة

الجدول (١-٢) درجات السيادة انطلاقاً من النسبة d / a

٢- ٣- ١ متوسط العشيرة μ :

يعبر عن متوسط العشيرة μ بالشكل الرياضي التالي :

$$\mu = \sum_{i=1}^n fixi \quad (٤-٢)$$

إذ تشير fi إلى قيمة الصفة i ، وتشير fi إلى التكرار النسبي لقيمة الصفة i . لنفترض وجود عشيرة ما يكون فيها التلقيح عشوائياً ويظهر فيها القرينات

A_1, A_2 بالتكرارات p و q ($p = A_1, q = A_2$) . إن توزيع النماذج الوراثية للأفراد سيكون بالشكل المبين في الجدول (٢ - ٢)

إن التكرار النسبي لقيم الصفات يتفق مع التكرار الوراثي وقيم النماذج الوراثية المناسبة لهذا التكرار حسب الجدول (٢ - ٢) .

النماذج الوراثية	التكرار الوراثي	قيمة النموذج الوراثي	نتائج (fixi)
A_1A_1	p^2	a	P^2a
A_1A_2	$2pq$	d	$2pqd$
A_2A_2	Q^2	$-a$	$-q^2a$

الجدول (٢ - ٢) القيم الأساسية لاستنتاج متوسط العشيرة

فحسب الشكل (٢ - ٤) نستنتج متوسط العشيرة التالي :

$$\begin{aligned}\mu &= P^2a + 2pqd - q^2a \\ &= (p - q)(p + q)a + 2pqd \\ &= (p - q)a + 2pqd \quad (٢ - ٥)\end{aligned}$$

ومن هذا الشكل نلاحظ مساهمة كل من الأفراد المتمثلة للواقع (الجزء الأول) والأفراد المختلفة للواقع (الجزء الثاني) في متوسط العشيرة .

كذلك نستنتج تعلق متوسط العشيرة بتكرار المورثات ، فإذا كانت $p = 1$ يبلغ متوسط العشيرة عندئذ أعلى قيمة له $\mu = a$ وهنا تتألف العشيرة من الأفراد ذات النموذج الوراثي A_1A_1 فقط ذات القيمة a ، أما أدنى قيمة يصل إليها متوسط العشيرة $\mu = -a$ عندما تكون $q = 1$ وعندها تتألف العشيرة

فقط من الأفراد ذات النموذج الوراثي A_2A_2 . ويمكن لمتوسط العشيرة أن يتجاوز هذه القيم وذلك في حالة السيادة ($a < d$) وهنا يجب أن تكون قيمة ($p = d + a / 2d$) . إن زيادة نسبة الأفراد المختلفة اللواحق بشكل يتجاوز القيمة المتوقعة ($2pq$) وذلك من خلال اتباع طريقة تربية معينة يمكن في حالة فوق السيادة من متابعة زيادة متوسط العشيرة . ولهذه الحقيقة أهمية بالغة في مسألة التحسين بواسطة قوة الهجين .

وفي حال عدم وجود تأثير سيادي ($d = 0$) تنتج μ على الشكل التالي :

$$\mu = (p - q) a \quad (6-2)$$

$$= (1 - 2q) a$$

أما في حالة السيادة التامة ($d = a$) فتتأثر قيمة μ بمربع q

$$\mu = (p - q) a + 2pqd$$

$$= (1 - 2q^2) a \quad (7-2)$$

وفي حالة الصفات متعددة التوريث التي تتأثر من عدة مواقع وراثية بنفس الوقت ، تنتج قيمة متوسط العشيرة من مجموع قسيم المواقع الوراثية المؤثرة في القيمة المتوسطة أي :

$$\mu = \Sigma (p - q) a + \Sigma 2pqd \quad (8-2)$$

٢ - ٣ - ٢ آثار وتأثير المورثات :

إن علم الوراثة يدرس انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء ، ومن المعروف في العلوم الوراثية الكلاسيكية ، أن هذا الانتقال يتم من جيل

لآخر عبر المورثات إلا أن هذه المورثات تجتمع في كل مرة مع بعضها البعض من جديد وذلك من خلال إعادة التركيب Recombination وينشأ عن ذلك نماذج وراثية جديدة . لذلك يكون من الضروري إيجاد مقياس لتأثير المورثات حدد (fisher 1918) لذلك ما يسمى متوسط أثر المورثة و الذي يرتبط بعلاقة مع قيم النموذج الوراثي كما سنرى ذلك لاحقاً . وفيما يلي شرح لاستنتاج هذا الأثر .

لو أدخلنا إلى عشيرة ما مورثة إضافية (A_1) فإن احتمال التقائها مع المورثة A_1 هو p لتشكل النموذج الوراثي $A_1 A_1$ ذي القيمة a ، بينما احتمال التقائها مع المورثة A_2 يبلغ q لتشكل النموذج الوراثي $A_1 A_2$ ذي القيمة d ، إن القيمة المتوقعة للنماذج الوراثية المتشكلة من هذا الإدخال هي $pa + qd$ ، ويوصف انحراف هذه القيمة عن متوسط العشيرة بـ متوسط أثر المورثة A_1 (α_1) وتبلغ قيمته :

$$\alpha_1 = pa + qd - ((p - q) a + 2pq) \quad (9-2)$$

$$= q(a + d - 2p)$$

وبنفس الطريقة نحصل على متوسط أثر المورثة A_2 (α_2) السذي يلتقي باحتمال p أو q مع A_1 أو A_2 ليشكل النموذجين $A_1 A_2$ ذات القيمة d أو $A_2 A_2$ ذي القيمة a - ومنه تنتج قيمة α_2 :

$$\alpha_2 = pd - qa - ((p - q) a + 2pqd) \quad (10-2)$$

$$= -p(a + d - 2q)$$

نستنتج من هذه الأشكال إن متوسط أثر مورثة ما لا يتعلق فقط بـ a, d ، وإنما أيضاً بتكرار المورثة وبالتالي ببناء العشيرة وهكذا فإن قيمة α_1 تزداد مع ارتفاع q والقيمة المطلقة لـ α_2 ترتفع مع ازدياد p .

من المهم أيضاً معرفة التأثير الناتج عن استبدال مورثة ذات قيمة مرتفعة فالأمر يتعلق هنا أيضاً بحسب R.Fisher بمتوسط أثر استبدال المورثة (α) الذي يمثل الفارق بين متوسط تأثير المورثات

$$\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$$

$$= q (a + d (q - p)) + p (a + d (q - p))$$

$$= (p + q) (a + d (q - p))$$

$$= a + d (q - p) \quad (١١-٢)$$

لو افترضنا إن المورثة A_1 تسود سيادة كاملة على A_2 فالأثر المحقق من استبدال المورثة يحصل فقط في النماذج الوراثية المماثلة للواقع المتنحية وذلك عند استبدال A_2 في النموذج A_2/A_2 بالمورثة A_1 ليصبح A_1/A_2 وبالتالي تنتقل قيمة الموقع من $-a$ إلى $+a$ فإذا كانت قيمة P مرتفعة فهذا يعني أن أغلب المورثات A_2 متوضعة في النموذج A_1/A_2 وقلة قليلة منها تتوضع في النموذج A_2/A_2 لذلك يكون في هذه الحالة متوسط الأثر للاستبدال ضئيلاً . وعلى العكس من ذلك يتحقق عندما تكون قيمة p صغيرة فهنا تتركز الأعداد الكبيرة من A_2 في النموذج الوراثي A_2/A_2 وبالتالي تكون نتيجة الاستبدال كبيرة .

إذا تعلق الأمر بالتوريث التوسطي ، أي أن $d = 0$ وبالتالي فإن $\alpha = -a$ فإنه في كل حالة استبدال ترتفع قيمة النموذج الوراثي بمقدار a بغض النظر إذا

ما تم الاستبدال لـ A_2 بـ A_1 في النماذج المماثلة أو الخلطة اللواقح فالاستبدال في النموذج A_2A_2 يغير قيمته الوراثية من $-a$ إلى الصفر (في النموذج A_1A_2) والاستبدال في النموذج A_1A_2 يرفع قيمته من الصفر إلى $+a$ (A_1A_1) ، ويمكن التعبير عن أثر المورثة باستخدام أثر استبدال المورثة كالتالي :

$$\alpha_1 = q \alpha \quad (١٢-٢)$$

$$\alpha_2 = - p \alpha$$

في الجزء العملي من هذا المقرر نتناول تطبيقات حسابية لهذا الموضوع .

٢ - ٤ علاقات آثار المورثات بمكونات قيمة النموذج الوراثي :

إن نموذج التشكيل المظهري للصفة هو :

$$P = \mu + ga + do + ep + v \quad (١٣-٢)$$

أي أن القيم الوراثية تكتب على الشكل التالي :

$$G = \mu + ga + do + ep \quad (١٤-٢)$$

بالنسبة للحالة المفترضة البسيطة التي نتناول موقعاً وراثياً مشغولاً

بقرينتين فقد حدد لقيم النماذج الوراثية $G A_1A_1$, $G A_1 A_2$, $G A_2A_2$

المقدار $+a$ و d و $-a$ على التوالي . وعند طرح متوسط العشيرة من قيمة النموذج الوراثي ، ينتج لدينا الآثار الوراثية (g) للموقع الوراثي والتي

تتمثل بالآثار التجمعية ga والآثار السيادية do فقط وذلك لعدم ظهور تأثيرات متبادلة للمورثات بين المواقع في هذه الحالة . ونعبر عن ذلك رياضياً بالشكل :

$$\begin{aligned} G_{AIAI} &= G_{AIAI} - \mu \\ &= a - (a(p - q) + 2pqd) \\ &= a - ap + aq - 2pqd \\ &= a(1 - p = q) - 2pqd \\ &= 2q(a - pd) \quad (15-2) \end{aligned}$$

وللتعبير عن الأثر الوراثي للنموذج باستخدام أثر استبدال المورثة ، نستبدل $a = \alpha - d(q - p)$ ونحصل بالتالي على :

$$G_{AIAI} = 2q(\alpha - qd) \quad (16-2)$$

وبالطريقة نفسها نحصل على الآثار الوراثية لبقية النماذج الوراثية وهي معروضة في الجدول (2-3) .

إن الأثر الوراثي التراكمي هو عبارة عن مجموعة متوسط تأثيرات المورثات التي تتواجد على الموقع الوراثي نفسه ، ففي النماذج الوراثية المتماثلة اللواقح يبلغ هذا الأثر $2\alpha_1$ أو $2\alpha_2$ ، أما في النموذج السوراثي الخليط فتكون قيمته $\alpha_1 + \alpha_2$.

النموذج الوراثي	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
التكرار	p^2	$2pq$	q^2
قيمة النموذج الوراثي $G_{ij} = \mu + g_{ij}$	$+a$	d	$-a$
الآثار الوراثية g_{ij}	$2q(a - pd)$	$A(q-p) + d(1-2qp)$	$-2p(\alpha + qd)$
	$2q(\alpha - pd)$	$(q-p)\alpha + 2qp d$	$-2p(\alpha + pd)$
الآثار التجمعية g_{ij}	$2q \alpha$	$(q-p)\alpha$	$-2p\alpha$
الآثار السائدة do_{ij}	$-2 q2d$	$2pqd$	$-2 p2d$

الجدول (٢ - ٣) قيم النمذج الوراثية والآثار لموقع وراثي واحد

(حسب Falconer 1969)

يمكن كتابة هذا الأثر أيضاً بمساعدة أثر استبدال المورثة كما هو

معروض في الجدول (٢ - ٤) :

النموذج الوراثي	الأثر الوراثي التجمعي	
A_1A_1	$= 2q \alpha$	$G_{A_1A_1} = 2 \alpha_1$
A_1A_2	$= (q - p)\alpha$	$G_{A_1A_2} = \alpha_1 + \alpha_2$
A_2A_2	$= -2p\alpha$	$G_{A_2A_2} = 2 \alpha_2$

الجدول (٢ - ٤) العلاقات بين متوسط الآثار الوراثية والآثار الوراثي التجمعي

لموقع واحد

وبالنسبة للانحرافات السيادية للنماذج الوراثية فإنها تحسب من الفرق بين الآثار الوراثية التجمعية والآثار الوراثية كما يلي :

$$do_{ij} = g_{ij} - ga_{ij} \quad (١٧-٢)$$

إذا كان $ga_{ij} = g_{ij}$ فهذا يعني أن المورثات المشاركة تؤثر فقط تراكمياً والأمر يتعلق هنا بالتوريث المتوسطي من جهة نظر الوراثة الكلاسيكية.

لقد ذكر في بداية هذا الفصل أن مجموع الآثار الوراثية والبيئة في العشيرة يساوي إلى الصفر ، هذه النتيجة تنطبق على الآثار الوراثية التجمعية وعلى الانحرافات السيادية كما سيبرهن على ذلك فيما يلي بالنسبة لموقع وراثي واحد . فلو ضربنا الآثار الوراثية التجمعية بتكراراتها وجمعت لكل النماذج الوراثة لنتج لدينا الآتي :

$$\begin{aligned} \sum f_{ij} ga_{ij} &= 2p^2q\alpha + 2pq(q-p)\alpha + \alpha 2pq^2 \\ &= 2pq\alpha(p+q-p-q) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (١٨-٢)$$

كذلك الحال بالنسبة للانحرافات السيادية فإن قيمتها في المتوسط تساوي الصفر

$$\sum f_{ij} do_{ij} = 2p^2q^2d + 4p^2q^2d - 2p^2q^2d \quad (١٩-٢)$$

ومما سبق نستنتج أنه إذا كانت قيمة متوسط الآثار البيئية التجمعية ومتوسط الانحرافات السيادية في العشيرة تساوي إلى الصفر ، فإن الآثار الوراثة تزيل بعضها البعض عند متوسط العشيرة .

يمكن استنتاج متوسط الأثر α_1 و α_2 للمورثتين A_1 و A_2 بأسلوب آخر
تتبع فيه الآثار الوراثية g_{ij} إذ تعد قيمها التالية $g_{A_1A_1} = 2\alpha_1$ ، $g_{A_1A_2} = \alpha_1 + \alpha_2$ ، $g_{A_2A_2} = 2\alpha_2$ الأفضل لتنفيذ المعادلات في فكرة أصغر المربعات
ولأجل هذا يجب تقليل مجموع مربعات الانحرافات لهذه المعادلات في
العشيرة إلى أدنى حد . ونحصل على متوسط الآثار للمورثات من خلال
تخفيض التعبير التالي :

$$(g_{A_1A_1} - 2\alpha_1)^2 + 2pq(g_{A_1A_2} - \alpha_1 - \alpha_2)^2 + q^2(g_{A_2A_2} - 2\alpha_2)^2 \quad (2-2)$$

ومن خلال تمييز جزئي حسب α_1 و α_2 يمكن البرهان على أن هذا
التعبير يكون في حده الأدنى إذا كان :

$$\alpha_1 = p g_{A_1A_1} + q g_{A_1A_2} \quad (2-3)$$

$$\alpha_2 = p g_{A_1A_2} + q g_{A_2A_2} \quad (2-4)$$

ومن الجدول (2-3) نستخدم القيم التالية :

$$g_{A_1A_1} = 2q(a - pd)$$

$$g_{A_1A_2} = a(q - p) + d(1 - 2pq)$$

$$g_{A_2A_2} = 2p(a + qd)$$

نستنتج α_1 بعد التبديل :

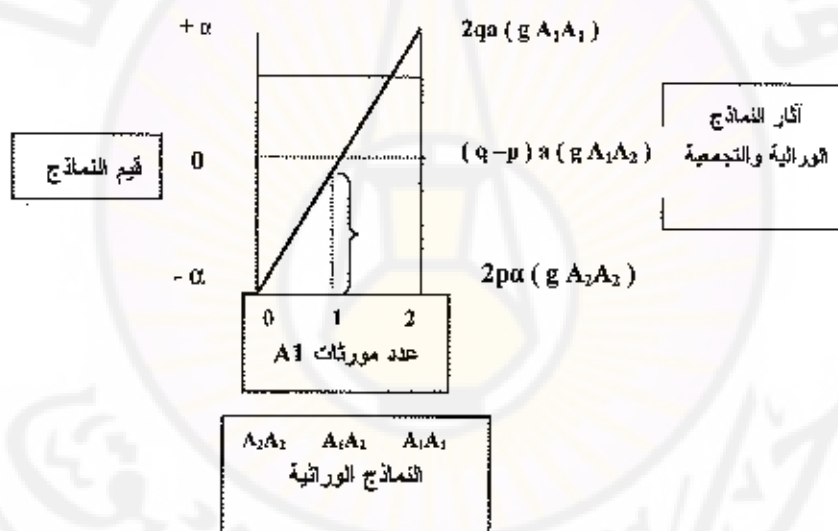
$$\alpha_1 = 2q(a - pd) + a(q - p) + d(1 - 2pq)$$

$$= q[2pa + qa - pa - 2p^2d + d - 2p^4d]$$

$$= q [a + d (q - p)]$$

$$= q \alpha$$

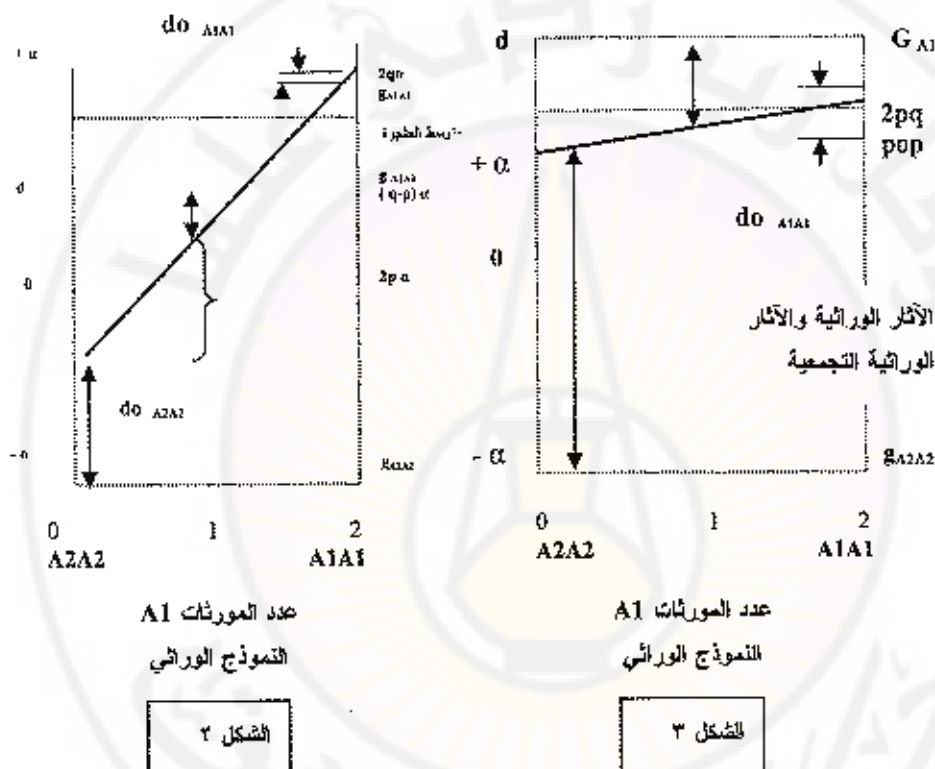
في التوريث المتوسطي تؤثر المورثات في إخراج قيم النمساذج الوراثية تراكمياً فقط ، وبالتالي يمكن شرح الآثار الوراثية من خلال متوسط تأثير المورثات وهنا يتطابق الأثر الوراثي للنموذج مع الأثر التجمعي كما نلاحظ في المخطط (٢ - ١) . ونستنتج من المخطط التالي أن متوسط أثر استبدال المورثة α يتناسب مع المساهمة المطلقة لـ α .



المخطط (٢ - ١) عرض بياني لقيم النمساذج الوراثية والآثار في التوريث المتوسط

إذا ظهر أثر سيادي بين قرائن الموقع الوراثي الواحد بجسم عندئذ خط الارتباط بين القيم الوراثية التجمعية خط الانحدار ، الذي يعبر عن انحدار قيم

النماذج الوراثية على عدد المورثات المؤثرة إيجاباً على إخراج الصفة كما يبين ذلك في المخططين (٢) و (٣) .



مخطط (٣ - ٢) عرض بياني لقيم النماذج الوراثية والآثار في حالة فوق السيادة

$$(p = 0.8 , d = 11/2 \alpha)$$

إن أثر استبدال المورثة α هو عبارة عن معامل انحدار قيم النماذج الوراثية على عدد مورثات A_1 كما حدد ذلك Fisher (١٩١٨ - ١٩٤١)

حسب تعريف معامل الانحدار يتغير التابع بالمتوسط بمقدار معامل الانحدار إذا ارتفع المستقل وحدة واحدة . فمتوسط اثر استبدال المورثة يمثل المقدار الذي ترتفع بموجبه القيمة الوراثية ، إذا ارتفع عدد المورثات A_1 بمقدار واحد . إن ارتفاع عدد المورثات A_1 في النموذج الوراثي يعني استبدال المورثات A_2 ، وبهذا نتوصل مرة أخرى للتعريف المذكور سابقاً .

من المخططين (٢ و ٣) نستنتج أن قيم النماذج الوراثية التجميعية تتوضع خط الانحدار مع معامل الانحدار α .

أما الفوارق بين قيم النماذج الوراثية والقيم الوراثية التجميعية فتمثل الانحرافات السيادة التي مجموع مربعاتها أصبحت في حدها الأدنى من خلال الاستنتاج المذكور سابقاً بهذا الخصوص .

من خلال مقارنة بين المخططات يظهر أن α في حالة السيادة تكون أقل بكثير منه في حالة السيادة الجزئية . وذلك لنفس تكرار المورثة ($p = 0.8$) إن درجة السيادة تؤثر في α إلى جانب تكرارات المورثة بشكل هام جداً . فازدياد درجة السيادة تعمل عند تكرار المورثة $p < 0.5$. على رفع α ، بينما يحدث التأثير العكسي في حال $p > 0.5$ وإذا كانت العشيرة في حالة توازن وراثي وكانت $p = q = 0.5$ يكون $\alpha = a$ كما هو الحال في التوريث المتوسطي بغض النظر عن تكرارات المورثات . وفي عشيرة تظهر فيها حالة فوق سيادة ستصبح α سلبية مجرد تجاوز تكرار المورثات متوسط العشيرة الأعظمي .

الفصل الثالث

التباين والتباين المشترك

١-٣ تباين الصفات .

١-٣-١ مكونات التباين المظهري .

١-٣-٢ مكونات التباين الوراثي لموقع وراثي ما .

١-٣-٢ التباين المشترك بين الأفراد الأقارب .

١-٣-٢-١ تعريف وأهمية التباين المشترك .

١-٣-٢-٢ استنتاج التباين المشترك بين الأهل والنسل .

١-٣-٢-٣ استنتاج التباين المشترك بين الأخوة .

١-٣-٣ الطريقة الشاملة لاستنتاج التباين المشترك لعدد n من المواقع .

١-٣-٣ التوائم المتطابقة .

١-٣-٣ الأخوة الأشقاء .

١-٣-٣ الأخوة أنصاف الأشقاء .

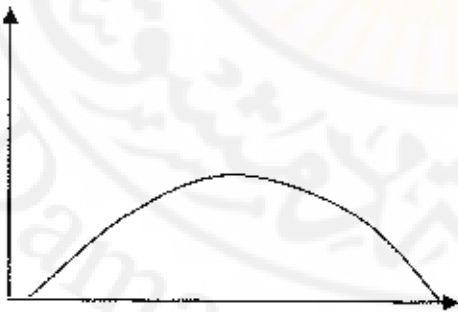
١-٣-٣ الأهل والنسل .



التباين والتباين المشترك

Variance and covariance

٣-١ تباين الصفات **variance** : التباين المظهري p^2 مقياس لتشتت القيم المظهرية في العشيرة حول متوسط العشيرة μ . فالصفات ذات التباين القليل تتوزع قيمها المظهرية بشكل قريب من متوسط العشيرة ويكون المخطط البياني الخاص بها مرتفعاً ضيقاً (مخطط ٣-١ أ) في حين تتوزع القيم المظهرية للصفات الكبيرة التباين بشكل بعيد واسع عن متوسط العشيرة . أما المخطط البياني الخاص بها فيكون منخفضاً ومنبسطاً، كما هو الحال في المخطط (٣-١ ب) .



المخطط (٣-١) يوضح توزيع القيم المظهرية في حال التباين القليل (أ) والتباين الكبير (ب)

الجزر التربيعي للتباين المظهري يسمى بالانحراف المعياري المظهري σ^2_p standard deviation . وفي هذه الصورة يكون من نفس الوحدات القياسية للقيمة المتوسطة (كغ ، سم ،) أم القيمة μ / σ_p $100 \times$ فتعد مقياساً للاختلاف عند المقارنة بين عدة صفات لها وحدات مختلفة ، ويطلق عليها مصطلح معامل الاختلاف coefficient of variability أو C.V ، غالباً ما تستخدم الأحرف اليونانية للمقاييس الحقيقية في العشرة والتي هي في العادة غير معروفة ، وإنما يتم تقديرها في عينة من العشرة باستخدام الأساليب الإحصائية - الرياضية ومن خلال ميزة حجم العينة يمكن تحديد دقة القيم المقدرة ، فكلما كبر حجم العينة ، عكست القيمة المقدرة المقاييس الحقيقية للعشرة بشكل أدق . وترمز القيم التقديرية لتمييزها عن القيم الحقيقية للعشرة بالأحرف اللاتينية .

القيمة المقدرة	القيمة الحقيقية	التسمية
X	μ	متوسط العشرة
S^2	σ^2	التباين
S	σ	الانحراف المعياري
S %	%	معامل الاختلاف

٣ - ١ - ١ - مكونات التباين المظهري :

إن التباين المظهري للصفات الكمية ينشأ من التركيب الوراثي للحيوانات ومن العوامل البيئية ، فحسب نموذج التشكيل المظهري للصفات التالي :

$$P = \mu + g + u$$

يتشكل التباين المظهري من التباين الوراثي $\sigma^2 g$ والتباين البيئي $\sigma^2 u$

$$\sigma^2 = \sigma^2 g + \sigma^2 u \quad (١-٣)$$

التباين الوراثي يتوزع أيضاً حسب تأثيرات المورثات :

$$\sigma^2 g = \sigma^2 ga + \sigma^2 do + \sigma^2 ep \quad (٢-٣)$$

إذ تشير $\sigma^2 ga$ إلى التباين الوراثي التجمعي

$\sigma^2 do$ إلى التباين السيادي

$\sigma^2 ep$ إلى التباين التفوقي

هذا ويعزى التباين الوراثي التجمعي إلى تباين العوامل الوراثية التجمعية ، أي إلى متوسط آثار المورثات ، أما التباين السيادي والتفوقي فتسببهما الانحرافات المناسبة ، فالأخيرة تنشأ مثلاً عن التداخل بين القرائن ، أو بين المواقع الوراثية ويطلق على التباين السيادي والتفوقي مصطلح التباين الوراثي غير التجمعي $\sigma^2 n ga$. إن هذا التوزيع للتباين الوراثي ذو فائدة كبيرة في التحسين الوراثي لأنه يحدد طرائق التربية الواجب استخدامها في برامج التحسين الوراثي ، وفي الوقت نفسه يمكن تجزئة التباين البيئي إلى مكونين - الأولى تسببها المؤثرات البيئية الدائمة والثانية تسببها المؤثرات البيئية المؤقتة كما هو موضح في الشكل التالي :

$$\sigma^2 u = \sigma^2 u p + \sigma^2 u t \quad (3-3)$$

إذ $\sigma^2 u p$ التباين البيئي الدائم

و $\sigma^2 u t$ التباين البيئي المؤقت

٣-١-٢ مكونات التباين الوراثي لموقع وراثي ما :

يعرف التباين إحصائياً أنه القيمة المتوقعة لمتوسط مربع انحرافات قسيم

الصفات عن متوسط العشيرة μ ويعبر عنه حسب الشكل التالي :

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n f_i (x_i - u)^2 \quad (3-4)$$

لو قامت الدراسة على موقع وراثي واحد فيه ترتيب القيم الوراثية حسب

التركيب الوراثية ، عندئذ يمكن حساب التباين من الشكل (3-4) . ولأن

الآثار الوراثية تسبب الانحرافات عن متوسط العشيرة حسب الجدول

(3-2) فإنه يمكن حساب التباين الوراثي حسب الشكل (3-4) فبالنسبة

للتباين الوراثي التجمعي $\sigma^2 ga$ يستنتج حسب المراحل التالية :

$$\sigma^2 ga = p^2 (2q\alpha)^2 + 2pq [(q-p)\alpha]^2 + q^2 (-2p\alpha)^2$$

$$= 2pq\alpha^2 (2pq + q^2 - 2pq + p^2 + 2pq)$$

$$= 2pq\alpha^2$$

$$= 2pq [a + d(q-p)]^2 \quad (3-5)$$

فالتباين الوراثي التجمعي هو نتيجة لكل من تكرارات المورثة وأثر

استبدال المورثة الذي يتعلق بـ a و d .

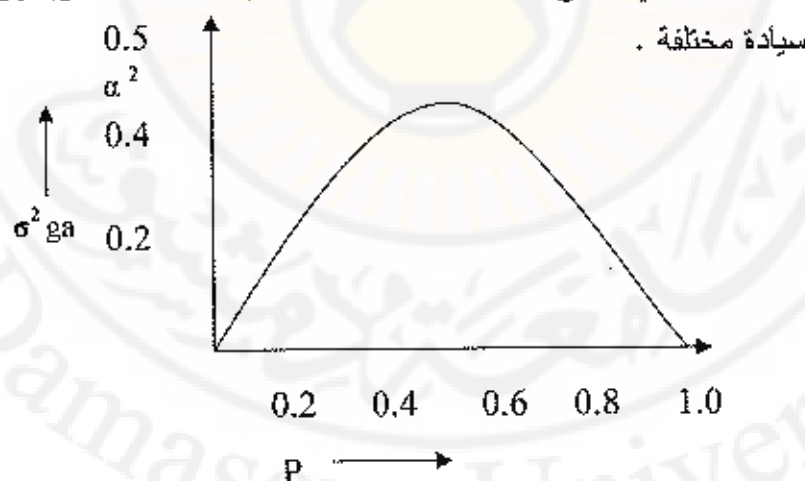
بطريقة مماثلة يمكن استنتاج التباين السياتي $\sigma^2 do$ لموقع واحد :

$$\begin{aligned}\sigma^2 do &= p^2 (-2 q^2 d)^2 + 2pq (2pqd)^2 + q^2 (-2 p^2 d)^2 \\ &= 4 p^2 q^2 d^2 (p^2 + 2pq + q^2) \\ &= (2pqd)^2 \quad (٦-٣)\end{aligned}$$

فالتباين السياتي يتعلق بتكرارات المورثة ودرجة السيادة . إن التباين الوراثي للموقع الواحد هو مجموع التباين الوراثي التجمعي والسيادي لعدم وجود ارتباط نوعي التباين المذكورين مع بعضهما البعض .

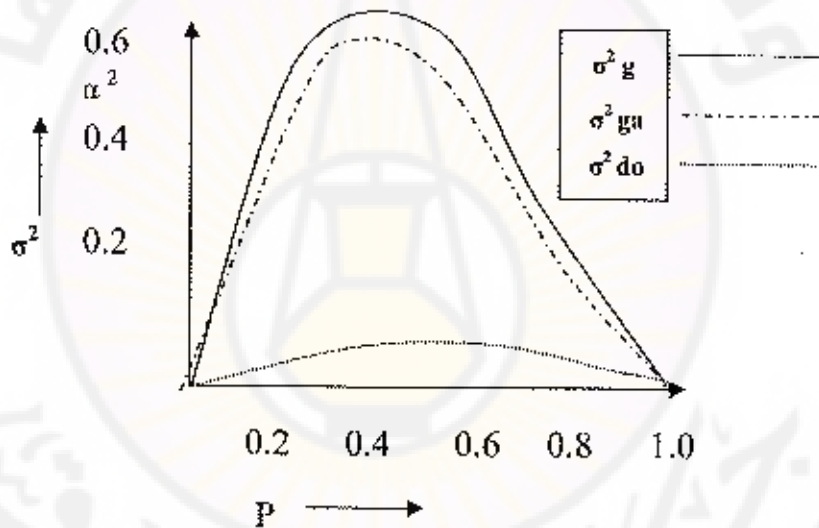
$$\begin{aligned}\sigma^2 g &= \sigma^2 ga + \sigma^2 do \\ &= 2pq \alpha^2 + (2pqd)^2 \quad (٧-٣)\end{aligned}$$

ونبين في المخططات البيانية (٢-٣) (٣-٣) (٤-٣) مكونات التباين الوراثي لموقع واحد ، وذلك حسب تكرارات المورثات وبظهور درجة



المخطط (٣-٢) علاقة لتباين الوراثي بتكرار المورثات في التوريث التوسيطي

إن مجمل التباين الوراثي المتوسطي ($d = 0$) محدد تراكمياً (المخطط ٢-٣) و يبلغ حده الأقصى عندما يظهر كلا القرينين بالتكرار نفسه ($p = q = 0.5$) ويساوي إلى الصفر في نقطة النهاية ($p = 0$ أو $q = 0$) إذ يظهر تركيب وراثي واحد فقط . فلا يتوافر عندئذ أي تباين وراثي في الموقع المذكور . ويتأثر التباين الوراثي التجمعي عند ظهور أثر سيادي في الموقع نفسه (٣ - ٣) ويزداد الحد الأعظمي لـ σ^2_{ga} ويتحول إلى قيم $p > 0.5$.

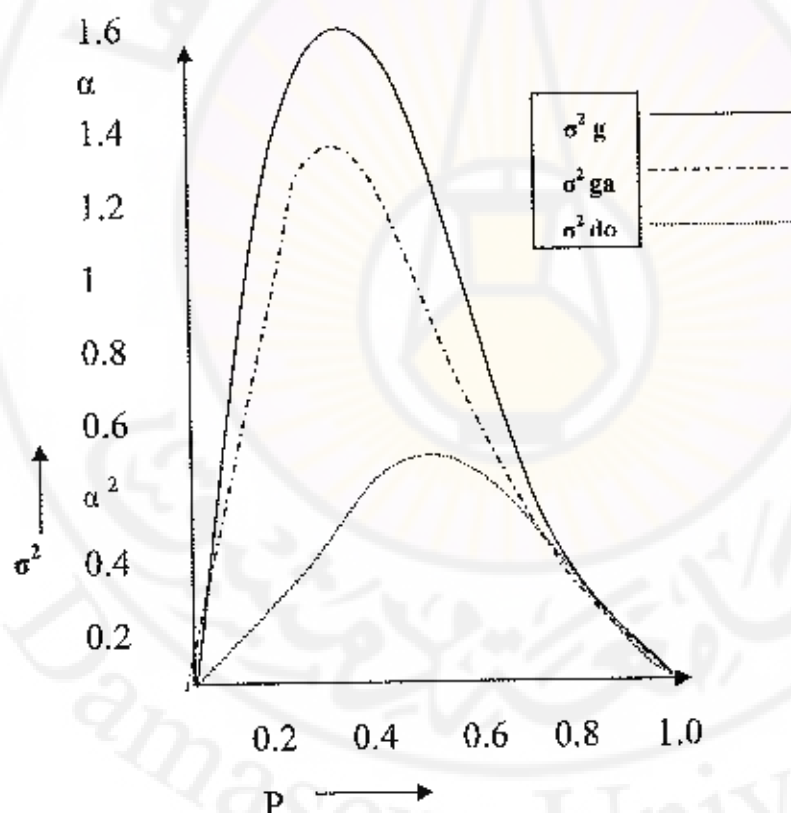


المخطط (٣ - ٣) علاقة التباين الوراثي بتكرار المورثات في السيادة الجزئية ($d = 0.5 a$)

ونرى ذلك واضحاً من خلال المقارنة بين المخططين (٢-٣) و (٣ - ٣) وبمقارنة أخرى مع المخطط (٢-٣) نلاحظ أن ارتفاع درجة السيادة تزيد من التباين الوراثي أيضاً . إن حالة فوق السيادة المعروضة في المخطط (٤-٣) تشير إلى أن التباين الوراثي التجمعي يصبح صفراً عند قيمة

$P = 0.83$ ويعاود إلى الارتفاع قليلاً مع ازدياد قيمة P الأمر الذي يجب استغلاله علمياً لرفع القيمة المتوسطة من خلال الانتخاب في الاتجاه المعاكس (ضد A_1 لصالح A_2).

إن التباين الوراثي التجمعي يكون في العشيرة عند تكرارات المورثات هذه قليلاً جداً وبالتالي يعزى معظم التباين الوراثي إلى التباين السياتي فقط وهذه النتيجة يمكن قراءتها في المخطط (٣-٤) وتجدر الإشارة إلى أن المقياس المختار للتعبير عن التباين هو σ^2



المخطط (٣ - ٤) علاقة التباين الوراثي بتكرار المورثات في حالة السيادة الزائدة ($d = 1.5 a$)

٣ - ٢ التباين المشترك بين الأفراد الأقارب :

٣ - ٢ - ١ تعريف وأهمية التباين المشترك :

إنه التشابه بين الأفراد الأقارب (عند غرض النظر عن العوامل المؤثرة البيئية المشتركة) يقوم عل تطابق جزء من المورثات التي تملكها ، وبالتالي تظهر تراكيبها الوراثية بعضاً من التوافق . وينتج عن هذا تشابه في أشكالها الظاهرية ، والذي بسبب التأثير المتبادل المتنوع بين المورثات والعوامل البيئية المؤثرة في الصفات لا يظهر بين حيوانات ذات نفس درجة القرابة بنفس الوضوحية . إلا أن تباين الصفات يملك عند الأفراد الأقارب بعضاً من الأساس المشترك ، فالتغيير المشترك للصفات يطلق عليه التغاير *co variation* ويستخدم كمقياس له التباين المشترك *covariance* ، ويمكن الكشف عن التباين المشترك بين الأفراد الأقارب بمساعدة تحليل التباين أو تحليل الارتباط .

إن تحليل التباين يتيح توزيع التباين المظهري إلى المكونتين خارج المجموعات وداخل المجموعات وعادة تتشكل المجموعات من حيوانات لها درجة القرابة نفسها وهي مجموعة الأخوة الأشقاء أو أنصاف الأشقاء ونجدد الإشارة إلى أنه كلما ازداد التشابه بين حيوانات المجموعة الواحدة بمعنى آخر كلما كبر جزء المورثات المشتركة ازداد الاختلاف بين مجموعات الأقارب .

إن مكونات التباين (داخل المجموعات) تمثل تباين قيم الصفة عند الأفراد عن متوسط المجموعات ، والمكونة (بين المجموعات) هي عبارة عن تباين القيم الحقيقية لمتوسط المجموعات عن متوسط عشيرة كل الحيوانات المستخدمة في التجربة . إن تباين متوسط المجموعات أو الصفوف يتطابق مع

التباين الذي تملكه حيوانات إحدى المجموعات وهذا هو التباين المشترك بين الأفراد الأقارب حسب التعريف الآنف الذكر .

عند الكشف عن التباين المشترك بين الأهل والنسل يستخدم الارتباط أو الانحدار إذ يتواجد في بسط معامل الارتباط أو الانحدار كما هو معروف في التباين المشترك للمتغيرات.

إن التباين المشترك بين الأفراد والأقارب هو مقياس وراثي مهم للعشيرة . ففي الفقرات السابقة أظهرنا كيفية حساب التباين الوراثي للعشيرة من تكرارات المورثة والآثار الوراثية . ولكن في الصفات الكمية يستحيل الكشف عن التباين الوراثي بالأسلوب نفسه ، وذلك لعدم معرفة سواء تأثيرات المورثات وتكرارات المورثات أو إعداد المواقع الوراثية المشاركة في إصدار الصفة . ولما كان من الضروري معرفة مقدار تركيب التباين الوراثي لهدف التحسين الوراثي ، وجب استخدام طرائق أخرى لتحقيق هذا الهدف . وهنا يمكن إثبات أن التباين المشترك بين الأفراد الأقارب يحتوي على أجزاء التباين الوراثي ، وبالتالي يقدم نفسه كطريقة للكشف عن التباين الوراثي داخل العشيرة . ويعد في الحياة العملية أسلوباً مهماً في التحسين الوراثي لعدم ضرورة تنفيذ تجارب إضافية ، بل يمكن ومن خلال طلبات مبرمجة في العشيرة الحصول على قيم تقديرية دقيقة للتباين الوراثي .

سنبين في دراستنا التالية استنتاج التباين المشترك بين الأفراد والأقارب وذلك لموقع وراثي واحد . ويعود هذا الاستنتاج إلى falconer 1960 .

٣ - ٢ - ٢ استنتاج التباين المشترك بين الأهل والنسل :

إن التباين المشترك بين أب وفرد من نسله ينتج من المعادلة التالية :

$$\text{Cov} (E, N) = \sum f_i (x_i - \mu_x) (y_i - \mu_y)$$

إذ f_i = تكرار القيم .

x_i = قيمة التركيب الوراثي للأب i .

μ_x = متوسط عشيرة الأب i .

y_i = قيمة التركيب الوراثي للأبن i .

μ_y = متوسط عشيرة الأبناء .

الشكل (٣-٨)

إن التعابير الموجودة ضمن الأقواس تطابق الآثار الوراثية للأهل والنسل والتي تعرف بأنها انحرافات القيم الوراثية عن متوسط العشيرة. هذا وقد تم استنتاجها مسبقاً بالنسبة للأهل في الجدول (٣ - ٢) ولاستنتاج الآثار الوراثية للأبناء ننطلق من الأفكار التالية :

إن كل أب يعطي نصف مورثاته إلى نسله ، لذلك يملك الأهل والنسل ٥٠ % من المورثات المتطابقة . في عشيرة ما بحالة التوازن ، والتي هي أساس الدراسة ، لا تتغير تكرارات المورثات والتكرارات الوراثية ويبقى متوسط العشيرة ، ثابتاً ، أي $\mu_x = \mu_y$. على رغم ذلك لا يطابق الأثر الوراثي للنسل 1/2 g للأهل كما كنا نتوقع . فمن خلال إعادة تركيب المورثات في جيل الأبناء تأثيرات متبادلة جديدة بين المورثات ، وبالتالي فالانحراف السياضي الموجود عند الأهل لا ينقل إلى النسل . المورثات تحقق

عند الأبناء فقط متوسط تأثيراتها ، لذلك تطابق القيمة الوراثية للنسل نصف القيمة الوراثية التجمعية للأهل ، كما هو معروف أنها تمثل مجموع متوسط التأثيرات الوراثية . وبنفاذ الشرط $\mu_x = \mu_y$ يتحقق أيضاً تساوي متوسط الأثر الوراثي للنسل لنصف الأثر الوراثي التجمعي $ga = 1/2$ للأهل . وبذلك يمكن استنتاج الأثر الوراثي للنسل من معطيات الجدول (٣ - ٢) بسهولة .

في الجدول (٣ - ١) تعرض القيم الضرورية للكشف عن التباين المشترك . لوجود العشيرة بحالة توازن فإننا نحصل على تكرارات القيم من تكرارات المورثات وهي متطابقة في جيل الأهل والنسل .

التركيب الوراثي	التكرار σ	الأثر الوراثي للأهل	متوسط الأثر الوراثي في النسل
A_1A_1	p^2	$2q (\alpha - qd)$	$q \alpha$
A_1A_2	$2pq$	$(q - p) \alpha + 2pqd$	$0.5 (q - p) \alpha$
A_2A_2	q^2	$- 2p (\alpha + pd)$	$- p \alpha$

الجدول (٣ - ١) آثار التراكيب الوراثية عند الأهل والنسل في التلقيح العشوائي

لاستنتاج التباين المشترك (E, N) بين أب واحد وفرد من النسل نعوض في المعادلة (٨-٣) ما يناسب اليم من الجدول السابق فيكون لدينا :

$$\text{Cov} (E, N) =$$

$$p^2 2q (\alpha - qd) q \alpha + pq [(q-p) \alpha + 2pqd] (q-p) \alpha + 2p^2 q^2 \alpha (\alpha + pd)$$

$$= pq \alpha^2 (p^2 + 2pq + q^2) + 2p^2 q^2 \alpha d (-q + p - p + p)$$

$$= pq \alpha^2 \quad (٩-٣)$$

$$\text{Cov} (E, N) = 0.5 \sigma^2 ga \quad \text{ولأن } \sigma^2 ga = 2pq \alpha^2 \text{ ينتج أن}$$

بالنسبة للصفات غير المحددة بالجنس يمكن استخدام قيم الصفات عند الأبوين لتقدير التباين عن طريق تشكيل متوسط الأهل لقد استخدم falconer 1960 لاستنتاج التباين المشترك في هذه الحالة قيم التراكيب الوراثية بدلاً من الآثار الوراثية . في الجدول (٢-٣) يرتب متوسط الأهل ، والقيمة الوراثية المتوسطة لنسل على أساس الأشكال المختلفة للتقيح .

يبليغ التباين المشترك بين متوسط الأهل والنسل $\text{cov} (E, N)$

$$\text{Cov} (E, N) = \sum p - u^2$$

$$= a^2 [p^3 (p+q) + q^3 (p+q)] + 2adpq (p^2 - q^2) + d^2 pq (p^2 + q^2)$$

$$= [a^2 (p^2 - 2pq + q^2) + 4adpq (p - q) + 4d^2 p^2 q^2]$$

$$= a^2 pq - 2adpq (p - q) + d^2 pq (p - q)^2$$

$$= pq [a + d (q - p)]^2$$

$$= pq \alpha^2 = 0.5 \sigma^2 ga \quad (١٠-٣)$$

مربع متوسط للنسل	متوسط النسل x متوسط الأهل	متوسط النسل	تكرارات القيمة الوراثية للنسل			متوسط الأهل	تكرار التتويج	التركيب الوراثي للأهل
			A2A2 - a	A1A2 2d	A1A1 a			
a ²	a ²	- a	-	-	1	a	P ⁴	A ₂ A ₂ A ₂ A ₁
0.25 X (a2+2as+d2)	0.25X (a2+2ad + d2)	0.5(a + d)	-	0.5	0.5	0.5(a+d)	4p ³ q	A ₂ A ₁ A ₁ A ₂
d ²	0	d	-	1	-	0	2p ² q ²	A ₁ A ₁ A ₂ A ₂
0.25d ²	0.5 d ²	0.5d	0.25	0.5	0.25	0	4p ² q ²	A ₂ A ₂ A ₁ A ₂
0.25X (a2+2ad+d2)	0.25 X (a2-2ad+d2)	0.5(-a + d)	0.5	0.5	-	0.5(- a+d)	4pq ³	A ₁ A ₁ A ₂ A ₁
a ²	a ²	-a	1	-	-	-a	Q ⁴	A ₁ A ₂ A ₂ A ₂

الجدول (٣-٢) متوسط الأهل والنسل لاستنتاج التباين المشترك حسب falconer1960

ومن هذه النتيجة نلاحظ أن التباين المشترك بين متوسط الأهل وفرد من النسل لا يختلف عن التباين المشترك بين أب وفرد من نسله . وتعتبر هذه الملاحظة ذات صلاحية عامة . فالتباين المشترك لأحد الحيوانات مع متوسط مجموعة من الأفراد الأقارب يتطابق مع التباين المشترك لهذا الحيوان مع ممثل لهذه المجموعة الأقارب . وبناء عليه فإن التباين المشترك بسين أب واحد ومتوسط نسله يساوي إلى نصف التباين الوراثي التجمعي أيضاً .

٣ - ٢ - ٣ التباين المشترك بين الأخوة :

نحصل على التباين المشترك بين الأخوة من تحليل التباين وكما استنتجنا سابقاً بأن تباين القيم المتوسطة لمجموعات الأخوة يطابق التباين المشترك

الأخوة. بالنسبة للأخوة أنصاف الأشقاء يتم استنتاج التباين المشترك (HG) بسهولة تامة من الجدول (٣ - ١) إذ يتناسب متوسط الأثر الوراثية مع انحرافات المتوسط العشيرة μ ؛ لذلك يمكن من هذا استنتاج المعادلة التالية :

$$\begin{aligned} \text{Cov (HG)} &= p^2 (q\alpha)^2 + 2pq [0.5 (q-p) \alpha]^2 + q^2 (-p \alpha)^2 \\ &= p^2 q^2 \alpha^2 + 0.5 pq (q-p)^2 \alpha^2 + p^2 q^2 \alpha^2 \\ &= pq \alpha^2 [pq + 0.5 (q-p)^2 + pq] \\ &= 0.5 pq \alpha^2 (p + q) \\ &= 0.5 pq \alpha^2 \quad (١١ - ٣) \end{aligned}$$

وتبلغ النتيجة المذكورة $\frac{1}{4} \sigma^2 ga$. ويقدر التباين المشترك بين الأخوة الأشقاء من متوسط قيمة النسل حسب الجدول (٣ - ٢) فالأشكال الستة للتلقيح تنتج ست مجموعات مختلفة من الأخوة الأشقاء ، لأن أفراد نسل أي تركيبة يملكون نفس الأب والأم .

لو قارنا مجموع ناتج متوسط الأهل X متوسط النسل (Σp) مع مجموع مربع متوسط النسل (Σq) في الجدول (٣ - ٢) لاستنتجنا أن :

$$\begin{aligned} \Sigma q &= \Sigma p + d^2 2p^2q^2 - \frac{1}{4} D^2 4 p^2q^2 \\ &= \Sigma p + p^2q^2 d^2 \end{aligned}$$

ولأن المسألة هنا تتعلق بالقيمة الوراثية يجب كما هو الحال عند متوسط الأهل طرح μ^2 ويبلغ التباين المشترك للأخوة الأشقاء $\text{cov} (vg)$:

$$\begin{aligned}\text{Cov} (vg) &= \Sigma p - \mu^2 + p^2 q^2 d^2 \\ &= \text{Cov} (E.N) + p^2 q^2 d^2 \\ &= pq \alpha^2 + (pqd)^2 \\ &\approx 0.5 \sigma^2_{ga} + 0.25 \sigma^2_{do} \quad (١٢ - ٣)\end{aligned}$$

وبالتالي فهو يحتوي إلى جانب نصف التباين الوراثي التجمعي ربع التباين السبائي .

٣ - ٣ - طريقة شاملة لاستنتاج التباين المشترك لعدد n من المواقع :

خلال عرضنا لفقرة استنتاج التباين المشترك لموقع وراثي واحد تناولنا طريقة سهلة وقد لاحظ القارئ أن هذه الطريقة لا تمكن من الكشف عن التباين التفوقي لذلك سنعمد في هذه الطريقة إلى تلافي هذا النقص لتكون الحالة معبرة بشكل أكثر عن الحقيقة . ويعود أساس هذه الطريقة إلى Kempthorne 1955 التي تذكر شكلاً عاماً لاستنتاج التباين المشترك ولمختلف درجات القرابة بين الأفراد والتي يصلح لعدد من المواقع n وبالتالي تشمل كل مكونات التباين الوراثي وهذا الشكل هو :

$$\begin{aligned}\text{cov}(x,y) &= \quad (١٣ - ٣) \\ &= 0.5 (\Phi + \Phi') \sigma^2_{ga} + \Phi \Phi' \sigma^2_{do} + (0.5)^2 (\Phi + \Phi') (\Phi \Phi') s \sigma^2_{xx}\end{aligned}$$

وفيما يلي شرح الرموز المستخدمة :

Φ احتمال لامتلاك كل من x, y مورثات متطابقة من الأب .

Φ' احتمال لامتلاك كل من x, y مورثات متطابقة من الأم .

σ^2_{ga} التباين الوراثي التجمعي .

σ^2_{do} التباين السبدي .

σ^2_{xx} مكونات التباين التفوقي .

r عدد مواقع المورثات التي ينشأ بينها تأثير متبادل سببه آثار تجمعية .

s عدد مواقع المورثات التي ينشأ بينها تأثير متبادل سببه الانحرافات السبدية عند إهمال تنشأه البيئي الممكن ظهوره بين الأقارب نحصل على التباين المشترك الوراثي لمختلف درجات القرابة التالية مع العلم أنه سيستخدم الرمز x, y للحيوانات الأقارب .

٣-٣-١ التوائم المتطابقة :

يفترض في هذه الدراسة أنه لا توجد أية قرابة بين الأهل فمورثات الأب في موقع وراثي معين هما a, b ومورثات الأم لنفس الموقع هما c, d إن احتمال أن يعطي الأب المورثة a إلى التوأمين x, y يبلغ $0,5$ وكذلك الأمر بالنسبة لاحتمال إعطاء المورثة b لذلك يكون:

$$\Phi = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ انطلاقاً من نفس الفكرة نحصل على}$$

$$\Phi' = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ . والتباين المشترك يبلغ للتوأمين المتطابقين :}$$

$$\begin{aligned} \text{cov} (M2) &= (14-3) \\ &= 0.5 (1+1) \sigma^2_{ga} + (1-1) \sigma^2_{do} + (0.5)^2 (1+1)^2 (1.1)^2 \sigma^2_{xx} \end{aligned}$$

بالنسبة للتباين الوراثي التجمعي والتباين السيادي يمكن الحصول عليهم مباشرة من مكونات التباين σ^2_{ga} و σ^2_{do} . أما مكونات التباين التفوقي فيجب الكشف عن التأثير المتبادل بين موقعين أو ثلاثة أو أكثر من ذلك .
فبالنسبة لموقعين ورأشين نتبع ما يلي :

$$(0.5)^2 (1+1)^2 (1.1)^0 \sigma^2 (ga) (ga) \quad r=2, s=0$$

$$(0.5)^1 (1+1)^1 (1.1)^1 \sigma^2 (ga) (do) \quad r=1, s=1$$

$$(0.5)^0 (1+1)^0 (1.1)^2 \sigma^2 (do) (do) \quad r=0, s=2$$

والتدخل بالنسبة لثلاثة مواقع وراثية هو :

$$(0.5)^3 (1+1)^3 (1.1)^2 \sigma^2 (ga) (ga) (ga) \quad r=3, s=0$$

$$(0.5)^2 (1+1)^2 (1.1)^0 \sigma^2 (ga) (ga) (do) \quad r=2, s=1$$

$$(0.5)^1 (1+1)^1 (1.1)^2 \sigma^2 (ga) (do) (do) \quad r=1, s=2$$

$$(0.5)^0 (1+1)^0 (1.1)^3 \sigma^2 (do) (do) (do) \quad r=0, s=3$$

يبلغ التباين المشترك :

$$\begin{aligned} \text{Cov (it) } &= \sigma^2 (ga) + \sigma^2 (do) + \sigma^2 (ga) (ga) + \\ &+ \sigma^2 (ga) (do) + \sigma^2 (ga) (ga) (ga) + \sigma^2 (ga) (ga) (do) \\ &+ \sigma^2 (ga) (do) (do) + \sigma^2 (do) (do) (do) \\ &= \sigma^2 (ga) + \sigma^2 (do) + \sigma^2 (ep) \quad (15-3) \end{aligned}$$

فالتباين المشترك الوراثي للتوائم المتطابقة يشتمل كل التباين السوراثي .
ونشير هنا إلى أنه يمكن أن تظهر تأثيرات متبادلة بين أربعة أو أكثر من
المواقع الوراثية .

٣- ٢- الأخوة الأشقاء :

إن الأخوة الأشقاء x, y يشتركون بنفس الأب والأم ويبلغ احتمال نقل
الأب لمورثته a إلى ابنه x أو y وهو $(0,5)$ أما بالنسبة لاحتمال انتقال
متوائمت لهذه المورثة إلى x, y (الأخوة الأشقاء) يبلغ $(0,25)$ ، ولأن
المورثة b تملك نفس الإمكانية لانتقالها إلى كلا الفردين فإن :

$$0,5 = 0,25 + 0,25 = \Phi$$

وبناء على ذلك ينتج التباين المشترك الوراثي بين الأخوة الأشقاء :

$$\text{Cov}(vg) =$$

$$\begin{aligned} & 0.5(0.5 + 0.5)\sigma^2(ga) + (0.5)(0.5)\sigma^2(do) + (0.5)^2(0.5 + \\ & 0.5)^2[(0.5)(0.5)]s\sigma^2(xx) = \\ & = 1/2\sigma^2(ga) + 1/4\sigma^2(do) + 1/4\sigma^2(ga)(ga) + 1/8\sigma^2(ga) \\ & (do) + 1/16\sigma^2(do)(do) + 1/16\sigma^2(ga)(ga)(do) + 1/32\sigma^2 \\ & (ga)(do)(do) + 1/64\sigma^2(do)(do)(do) + \dots \dots \dots (١٦-٣) \end{aligned}$$

٣ - ٣ - ٣ الأخوة أنصاف أشقاء :

من المعروف أن الأخوة أنصاف أشقاء يشتركون بأب واحد . فبالنسبة للأخوة أنصاف أشقاء من ناحية الأب يكون $\Phi = 0,5$ و $\Phi' = \text{الصفير}$ ، بينما بالنسبة للأخوة أنصاف أشقاء من ناحية الأم يكون $\Phi = \text{الصفير}$ و $\Phi' = 0,5$ وتتساوى قيمتا التباين المشترك في كلتا الحالتين وتبلغ إلى :

$$\begin{aligned} \text{Cov} (HG) &= \\ 1/2 (1/2 + 0) \sigma^2 (ga) + (0) \sigma^2 (do) + (1/2)^r (1/2 + 0)^r (1/2 \times 0)^s \sigma^2 (xx) \\ &= 1/4 \sigma^2 (ga) + 1/16 \sigma^2 (ga)(ga) + 1/64 \sigma^2 (ga)(ga)(ga) + \dots (١٧-٣) \end{aligned}$$

فالتباين المشترك للأخوة أنصاف الأشقاء يحتوي بالإضافة إلى ربع التباين الوراثي التجمعي جزءاً قليلاً فقط من التباين التفوقي . الذي ينتج عن التأثير المتبادل تجمعي X تجمعي .

٣ - ٣ - ٤ الأهل - والنسل :

إن التباين المشترك لحالة الأهل والنسل تختلف قيمته حسب جنس الأب . ففي حالة تناول دراسة التشابه بين الأب والنسل كان $\Phi = 1$ و $\Phi' = \text{الصفير}$ ، وفي حالة دراسة التشابه بين الأم والنسل يكون $\Phi = \text{الصفير}$ و $\Phi' = 1$. ومن هذا ينتج أن :

$$\begin{aligned} \text{cov}(E,N) &= (١٨ - ٣) \\ &= 1/2 (1+0) \sigma^2 (ga) + (1) (0) \sigma^2 (do) + (1/2)^r (1+0)^r (1.0)^s \sigma^2 (xx) \\ &= 1/2 \sigma^2 (ga) + 1/4 \sigma^2 (ga)(ga) + 1/8 \sigma^2 (ga)(ga)(ga) + \dots \end{aligned}$$

فمن الملاحظ أن التباين المشترك يحتوي على نصف التباين الوراثي التجمعي وجزء من التباين التفوقي ناتج عن التداخل تجمعي X تجمعي ويتجاوز مقداره التباين التفوقي في حالة الأخوة أنصاف الأشقاء .

إن لهذه الحالات أهمية بالغة عند تقدير المقاييس الوراثية مثل المكافئ الوراثي h^2 فهي تشير إلى الرصيد الوراثي الحقيقي للتحسين الوراثي حسب كل أسلوب .

الفصل الرابع

المؤشرات الوراثية للعشائر

- ٤ - ١ مؤشرات العشيرة .
- ٤ - ٢ المكافئ الوراثي .
- ٤ - ٢ - ١ تقدير المكافئ الوراثي .
- ٤ - ٢ - ١ - ١ تقدير المكافئ الوراثي من دون انتخاب .
- ٤ - ٢ - ١ - ١ - ١ تحليل التباين بين الأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء .
- ٤ - ٢ - ١ - ١ - ٢ تحليل العلاقة بين الأهل والنسل .
- ٤ - ٢ - ٢ تقدير المكافئ الوراثي بعد الانتخاب .
- ٤ - ٣ الارتباط الوراثي .
- ٤ - ٣ - ١ تقدير معامل الارتباط الوراثي من خلال تحليل الارتباط أو الاتحاد .
- ٤ - ٣ - ٢ تقدير الارتباط الوراثي بواسطة تحليل التباين والتباين المشترك للأخوة .
- ٤ - ٤ معامل التكرار .



المؤشرات الوراثية للعشيرة

إن توصيف سمة ما بالعشيرة يتطلب من وجهة نظر التحسين السوراثي ذكر المؤشرات الوراثية والمظهرية الخاصة بهذه السمة . وعندما نتناول الدراسة صفات كثيرة في العشيرة ، يصبح من الضروري إضافة بعض المؤشرات إلى الدراسة ، وخاصة تلك التي تشير إلى العلاقات بين هذه الصفات. في هذا الفصل يتناول عرض الموضوع كلاً من متوسط العشيرة μ والتباين σ^2 والمكافئ الوراثي h^2 والارتباط الوراثي Q_{gxy} .

إن كل تقدير للمؤشرات المذكورة ينطوي على خطأ ؛ لذلك يجب التأكيد على ذكر الدقة لكل مؤشر مقدر . فمن خلال مراعاة الدقة يمكن الحكم على موضوعية هذا التقدير . إلا أن هذا الطلب وللأسف محدود التنفيذ . فطرائق التقدير معقدة إذ لا يتوافر شكل معين للدقة . لذلك يعتمد في هذه الحالات على طرائق تقدير تقريبية للدقة لتنفيذ الطلب المذكور بشكل مقبول ، كما سنلاحظ ذلك في هذا الفصل .

٤ - ١ مؤشرات العشيرة :

في هذه الفقرة يشرح الطلب المذكور سابقاً من خلال تقدير لـ μ لتوزيع طبيعي ما normal distribution . إن القيمة المتوسطة لتوزيع ما تقدر من خلال الوسط الحسابي $\bar{X}$

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \quad (٤ - ١)$$

وإذا تم هذا التقدير على عينة عشوائية ، عندئذ يصبح أن :

$$\sigma^2_{\bar{X}} = \sigma^2 \frac{X}{n} \quad (٤ - ٢)$$

أما دقة تقدير μ من خلال $\bar{x}$ فيمكن الإشارة إليها من خلال تباين متوسط القيمة ، ويعرض الشكل (٢ - ٤) العلاقة بين الدقة وحجم العينة ، إلا أن الشكل المذكور لا يمكن استخدامه عملياً ، لأن قيمة σ^2 غير معروفة ويلزم تقديرها من خلال S^2 .

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \right) \quad (٣-٤)$$

ولو عوضنا الشكل (٣ - ٤) في (٢ - ٤) لننتج التقدير التالي :

$$s^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \right) \quad (٤-٤)$$

فمن خلال القيم n ، $\bar{x}$ ، Sx يمكن وصف عينة عشوائية ذات توزيع طبيعي . وللمهتمين لإذيات الموضوع يمكنهم مراجعة الكتب الرياضية والإحصائية المختصة وبصورة خاصة لـ Rasch والآخرين (١٩٧٨) .

٢-٤ المكافئ الوراثي heritability :

يعدّ المكافئ الوراثي من أهم المقاييس الوراثية للعشائر وهو عبارة عن نسبة التباين الوراثي إلى التباين المظهري :

$$h^2 = \frac{\sigma^2 g}{\sigma^2 g + \sigma^2 u} = \frac{\sigma^2 g}{\sigma^2 p} \quad (٥-٤)$$

تتراوح قيمة المكافئ الوراثي حسب الشكل (٥ - ٤) بين الصفر والواحد $0 \leq h^2 \leq 1$ أو بتعبير آخر من ١٠٠ % $0 \leq h^2 \leq 100\%$.

إن المكافئ الوراثي لصفة ما يشير إلى الإمكانيات المتوافرة في العشيرة لزيادة الإنتاج من خلال أساليب التحسين الوراثي . فإذا كانت قيمة h^2 قريبة أو تساوي الصفر ، هذا يعني أنه لا يتوافر تقريباً أي تباين وراثي ، وإن مجموع التباين المظهري هو تباين بيئي ، ولا يجدي نفعاً استخدام أساليب التحسين الوراثي في مثل هذه الحالات . على العكس من ذلك في حال كانت قيمة المكافئ الوراثي مرتفعة ، إذ تشير هنا إلى أن الجزء الكبير من التباين المظهري بين الأفراد محدد وراثياً ، فالحيوانات العالية الإنتاج تملك في هذه الحالة أساساً وراثياً جيداً ، وإن استخدام التحسين الوراثي لمثل هذه الحيوانات سيزيد من تكرار المورثات المشجعة والمحصنة للإنتاج في أفراد النسل ، مما يؤدي بالنتيجة إلى رفع الإنتاج . لذلك يلعب المكافئ الوراثي دوراً مهماً في التنبؤ عن النجاح الانتخابي الممكن عن طريق أساليب الانتخاب . تختلف قيم المكافئ الوراثي بين الصفات في العشيرة الواحدة وبين العشائر في الصفة الواحدة . فصفات التأقلم Fitness والصفات التي ترتبط معها تتصف بـ قيم مكافئ وراثي منخفضة ، وقد يكمن السبب في التأثير المستمر للانتخاب الطبيعي الذي أدى إلى انخفاض التباين الوراثي وبالتالي إلى تقييد إمكانيات التحسين الوراثي ، كما أن الانتخاب المستمر للصفات الذي يقوم أساساً على استغلال التباين بين الأفراد داخل العشيرة يؤدي إلى خفض هذا التباين في العشائر الخاضعة للانتخاب ، وبالتالي إلى قيم منخفضة للمكافئ الوراثي ، لذلك تصلح القيم المقدرة للمكافئ الوراثي فقط للعشائر التي أخذت منها العينات

العشوائية لإجراء هذا التقدير . بالمقابل يمكن زيادة المكافئ الوراثي سواء عن طريق الخلط بين عشائر مختلفة وراثياً أو عن طريق خفض التباين البيئي . ويتحقق الشرط الأخير بتوحيد العوامل أو الظروف البيئية في اختبار الإنتاج .

إحصائياً يمكن فهم المكافئ الوراثي على أنه معامل انحدار القيم الوراثية على القيم المظهرية للصفات . فمعامل الانحدار هو نسبة التباين المشترك للمتغيرين إلى تباين المتغير المستقل . وبالتالي معامل الانحدار بين القيم الوراثية والمظهرية هو :

$$\begin{aligned} h G.p &= \text{cov} (G.p) / \sigma^2 p = \\ &= \text{cov} (\mu + g , \mu + g + u) / \sigma^2 p \\ &= \sigma^2 g / \sigma^2 p = h^2 \end{aligned} \quad (٤ - ٦)$$

وتجدر الإشارة إلى أن $\text{cov} (g.u) = \text{الصفر}$ وأن $\sigma^2 g = \text{cov} (g.g)$ وبناء على تعريف معامل الانحدار فإن h^2 تشير إلى عدد الوحدات التي تتغير فيها بالمتوسط القيمة الوراثية ، عندما ترتفع القيمة المظهرية وحدة واحدة .

لتقدير القيمة الوراثية للحيوان من قيمته المظهرية يمكن الاستعانة بالمكافئ الوراثي كالاتي :

$$\hat{G}_i = \mu + h^2 (p_i - \mu) \quad (٤ - ٧)$$

إذ تشير μ إلى متوسط العشيرة

و $\hat{G}_i$ = القيمة الوراثية المقدرة للحيوان i

و p_i = القيمة المظهرية للحيوان i .

من جهة أخرى يمكن اعتبار h^2 مربع معامل الارتباط Q_{gp} بين القيمة الوراثية والمظهرية . فمعامل الارتباط هو حاصل قسمة التباين المشترك على الانحراف المعياري لكلا المتغيرين . ويعبر عن مربع معامل الارتباط بين القيم الوراثية والمظهرية حسب الشكل (٦-٤) :

$$\begin{aligned} Q_{gp}^2 &= [\text{cov} (G P)]^2 / \sigma^2 g \cdot \sigma^2 p \\ &= \sigma^4 g / \sigma^2 g \cdot \sigma^2 p = \\ &= \sigma^2 g / \sigma^2 p = h^2 \end{aligned} \quad (٨-٤)$$

وبناء على ما تقدم فإن الجذر التربيعي للمكافئ الوراثي h يساوي إلى الارتباط بين القيم الوراثية والمظهرية ، وغالباً ما يستخدم هذا الشكل لتقدير نجاح التحسين الوراثي .

إن التباين الوراثي يتشكل من مكونات مختلفة ، كما لاحظنا مسبقاً ، وتستغل هذه المكونات للتعبير عن مصطلحات خاصة بالمكافئ الوراثي . فالمكافئ الوراثي بالمعنى الواسع (h^2_w) يتضمن في بسطه كل مكونات التباين الوراثي كما هو موضح في الشكل (٩-٤) .

$$h^2_w = (\sigma^2_{ga} + \sigma^2_{du} + \sigma^2_{ep}) / \sigma^2_p = \sigma^2_g / \sigma^2_p \quad (٩-٤)$$

أما إذا اقتصرنا بسط المكافئ الوراثي على مكونة التباين الوراثي التجمعي ، لننتج المكافئ الوراثي بالمعنى الضيق (h^2_e) :

$$h^2_e = \sigma^2_{ga} / \sigma^2_p \quad (١٠-٤)$$

ويستخدم المعنى الضيق للمكافئ الوراثي للتعبير عن القيمة الوراثية التجمعية للفرد (G_a) حسب الشكل التالي : $G_{ai} = \mu + h^2_e (p_i - \mu)$ ، وذلك انطلاقاً

من التفسير الإحصائي الذي يشير بأن h^2 يعدّ معامل الانحدار للقيمة الوراثية التجمعية (Ga) على القيمة المظهرية (p_i) للفرد .

١-٢-٤ تقدير المكافئ الوراثي :

١-١-٢-٤ تقدير المكافئ الوراثي من دون الانتخاب :

إن تقدير المكافئ الوراثي من دون انتخاب يقوم على استغلال التشابه بين الأفراد الأقارب (الأخوة الأشقاء والأنصاف أشقاء والأهل والنسل) .

١-١-٢-٤ تحليل التباين بين الأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء :

إن استخدام هذه الطريقة يستوجب أن تتبّع مواد الدراسة التشكيل الموضح في المخطط (١-٤) .

أما النموذج الوراثي البسيط لتحليل الأخوة أشقاء وأنصاف أشقاء فله بشكل عام الشكل التالي :

$$X_{ijk} = \mu + 1/2 g_{vi} + 1/2 g_{Mij} + z v_{ijk} + ZM_{ijk} + u_{ijk} \quad (١١-٤)$$

إذ تشير X_{ijk} إلى القيمة المظهرية للفرد k الناتج من تزاوج الأب i مع الأم

j .

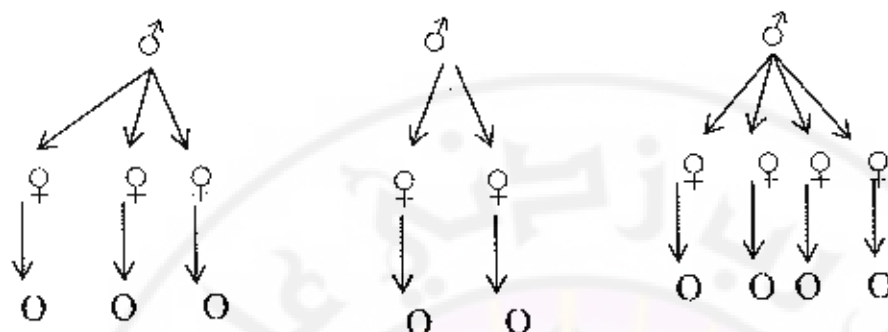


تشكيلة الأخوة أنصاف أشقاء :

♂ الذكور (الأب)

♀ الإناث (الأم)

○ أفراد النسل



مخطط (١-٤) تشكيلة مواد الدراسة لتحليل الأخوة أنصاف وأصناف الأشقاء

وتعبر μ عن القيمة المتوسطة للصفة في العشيرة المدروسة تحت الظروف البيئية المفترضة .

gvi الأثر الوراثي للأب i

$gmij$ الأثر الوراثي للأب j الملقحة من الأب i

اختلافات وراثية بين أفراد
النسل تسبب انحرافات
عن القيمة المتوسطة

$z v ijk$ الأثر العشوائي للفرد k الناتج عن الأب i

$z M ijk$ الأثر العشوائي للفرد k الناتج عن الأم j

$u ijk$ العوامل البيئية للفرد k .

$i = 1 \dots v$ عدد الآباء .

$j = 1 \dots m_i$ عدد الأمهات داخل الأب i .

$K = 1 \dots n_{ij}$ عدد قيم القياس في الجيل الثاني ، عدد الأبناء من الأب i

وهذا الشكل يتناسب مع النموذج التالي لتحليل التباين

$$X_{ijk} = \mu + a_i + b_{ij} + e_{ijk} \quad (١٢-٤)$$

ويستخدم هذا النموذج فقط عند توافر التلقيح العشوائي في العشيرة لضمان استقلالية القيم في الجانب الأيمن من الشكل . بالمقارنة بين الشكلين (١١-٤) و (١٢-٤) يمكن التعبير بالشكل التالي :

$$a_j = 1/2 g_{vi} \quad (١٣-٤)$$

$$b_{ij} = 1/2 g_{mij} \quad (١٤-٤)$$

$$e_{ijk} = z_{vijk} + Z_{Mijk} + \mu_{ijk} \quad (١٥-٤)$$

وبناء عليه نستنتج مكونات التباين :

$$\sigma^2 a = 1/4 \sigma^2 g \quad (١٦-٤)$$

(نفس الأب)

$$\sigma^2 b = 1/4 \sigma^2 g \quad (١٧-٤)$$

(نفس الأم)

$$\sigma^2 e = 1/2 \sigma^2 g + \sigma^2 \mu \quad (١٨-٤)$$

$$\sigma^2 x = \sigma^2 a + \sigma^2 b + \sigma^2 e = \sigma^2 g + \sigma^2 \mu \quad (١٩-٤)$$

وتظهر هذه الحالة الخاصة لهذا التحليل عندما يتوافر من كل أم ابن واحد ، إذ لا يمكن في هذه الحالة فصل مكونة التباين (الأم) من مكونة التباين (المتبقي) ويزول الدليل k من الشكل (١١-٤) ، وبناء على ذلك ينتج النموذج التالي :

$$X_{ij} = \mu + \frac{1}{2} g_{vi} + \frac{1}{2} g_{Mij} + Z_{vij} + Z_{Mij} + \mu_{ij} \quad (٢٠-٤)$$

الذي يناسب تحليل التباين البسيط (أحادي الرتبة) التالي :

$$X_{ij} = \mu + a_i + e_{ij} \quad (٢١-٤)$$

أما التفسير الوراثي لمكونات التباين σ^2_a σ^2_e ينتج من :

$$a_i = \frac{1}{2} g v_i \quad (٢٢-٤)$$

$$e_{ij} = \frac{1}{2} g_{Mij} + Z_{vij} + Z_{mij} + u_{ij} \quad (٢٣-٤)$$

وبناء عليه فإن :

$$\sigma^2_a = 1/4 \sigma^2_g \quad (٢٤-٤)$$

$$\sigma^2_e = 3/4 \sigma^2_g + \sigma^2_\mu \quad (٢٥-٤)$$

$$\sigma^2_x = \sigma^2_a + \sigma^2_e = \sigma^2_g + \sigma^2_\mu \quad (٢٦-٤)$$

بناءً على ما تقدم تستخدم الطرائق التالية لتقدير المكافئ الوراثي والتي تقوم على تحليل التباين بين الأخوة الأشقاء أو أنصاف الأشقاء :

أ- تحليل الأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء :

$$1- h^2_{vG1} = 4 S^2_a / S^2_a + S^2_b + S^2_e \quad (٢٧-٤)$$

$$2- h^2_{vG2} = 4 S^2_b / S^2_a + S^2_b + S^2_e \quad (٢٨-٤)$$

$$3- h^2_{vG3} = 4(S^2_a + S^2_b) / S^2_a + S^2_b + S^2_e \quad (٢٩-٤)$$

ب- تحليل الأخوة أنصاف الأشقاء :

$$h^2_{Hg} = 4 S^2_a / S^2_a + S^2_e \quad (٣٠-٤)$$

فالتقدير في الطريقة الأولى محسوب من مكونة (تباين الأب) وفي الثانية من مكونة (تباين الأم) بينما في الطريقة الثالثة مقدر بين تباين الأب والأم .

أما تبين تقديرات المكافئ الوراثي المذكورة فحسابها يتم وفق الأشكال التالية المناسبة للطرائق المذكورة :

أ- الأخوة الأشقاء :

$$1- \sigma^2 h^2_{vg1} = \frac{32}{n^2 m^2} \{ m(n-1) / v (1 - 1/2 h^2)^2 (1/4 h^2)^2 + (1 + (n-2) 1/4 h^2)^2 (1 + (n-1) 1/4 h^2)^2 (m-1) v + (1 + (nm+n-2) 1/4 h^2)^2 (1 - 1/4 h^2)^2 \} \quad (٣١-٤)$$

$$2- \sigma^2 h^2_{vg2} = \frac{32 [(1 - 1/2 h^2)^2 (1 + (n-1) 1/4 h^2)^2] / v m n^2 (n-1) + [(1 + (n-2) 1/4 h^2)^2 m - (m-1) 1/4 h^2]^2 / [v n^2 m^2 (m-1)] + [(1 + (nm+n-2) 1/4 h^2)^2 (1/4 h^2)^2] / [n^2 m^2 (v-1)]}{(٣٢-٤)}$$

$$3- \sigma^2 h^2_{vg3} = \frac{8 [(1 - 1/2 h^2) [(1 + (n-1) 1/2 h^2)^2 + (1 + (n-2) 1/4 h^2)^2 (m-1)] / (v m^2 n^2) + [(1 + (nm+n-2) 1/4 h^2)^2] / (v-1 m^2 n^2) }{(٣٣-٤)}$$

ب- الأخوة أنصاف الأشقاء :

$$\sigma^2 h^2_{hg} = \frac{32 (1 - 1/4 h^2)^2 (1 + (m-1) 1/4 h^2)^2}{m^2 v} \quad (٣٤-٤)$$

إن هذه الأشكال طورت على أنها أشكال تقريبية للحالة المتوازنة والتسي يلحق فيها الأب عدداً متساوياً من الأمهات (m) وينتج عن هذا التلقيح عدد (n) من الأفراد وتستخدم أيضاً إذا لم يتجاوز انحراف m_i و n_{ij} كل عن متوسط قيمتها بشكل لا يتجاوز الـ ٢٠ % وفي هذه الحال تحسب القيمة المتوسطة لكل من m و n وتوضع في مكانها في الأشكال .

ويبين كل من الجدولين (١-٤) و (٢-٤) نماذجاً لتحليل التباين في حال الأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء .

مصدر التباين	SQ	IG	MQ	E (MQ)
بين الآباء	$SQ_v = \sum i^v (x_i^2 / n_i) - (x^2 / N)$	$V - 1$	$\frac{SQ_v}{(v-1)}$	$\sigma^2_e + \lambda_1 \sigma^2_h + \lambda_2 \sigma^2_a$
بين الأمهات داخل الآباء	$SQ_{min v} = \sum i^v \cdot \sum j^m (x_{ij}^2 / n_{ij}) - \sum i^v x_i^2 / n_i$	$m - v$	$\frac{SQ_{min v}}{m - v}$	$\sigma^2_e + \lambda_3 \sigma^2_b$
داخل الأمهات (المتبقي)	$SQ_r = \sum i^v \sum j^m \sum k^{n_{ijk}} x_{ijk}^2 - \sum i^v \sum j^m (x_{ij}^2 / n_{ij})$	$N - m$	$\frac{SQ_r}{N - m}$	σ^2_e

جدول (١-٤) تحليل للتباين النموذج II ثنائي الترتيب

($N_{ij} = n$; $m_i = m$) gilt $\lambda_1 = n$, $\lambda_2 = mn$, $\lambda_3 = n$.

$$\lambda_1 = 1 / (v - 1) \sum i^v \sum j^{m_i} n^2_{ij} [(1 / n_i) - (1 / n)] .$$

$$\lambda_2 = 1 / (v - 1) [n - (1 / n) , \sum i^v n^2_i]$$

$$\lambda_2 = 1 / (m - v) [n - \sum i^v (n^2_{ij} n_i)$$

مصادر التباين	SQ	IG	MQ	E (MQ)
بين الأنباء	$SQ_v = \sum i^v (x_i^2 / m_i) - (x^2 / N)$	$V - 1$	$\frac{SQ_v}{(v-1)}$	$\sigma^2_e + \lambda I \sigma^2_a$
داخل الآباء (المكافئ)	$SQ_r = \sum i^v \sum j^{mi} x_{ij}^2 - \sum i^v (x_i^2 / m_i)$	$m - v$	$\frac{SQ_r}{m-v}$	σ^2_e

جدول (٢-٤) لتحليل للتباين البسيط نموذج II أحادي الترتيب :

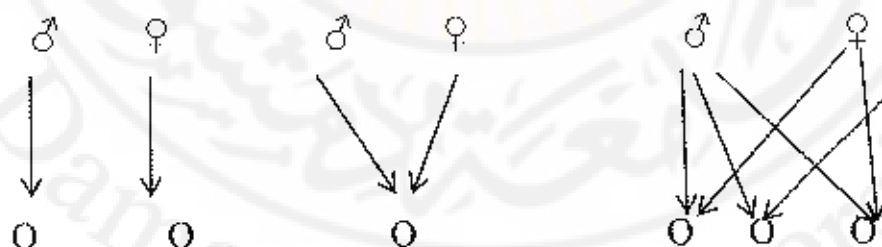
ونبين في الجزء العملي لهذا المقرر مثلاً حول كيفية تقدير المكافئ الوراثي باستخدام هذين النموذجين من الجداول لتحليل التباين .

٢-٤-١-١ تحليل العلاقة بين الأهل والنسل :

تقوم طرائق تقدير المكافئ الوراثي التي تستغل التشابه بين الأهل والنسل على تحليل الانحدار والارتباط . وتعد العلاقات التالية ذات أهمية خاصة في هذه الدراسة :

- العلاقة بين أب واحد وفرد واحد من النسل المخطط (٢ - ٤) .
 - العلاقة بين متوسط الأهل وفرد واحد من النسل المخطط (٢ - ٤) .
 - العلاقة بين الأهل ومتوسط مجموعات الأخوة المخطط (٢ - ٤) .
- في المخطط (٢ - ٤) يشرح هيكلية وبناء مواد الدراسة حسب العلاقات

المنكورة



مخطط (٢-٤) هيكلية مواد الدراسة لانحدار أهل - نسل (♀ ♂ الأهل و O النسل)

- الطريقة الأولى انحدار أحد أفراد النسل (X_{Ni}) على أب واحد (X_{Ei}) . إذ يشكل الانحدار الخطي البسيط (نموذج II) أساساً لتقدير h^2 مع نموذج المعادلة التالي :

$$X_{Ni} = \alpha + \beta X_{Ei} + e_i \quad (i = 1, \dots, N)$$

وتستخدم هذه الطريقة أيضاً عندما يكون الأهل منتخبيين ، ولكن أفراد النسل يجب أن تكون غير منتخبة .

إن انحدار فرد من النسل على أب واحد هو عبارة عن المقدار الناتج من التباين المشترك بين الأهل والنسل وتباين الأهل .

$$\beta_{NE} = \text{cov} (E, N) / \sigma^2_p = \quad (٣٥-٤)$$

$$= [\sum_{i=1}^n X_{Ei} X_{Ni} - (\sum_{i=1}^n X_{Ei} \sum_{i=1}^n N_i) / N] / \sum_{i=1}^n X_{Ei}^2 - [(\sum_{i=1}^n X_{Ei})^2 / N]$$

$$= [1/2 \sigma^2_{ga} + 1/4 \sigma^2_{(ga)}] / \sigma^2_p = 1/2 h^2$$

$$h^2 = 2 \beta_{NE} \quad \text{ومنه ينتج أن}$$

وتبلغ قيمته تباين h^2 حسب هذه الطريقة :

$$\sigma^2_{h_1} = (4 - h^4) / (n - 1) \quad (٣٦-٤)$$

إن الأشكال المذكورة تصلح لكل حالات هذه العلاقة أي :

أب - ابن	أم - ابن
أب - ابنة	أم - ابنة

هذه الطريقة تؤدي إلى تقدير جيد للمكافئ الوراثي بالمعنى الضيق ؛
وذلك لأن التباين المشترك يحتوي بالإضافة إلى نصف التباين الوراثي التجمعي
فقط على جزء من التباين التفوقي الناتج عن الآثار التجمعية X الآثار التجمعية.
لو افترضنا أن الانحراف المعياري المظهري لا يتغير بين الأهل والنسل
، يبلغ عندئذ معامل الارتباط بين الأهل والنسل :

$$Q N.E = cov (E.N) / \sigma p . \sigma p = cov (E.N) / \sigma^2 p = \beta NE \quad (٣٧-٤)$$

وهذا يؤدي إلى أن قيمته تبلغ أيضاً نصف المكافئ الوراثي ($1/2 h^2$).
في الصفات غير المحددة بالجنس تتوافر عادة قيم للصفات من كلا
الأبوين ويستخدم هنا معامل انحدار النسل على متوسط الأهل (βNE)
لاستنتاج القيمة التقديرية للمكافئ الوراثي h^2 .

وتشير التشكيلة (٢) لمواد الدراسة في المخطط لانحدار النسل (X_{Ni})
على متوسط الأهل أي :

$$X_{Ei} = (X_{vi} + X_{Mi}) / 2 \quad (٣٨-٤)$$

إذ X_{vi} أو X_{Mi} هي قيمة الصفة عند الأب أو عند الأم وإذا كان
للصفات نفس التباين $\sigma^2 p$ عند كلا الأبوين يبلغ عندئذ التباين لمتوسط الأهل
 $1/2 \sigma^2 p$ ، وبناء عليه يكون معامل الانحدار :

$$\begin{aligned} \beta_{NE} &= cov (N.E) / 1/2 \sigma^2 p = \\ &= [1/2 \sigma^2 ga + 1/4 \sigma^2 (ga) (ga)] / 1/2 \sigma^2 p = \\ \beta_{NE} &= h^2 \quad (٣٩-٤) \end{aligned}$$

وتباين المكافئ الوراثي يبلغ في هذه الحالة:

$$\sigma^2 h^2_2 = (2 - h^4) / (n - 1) \quad (٤٠ - ٤)$$

الأشكال الرياضية المذكورة تستخدم لتشكيلة المواد (٢) أي في الحالات .

- متوسط الأهل - ابن

- متوسط الأهل - ابنة

بالنسبة للحالة الثالثة والموضحة في التشكيلة (٣) من المخطط

(٤٠ - ٢) نميز بين حالتين :

١- انحدار متوسط النسل على أب واحد .

٢- انحدار متوسط النسل على متوسط الأهل .

فبالنسبة للحالة الأولى يطابق معامل الانحدار بين أب واحد وفرد واحد .

لأنهما يملكان في بسط شكلهم الرياضي التباين المشترك وفي المقام التباين σ^2 وبالتالي فإن : p

$$\beta_{NE} = \bar{\beta}_{NE} = 1/2 h^2 \quad (٤١ - ٤)$$

بينما تطابق الحالة الثانية الشكل (٣٩ - ٤) أي يتساوى معامل الانحدار

مع قيمة المكافئ الوراثي .

بالنسبة لتباين المكافئ الوراثي في الحالة الأولى يبلغ :

$$\sigma^2 h^2_{3(1)} = 4 [(1 - h^2/2) (1 + n h^2 / 2)] n(N-1) \quad (٤٢ - ٤)$$

في الحالة الثانية :

$$\sigma^2 h^2_{3(2)} = 2 [[(1 + (n-1) h^2) - (n/2 h^4)] / n (N-1)] \quad (٤٣ - ٤)$$

وهنا تشير N إلى عدد الأهل .

٤-٢-١-٢ تقدير المكافئ الوراثي بعد الانتخاب

في هذا الأسلوب يستغل أيضاً التشابه الكبير بين الأفراد الأقارب (الأخوة أو الأهل والنسل) . وعلى عكس الطرائق الأخرى لتقدير h^2 يتعلق الموضوع هنا بنموذج خاص جداً إذ يشترط له استقلالية المكافئ الوراثي المحقق (h^2r) عن الشذات الانتخابية المستخدمة في الانتخاب .

سنعالج أولاً تحديد h^2 من خلال تشابه الأهل والنسل وفي حالة عامة تقتضي ظهور الصفة X (الوزن الحي مثلاً) عند كلا الأبوين . بهذا يمكن تسجيل فارق انتخابي عند الأهل ($d_N + d_M$) . ومع افتراض حالة التلقيح العشوائي للأهل نحصل على النجاح الانتخابي (ΔG) في النسل . ومنه تنتج قيمة h^2r_{EN} (كالتالي :

$$h^2r_{EN} = 2 \Delta G / (d_v + d_M) \quad (٤٤-٤)$$

إن ΔG تمثل متوسط التقدم الوراثي للنسل ويبلغ مقداره

$$\Delta G = 1/2 (\Delta G_{\sigma} + \Delta G_{\phi})$$

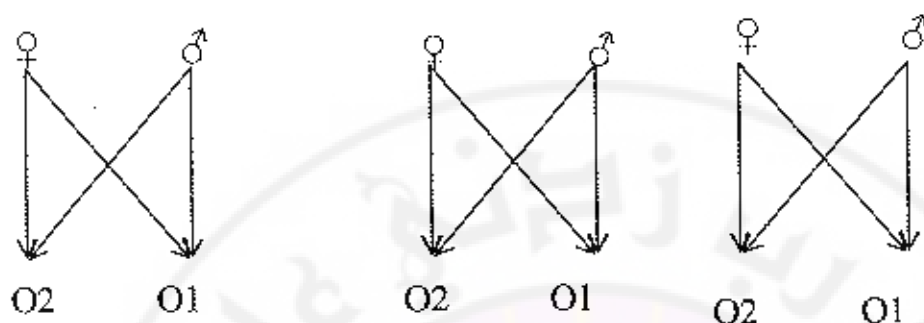
وذلك في حال أمكن تسجيل الصفة عند الجنسين ، وإلا تصبح قيمته

$$\Delta G = \Delta G_{\sigma} \text{ أو } \Delta G_{\phi}$$

إن الشكل (٤٤ - ٤) يصلح أيضاً للصفات المحددة بالجنس (كإنتاج

الحليب) ؛ إلا أنه وتحت هذا الافتراض تصبح قيمة الفارق الانتخابي لسلب الآخر تساوي الصفر . إن القيمة التقديرية للمكافئ الوراثي المحقق تنتج عن تقدير كل من الفارق الانتخابي والنجاح الانتخابي .

من جهة أخرى يمكن تقدير النجاح الانتخابي في الأخوة الأشقاء أو أنصاف الأشقاء حسب المخطط (٣ - ٤) الذي يبين تشكيلة مواد الدراسة .



مخطط (٣-٤) تشكيلة مواد الدراسة لانتخاب الأخوة الأشقاء
(الأهل ♂ ♀ - النسل O - رقم أفراد النسل ١ و ٢)

عند توافر مثل هذه التشكيلة لمواد الدراسة إذ ترتب أفراد النسل عشوائياً يمكن لنا كشف الفارق الانتخابي في النسل رقم (١) ثم نحصل على النجاح الانتخابي المتعلق به من النسل رقم (٢) بناءً على أفراد النسل المنتخبة رقم (١) .

$$h^2_{rG} = 2\Delta G / d \quad (٤٥-٤)$$

وبطريقة مماثلة نحصل على h^2_{rHG} من الأخوة أنصاف أشقاء :

$$h^2_{rHG} = 4\Delta G / d \quad (٤٦-٤)$$

هناك طرائق أخرى لتقدير المكافئ الوراثي مثل طريقة التوائم ومعامل التكرار يمكن للمهتم أن يتابعها في الكتب المتخصصة .

٤-٣ الارتباط الوراثي Genetic correlation:

يشير الارتباط الوراثي إلى العلاقات الوراثية بين الصفات المختلفة للحيوان ، إذ تعمل هذه العلاقة على إحداث تغييرات قليلة أو كثيرة في صفات غير الصفة الانتخابية . وبناء على ذلك يجب أن ينظر إلى الحيوان كوحدة واحدة ، فالارتباط الوراثي يؤدي إلى تغيير في الصفات المرتبطة عند تغيير الصفة الانتخابية . فإذا كان هذا الارتباط إيجابياً ، كان التغيير في الصفات المرتبطة بنفس الاتجاه وإذا كان الارتباط سلبياً ، تغيرت الصفات بالاتجاه المعاكس . أما مقدار هذا التغيير ، فهو يتعلق بما يسمى شدة الارتباط . إن المجال الذي يتحرك فيه الارتباط الوراثي يقع بين -1 أو -100% و $+1$ أو $+100\%$. أما قيمة الصفر فتدل على استقلالية الصفات عن بعضها البعض . وهذا ينطبق على القيم المتدنية للارتباط أيضاً .

يعدّ الارتباط الوراثي من أهم المقاييس الوراثية للعشيرة إلى جانب المكافئ الوراثي h^2 ، ولذلك يعدّ التحسين الوراثي فعالاً فقط عندما يأخذ بالحسبان في عمليات الانتخاب . في جانب آخر من إذ أهمية الارتباط الوراثي للتحسين الوراثي هناك بعض الصفات تظهر بعمر متأخر على عينة الاختبار ، أو قد لا تظهر إطلاقاً ، إذا كانت من الصفات المحددة بالجنس ، لذلك يبحث المربي عن صفات مساعدة ، كمعايير لانتخاب مبكر . إن قيمة وصلاحيّة هذه الصفات المساعدة يحددها ارتباطها الوراثي مع الصفة الإنتاجية المراد تحسينها.

إن الأسباب البيولوجية للارتباط الوراثي تكمن في ظاهرة التأثير المتعدد للمورثة *poleiotropie* و / أو المسافة العبورية القليلة بين المورثات الواقعة على نفس الصبغي .

إن الارتباط المظهري بين الصفات يقوم على العوامل الوراثية المشتركة وعلى المؤثرات البيئية المشتركة ، وهو بالنسبة للتحسين الوراثي ذو أهمية أقل من الارتباط الوراثي .

يعرف الارتباط الوراثي بين الصفتين (X , Y) رياضياً على أنه :

$$Q_{xy} = \sigma_{xy} / \sigma_x \cdot \sigma_y \quad (٤٧-٤)$$

إذ ترمز σ_{xy} إلى التباين المشترك للصفتين X و Y

و ترمز σ_x إلى الانحراف المعياري الوراثي للصفة X

وترمز σ_y إلى الانحراف المعياري الوراثي للصفة Y

ويجدر هنا أن نذكر أن الانحراف المعياري الوراثي هو الجذر التربيعي للتباين الوراثي ، فلتقدير الارتباط الوراثي يجب الكشف عن التباين الوراثي والتباين المشترك للصفات ، وهذا ممكن سواء من خلال تحليل الارتباط أو من خلال تحليل التباين والتباين المشترك .

٤-٣-١ تقدير معامل الارتباط الوراثي من خلال تحليل الارتباط أو الانحدار :

إن تشكيلة المعطيات الموضحة في المخطط (٤-٢) لتقدير المكافئ الوراثي يمكن استغلالها أيضاً لتقدير الارتباط الوراثي من خلال الانحدار بين الأهل والنسل ، وذلك إذا تم قياس كل من الصفتين X و Y على كل حيوان ،

وتتوزع قيم القياس بالنسبة للمخطط المذكور في التشكيلة (١ ، ٢) عند الأهل والنسل بالشكل التالي :

الأهل (١) : XE_i (٢) : YE_i

النسل (٣) : XN_i (٤) : YN_i

ونقدر من هذه التشكيلة الأشكال الأربعة التالية للتباين المشترك :

$$c\hat{O}v(XE_i XN_i) = \frac{1}{1/(n-1)} \{ (\sum_{i=1}^N XE_i XN_i) - [(\sum_{i=1}^N XE_i)(\sum_{i=1}^N XN_i)] / N \} \quad (٤٨-٤)$$

$$c\hat{O}v(XE_i YN_i) = \frac{1}{1/(n-1)} \{ (\sum_{i=1}^N XE_i YN_i) - [(\sum_{i=1}^N XE_i)(\sum_{i=1}^N YN_i)] / N \} \quad (٤٩-٤)$$

$$c\hat{O}v(YE_i YN_i) = \frac{1}{1/(n-1)} \{ (\sum_{i=1}^N YE_i YN_i) - [(\sum_{i=1}^N YE_i)(\sum_{i=1}^N YN_i)] / N \} \quad (٥٠-٤)$$

$$c\hat{O}v(YE_i XN_i) = \frac{1}{1/(n-1)} \{ (\sum_{i=1}^N YE_i XN_i) - [(\sum_{i=1}^N YE_i)(\sum_{i=1}^N XN_i)] / N \} \quad (٥١-٤)$$

وبالعودة إلى Stahl وآخرين (١٩٦٩) فإن الأشكال المذكورة تبلغ القيم التالية:

$$cov(XE_i YN_i) = cov(YE_i XN_i) = 1/2 \sigma_{gxy} \quad (٥٢-٤)$$

$$cov(XE_i XN_i) = 1/2 \sigma^2_{gx} \quad (٥٣-٤)$$

$$\text{cov}(Y_{Ei}, Y_{Ni}) = 1/2 \sigma^2_{gy} \quad (٥٤-٤)$$

وبناء على ذلك يمكن استنتاج أربع طرائق لتقدير الارتباط الوراثي بين الصفتين X و Y :

$$1- Q_{gxy} = \quad (٥٥-٤)$$

$$c \hat{\sigma}_v(XE_i - YN_i) / \sqrt{c \hat{\sigma}_v(XE_i - XN_i) c \hat{\sigma}_v(YE_i - YN_i)}$$

$$2- Q_{gxy} = \quad (٥٦-٤)$$

$$c \hat{\sigma}_v(YE_i - XN_i) / \sqrt{c \hat{\sigma}_v(XE_i - XN_i) c \hat{\sigma}_v(YE_i - YN_i)}$$

$$3- Q_{gxy} = \frac{1/2 c \hat{\sigma}_v(XE_i - YN_i) + c \hat{\sigma}_v(YE_i - XN_i)}{\sqrt{c \hat{\sigma}_v(XE_i - XN_i) c \hat{\sigma}_v(YE_i - YN_i)}} \quad (٥٧-٤)$$

$$4- Q_{gxy} = \frac{c \hat{\sigma}_v(XE_i - YN_i) \cdot c \hat{\sigma}_v(YE_i - XN_i)}{c \hat{\sigma}_v(XE_i - XN_i) c \hat{\sigma}_v(YE_i - YN_i)} \quad (٥٨-٤)$$

أما الأشكال التقريبية لتباين الارتباط الوراثي المقدر فهي كالآتي :

$$\sigma^2_{rg}(1) =$$

$$Q^2_g / (n-1) [(\sigma^2_1 \sigma^2_4 / \sigma^2_{14}) + (\sigma^2_1 \sigma^2_3 / 4 \sigma^2_{13}) +$$

$$(\sigma^2_2 \sigma^2_4 / 4 \sigma^2_{24}) - (\sigma^2_1 \sigma_{34} / \sigma_{14} \sigma_{13}) -$$

$$(\sigma_{12} \sigma_{43} / \sigma_{14} \sigma_{24}) + (\sigma_{12} \sigma_{34} + \sigma_{14} \sigma_{23}) / 2 \sigma_{13} \sigma_{24} - (1/2)$$

$$\sigma^2 \text{rg} (2) = \quad (٥٩-٤)$$

$$Q^2g / (n-1) [(\sigma^2 2 \sigma^2 3 / \sigma^2 2 3) + (\sigma^2 1 \sigma^2 3 / 4 \sigma^2 1 3) +$$

$$+ (\sigma^2 2 \sigma^2 4 / 4 \sigma^2 2 4) - (\sigma 12 \sigma 3 / \sigma 23 \sigma 13) - (\sigma^2 2 \sigma 34 / \sigma$$

$$23 \sigma 24) + + (\sigma 12 \sigma 34 + \sigma 14 \sigma 23) / 2 \sigma 13 \sigma 24 - (1/2)$$

$$(٦٠-٤)$$

$$\sigma^2 \text{rg} (3) (4) =$$

$$Q^2g / 4(n-1) [(\sigma^2 1 \sigma 4 / \sigma^2 14) + (\sigma^2 2 \sigma^2 3 / \sigma^2 23) +$$

$$+ (\sigma^2 1 \sigma^2 3 / \sigma^2 13) + (\sigma^2 2 \sigma 4 / \sigma 24) +$$

$$2 (\sigma 12 \sigma 34 / \sigma 14 \sigma 23) + 2 (\sigma 13 \sigma 24 / \sigma 14 \sigma 23)] -$$

$$(2 \sigma^2 1 \sigma 34 / \sigma 14 \sigma 13) - (2 \sigma 12 \sigma^2 4 / \sigma 14 \sigma 24) -$$

$$(2 \sigma 12 \sigma^2 3 / \sigma 23 \sigma 13) - (2 \sigma^2 2 \sigma 34 / \sigma 23 \sigma 24) +$$

$$(2 \sigma 12 \sigma 34 / \sigma 13 \sigma 24) + (2 \sigma 14 \sigma 23 / \sigma 13 \sigma 24) - 4$$

$$(٦١-٤)$$

٤-٣-٢ تقدير الارتباط الوراثي بواسطة تحليل التباين والتباين المشترك للأخوة :

لتقدير الارتباط الوراثي بمساعدة تحليل الأخوة الأشقاء أو الأنصاف الأشقاء يجب أولاً تقدير مكونات التباين للصفاتين x و Y، وذلك حسب الجداول (١-٤) و (٢-٤) في فقرة تقدير المكافئ الوراثي .

أما التباين المشترك الوراثي فيتم تقديره بالمبدأ نفسه وذلك حسب الجداول (٣-٤) (٤-٤)

مصادر التباين	SP	FG	MP	E (MP)
بين الآباء	$Sp_v = \sum_{i=1}^v \frac{y_{i...}x_i}{n_i} - \frac{y_{...}x}{N}$	$v-1$	$\frac{sp_v}{v-1}$	$Cov_e + \lambda_2 cov_b + \lambda_a cov_p$
داخل الآباء (بين الأمهات)	$= \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^{m_i} \frac{y_{ij...}x_{ij}}{n_{ij}} - \sum_{i=1}^v \frac{y_{i...}x_i}{n_i}$	$m_i - v$	$\frac{S_{p_{m_i-v}}}{m_i - v}$	$Cov_e + \lambda_2 cov_b$
(المتبقية)	$SP_R = \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{n_{ij}} \frac{y_{ijk}x_{ijk}}{n_{ijk}} - \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^{m_i} \frac{y_{ij...}x_{ij}}{n_{ij}}$	$N - m_i$	$\frac{SP_R}{N - m_i}$	Cov_e

جدول (٣ - ٤) جدول التباين المشترك في الأخوة الأشقاء .

مصادر التباين	SP	FG	MP	E (MP)
بين الآباء	$Sp_v = \sum_{i=1}^v \frac{y_{i...}x_i}{m_i} - \frac{y_{...}x}{N}$	$v-1$	$\frac{sp_v}{v-1}$	$Cov_e + \lambda_2 cov_e$
داخل الآباء (المتبقية)	$sp_R = \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^{m_i} \frac{y_{ij...}x_{ij}}{m_i} - \sum_{i=1}^v \frac{y_{i...}x_i}{m_i}$	$m_i - v$	$\frac{SP_R}{m_i - v}$	Cov_e

جدول (٤ - ٤) التباين المشترك التصنيف البسيط

طرائق التقدير :

١ - الأخوة الأشقاء (VG)

$$r_{gvG1} = cov a / \sqrt{S^2_{xa} S^2_{ya}} \quad (٦٢-٤)$$

$$r_{gvG2} = cov b / \sqrt{S^2_{xb} S^2_{yb}} \quad (٦٣-٤)$$

$$r_{GvG3} = \text{cov } a / \sqrt{(S^2_{xa} + S^2_{xb})(S^2_{ya} + S^2_{yb})} \quad (٦٤-٤)$$

٢- الأخوة أنصاف أشقاء (HG) :

$$r_{ghG} = \text{cov } a / \sqrt{S^2_{xa} S^2_{ya}} \quad (٦٥-٤)$$

أما ثباين الارتباط الوراثي للأشكال المذكورة فهو :

$$S^2_{rg} = (1 - r^2_g)^2 / \sqrt{2 h^2 x h^2 y S^2 h^2 x \cdot S^2 h^2 y} \quad (٦٦-٤)$$

٤ - ٤ معامل التكرار : Repeatability

إن كثيراً من صفات الحيوان تتكرر خلال حياته مثل إنتاج الحليب في مواسم عديدة ، وإنتاج الصوف عند الأغنام ، وإنتاج البيض عند الدجاج الخ .. ويكون من المهم بالنسبة للمربي معرفة العلاقة بين إنتاجين محددين . فالجزء الخطي لهذه العلاقة موجود في الارتباط المظهري ويسمى بمعامل التكرار . (W^2_{ij})

$$W^2_{ij} = \text{cov} (X_i, X_j) / \sqrt{\sigma^2 x_i \sigma^2 x_j} \quad (٦٧-٤)$$

فمعامل التكرار يعدّ ضرورياً للتنبؤ عن الإنتاج المتأخر، أو التالي لصفة اقتصادية ما انطلاقاً من الإنتاج الحالي لهذه الصفة ، أو بمعنى آخر لتحديد النجاح الانتخابي الممكن فيما بعد في هذه الصفة . ويشترط أن تكون العلاقة بين قيم الإنتاج خطية إذ يصلح عندئذ الشكل التالي :

$$b_{ij} = \text{cov} (X_i, X_j) / \sigma^2 X_i = w^2_{ij} (\sigma X_j / \sigma X_i) \quad (٦٨-٤)$$

إذ تشير X_i إلى الإنتاج المبكر و X_j إلى الإنتاج المتأخر . ويشير الشكل (٦٨ - ٤) إلى تطابق معامل التكرار ومعامل الانحدار إذا تساوى تباين كل من X_i و X_j . تشير نتائج الدراسات المختلفة بشكل عام إلى أن معامل التكرار بين نتائج لقياسات قريبة من بعضها البعض أكبر من تلك المأخوذة بين قياسات بعيدة عن بعضها ، فمثلاً يكون W_2 بين الموسم الأول والثاني أكبر من W_2 بين الموسم الأول والثالث . في حال وجود أكثر من سجلين للحيوان يحسب معامل التكرار من خلال تحليل التباين ، وغالباً ما تؤخذ في مثل هذا التحليل كل النتائج المتوافرة إذ تحسب MQ لـ بين الحيوانات و MQ داخل الحيوانات حسب الجدول (٤-٢) إن مكونات التباين $\sigma^2 a$ و $\sigma^2 e$ تحسب من الجدول وتوضع في الشكل التالي :

$$\hat{W}_{2ij} = \sigma^2 a / (\sigma^2 a + \sigma^2 e) \quad (٦٩-٤)$$

في المراجع العلمية المختصة يتم التنويه إلى العلاقة بين h^2 و W_{ij} ، وقد أكدت هذه المراجع أن الـ W_2 يعرض الحدود العليا لـ h^2 بالمعنى الواسع .

في مجال آخر أظهرت الدراسات الكثيرة على أنواع حيوانية كثيرة أن العلاقة بين الإنتاج الأول والإنتاج التالي ضعيفة . وبناءً على ذلك نستنتج عملياً أن قيم الإنتاج الأول تصلح بشكل أقل من قيم الإنتاج التالي ، لوصف القيمة التربوية لأحد الحيوانات . ولكن بالمقابل يؤدي الإنتاج التالي إلى إطالة فترة الجيل ؛ لذلك يجب على المربي في هذه المسائل الموازنة بين السلبيات والإيجابيات واتخاذ القرار الصائب .



الفصل الخامس

اختبارات الإنتاج

- ٥ - ١ الأسس العامة لتنفيذ اختبارات الإنتاج .
- ٥ - ٢ وظائف ومهام اختبارات الإنتاج .
- ٥ - ٣ اختبار نتائج الأسلاف .
- ٥ - ٤ اختبار الإنتاج الذاتي .
- ٥ - ٤ - ١ توافر معلومة مباشرة من حيوان التربية .
- ٥ - ٤ - ٢ توافر معلومة غير مباشرة (صفة مساعدة) من حيوان التربية .
- ٥ - ٥ اختبار إنتاج الأخوة



اختبارات الإنتاج

تعرف اختبارات الإنتاج من وجهة نظر التحسين الوراثي أنها أساليب تسجيل القيم المظهرية لصفات معينة في حيوانات التربية وحيوانات الإنتاج ، وذلك لتحقيق الأهداف التالية :

- تنفيذ التقويم الفردي لحيوانات التربية كأساس لتقدير القيمة التربوية والانتخاب .
- تقدير المقاييس التربوية الضرورية لخطط التربية ضمن إطار تحليل العشيرة .
- تقويم نتائج أسلاف الحيوان في برامج تربية الخلط .
- تقويم اقتصادي وتقني لأساليب الإنتاج وتطوراتها في المحطات كأساس للقرارات والإرشادات العلمية .
- الحصول على معلومات أساسية لإقرار السياسات الزراعية .

١-٥ الأسس العامة لتنفيذ اختبارات الإنتاج :

تتخذ اختبارات الإنتاج في محطات خاصة بالاختبارات ، ويطلق عليها عندئذ مصطلح اختبارات المحطة ، كذلك في محطات إنتاجية وتوصف هنسا بالاختبارات الحقلية . وتتميز اختبارات المحطة أنها تمكّن من توحيد الظروف البيئية مثل التعليف والرعاية ، وهذا الأمر يؤدي إلى تحقيق قيم عالية للمكافئ الوراثي h^2 للصفات الإنتاجية ، وبالتالي الحصول على تقدير أدق للقيم

التربوية . فهذه الاختبارات تحقق شروط الحياد والموضوعية لاختبارات الإنتاج؛ إلا أنه ومقابل هذه المزايا تسجل بعض الملاحظات عليها مثل التكاليف الباهظة للاختبار لكل حيوان ، ومحدودية أماكن الاختبار التي قد تؤدي إلى انخفاض أعداد حيوانات الاختبار، وبالتالي إلى انخفاض الشدات الانتخابية الممكن استخدامها في الانتخاب.

ومن جانب آخر يمكن لظاهرة التداخل بين النموذج الوراثي والعوامل البيئية ، التي تنشأ في أسلوب هذا الاختبار ، أن تغير من ترتيب حيوانات التربية عند تطبيق قيمها التربوية وتحت ظروف الإنتاج . فالحيوانات المتميزة تحت ظروف اختبارات المحطة قد تفقد هذا التفوق في محطات الإنتاج . فظاهرة التداخل هذه تنشأ عن الاختلافات بين بيئة الاختبار وبيئة الإنتاج ، وتسجل بعض هذه الاختلافات في أساليب الرعاية والتغذية بين البيئتين . لقد برهنت تجارب كثيرة على وجود التداخل بين الوراثة والبيئة من خلال معاملات الارتباط المنخفضة المقدرة بين اختبارات المحطة والاختبارات الحقلية لصفات اللحم عند الأبقار والخنازير . ومن الممكن الحد والإقلال من مقدار هذا التداخل ، وذلك في حال استخدمت محطات الاختبار الأساليب الإنتاجية المعروفة في الميدان العملي .

من جهة أخرى يؤدي إهمال هذا التأثير المتبادل بين الوراثة والبيئة إلى فوارق كبيرة بين النجاح الانتخابي المتوقع و النجاح الانتخابي المحقق . لذلك يكون من الضروري عدم إغفال هذا الموضوع عند تقويم أساليب اختبار الإنتاج عند وضع خطط التربية .

أما في الاختبارات الحقلية - على رغم - عيوبها المتمثلة في عدم القدرة على توحيد الظروف البيئية ، فهي تعد بتحقيق نجاح انتخابي مناسب حتى في الصفات المنخفضة المكافئ الوراثي ، مثل الخصوبة والتأقلم ، وذلك لإمكانية اختبار أعداد كبيرة من الحيوانات .

إن العلاقة بين العينة ، أي حيوان التربية الذي تقدر له القيمة التربوية ، وبين مصدر المعلومات ، أي الحيوان الذي يكون مصدر المعلومات المهمة لتقدير القيمة التربوية ، تصنف اختبارات الإنتاج . فهناك اختبار لإنتاج الأسلاف ، واختبار الإنتاج الذاتي ، واختبار الأخوة ، واختبار النسل ، وذلك حسب مصدر المعلومات . إن هذا التمييز لا يمس أساليب الاختبار ، وإنما يشير إلى كيفية استخدام المعلومات عند تقدير القيمة التربوية ، وغالباً ما تستخدم معلومات المصادر كلها بشكل مركب . إن هذا الاستخدام المركب لمصادر المعلومات المختلفة يزيد في أهمية اختبارات الإنتاج ، إذ يمكن من خلال ذلك تحقيق قيم تربوية موثوقة بشكل أكبر والوصول بالتالي إلى نجاح انتخابي أعلى .

إن الصفات المسجلة في اختبارات الإنتاج هي في البداية عبارة عن ما يسمى بصفات معلومات ، وفي الحالة المناسبة تتطابق هذه الصفات مع الصفات الانتخابية . ولكن في بعض الأحيان لا يمكن الكشف عن الصفات الانتخابية في اختبار الإنتاج بشكل مباشر ، لغياب أو لصعوبة طريقة قياسها ، عندئذ يجب دراستها بشكل غير مباشر من خلال صفة معلومات . ولهذا الأمر يشترط وجود ارتباط وراثي شديد بين الصفة الانتخابية وصفة المعلومات ، كما يستوجب أن تحقق الصفات الإنتاجية بعض الشروط ، كأن تكون قابلة للقياس

بشكل دقيق ، وأن تكون ذات أهمية اقتصادية ، وأن تملك مكافئاً وراثياً h^2 وتبايناً وراثياً مناسبين .

أما بالنسبة لطرائق تسجيل قيم الصفات فيجب أن تتمتع بتكرارية عالية (دقة) ، لتخفيض الخطأ العشوائي للقياس ، وبصدق كبير (مصداقية) لتحجيم الخطأ المنتظم للقياس ، وكذلك بدعم قوي من المبررات الفيزيولوجية لشرح أسباب مظاهر الصفات . إن هذه الشروط لاختبار الصفات نفذت بالنسبة للكثير من الصفات المهمة اقتصادياً والفضل يعود إلى التطور في التقنيات، وقياس الصفات ، والفنيين العاملين في هذا المجال .

وتجدر الإشارة إلى أن التسجيل الدقيق والفهم العميق للصفات الإنتاجية يتطلب مراعاة سير تطور مظهر الصفات خلال فترة الاختبار مثل المراحل المختلفة في التسمين أو في الموسم الإنتاجي الواحد .

٥ - ٢ وظائف ومهام اختبار الإنتاج :

يشكل اختبار الإنتاج من وجهة نظر تربية الحيوان أساساً لتقدير القيمة التربوية - والوراثية ، ولذلك يجب عليه أن يحقق المتطلبات التالية :

- التحري الدقيق عن الإنتاج المظهري ، أي بمعنى تسجيل نتائج الإنتاج دون أخطاء . فالأخطاء يمكن أن تظهر عند قياس الإنتاج أو عند ترحيل القيم . إن مثل هذه الأخطاء في السجلات لا يمكن التخلص منها ، حتى باستخدام كل الإمكانيات التي تقدمها أجهزة الحاسوب ، لذلك يتحمل مسؤولية هذا الخطأ كل العاملين في تنفيذ اختبار الإنتاج .

- المهمة الثانية لاختبار الإنتاج تتجلى في الكشف الدقيق - قدر الإمكان -

عن التركيب الوراثي للحيوان انطلاقاً من تركيبه المظهري . وهذا يقوم على توحيد الظروف البيئية في محطات الاختبار . وبعلaque مسع هذا الموضوع ومع مسألة التخلص من المؤثرات البيئية المنتظمة تتبسط مسألة أخرى تتعلق بإمكانية مقارنة نتائج الاختبارات. فطالما كانت المقارنة المباشرة فيما بينها غير ممكنة ، وجب تصحيحها أو تعديلها لتصبح جاهزة لذلك . إن كثيراً من العوامل المؤثرة يمكن توحيدها بواسطة أساليب إدارية مثل التغذية والإيواء ، وهناك عوامل أخرى لا يمكن للإنسان أن يؤثر فيها لذلك يدرسها ويأخذها بالحسبان أثناء تقييمه . ونسمي مثلاً على ذلك تأثيرات السنة والتي تختلف من عام لآخر . إن مثل هذه العوامل المؤثرة تشوه نتائج الاختبارات وتضبط تحت ما يسمى بالمؤثرات البيئية المنتظمة أو المؤقتة . إن التخلص من المؤثرات البيئية المنتظمة يستدعي تشكيل قياس مقارنة شامل ، وبالتالي فإن القيم المظهرية للصفات ، التي نحصل عليها من خلال الإنتاج ، لا تستخدم بشكلها المطلق ، بل كانهراف عن مقياس المقارنة .

إن مكونات قيم الصفات المظهرية في اختبار الإنتاج تحت المؤثرات البيئية المنتظمة تتبع النموذج التالي:

$$P_i = \mu + g + U_{si} + U_{2i} \quad (1-5)$$

إذ تشير كل من :

P_i = قيمة الصفة المظهرية للحيوان i .

$g_i = \text{الأثر الوراثي للحيوان } i$.

$U_{1i} = \text{الآثار البيئية المنتظمة للحيوان } i$.

$U_{2i} = \text{الآثار البيئية العشوائية للحيوان } i$.

أما مقياس المقارنة فيعرف أنه القيمة المتوسطة الناتجة عن قيم الصفة من كل الحيوانات الخاضعة للمؤثر البيئي المنتظم نفسه، انطلاقاً من المعلومة الوراثية التي تصرح أن الآثار البيئية العشوائية والآثار الوراثية تزيل بعضها البعض عند القيمة المتوسطة ، فإن مكونات مقياس المقارنة للحيوانات نكتب حسب الشكل التالي :

$$V_{Gpi} = \mu + U_{1i} \quad (٢-٥)$$

أما الفارق بين قيمة الصفة المظهرية p_i ومقياس المقارنة V_{Gpi} ، فيعبر عنه حسب الشكل التالي :

$$p_i - V_{Gpi} = g_i + U_{2i} \quad (٣-٥)$$

وهو عبارة عن قيمة تقديرية لمجموع كل من الأثر الوراثي و الأثر البيئي العشوائي فمن خلال هذا الأسلوب تم التخلص من المؤثرات البيئية المنتظمة إلى حد كبير ، وبالتالي تصبح نتائج الاختبار قابلة للمقارنة فيما بينها، فيما يلي نحدد أشكال الاختبارات ومواصفاتها حسب مصدر المعلومات .

٥ - ٣ اختبار نتائج الأسلاف :

إن تقويم حيوانات التربية حسب نتائج الأسلاف يوصف بتقويم النسب ، وهذه الطريقة استخدمت منذ زمن طويل إذ أنشأ لذلك ما يسمى بسجل القطيع ،

وكانت الفكرة الأساسية لتقويم النسب تقوم على أن الفرد يرث فقط ما يملكه الأسلاف ، و بذلك أغفلت النقطتان التاليتان :

١- أن الآباء تعطي أفراد نسلها فقط نصف ما تملكه من مورثات .

٢- أن ما يسجل للأسلاف فقط هو الإنتاج المظهري ، في حين تبقى القيم الوراثية للصفات الإنتاجية غير معروفة .

أما اليوم فيستخدم إنتاج الأسلاف لانتخاب الحيوانات الصغيرة التي لم تعط بعد إنتاجها الخاص ، فالأمر يتعلق إذاً بالانتخاب الأولي ؛ لأن الحيوانات المنتخبة سوف تخضع لاختبارات أخرى حتى يبتأ بأمرها ، وتلعب اختبارات الأسلاف دوراً مهماً في الصفات المحددة بالجنس ، إذ تكون نتائج الأسلاف مبدئياً المعيار الانتخابي الوحيد . يمكن التعبير عن النموذج الوراثي لعينة ما من النموذج المظهري لأحد أسلافها كالتالي :

$$\hat{G} = \mu + B_{Gpj} (Pj - \mu) \quad (4-5)$$

أما دلالات الرموز فهي كالتالي :

$\hat{G}$ = قيمة النموذج الوراثي المقدرة للحيوان المختبر .

μ = متوسط العشيرة .

β_{Gpj} = معامل الانحدار للنموذج الوراثي للعينة على النموذج المظهري للسلف j

Pj = القيمة المظهرية للصفة في السلف j .

فالأثر الوراثي $\hat{G}$ للعينة يعبر عنه بالتالي :

$$\hat{g} = B_{Gpj} (p_i - \mu) \quad (5-5)$$

وهو يشير إلى التفوق الوراثي (أو التدهور) للعينة بالنسبة لمتوسط العشيرة، والمتوقع على أساس إنتاج السلف $\bar{z}$ ، وعملياً يتم في تقدير القيمة الوراثية باستخدام نتائج الأسلاف تقليل للمؤثرات البيئية المنتظمة بواسطة مقياس المقارنة (VG) الذي يوضع مكان متوسط المجموع μ في الشكلين (5-5) و (5-4).

أما بالنسبة لتقدير دقة معلومة إنتاج الأسلاف فيستخدم معامل الانحدار أو الارتباط بين النموذجين الوراثي لحيوان العينة الواجب تقييمه والمظهري لسلفه. وللتبسيط ندرس حالة توافر سلف واحد. فحسب تعرف معامل الانحدار نحصل على الشكل التالي:

$$B_{Gpj} = \text{cov}(G, p) / \sigma^2 p \quad (5-6)$$

إذ تشير $\sigma^2 p$ إلى التباين المظهري لإنتاج السلف. إذا افترضنا أن التباين الوراثي والمظهري في العشيرة لا يتغير بين الأجيال والتباين المشترك $\text{cov}(G, p)$ يتعلق بمعامل القرابة V_j بين السلف $\bar{z}$ والعينة وكذلك بالتباين الوراثي $\sigma^2 g$ ، ينتج عندئذ أن:

$$B_{Gpj} = V_j \cdot \sigma^2 g / \sigma p \sigma p = V_j \cdot h^2 \quad (5-7)$$

والارتباط الذي نبحث عنه هو عبارة عن النسبة بين التباين المشترك والانحراف المعياري للصفاتين أي:

$$Q_{Gpj} = \text{cov} (G , p) / \sigma_g \sigma_p = V_j . \sigma_g^2 / \sigma_g \sigma_p \quad (٨-٥)$$

$$p = V_j h$$

وبمراعاة (٧-٥) ضمن الشكل (٨-٥) يصبح لدينا شكل الارتباط التالي :

$$Q_{Gpj} = V_j . \sqrt{B_{Gpj}} / V_j = \sqrt{B_{Gpj}} . V_j \quad (٩-٥)$$

في حالات كثيرة تتوافر لحيوان ما معلومات من عدة أسلاف ، ففي مثل هذه الحالات يجب الاستفادة من كل المعلومات المتوافرة وربطها مع بعضها بشكل مثالي للحصول على تقدير دقيق للقاعدة الوراثية لحيوان التربية .

إن استخدام نتائج عدة أسلاف يتم عن طريق ما يسمى بالدليل . والجدير ذكره هنا أن الربط المثالي لنتائج الأسلاف يتحقق عندما يكون الارتباط بين الدليل والقيمة الوراثية أو الأثر الوراثي للفرد Q_{Gj} أعظمياً ، وذلك لعلاقة هذا الارتباط المباشرة مع النجاح الانتخابي ، وتحت هذه الشروط يكشف عن معاملات الانحدار B_j لنتائج الأسلاف مفردة حسب المعادلة التالية :

$$I = B_1 (P_1 + V_{G1}) + B_2 (P_2 + V_{G2}) + + B_n (p_n + V_{Gn})$$

$$I = \sum_1^n (P_j - V_{Gj}) \quad (١٠ - ٥)$$

إذ P_j = قيمة الصفة المظهرية للسلف j .

V_{Gj} مقياس المقارنة للسلف j .

إن الشكل المذكور يطابق معادلة الانحدار المتعدد ، و يمكن حلها عند توافر مصادر المعلومات من خلال نظام n من المعادلات العادية ، وبشكل عام يستخدم نظام معادلة معاملات الارتباط التالية :

$$Q_{gi} = \sum_j Q_{ij} B_j \quad (11-5)$$

إذ تشير Q_{gi} إلى معامل الارتباط بين مصدر المعلومات j والقيمة الوراثية للحيوان المقوم.

و Q_{ij} إلى معامل الارتباط بين نتائج الأسلاف i و j .

و B_j إلى معامل الانحدار المعدل لمصدر المعلومات j .

من خلال حل المعادلة نحصل أولاً على معاملات الانحدار الجزئية المعدلة ، والتي تتضح من خلال التحويل التالي :

$$B_j = B'_j \cdot \sigma_g / \sigma_p = B'_j \cdot h \quad (12-5)$$

نحصل على معامل الانحدار المطلوب .

في حال توافر مصدرين للمعلومات يتشكل لدينا نظام المعادلات التالية :

$$Q_{g1} = Q_{11} B'_1 + Q_{12} B'_2$$

$$Q_{g2} = Q_{21} B'_1 + Q_{22} B'_2$$

وفي المثال التالي نوضح طريقة الاستعمال . يراد تقويم ثور صغير انطلاقاً من إنتاج أمه (p_m) وجدته من ناحية أمه (p_{mm}) . ما هي الأهمية التي تعطى لكل الإنتاجين ؟ نستعين بالشكل البياني للقرابة رقم (1-5) لاستنتاج معاملات الارتباط الضرورية.

ونحصل عليها من خلال ضرب القيم التي تعرض على أسهم الربط . وفي حال عدم توافر تربية داخلية يصبح لدينا

$$Q_{gm} = 1/2 h \quad Q_{gmm} = 1/4 h \quad Q_{m mm} = Q_{mm m} 1/2h^2$$

أما ارتباط نتائج السلف مع نفسه تساوي الواحد .

لذلك يأخذ نظام المعادلات الشكل التالي :

$$1/2 h = B'_m + 1/2 h^2 B'_{mm} , \quad 1/4 h = 1/2 h^2 B'_m + B'_{mm}$$

وبعد حل نظام المعادلات هذا ينتج لدينا المعاملات التالية:

$$B'_m = h (4 - h^2) / (8 - 2 h^4) , \quad B'_{mm} = 2h (1 - h^2) / (8 - 2 h^4)$$

وعند أخذ الشكل (١٢ - ٥) بالحسبان ينتج :

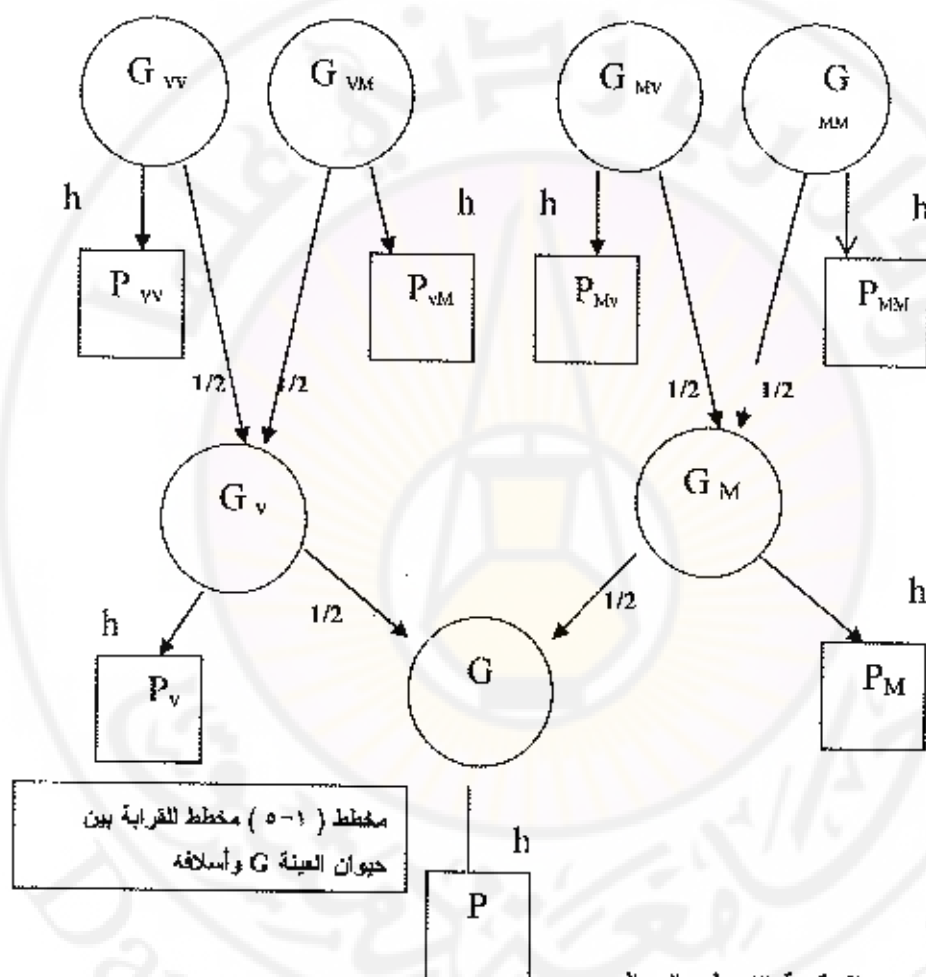
$$B_m = h^2 (4 - h^2) / (8 - 2 h^4) , \quad B_{mm} = 2h^2 (1 - h^2) / (8 - 2 h^4)$$

إن معاملات الانحدار تتغير في التراكيب المختلفة للأسلاف ، لذلك يجب حسابها من جديد في كل تركيبة ، وهي تتألف من ثـ h مكونات (بعكس معاملات الانحدار البسيطة) وهي :

$$B_j = V_j \cdot h^2 \cdot f$$

فبالإضافة إلى معامل القرابة والمكافئ الوراثي للصفة يلعب العامل f دوراً يحدد من علاقات نتائج الأسلاف فيما بينها ، فيزداد هذا العامل كلما انخفضت الارتباطات بين الأسلاف؛ ولأن هذه الارتباطات تتحدد من درجة القرابة ، والمكافئ الوراثي حسب المخطط (١-٥) فإن نتائج الأقارب تعطي أقل بخصوص فرد ثالث ترتبط معه بعلاقة قرابة مقارنة بالأفراد الأقل درجة قرابة . ففي حالة الأفراد غير الأقارب تكون نتائجهم مستقلة عن بعضها البعض ، وبالتالي فإن قيمة العامل f تساوي الواحد ، لذلك تحدد قيمة معاملات الانحدار حسب الطريقة البسيطة الموضحة بالشكل (٧-٥) . هذه الحالة تظهر

على سبيل المثال عند توافر نتائج أسلاف غير مربوبة داخلياً من جهة الأم والأب.



G_i قيمة النموذج الوراثي .

P_i قيمة النموذج المظهري .

h الجذر التربيعي للمكافئ الوراثي.

M الأم و V الأب .

MM الجدة من ناحية الأم و MV الجد من ناحية الأم .

VM الجدة من ناحية الأب و VV الجد من ناحية الأب .

لو افترضنا في مثالنا السابق توافر نتائج إنتاج الجدة من ناحية الأب بالإضافة إلى إنتاج الأم للتقويم التربوي ، عندئذ تنتج معاملات الارتباط التالية:

$$Q_{gm} = 1/2 h \quad Q_{gmm} = 1/4 h$$

$$Q_{mvm} = Q_{vmm} = 0$$

والتي تؤدي إلى نظام المعادلات التالية :

$$1/2 h = B'_m + 0$$

$$1/4 h = 0 + B'_{vm}$$

أما قيم معاملات الانحدار ، فهي كالتالي :

$$B_m = B'_m \cdot h = 1/2 h^2 , B_{vm} = B'_{vm} \cdot h = 1/4 h^2$$

وكما نلاحظ ، فإن هذه القيم تناسب القيم الإفرادية للأسلاف في الشكل (٥-٧) .

إن الارتباط بين القيمة المقدرة والحقيقية في حالة المصادر المتعددة للمعلومات يحسب وفق الشكل التالي :

$$Q_{GI} = \sqrt{\sum_1^n v_i B_i} \quad (٥-١٣)$$

إن دقة الاختيار التربوي حسب إنتاج الأم وإنتاج الجدة من ناحية الأب يبلغ عند $h^2 = 0.25$ القيمة التالية :

$$r_{GI} = \sqrt{(1/4 h^2 + 1/16 h^2)} = \sqrt{1/16 + 1/64} = 0.280$$

وعند استخدام الجدة من ناحية الأم أيضاً تنتج القيمة التالية للدقة :

$$r_{GI} = \sqrt{[1/2h^2(4-h^2)/(8 \cdot 2h^4)] + [1/2h^2(1-h^2)/(8 \cdot 2h^2)]}$$

$$= \sqrt{[1/2h^2(5-2h^2)]/(8-2h^2)}$$

$$= \sqrt{[1/2 \cdot 1/4(5-2 \cdot 1/4)]/(8-2 \cdot 1/16)} = 0.267$$

وهذه القيمة أقل من القيمة في الحالة الأولى كما هو متوقع بسبب قرابة الأسلاف . في الجدول (١-٥) تعرض قيم لدقة الاختيار حسب نتائج مختلفة للأسلاف بتركيبات عديدة ، وذلك كمعاملات للارتباط بين القيمة الوراثية الحقيقية والمقدرة ، ولقيم مختلفة للمكافئ الوراثي .

	h^2					
	0.1		0.3		0.6	
	Abs.	rel.	Abs.	rel.	Abs.	rel.
MM	0.08	0.25	0.14	0.25	0.19	0.25
MM+V _{id}	0.11	0.34	0.19	0.35	0.27	0.35
MM+V _m +MV	0.14	0.44	0.24	0.44	0.34	0.44
MM+V _m +MV+VV	0.16	0.50	0.27	0.49	0.39	0.51
M	0.16	0.50	0.27	0.49	0.39	0.51
M+MM	0.17	0.53	0.29	0.53	0.40	0.52
M+VM	0.18	0.56	0.31	0.56	0.43	0.56
M+MM+V _m	0.19	0.59	0.32	0.58	0.44	0.57
M+V	0.22	0.69	0.39	0.71	0.55	0.71
M+V+MM	0.23	0.72	0.40	0.73	0.55	0.71
M+V+MM+V _m	0.25	0.78	0.41	0.75	0.56	0.73
M+V+MM+VM+MV+VV	0.27	0.84	0.43	0.78	0.57	0.74
	0.32	1.00	0.55	1.00	0.77	1.00

جدول (١ - ٥) دقة الاختيار التربوية حسب نتائج مختلفة للأصناف (Flock وآخرون ١٩٧١)

إذ نرمز M إلى نتائج الأم و V إلى نتائج الأب ، و MM نتائج الجدة من ناحية الأم ، و VM نتائج الجدة من ناحية الأب ، و VV نتائج الجد من ناحية الأب.

إن معاملات الارتباط المذكورة تكون على علاقة مباشرة مع النجاح الانتخابي في كل جيل ، لذلك يؤثر كل تغيير مباشرة في النجاح الانتخابي في حال ثبات كل من فترة الجيل والشدة الانتخابية، كما يعرض الجدول الدقة كنسبة للإنتاج الذاتي . فمن خلال قراءة هذا الجدول تسجل الملاحظات التالية :

تزداد دقة اختيار التربية مع ازدياد قيم المكافئ الوراثي بشكل مطلق ، كما تنخفض الدقة كلما بعدت قرابة الأسلاف لنفس قيمة المكافئ الوراثي . فالتفكك بنتائج الأم (وهذا الكلام ينطبق على نتائج الأب) تطابق نصف الثقة للإنتاج الذاتي ، كما تنخفض إلى الربع ، في حال إنتاج أحد الأجداد . ويمكن لتربية نتائج عدة أسلاف أن تزيد الثقة ، إلى أن ما يورده إنتاج الأجداد الأربعة من معلومات ، في حال توافرها ، لا يتجاوز معلومات نتائج أحد الأبوين ، وبالتالي نصف الإنتاج الذاتي . وهذا يعني أن الانتخاب في العشيرة بناء على نتائج أحد الأبوين وحسب إنتاج الأجداد الأربعة ، يخفض النجاح الانتخابي إلى النصف مقارنة بالانتخاب حسب الإنتاج الذاتي . ونجدد الإشارة إلى أن دقة اختيار التربية لصفات ذات مكافئ وراثي منخفض من خلال استخدام نتائج إضافية للأسلاف تقارب محتوى المعلومات للإنتاج الذاتي بشكل أكثر منه لصفات ذات مكافئ وراثي مرتفع على الرغم من بقاء الدقة المطلقة منخفضة . فعلى سبيل المثال تبلغ الدقة عند انتخاب صفة ذات مكافئ وراثي $h^2 = 0.1$ باستخدام نتائج الأهل والأجداد الأربعة فقط 0.27 ، في حين ترتفع إلى 0.57 عند تغير قيمة المكافئ الوراثي إلى $h^2 = 0.6$. ولكن بالمقارنة مع الإنتاج الذاتي تحقق الدقة في الحالة الأولى 0.84 وفي الثانية 0.74 من دقة الإنتاج الذاتي .

إن النقطة الإيجابية لنتائج الأسلاف تلاحظ في موضوع الوقت الذي يجب عنده اتخاذ القرار التربوي . فبالنسبة لنتائج الأسلاف لا تبرز مشكلة إطالة فترة الجيل ولا يتطلب معرفتها مزيداً من التكاليف والنفقات المهمة ، لأن إنتاج الأسلاف مسجل مسبقاً ضمن إطار اختبار الإنتاج لحيوانات التربية .

٥ - ٤ : اختبار الإنتاج الذاتي :

يعبر الإنتاج الذاتي عن الإنتاج المظهري لحيوان التربية الخاضع للانتخاب ، والمحدد لمتابعة التحسين الوراثي في حال تحقيقه للشروط اللازمة لذلك .

بناءً على هذا التعريف لا تملك كل الحيوانات اختباراً للإنتاج الذاتي . إن اختبار الإنتاج الذاتي بصطدم بمعوقتين مهمتين : الأولى تظهر في الصفات المحددة بالجنس ، إذ لا يمكن تسجيل قيم الصفات إلا في أحد الجنسين ، لذلك يملك هذا الجنس فقط الإنتاج الذاتي (كما هو الحال في صفات منتج الحليب عند إناث الحيوانات) . وفي هذه الحالة تقوم الحيوانات الذكور بناءً على نتائج أقاربها الإناث .

أما العقبة الثانية فتبرز عندما تضطر إلى ذبح الحيوان للكشف عن بعض الصفات مثل تقويم صفات الذبيحة ، وبالتالي لا يمكن متابعة التربية من خلال هذه الحيوانات ، لذلك يعتمد المربون إلى استخدام نتائج أفراد أقارب والحكم من خلالها على حيوانات التربية . وقد يساعد التطور في النقاثة الحيوية المستخدمة في الإنتاج الحيواني مثل حفظ السائل المنوي لفترات زمنية طويلة في التلقيح الاصطناعي .

إن الأهمية الكبيرة للإنتاج الخاص تقوم على امتلاك هذا الاختبار معلومات مهمة ومصدقية كبيرة ، وكذلك على ترتيبه الزمني كمصدر قريب للمعلومات بعد نتائج الأسلاف .

إن القيمة الوراثية أو التربوية لحيوان التربية تقدر من إنتاجه الذاتي حسب الحالتين التاليتين :

٥ - ٤ - ١ : توافر معلومة مباشرة من حيوان التربية :

تمثل هذه الحالة تقدير القيمة الوراثية لصفة من خلال قيمتها المظهرية. ومثال ذلك نذكر تقدير القيمة الوراثية لبقرة حليب ($\hat{A}_M$) بالنسبة لصفة كمية الحليب انطلاقاً من إنتاجها في الموسم الأول (P_M) ، المسجل في اختبارات إنتاج الحليب .

$$\hat{A}_M = h^2_M (P_M - \bar{P}_M) \quad (١٤-٥)$$

$\hat{A}_M$ = القيمة الوراثية المقدرة .

h^2_M = معامل انحدار القيمة المظهرية على القيمة الوراثية ، وهنا تتناسب مع المكافئ الوراثي لكمية الحليب في العشيرة .

$(P_M - \bar{P}_M)$ = الانحراف المظهري للبقرة عن متوسط رفقات القطيع في اختبار إنتاج الحليب .

أما دقة تقدير هذا الأسلوب فتحسب حسب الشكل التالي :

$$r_{AP} = h^2_M \cdot (\sigma_M / \sigma_{AM}) = h^2_M / h_M = h_M (١٥-٥)$$

في الفقرة التالية سنعالج الحالة الأولى بخصوصية الإنتاج المتكرر ، إذ يمكن لتكرار النتائج أن يحسن تقدير القيمة الوراثية للحيوان . وهنا سنستخدم متوسط النتائج المتكررة كمقياس انتخابي . إن نموذج الصفة بالنسبة للإنتاج الواحد يتبع الشكل التالي :

$$P_i = \mu + g_i + U_{si} + U_{zi}$$

وقد تم شرح دلالات الرموز هذه في فقرة سابقة . بناء على مكونات النموذج السابق ، فإن تباين متوسط الإنتاج المتشكل من n إنتاج فردي يتألف من المكونات التالية :

$$\sigma^2 P_n = \sigma^2 g + \sigma^2 u_s + \sigma^2 z / n \quad (16-5)$$

إذ تدل $\sigma^2 P_n$ على تباين متوسط الإنتاج الناتج عن n من الإنتاج الفردي .

و $\sigma^2 g$ على التباين الوراثي

و $\sigma^2 u_s$ على التباين الناتج عن العوامل البيئية المنتظمة .

$\sigma^2 z$ على التباين الناتج عن العوامل البيئية العشوائية .

كما نلاحظ فإن استخدام متوسط النتائج يمكن من خفض التباين البيئي المؤقت ، بعكس تأثير مقياس المقارنة ، أما بالنسبة للمكافئ الوراثي لمتوسط الإنتاج $h^2 p_n$ ، فيعبر عنه (حسب تعريفه) بالشكل التالي :

$$h^2_{pn} = \sigma^2 g / (\sigma^2 g + \sigma^2 u_s + \sigma^2 u_z / n) \quad (17-5)$$

وبتحويل معين يكتب على الشكل التالي :

$$h^2_{pn} = n h^2 / [1 + (n - 1) w] \quad (18-5)$$

وتشير w إلى معامل التكرار . أما معامل الارتباط بين القيمة الوراثية للعينة ومتوسط الإنتاج فهو :

$$Q_{GPh} = \sqrt{n h^2 / [1 + (n - 1) w]} \quad (19-5)$$

٥ - ٤ - ٢ : توافر معلومة غير مباشرة من حيوان التربية (لصفات مساعدة) :

في هذه الحالة يتم استنتاج القيمة الوراثية لصفة لا تمتلك ما يسمى باختبار الإنتاج الذاتي ، ونذكر المثال التالي لشرح هذه الحالة . لنفترض عدم توافر اختبار الإنتاج الذاتي لخروف ما ، وذلك لصفة الاستفادة من العلف ، وإنما تتوافر معلومات فقط حول صفة النمو اليومي P_Z ، لذلك يمكن تقدير القيمة الوراثية أو التربوية لصفة الاستفادة من العلف من صفة النمو اليومي إذا توافر بين الصفتين ارتباط وراثي r_{AFZ} مناسب .

وبالتالي يكون الشكل الرياضي للقيمة التربوية المقدرة لصفة الاستفادة من العلف حسب التالي :

$$\hat{AF} = b_{AFZ} (\bar{P}_Z - \bar{P}_Z) \quad (٢٠-٥)$$

إذ يمثل b_{AFZ} معامل انحدار الانحراف الإنتاجي المظهري للخروف في صفة النمو اليومي على القيمة التربوية للاستفادة من العلف ، وفي هذه الحالة يكون :

$$\begin{aligned} b_{AFZ} &= \sigma_{AFZ} / \sigma^2_Z = r_{AFZ} \cdot \sigma_{AF} \sigma_{AZ} / \sigma^2_Z \\ &= r_{AFZ} \cdot hf \cdot h_z (\sigma_F / \sigma_Z) \end{aligned} \quad (٢١-٥)$$

وبالتالي :

$$\hat{AF} = r_{AFZ} \cdot hf \cdot h_z (\sigma_F / \sigma_Z) (\bar{P}_Z - \bar{P}_Z) \quad (٢٢-٥)$$

أما الدقة فتحسب عن طريق تحويل معامل الانحدار إلى معامل الارتباط حسب الشكل التالي :

$$r_{Ap} = b_{Ap} (\sigma_p / \sigma_A)$$

ليصبح شكل الدقة :

$$r_{AFZ} = r_{AZf} \cdot h_f \cdot h_2 \cdot (\sigma_f / \sigma_z) \cdot (\sigma_z / \sigma_f) \\ = r_{AZf} \cdot h_2 \quad (٢٣-٥)$$

٥ - ٥ اختبار إنتاج الإخوة :

تعدّ الإخوة من وجهة نظر تربية الحيوان جزءاً ، مما يسمى بالأقارب الجانبيين . وهي تشترك مع حيوان العينة (الحيوان المرشح للتربية) بكلا الأبوين (أخوة أشقاء) ، أو بأبٍ واحد (أخوة أنصاف أشقاء) . وبناء على ذلك يبلغ معامل القرابة في الحالة الأولى $r = ٠,٥$ وفي الحالة الثانية $r = ٠,٢٥$. وفي هذا النوع من الاختبار يستخدم متوسط إنتاج مجموعة الإخوة كمقياس انتخابي للصفات التي لا تملك اختبار الإنتاج الخاص (لتقويم صفات الذبيحة مثلاً) ، كما يستعمل أيضاً بشكل مركب مع الإنتاج الخاص في حال توافره لحيوان التربية . أما بالنسبة لموعد توافر نتائج الأخوة لتنفيذ الاختبار فهو يتعلق بعمر الأخوة . وعادة ما تكون هذه النتائج جاهزة مع توافر نتائج الإنتاج الخاص ، كما يمكن لنتائج الأخوة أن تكون ضمن برنامج اختبار النسل لحيوانات التربية ، وبالتالي لا تسبب اختباراتهما مزيداً من النفقات والتكاليف .

وبالنسبة لدقة الانتخاب التربوي حسب إنتاج الأخوة ، فهي تتعلق بدرجة القرابة وبعدد الأخوة . إلا أن درجة القرابة تسيطر ، لأنها في ظرف ما تضع حداً للدقة التي يمكن تحقيقها ، أما بالنسبة لتأثير عدد الأخوة ، فإن زيادة عدد

مجموعات الأخوة يحسن من دقة الانتخاب ، وفي هذا الإطار يمارس الارتباط البيئي C^2 بين الأخوة تأثيراً على الدقة ، إذ يزيد من التشابه بين الأخوة بشكل يتجاوز المتوقع على العوامل البيئية المنتظمة ، والتي لا يمكن فصلها على المركبات الوراثية التي تملكها الأخوة سوية ، وتجدر الإشارة إلى أن التشابه الناتج عن الآثار الوراثية غير التجمعية يتبع إلى C^2 (Flock) وآخرون (١٩٧١) ، غالباً ما تظهر عند الأخوة الأشقاء .

إن معامل انحدار القيمة الوراثية للعينة على متوسط الأخوة الأشقاء يبلغ :

$$B_{G \overline{VG}} = \text{cov} (G , \overline{VG}) / \sigma^2 \overline{VG} \quad (٢٤-٥)$$

وقيمة التباين المشترك (cov) بين حيوان العينة ومتوسط الأخوة الأشقاء تصل إلى $1/2 \sigma^2 g$. أما بالنسبة إلى التباين المظهري لمتوسط الأخوة الأشقاء $\sigma^2 VG$ فهو يشكل جزءاً من التباين المظهري للصفة ، لانخفاض التباين البيئي العشوائي عند تشكيل القيمة المتوسطة وتبلغ قيمته بالتالي :

$$\sigma^2 VG = [(1 + (n-1) t) / n] \sigma^2 p \quad (٢٥-٥)$$

إذ تعبر n عن عدد الأخوة الأشقاء

و t عن الارتباط بين الأخوة الأشقاء وهي تشير إلى مجموع التشابه للأخوة الأشقاء . أما قيمته فتبلغ $t = 1/2 h^2 + C^2$.

عند استبدال التعابير في الشكل (٢٤ - ٥) بما يساويها ، يأخذ معامل الانحدار الشكل التالي :

$$B_{G \overline{VG}} = (1/2 \sigma^2_{gn}) / [1 + (n-1) . t . \sigma^2_p] \quad (٢٦-٥)$$

وبتعبير آخر يستخدم فيه h^2 يصبح :

$$B_{GVG} = (1/2 h^2 n) / (1 + (n-1)t) \quad (٢٧-٥)$$

ويعبر عن دقة التقدير للقيمة الوراثية بهذا الأسلوب بالشكل التالي :

$$Q_{GVG} = \sqrt{1/4 h^2 n / (1 + (n-1)t)} \quad (٢٨-٥)$$

وإذا افترضنا عدم وجود تشابه بيني بين الأخوة الأشقاء ($O = C^2$) ، عندئذ يكتب معامل الارتباط كما يلي :

$$Q_{GVG} = \sqrt{1/4 h^2 n / (1 + (n-1)0.5 h^2)}$$

وعند استخدام الأخوة أنصاف الأشقاء تتبع الخطوات التالية :

إن معامل الانحدار لمتوسط الأخوة أنصاف أشقاء هو كما يلي :

$$B_{GHG} = \text{cov}(G, HG) / \sigma^2 G \quad (٢٩-٥)$$

فهي $\sigma^2 g = 0.25$. و التباين σ^2_{HG} يساوي إلى :

$$\sigma^2_{HG} = [(1 + (m-1)0.25 h^2) / m] \cdot \sigma^2_p \quad (٣٠-٥)$$

وعند استبدال التعابير بقيمتها تصبح قيمة معامل الانحدار كالتالي :

$$B_{GHG} = 0.25 h^2 m / (1 + (m-1)0.25 h^2) \quad (٣١-٥)$$

إذ تشير m إلى عدد الأخوة أنصاف أشقاء ، أما بالنسبة لمعامل الارتباط الذي يعبر عن الدقة فتبلغ قيمته :

$$Q_{GHG} = \sqrt{0.0625 h^2 m / (1 + (m-1)0.25 h^2)} \quad (٣٢-٥)$$

في الجداول (٢ - ٥) ، (٣ - ٥) تعرض الدقة للانتخاب حسب نتائج الأخوة الأشقاء ، وأنصاف أشقاء بعلاقة مع المكافئ الوراثي (h^2) ومع عدد الحيوانات أما بالنسبة لاختبار إنتاج النسل فسنفرد فصلاً منفرداً لأهميته الكبيرة في تقدير القيمة التربوية لحيوان التربية .

n	h^2					
	0.1		0.3		0.6	
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.
1	0.16	0.50	0.27	0.50	0.39	0.50
2	0.22	0.68	0.36	0.66	0.48	0.62
3	0.26	0.82	0.42	0.76	0.53	0.69
4	0.30	0.92	0.46	0.83	0.56	0.73
5	0.32	1.01	0.48	0.88	0.58	0.76
6	0.35	1.08	0.51	0.92	0.60	0.78
7	0.37	1.15	0.53	0.96	0.61	0.80
8	0.39	1.20	0.54	0.98	0.62	0.81
9	0.40	1.25	0.55	1.01	0.63	0.82
10	0.42	1.30	0.57	1.03	0.64	0.83
∞	0.71	2.21	0.71	1.28	0.71	0.92
	0.32	1.00	0.55	1.00	0.77	1.00

الجدول (٢ - ٥) دقة الاختبار التربوي حسب الأخوة الأشقاء .

n	h^2					
	0.1		0.3		0.6	
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.
1	0.08	0.25	0.14	0.25	0.19	0.25
2	0.11	0.35	0.19	0.34	0.26	0.33
3	0.13	0.42	0.22	0.40	0.29	0.38
4	0.15	0.48	0.25	0.45	0.32	0.42
5	0.17	0.53	0.27	0.49	0.34	0.45
6	0.18	0.57	0.29	0.52	0.36	0.47
7	0.20	0.61	0.30	0.55	0.37	0.48
8	0.21	0.65	0.31	0.57	0.38	0.48
9	0.22	0.68	0.33	0.59	0.39	0.51
10	0.23	0.71	0.34	0.61	0.40	0.52
15	0.26	0.82	0.37	0.67	0.43	0.55
20	0.29	0.91	0.39	0.72	0.44	0.57
30	0.33	1.03	0.42	0.77	0.46	0.60
40	0.36	1.11	0.44	0.80	0.47	0.61
50	0.38	1.17	0.45	0.81	0.47	0.62
100	0.42	1.33	0.47	0.86	0.49	0.63
∞	0.50	1.56	0.50	0.91	0.50	0.65
	0.32	1.00	0.55	1.00	0.77	1.00

الجدول (٣ - ٥) دقة الاختبار التربوي حسب الأخطاء أخطاء الإثبات .



الفصل السادس

تقدير القيمة التربوية

- ٦ - ١ تعريف القيمة التربوية .
- ٦ - ٢ المعارف والأسس اللازمة لتقدير القيمة التربوية .
- ٦ - ٢ - ١ نموذج تشكيل الصفات .
- ٦ - ٢ - ٢ العوامل الثابتة والعوامل العشوائية .
- ٦ - ٢ - ٣ أسس التقدير (Blue , Ml , Ls) .
- ٦ - ٣ المقاييس الضرورية لتقدير القيمة التربوية .
- ٦ - ٤ أهداف تقدير القيمة التربوية .
- ٦ - ٥ طريقة الـ Blup لتقدير القيمة التربوية .



القيمة التربوية Breeding value

٦- ١ مقدمة :

يستخدم مصطلح القيمة التربوية لحيوان ما ، للإشارة إلى تأثيره الوراثي الذي يمارسه في أفراد نسله، فيستخدم إنتاج هذا النسل كتعبير عن القيمة التربوية للحيوان. و بناءً على ذلك يمكن أن تسجل قيم تربوية إيجابية و أخرى سلبية ، و ذلك حسب تفوق أو تدني متوسط النسل بالنسبة لمتوسط العشيرة. و في إطار آخر ضمن هذا السياق يجب أن نميز بين القيمة التربوية العامة و الخاصة لحيوان التربية. فالقيمة التربوية العامة لحيوان التربية تُفسر إلى متوسط إنتاج أفراد نسله الناتجة عن تلقيح هذا الحيوان لإناث تمثل عينة عشوائية من عشيرة التربية ، و تبلغ قيمتها بالنسبة للصفة المدروسة في حيوان التربية ضعف متوسط انحراف النسل عن متوسط العشيرة، لأن النسل يحصل على نصف مورثاته من حيوان التربية. أما النصف الآخر، فيعتبر عينة عشوائية من مورثات العشيرة.

أما بالنسبة للقيمة التربوية الخاصة فيقصد بها متوسط أفراد نسل حيوان التربية الناتجة عن تلقيح هذا الحيوان لمجموعة مميزة من أفراد العشيرة ، فهي لا تمثل بذلك مجموع العشيرة ، لذلك لا يمكن الاستفادة من القيمة التربوية الخاصة إلا من خلال تكرار شركاء التلقيح نفسه ، فهو لا يصلح لأي تكاثر في العشيرة.

في دراستنا التالية، و عند الحديث عن القيمة التربوية فالمقصود القيمة التربوية العامة فقط ، فهي تصلح لتوقع إنتاج النسل في حال التزاوج العشوائي في عشيرة التربية.

إن المربين لا ينتظرون حتى الحصول على نتائج أفراد النسل، و ذلك لاتخاذ قرارهم بانتخاب أو استبعاد الحيوان المرشح للتربية، بل يلجؤون إلى تقدير القيمة التربوية بناءً على القيم المسجلة من حيوان التربية أو من أفراد أقارب. و لتقدير القيمة التربوية توجد عدة طرائق متشابهة من إذ هدفها المحدد بتقدير القيمة التربوية الحقيقية لمتغير عشوائي ما بدقة كبيرة ، إلا أن فعالية استخدامها تتطلب توافر معارف كثيرة تختلف من أسلوب لآخر. و الأسلوب لا يستخدم فقط للكشف عن القيمة التربوية للحيوان فقط، و إنما أيضاً لتقدير إنتاج الموسم القادم لأحد الحيوانات على سبيل المثال.

٦-٢ الأسس اللازمة لتقدير القيمة التربوية :

٦-٢-١ نموذج تشكيل الصفات :

إن صياغة ما يسمى بـ نموذج تشكيل الصفة يعدّ المبدأ الأساسي عند تقدير كل مقياس. و هذا النموذج يتطابق مع النظرية حول الأسباب المؤدية أو المشاركة في تحقيق قيم الصفات ، كما أنه يمكن إجراء التحليلات الإحصائية بواسطة الحاسوب. أما بالنسبة للمعايير الواجب أخذها بالحسبان بصورة خاصة عن تركيب نموذج الصفة ، فسنتناولها من خلال سردنا للمثال التالي :

يراد إجراء مقارنة بين ثلاث سلالات من الأبقار، و ذلك بالنسبة لصفة متوسط كمية الحليب في دقيقة حلب واحدة. إن القيم المظهرية لهذه الصفة أخذت من سجلات الاختبارات الحقلية. أما نموذج تشكيل الصفة المناسب لهذا المثال، فهو الشكل (٦-١)

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X})e_{ij} \quad (٦ - ١)$$

الرموز تشير إلى الدلالات التالية:

Y_{ij} = قيمة متوسط كمية الحليب المسجلة في الدقيقة الواحدة للبقرة زمن السلالة I

μ = القيمة المتوقعة لـ Y_{ij} عندما تكون العوامل المراعاة من النموذج تساهم من خلال متوسط تأثيرها

α_i متوسط أثر السلالة I الذي لا يمكن تفسيره من خلال μ

X_{ij} = قيمة كمية الحليب المسجلة من البقرة زمن السلالة I

$\bar{X}$ = القيمة المتوسطة للعينة العشوائية

β = معامل الانحدار الخطي لمتوسط كمية الحليب في الدقيقة (Y) على كمية الحليب (X)

e_{ij} = مجموع العوامل المتبقية التي تساهم في تشكيل Y_{ij} ، و التي لا يمكن الكشف عنها و تقديرها.

هذا و يصنف الشكل الرياضي (٦-١) تحت النماذج الخطية لتشكيل الصفات التي تتميز بأنها تصف القيمة المظهرية المدروسة من خلال تركيب خطي للعوامل المراعاة في النموذج. و نتيجة لمزاياه الحسابية المناسبة، يستخدم هذا النموذج الخطي للصفة بشكل واسع في التطبيقات و الأعمال الحقلية.

٦-٢-٢ العوامل الثابتة و العوامل العشوائية:

إن العوامل المرعية في نموذج تشكيل الصفة تتوزع بين عوامل ثابتة و أخرى عشوائية، و لا توجد قاعدة ثابتة لهذا التوزيع، بل يتم استنتاجها من الهدف المحدد لتحليل النتائج ، فعندما تتركز أهداف الدراسة على كشف نسأثير مستوى (أو مرحلة محددة) أحد العوامل (كتأثير المحطة أ و المحطة ب) عندئذ نأخذ بالحسبان فقط هذه العوامل في طريقة البحث أو سحب العينات، و توصف بالعوامل الثابتة. أما إذا كان هدف تجربة ما هو تقدير متوسط كل مستويات عامل ما من المتغيرات العشوائية، عندئذ تعد المراحل المراعاة عينة عشوائية للحصول على نتائج تمثل المجموع، و توصف مراحل هذا العامل بالعوامل العشوائية.

بشكل عام يكون من المفيد تقدير المقاييس المركزية (القيمة المتوسطة) فقط بالنسبة للعوامل الثابتة، في حين يكون تقدير مقاييس التوزيع أو التشتت (تباين و تباين مشترك) الأهم بالنسبة للعوامل العشوائية.

إن النماذج التي تحتوي على عوامل ثابتة و أخرى عشوائية بالإضافة إلى كل من μ و σ تسمى النماذج الخليطة Mixed Models. و يلعب هذا النوع من النماذج دوراً مهماً في تقدير القيم التربوية و مكونات التباين و التباين المشترك.

٦-٢-٣ أسس التقدير (Blue, ML, Ls)

لتقدير المقاييس لا يوجد ما يدعى بالطريقة الأفضل بشكل عام. فالطرائق المستخدمة حالياً تختلف ، فيما بينها سواء في الشروط الضرورية لاستخدامها الصحيح و كذلك في صفات القيم المقدرة الناتجة عنها.

- طريقة Ls (Method of least squares) أصغر مربع

تعد النظرية الإحصائية لهذه الطريقة أقدم أسلوب لتقدير مقاييس العشيرة ،
و تعود إلى Legendre (١٨٠٦) و Gauss (١٨٠٩). إن القاعدة الأساسية
لهذه الطريقة تنص على وجوب اختيار القيم التي تقلل مجموع مربعات الأثار
المتبقية إلى أدنى حد، كقيم تقدير للمقاييس المدروسة.

- طريقة الأرجحية العظمى (ML)

إن الفكرة الأساسية لهذه الطريقة تعود إلى القرن ١٨. أما مبدأها فهو
اختيار المقاييس (لقيم تقديرية) التي تزيد احتمال ظهور نتائج العينة إلى أعلى
حد ممكن ، لذلك يجب أن يكون توزيع الاحتمالات للمعطيات المدروسة معروفاً
عند استنتاج شكل التقدير المناسب.

- طريقة Blue (Best Linear Unbiased Estimation) أفضل

تقدير خطي غير منحاز:

إن القيم التقديرية التي تحسب من خلال تركيب خطي لكل القيم المدروسة
و تملك صفتي ثقة التوقع و التباين الأقل توصف بالقيم التربوية Blue.

فالقيمة المقدرة $p^{\wedge}$ تكون للمقياس p ثقة توقع (غير منحاز) إذا كانت $p =$
 $E(p^{\wedge})$ [قيمة متوقعة لـ $p^{\wedge}$] ، وهي قيمة متوسطة حسابية
مفترضة لأعداد غير نهائية من قيم التقدير العينة العشوائية. في هذه الحالة
نكون الانحرافات الإيجابية أو السلبية بين $p^{\wedge}$ ، p احتمالات، أي بما معناه أن
كل خطأ قياس عائد للصدفة فقط.

إن مصطلح الأفضل "Best" في التقديرات الموثوقة التوقع يكون عندما يتحقق أن $p^{\wedge} = E[p^{\wedge} - E(p^{\wedge})]^2$ الحد الأدنى (أقل تباين لـ $p^{\wedge}$) ، و لأن القيم المقدرة ذات ثقة التوقع تطبق على $E(p^{\wedge})=p$. فهذا يعني أن التباين الأدنى تباين خطأ $E(p^{\wedge}-p)^2 =$ حد أدنى

و تجدر الإشارة إلى أن ما ورد سابقاً في هذه الفقرة هو استعراض سريع و تعريف موجز للمصطلحات المذكورة. و يستطيع المهتمون بهذه المواضيع الإحصائية الرجوع إلى المراجع العلمية المختصة المبينة في فقرة المراجع العلمية.

٦ - ٣ المقاييس الضرورية لتقدير القيمة التربوية:

في الوراثة الكمية يعبر عادة عن النموذج المظهري للحيوان بالشكل التالي

$$P=M+A+E$$

إذ تشير P إلى النموذج المظهري phenotype ، و A إلى القيمة الوراثية التجميعية، و E إلى التأثيرات البيئية الوراثية السائدة و التوقية. إذا اخترنا حيواناً ما بشكل عشوائي من العشيرة، فإنه يمكن قبل الاختيار إطلاق جملة من الاحتمالات حول P, A, E. فهذه العوامل تصف متغيرات عشوائية في النموذج. و لشرح المقاييس الضرورية هنا نستخدم المثال التالي:

لنفترض لدينا حجر نرد نظاميين، نرمز للأول بـ A و للآخر بـ E و يرمز بـ P لمجموع العيون الناتج عن رميهما في الوقت نفسه و تتحدد وظيفة اللاعب هنا بتخمين عدد عيون حجر النرد A بدقة كبيرة. و يستعرض في الجدول (٦-١) احتمالات النتائج الممكنة

P+

		1/36	2/36	3/36	4/36	5/36	6/36	5/36	4/36	3/36	2/36	1/36	
6	0	0	0	0	0	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/6
5	0	0	0	0	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	0	1/6
4	0	0	0	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	0	0	1/6
3	0	0	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	0	0	0	1/6
2	0	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	0	0	0	0	0	1/6
1	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	1/36	0	0	0	0	0	0	1/6
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		

جدول (١-٦) احتمالات النتائج الممكنة لـ P, A

(A تشير إلى عدد عيون حجر النرد A، و P تشير إلى عدد عيون كلا حجري النرد)

في هذا الجدول تسجل أيضاً الاحتمالات المشتركة لـ P, A. فيبلغ مثلاً احتمال ظهور الأربع عيون في الحجر A، و أن تكون P مساوية إلى السبعة، مقدار ٣٦/١. أما التشكيلة A=4 و P=3 غير ممكنة، لذلك يكون احتمالها الصفر، و يكتب هذا الاحتمال المشترك على الشكل التالي:

(٢-٦)

$$P(A=4, P=7) = f_{AP}(A=4; P=7) \\ = f_{AP}(4; 7) = 1/36$$

و الجانب الأيمن من الجدول يظهر احتمالات مختلفة أعداد حجر النرد A بينما تسجل في الجهة العلوية الاحتمالات المختلفة لـ P. و بناء عليه فإن:

$$f_A(A=3) = \sum_{K=1}^{12} f_{AP}(A=3, P=K) \quad (٣-٦)$$

$$f_P(p+10) = \sum_{K=1}^6 f_{AP}(A=K, P=10) \quad (٤-٦)$$

إن $f_{AP}(A,P)$ تشير إلى التوزيع المشترك

و $f_A(A)$ على التوزيع الخاص بـ A

و $f_P(P)$ على التوزيع الخاص بـ P

لو افترضنا في تجربة ما كانت P (مجموع عيون الحجرين) تساوي إلى العشرة و يراد في هذه التجربة تقدير قيمة A ، فمن خلال مراجعتنا للجدول السابق نلاحظ أن A تأخذ فقط القيم ٤ و ٥ و ٦. ذات الاحتمال المتساوي و البالغ ٣/١. و للتعبير عن القيمة التقديرية لـ A يمكن أخذ متوسط القيم الثلاث أو القيمة الوسطى بينهم ، و في المثال المذكور نلاحظ تسجيل القيم نفسها للاعتبارين.

إن الاحتمال للقيم المختلفة لـ A حسب قيمة مفترضة لـ P يسمى بالاحتمال المشروط و يعبر عنه كالتالي:

$$(٦ - ٥)$$

$$f_{AP}(A/P) = f_{AP}(A;P)/f_P(P)$$

و بالنسبة لمثالنا المفترض فإن:

$$f_{A/P}(A=5/P=10) = f_{AP}(A=5;P=10)/f_P(P=10) = \frac{1/36}{3/36} = 1/3$$

إن القيمة المتوسطة لـ A بالنسبة لـ P المفترضة ذات أهمية خاصة في

دراستنا ، و تحسب هذه القيمة المتوسطة المشترطة كالتالي:

$$E(A/P) = \sum A f_{A/P}(A/P) \quad (٦-٦)$$

إذ تشير $\sum$ هنا إلى المجموع الناتج عن كل القيم الممكنة لـ A .

- القيمة المتوقعة لـ A:

$$E(A) = \sum_{K=1}^6 f_A(A=K) = 3.5 \quad (٧ - ٦)$$

تباين A: يشير إلى متوسط مربع الانحراف:

$$\text{Var}(A) = \sum_{K=1}^6 [A - E(A)]^2 f_A(A=K) = 17.5/6 = 2.9166 \quad (٨ - ٦)$$

و بشكل مماثل نستعرض القيم الخاصة بـ P

- القيمة المتوقعة لـ P

$$E(P) = \sum_{K=1}^{12} f_P(P=K) = 7.0 \quad (٩ - ٦)$$

تباين P

$$\text{Var}(P) = \sum_{K=1}^{12} [K - E(P)]^2 f_P(P=K) = 5.8333 \quad (١٠ - ٦)$$

كما يوجد مقياس للعلاقة بين A, P و هو التباين المشترك covariance و يعرف على الشكل التالي:

$$\begin{aligned} \text{Cov}(A, P) &= \\ &= \sum_{K_1=1}^6 \sum_{K_2=1}^{12} [K_1 - E(A)][K_2 - E(P)] f_{AP}(A=K_1, P=K_2) = 2.9166 \quad (١١ - ٦) \end{aligned}$$

و بالعلاقة مع التباين المشترك يوجد مقياسان هامين هما:

- الارتباط بين P, A

$$Q_{AP} = \frac{\text{cov}(A, P)}{\sqrt{[\text{var}(A) \cdot \text{var}(P)]}} = 0.707 \quad (١٢ - ٦)$$

معامل الانحدار A على P

$$B_{A/P} = \text{cov}(A, P) / \text{var}(P) = 0.5 \quad (٦ - ١٣)$$

كما يمكن أن نلاحظ أن:

$$E(A/P) = E(A) + B_{A/P}[P - E(P)] \quad (٦ - ١٤)$$

و بالنسبة لمثالنا المذكور إذ $p = 10$ فإن:

$$E(A/P) = 10 = 3.5 + 0.5(10 - 7) = 5.0$$

في موضوع تقدير القيمة التربوية ، فإن كل من F, A لا يملكان نفس توزيع العيون ، كما هو الحال في حجر النرد، وإنما يصف المتغير العشوائي A القيمة التربوية في حين يصف E العوامل المؤثرة الأخرى (البيئة و السيادة و التفوق) ، أما P فهي ترمز إلى النموذج المظهري المدروس للصفة أو الحيوان. في الحالات البسيطة يشترط أن يتبع المتغير العشوائي A سلوك التوزيع الطبيعي، الذي يتصف بأن القيمة المتوسطة μ فيه تساوي الصفر و التباين فيه σ_A^2 . و يعبر عن ذلك بالرمز التالي:

$$A \sim N(0, \sigma_A^2)$$

و بالشيء نفسه نعبر عن المتغير E

$$E \sim N(0, \sigma_E^2)$$

كما يشترط في هذا الإطار عدم وجود علاقة بين A, E أي أن التباين المشترك $\text{cov}(A, E)$ يساوي إلى الصفر.

إن استنتاج صفات من مركبات النموذج المظهري $P = \mu + A + E$ و بالنسبة لتقدير القيمة التربوية تحتل القيمة المتوقعة لـ A بالنسبة لقيمة P المفترضة أهمية كبيرة. و يعبر عنها في حالة التوزيع الطبيعي من خلال الشكل التالي:

$$E(A/P) = E(P) + \text{cov}(A, P) \text{var}(P)^{-1} [P - E(P)] \quad (٦-١٥)$$

إن هذه القيمة المتوقعة المشترطة $E(A/P)$ تعدّ قيمة تقديرية للقيمة التربوية الحقيقية لأحد الحيوانات، و تشير نتائج مجموعة دراسات في مجال التربية إلى أن التفوق الوراثي عند شدة انتخابية ما يكون في أعلى قيمة، و ذلك عندما يتم انتخاب الحيوانات انطلاقاً من القيم المتوقعة المشترطة. و لأن القيم المقدرة تعلّم بإشارة $(\wedge)$ فيمكن التعبير عن القيمة المقدرة للقيمة التربوية بالشكل التالي:

$$\wedge_A = E(A/P) = E(A) + \text{cov}(A, P) \text{var}(P)^{-1} [P - E(P)]$$

و نذكر فيما يلي بعضاً من صفات $\wedge_A$:

$$E(\wedge_A) = E(A)$$

$$\text{Var}(\wedge_A) = \text{cov}(A, P) \text{var}(P)^{-1} \text{cov}(P, A)$$

$$\text{Cov}(\wedge_A, A) = \text{cov}(A, P) \text{var}(P)^{-1} \text{cov}(P, A)$$

$$Q_{AA}^{\wedge} = \text{cov}(\wedge_A, A) / \sqrt{[\text{var}(\wedge_A), \text{var}(A)]}$$

$$E(A/\wedge_A) = E(A) + \text{cov}(A, \wedge_A) \text{var}(\wedge_A)^{-1} [\wedge_A - E(\wedge_A)] =$$

$$= E(A) \wedge_A + [\wedge_A - E(\wedge_A)] = \wedge_A$$

$$\text{Var}(a/\wedge_A) = \text{var}(A) - \text{cov}(A, \wedge_A) \text{var}(\wedge_A)^{-1} \text{cov}(\wedge_A, A) =$$

$$= \text{var}(A) [1 - Q_{AA}^{\wedge}]$$

بناءً على ما سبق ، فإن استخدام هذه الطرائق المخططة يتطلب توافر معلومات حول $\text{cov}(A, P)$ و $\text{var}(P)$ و $E(P)$. لكن وللأسف لا تتوافر غالباً هذه المعلومات. و إذا توافرت أو توافر لها قيم تقديرية يكون الحديث عندئذ عن أفضل تقدير. أما إذا كانت المعلومات المتوافرة تخص فقط كل من

$\text{var}(P)$ ، $\text{cov}(A,P)$ حينئذ نلجأ إلى طريقة Blup (التي سنستعرضها لاحقاً) لتقدير كل من $E(A)$ ، $E(P)$ ، A المجهولة. وإذا كانت قيم التباين المشترك و التباين للعشيرة الخاضعة ، لا بد من الإشارة إلى بعض القواعد الضرورية للعمل مع القيم المتوقعة و التباين . بافتراض أن:

$$X \sim N(\mu_X, \sigma_X^2) ; Y \sim N(\mu_Y, \sigma_Y^2)$$

$$Z = K_1 X + K_2 Y \text{ فإنه يصح للشكل:}$$

الاعتبارات التالية:

$$E(Z) = E(K_1 X + K_2 Y) = K_1 \mu_X + K_2 \mu_Y$$

$$\text{Var}(Z) = \text{var}(K_1 X + K_2 Y)$$

$$= K_1^2 \sigma_X^2 + K_2^2 \sigma_Y^2 + 2K_1 K_2 \sigma_{XY}$$

$$\text{cov}(Z, X) = \text{cov}(K_1 X + K_2 Y)$$

$$= \text{cov}(K_1 X, X) + \text{cov}(K_2 Y, X) = K_1 \sigma_X^2 + K_2 \sigma_{XY}$$

$$Z \sim N[E(Z), \text{var}(Z)]$$

عمد استعمال هذه القواعد يصبح من السهل الاستنتاجات التالية لـ P

$$E(P) = \mu ; \text{var}(P) = \sigma_A^2 + \sigma_E^2 + \sigma_P^2$$

$$\text{Cov}(A, P) = \sigma_A^2 \quad \beta_{A/P} = \sigma_A^2 / \sigma_P^2 = h^2$$

$$Q_{AP} = \sqrt{h^2}$$

إن كل من المتغيرات P, A يسلكان سلوك التوزيع الطبيعي ذات المواصفات:

$$A \sim N(0, \sigma_A^2)$$

$$P \sim N(\mu, \sigma_P^2)$$

$$\text{Cov}(A, P) = \sigma_A^2$$

و يمكن اختصار هذه التعابير باستخدام طريقة المصفوفات التالية:

$$\begin{pmatrix} a \\ p \end{pmatrix} \approx N \left[\begin{pmatrix} 0 \\ \mu \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} \sigma^2 A \sigma^2 A & \sigma^2 A \sigma^2 p \\ \sigma^2 A \sigma^2 p & \sigma^2 A \sigma^2 p \end{pmatrix} \right]$$

لأعمال التربية غير معروفة، فيجب العمل على تقديرها من خلال تحليل للمعطيات المتوافرة و مقارنتها بالتقيم المتوافرة بالمراجع العلمية، ثم تستخدم هذه القيم المقدرة في طريقة الـ Blup.

٦ - ٤ أهداف تقدير القيمة التربوية:

إن تقدير القيمة التربوية يهدف غالباً لتحقيق الغرضين التاليين:

١. انتخاب أو استبعاد حيوان ما من عملية التحسين الوراثي بناءً على قيمته التربوية المقدرة.

٢. التنبؤ عن النجاح التربوي المتوقع انطلاقاً من القيمة التربوية المقدرة. و تستخدم النقطة الثانية كأساس للمقارنة بين طرائق انتخاب مختلفة و سنشرح النقاط السابقة من خلال المثال التالي:

لنفترض أنه يتوافر لدينا عدد كبير من الأبقار الحلوب في موسمها الإنتاجي الأول في إحدى محطات الأبحاث، و تتوافر لها المعايير التالية:

$$E(A)= 0, E, E(P)= 6000$$

$$\text{Var}(A)= \text{cov} (A,P) = 500^2, \text{var}(P)= 1000^2$$

$$\begin{bmatrix} A \\ P \end{bmatrix} \sim N \left[\begin{bmatrix} 0 \\ 6000 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} 250000 & 250000 \\ 250000 & 1000000 \end{bmatrix} \right]$$

و من هذا ينتج أن :

$$\hat{A} = E(A/P)$$

$$= E(A) + \text{cov}(A, P) \text{var}(P)^{-1} [P - E(P)]$$

$$= 0 + (\sigma_g^2 / \sigma_p^2) [P - 6000] = h^2 [P - E(P)]$$

ذات الصفات

$$0 = E(\hat{A}) \quad (\text{متوسط القيم المقدرة يساوي الصفر})$$

$$62500 = h^2 \cdot \sigma_A^2 = \text{var}(\hat{A}) \quad \text{و}$$

$$62500 = h^2 \cdot \sigma_A^2 = \text{cov}(\hat{A}, A) \quad \text{وكذلك}$$

$$\sqrt{h^2} = Q_{AA} \quad \text{الارتباط}$$

$$Q_{AA} \cdot \sigma_A = \sigma_{\hat{A}}$$

لو أخذنا من هذه العشيرة مجموعة من الحيوانات تملك إنتاجاً مظهرياً مقداره

٧٠٠٠ كغ من الحليب فإن قيمتها التربوية المقدرة هي:

$$250 = (6000 - 7000)h^2 = \hat{A}$$

و بناءً على ذلك ، فإن متوسط القيم التربوية الحقيقية هو أيضاً ٢٥٠ كغ. أما

تباين القيم التربوية الحقيقية ، فيبلغ في هذه المجموعة:

$$[Q_{AA}^2 - 1] \text{var}(A) = \text{var}(\hat{A} / A) = [0.25 - 1] 250000 = 187500$$

أي أن ٩٥% من هذه الحيوانات تقع قيمتها التربوية في المجال الممتد من

٥٩٨,٧ و حتى ١٠٩٨,٧ كغ. أما ٥% من بقية الحيوانات فهي تتوزع بنسبة

٢,٥% تفوق قيمتها التربوية الـ ١٠٩٨,٧ و بنسبة ٢,٥% تتدنى قيمتها

التربوية عن ٥٩٨,٧ كغ.

لو انتخبنا أفضل ١٠% من الحيوانات المختبرة عندئذ سيكون تفوق الحيوانات المختبرة في القيمة التربوية المقدرة:

$$E(\hat{A}_S) = I(10\%)Q^{\wedge}_{AA}\sigma_A = 1.755 \cdot 0.5 \cdot 500 = 438.75$$

و لأن $A = E(A/\hat{A})$ ، و ينتج لدينا أن

$$G\Delta = E(A_S) = E(\hat{A}_S) = 348.75 \text{ kg}$$

نلاحظ في هذا المثال أن تقدير القيمة التربوية لم يكن ضرورياً للانتخاب. فالانتخاب على أساس القيم المظهرية يؤدي إلى اختيار الأبقار نفسها و بالتالي إلى النجاح الانتخابي نفسه ، لتقدير القيمة التربوية لعشيرة الحيوانات، نرسم للقيمة التربوية الحقيقية بالعامل W ، أي أن W_i نصف القيمة الحقيقية للفرد i ، و بافتراض التوزيع الطبيعي تستخدم لها المعايير التالية:

$$E(W) = \mu_w = P_b$$

$$\text{Var}(W) = V_w$$

أما بالنسبة للإنتاج المظهري المتوافر فيرمز له بالعامل Y ، و بافتراض التوزيع الطبيعي تستخدم له المعايير التالية:

$$E(Y) = \mu_y = Xb$$

$$\text{Var}(Y) = V_y$$

بالنسبة للتغاير بين العامل Y, W يعبر عنه بالتالي:

$$V_{wy} = E[W - E(W)] [Y - E(Y)]$$

و القيمة المتوقعة المشترطة لـ W بالنسبة لعامل مفترض من Y هو:

$$E(W/Y) = E(W) + V_{wy} V_y^{-1} [Y - E(Y)]$$

$$\text{Var}(W/Y) = V_w - V_{wy} V_y^{-1} V_{yw}$$

و تؤخذ $E(W/Y)$ كقيمة تقديرية للقيمة التربوية ، طالما كانت $E(W)$ و

$E(Y)$ معروفتين. و في حال كانتا مجهولتين، يتم تقديرهما بواسطة طريقة أقل المربعات المعروفة:

$$XV_Y^{-1}X^{\wedge}_b = XV_Y^{-1}Y$$

عندئذ تكون القيمة التربوية:

$$^{\wedge}W = P^{\wedge}_b + V_{wy}V_Y^{-1} [Y - X^{\wedge}_b]$$

إن العامل W غالباً ما يجزأ إلى:

$$W + E(W) + [W - E(W)] = Pb = u$$

و بالتالي ، فإن نموذج Y هو :

$$Y = Xb + Zu = e$$

و بهذا فإن:

$$Xb = E(Y)$$

$$\text{Var}(Zu + e) = \text{var}(Y)$$

$$\text{Var}(Y) = Z\text{var}(u)Z' + \text{var}(e) + Z\text{cov}(u, e') + \text{cov}(e, u')Z' =$$

$$ZV_uZ' + R + Z\text{cov}(u, e) + \text{cov}(e, u')Z$$

غالباً ما يفترض أن التغيرات بين الآثار الوراثية u والعوامل البيئية e

يساوي إلى الصفر و بالتالي يبسط التباين إلى الشكل التالي:

$$\text{Var}(Y) = ZV_uZ' + R$$

من وجهة نظر جبرية يمكن استخدام بدلاً من المعادلتين (معادلات Blup)

$$XV_Y^{-1}X^{\wedge}_b = XV_Y^{-1}Y$$

$$^{\wedge}_w = P^{\wedge}_b + V_{wy}V_Y^{-1} [Y - X^{\wedge}_b]$$

نظام المعادلات التالية في حال صلاحية $\text{cov}(u, e') = \text{الصفر}$

معادلات النموذج الخليط

و يسمى هذا النظام من المعادلات معادلة النموذج الخليط (Mixed

Model Equation) ، و تسهل في كثير من الحالات عملية الحساب .

٦ - • استنتاج طريقة الـ Blup لتقدير القيمة التربوية

يشير مصطلح الـ Blup إلى التعبير التالي Best Linear Unbiased Predation أي أفضل تنبؤ خطي غير المنحاز. إن استنتاج هذا الأسلوب يقوم على المتطلبات التالية:

- يجب أن تكون القيمة المقدرة وظيفية خطية لكل القيم المدروسة أي $W^{\wedge} = m^{\wedge} Y$
- أن يتطابق متوسط القيم المقدرة مع القيم الحقيقية أي: $E(W^{\wedge}) = E(W)$
- أن يكون التباين الخطأ في حدوده الدنيا أي أقل حد ممكن $E(W^{\wedge} - W)^2$

فإذا تم تقدير القيم المذكورة نحصل عندئذ على معادلات الـ Blup حسب الفقرة السابقة.

* استخدامات تقدير القيمة التربوية مع مراعاة خاصة للأثار العشوائية:

مثال: في إحدى محطات تربية الأبقار ولدت مجموعة من الأبقار عددها n بالوقت نفسه ، و لا يتوافر حول هذه الأبقار معلومات سوى نتائج موسمها من الحليب و لأنه لا تربط فيما بينها أي علاقة قرابة. إن النموذج للمشاهدات يكون حسب أسلوب المصفوفات كالتالي:

$$Y = Xb + Zu + e \\ = 1u + IA + e$$

و بالنسبة لمعايير هذا النموذج نصلح الاعتبار التالية:

$$1u = EY \text{ ، } E(e) = \text{الصفر} ، \text{ و بالتالي } E(A)$$

و هنا يعبر A عن القيمة التربوية أي:

$$Vu = \text{var}(A) = I \sigma_A^2$$

$$R = \text{var}(e^j) = I \sigma_e^2$$

و بهذا يكون التباين:

$$VY = \text{Var}(Y) = Z \text{var}(u) Z' + R = I \sigma_A^2 + I \sigma_e^2 = I \sigma^2_A$$

$$VuY = \text{cov}(u, Y') = \text{var}(u) Z' = I \sigma_A^2$$

إن الشكل العام لدالة التقدير هو:

$$B^{\wedge} = (X' V_Y^{-1} X)^{-1} X' V_Y^{-1} Y = \\ = \mu^{\wedge} = (1' 1 / \sigma_P^2)^{-1} 1' Y / \sigma_P^2 = 1' Y / n$$

كما هو متوقع ، فإن القيمة التقديرية لـ μ هو المتوسط الحسابي للملاحظات.

أما دالة التقدير العامة لـ W هي:

$$W^{\wedge} = Pb^{\wedge} + VuY V_Y^{-1} (Y - X^{\wedge} b)$$

$$A^{\wedge} = 0 + I \sigma_A^2 I \sigma_P^2^{-1} (Y - 1\mu^{\wedge}) = \mu' (Y - 1\mu^{\wedge}) \\ = h^2 (Y - 1\mu^{\wedge})$$

مما سبق نلاحظ أنه عند ترتيب الحيوانات انطلاقاً من $A^{\wedge}$ فإن قيم $\mu^{\wedge}$ لا تلعب دوراً في هذا ، كما لا يؤثر هنا فيما إذا كانت قيمة μ معروفة أو مقدرة. في الجزء العملي لهذا المقرر توجد أمثلة محلولة عديدة لتوضيح هذا الموضوع.

الفصل السابع
الانتخاب the selection

- ١-٧ الانتخاب في التحسين الوراثي .
- ٢ - ٧ الأسس الوراثية للانتخاب .
- ٣ - ٧ النموذج الوراثي البسيط للعشيرة .
- ٤ - ٧ النموذج الوراثي الموسع للعشيرة
- ٥ - ٧ الانتخاب الموجه في حالة التوزع الطبيعي.
- ٦ - ٧ النجاح الانتخابي المباشر وغير المباشر .
- ٧ - ٧ الانتخاب الثابت .



٧ - ١ الانتخاب في التحسين الوراثي :

إن وظيفة الانتخاب في التحسين الوراثي هي إعداد الطرائق المناسبة لتغيير العشيرة الحيوانية حسب أهداف التربية المحددة ، وذلك من خلال أقصر فترة زمنية ممكنة . ولتحقيق ذلك يجب على المربين تقويم الحيوانات ، ومن ثم انتخابها وتنظيم تناسلها بعد ذلك . فالتقويم والانتخاب وتنظيم التناسل هي المراحل الأساسية لكل عمل تربوي ، ويعبر عن التغيير الوراثي الحاصل في العشيرة لإنجاز أهداف التربية بالنجاح التربوي، وهذا الأخير يمكن تحقيقه من خلال الأسلوبين التاليين :

١- استغلال التباين الوراثي داخل العشيرة الحيوانية الذي يؤدي خلال تعاقب الأجيال إلى ما يسمى بالنجاح الانتخابي التراكمي .

٢- استغلال التباين الوراثي الناتج عن الخلط بين عشائر حيوانية مختلفة. فهذا الأسلوب يعمل ، بالإضافة إلى تحقيق نجاح تربوي كبير نسبياً (أثر الخلط) ، على زيادة التباين الوراثي في العشيرة المتشكلة من عملية الخلط . هذا التباين الجديد يشكل مرة أخرى أساساً للعمل التربوي حسب الأسلوب الأول.

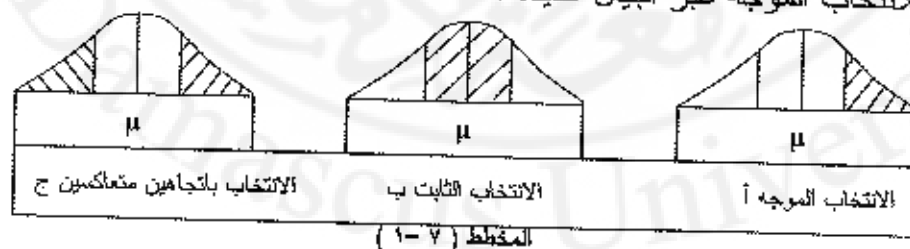
إن الانتخاب المستمر ولأجيال عديدة يؤدي إلى تقليل التباين السوراثي بين أفراد العشيرة . وهذه المسألة تستدعي زيادة التباين من خلال عملية الخلط

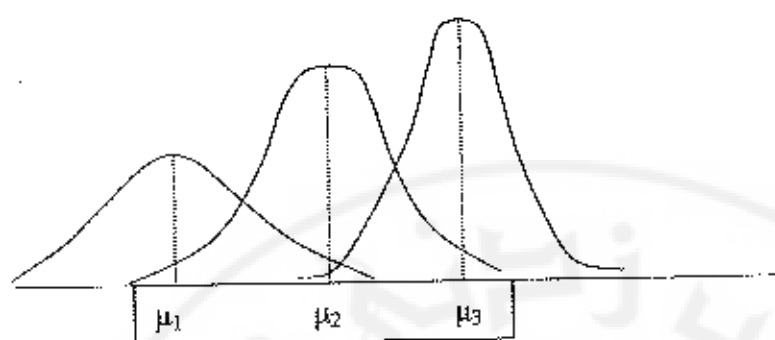
، وبناء على ما سبق فإننا لا نستطيع الفصل بين الأسلوبين ، لأنهما يشكلان في التحسين الوراثي لعشائر الحيوانات ما يسمى بالوحدة الجدلية .

في هذا الفصل بسلط الضوء على أسس وراثية العشائر للانتخاب الموجه ، لكونه الأسلوب الرئيس في الاستفادة من التباين الوراثي في إحدى العشائر ، كما يعد الموضوع الأساسي عند العمل مع ما يسمى بالحيوان النموذج . ويالنظر إلى الأسلوبين المذكورين سابقاً ، فهو يصلح للاستفادة من التباين الوراثي داخل العشيرة الواحدة ، وكذلك في الانتقاع من التباين الوراثي الناتج عن الخلط بين العشائر المختلفة.

٧ - ٢ الأسس الوراثية للانتخاب :

إن للانتخاب أشكالاً عديدة وذلك حسب استعماله والغاية منه ، فهناك الانتخاب الموجه والانتخاب الثابت والانتخاب باتجاهين مختلفين ، ففي حين تحدد مهمة الانتخاب الموجه بإزاحة القيمة المتوسطة للعشيرة بشكل يحقق الأهداف التربوية ، يعمل الانتخاب الثابت على خفض التباين داخل العشيرة . أما الانتخاب باتجاهين متعاكسين يقسم العشيرة إلى قسمين متناقضين بما يخص مظهر الصفات كما يوضح ذلك المخطط (٧-١) بيانياً . وفي مجال آخر يشير المخطط (٧-٢) إلى انخفاض التباين من خلال الاستخدام المستمر للانتخاب الموجه عبر أجيال عديدة .





جدول (٢-٧) انخفاض التباين من خلال الاستخدام المستمر للانتخاب الموجه عبر أجيال عديدة

إن فترة الجيل الطويلة في الحيوانات الزراعية (الأبقار والأغنام والماعز ...) لا تمكن من متابعة تأثير الانتخاب ، إلا لعدد قليل من الأجيال . والتغيرات الوراثية الحاصلة بعد عدد من الأجيال ، والتي يعبر عنها مظهرياً ، لا يمكن تحديدها بدقة في تجارب على هذه الحيوانات . لذلك تكون الحيوانات النماذج (مثل الفئران والهامستر و الجرذان ..) الأنسب لقصر فترة جيلها علاوة على مزية في إمكانية تحديد التأثير الوراثي للانتخاب بفضل إمكانية توحيد الظروف البيئية المحيطة بها .

إن الثقة في تسجيل التغيرات الوراثية تتعلق بشكل كبير بحجم العينات المدروسة ، لذلك يسعى الباحثون عند تنفيذ تجاربهم لاستخدام العشائر الكبيرة الحجم وذلك أيضاً في الحيوانات الزراعية بغية تحقيق أكبر دقة ممكنة في النتائج .

٣ - ٧ النموذج الوراثي البسيط للعشيرة :

إن بعض المؤشرات الوراثية تميز بين نوعين من الصفات المحددة في برامج التحسين الوراثي . النوع الأول وينبع إليه أغلب الصفات النوعية يتصف

بأنه يتأثر أو يتحدد من عدد قليل من المورثات ، ويخضع في مسألة وراثته إلى الوراثة الماندلية الكلاسيكية . أما النوع الثاني تتميز الصفات الملحقة به بأنها تتأثر بعدد كبير من المورثات ، وهي تمثل في النهاية مجموع آثار هذه المورثات ، وتتبع إليه الصفات الإنتاجية المهمة اقتصادياً للحيوانات الزراعية ، إلا أنه توجد بعض الحالات الاستثنائية تكون فيها الصفات النوعية محددة من عدد كبير من المورثات مثل بعض المسائل في موضوع الجنس وبين الجنسين . إن طرائق وراثية العشائر تستخدم نماذجاً models للتعبير عن الصفات الكمية . وأبين فيما يلي بعض الأفكار المتعلقة بهذا الشأن .

إن الباحث يحصل في نهاية تجربته أو أعماله على قيم قياس للطابع المظهري phenotype . أي الشكل المظهري ، حيث تعدّ هذه القيم معطيات متوافرة عن الطابع المظهري لتنفيذ عمليات الاختبار (الانتخاب) . ويتم الاختيار فقط للطوابع المظهرية التي تقترب من هدف التربية . إن هذا الانتخاب سوف يؤدي إلى تغييرات وراثية في العشيرة ، تعدّ ضرورية جداً للقيام بعمل تربيوي مهم .

إن التشابه الكبير بين الأفراد الأقارب - بين الأهل وأفراد نسلهم أو بين الأخوة - بشكل أساس لمتابعة التغيرات الوراثية الناتجة عن الانتخاب ، إلا أن استغلال التشابه بين الأهل والنسل على رغم أهميته ينطوي على سلبية تظهر من خلال الفرق الزمني بين الجيلين . والسلبية الأخرى في استغلال التشابه بين الأخوة لتسجيل التأثيرات الوراثية هي في كون هذه الطريقة تصلح فقط عند الانتخاب في الجيل نفسه .

إن قيمة الطابع المظهري P تتأثر بالقاعدة الوراثية G والعوامل البيئية U ويمكن عدّها وظيفة كلا المقياسين . أي أنها :

$$p = f(G, U) \quad (١-٧)$$

لكن هذا الشكل لا يساعد للعمل بفعالية ، ولا بد من شكل آخر خاص لذلك . وهنا يبرز دور الإحصاء الرياضي الذي يقدم نظرية مهمة حول النموذج الخطي ، لأنه يبلي بمعلومات نافعة عند إجراء التحليل الوراثي لمكونات هذا النموذج . بالوقت نفسه يعدّ أبسط النماذج التي يمكن هنا استعمالها . لكن الاستنتاجات أو الدلالات المبنية عليه تحتاج دائماً إلى إثباتات عملية وهي تصح فقط للظروف نفسها التي نفذت تحتها الدراسة .

إن النموذج البسيط ينطلق في التطبيق العملي للتحسين الوراثي من قيمة النموذج المظهري لإحدى الصفات في أحد الأفراد من إحدى العشائر تحت ظروف معينة . ويعبر عنه بالشكل التالي :

$$p = \mu + g(G) + u(u) \quad (٢-٧)$$

إذ يشير كل من p إلى القيمة المظهرية للصفة المدروسة و μ إلى القيمة المتوسطة لهذه الصفة في العشيرة المدروسة تحت الظروف البيئية المفترضة و $g(G)$ إلى الانحراف الوراثي عن μ و $u(u)$ إلى الانحراف البيئي عن μ .

رياضياً يمكن تجسيم p في المتغير العشوائي X وهذا يعني أن ننظر إلى قيم القياس على قيم واقعية للمتغير العشوائي ، وأن يوصف توزيع تكرار الصفة المدروسة من خلال التوزيع النظري . فعند تحديد مقاييس المتغير العشوائي x ننطلق من مقاييس توزيع التكرار . وبناء على ذلك يكون :

$$E(x) = \mu \quad (٣-٧)$$

إذ ترمز $E(x)$ إلى القيمة المتوقعة للمتغير العشوائي x .

إن الاختلاف في الصفة يعبر عنه بالتباين variance . ولنتمكن من تجزئته إلى مكوناته الوراثية والبيئية نجسم $g(g)$ في النموذج g و $u(u)$ في النموذج u وينبثق عن ذلك النموذج (٧-٤)

$$X = \mu + g + u \quad E(g) = E(u) = 0 \quad (٧ - ٤)$$

هذا النموذج يحول العلاقات البيولوجية في الشكل (٧-٢) إلى شكل رياضي .

إن شروط النموذج (٧-٤) عامة ويمكن دائماً عدّها محققة . ماعدا الشرطين التاليين فيجب تحقيقهما :

١- العشيرة موجودة تحت شروط بيئية موحدة والاختلافات البيئية بين حيوان وآخر قليلة .

٢- هذا النموذج يستخدم لعشيرة محددة والاختلاف الوراثي بين حيوانات هذه العشيرة يوصف من خلال g .

وبمراعاة هذه الشروط يصبح الشكل (٧-٥) التالي صحيحاً

$$V(x) = V(g+u) = V(g) + V(u) + 2 \text{cov}(g, u) \quad (٧-٥)$$

وبناء على هذا فإن التباين المظهري لصفة ما والذي يتطابق مع الشكل (٧-٤) هو حاصل جمع للتباين المشترط وراثياً $Vg = \sigma^2 g$ والتباين المشترط وراثياً $V(u) = \sigma^2 u$ والتباين المشترك $\text{cov}(g, u)$ بين هذين المقدارين الذي يقارب من قيمة الصفر عند دراسة عدد كبير من الصفات المهمة تربوياً . وهذا الأمر يمكن دائماً تأكيداً كلما كانت العوامل البيئية التي

تؤثر في العشيرة موحدة . إلا أن هذا الشرط لا يمكن تحقيقه دائماً تحت الظروف العملية؛ لذلك يجب دائماً اختبار النتائج التي تقود إلى الشكل (٤-٧) . بالنسبة لهذا الشرط لطالما اعتبر $COV(g,u)$ يساوي الصفر فيمكن وصف التباين المظهري $V(x) = \sigma^2 x$ من خلال العلاقة التالية :

$$\sigma^2 x = \sigma^2 g + \sigma^2 u \quad (٦-٧)$$

إن النموذج (٤-٧) مع شرطي (٣-٧) و (٦-٧) يوصف بالنموذج الوراثي البسيط للعشيرة .

فيما يلي سنبين كيف يخصص هذا النموذج لوصف التشابه الوراثي للأفراد الأقارب . لنبدأ من أبوين معينين . الأب (V) والأم (M) . وحسب النموذج (٤-٧) يعبر عن القيمة المظهرية لكلا الأبوين كما يلي :

$$P_V = \mu + g(GV) + u(GV) \quad (٧-٧)$$

$$P_M = \mu + g(GM) + u(UM) \quad (٧-٨)$$

هذا عندما يكون الحيوانان يعيشان تحت الظروف البيئية نفسها. ونعدّ هنا أن واقع المتغيرات العشوائية g و u هي $g(GV)$ ، $g(GM)$ ، $u(UV)$ و $u(UM)$. إن ابن هذين الأبوين يحصل بالمتوسط على نصف معلوماته الوراثية من الأب أو من الأم . ولو لاحظنا في دراستنا عدداً أكبر من الأبناء لهذين الأبوين ، لننتج لدينا تشابة كبير كنسل لأهل مختلفين ، هذه العلاقات الوراثية بين الأخوة تجسم كالتالي :

- أهل ونسل يعيشون تحت الظروف البيئية نفسها. تحت هذا الشرط يمكن أن نفترض أن نسل أهل معينين يحصلون بالمتوسط على

تصف $g(GV)$ و $g(GM)$. وهذا يعني أن متوسط النسل لأهل يمكن التعبير عنه كالتالي :

$$\mu + 1/2 g(GV) + 1/2 g(GM) \quad (9-7)$$

والاختلاف الوراثي بين أفراد النسل يسبب انحرافات عن هذا المتوسط ويرمز لها بـ $Z(GV)$ و $Z(GM)$ لذلك يمكن وصف القيمة المظهرية للابن كالتالي :

$$P_N = \quad (10-7)$$

$$\mu + 1/2 g(GV) + 1/2 g(GM) + Z(GV) + Z(GM) + u_{(N)}$$

هذه التشكيلات تجسم (حسب stahl وآخرون ١٩٦٩) في النموذج الخطي للإحصاء الرياضي التالي:

$$X_N = \mu + 1/2 g_V + 1/2 g_M + Z_V + Z_M + u = \mu + g_N + u \quad (11-7)$$

وعند تطبيق النموذج الوراثي البسيط للعشيرة عند النسل يصبح عندئذ أن:

$$V_{(XN)} = V(1/2 g_V + 1/2 g_M + Z_V + Z_M) + V(u) \quad (12-7)$$

ولحساب $V(1/2 g_V + 1/2 g_M + Z_V + Z_M)$ نحتاج إلى شرط آخر حول تزاوج الأهل . هذا الشرط يفترض أيضاً حالة التزاوج العشوائي (Panmixie) عند الأهل . وإذا افترضنا أيضاً أن كلا من Z_V و Z_M وكذلك g_V و g_M مستقلة عن بعضها البعض عندئذ يصبح أن :

$$V(1/2 g_V + 1/2 g_M + Z_V + Z_M) = 1/4 V(g_V) + 1/4 V(g_M) + V(Z_V) + V(Z_M) \quad (13-7)$$

إذا كانت الآباء غير منتخبة ، عندئذ يمكن أن نفترض أنه في النسل يظهر التباين الوراثي نفسه كما هو الحال عند الآباء . وهذا يعني :

$$V(1/2 g_v) = V(1/2 g_M) = V(ZV) \\ = V(ZM) = 1/4 \sigma^2 g \quad (٧ - ١٤)$$

في هذا السياق لابد من الإشارة إلى أن شرطي هذا النموذج ، وهما التزاوج العشوائي والأهل غير المنتخبين ، لا يمكن تحقيقهما بشكل كامل في الحياة العملية ، وكذلك إلى $cov(g,u)$ يكون غالباً أكثر من الصفر ولكنها قابلة للتحقيق عند استخدامها في الحيوانات النموذج .

وبهذا نكون قد وضحنا من خلال العلاقات كل الشروط اللازمة لوضع النموذج (تجسيم) الضرورية لتأثير الانتخاب في الحالات البسيطة .

٧ - ٤ النموذج الوراثي الموسع للعشيرة :

إن النموذج الوراثي البسيط للعشيرة مع شروطه المذكورة في الفقرة السابقة لا يمكن تحقيقها غالباً تحت الظروف الحقيقية أو العملية ، لذلك كان لابد من تطوير هذا النموذج حيث يتناسب مع الظروف بشكل أكبر . إن هذا التطور يقوم على توسيع هذا النموذج بالشكل التالي :

- تجزئة الـ g .
- تجزئة الـ u .
- تأثير الـ $cov(g,u) \neq \text{الصفر}$.

إن الانحراف الوراثي عن متوسط العشيرة المذكور في الشكل (٧-٢) هو شكل بسيط لوصف هذا المقياس . فمن المعروف من الوراثة الماندلية أن (G) g ينتج عن التأثير التجمعي للمورثات ، ولكن أيضاً من التأثيرات السيادة والتفوقية . ويمكن التعبير عن هذه الصيغة البسيطة بالشكل التالي :

$$g(G) = ga + gd + ge \quad (٧-١٥)$$

إذ ترمز ga إلى الانحراف الوراثي التجمعي .

وترمز gd إلى الانحراف الوراثي السيدي .

وترمز ge إلى الانحراف الوراثي التفوقي .

إن الشكل (٧-١٥) يعبر عنه بالنموذج :

$$g = ga + gd + ge \quad (٧-١٦)$$

وفي حال اشتراطنا عدم وجود علاقة بين المكونات يصبح عندئذ الشكل

التالي :

$$\sigma^2 g = \sigma^2 ga + \sigma^2 gd + \sigma^2 ge \quad (٧-١٧)$$

وبهذا يكون التباين المظهري

$$\sigma^2 x = \sigma^2 ga + \sigma^2 gd + \sigma^2 ge + \sigma^2 u \quad (٧-١٨)$$

إن تقدير المكونات الفردية للتباين الوراثي يتطلب برامج تزاوج خاصة ،

فمثلاً تعدّ تربية الخلط الحالة الصحيحة للاستفادة من الآثار الوراثية غير

التجمعية (gd + ge) .

إن النموذج الوراثي البسيط للعشيرة يمكن توسيعه بالقياسات التالية :

$$X_{ijk} = \quad (٧-١٩)$$

$$= \mu + 1/2 g_{vi} + 1/2 g_{nij} + Z_{vijk} + Z_{Mijk} + u_{Mij} + u_{Rijk}$$

إذ تشير X_{ijk} إلى القيمة المظهرية للنسل k من تزاوج الأب i مع الأم j أما u_{Mij} ، فنصف مجموع الآثار البيئية للأم . إن آثار الأم البيئية تظهر بصورة خاصة واضحة في الصفات التي تتأثر بالمشاكل التي تحدث في الرحم أو التي تتعلق بنتائج الرضاعة .

إن النموذج الوراثي البسيط للعشيرة اشترط أن تحيا الحيوانات تحت نفس العوامل البيئية . وهذا يعني نفس متوسط التغذية ونفس متوسط ظروف الإيواء . إضافة إلى ذلك يفترض أن العشيرة تتشكل من نفس التشكيلة الوراثية مثلاً السلالة أو الخط . فتحت هذه لشروط فقط يسوغ الافتراض حول استقلالية كل من g و u عن بعضهما البعض . إن إبراز التأثير المتبادل بين الحيوانات والبيئة يجب أن يتم في أمثلة خاصة . فعملياً يكون لهذه العلاقة أهمية كبيرة عند تقدير القيمة التربوية .

٧ - ٥ الانتخاب الموجه في حالة التوزع الطبيعي :

إن الانتخاب الموجه وتأثيراته في تغيير المقاييس الوراثية والمظهرية للنسل يشكل منطلق العمل في هذا الفصل . ولوصف هذا التغيير نستخدم النماذج الرياضية المناسبة . إذ يستخدم الشكل البسيط من هذه النماذج ، وهنا يؤدي ما يسمى توزع الصفة دوراً مركزياً ، إذ يفترض أن توزع الصفة المدروسة يسمح بوصفه بدقة من خلال التوزع الطبيعي . إن التجارب الكثيرة حول توزع تكرار الصفات تشير إلى أن عدداً قليلاً من الصفات فقط يقارب توزعها التوزع الطبيعي . وعلى الرغم من ذلك نقبل التوزع الطبيعي كنموذج

قابل للاستخدام العملي وذلك لأن الاستنتاجات من هذا النموذج تتسجم مع النتائج العملية المقابلة بشكل جيد .

التوزيع الطبيعي يوصف من خلال المقياسين ، القيمة المتوسطة (μ) والانحراف المعياري (σ) ، إذ يستخدم المقياسان $\bar{x}$ و s كقيم تقديرية لهما . وفي هذا السياق لابد من الإشارة إلى أن توزيع تكرار الصفة يأخذ شكل الجرس ، وللمزيد من المعلومات حول هذا الموضوع يجب دراسة للمراجعة الإحصائية المختصة المشار إليها في فقرة المراجع العلمية.

إن الحديث عن موضوع الانتخاب يشير إلى موضوعي الفارق الانتخابي والنجاح الانتخابي ، فالفارق الانتخابي للعينة العشوائية (d) يصف الفرق بين متوسط القيمة للحيوانات المنتخبة ($\bar{xs}$) ومتوسط القيمة لنفس الصفة في مجموع العينة ($\bar{x}$) ، ويعبر عن ذلك رياضياً كالتالي :

$$d = (\bar{xs}) - \bar{x} \quad (٢٠-٧)$$

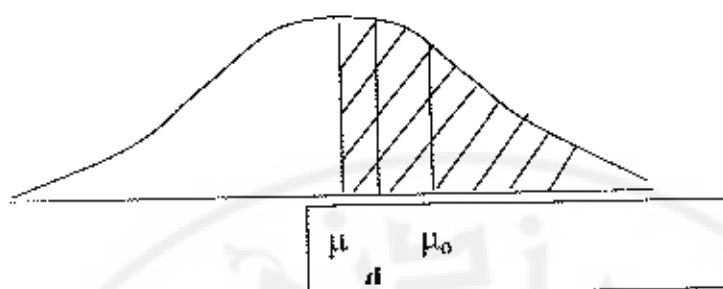
هذا الفارق يتعلق بعدد أو نسبة الحيوانات المنتخبة والانحراف المعياري في الصفة المدروسة . فالفارق الانتخابي d في التوزيع الطبيعي يحسب حسب الشكل (٢١-٧)

$$d = \frac{\varphi(u)}{1 - \Phi(u)} \cdot \sigma = ds \cdot \sigma \quad (٢١-٧)$$

إذ تشير $\varphi(u)$ إلى دور كثافة التوزيع الطبيعي المعدل ، و $\Phi(u)$ إلى دور التوزيع الطبيعي المعدل في النقطة u . أما u فهي نقطة الانتخاب و تساوي :

$$u = \frac{xs - \bar{x}}{\sigma} \quad (٢٢-٧)$$

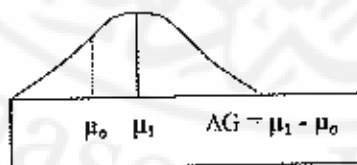
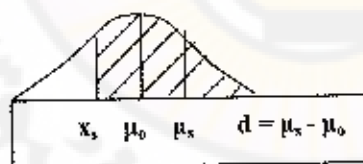
ويعبر عن الفارق الانتخابي بيانياً كما هو موضح في المخطط (٢٣-٧)



المخطط (٢-٧) الفرق الانتخابي d في التوزيع الطبيعي

وفي الجدول (١-٧) تعرض قيم الفرق الانتخابي المعدل حسب $1 - \Phi(u)$ ، التي تشير إلى الجزء المنتخب . ويقصد بـ ds ما يسمى بالفرق الانتخابي المعدل ، أي الفرق الانتخابي في التوزيع الطبيعي مع الانحراف المعياري (1).

إن هدف الانتخاب هو إجراء تغيير وراثي موجه للعشيرة . ويعبر عن هذا التغيير الحاصل كنتيجة لأساليب الانتخاب المستخدمة بما يسمى النجاح الانتخابي إذ يقاس من خلال الفرق بين متوسط نسل الآباء المنتخبة ومتوسط نسل كل الآباء . كما يوضح ذلك المخطط البياني (٤-٧) التالي :



المخطط (٤-٧) النجاح الانتخابي الوراثي ΔG في التوزيع الطبيعي

إن انتخاب الأهل لا يؤثر فقط في إزاحة متوسط القيمة للعشيرة المعبر عنه بـ ΔG وإنما يعمل أيضاً على خفض التباين في هذه العشيرة . لحسابهما ، نحتاج إلى نظرية من حساب الاحتمالات والتي يمكن أن نجدها على سبيل المثال عند Rasch 1970 .

يتوافر لدينا متغير ثنائي البعد (x, y) وتوزع طبيعي ذي القيم المتوقعة μ_x و μ_y والتباين σ^2_x , σ^2_y والتباين المشترك ($\text{cov}(xy)$ أو الارتباط Q وبالنسبة للمكونة x يفترض أن موضع القطع للتوزيع في النقطة X_s . عندئذ تكون القيم المتوقعة الحديثة $Ex(x)$ أو $Ex(y)$ وحد التباين ($Vx(x)$ أو $Vx(y)$) والتباين المشترك $\text{cov}(x, y)$ للتوزيع المنتخب هي :

$$Ex(x) = \mu_x + \frac{\varphi(u)}{1 - \Phi(u)} \sigma_x = \mu_x + ds \sigma_x \quad (٧-٢١)$$

$$Ex(y) = \mu_y + Q \frac{\varphi(u)}{1 - \Phi(u)} \sigma_y = \mu_y + Q ds \sigma_y \quad (٧-٢٢)$$

$$Vx(x) = \sigma^2_x [1 + ds (u - ds)] \quad (٧-٢٣)$$

$$Vx(y) = \sigma^2_y [1 + ds Q^2 (u - ds)] \quad (٧-٢٤)$$

$$\text{cov}(x, y) = \sigma_{xy} [1 + ds - u - ds)] \quad (٧-٢٥)$$

فيما يلي شرح للتغيرات الناتجة عن الانتخاب نسوقه من خلال مثال نظري ، انطلاقاً من النموذج الوراثي البسيط للعشيرة (٧-٤) ، ومن شروطه المحددة ، ندرس القياسات العشوائية (x, g) الثنائية البعد وهنا تشير x إلى القيمة المظهرية لصفة ما و g للانحراف الوراثي عن القيمة المتوسطة للصفة نفسها .

في هذه الحالة يصبح ما يلي :

$$V(g) = \sigma^2 g, \quad V(x) = \sigma^2 x$$

$$\text{cov}(x, g) = \text{cov}(g + \mu, g) = \text{cov}(g, g) + \text{cov} \quad (26-7)$$

$$(g, u) = \sigma^2 g$$

$$Q = \frac{\text{cov}(x, g)}{\sqrt{\sigma^2 x \sigma^2 g}} = \frac{\sigma^2 g}{\sigma \sigma g} = \frac{\sigma g}{\sigma x} = h_x \quad (27-7)$$

في الشكل (26-7) استخدم الشكل التالي :

$$\text{Cov}(\sum_{i=1}^n x_i, y) = \sum_{i=1}^n \text{cov}(x_i, y)$$

لقد فرضنا أن المقدار العشوائي (x , g) في المكونة (x) قطع في النقطة x_s بمعنى أن كل الأفراد ذات القيمة المظهرية $x_s < x$ تنتخب لمناخية التربية . والفارق الانتخابي في الصفة x يمكن تحديده بمساعدة الشكل (21-7) والفارق الانتخابي الوراثي ΔG للصفة g يحدد من الشكل (22-7) بمساعدة Q من الشكل (27-7) . ويمكن للمرء أن يدرك أن الفارق الانتخابي الوراثي ينتج عن الفارق الانتخابي للصفة x مع العامل h_x^2 حسب الشكل (28-7)

$$\Delta G = h_x \cdot ds \cdot \sigma g = h_x^2 \cdot ds \cdot \sigma x \quad (28-7)$$

إن ΔG تشير إلى تغير القيمة المتوسطة للصفة غير المنتخبة ، وفي هذه الحالة إلى الانحراف المحدد وراثياً عن القيمة المتوسطة .

فيما يلي ندرس التغيرات في كلا التباينين بعد عملية القطع من النقطة x_s في الصفة x . إن تأثير الانتخاب في تباين الصفة x يشير إليه الشكل

(٢٣-٧) . أما تغير التباين في الصفة g فيحسب من خلال الشكلين (٢٤-٧) و (٢٧-٧) .

$$V_x(g) = \sigma^2 g [1 + ds h_x^2 (u - ds)] \quad (٢٩-٧)$$

من الشكلين (٢٣-٧) و (٢٩-٧) نستنتج أن تغير كلا التباينين يتعلق بنقطة القطع و h_x^2 .

بعد هذا الشرح للعلاقات من الممكن أن نشير إلى التغير في النسل المذكور في المخطط البياني (٤-٧) . فإذا انطلقنا من النموذج (٤-٧) و (١١-٧) وعالجنا المقدار العشوائي (x و x_N) التثائي البعد إذ ($1 - \Phi u = 0.5$) و ($h^2 = 0.4$) . فإن القيمة المتوسطة للنسل تنتج عن الشكل (٢٢-٧) . وهنا تشكل σ_x الانحراف المعياري المظهري للنسل . وهي تطابق الانحراف المعياري المظهري للأهل دون انتخاب ، أما Q عبارة عن الارتباط بين (x و x_N) . وهنا نشير إلى القيمة المظهرية لأحد الأبوين، وهذا يعني أن الانتخاب نفذ في جنس واحد فقط عند الذكور على سبيل المثال عندها يصح أن:

$$Q = \frac{\text{cov}(x, x_N)}{\sigma_x \sigma_{x_N}} = \frac{\text{cov}(gv + uv, 1/2gv + 1/2om + Zv + ZM + uN)}{\sigma_x^2}$$

$$Q = \frac{1/2\sigma^2 g}{\sigma^2 x} = 1/2 h_x^2$$

يفترض أيضاً أن ($\text{cov}(u_v, u_N) = 0$) . فمن الشكل (٢٢ - ٧) ينتج أن :

$$Ex(x_N) = \mu_{x_N} + 1/2 h_x^2 \cdot ds \cdot \sigma_x \quad (٣٠-٧)$$

وبالتالي فإن ΔG تحسب عند الانتخاب لأحد الأبوين .

$$\Delta G = 1/2 h^2_x \cdot ds \cdot \sigma x.$$

٧ - ٦ النجاح الانتخابي المباشر وغير المباشر :

النجاح الانتخابي المباشر يعرف أنه الفارق الانتخابي الوراثي ΔG في الصفة المنتخبة أو التي نفذ فيها الانتخاب . انطلاقاً من النموذج الوراثي البسيط للعشيرة يدرس المقدار العشوائي (x, g) الثنائي البعد ويشترط أيضاً أنه يملك توزيعاً طبيعياً ثنائي البعد . ففي مثل هذا التوزيع تكون العلاقة بين x و g خطية ويصح عندها أن :

$$g = \beta (x - \mu) \quad (٣١-٧)$$

$$\beta = \frac{\text{cov}(g, x)}{\sigma^2_x} = h^2 \quad (٣٢-٧)$$

وبالتالي فإن معامل الانحدار بين x و g يعبر عنه من خلال الشكل التالي :

$$g = h^2 (x - \mu) \quad (٣٣-٧)$$

وأن التغير الحاصل في الصفة x يضرب بـ h^2 ، فينتج التغير في g . وبهذا يمكن عرض الفارق الانتخابي الوراثي ΔG في الصفة الانتخابية من خلال :

$$\Delta G = h^2 \cdot dx \quad (٣٤-٧)$$

وهذا الشكل يتطابق مع الشكل (٢٨-٧) إذا بدلت dx بـ $ds \cdot \sigma x$. أما في حالة دراسة ومراقبة الصفتين (x_1, x_2) في حيوان ما ، وتم الانتخاب

على x_1 ، عندئذ يظهر إلى جانب النجاح الانتخابي المباشر ΔG_1 في الصفة x_1 ما يدعى بالنجاح الانتخابي غير المباشر في الصفة x_2 ، إذا كانت هناك علاقة وراثية بين x_1 و x_2 . وهنا يشترط المقدار العشوائي (g_2, x_1) ثنائي البعد على أن يكون توزيع طبيعي ثنائي البعد ، وبشكل مقابل للشكل (٣١-٧) يصح أن :

$$g_2 = \beta (x_1 - \mu_1) \quad (٣٥-٧)$$

$$\beta = \frac{\text{cov}(g_1, x_1)}{\sigma^2_{x_1}} = \frac{\text{cov}(g_2, g_1)}{\sigma^2_{x_1}} \quad \text{إذ}$$

$$= Qg_{12} \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot \frac{\sigma x_2}{\sigma x_1} \quad (٣٦-٧)$$

وبالنظر إلى الشكل (٣٤-٧) نحصل على $\Delta G_{2/1}$ من خلال :

$$\Delta G_{2/1} = Q g_{12} \cdot h_1 \cdot h_2 \frac{\sigma x_2}{\sigma x_1} \cdot dx_1$$

إن أهمية النجاح الانتخابي غير المباشر في الصفة x_2 عند الانتخاب للصفة x_1 مقارنة بالنجاح الانتخابي المباشر في الصفة x_2 يشير إليه التقويم التالي ، إذا كانت الشدة الانتخابية والفارق الانتخابي المعدل متساويين .

$$\begin{aligned} \frac{\Delta G_{2/1}}{\Delta G_{2/2}} &= \frac{Qg_{12}h_1h_2 \frac{\sigma x_2}{\sigma x_1} dx_1}{h^2_{x_2} dx_2} \\ &= \frac{Qg_{12}h_1}{h^2} \quad (٣٧-٧) \end{aligned}$$

إن هذه النسبة تحدد أهمية استخدام الانتخاب المباشر للصفة ($1 >$) أو الانتخاب غير المباشر ($1 <$) ولكي يكون التقويم صحيحاً وفعالاً يجب أن تكون المقاييس المذكورة مقدرة بدقة عالية .

٧ - ٧ الانتخاب الثابت :

هناك عدد من الصفات التي يحتاج تطويرها إلى استخدام أسلوب انتخابي غير الانتخاب الموجه ؛ لأن هذا الأخير يعمل كما ذكرنا سابقاً على تغيير المظهر المتوسط للصفة الشكلية المرغوبة بينما التباين عن هذا المتوسط غير مرغوب به . وكمثال على هذه الصفات نسمي شكل الضرع وبعض صفات نوعية اللحم . ولأجل تحسين هذه الصفات يستخدم الانتخاب الثابت .

إن العمل مع صفات للانتخاب الموجه وأخرى للانتخاب الثابت ضمن دليل انتخابي واحد يؤدي إلى دليل انتخابي غير خطي . وهذا يتطلب إيجاد طريقة تساعد في كيفية التصرف مع الدليل الانتخابي غير الخطي . وهذا الأمر يتطلب عملية تحويل لصفات الانتخاب الثابت . ونستعرض فيما يلي الأشكال التالية المناسبة لذلك :

$$- (x - k)^2 = x^*$$

$$- (x - k) = x^*$$

$$- \ln (x - k) = x^*$$

إذ تمثل k العامل الثابت للموضوع التالي ، وهو أن الانحراف الإيجابي والسلي للصفة عن هذا الثابت ينظر إليهما بالأهمية نفسها . وغالباً ما تكون k القيمة المتوسطة للصفة x أو القيمة المثالية التربوية .

إن الأشكال الثلاثة للتحويل اختبرت بشكل تكون فيه القيمة الكبيرة هي القيمة الأفضل في التحويلات ١ و ٢ تكون القيمة صفر . وإن القيم المحولة x^* يمكن معالجتها من خلال نظرية الانتخاب الموجه في حال استطعنا عمل نماذج وراثية العشائر فيها . وهذا الشرط يجب اختياره بمساعدة تجارب الانتخاب المصطنعة . إن أشكال التحويل الثلاثة تؤدي إلى نفس ترتيب الحيوانات عند الانتخاب حسب x^* . ويجب الإشارة أخيراً إلى أن المسافات بين القيم للحيوانات منفردة تكون مختلفة وبالتالي أيضاً القيم المتوسطة والتباينات .

$1-\Phi_{10}$	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0.00	-	3.3700	3.1700	3.0500	2.9625	2.9070	2.8333	2.7843	2.7400	2.7011
0.01	2.6650	2.6025	2.5754	2.5754	2.5493	2.5247	2.5019	2.4800	2.4584	2.4395
0.02	2.4210	2.4029	2.3850	2.3691	2.3533	2.3380	2.3231	2.3085	2.2946	2.2810
0.03	2.2680	2.2555	2.2426	2.2309	2.2191	2.2077	2.1967	2.1857	2.1750	2.1646
0.04	2.1543	2.1444	2.1345	2.1249	2.1157	2.1064	2.0974	2.0885	2.0798	2.0712
0.05	2.0626	2.0545	2.0463	2.0383	2.0303	2.0226	2.0150	2.0074	2.0000	1.9925
0.06	1.9853	1.9782	1.9712	1.9642	1.9575	1.9508	1.9439	1.9375	1.9309	1.9245
0.07	1.9181	1.9118	1.9056	1.8995	1.8934	1.8875	1.8814	1.8756	1.8697	1.8641
0.08	1.8584	1.8527	1.8471	1.8416	1.8361	1.8307	1.8253	1.8200	1.8148	1.8096
0.09	1.8043	1.7992	1.7941	1.7891	1.7840	1.7792	1.7743	1.7694	1.7645	1.7597
0.10	1.7550	1.7503	1.7456	1.7410	1.7363	1.7318	1.7273	1.7227	1.7182	1.7139
0.11	1.7095	1.7050	1.7007	1.6964	1.6921	1.6878	1.6836	1.6794	1.6753	1.6711
0.12	1.6670	1.6629	1.6589	1.6548	1.6508	1.6468	1.6429	1.6389	1.6350	1.6312
0.13	1.6273	1.6234	1.6193	1.6158	1.6120	1.6083	1.6046	1.6009	1.5972	1.5935
0.14	1.5899	1.5862	1.5828	1.5790	1.5754	1.5719	1.5684	1.5648	1.5614	1.5579
0.15	1.5544	1.5509	1.5475	1.5441	1.5407	1.5374	1.5340	1.5306	1.5273	1.5240
0.16	1.5207	1.5174	1.5141	1.5109	1.5077	1.5044	1.5013	1.4980	1.4949	1.4917
0.17	1.4886	1.4854	1.4823	1.4792	1.4761	1.4730	1.4699	1.4669	1.4638	1.4608
0.18	1.4578	1.4548	1.4518	1.4488	1.4458	1.4429	1.4399	1.4370	1.4340	1.4312
0.19	1.4283	1.4253	1.4224	1.4196	1.4168	1.4139	1.4111	1.4082	1.4054	1.4026
0.20	1.3998	1.3970	1.3943	1.3914	1.3887	1.3860	1.3833	1.3805	1.3778	1.3751
0.21	1.3724	1.3697	1.3670	1.3643	1.3617	1.3590	1.3564	1.3537	1.3511	1.3485
0.22	1.3459	1.3433	1.3407	1.3381	1.3355	1.3329	1.3304	1.3278	1.3253	1.3228
0.23	1.3202	1.3177	1.3152	1.3127	1.3102	1.3077	1.3052	1.3027	1.3002	1.2978
0.24	1.2953	1.2929	1.2904	1.2880	1.2855	1.2831	1.2807	1.2783	1.2759	1.2736
0.25	1.2711	1.2687	1.2663	1.2640	1.2616	1.2593	1.2569	1.2546	1.2522	1.2499
0.26	1.2476	1.2452	1.2429	1.2406	1.2383	1.2360	1.2337	1.2314	1.2291	1.2269
0.27	1.2246	1.2224	1.2201	1.2178	1.2156	1.2133	1.2111	1.2089	1.2067	1.2044
0.28	1.2022	1.2000	1.1978	1.1956	1.1934	1.1912	1.1891	1.1869	1.1847	1.1825
0.29	1.1803	1.1782	1.1761	1.1739	1.1717	1.1696	1.1675	1.1654	1.1632	1.1611
0.30	1.1590	1.1569	1.1548	1.1526	1.1506	1.1485	1.1464	1.1443	1.1422	1.1401
0.31	1.1380	1.1360	1.1339	1.1319	1.1298	1.1277	1.1257	1.1237	1.1216	1.1196
0.32	1.1175	1.1155	1.1135	1.1115	1.1094	1.1074	1.1054	1.1034	1.1014	1.0994
0.33	1.0974	1.0954	1.0934	1.0915	1.0895	1.0875	1.0855	1.0836	1.0816	1.0796
0.34	1.0777	1.0757	1.0738	1.0718	1.0699	1.0679	1.0660	1.0641	1.0621	1.0602
0.35	1.0583	1.0564	1.0544	1.0525	1.0506	1.0487	1.0468	1.0449	1.0430	1.0411

$1-\Phi(u)$	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0.36	1.0392	1.0373	1.0354	1.0336	1.0317	1.0298	1.0279	1.0260	1.0242	1.0223
0.37	1.0205	1.0186	1.0167	1.0149	1.0130	1.0112	1.0093	1.0075	1.0057	1.0038
0.38	1.0020	1.0002	0.9983	0.9965	0.9947	0.9929	0.9910	0.9892	0.9874	0.9856
0.39	1.9838	0.9820	0.9802	0.9784	0.9766	0.9748	0.9730	0.9712	0.9694	0.9676
0.40	0.9659	0.9641	0.9623	0.9605	0.9588	0.9570	0.9552	0.9534	0.9517	0.9499
0.41	0.9482	0.9464	0.9447	0.9429	0.9412	0.9394	0.9377	0.9359	0.9342	0.9324
0.42	0.9307	0.9290	0.9272	0.9255	0.9238	0.9220	0.9203	0.9186	0.9169	0.9152
0.43	0.9135	0.9117	0.9100	0.9083	0.9066	0.9049	0.9032	0.9015	0.8998	0.8981
0.44	0.8964	0.8947	0.8930	0.8913	0.8897	0.8880	0.8863	0.8846	0.8829	0.8812
0.45	0.8796	0.8779	0.8762	0.8745	0.8729	0.8712	0.8695	0.8679	0.8662	0.8646
0.46	0.8629	0.8612	0.8596	0.8579	0.8563	0.8546	0.8530	0.8513	0.8497	0.8481
0.47	0.8464	0.8448	0.8431	0.8415	0.8399	0.8382	0.8366	0.8350	0.8333	0.8317
0.48	0.8301	0.8285	0.8268	0.8252	0.8236	0.8220	0.8204	0.8187	0.8171	0.8155
0.49	0.8139	0.8123	0.8107	0.8091	0.8075	0.8059	0.8043	0.8027	0.8011	0.7995
0.50	0.7979	0.7963	0.7947	0.7931	0.7915	0.7899	0.7883	0.7867	0.7852	0.7836
0.51	0.7820	0.7804	0.7788	0.7773	0.7757	0.7741	0.7725	0.7709	0.7694	0.7678
0.52	0.7662	0.7647	0.7631	0.7615	0.7600	0.7584	0.7568	0.7553	0.7537	0.7522
0.53	0.7506	0.7490	0.7475	0.7459	0.7444	0.7428	0.7413	0.7397	0.7382	0.7366
0.54	0.7351	0.7335	0.7320	0.7304	0.7289	0.7273	0.7258	0.7243	0.7227	0.7212
0.55	0.7196	0.7181	0.7166	0.7150	0.7135	0.7120	0.7104	0.7089	0.7074	0.7058
0.56	0.7043	0.7028	0.7013	0.6998	0.6982	0.6967	0.6952	0.6937	0.6921	0.6906
0.57	0.6891	0.6876	0.6861	0.6845	0.6830	0.6815	0.6800	0.6785	0.6770	0.6755
0.58	0.6739	0.6724	0.6709	0.6694	0.6679	0.6664	0.6649	0.6634	0.6619	0.6604
0.59	0.6589	0.6574	0.6559	0.6544	0.6529	0.6514	0.6499	0.6484	0.6469	0.6454
0.60	0.6439	0.6424	0.6409	0.6394	0.6379	0.6364	0.6350	0.6335	0.6320	0.6305
0.61	0.6290	0.6275	0.6260	0.6245	0.6230	0.6215	0.6201	0.6186	0.6171	0.6156
0.62	0.6141	0.6126	0.6112	0.6097	0.6082	0.6067	0.6052	0.6037	0.6023	0.6008
0.63	0.5993	0.5978	0.5964	0.5949	0.5934	0.5920	0.5905	0.5890	0.5875	0.5860
0.64	0.5846	0.5831	0.5816	0.5802	0.5787	0.5772	0.5757	0.5743	0.5728	0.5713
0.65	0.5698	0.5684	0.5669	0.5654	0.5640	0.5625	0.5610	0.5596	0.5581	0.5566
0.66	0.5552	0.5537	0.5522	0.5508	0.5493	0.5478	0.5464	0.5449	0.5434	0.5420
0.67	0.5405	0.5391	0.5376	0.5361	0.5347	0.5332	0.5317	0.5303	0.5288	0.5274
0.68	0.5259	0.5244	0.5230	0.5215	0.5201	0.5186	0.5171	0.5157	0.5142	0.5128
0.69	0.5113	0.5098	0.5084	0.5069	0.5055	0.5040	0.5025	0.5011	0.4996	0.4982
0.70	0.4967	0.4952	0.4938	0.4923	0.4909	0.4894	0.4879	0.4865	0.4850	0.4836

$1-\Phi(u)$	0.000	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0.71	0.4821	0.4807	0.4792	0.4777	0.4762	0.4748	0.4734	0.4719	0.4704	0.4690
0.72	0.4675	0.4661	0.4646	0.4632	0.4617	0.4602	0.4588	0.4573	0.4559	0.4544
0.73	0.4529	0.4515	0.4500	0.4486	0.4471	0.4456	0.4442	0.4427	0.4413	0.4398
0.74	0.4383	0.4369	0.4354	0.4339	0.4325	0.4310	0.4296	0.4281	0.4266	0.4252
0.75	0.4237	0.4222	0.4208	0.4193	0.4178	0.4164	0.4149	0.4134	0.4120	0.4105
0.76	0.4090	0.4076	0.4061	0.4046	0.4032	0.4017	0.4002	0.3988	0.3973	0.3958
0.77	0.3944	0.3929	0.3914	0.3899	0.3885	0.3870	0.3855	0.3840	0.3826	0.3811
0.78	0.3796	0.3781	0.3766	0.3752	0.3737	0.3722	0.3707	0.3693	0.3678	0.3663
0.79	0.3648	0.3633	0.3618	0.3604	0.3589	0.3574	0.3559	0.3544	0.3529	0.3514
0.80	0.3500	0.3485	0.3470	0.3455	0.3440	0.3425	0.3410	0.3395	0.3380	0.3365
0.81	0.3350	0.3335	0.3320	0.3305	0.3290	0.3275	0.3260	0.3245	0.3230	0.3215
0.82	0.3200	0.3185	0.3170	0.3155	0.3140	0.3125	0.3109	0.3094	0.3079	0.3064
0.83	0.3049	0.3034	0.3019	0.3003	0.2988	0.2973	0.2958	0.2942	0.2927	0.2912
0.84	0.2897	0.2881	0.2866	0.2851	0.2835	0.2820	0.2805	0.2789	0.2774	0.2758
0.85	0.2743	0.2728	0.2712	0.2697	0.2681	0.2666	0.2650	0.2635	0.2619	0.2604
0.86	0.2588	0.2572	0.2557	0.2541	0.2526	0.2510	0.2494	0.2479	0.2463	0.2447
0.87	0.2432	0.2416	0.2400	0.2384	0.2368	0.2353	0.2337	0.2321	0.2305	0.2289
0.88	0.2273	0.2257	0.2241	0.2225	0.2209	0.2193	0.2177	0.2161	0.2145	0.2129
0.89	0.2113	0.2097	0.2080	0.2064	0.2048	0.2032	0.2015	0.1999	0.1983	0.1966
0.90	0.1950	0.1934	0.1917	0.1901	0.1884	0.1868	0.1851	0.1835	0.1818	0.1802
0.91	0.1785	0.1768	0.1753	0.1734	0.1718	0.1701	0.1684	0.1667	0.1650	0.1633
0.92	0.1616	0.1599	0.1582	0.1565	0.1548	0.1530	0.1513	0.1496	0.1478	0.1461
0.93	0.1444	0.1426	0.1409	0.1392	0.1374	0.1356	0.1338	0.1321	0.1303	0.1285
0.94	0.1267	0.1249	0.1231	0.1213	0.1195	0.1177	0.1159	0.1141	0.1122	0.1104
0.95	0.1086	0.1067	0.1049	0.1030	0.1011	0.0993	0.0974	0.0955	0.0936	0.0917
0.96	0.0898	0.0878	0.0859	0.0840	0.0820	0.0801	0.0781	0.0761	0.0741	0.0722
0.97	0.0701	0.0681	0.0661	0.0641	0.0620	0.0599	0.0579	0.0558	0.0537	0.0515
0.98	0.0494	0.0472	0.0451	0.0429	0.0407	0.0384	0.0362	0.0339	0.0316	0.0293
0.99	0.0269	0.0244	0.0221	0.0196	0.0171	0.0145	0.0119	0.0092	0.0064	0.0034

جدول (١ - ٧) الفرق الانتخابي Δ حسب الشدة الانتخابية المستخدمة



الفصل الثامن

الدليل الانتخابي

The selection index

٨-١ أسس الإنشاء في حالة النموذج الوراثي البسيط للعشيرة

٨-٢ تحديد عامل الوزن a_i

٨-٣ إمكانيات استخدام الدليل الانتخابي

٨-٣-١ الدليل الانتخابي البسيط

٨-٣-٢ دليل القيمة التربوية



الدليل الانتخابي

The selection index

إن علم التحسين الوراثي يسعى إلى تحقيق حاجات المجتمع المحددة من وجهات نظر متعددة و التي تعبر عنها برامج التربية "أهداف التربية" من خلال إجراء التغييرات المناسبة في العشيرة الحيوانية. و غالباً ما تكون أهداف التربية طموحة ، لأنها تشمل صفات كثيرة. فهي تحدد إنتاجاً عالياً في صفات معينة (إنتاج الحليب، إنتاج اللحم... الخ) و تطلب مستويات محددة في صفات أخرى مثل صفات الإخصاب و التأقلم و مقاومة الأمراض ... الخ . إن هذا الجمع بين صفات كثيرة يستدعي إجراء تركيب محدد بين هذه الصفات بغية الوصول إلى حيوانات تحقق هذه المتطلبات بكفاءات متميزة. مسألة مشابهة نصالحها عندما ندرس صفة ما بغية تقويم الحيوانات انطلاقاً من مصادر معلومات مختلفة لهذه الصفة (الإنتاج الخاص، إنتاج النسل، نتائج الأسلاف، نتائج الأخوة الأنصاف أشقاء أو الأشقاء).

في الظروف الحقلية ينفذ الانتخاب عادة من خلال مرحلتين، في المرحلة الأولى تنتخب الحيوانات حسب صفات تتعلق بالصحة و تحمل الإجهاد و الشكل العام. و تعدّ الحيوانات المنتخبة من هذه المجموعة صالحة لمتابعة اختبارات التربية. بعد ذلك نخضع هذه الحيوانات إلى الانتخاب الإنتاجي ، و بناءً على الصفات الإنتاجية المحددة. إن نوعي الانتخاب مرتبطان ببعضهما، لأنهما يؤثران في حيوانات العشيرة نفسها.

إن قرار الانتخاب في الانتخاب الإنتاجي يعتمد على المعارف في وراثية العشائر. و فيما يلي الأسس النظرية لإنشاء الدليل الانتخابي للانتخاب المباشر.

٨-١ أسس الإنشاء و النموذج الوراثي البسيط للعشيرة:

يعتمد تشكيل الأدلة الانتخابية الخطية على النموذج الوراثي البسيط للعشيرة، إذ يستخدم في الانتخاب الموجه ، أي لزيادة أو خفض صفات هدف التربية. Smith (١٩٣٦) و Hazel (١٩٤٣) وضعاً أسس لتشكيل الدليل الانتخابي الخطي للأهداف الخطية. و بشرط أن يصلح النموذج الوراثي البسيط للعشيرة لكل من هدف التربية و الدليل الانتخابي ، و أن الصفات كلها تتوزع طبيعياً.

لقد تناولنا هذا النموذج البسيط للعشيرة في الشكل (٤-٧)

إن القائمين و الفنيين في التحسين الوراثي يسعون إلى تحسين كل صفات العشيرة بالوقت ذاته. في دراستنا هذه سنرمز لكمية الصفات المراد تحسينها بـ (Mo). في هدف التربية يمكن أن تحدد صفات تسجل من الحيوان نفسه أو من نتائج أقربائه، و بالتالي فإن النجاح الانتخابي المحقق من خلال الدليل الانتخابي يكون مباشراً أو غير مباشر. و بالمقابل يمكن أن تظهر في هدف التربية صفات لا يمكن الكشف عنها في حيوان الاختبار ، أو في أقاربه. ففسي مثل هذه الحالة يمكن استغلال فقط النجاح الانتخابي غير المباشر. إن الانحرافات المشتركة وراثياً عن متوسط العشيرة (gi) لخصها Smith و Hazel في دليل خطي بالشكل التالي:

$$H = \sum_{i=1}^n a_i g_i \quad (1-8)$$

و هذا ترمز ai إلى عامل الوزن أو الأهمية. و مبدئياً سنفترض أن ai معروفة. إن المعلومات حول إنتاج الحيوانات المختبرة أو إنتاج أقاربها منرمز لها بـ Xi ، إذ يمكن أن تكون إنتاجاً خاصاً لإحدى الصفات أو متوسط إنتاج لمجموعة أقارب. و تشير Mi إلى كمية المعلومات المتوافرة عن الحيوان الواجب اختباره. و يمكن أن تتطابق $M0$ و $M1$ في الحالات البسيطة للأدلة الانتخابية. إن المعلومات المتوافرة تجمع في دليل خطي حسب Smith و Hazel (الشكل ٢-٨)

(٢-٨)

$$I^* = \sum_{i=1}^n b_i x_i$$

إن عامل الوزن b_i في الشكل (٢-٨) غير معروف و يجب تحديده و أن اختياره يتطلب معياراً ما. و انطلاقاً من شروط Smith و Hazel يمكن جعل الارتباط بين I, H أعظمياً. هذا المعيار هو تحقيق أكبر ربح في هدف التربية H بالنسبة لدليل معين. فمن مجموعة الأدلة الخطية حسب الشكل (٢-٨) سوف تختار تلك التي تؤدي إلى أكبر نجاح تربوي ممكن في H . و بالتسالي يحقق تحت هذه الشروط أكبر نجاح تربوي على الإطلاق.

إن تحديد عامل الأهمية b_i يتم عن طريق حساب المصفوفات، لذلك يجب الإلمام بهذا الأسلوب الإحصائي.

إن العلاقة بين هدف التربية و الدليل الانتخابي يعبر عنه بطريقة خاصة، من بعض المعلومات المهمة لذلك نذكر أن:

$$H = a'g \quad (٣-٨)$$

مبدئياً سنعرض هدف التربية و الدليل الانتخابي بأسلوب كتابة النواقل كالتالي:

$$H = \bar{g} a \quad (٤-٨)$$

$$I^* = \bar{b} x$$

فالناقل a يختصر عوامل الوزن a_i و يبلغ طوله حسب أعداد Mo والناقل g يملك مكونات $(gi)Mo$.

في الشكل (٤-٨) يعبر الناقل b عن b_i و يبلغ طوله حسب $M1$ ، ويمثل x ناقل لـ x_i بطول μ_1 ، إلا أنه لاستنتاج نظرية الدليل الانتخابي الخطي بالشكل العام لا نستطيع في الحقيقة الانطلاق من الشكل (٤-٨)، لأنه يجب طرح القيمة المتوقعة للصفات $E(x_i)$ من الصفات x_i ، وأوجزت قيم x في ناقل و بطول $m1$ ، لننتج لدينا أساس لتحديد عامل الأهمية b_i للدليل الانتخابي:

$$I = \sum_{i=1}^m b_i (X_i - E(X_i)) = \bar{b} (x - \mu) \quad (٥-٨)$$

هذا الدليل موجود بما يخص القيمة المتوسطة على قيمة الصفر، و ينتج عن ذلك الشكل :

$$E(I) = 0 \quad (٦-٨)$$

و من تعريف g ينتج أيضاً أن

$$E(H) = 0 \quad (٧-٨)$$

أما بالنسبة للارتباط بين H, I ، فيعبر عنه كالتالي:

$$Q_{IH} = \frac{\text{cov}(H, I)}{\sqrt{V(I) \cdot V(H)}} \quad (٨-٨)$$

و بحسب التباين $V(H), V(I)$ من خلال مصفوفات التباين المشترك

لكل العوامل المناسب للتركيب الخطي، فبناءً على (٥-٨) ينتج أن:

$$V(I) = V[\bar{b}(x - \mu)] = \bar{b} V(x - \mu) \cdot b \quad (٩-٨)$$

إن $V(x-\mu)$ تعبر عن التباين المشترك المظهري للمصفوفات بين أعضاء الب (x_i) للدليل (١٠-٨) والذي يمكن اختصاره بالرمز p. أي:

$$V(I) = b \cdot p \cdot b \quad (10-8)$$

و بشكل مماثل ينتج تباين هدف التربية (H)

$$V(II) = a \cdot G \cdot a \quad (11-8)$$

و هنا يشير G إلى التباين المشترك الوراثي للمصفوفات بين صفات هدف التربية. و بنفس أسلوب الحساب يحدد التباين المشترك بين I, I و نحصل على الشكل التالي:

$$\text{Cov}(H, I) = a \cdot G_0 \cdot b \quad (12-8)$$

إن G_0 تعبر هنا عن التباين المشترك للمصفوفة بين الناقلين x, g للبعد $M_0 \times M_1$. و أما الارتباط بين H, I فنستنتج من الشكل التالي:

$$QHI = \frac{a' G_0 b}{\sqrt{a' G a b' p b}} \quad (13-8)$$

و يشترط لهذا الشكل أن تتحقق القيم التالية :

$$(14-8)$$

$$a' G a > 0$$

$$a' p b > 0$$

و بمساعدة الحساب التفاضلي يمكن تحديد الناقل b. بإذ يصل QHI إلى حده الأعظمي

$$\frac{dQ_{HI}}{db} = \frac{a'G_0\sqrt{a'Gab'pb} - 2a'G_0b\frac{1}{2}(a'Gab'pb)^{-\frac{1}{2}}a'Gab'p}{a'Gab'pb} \quad (15-8)$$

لو افترضنا أن الشكل (١٥-٨) يساوي إلى الصفر و أخذنا باعتبارنا الشكل (١٤-٨) لننتج لدينا أن :

$$a'G_0b'pb - a'G_0bb'p = 0 \quad (16-8)$$

و معادلة المصفوفة (١٦-٨) تعني أن

$$a'G_0 = b'P \quad (17-8)$$

و لأن p يصف تغاير المصفوفة ، فيجب أن يكون

$$|p| \geq 0 \quad (18-8)$$

و عندما تكون $0 < P$ يكون التعاكس ممكناً و ينتج أن

$$b = p^{-1}G_0a \quad (19-8)$$

و تعدّ هذه حلّاً للمسألة المطروحة أعلاه. و من خلال الشكل (١٦-٨)

يمكن أن نستنتج أن :

$$(0 \neq K) \quad a'G_0 = Kb'p \quad (20-8)$$

و يؤدي إلى حل آخر. و يصح في هذا الإطار الشكل التالي:

$$B = kp - 1G_0a \quad (21-8)$$

هذا يعني أنه لا يمكن تحديد b بشكل واضح من خلال الارتباط الأقصى بين H,I هذه الحقيقة لها أهمية عملية، و هي أن الدليل الانتخابي يمكن ضربه بأي رقم كان ($0 \neq K$). دون أن تتغير أهميته. هذا القول يصلح لدليل انتخابي، أي أنه يجب أن تتوافر لكل حيوان المعلومة نفسها، الأمر الذي نادراً ما يصادف حقيقياً. فإذا توافرت لحيوانات إحدى العشائر معلومات مختلفة يجب

عندئذ استخدام أدلة انتخابية مختلفة للانتخاب. و هنا لا يمكن ضرب كل دليل ثابت بأخر.

و لتحديد الثابت يوضع شرط آخر، و هو:

$$\Delta H = \Delta I \quad (22-8)$$

إذ تشير ΔH إلى الفارق الانتخابي الوراثي في صفة هدف التربية و ΔI تعبر عن الفارق الانتخابي في صفة دليل الانتخاب. من نظرية الانتخاب معروف أن:

$$\Delta H = BGI \Delta I \quad (23-8)$$

و من الشكلين (8-10) و (8-12) نستنتج أن:

$$BHI = \frac{a'G_0b}{b'.p.b} \quad (24-8)$$

إن الشكل (8-22) يشمل تماماً الشكل (8-17) عند اختيار $1=k$ ($1=BHI$) ، لذلك يكون الفارق الانتخابي في الدليل مساوياً للنجاح الانتخابي المتوقع في هدف التربية. و هو يصبح لأي دليل، و بهذا تكون قيمة الدليل مساوية للنجاح الوراثي المتوقع في هدف التربية. و على هذا الأساس يصبح من الممكن ترتيب قيم الدليل لحيوانات إحدى العشائر ، حتى لو استخدمت لحسابها مصادر مختلفة للمعلومات ، و بالتالي أدلة انتخابية مختلفة. إن المعلومات المذكورة سابقاً افترضت أن ae معروف القيمة. إلا أن تحديده مسألة صعبة سنتناول في الفقرة التالية بعض الاقتراحات لحلها.

٨-٢ تحديد عامل الوزن a_i :

إن تحديد الصفات N_0 و اختيار أهميتها من المسائل التابعة لصياغة هدف التربية. و تعدّ موضوع تحديد a_i من أصعب مسائل تشكيل الدليل. و منعالج فيما يلي أساليب مختلفة لتحديد a_i . إن العاملين و المهتمين بتربية الحيوان يعرفون ناقل القيم المتوسطة μ لصفات هدف التربية. أي مستوى القاعدة قبل الانتخاب، و يسعون من خلال الانتخاب إلى تغيير ناقل القيمة المتوسطة μ إلى ناقل القيمة المتوسطة μ^* . فالهدف هو تغيير وراثي حسب الشكل التالي:

$$\Delta G = \mu^* - \bar{u} \quad (٨-٢٥)$$

إن ΔG هو ناقل ذات مكونات M_0 . و هنا يجب أن نعلم أن هذا التغيير المرغوب لا يتحقق عملياً في مرحلة انتخابية واحدة. لذلك يستخدم فقط اتجاه الناقل ΔG لتحديد a_i .
إن التقدم الوراثي الذي يحقق من خلال الانتخاب حسب الدليل الانتخابي في كل صفة من صفات هدف التربية يعبر عنه بالشكل التالي:

$$\Delta G^* = \frac{G_0 b}{\sqrt{b'pb}} ds \quad (٨-٢٦)$$

إن ΔG^* هو ناقل ذو مكونات M_0 . و إن اتجاه هذا الناقل يتحدد من خلال G_0, b . إن كل القيم الموجودة في الجهة اليمنى للشكل (٨-٢٦) تعدّ ثوابت لذلك يصح و بشكل عام أن :

$$\Delta G^* = K \cdot G_0 b \quad (٨-٢٧)$$

و بمراعاة الشكل (٨-١٩) ينتج أن:

$$\Delta G^* = K \cdot G_0 \cdot P - 1 G_0' a \quad (٨-٢٨)$$

فإذا كانت $(G_0.P^{-1}G_0')^{-1}$ موجودة، نحصل عندئذ على قيمة a

$$a = \frac{1}{K} (G_0.P^{-1}G_0')^{-1} \Delta G^* \quad (29-8)$$

هنا أيضاً يجب ألا تحدد a_i بشكل واضح. كما يكفي لـ ΔG^* استخدام ΔG من الشكل (25-8) واختيار الثابت المناسب $0 \neq K$. لكن هذا اللوب ليس دائماً ممكن، وذلك لعدم توافر عملية التحويل الضرورية بشكل دائم. في الشكل (19-8) أشير إلى علاقة واضحة بين الناقلين a, b . فإذا حدد هدف التربية من خلال الناقل a بشكل واضح، فإن هذا سيؤدي بالمقابل إلى نواقل b مختلفة. وينتج عن ذلك أن الأدلة الانتخابية المختلفة ستغير العشيرة باتجاهات مختلفة. وسنبين ذلك بمثال في فقرة تالية. في هذا السياق تجدر الإشارة إلى أن الشكل (29-8) يؤدي بعض الأحيان إلى حلول غير متوقعة، والتي تحافظ دون شك على شرط الـ ΔG .

هناك طريق آخر لتحديد a_i يتم من خلال الربح الاقتصادي. ولإستخدام هذه الإمكانية يجب توافر الشرطين التاليين:

- صفات هدف التربية يمكن قياسها على الأقل من جزء من العشيرة.
 - كما يمكن إجراء تقويم اقتصادي لكل فرد من جزء العشيرة هذه.
- فمن معطيات مواد الدراسة يمكن الكشف عن انحدار خطي لصفات هدف التربية على القيمة الاقتصادية للحيوان. سنرمز إلى ناقل عامل الأهمية بـ B . وهو يملك مكونات M_0 . وتحت هذا الشرط يمكن تحديد الكسب الاقتصادي من خلال الانتخاب بمساعدة الشكل التالي :

$$B \Delta G^* = \frac{BG_0 b}{b'pb} ds \quad (30-8)$$

٨-٣ إمكانيات استخدام الدليل الانتخابي:

إن الأسس الرياضية النظرية التي سبق شرحها لنظرية الدليل الانتخابي تشكل من المسائل التربوية أسس العمل التربوي. و بشكل عام تعدّ نظرية الدليل الانتخابي نظرية لجمع عدة معلومات لهدف معين و لشرح الإمكانات الكثيرة لاستعمال هذه النظرية ، سنتناول فيما يلي بعضاً من الأمثلة المهمة.

٨-٣-١ الدليل الانتخابي البسيط:

الحالة البسيطة هي عندما تسجل عدة صفات من حيوان واحد (إنتاج ذاتي) و يكون هدف التربية H هو تحسين هذه الصفات المسجلة. سوف نفرض هذه المسألة في الجدول التالي:

الصفات المسجلة	هدف التربية
الإنتاج الذاتي $X_1, X_2, X_3, \dots$ X_m $I = \sum_{i=1}^m b_i (X_i - \bar{x}_i)$	$H = \sum_{i=1}^m a_i g_i$

ففي هذه الحالة البسيطة يكون $M_1 = M_0$. كما أن هدف التربية و الدليل الانتخابي يتضمنان أعضاء $M_1 = M_0 = m$. لأن المسألة تتعلق فقط بالإنتاج الذاتي تكون مصفوفة P عبارة عن مصفوفة التباين المشترك بين صفات الإنتاج الذاتي. و مصفوفة G تتكون هنا من التباين المشترك بين هذه الصفات. أي أنه:

(٣١-٨)

$$P = \begin{pmatrix} \sigma^2_{x1} & \text{COV}X_1, X_2 & \dots & \text{COV}X_1, X_m \\ \text{COV}(X_2, X_1) & \sigma^2_{x2} & \dots & \text{COV}(X_2, X_m) \\ \text{CO}(X_m, X_1) & \text{COV}(X_m, X_2) & \dots & \sigma^2_{x_m} \end{pmatrix}$$

(٣٢-٨)

$$G = \begin{pmatrix} \sigma^2_{g1} & \text{COV}(g_1, g_2) & \dots & \text{COV}(g_1, g_m) \\ \text{COV}(g_2, g_1) & \sigma^2_{g2} & \dots & \text{COV}(g_2, g_m) \\ \text{COV}(g_m, g_1) & \sigma^2_{gm} & \dots & \sigma^2_{gm} \end{pmatrix}$$

و النواقل b, a لهما الشكل التالي :

$$a' = (a_1, \dots, a_m) \quad (٣٣-٨)$$

$$b' = (b_1, \dots, b_m) \quad (٣٤-٨)$$

٨-٣-٢ دليل القيمة التربوية

في هذا الدليل يتوافر إلى جانب الإنتاج الذاتي معلومات إنتاجية من الأفراد الأقارب للصفة نفسها. و سنبين في الجدول التالي مثلاً على شكل هذه المعلومات .

الصفة المسجلة و مصادر المعلومات	هدف التربية
نتائج الأسلاف $\bar{X}_{vfl}$ الإنتاج الذاتي X_I	H=g _t
الأخوة الأشقاء $\bar{X}_{VG_I}$	
الأخوة أنصاف الأشقاء $\bar{X}_{1IG_I}$	
نتائج النسل $\bar{X}_{n_I}$	

$$I = b_1(X_{11}-\mu_1)+b_2(XVG_{11}-\mu_1)+b_3(XHG_{11}-\mu_1)+b_4(Xn_{11}-\mu_1)+b_5(XVF_{11}-\mu_1)$$

سنحاول كمثال على دليل القيمة التربوية حالة نجمع فيها الإنتاج السذاتي مع إنتاج الأخوة الأشقاء ، إذ تتألف مجموعة الأخوة الأشقاء من العدد n و يراد تقدير القيمة التربوية لواحد من الأخوة. تحت هذا الافتراض يصبح شكل الدليل القيمة التربوية كالتالي:

$$I = b_1(X_{11}-\mu_1)+b_2(\bar{X}VG_{11}-\mu_1) = b_1(X_{1ijk}-\mu_1)(\bar{X}_{1ij}-\mu_1) \quad (30-8)$$

من الجدول السابق نستنتج أن هدف التربية عند تصميم دليل القيمة التربوية يتألف من صفة واحدة، و من هنا فإن m_0 ، تحتوي عنصراً واحداً. ففي مثالنا تكون $m_0 = [1]$. أما دليل القيمة التربوية فيشمل على مصدرين للمعلومات للصفة نفسها. أي أن m_1 تحتوي على عنصرين. فلما استبدلنا $X_{VG1} = X_2$ ، لكنت $M_1 = [1,2]$ و الناقل b' يكتب بالشكل $b' = (b_1, b_2)$.

و بالنسبة لمصفوفة التباين المشترك المظهري بين أعضاء الدليل فهي:

$$P = \begin{pmatrix} V(X_1) & COV(X_1, X_2) \\ COV(X_1, X_2) & V(X_2) \end{pmatrix}$$

و يصبح هنا أن :

$$\sigma^2_{X_1} = V(X_1)$$

$$V(\bar{X}_{VG1}) = V(X_2)$$

$$COV(X_1, X_2) = COV(X_1, \bar{X}_{VG1})$$

و يمكن الإشارة هنا إلى إهمال دليل الأب و الأم لأنه في عائلات الأخوة أشقاء يملكون نفس الأب و الأم، و لأن المتغيرات العشوائية (Z_v, Z_m, u) تختلف من حيوان لآخر داخل العائلة، نستخدم لهذا الدليل i . فيصبح النموذج على الشكل التالي:

(٣٦-٨)

$$X_i = \mu + \frac{1}{2} g_v + \frac{1}{2} g_m + Z_{vi} + Z_{mi} + u_i$$

و من هنا نستنتج النموذج لمتوسط الأخوة الأشقاء:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \mu + \frac{1}{2} g_v + \frac{1}{2} g_m + \frac{\sum_{i=1}^n (Z_{vi} + Z_{mi} + u_i)}{n} \quad (٣٧-٨)$$

أما التباين فيكون على الشكل التالي

(٣٨-٨)

$$\begin{aligned} V(\bar{X}) &= \frac{1}{4} \sigma_g^2 + \frac{1}{4} \sigma_g^2 + \frac{(\frac{1}{4} \sigma_g^2 + \frac{1}{4} \sigma_g^2 + \sigma_u^2) n}{n^3} \\ &= \frac{1}{2} \sigma_g^2 + \frac{\frac{1}{2} \sigma_g^2 + \sigma_u^2}{n} \end{aligned}$$

و إذا أخرجنا σ_{X1}^2 خارج قوسين نحصل على التعبير التالي:

(٣٩-٨)

$$V(\bar{X}) = \sigma_{X1}^2 \left(\frac{1}{2} h^2 + \frac{1 - \frac{1}{2} h^2}{n} \right) = V(XVG_1)$$

و لحساب التباين المشترك سنعتمد على الشكلين (٣٨-٨) و (٣٩-٨) أي:

$$\text{COV}(X_i, \bar{X}_{VGI}) = \text{COV}(X_i, \bar{X}.)$$

$$= \text{COV}\left(\frac{1}{2}g_v + \frac{1}{2}g_m + Z_{vi} + Z_{mi} + ui, \frac{1}{2}g_v + \frac{1}{2}g_m + \frac{\sum_{i=1}^n (Z_{vi} + Z_{mi} + ui)}{n}\right)$$

و انطلاقاً من دراسات سابقة ينتج لدينا:

$$\text{COV}(X_i, \bar{X}.) = \frac{1}{4}\sigma_g^2 + \frac{1}{4}\sigma_g^2 + \frac{1}{n}\left(\frac{1}{4}\sigma_g^2 + \frac{1}{4}\sigma_g^2 + \sigma_u^2\right) =$$

$$\sigma_{xi}^2 \left(\frac{1}{2}h^2 + \frac{1 - \frac{1}{2}h^2}{n} \right) \quad (٤٠-٨)$$

و بالتالي يكون شكل P:

$$P = \sigma_{xi}^2 \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{2}h^2 + \frac{1 - \frac{1}{2}h^2}{n} \\ \frac{1}{2}h^2 + \frac{1 - \frac{1}{2}h^2}{n} & \frac{1}{2}h^2 + \frac{1 - \frac{1}{2}h^2}{n} \end{pmatrix}$$

و لحساب الناقل b حسب الشكل (١٩-٨) نحتاج أيضاً إلى G_0 و هي محددة

حسب الشكل (١٢-٨) . الناقل g يملك الشكل التالي:

(٤١-٨)

$$g' = (g_i) = \left(\frac{1}{2}g_v + \frac{1}{2}g_m + Z_{vi} + Z_{mi} \right)$$

و الناقل x يكون شكله كالتالي:

(٤٢-٨)

$$X'=(X_1, X_2)=(X_1, \bar{X}_{VGI})$$

لو استخدمنا الشكلين (٣٦-٨) و (٣٧-٨) لـ X_1 و $\bar{X}_{VGI}$ احصلنا على قيمة G_0 كالتالي:

$$G_0=(\sigma^2_g, \frac{1}{2}\sigma^2_g + \frac{\frac{1}{2}\sigma^2_g}{n}) = \sigma^2_{x1}(h^2, \frac{1}{2}h^2 + \frac{\frac{1}{2}h^2}{n})$$

وبهذا تكون كل القيم اللازمة لحساب عوامل الوزن متوافرة حسب الشكل

(١٩-٨)

(٤٣-٨)

$$b = \begin{pmatrix} 1 \frac{1}{2}h^2 + \frac{1 - \frac{1}{2}h^2}{n} & -1 \\ \frac{1}{2}h^2 + \frac{1 - \frac{1}{2}h^2}{n} & \frac{1}{2}h^2 + \frac{\frac{1}{2}h^2}{n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h^2 \\ \frac{1}{2}h^2 + \frac{\frac{1}{2}h^2}{n} \end{pmatrix}$$

و هنا يجب حساب مقلوب المصفوفة للشكل (٤٣-٨). فهذه المصفوفة لها

الشكل التالي:

(٤٤-٨)

$$Q = \begin{pmatrix} 1 & A \\ A & A \end{pmatrix}$$

و مقلوبها هو (٤٥-٨)

$$Q^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-A} & -\frac{1}{1-A} \\ -\frac{1}{1-A} & \frac{1}{A(1-A)} \end{pmatrix}$$

و بمراعاة هذا التحويل الخاص ينتج شكل الناقل b
(٤٦-٨)

$$b = \begin{pmatrix} \frac{h^2}{2-h^2} \\ \frac{2nh^2(1-h^2)}{(2-h^2)[(n-1)h^2+2]} \end{pmatrix}$$

و يأخذ دليل القيمة التربوية الشكل:
(٤٧-٨)

$$I = \frac{h^2}{2-h^2} (X_{1ijk} - u_i) + \frac{2nh^2(1-h^2)}{(2-h^2)(n-1)h^2+2} (X_{1ij} - u_i)$$

ففي هذا المثال ، لتشكل دليل القيمة التربوية البسيط سُلط الضوء على العلاقات الوراثية التي يجب أخذها بالحسبان ، وما هي المراجع الرياضية الواجب استخدامها.

و يمكن استخدام هذا الشكل لتقدير القيمة التربوية لحيوانات مختلفة عندما يكون العدد (n) واحداً لكل الحيوانات.



الفصل التاسع

طرائق التربية

- ١-٩ مقدمة في طرائق التربية.
- ٢-٩ تصنيف طرائق التربية
- ٣-٩ أهداف طرائق التربية
- ١-٣-٩ تربية المحافظة على السلالات.
- ٢-٣-٩ التحسين باستخدام عشيرة واحدة
- ٣-٣-٩ التحسين باستخدام عدة عشائر
 - خلط التحية
 - تشكيل سلالات جديدة
- ٤-٣-٩ الخلط الإنتاجي البسيط
- ٥-٣-٩ الاستفادة من الآثار الوراثية غير المتراكمة
- ٤-٩ التربية الداخلية
- ٥-٩ الحجم الفعال للعشيرة و التربية الداخلية.
- ٦-٩ التربية الداخلية في برامج التزاوج المنظمة
- ٧-٩ آثار و استعمالات التربية الداخلية



طرائق التربية Methods of breeding

١-٩ مقدمة في طرائق التربية

تعرف طرائق التربية بأنها أعمال المربي المنظمة للتأثير في الإمكانيات الوراثية *genetical potential* لحيوانات التربية و الإنتاج و الزينة بالاتجاه المرغوب فيه. وتعدّ طرائق التربية .المرحلة الأخيرة من مراحل التحسين الوراثي بعد التقويم و الانتخاب. و قبل الدخول في دراسة هذا الموضوع لا بد من توضيح بعض المصطلحات المستخدمة في هذا التعريف.

- الإمكانيات الوراثية للحيوان *Genetical potential*

يشير هذا المصطلح إلى كفاءة الحيوان المتوسطة في الجينوم الخاصة به. لتطوير صفات إنتاجية أو وظيفية أو سلوكية معينة. و يتبع ذلك أيضاً صفات المنتجات ، و الشكل الخارجي للحيوان ، و قدرته على التأقلم مع ظروف بيئة محددة ، و كذلك مقاومته للأمراض. إن الإمكانيات الوراثية تتعلق بالمورثات ذات الآثار التجمعية و آثار المورثات غير التجمعية (السيادية و التوقفية). و التأثير في الإمكانيات الوراثية يقصد عادة بهذا المصطلح تغيير حسب الاتجاه المرغوب من جهة أولى ، أو تثبيت الإمكانيات المتوافرة من جهة أخرى. والأخيرة تنفذ في مجاميع الشاهد ضمن إطار تجارب التربية ، و كذلك في بعض صفات اللحم للمحافظة عليها عند تنفيذ برامج لزيادة كمية اللحم.

- العشيرة الحيوانية و السلالة: *Race* : إن مصطلحي العشيرة و السلالة يغطيان المعنى نفسه جزئياً. فهما مجموع من الأفراد المتطابقة بالنسبة لمعايير محددة و التي تملك تاريخاً تربوياً مشتركاً ، و تشكل في الأساس فريق التزاوج. للتمييز بين السلالات المختلفة تولى أهمية

خاصة للاختلافات في الصفات و المعايير الشكلية و الخارجية القابلة للقياس. أما بالنسبة للعشيرة فإن صفة فريق التزاوج تملك مقاماً خاصاً، فالفكرة الأساسية هنا أن الأعضاء يسهمون في مجموع المورثات. Pool of gene للعشيرة . فهذا المصطلح يصف وحدة مجموع الأفراد على أساس وراثي بشكل أقوى من مصطلح السلالة . فالعشيرة في مدلول فريق التزاوج يمكن أن تكون نوعاً حيوانياً أو سلالة أو خط تربية.

- التأثير في السمات الوراثية لحيوانات الإنتاج و حيوانات التربية: أريد القول من هذا التعبير . إن مشروع التأثير يمكن أن يكون مختلفاً. فبالنسبة لحيوانات التسمين نتوقع مثلاً قدرة في النمو و في أجزاء اللحم ذات القيمة العالية ، أما في عبارة التأثير في الإمكانيات الوراثية لحيوانات التربية و لحيوانات الإنتاج . فالمقصود هنا أن مشروع التأثير المخطط يمكن أن يكون مختلفاً بين المجموعتين. فمثلاً يتوقع من حيوانات التسمين أن تظهر قدرة كبيرة على النمو و تكوين اللحم و لا ينتظر منها إظهار صفة خصوبة جيدة. أما بالنسبة لأهلها فإن صفة الخصوبة هي الأهم ، و ذلك لتتمكن من إنتاج أعداد كبيرة من حيوانات التسمين.

- ملاحظة أخيرة في هذه المقدمة و هي : أنه عند التأثير على الإمكانيات الوراثية للحيوانات يجب مراعاة اهتمامات المربين من جهة و الصفات الحيوية و إمكانيات العشيرة من جهة ثانية. لأن هذه المراعاة تحدد طرائق التربية الواجب استخدامها.

٩-٢ تصنيف طرائق التربية:

اقتراحات مختلفة وضعت لتصنيف طرائق التربية، إلا أن حالة عدم التغيير الوراثي تشكل نقطة الانطلاق لأفكارها. و يقصد بهذه الحالة أن العشيرة موجودة في حالة توازن هاردي - واينبرغ، إذ تكون تكرارات المورثات و التكرارات الوراثية ثابتة على مر الأجيال. و الشرط اللازم لذلك هو تحقيق التزاوج العشوائي و الحجم الفعال الكبير للعشيرة، و كذلك غياب كل من الانتخاب و الهجرة و الطفرة. فإذا انطلقنا من شروط الثبات السوراثي هذه، وأهمنا إمكانيات نقل المورثات، عندئذ يملك المربي لتحسين الإمكانية الوراثية للحيوانات الطريقتين التاليتين:

- الانتخاب داخل العشيرة الحيوانية الموجودة حسب الآثار الوراثية التجمعية، وتزاوج الحيوانات المرشحة للتحسين الوراثي بهدف زيادة تكرار المورثات ذات الآثار التجمعية في الجيل التالي. و يطلق على هذه الطريقة بالتربية النقية. و الحيوانات الناتجة عنها توصف بحيوانات التربية النقية.
- استخدام الخلط للاستفادة من الإمكانية الوراثية لعشيرة أخرى أو أكثر. و يقصد بالخلط هنا تزاوج حيوانات تتبع لعشائر مختلفة و بغرض النظر عن حدوث الخلط في جيل واحد أو على مدى عدة أجيال. أما الحيوانات الناتجة عن هذا الخلط فتوصف بالحيوانات الخليطة.
- إن الخلط ينجز من خلال ثلاثة أساليب حسب الأهداف المحددة:
- خلط لتحسين الإمكانية الوراثية للعشيرة المحلية و يتم عن طريق الهجرة الداخلية ، أي إدخال حيوانات أو سائل منوي أو أجنة من عشيرة أو أكثر (خلط التحسين).

- خلط لإنتاج حيوانات إنتاج (منتج نهائي) و يتم عن طريق جمع القدرة الإنتاجية المشتركة وراثياً تجميعاً لعدة سلالات (خلط التركيب).

- خلط لإنتاج حيوانات إنتاج (منتج نهائي) و الذي يمكن الاستفادة من قوة الهجين (استخدام الآثار الوراثية غير التجمعية). و يقصد بقوة الهجين متوسط تفوق الحيوانات الخلطة مقابل متوسط سلالات الأهل.

بناءً على ما سبق تنظم طرائق التربية حسب المعيارين التاليين المهمين:

١- تحسين وراثي بواسطة عشيرة حيوانية أو أكثر

٢- استغلال الآثار الوراثية التجمعية أو استغلال الآثار الوراثية غير

التجمعية بالإضافة إلى الآثار الوراثية التجمعية.

٣-٩ أهداف طرائق التربية:

توجه طرائق التربية ضمن مسارين رئيسيين : تربية للمحافظة على السلالات وتربية لتحسين الصفات.

٩-٣-١ تربية المحافظة على السلالات

تهدف هذه الطرائق إلى المحافظة على الإمكانات الوراثية لعشيرة أو سلالة ما لأجيال عديدة أو لفترات زمنية طويلة. و هذا يمكن أن يشمل كل الصفات أو بعض المقاييس فقط.

مقاييس التمييز	مثال
أ- تحسين بواسطة عشيرة واحدة	
١- تربية المحافظة على العشيرة	عشيرة في حالة توازن هاردي - واينبرغ
٢- التربية النقية داخل السلالة	- تحسين حسب سجل القطيع
ب- تحسين باستخدام عدة عشائر	
أولاً : الاستفادة من الآثار الوراثية التجمعية بشكل غالب	
١- تزاوج جزئي و قصير المدى مع حيوانات (آباء) من سلالة أخرى.	- خلط التطعيم
٢- تزاوج شامل و طويل المدى مع حيوانات (آباء) من سلالة أخرى.	خلط الإزاحة أو التتحية
٣- تزاوج شامل و قصير المدى مع حيوانات من مجموعة أخرى من الحيوانات أو أكثر.	تشكيل سلالة مركبة جديدة سلالة حليب x ثيران لحم

جدول (٩-١) تصنيف طرائق التربية

ثانياً: الاستفادة الإضافية من الآثار غير التجمعية

• خلط محدود و نهائي

١- خلط بين سلالتين

١- دون انتخاب حسب كفاءة التركيب

٢- انتخاب لأفراد حيوانية حسب كفاءة التركيب

٣- خلط ارتدادي

٢- خلط بين عدة سلالات

- خلط لثلاث أو أربع سلالات

- خلط متبادل

* خلط دوري

- خلط متبادل بين ٣ سلالات

تركيب بين الخلط الدوري و المحدود - دوري محدود

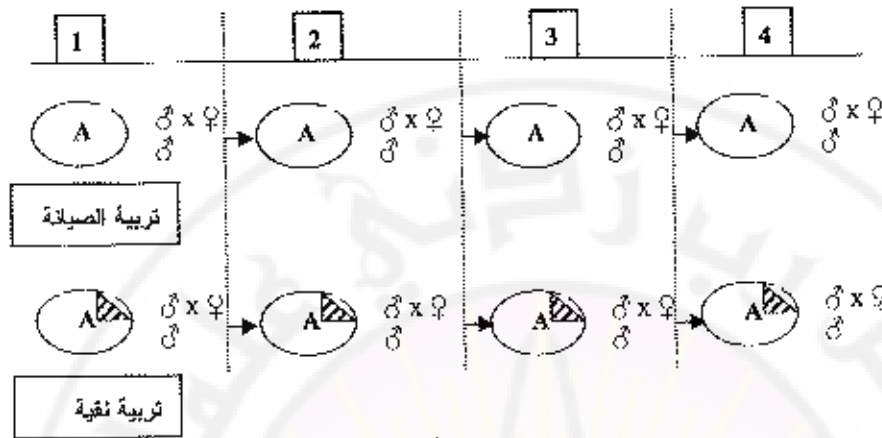
٩-٢-١ التحسين باستخدام عشيرة واحدة - تربية الصيانة - و التربية النقية.

تهدف هذه الطريقة إلى المحافظة على مجموع الإمكانات الوراثية للعشائر، إذ تشكل المحافظة على العشيرة بتوازن هاردي-واينبرغ الطريق الأساسي لذلك؛ أي أنه لا يمارس أي نوع من الانتخاب، كما أن كل فرد في العشيرة يمتلك الفرصة التناسلية نفسها (التزاوج العشوائي). الحجم الفعال للعشيرة N_e يساوي أو يتجاوز العدد ٥٠ ($N_e \geq 50$)، وذلك لإبقاء الانحراف الوراثي العشوائي منخفضاً، و ازدياد معامل التربية الداخلية (ΔF) لا يتجاوز الـ ١ % لكل جيل.

هذا يعني تربية أقارب بوجود عدد كبير من الآباء. وتكون الحالة المثالية للتناسل في هذه العشيرة أن يمتلك كل أب ابن و كل أم ابنة. إن الشكل المعروف للتربية النقية هو تربية سجل القطيع للأبقار و الأغنام و الماعز الخ . فالانتخاب يتم بين الحيوانات المسجلة في سجل القطيع لكل سلالة. نبين في المخطط (٩-١) تربية الصيانة، -على سبيل المثال- المحافظة على سلالة ما بتوازن هاردي - واينبرغ، و كذلك التربية النقية داخل سلالة ما.

و يعرض المخطط (٩-١) طريقة تربية الصيانة: المحافظة على عشيرة بتوازن هاردي - واينبرغ. و التربية النقية داخل سلالة ما.

الأجيال



المخطط (٩-١) يعرض طريقة تربية الصيالة: المحافظة على عشيرة بتوازن هاردي - واينبرغ. والتربية النقية داخل سلالة ما.

٩-٣-٣ التحسين باستخدام عدة عشائر - استغلال الآثار الوراثية التجمعية

- خلط التحسين:

و ينفذ في عشيرة ما خاضعة للتربية النقية (A) بشكل جزئي و لو قست قصير عن طريق تلقيح إناث من هذه العشيرة من ذكور تابعة للعشيرة (B)؛ وذلك لإدخال إمكانات وراثية مناسبة من B في العشيرة A، كما يوضح المخطط (٩-٢)

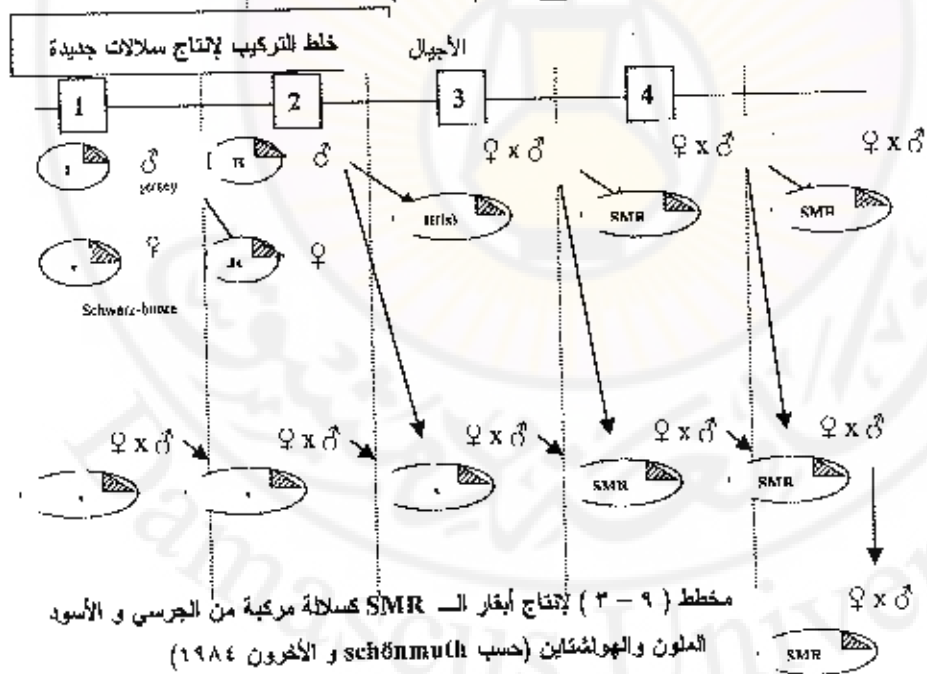
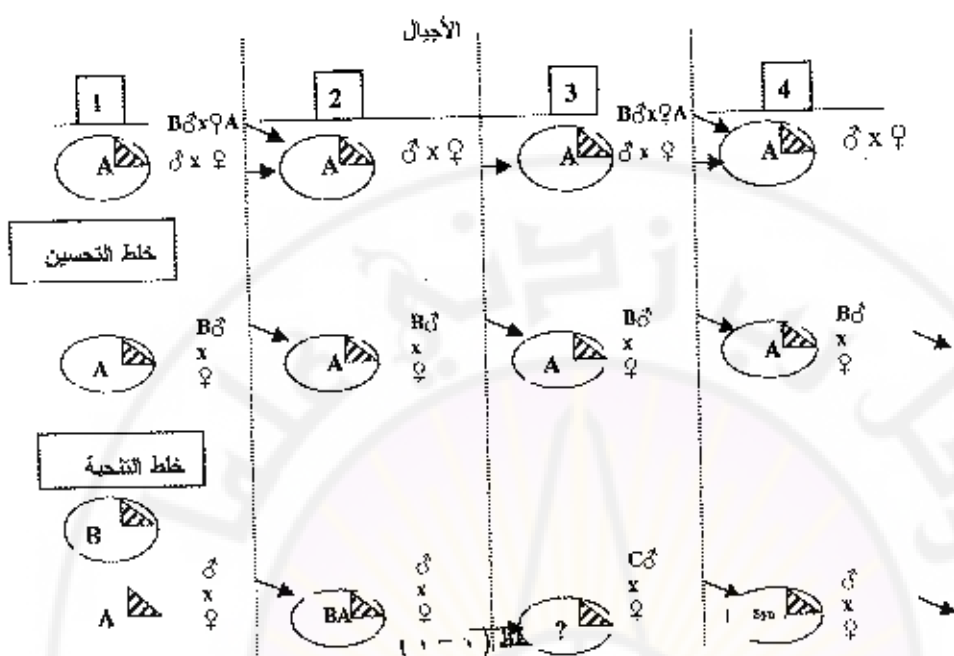
- خلط التنحية:

إن هذا الخلط يهدف إلى استبدال متتال للقواعد الوراثية للعشيرة A بإمكانات وراثية أفضل من العشيرة B، و هنا تستخدم حيوانات (الذكور

غالباً) من العشيرة B كشركاء تزاوج لحيوانات من العشيرة A (الإناث غالباً) ، كما يبين المخطط (٩-٢). فمع إعادة تكرار التزاوج لعدد n من الأجيال ينخفض الجزء الوراثي للعشيرة A نظرياً إلى المقدار 0.5^n ، أي بعد خمسة أجيال يشكل هذا الجزء الوراثي المتبقي من A حوالي ٣ % فقط، و يمكن تسريع عملية الاستبعاد للجزء الوراثي من العشيرة A من خلال الانتخاب في العشيرة الخليطة.

- تشكيل سلالات مركبة جديدة:

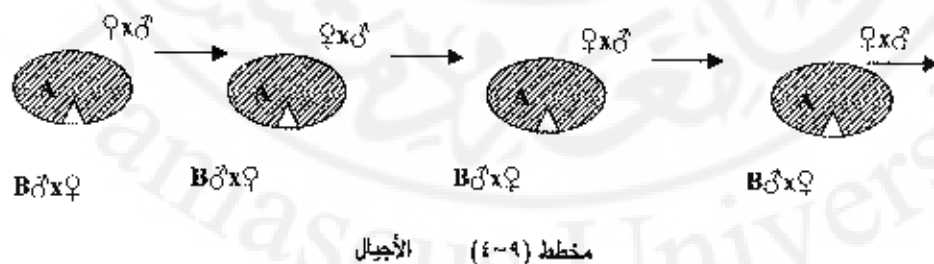
يهدف هذا التشكيل إلى جمع صفات إنتاجية مهمة من سلالتين أو أكثر في سلالة جديدة، تسمى سلالة مركبة، إذ تخضع بعد ذلك إلى أسلوب التربية النقية كعشيرة مغلقة. في الفقرة المناسبة من المخطط (٩-٢) ، نشرح هذه العملية كالتالي. بدايةً يلقح أب الحيوان B لأم الحيوان A لإنتاج الحيوانات الخليطة AB في الجيل الثاني، ثم تخضع الحيوانات الخليطة لانتخاب موجه و تتلاقح فيما بينها ، و ذلك لإنتاج الجيل الثالث. في الجيل الثالث تنتخب أيضاً الإناث باتجاه الهدف ثم تلقح من آباء الحيوانات من السلالة C . و ابتداءً من الجيل الرابع تتبع التربية النقية داخل السلالة الجديدة المشكلة.



و تذكر أبقار السلالة SMR الألمانية المركبة من الأبقار السوداء الملونة المحلية S ، و من سلالة الجرسى المشهور بارتفاع نسبة دسم حليبه (J) و من سلالة الهولشتاين فريزيان (HF) المعروف عنه بتفوقه في صفة كمية الحليب إذ كانت النسبة من السلالات كالتالي HF % ٥٠ ، J % ٢٥ ، S % ٢٥ . كما يبين ذلك المخطط (٩-٣)

٩-٣-٤ الخلط الإنتاجي البسيط:

يهدف هذا الخلط إلى جمع صفات إنتاجية جيدة من سلالتين في حيوانات إنتاجية خليطة، وتجدر الإشارة هنا إلى الخلاف مع طريقة تشكيل سلالة جديدة، إذ لا تستخدم الحيوانات الخليطة في عمليات التربية. ففي المخطط (٩-٤) تعرض طريقة لإنتاج اللحم من أبقار الحليب (beef from dairy) ، إذ تُلحق في هذه الطريقة ١٠ % من أبقار الحليب و العجلات غير المحددة لأعمال التربية من ثيران أحد عروق اللحم، و ذلك لتحسين مورد اللحم من الحيوانات المخصصة للتسمين. وفي ألمانيا تُلحق الأبقار السوداء الملونة من ثيران الشاروليه و من ثيران الأبقار المبقة الألمانية.



٩-٣-٥ الاستفادة من الآثار الوراثية غير المتراكمة:

إن الآثار الوراثية غير التراكمية (غير التجمعية) تنتج من السيادة و السيادة الزائدة. وكذلك من التفوق الوراثي، إذ تستغل هذه الآثار الوراثية إضافة للآثار الوراثية التجمعية في عمليات التربية المختلفة. ويرتبط مع هذه الآثار ما يسمى بظاهرة قوة الهجين Heterosis effect ، هذا يعني أنه في برامج الخلط لاستغلال ظاهرة قوة الهجين تحتل التربية النقية أهمية خاصة في هذا المجال، فالانتخاب يستخدم داخل السلالات المشتركة حسب الآثار الوراثية التجمعية. و هذا ينطبق على الصفات ذات المكافئ الوراثي h^2 المتوسط و العالي مثل صفات الذبيحة و صفات محتوى الحليب من الجوامد (صفات ذات قوة هجين منخفض)، وكذلك على الصفات ذات المكافئ الوراثي المنخفض (صفات ذات قوة هجين مرتفع) مثل صفات الخصوبة و عدد البيض.

إن قوة الهجين الناتجة عن التداخل بين المورثات في مواقع مختلفة تتعلق بدرجة الخلط الوراثي في الحيوانات الخليطة، لذلك يجب عند اتباع أسلوب الخلط استخدام سلالات من الحيوانات مختلفة عن بعضها البعض بالنسبة لمورثات هامة، أي أنه لا تربط فيما بينها أية علاقات قرابة.

إن التنبؤ الدقيق لقوة الهجين يحتاج إلى معلومات حول صلاحية العشائر المتوافرة للتركيب أو للخلط. و في حال عدم توافرها، يجب تنفيذ تجارب خلط بين العشائر، ثم ينفذ انتخاب بين العشائر المستخدمة ، و ذلك حسب نتائج أفراد النسل الخليطة. لكن القرار النهائي يجب أن يأخذ أيضاً وجهات نظر أخرى بالحسبان، مثل خصوبة الحيوانات الأهل، لأهمية هذه الصفة عند الآباء.

بالنسبة لطرائق التربية الأخرى المتعلقة بالخلط و المذكور في الجدول (٩-١) تحتل أهمية خاصة في تربية الدواجن. لذلك نترك دراستها و شرحها لمقرر التحسين الوراثي الخاص بالدواجن.

في الفقرات التالية نتناول بشكل خاص التربية الداخلة inbreeding و تربية الخطوط line breeding ، حرصاً على تزويد المهتم بالتحسين الوراثي بأغلب المواضيع المطروقة في تربية الحيوان.

٩-٤ التربية الداخلية inbreeding

إن الحديث في موضوع التربية الداخلية يخص أفراد النسل التي تنتج عن تزاوج آباء تربط فيما بينها علاقة قرابة أشد من متوسط علاقة القرى الموجودة في العشيرة. و يجب أن تفهم التربية الداخلية أو القرابة بين الأفراد قياساً إلى جيل سلف - جيل أساس. إن أعداد الأسلاف لا تزداد بالواقع زوجياً (٢-٤-٦-٨-١٠٠٠) عند الرجوع بالأجيال إلى الوراء ، فلو افترضنا أن أسلاف إحدى العشائر الحيوانية مختلفة تماماً عن بعضها البعض من ناحية القرابة. هذا يعني أن يكون لهذه العشيرة البالغ عدد أفرادها (n) ، من الأفراد الأهل و $(4n)$ من الأفراد و الأجداد و $(8n)$ من آباء الأجداد الخ. و بالتالي يجب أن يملك الجيل t من الأفراد ما مقداره $2^t n$ من الأسلاف. أي عند دراسة الجيل السادس لفرد ما يجب تتبع نتائج ٦٤ من الأسلاف ، و مثل هذا العدد لا يمكن أن يتوافر عملياً ، لأن العشائر الحيوانية تملك تقريباً حجماً ثابتاً؛ و هذا يعني أن شركاء التزاوج في جيل ما تظهر أنساباً مشتركة في أسلافها.

ففي دراسة لـ ٩٢ شجرة نسب لأبقار الفريزيان قام بها Lauprecht و Döhring (١٩٥٢) وجدا ما مقداره ١٠٧ ثيران فقط كأسلاف بدلاً من

٩-٣-٥ الاستفادة من الآثار الوراثية غير المترابطة:

إن الآثار الوراثية غير المترابطة (غير التجمعية) تنتج من السيادة و السيادة الزائدة. وكذلك من التفوق الوراثي، إذ تستغل هذه الآثار الوراثية إضافة للآثار الوراثية التجمعية في عمليات التربية المختلفة. ويرتبط مع هذه الآثار ما يسمى بظاهرة قوة الهجين Heterosis effect ، هذا يعني أنه في برامج الخلط لاستغلال ظاهرة قوة الهجين نحلل التربية النقية أهمية خاصة في هذا المجال، فالانتخاب يستخدم داخل السلالات المشتركة حسب الآثار الوراثية التجمعية. و هذا ينطبق على الصفات ذات المكافئ الوراثي h^2 المتوسط و العالي مثل صفات الذبيحة و صفات محتوى الحليب من الجوامد (صفات ذات قوة هجين منخفض)، و كذلك على الصفات ذات المكافئ الوراثي المنخفض (صفات ذات قوة هجين مرتفع) مثل صفات الخصوبة و عدد البيض.

إن قوة الهجين الناتجة عن التداخل بين المورثات في مواقع مختلفة تتعلق بدرجة الخلط الوراثي في الحيوانات الخلطة، لذلك يجب عند اتباع أسلوب الخلط استخدام سلالات من الحيوانات مختلفة عن بعضها البعض بالنسبة لمورثات هامة، أي أنه لا تربط فيما بينها أية علاقات قرابة.

إن التنقيب الدقيق لقوة الهجين يحتاج إلى معلومات حول صلاحية العشائر المتوافرة للتركيب أول الخلط. و في حال عدم توافرها، يجب تنفيذ تجارب خلط بين العشائر، ثم ينفذ انتخاب بين العشائر المستخدمة ، و ذلك حسب نتائج أفراد النسل الخلطة. لكن القرار النهائي يجب أن يأخذ أيضاً وجهات نظر أخرى بالحسبان، مثل خصوبة الحيوانات الأهل، لأهمية هذه الصفة عند الآباء.

بالنسبة لطرائق التربية الأخرى المتعلقة بالخلط و المذكور في الجدول (٩-١) تحتل أهمية خاصة في تربية الدواجن. لذلك نترك دراستها و شرحها لمقرر التحسين الوراثي الخاص بالدواجن.

في الفقرات التالية نتناول بشكل خاص التربية الداخلية inbreeding و تربية الخطوط line breeding ، حرصاً على تزويد المهتم بالتحسين الوراثي بأغلب المواضيع المطروقة في تربية الحيوان.

٩-٤ التربية الداخلية inbreeding

إن الحديث في موضوع التربية الداخلية يخص أفراد النسل التي تنتج عن نزواج آباء تربط فيما بينها علاقة قرابة أشد من متوسط علاقة القرابي الموجودة في العشيرة. و يجب أن تفهم التربية الداخلية أو القرابة بين الأفراد قياساً إلى جيل سلف - جيل أساس. إن أعداد الأسلاف لا تزداد بالواقع زوجياً (٢-٤-٦-٨-١٠-١٢) عند الرجوع بالأجيال إلى الوراء ، فلو افترضنا أن أسلاف إحدى العشائر الحيوانية مختلفة تماماً عن بعضها البعض من ناحية القرابة. هذا يعني أن يكون لهذه العشيرة البالغ عدد أفرادها (n) ، من الأفراد الأهل و $(4n)$ من الأفراد و الأجداد و $(8n)$ من آباء الأجداد الخ. و بالتالي يجب أن يملك الجيل t من الأفراد ما مقداره $2^t n$ من الأسلاف. أي عند دراسة الجيل السادس لفرد ما يجب نتبع نتائج ٦٤ من الأسلاف ، و مثل هذا العدد لا يمكن أن يتوافر عملياً ، لأن العشائر الحيوانية تملك تقريباً حجماً ثابتاً؛ و هذا يعني أن شركاء التزاوج في جيل ما تظهر أنساباً مشتركة في أسلافها.

ففي دراسة لـ ٩٢ شجرة نسب لأبقار الفريزيان قام بها Lauprecht و Döhning (١٩٥٢) وجدا ما مقداره ١٠٧ ثيران فقط كأسلاف بدلاً من

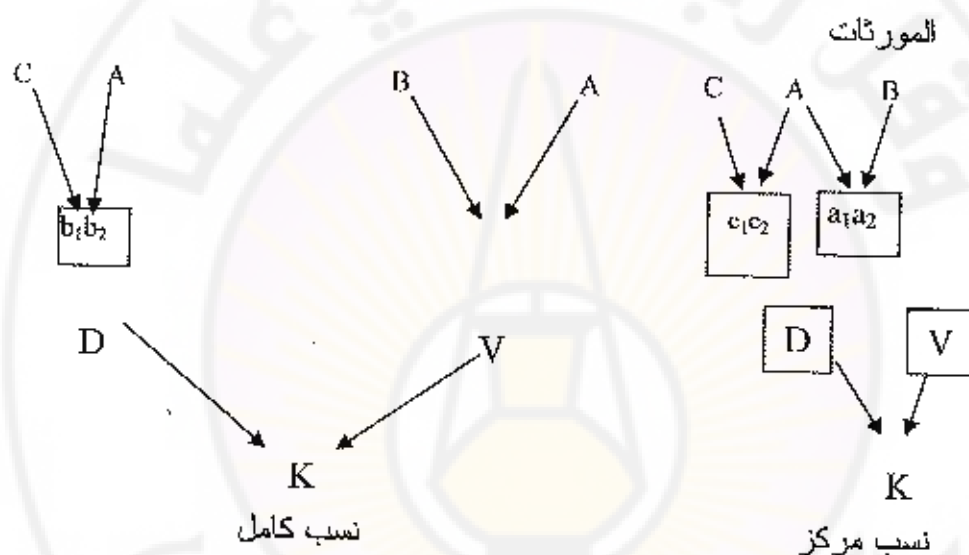
١٦٨٤ ثور، و في دراسة أخرى لأبقار البراون سويس الأميركية التي استوردت من سويسرا في عام ١٩٠٦ كان عدد الحيوانات البالغ ١٠٠٠٠ حيوان منحدر من ١٢٩ بقرة و ٢١ ثوراً. لاستنتاج التربية الداخلية سنناول في دراستنا عشيرة حيوانية ذات حجم n من الأفراد، و هذه العشيرة لا تظهر في موقع وراثي ما تطابقاً للقراءن الوراثية. و نتيجة لذلك نتج ما مقداره $2n$ من الأنواع المختلفة من الخلايا الجنسية Gametes؛ إذ تشير n هنا إلى عدد المواقع الخلوية. إن احتمال النقاء الخلايا الجنسية المتطابقة يبلغ $\frac{1}{2n}$ و هو حسب Wright معامل التربية الداخلية للنسل. و تشير هنا إلى أن الأمر يتعلق بمتوسط معامل التربية الداخلية للنسل. هذا الاحتمال يصحح دون شك فقط عندما يتوافر الإخصاب الذاتي. اليوم يستخدم معامل التربية الداخلية F المقترح من Wright كمقياس للتربية الداخلية، و يعرف بالارتباط بين القيم الوراثية لقريني أحد المواقع الوراثية لأحد الأفراد. و مؤخراً عرفه الـ MALECT بأنه احتمال لتساوي أصل المورثتين. و يعني تساوي الأصل هنا إن المورثتين هما نسختان لمورثة السلف نفسها و هذا يتضمن تساوياً في تكرار الـ DNA فقط.

إن احتمال تطابق الأصل لمورثتين في الفرد k في المخطط (٩ - ٤) يستج من كلا المورثتين هما a_1 يضاف على ذلك نفس الاحتمال الخاص بـ a_2 ؛ أي أنه :

$$F = \left(\frac{1}{2}\right)^4 + \left(\frac{1}{2}\right)^4 \quad (٩-١)$$

و هذا الشكل لاحتمال بأن كلا المورثتين في K إما a_1 أو a_2 . و لكن هناك إمكانية أخرى و هي أن كلا المورثتين القرينتين كانتا متساويتين الأصل، أي

تتحدران من نفس السلف A. و هذا يعني أن السلف ناتج عن تربية داخلية بالمقدار F_A . و بهذا يمكن لـ a_1 على سبيل المثال أن تأتي عبر D و a_2 عبر V. و لكن هذين الفردين أيضاً متطابقا الأصل عندئذ ينتج أن:

$$F_k = 2\left(\frac{1}{2}\right)^4 + 2\left(\frac{1}{2}\right)^4 F_A = \left(\frac{1}{2}\right)^3 [1 + F_A] \quad (٥-٩)$$


مخطط (٤-٩) زواج الأقارب.

$$W(a, AD) = \frac{1}{2} F_k = \left(\frac{1}{2}\right) n_1 + N_2 + a$$

$$W(a, AK) = \frac{1}{2} [1 + F_A] = [1 + F_A]$$

$$W(a, AV) = \frac{1}{2} SDV = F_k$$

$$W(a, VK) = \frac{1}{2} RDV = \frac{1}{4} [1 + F_A]$$

إذ

F = معامل التربية الداخلية

S = معامل العشيرة

R = معامل القرابة

-- و عندما يتوافر الأسلاف المشتركة للأهل، تنشأ في كل مرة إمكانية جديدة لأن يرث النسل نفس المورثة من السلف نفسه. لذلك يجب جمع كل الاحتمالات لتساوي النسب كما يلي:

$$F_k = \sum \left(\frac{1}{2}\right)^{n_1 + n_2 + 1} (1 + F_A) \quad (٦-٩)$$

إذ n_1 و n_2 تشيران إلى عدد الأجيال بين الأهل و النسب المشترك و لكل منهما معامل التربية الداخلية F_A ، و إذا كان النسب المشترك نفسه ناتجاً عن تربية داخلية و جب عندئذ ضرب المقدار الذي يظهر فيه A كنسب مشترك بـ $(1 + F_A)$ ، لقد ذكر سابقاً أن احتمال التقاء خلايا جنسية متطابقة هو $\left(\frac{1}{2n}\right)$. وهذا الاحتمال ينسحب أيضاً على الجيل الثاني، و لكن متوسط معامل التربية الداخلية في الجيل الثاني يكون أكبر من الجيل الأول و ذلك لاحتفاظ الجيل الأول بمعامل التربية الداخلية ففي الجيل الثاني يكون جزء البويضات الناتجة عن خلايا جنسية غير متطابقة هو $\left(1 - \frac{1}{2n}\right)$. و من هذا يوجد جزء مقداره $\left(1 - \frac{1}{2n}\right) \frac{1}{2n}$ ناتج عن التربية الداخلية في الجيل الأول. فلو رمزنا إلى متوسط التربية الداخلية في الجيل الأول بـ F_1 لكان عندئذ متوسط معامل التربية الداخلية في الجيل التالي مساوياً إلى:

$$F_2 = \frac{1}{2n} + (1 - \frac{1}{2n}) F_1 \quad (2-9)$$

و بناء على ذلك يبلغ معامل التربية الداخلية في الجيل t إلى:

$$F_t = \frac{1}{2n} + (1 - \frac{1}{2n}) F_{t-1} \quad (3-9)$$

أي أن معامل التربية الداخلية في أي جيل ينشأ عن الزيادة في التربية الداخلية من الجيل $t+1$ و من الجزء المتعلق بمعامل التربية الداخلية للأجيال السابقة. هذه الحقيقة ذات أهمية عملية، لأن درجة التربية الداخلية المحققة في العشيرة يحتفظ بها. فكثير من سلالات الحيوانات الأهلية تشكلت في الماضي من أعداد قليلة من الحيوانات من خلال التربية الداخلية و انتشرت بعد ذلك بشكل كبير . من العلاقة (3-9) نستنتج الدور الذي يؤديه حجم العشيرة بالنسبة للتربية الداخلية، ففي العشائر الصغيرة الحجم تتلاقى الخلايا الجنسية المتطابقة باحتمالات أكبر. و لكن المفاجئ في الأمر انخفاض معدل التربية الداخلية في هذه المجموعات الصغيرة. ففي عشيرة تتألف من ١٠٠ حيوان يبلغ هذا المعدل فقط ٠,٠٠٥ على الرغم من ذلك يجب الإشارة إلى أن هذه القيمة تصلح لشروط مثالية ، و هي غير صحيحة بالنسبة لمجاميع الحيوانات المستأنسة،

لأننا عبرنا عن الزيادة في التربية الداخلية لكل جيل بالعلاقة

$$\Delta F = \frac{1}{2n} \quad (4-9)$$

لحصلنا حسب Falconer (١٩٦٠) على العلاقة :

$$F_t = \Delta F + (1 - \Delta F) F_{t-1}$$

٥-٩ الحجم الفعال للعشيرة و التربية الداخلية

إن العلاقة بين معدل التربية الداخلية و حجم العشيرة المشار إليه بالشكل (٩-٤) يصلح ، كما ذكر تحت شروط مثالية فقط. و غالباً ما تتحرف التشكيلة التربوية لعشيرة ما عن هذه الشروط ، لذلك يلزم تحويل حجمها الحقيقي إلى ما يسمى الحجم الفعال للعشيرة N_e ، و يقصد بذلك المقدار الذي يؤثر بفعالية على معدل التربية الداخلية ؛ لذلك يصلح لكل العشائر ، و يعبر عنه رياضياً كالتالي:

$$\Delta F = \frac{1}{2n} \quad (٧-٩)$$

في الحيوانات الزراعية لا يوجد ما يسمى بالإخصاب الذاتي ، (و هو من الشروط التالية للفكرة السابقة) ، لذلك ينتج الحجم الفعال للعشيرة بشكل تقريبي من العلاقة التالية:

$$N_e \sim N + \frac{1}{2} \quad (٨-٩)$$

و بناء على ذلك يبلغ معدل التربية الداخلية

$$\Delta F \sim \frac{1}{2n+1} \quad (٩-٩)$$

نقطة مهمة أخرى في عشائر الحيوانات الزراعية يجب معالجتها و هي اختلافات أعداد الحيوانات من الجنسين. و لهذا الغرض عبر Wright (١٩٣١) بالعلاقة التالية :

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{4Nm} + \frac{1}{4Nw} \quad (١٠-٩)$$

إذ تشير Nm إلى أعداد الذكور في العشيرة

و N_w إلى أعداد الإناث في العشيرة
و بمراعاة هذه الشروط يبلغ معدل التربية الداخلية لكل جيل

$$\Delta F \sim \frac{1}{8Nm} + \frac{1}{8Nw} \quad (11-9)$$

هذا التقريب يصلح لحالة يكون فيها عدد الذكور و الإناث كبيراً. أما في الحالة التي يكون فيها عدد الذكور صغيراً جداً مقارنة بأعداد الإناث، كما هو الحال في عشائر التربية، فإن الحجم الفعال للعشيرة ، و بالتالي معدل التربية الداخلية يتحدد تقريباً فقط من أعداد الحيوانات الذكور. فعندما يكون $N_w < 400$ نحصل على معدل التربية الداخلية من الشكل

$$\Delta F \approx \frac{1}{8Nm} \quad (12-9)$$

التربية الداخلية في برامج التزاوج المنظمة:

إن الأبحاث في مجال الطب و الصيدلة تتطلب غالباً حيوانات مخبرية متجانسة وراثياً بشكل كبير. و هذا الأمر يمكن إنجازه من خلال التربية المستمرة داخل الخطوط الصغيرة إذ تحقق هذه الخطوط متوسط معامل تربية داخلية يقارب الواحد. و توصف عندئذ بخطوط التربية الداخلية. و الحيوانات داخل هذه الخطوط، بناء على معامل التربية الداخلية المحقق، تكون تقريباً متطابقة وراثياً. إن الحصول على خطوط التربية الداخلية يتم من خلال تكرار التزاوج بين حيوانات تربط بينها علاقة قرابة شديدة ، فحسب مقدار القرابة بين الأفراد الأقارب يمكن أن تصنف أشكال التزاوج و التي توصف ببرامج التزاوج المنظمة. و نبين فيما يلي أشكال مختلفة لمعاملات التربية الداخلية للخطوط ، وذلك حسب برامج التزاوج المنظمة الناتجة عنها.

١- الإخصاب الذاتي

$$F_t = \frac{1}{2} (F + F_{t-1}) \quad (١٣-٩)$$

٢- تزواج الأخوة الأشقاء

$$F_t = \frac{1}{4} (1 + 2F_{t-1} + F_{t-2}) \quad (١٤-٩)$$

٣- تزواج الأخوة أنصاف الأشقاء

$$F_t = \frac{1}{8} (1 + 6F_{t-1} + F_{t-2}) \quad (١٥-٩)$$

٤- تزواج الأهل و النسل

$$F_t = \frac{1}{4} (1 + 2F_{t-1} + F_{t-2}) \quad (١٦-٩)$$

و في الجدول (٩-٢) تعرض معاملات التربية الداخلية للخطوط حتى الجيل رقم ٢٠.

إن خطي تزواج الأخوة الأشقاء و تزواج الأهل و النسل يملكان نسبة القرابة نفسها القائمة بين شركاء التزاوج ، و لذلك يكون ارتفاع التربية الداخلية في كلا مجموعات الأقارب متساوياً.

إن الزيادة المطلقة لمعاملات التربية الداخلية في الخطوط تتناقص ، لأن مقدار التربية الداخلية يبقى ثابتاً استناداً إلى $1-F_t$. و نتيجة لذلك تقل الاختلافات في معاملات التربية الداخلية في الأجيال المتقدمة في خطي الأخوة أنصاف الأشقاء و خط الأخوة الأشقاء .

إن كل برامج التزاوج المذكورة تؤدي إلى التربية الداخلية الكاملة في الخطوط. و هذا يعني أنه عند استخدام هذه الأنظمة خلال عدد معين من الأجيال تكون

المواقع الوراثية في الخطوط متمثلة اللواقح، الأمر الذي يفسر تطابق حيوانات التربية الداخلية.

آثار استعمالات التربية الداخلية

إن التربية الداخلية تؤدي إلى زيادة المواقع الوراثية المتمثلة اللواقح على حساب الخلطة منها مع ارتفاع متوسط معامل التربية الداخلية يتأثر مقدار هذا التحويل في درجة القرابة القائمة بين الأفراد المتزاوجة إذ يزداد بازدياد درجة القرابة و يقل بانخفاضها.

إن الصفات الإنتاجية للحيوانات تظهر ردود فعل مختلفة على التربية الداخلية، والذي يسجل بشكل تدهور في هذه الصفات. و أسباب هذا التدهور تعزى إلى فقدان الآثار الوراثية غير التجمعية. كما لوحظ أن الصفات التي تظهر درجات أعلى من التدهور تملك غالباً مكافئاً وراثياً h^2 منخفضاً. لذلك تشكل قيمة المكافئ الوراثي دليلاً يفيد في تقدير التدهور المتوقع في الصفة. و تذكر صفات التناسل و التأقلم مثلاً مهماً على الصفات التي تتدهور بشكل كبير نتيجة التربية الداخلية.

أما المجالات التي تستخدم فيها التربية الداخلية نذكر ما يلي:

- ١- تركيز القواعد الوراثية القيمة لحيوانات تربية تتمتع بكفاءات إنتاجية جيدة و ذلك في نسلها الناتج عن التربية الداخلية.
- ٢- إنشاء خطوط تربية داخلية تتمتع بدرجة عالية من النمائل الوراثي كأساس لاستخدام أساليب التربية التي تستغل ظاهرة قوة الهجين.
- ٣- اختبار آباء الحيوانات بالنسبة للمورثات المتنحية.

في طريقة التربية top-cross يتم تزاوج حيوانات ناتجة عن تربية داخلية مع مجموعة حيوانات غير ناتجة عن تربية داخلية، و تستخدم هذه الطريقة بصورة خاصة في الأنواع الحيوانية الكبيرة التي تظهر إناثها تدهوراً في الصفات و بالتالي خسارات اقتصادية كرد فعل على التربية الداخلية، لذلك تستخدم التربية الداخلية هنا فقط لإنتاج آباء الحيوانات الذكور. التي يمكن التحكم بأعدادها بفضل التلقيح الاصطناعي. إن الخسارات الاقتصادية نتيجة التربية الداخلية تكون هنا في حدودها الدنيا. إذ يعمل الفارق الانتخابي الكبير الناتج عن الشدة الانتخابية العالية على تعويض التدهور في الإنتاج. و هذا هو الأسلوب المتبع في طريقة top-cross.

في سياق الحديث عن التربية الداخلية ذكر في أكثر من مناسبة موضوع القرابة، و يستخدم معامل القرابة الذي ذكره wright (١٩٢٢) كمقياس للقرابة، و هو يشير لعكس معامل التربية الداخلية إلى الارتباط بين القيم الوراثية التجمعية لفردين. و في الحديث عن القرابة يجب التمييز بين القرابة المباشرة و غير المباشرة. فبينما يعكس معامل القرابة غير المباشرة درجة التشابه الوراثي لفردين من خلال سلف مشترك، يعبر معامل القرابة المباشرة عن درجة التطابق الوراثي بين فرد من النسل و سلفه.

في البداية سندرس معامل القرابة غير المباشرة. إن التشابه بين الأفراد يقوم على مورثات متساوية النسب تتحدر من سلف مشترك، لذلك يظهر حساب معاملات القرابة نوعاً من التوازي مع حساب معامل التربية الداخلية. إن الشكل لمعاملات القرابة غير المباشرة RXY بين الفردين X و Y هو :

$$R_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2}\right)^{n_1 + n_2 i} (1 + F_A)}{\sqrt{(1 + F_x)(1 + F_y)}} \quad (١٧-٩)$$

إذ:

n_{1i} = عدد الأجيال بين الفرد x و السلف المشترك i

n_{2i} = عدد الأجيال بين الفرد y و السلف المشترك i

F_{Ai} = معامل التربية الداخلية للسلف المشترك i

F_x = معامل التربية الداخلية لـ x

F_y = معامل التربية الداخلية لـ y

إذا كان الفردان x و y أهل الابن z الناتج عن التربية الداخلية، تكون عندئذ

العلاقة بين معامل التربية الداخلية F_2 و معامل القرابة للأهل تساوي إلى

$$F_z = \frac{1}{2} R_{XY} \sqrt{(1 + F_x)(1 + F_y)} \quad (١٨-٩)$$

فإذا كان الأبوان غير ناتجين عن تربية داخلية ($0 = F_y = F_x$) يبلغ عندئذ

معامل التربية الداخلية للابن نصف معامل القرابة للأهل، في الجدول التالي

يعرض معاملات القرابة ، و معاملات التربية الداخلية الناتجة عن تزاوج

الأقارب.

علاقة القرابة	R_{XY}	F_z
الأهل - النسل الأخوة الأشقاء	0.5	0.25
الأجداد - الأحفاد الأخوة أنصاف أشقاء	0.25	0.125
آباء الأجداد - أبناء الأحفاد أولاد العم	0.125	0.0625

جدول (٩-٢) معاملات القرابة لعلاقات قرابة و معاملات التربية الداخلية للنسل الناتج عن علاقات القرابة المذكورة

معامل القرابة المباشر بين فرد من النسل x و سلفه A يحسب أيضاً
 حسب الشكل (٧-٩) إذا اختصرنا $n_{0i} = (n_{1i} + n_{2i})$ (إذا وصفت المسافة
 المقاسة بالأجيال بين فرد النسل و سلفه بالرابطة i ، وأشار إلى عدد الروابط
 بـ n). أما المقام استبدلنا F_y بـ F_A ، لأنه يراد قياس درجة القرابة بين x
 و A و بناءً عليه ينتج الشكل كالتالي

$$R_{xA} = \frac{(1 + F_A) \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2}\right)^{n_{0i}}}{\sqrt{(1 + F_x)(1 + F_A)}} \quad (١٩-٩)$$

و من خلال تحويل مناسب نحصل على الشكل التالي

$$R_{xA} = \sqrt{\frac{1 + F_A}{1 + F_x}} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2}\right)^{n_{0i}} \quad (٢٠-٩)$$

في الجزء العملي نعالج عدداً من الأمثلة حول حساب معامل التربية الداخلية
 ومعامل القرابة.

Generation الجيل			
0	0	0	0
1	0.500	0.250	0.125
2	0.750	0.375	0.219
3	0.875	0.500	0.305
4	0.839	0.594	0.381
5	0.969	0.672	0.449
6	0.984	0.734	0.509
7	0.992	0.785	0.563
8	0.996	0.826	0.611
9	0.998	0.859	0.654
10	0.999	0.886	0.691
11		0.908	0.725
12		0.926	0.755
13		0.940	0.782
14		0.951	0.806
15		0.961	0.827
16		0.968	0.846
17		0.974	0.863
18		0.979	0.878
19		0.983	0.891
20		0.986	0.903

الجدول (٩-٣) تعرض معاملات التربية الداخلية للخطوط حتى الجيل رقم ٢٠.

الفصل العاشر

تفاعل الحيوان - والبيئة

- ١-١ مقدمة في تفاعل الحيوان والبيئة .
- ١-٢ نماذج لتسجيل تفاعل الحيوان - و البيئة
- ١-٢-١ نموذج falconer 1952
- ١-٢-٢ نموذج تحليل التباين .
- ١-٣ مقارنة بين النماذج .
- ١-٤ طرائق التقدير .
- ١-٤-١ طرائق التقدير لنموذج falconer .
- ١-٤-٢ طرائق التقدير لنموذج تحليل التباين .
- ١-٥ الانتخاب وتفاعل الحيوان - والبيئة .



تفاعل الحيوان - والبيئة

١٠ - ١ مقدمة في تفاعل الحيوان - والبيئة

إن النموذج الوراثي البسيط للعشيرة الذي عبر عنه في مواضع سابقة بالشكل التالي :

$$P = \mu + g + u$$

بشترط خضوع حيوانات عشيرة ما لنفس الظروف البيئية ؛ بمعنى أن التركيبة الوراثية (عشيرة أو سلالة أو خط) تعيش تحت متوسط ظروف الرعاية نفسها وتحصل على متوسط مستوى التغذية نفسه، وتحت مثل هذه الظروف فقط يمكن قبول فرضية عدم وجود علاقة أو ارتباط بين الآثار الوراثية (g) والعوامل البيئية (u) . لكن تحت الواقع العملي يمكن أن تظهر انحرافات عن هذه الشروط وبالتالي يكون استعمال هذا النموذج الوراثي البسيط للعشيرة غير مقبول .

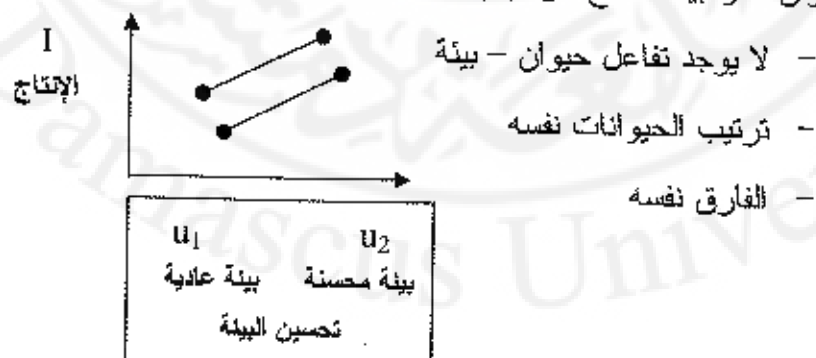
إن مراعاة التأثيرات البيئية في النجاح الانتخابي تكون ضرورية ، على سبيل المثال عند تقدير القيمة التربوية ، لأن هذا التقدير يتم تحت ظروف بيئية (التغذية ، الرعاية) موحدة ومثالية نسبياً . فالنجاح الانتخابي المحقق من خلال تربية الحيوانات المنتخبة قد يتأثر تحت الظروف الحقلية . إن تباين ظروف الرعاية بشكل كبير كما هو حاصل في الظروف الصناعية للمحطات الكبيرة وظروف الرعاية التقليدية يؤثر في النجاح الانتخابي ، لذلك يجب ألا نستغرب عدم إمكانية ترجمة النجاح الانتخابي للقيمة التربوية بشكل كامل تحت الظروف البيئية الحقلية ، إذ وصفت هذه الظاهرة من قبل Dickerson

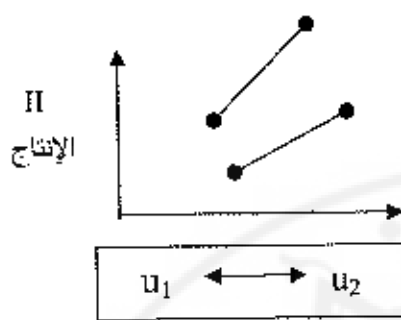
(١٩٣٠) بالتدهور الوراثي . وهذا يشير إلى عدم اتفاق مع النموذج الوراثي البسيط للعشيرة . وفي عام ١٩٥٨ صنف McBride تفاعل الحيوان والبيئة ضمن توزيعات موضحة في الجدول (١-١٠) . كما تناولت الكثير من المراجع المختصة هذا الموضوع.

العوامل البيئية		الفارق
كبيرة	صغيرة	
B	A	داخل العشيرة
D	C	بين العشائر

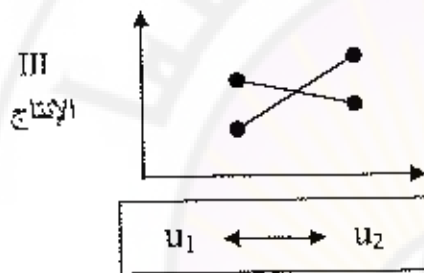
جدول (١-١٠) تصنيف تفاعل الحيوان - والبيئة .

إن الحالة B من تفاعل الحيوان - والبيئة في الجدول السابق مهمة بصورة خاصة للتحسين الوراثي ، إذ تتعلق المسألة بتعرض حيوانات إحدى العشائر لظروف رعاية مختلفة (مشاكل تقدير القيمة التربوية والتنبؤ عن التطور الوراثي) . أما الحالة D فهي تعرض مسألة كيفية اختيار تركيبة وراثية مناسبة لظروف بيئية خاصة . وتتلخ الحالتان A و C أهمية قليلة في التحسين الوراثي . ونستعرض في المخطط البياني (١-١٠) تأثير تفاعل الحيوان - والبيئة الناتج عن بيئتين كبيرتين واقعبتين وتركيبية وراثية ما .





- يوجد تفاعل حيوان - بيئة
- ترتيب الحيوانات نفسه
- فارق مختلف



- يوجد تفاعل حيوان - بيئة
- ترتيب مختلف للحيوانات
- فارق مختلف

مخطط (١٠ - ١) طريقة تأثير تفاعل الحيوان - والبيئة

إن الحالات (من I إلى III) المعروضة في المخطط (١٠ - ١) إلى درجات مختلفة من الأهمية في الحياة العملية . ففي الحالة I يتغير المستوى الإنتاجي فقط عند تحسن العوامل البيئية ، وهنا يمكن استخدام النموذج الوراثي البسيط للعشيرة . وفي الحالة الثانية II يتغير أيضاً للفارق (يكبر أو يقل) . ويبقى الانتخاب حسب القيمة التربوية صحيحاً ، لأن الترتيب نفسه ، ولكن تحت البيئة الثانية u_2 يتحقق ربح وراثي إضافي . أما بالنسبة للنموذج الوراثي البسيط للعشيرة ، فيستخدم للتنبؤ عن ΔG ، فيما إذا كانت المقاييس الوراثية معروفة تحت ظروف الـ U_2 . إن الصعوبة الحقيقية تظهر في الحالة الثالثة

III ، لأنه تحت البيئة U1 يكون الاختيار خاطئاً ، ولا يمكن هنا استخدام النموذج الوراثي البسيط للعشيرة .

١٠ - ٢ نماذج لتسجيل تفاعل الحيوان - والبيئة :

لقد استخدم في المراجع العلمية مصطلح تفاعل النموذج الوراثي - والبيئة ولفهم وإدراك هذا التفاعل سنعالج فيما يلي النموذجين الأساسيين لشرح هذا التفاعل وهما :

١- نموذج Falconer

٢- نموذج تحليل التباين .

١٠ - ٢ - ١ نموذج Falconer ١٩٥٢ :

إن فكرة Falconer تقوم على أن الحيوان نفسه يمكن أن يعيش نظرياً تحت شكلين مختلفين للبيئة . وتحت هاتين البيئتين من الممكن تقدير المكافئ الوراثي لصفة ما . وبناء على ذلك يمكن أن ننطلق من الفكرة التالية وهي أن نعدّ الصفة الواحدة نفسها تحت بيئتين مختلفتين ، صفتين مختلفتين . عندئذ يصبح ممكناً تقدير الارتباط الوراثي بينهما . عملياً يمكن تحقيق هذا الاقتراح بشكل بسيط في التوائم الحقيقية . ولكن يمكن أيضاً تطوير اقتراحات مناسبة للأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء .

في دراستنا نستخدم الرمز P_1 و P_2 للتعبير عن النموذج المظهري phenotype إذ يعبر عنهما بالنموذج الوراثي البسيط التالي :

$$(i = 1, 2) \quad P_i = \mu_i + g_i + u_i$$

$$\sigma^2 P_i = \sigma^2 g_i + \sigma^2 u_i \quad \text{وبهذا يكون :}$$

$$h_i^2 = \sigma^2 g_i / \sigma^2 p_i \quad \text{وكذلك :}$$

لتسجيل تفاعل الحيوان - والبيئة تستخدم نظرية النجاح الانتخابي المباشر وغير المباشر . فالنجاح الانتخابي في البيئة (١) عند الانتخاب تحت ظروف هذه البيئة يعبر عنه كالتالي :

$$\Delta G_{1/1} = ds . h_1^2 . \sigma p_1 \quad (10-1)$$

أما النجاح الانتخابي غير المباشر في البيئة (١) عند الانتخاب في البيئة (٢) فيحسب كالتالي :

$$\Delta G_{1/2} = ds . h_1 . h_2 . Qg . \sigma p_1 \quad (10-2)$$

ولأن الأمر يتعلق بالصفة نفسها تحت ظروف بيئية مختلفة بحسب تأثير تفاعل الحيوان - والبيئة من خلال مساعدة النسبة $G_{1/2} / \Delta G_{1/1}$.

$$\Delta G_{1/2} / \Delta G_{1/1} = (h_2 / h_1) . Qg \quad (10-3)$$

فنتيجة القسمة تتعلق بالنسبة بين المكافئين الوراثيين وبالارتباط الوراثي بينهما . وبالنظر إلى الحالة I في المخطط البياني (١ - ١٠) التي تشير إلى عدم وجود تفاعل الحيوان - والبيئة ، وإلى أن البيئة تؤثر فقط في القيمة المتوسطة ، فإن قيمة القسمة تبلغ الواحد في التوائم الحقيقية ($h_2 = 1$) . وفي الوقت نفسه يمكن تحديد Qg مثلاً عند الأهل والنسل ($Qg = 0.5$) . فإذا انحرفت القيم عن الشكل (١٠ - ٣) بالنسبة لأي تشكيلة لمواد الدراسة بشكل مهم عن القيم القياسية . نستنتج عندئذ وجود تفاعل الحيوان - والبيئة .

إن الطرف في الحالة II من المخطط (١٠-١) يشير إلى أن ترتيب الحيوانات لا يتغير تحت الشكّلين المختلفين للعوامل البيئية . وهذا يفرض على أن التوائم الحقيقية تقبل الواحد في الشكل (١٠-٣) . وهذا ينسحب أيضاً على علاقات القرابة الأخرى . وفي مثل هذه الحالات لا يمكن أن نستنتج وجود تفاعل الحيوان - والبيئة على أساس الشكل (١٠-٣) . وعلى الرغم من ذلك يمكن أن يظهر هذا التفاعل دون أن يؤدي إلى تفصيل النجاح الانتخابي . كما لا يمكن تسجيله من النموذج السابق .

أما الحالة III في المخطط (١٠-١) فتؤدي إلى قيم أقل من القسم القياسية للشكل (١٠-٣) . وبهذا يظهر تأثير تفاعل الحيوان - والبيئة ، عندما ينخفض النجاح الانتخابي غير المباشر .

١٠-٢-٢ نموذج تحليل التباين :

إن نموذج تحليل التباين يقوم على نماذج مناسبة من تحاليل التباين ذات العاملين مع وجود التفاعل في النموذج . إن مركبات تباين التفاعل تقدر في هذه النماذج وتكون تعبيراً عن تأثير تفاعل الحيوان - والبيئة . وفي هذه النماذج يمكن تقدير مكونات تباين التفاعل . وسنتناول مسألة تفاعل الحيوان - والبيئة في مثال تقدير القيمة التربوية بواسطة مجموعات الأخوة أنصاف الأشقاء في بيانات مختلفة . إذ يستخدم لهذه الغاية

النموذج التالي :

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + U_i + W_{ij} + e_{ijk} \quad (١٠-٤)$$

وهنا نرمز :

μ إلى متوسط نسل كل الآباء في كل البيئات .

T_i متوسط أثر الأب i في كل البيئات .

U_j متوسط أثر البيئة j .

W_{ij} تفاعل عشوائي بين الأب i والبيئة j .

e_{ijk} الأثر المتبقي العشوائي - التباين داخل مجموعات الأخوة الأشقاء داخل بيئة ما .

$n_{ij} \dots 1 = K, \quad b \dots 1 = j, \quad a \dots 1 = i = 1 \dots a$
أما الشروط الجانبية الأخرى فهناك :

$$\sum_j W_{ij} = 0 \quad (١٠-٥)$$

ففي البيئة ١ ($j=1$) يكتب النموذج التالي انطلاقاً من الشكل (١٠-٤)

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + U_j + W_{ij} + e_{ijk} \quad (١٠-٦)$$

هذا النموذج يمكن أن نرتبه بشكل أبسط ليصبح بالشكل التالي :

$$Y_{ik} = \mu^* + T_i + e_{ik} \quad (١٠-٧)$$

$$\mu^* = \mu + u_1 \quad \text{إذ}$$

$$T_i^* = T_i + W_{i1}$$

أما بالنسبة لتباين الشكلين (١٠-٤) و (١٠-٧) تحت الظروف القائمة ، فيعبر عنه بالشكل التالي :

$$\sigma^2 y^* = \sigma^2_T + \sigma^2_w + \sigma^2_e \quad (١٠-٨)$$

أما تحت ظروف البيئة (١) ، فيعبر عنه بشكل عام كالتالي :

$$\sigma^2 y^* = \sigma^2 T^* + \sigma^2 e \quad (9-10)$$

إن W_{ij} يجب أن تلبي الشرط الإضافي في الشكل (10-5) ، وهذا يشير إلى علاقة بينهما وبصالح لذلك الشكل التالي :

$$\text{cov} (W_{ij} , W_{ij}) = -1 / (b-1) . \sigma^2 W \quad (10-10)$$

أي أن الارتباط بين عوامل التفاعل في مثل هذا النموذج تتعلق بشكل كبير بعدد البيئات المشمولة في الدراسة . إضافة إلى ذلك يجب الأخذ بالحسبان أن تعريف T_i كمتوسط أثر الحيوان في كل البيئات المدروسة يتعلق أيضاً بعدد هذه البيئات .

في الفقرة التالية تقدر القيمة التربوية لأبناء الحيوان في بيئة ما ويراقب النجاح الانتخابي في بيئة ثانية . أي أنه وحسب ما سبق ذكره يجب حل هذه المسألة من خلال النموذج لأجل $b = 2$ ، أي لأجل بيئتين خاصتين . وتوضع جانباً البيئات الأخرى .

هذه الشروط تعني في هذا المثال أنه لا يمكن تناول أي من مكونات تباين التفاعل لحل هذه المسألة ، وإنما فقط تلك المكونات الخاصة بالبيئتين المشمولتين في هذه الدراسة . إن الشكل (10-4) يمكن استخدامه أيضاً للبيئة (2) . بالنظر إلى الشكل (10-5) فإنه يصح في البيئة الثانية بالشكل التالي :

$$T_i^* = T_i - W_{i1} \quad (10-11)$$

هذا يعني أنه افترض وجود التباين نفسه في البيئتين بين الحيوانات. ومن هذا ينتج حسب النموذج الوراثي البسيط للعشيرة أن :

$$V(T_i^*) = 1/4 \sigma^2 g \quad (10-12)$$

يصلح لكل البيئتين . بالإضافة إلى ذلك يفترض أن التباين المتبقي $V(eik)$ متساو في البيئتين أيضاً وبالتالي فإن المكافئ الوراثي نفسه يصلح للبيئتين على أساس النموذج الوراثي البسيط للعشيرة . وهنا يكمن الفرق مع نموذج Falconer ، إلا أنه يجب أن ننتبه إلى أن المكافئ الوراثي h^2 يصلح فقط للبيئة المقدر فيها ، كما أن التطور الوراثي المحقق بمساعدة قيم h^2 يمكن تقديره فقط في هذه البيئات :

$$h^2 = 4(\sigma^2 T + \sigma^2 w) / (\sigma^2 T + \sigma^2 w + \sigma^2 e) = 4\sigma^2 T^* / \sigma^2 p \quad (10-13)$$

فلو افترضنا أولاً أن الحيوانات نفسها وضعت في كلتا البيئتين (نظرياً) وبشكل مشابه لنموذج Falconer ، عندئذ يصبح أن :

$$\Delta G_{1/1} = \Delta G_{2/2} = ds. \sigma p. h^2 \quad (10-14)$$

إن $\Delta G_{1/1}$ أو $(\Delta G_{2/2})$ يصف الأثر الوراثي للانتخاب في البيئة (١) عند الانتخاب في هذه البيئة (هذا الكلام ينطبق على $(\Delta G_{2/2})$ أيضاً) وهذه العلاقات معروفة مسبقاً . أما إذا أردنا حساب النجاح الوراثي في البيئة (٢) عند الانتخاب في البيئة (١) ، يجب عندئذ الأخذ بالحسبان العلاقة بين البيئتين . ولحساب قيمة هذه العلاقة نرمز بـ $Y_{ik(1)}$ أو $Y_{ik(2)}$ للجهة اليسارية من الشكل (١٠-٧) للبيئة (١) أو للبيئة (٢) . إن معامل الانحدار β بين البيئة (٢) والبيئة (١) يفسر على أنه :

$$\begin{aligned} \beta &= \text{cov}(Y_{ik(1)}, Y_{ik(2)}) / \sigma^2 p = \\ \beta &= \text{cov}(T_i + W_{i1}, T_i - W_{i1}) / \sigma^2 p = \\ &= (\sigma^2 T - \sigma^2 W) / \sigma^2 p \quad (10-15) \end{aligned}$$

وعن هذا ينتج أن :

$$\Delta G_{2/1} = d_1 \cdot \sigma p \cdot B \quad (16-10)$$

في هذه الحالة النظرية يحدد h^2 من خلال :

$$h^2 = \sigma^2 T^* / \sigma^2 p = (\sigma^2 T + \sigma^2 W) / \sigma^2 p \quad (17-10)$$

وبهذا تصح العلاقة التالية :

$$\Delta G_{1/1} = \Delta G_{2/2} = ds \cdot \sigma p \cdot 2 \sigma^2 W / \sigma^2 p \quad (18-10)$$

أما النجاح الانتخابي غير المباشر في حالة توافر مكونات تباين التفاعل فإنه يقل بمقدار :

$$\Delta G_{1/1} - \Delta G_{1/2} = ds \cdot \sigma p \cdot 2 \sigma^2 W / \sigma^2 p \quad (19-10)$$

في أي بيئة أخرى مقارنة بالانتخاب المباشر .

لو عدنا في دراستنا إلى حالة مجموعات الأخوة أنصاف الأشقاء و
اشتراطنا أيضاً أن مجموعة أخوة أنصاف أشقاء لكل بيئة تتكون من فرد واحد ،
عندئذ يصبح التالي :

$$\Delta G_{2/1} = ds \cdot \sigma p \cdot \beta = ds \cdot \sigma p \cdot (\sigma^2 T - \sigma^2 W) / \sigma^2 p \quad (20-10)$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{1/2} &= \Delta G_{2/1} = \\ &= ds \cdot \sigma p \cdot [1/4 h^2 - (2 \sigma^2 W / \sigma^2 p)] \\ \Delta G_{2/2} &= ds \cdot \sigma p \cdot (\sigma^2 T + \sigma^2 W) / \sigma^2 p = \\ &= ds \cdot \sigma p \cdot 1/4 h^2 \quad (21-10) \end{aligned}$$

والفارق بين الريبج الوراثي يمكن الاستدلال عليه من خلال الشكل (10-19) .

إذا كانت $\sigma^2 T = \sigma^2 W$ يكون $\beta =$ الصفر و $\Delta G_{2/1} = G_{1/2} =$ الصفر .

وإذا تجاوزت σ^2_w قيمة σ^2_T فإن تجاهل التفاعل يؤدي في هذه الحال إلى نتيجة سلبية .

١٠ - ٣ مقارنة بين النماذج :

إن نموذج Falconer يقبل بنسبائيات مختلفة وقيم لـ h^2 في كل بيئة ، في حين يكون الأمر عكس ذلك في نموذج تحليل التباين ، إذ يعتمد على النسبائيات المظهرية نفسها وقيم لـ h^2 في البيئتين . وبهذا المعنى يكون نموذج Falconer أعم من نموذج تحليل التباين .

عند مقارنة النموذجين يجب أن يشترط تساوي كل من التباين والـ h^2 في كلتا البيئتين . فتحت هذه الشروط ينتقل الشكل (١٠ - ٢) إلى :

$$\Delta G 1/2 = ds . h^2 . Qg \quad (١٠ - ٢٢)$$

بالنسبة للحالة النظرية فقد حددت لـ h^2 حسب (١٠ - ١٧) . علاوة على ذلك فإن :

$$T_i + W_{ij} = g_{1i} , \quad T_i - W_{ij} = g_{2i} \quad (١٠ - ٢٣)$$

ويعبر عن الارتباط الوراثي Qg بالشكل التالي :

$$\begin{aligned} Qg &= \text{cov} (g_1 , g_2) / \sigma_{g1} . \sigma_{g2} = \\ &= \text{cov} (T_i + W_{1i} , T_i - W_{1i}) / \sigma_{g1} . \sigma_{g2} = \\ &= (\sigma^2_T - \sigma^2_W) / (\sigma^2_T + \sigma^2_W) \quad (١٠ - ٢٤) \end{aligned}$$

لو عوضنا h^2 حسب الشكل (١٠ - ١٧) والـ Qg حسب الشكل (١٠ - ٢٤) في الشكل (١٠ - ٢٢) للنتج لدينا :

$$\begin{aligned}\Delta G 1/2 &= \\ &= ds . \sigma_p . (\sigma^2 T + \sigma^2 W) / \sigma^2 p . (\sigma^2 T - \sigma^2 W) / (\sigma^2 T + \sigma^2 W) \\ &= ds . \sigma_p . \beta \quad (٢٥ - ١٠)\end{aligned}$$

وبهذا نكون قد أظهرنا أن كلا النموذجين يؤديان إلى النتيجة نفسها بالنسبة للحالة التي تتساوى فيها التباينات وقيم المكافئ الوراثي .

١٠ - ٤ طرق التقدير :

إن النموذجين السابقين يسمحان بتقدير تفاعل الحيوان - والبيئة بين حيوانات وبيئتين محددتين . ويجب الإشارة مرة أخرى إلى أن مقدار التفاعل هذا يتأثر بشكل كبير في اختيار البيئتين . أي أن الاستنتاجات والتوصيحات حول تفاعل الحيوان - والبيئة تصلح فقط لهاتين البيئتين ، ولا يمكن تعميمها على بيئات أخرى . وهذه القاعدة الأساسية لتقدير مكونات تباين التفاعل .

بناء على أساس النموذجين يمكن بشكل عام تحديد مقاييس مختلفة :

- فبالنسبة لنموذج Falconer : $h^2_1 , h^2_2 , \sigma^2_{p_1} , \sigma^2_{p_2} , Q_g$ ويسجل تفاعل الحيوان - والبيئة من خلال h^2_1 , h^2_2 , Q_{g12} .

- وبالنسبة لنموذج تحليل التباين : $h^2 , \sigma^2_p , \sigma^2_T , \sigma^2_w , \sigma^2_e$. ويسجل تفاعل الحيوان - والبيئة من خلال σ^2_w .

ويشترط في نموذج falconer النموذج الوراثي البسيط للعشيرة في كل بيئة ، لذلك يمكن استخدام الطرائق المعروفة لتقدير h^2 و σ^2_p والـ

• Q_{g12}

أما عند تقدير تفاعل الحيوان - والبيئة خلال تحليل التباين ، فسيُمكن استخدام أساليب محوِّرة .

١٠ - ٤ - ١ طرق التقدير لنموذج Falconer :

تستخدم تشكيلة الأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء وكذلك تشكيلات الأهل والنسل كأساس لتقدير المقاييس الوراثية حسب نموذج falconer ويعرض الجدول (١٠-٢) تشكيلة مواد الدراسة للأخوة الأشقاء وأنصاف الأشقاء .

	البيئة		الشخصية	
Y - الأب	U ₂	U ₁	M ₁	V ₁
M - الأم	XXX	XX	M ₂	
X - النسل	XX	X	M ₃	V ₂
	X	XXXXX	M ₂	
	XX	XX	M ₃	V ₄
		XX	M ₅	

جدول (١٠ ٢) تمكيلة للأخوة الأشقاء والنصاف الأشقاء تحت يمينتين مختلفتين .

فتحت كل بيئة (U_1 , U_2) تنتج التشكيلات المعروفة لتحليل الأخواه الأشقاء وأنصاف الأشقاء وذلك لتقدير h^2 و σ^2_p . وبهذا يصبح تقدير التباينات الوراثية ممكناً (سواء من خلال مكونات الأب أو من خلال الأمات) .
ولحساب الارتباط الوراثي (Q_{g12}) نحتاج للتباين المشترك الوراثي ، إذ بعدّ تحديده من خلال التباين المشترك لم توسط الأخوة الأشقاء في كل بيئة منفردة الأسلوب الأفضل .

إن النموذج المقترح المناسب هو :

$$X_{ijk} = \mu + 1/2 g_{vi} + 1/2 g_{mij} + 2 V_{ijk} + 2 M_{ijk} + U_{ijk}$$

$i = 1 \dots v$ (عدد الأباء) .

$j = 1 \dots m_i$ (أعداد الأمات داخل كل أب) .

$k = 1 \dots n_{ij}$ (عدد القيم القياسية في الجيل الثاني ، حجم أبناء الـ j)

بالنسبة للأب i

إن التباين المشترك (COV) بين متوسطات الأخوة الأشقاء يطابق نصف التباين المشترك الوراثي للصفة في كلتا البيئتين ، إذا عرض النموذج الوراثي البسيط للعشيرة بالشكل المعروف . ويمكن أيضاً تقدير التباين المشترك الوراثي عن طريق حساب التباين المشترك بين متوسطات الأخوة أنصاف الأشقاء . وتجدر الإشارة إلى أن القيم التقديرية الناتجة عن هذا الأسلوب أقل من القيم الناتجة عن تحليل الأخوة الأشقاء ، ويتم تقدير التباين المشترك الوراثي (g_1, g_2) انطلاقاً من متوسط الأخوة أنصاف أشقاء تحت البيئتين ، وهو يساوي إلى ربع التباين المشترك الوراثي . ويحظى استخدام النموذج الوراثي البسيط للعشيرة هنا على أفضلية مقارنة بالأسلوب السابق ، ويبين الجدول (١٠ - ٣) تشكيلة الأخوة أنصاف أشقاء تحت بيئتين مختلفتين .

إن الطرائق السابقة الذكر تستغل التشابه بين الأقارب في الجيل نفسه بينما الأسلوب التالي يقوم على التشابه بين الأهل والنسل ويستغل التشابه في أجيال عديدة .

إن التباين المشترك بين الأهل والنسل يبلغ مقداره نصف التباين الوراثي التجمعي ، في حال تواجد الأهل والنسل تحت نفس البيئة . ويبين الجدول

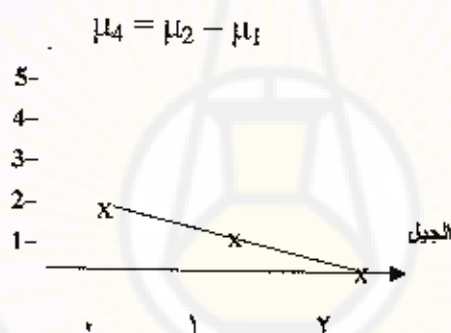
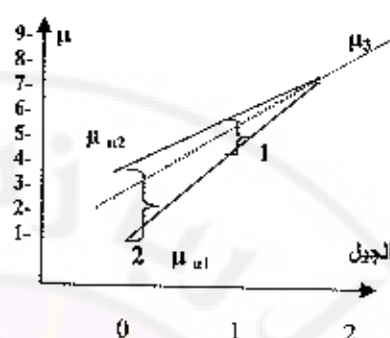
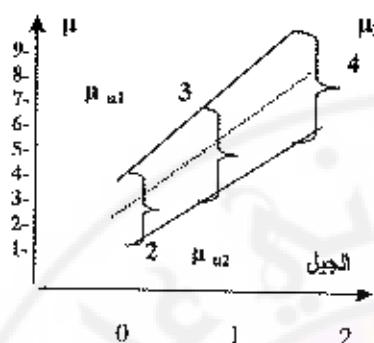
(١٠-٢) تشكيلة الأهل والنسل في بيئتين مختلفتين (U_1 , U_2) . وهذه التشكيلة لمواد الدراسة تصلح فقط لتقدير التباين المشترك الوراثي ، فإذا كان المطلوب من التجربة تقدير المكافئين الوراثيين والتباينات الوراثية ، نحتاج عندئذ أيضاً إلى تشكيلة الأخوة الأشقاء .

البيئة	
U_2	U_1
x_1	E1
x_2	E2
.	.
.	.
.	.
X_a	Ea

جدول (١٠-٣) تشكيلة الأهل والنسل في بيئتين

E ترمز إلى الأهل (أب أو أم) و X ترمز إلى النسل (ابن أو ابنة)
 الأنصاف أشقاء . ويمكن الاستغناء عن ذلك في حال توافرت قيم تقديرية كافية
 من تجارب أخرى تحت كلتا البيئتين المتوافرتين .

كما توجد طريقة أخرى تملك مزية مهمة من خلال مقاربتها للظروف
 العملية لتقدير القيمة التربوية في الأبقار ، وذلك بما يخص العوامل البيئية ،
 يعرضها الجدول (١٠-٥) .



المخطط (١٠-٢) النجاح الانتخابي في X4 (الحالة الثالثة) نشير فيها إلى الاعتبارات التالية :

$$\mu_{u1} > \mu_{u2} \quad \Delta G_{11} = 3, \Delta G_{21} = 2$$

$$p1 = -1, p2 = 1$$

وفيما يلي نشرح مثلاً حول التشكيلة العامة المعروضة في الجدول .

إن العلاقة بين الأهل والنسل تشكل هنا تشكيلة القرابة ، إذ يعيش الأهل

تحت ظروف البيئة (١) والأبناء يعيشون تحت ظروف البيئة (٢) وهذه

الحال تظهر عند تقدير القيمة التربوية لأباء الحيوانات .

وبناء على نتائج اختبار النسل في البيئة (٢) تنتخب الآباء في البيئة (١) وتستخدم لإنتاج الجيل التالي . ومن الممكن أيضاً توزيع مجموعات الأخوة الأشقاء على البيئتين ، أو استخدام تشكيلة الأخوة أنصاف أشقاء للانتخاب . ففي حال عدم وجود لتفاعل الحيوان - والبيئة أو وجود فارق قليل بين البيئتين ، يمكن عندئذ التنبؤ عن النجاح الانتخابي على أساس النموذج الوراثي البسيط للعشيرة لصفة ما (أو لدليل) . أما إذا فرضنا وجود مثل هذا التفاعل ، فسوف ينحرف النجاح الانتخابي عن هذه القيمة بشكل كبير ، وبمساعدة الارتباط الوراثي يمكن التنبؤ عنه على أساس النجاح الانتخابي غير المباشر .

أما حساب (g_1, g_2) COV فهو يتعلق بتشكيلة القرابة ، وقد شرحت في الفقرة السابقة قواعد الحساب لتشكيلات الأخوة أنصاف أشقاء والأخوة الأشقاء والأهل والنسل .

١٠-٣-٢ طرائق التقدير لنموذج تحليل التباين :

إن محور الاهتمام في هذا النموذج هو تقدير مكونات تباين التفاعل . فتشكيلة الأخوة الأشقاء تحتوي على ثلاثة صفوف (الآباء ، والأمات والبيئة) وهنا ترتب الأمات داخل الآباء ، وتصلب البيئات مع هذه المكونات ويجب الانتباه إلى النقطتين :

- قد يكون إشغال الصفوف كاملاً وليس متساوياً .

- وأعداد الأمات داخل الآباء ليست متساوية .

إن الاستفادة من هذه التجربة يمكن أن يتم فقط من خلال مساعدة الحاسوب والبرامج المناسبة لذلك ، وقد لاحظنا في الجدول (٥ - ١٠)

الإشغال الكامل للصفوف ، ولكن بأعداد مختلفة من الأبناء والجدول (٦-١٠) يعرض تشكيلة لمواد الدراسة المتوافرة بشكل عام . أما النموذج المناسب لاستثمار هذه المواد فهو :

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + w_{ij} + e_{ijk} \quad (١٠-٢٦)$$

البيانات						الآباء
Aa		A2		A1		
$Y_{1a}n_{1a}$	Y_{1a1}	$Y_{12}n_{12}$	Y_{121}	$Y_{11}n_{11}$	Y_{111}	B_1
$Y_{2a}n_{2a}$	Y_{2a1}	$Y_{22}n_{22}$	Y_{221}	$Y_{21}n_{21}$	Y_{211}	B_2
$Y_{ba}n_{ba}$	Y_{ba1}	$Y_{b2}n_{b2}$	Y_{b21}	$Y_{b1}n_{b1}$	Y_{b11}	B_b

جدول (١٠-٦) تشكيلة المواد للصفوف الكاملة

ونعرض فيما يلي خطوات استثمار المعلومات

- الخطوة الأولى :

حساب X_{ij}

$$X_{ij} = Y_{ij} = (1/n_{ij}) \sum_{k=1}^{n_{ij}} Y_{ijk} \quad (١٠-٢٧)$$

- الخطوة الثانية :

تنفيذ تحليل تباين على أساس النموذج التالي

$$X_{ij} = \mu + a_i + b_j + e_{ij} \quad (١٠-٢٨)$$

وحساب MQR_x

(إن MQR_x تصف MQR في تحليل التباين لـ (X_{ij}))

- الخطوة الثالثة :

حساب MQR_y

$$MQR_y = \sum_{ij} \sum_k (Y_{ijk} - Y_{ij})^2 / \sum_{ij} n_{ij} - a.b \quad (29-10)$$

- الخطوة الرابعة :

الكشف عن

$$nk = a.b / \sum_i 1 / n_{ij} \quad (30-10)$$

- الخطوة الخامسة :

تحديد F

$$F = MQR_x . nk / MQR_y \quad (31-10)$$

إذا كانت $F \leq F((a-1)(b-1), (\sum_{ij} n_{ij} - ab), (1-\alpha))$ ،

عندئذ يفترض أن مكونات تباين التفاعل غير مهمة . والحالة المعاكسة لها تعني أنها معنوية .

ففي هذا الأسلوب يستخدم اختبار F لاتخاذ القرار ، إلا أن فائدة هذا الأسلوب تتعلق بحجم التجربة .

كلمة أخيرة في هذا المجال تتعلق بالمثال المذكور حول تقدير القيمة التربوية للحيوانات الذكور على أساس إنتاج أفراد نسلها ، إذا افترضنا أن البيئة

تؤثر في شكل كبير على ترتيب الآباء ، أي أن الاختلافات بين الظروف البيئية كبيرة . يجب عندئذ أخذها بالحسبان عند تخطيط وتنفيذ تقدير القيمة التربوية .

١٠-٤ الانتخاب وتفاعل الحيوان - و البيئة :

تقوم الفكرة الأساسية في الاختبارات الحقلية للتحسين الوراثي على أن حيوانات عشيرة ما تنتج تحت ظروف بيئية مختلفة . ومن المتوقع أن يكون إنتاجها تحت الظروف البيئية السيئة منخفضاً على عكس الحال في الظروف البيئية الجيدة . لذلك تتحدد وظائف الانتخاب بالنقطتين التاليتين :

- زيادة مستوى الإنتاج تحت كل الظروف ، ويعني ذلك متوسط الإنتاج .

- تقليل الفارق الإنتاجي (التفاوت) بين التينات المختلفة .

وفيما يلي سنستنتج حساب الارتباط الوراثي في حال وجود تفاعل الحيوان - والبيئة ، لبينتين مختلفتين . فتحت البيئة U_i ($i = 1, 2$) يعطي حيوان ما من إحدى العشائر الإنتاج X_i . سنستخدم الرمز P_i للجزء النسبي للبنتين في العشيرة . أي $p_2 + p_1 = 1$.

ويعبر عن متوسط الإنتاج في البنتين U_1, U_2 بالشكل التالي :

$$X_3 = \sum_{i=1}^n P_i X_i \quad (10-35)$$

أما الارتباط الوراثي بين X_3, X_1 فيعبر عنه كالآتي :

$$Q_{g13} = \text{cov}(g_1, g_2) / \sqrt{\sigma^2 g_1 \sigma^2 g_3} \quad (10-36)$$

وبناء على شكل التباين المشترك التالي :

$$\begin{aligned} \text{Cov}(X, g) &= \text{cov}(g + u, g) = \\ &= \text{cov}(g, g) + \text{cov}(u, g) = \sigma^2 g \end{aligned}$$

وعلى الشكل (٣٥ - ١٠) السابق نكتب الارتباط الوراثي حسب الشكل التالي :

$$Q_{g13} = (٣٧ - ١٠)$$

$$\frac{\text{cov}(g_1, p_1 g_2 + p_2 g_2)}{\sqrt{\sigma^2 g_1 (\sigma^2 g_2 (p_1^2 + p_2^2) + 2 p_1 p_2 \text{cov}(g_1, g_2))}}$$

بتقسيم الشكل (٣٧ - ١٠) على $p_1 \sigma^2 g_2$ نحصل على الشكل

$$Q_{g13} = \frac{[1 + (p_2 / p_1) \cdot Q_{g12} \cdot (\sigma^2 g_2 / \sigma^2 g_1)]}{\sqrt{[1 + (p_2^2 / p_1^2) (\sigma^2 g_2 / \sigma^2 g_1) + 2 (p_2 / p_1) Q_{g12} (\sigma g_2 / \sigma g_1]}}$$

في الجدول نستعرض قيم Q_{g13} حسب قيم Q_{g12} ونسبة بين التباينات الوراثية $\sigma^2 g_2 / \sigma^2 g_1$. إن الارتباط Q_{g12} يمكن أن يأخذ القيم بين $1 +$ و $1 -$. أما نسبة التباينات الوراثية فتكون تحت الشروط الحقلية دائماً بالفواصل من ٠,٢٥ حتى ٠,٤. كما أن $p_2 = p_1 = ١/٢$.

إن المربي لا يهتم فقط بتحديد Q_{g13} وإنما أيضاً في حساب النجاح التربوي في X_3 ، عندما ينتخب حسب X_1 . فالمسألة تتعلق هنا بالنجاح الانتخابي غير المباشر ، الذي يعبر عنه بالشكل التالي :

$$\begin{aligned}\Delta G_{3/1} &= Q_{g13} h_1 h_3 (\sigma_{x_3} / \sigma_{x_1}) dx_1 \quad (٣٩ - ١٠) \\ &= Q_{g13} h_1 \cdot \sigma_{g_3} ds\end{aligned}$$

وبالنظر إلى العلاقة

$$\begin{aligned}\sigma_{g_3}^2 &= \\ p_1^2 h_1^2 (1 + (p_2^2 / p_1^2) \cdot (\sigma_{g_2}^2 / \sigma_{g_1}^2) + 2 (p_2 / p_1) Q_{g12} (\sigma_{g_2} / \sigma_{g_1})) \sigma_{x_1}^2\end{aligned} \quad (٤٠ - ١٠)$$

ينتج لدينا :

$$\begin{aligned}\Delta G_{3/1} &= (1 + (p_2 / p_1) Q_{g12} (\sigma_{g_2} / \sigma_{g_1})) h^2 p_1 ds \cdot \sigma_{x_1} \\ &= (p_1 h_1^2 + \sigma_{x_1} + p_2 Q_{g12} h_1 h_2 \sigma_{x_2}) ds \quad (٤١ - ١٠)\end{aligned}$$

إن الشكل (٤١ - ١٠) يظهر أن النجاح الوراثي في الصفة X_3 لا يمكن حسابه من متوسط النجاح الانتخابي المباشر في الصفة X_1 ومن النجاح الانتخابي غير المباشر في الصفة X_2 . عادة ما يكون النجاح الانتخابي المباشر أكبر من النجاح الانتخابي غير المباشر ، لذلك يكبر الفارق الإنتاجي بين البيئتين . عندما تكون الظروف في البيئة (١) أفضل (الحالة الأولى في المخطط البياني) . وفي الحالة الأخرى يمكن أن تكون الظروف البيئية أسوأ . فإذا افترضنا أن النجاح الانتخابي المباشر يتفوق أيضاً على النجاح الانتخابي

غير المباشر ، عندئذ يتساوى في البيئة السيئة الفارق الإنتاجي بين البيئات
(الحالة الثانية من المخطط البياني)

- إن الوظيفة الثانية للانتخاب تكمن في تخفيض الفوارق في الإنتاج بين
البيئات ، وقد ذكر الطريق اللازم لذلك سابقاً . لو رمزنا للفارق الإنتاجي بين
البيئتين بـ X_4 .

$$X_4 = X_2 - X_1 \quad (١٠ - ٤٢)$$

لوجب تخفيض هذا الفارق خلال الأجيال المتتالية . وهذا الهدف يناسب
الانتخاب لثبات بيئي عال . إن الشكل (١٠ - ٤٢) يشير إلى أن T_2 البيئة
الأفضل (الحالة الثالثة)

إن الارتباط الوراثي بين X_1 و X_4 ينتج أيضاً عن الارتباط الوراثي
بين X_1 و X_2 عن طريق استخدام $P_1 = ١-$ و $P_2 = ١+$. كما يمكن أن
نستنتج من الشكل (١٠ - ٤٢) أن الفارق في الإنتاج بين الانتخاب المباشر
وغير المباشر يقل مع كل مرحلة انتخاب.

في تجارب الانتخاب لعدة أجيال يجب أخذ التغيرات في المعايير الوراثية
أيضاً . وأخيراً تجدر الإشارة مرة أخرى إلى أن هذه الأقوال والتوصيات تقوم
على النموذج الوراثي البسيط للعشيرة .



الفصل الحادي عشر

مسائل هامة في التحسين الوراثي

- ١-١١ المجموع الوراثي وأهمية تحليله للتحسين الوراثي .
- ٢-١١ نقل المورثات .
- ٣-١١ التحسين الوراثي لصفات التناسل .
- ١-٣-١١ معايير التناسل في الحيوانات الذكور .
- ١-١-٣-١١ الشبق والقدرة على القفز .
- ٢-١-٣-١١ إنتاج السائل المنوي - نوعية السائل المنوي وقدرة الإخصاب .
- ٢-٣-١١ صفات التناسل عند إناث الحيوانات .
- ٤-١١ التضاد الوراثي .
- ١-٤-١١ التضاد الوراثي بين إنتاج الحليب والخصوبة .
- ٢-٤-١١ التناقض بين الحجم الكبير / الاكتناز باللحم وصعوبة الولادة .
- ٣-٤-١١ التضاد بين الاستغلال الأمثل للعلف وكبر حجم الحيوان .
- ٤-٤-١١ التضاد بين إنتاج الحليب وإنتاج اللحم .
- ١-٤-٤-١١ العلاقة بين وزن البقرة الصغيرة وإنتاجها من الحليب في الموسم الأول .
- ٢-٤-٤-١١ العلاقات بين إنتاج الحليب ومقاييس جسم البقرة .
- ٣-٤-٤-١١ العلاقات بين صفات الحليب ووزن الجسم عند الأبقار .
- ٤-٤-٤-١١ العلاقات بين صفات الذبيحة وإنتاج الحليب .



مسائل مهمة في التحسين الوراثي

في هذا الفصل نعالج بعض المواضيع الحيوية و التقنية المهمة التي تؤثر و تتأثر في نتائج أعمال التحسين الوراثي. لذلك تعد هذه العلاقة المتبادلة من المسائل المهمة التي يجب مراعاتها عند صياغة برامج التربية، كما أنني أحب أن أشير في هذه المعالجة إلى أن بعض المواضيع درست بشكل موجز ليست لقلة أهميتها ، بل على العكس من ذلك ، فهي تحتاج إلى فصول كاملة لا يسمح هذا الكتاب المحدد بمفرداته تناولها بالشكل المستفيض و المفصل. على المهتمين لآليات عملها دراسة المراجع العلمية المختصة المشار إليها في فهرس المراجع العلمية لهذا الكتاب.

١-١١ المجموع الوراثي Genome و أهمية تحليله للتحسين الوراثي:

إن مصطلح الجينوم يعرف بتفاصيل مختلفة حسب مادة الدراسة (بكتريا، كائنات راقية) ، إلا أنه في النهاية يشير إلى مجموع مورثات أحد الأنواع الحية. فتحليله يمكن من الإطلاع على الأحداث الوراثية من الخاصة الجزيئية. و من خلال ذلك نستطيع التعرف و فهم البناء الوراثي للصفات الوراثية في الحيوانات الزراعية. كما أن التحاليل المكثفة لهذا المجموع الوراثي تزيد معارفنا حول التشكيل أو التركيب الوراثي لحيوانات التربية. و هذا يشكل شرطاً مهماً لتحديد التأثيرات الوراثية في أساليب التربية ، و بالتالي استخدام الأنسب منها. فالتشخيص الوراثي يسمح بإدراك التغيرات الوراثية بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق علامات الـ DNA marker. إن

هذا العمل في مجال الوراثة الجزيئية يتطلب زيادة معارفنا و تطوير علومنا في مجال تحليل المجموع الوراثي للحيوانات الزراعية. لأن هذه المعارف المتطورة تساعد في تقدير فعالية و تأثيرات الأساليب التربوية بشكل أفضل.

١١-٢ نقل المورثات Gentransfer:

يقصد بهذا المصطلح نقل الـ DNA المعاد تركيبه مخبرياً *vitro* و تثبيته في DNA ، أو في المجموع الوراثي Genome للمستقبل. فإذا اندمج بناء الـ DNA المنقول في المجموع الوراثي للمستقبل، نصغه بالمورث المنقول *transgen*. إن الهدف النهائي من نقل المورثات هو التأثير في صفات محددة في الكائن المستقبل ، أو إدخال صفات جديدة إليه. و بعد ذلك يتوقع أن يعطي المورثة المنقولة إلى الأبناء، إذ يمكن من خلال ذلك تشكيل خطوط للمورثات المنقولة. و للمزيد من المعلومات حول نقل المورثات في الحيوانات الزراعية يفضل الرجوع إلى منشورات الباحث Brem و زملائه (١٩٩١-١٩٩٢).

إن الهدف من إنتاج كائنات منقولة المورثات هو أن يكون المورث المنقول موجوداً في الخلايا الجسمية و الجنسية للحيوان. فالموعد الملائم لهذا النقل المورثي يكون في مراحل التطور الجنيني، أي في الوقت الذي يكون فيه الكائن يتشكل من عدد قليل من الخلايا (Blastomere, zygote) و هذا يتطلب أيضاً المعرفة بمسائل كثيرة مثل تقنية التنازل ، و نقل الأجنة ، و نقل المورثات . . . الخ.

١١-٣-٣-١-١ لتحسين الوراثي لصفات التناسل

١١-٣-٣-١-١ معايير التناسل في الحيوانات الذكور

إن النضج الجنسي يحدد التاريخ الممكن للاستفادة التربوية من الحيوانات الذكور ، وهو يتعلق بنوع و سلالة الحيوان ، كما أن هناك بعض العوامل الخارجية تؤثر فيه مثل ضوء النهار عند الأعتماد. إن الظاهرتين المهمتين في هذا السياق بالنسبة للأهداف التربوية هما: الرغبة الجنسية و صلاحية أو كفاءة التزاوج، من جهة ، و توافر السائل المنوي الصالح للإخصاب بكميات كافية في الدفقة الواحدة من جهة ثانية.

إن الحديث عن النضج التربوي يقصد به النضج الجسدي للحيوان المزمع استخدامه تربوياً في الحقل. و تتحدد نهاية المرحلة التناسلية للذكور المستخدمة في التلقيح الاصطناعي غالباً مع ظهور عيوب في مجال الإخصاب مثل تراجع كمية و نوعية السائل المنوي المنتج.

١١-٣-٣-١-١ الشبق و القدرة على القفز:

إن الرغبة الجنسية موجهة هرمونياً و تختلف من فرد لآخر. و يرتبط معها موضوع كفاءة التمثيل الجنسي للذكور الحيوانات الزراعية. إذ يعبر عنها بكفاءة القفز الممكنة مع المحافظة على صفات الدفقات نفسها. و هي تتعلق بالنوع الحيواني ، و هي تتناقص على سبيل المثال حسب الترتيب الكباش - الثيران - الأحصنة - الخنازير. و تؤثر في هذا المجال بعض العوامل مثل وقت السنة، العمر، الحالة الجسدية، و درجة الطلب الجنسي ، و عوامل أخرى.

إن الضعف الجنسي في القفز يمكن أن يظهر نتيجة عيوب وراثية أو كنتيجة للإرهاق الجنسي.

١١-٣-١-٢ إنتاج السائل المنوي - نوعية السائل المنوي و قدرة الإخصاب:

إن قدرة الإخصاب للذكور في الحيوانات الزراعية يعبر عنها عملياً في التلقيح الطبيعي و الاصطناعي من خلال نسبة الحمل، و هو يتعلق بنوعية الدفقة المنوية التي تتأثر في كمية الدفقة و تركيز الكائنات المنوية ، و كذلك ببعض الصفات الخاصة لخلايا و بلازما الكائنات المنوية. هذه الصفات تسجل و تقوم في إطار التلقيح الاصطناعي حسب مقاييس مختلفة ، بينما لا تكون معروفة في التلقيح الطبيعي.

بالنسبة لصفات التناسل عند الحيوانات الذكور نشير إلى بعض المعايير الوراثية:

- تقديرات المكافئ الوراثي لعناصر سلوك التزاوج و صفات السائل

المنوي تقع بين القيم ٠,٢-٠,٦ (Pirschner ١٩٦٨).

- القيمة الوراثية للرغبة الجنسية لثيران التلقيح الاصطناعي بين ٠,١ و

حتى ٠,٥ و ذلك حسب (Averqunk, Distel ١٩٨٨)

- قدرت معاملات ارتباط إيجابية بين حجم و وزن الخصى و إخصاب

هذه الحيوانات الذكور (Grser ١٩٩٢).

- المكافئ الوراثي لقيم هذه الخصى يقع بين القيم ٠,٢ - ٠,٧ (Distel و

آخرون ١٩٨٨).

- صفات السائل المنوي مثل الحجم و الكثافة، و الحركة الأمامية و الجزء الميت و المريض من الكائنات المنوية في الدفقة تمتلك مكافئاً يبلغ ٠,١ - ٠,٣ (Distel و آخرون ١٩٨٨)
- بالنسبة لقدرة إخصاب الحيوانات الذكور يكشف عنها من خلال نتائج التلقيح و التزاوج. إن قيم المكافئ الوراثي لنتائج التلقيح منفردة بالنسبة للثيران كانت منخفضة جداً، إذ تراوحت بين ٠,٠٠١ و ٠,٠٢ (Pirchner و Fehlings ١٩٩١)

١١-٣-٢ صفات التناسل عند إناث الحيوانات:

إن الصفات الجنسية الخاصة بالتناسل يعبر عنها في التحسين الوراثي من خلال نتائج التناسل أي الإنتاج الحقيقي للنسل. إن إنتاج نمل حي صالح للإنتاج عبارة عن نتيجة لعدد كبير من الوقائع الحيوية، إذ يتأثر البعض في الوراثة فقط (مثل نفوق الأجنة بسبب العوامل الوراثية المميتة) و البعض الآخر يتأثر في الوراثة، و كذلك بالعوامل البيئية (مثل نسبة الإباضة في الحيوانات المتعددة الولادات)، وكما أن هناك بعض الصفات تنتج فقط عن التأثيرات البيئية (مثل موعد التلقيح الاصطناعي المحدد من قبل المربي خلال دورة الشبق).

في الأعمال التربوية لصفة الخصوبة يجب تحديد مكونات نتائج التناسل الواجب تحسينها و كذلك الشروط الوراثية اللازمة لذلك.

من المعايير الإنتاجية المهمة اقتصادياً من وجهة نظر التحسين الوراثي نذكر المقاييس التالية:

- النجاح التناسلي الحيوي من التزاوج أو التلقيح:

تستخدم في التلقيح المعايير التالية :

- دليل التلقيح (عدد التلقيحات اللازمة لكل حمل)
- الفترة بين التلقيحات (الفترة الزمنية بين أول و آخر تلقيح لإحدى الدورات التناسلية).
- Non-Return-Rate (جزء الحيوانات الإناث الملقحة خلال الفترة الزمنية مثلاً من ٦٠-٩٠ يوم و لم يعاد تلقيحها بعد التلقيحة الأولى في آخر يوم مثلاً اليوم الـ ٩٠).
- نسبة الحمل (جزء الحيوانات الملقحة و التي تبين نتيجة الفحص أنها حامل).
- نسبة الولادات (جزء الحيوانات الملقحة و التي ولدت في الموعد المحدد).

• عدد أفراد النسل خلال وحدة زمنية محددة:

إن عدد أفراد النسل المحقق خلال فترة زمنية محددة مهم سواء للأعمال التربوية أو من وجهة نظر اقتصادية.

• عدد أفراد النسل لكل ولادة

• تكرار التناسل:

إن تكرار التناسل يصف المسافة الزمنية التي يمكن فيها إنتاج نسل بشكل طبيعي. فالمسافات الزمنية الحقيقية هي الفترة بين ولادتين، مدة الحمل. و هذا الصفات تتأثر في عوامل تتعلق بالنوع الحيواني و بالحيوان نفسه. أخيراً نذكر بعض المقاييس و النواحي الوراثية للصفات المذكورة سابقاً:

- بالنسبة لثيران التلقيح فقد قدرت قيم المكافئ الوراثي الخاصة بصفة non-Return-Rate عند الذكور ، و بين معايير الخصوبة عند أفراد نسلها بالإناث.

- من العلاقات المهمة بين نتائج التناسل و النتائج لصفات أخرى نذكر العلاقة بين صفات التناسل و إنتاج الحليب عند الأبقار. فقد كشفت العديد من الدراسات عن علاقات مظهرية وراثية سلبية بين الصفات المذكورة. و هذا يشير إلى تدهور صفة الإخصاب للأبقار العالية الإنتاج. و يمكن من خلال الإدارة الفعالة للمحطات التحقق من وطأة هذه العلاقة.

- إن صفات الإخصاب مثل الفترة بين الولادتين عند الأبقار تتأثر بشكل قوي في عوامل البيئة و بالمربي ، و لذلك تملك مكافئاً وراثياً منخفضاً جداً و لتحسين هذه الصفات لا بد من اتباع طرائق الخلط التربوية.

١١-٤- التضاد في التحسين الوراثي للأبقار

Antagonism in cow breeding

التضاد الوراثي هو التأثيرات الوراثية المتناقضة للصفات و التي تعكس مظاهرها في قيم الصفات الفيزيولوجية و التشريحية. و ينشأ التضاد الوراثي عن العلاقات الوراثية غير المناسبة بين الصفات الانتخابية، بسبب يحد من تحسينها و يجعله غير ممكن. إن موضوع التضاد الوراثي يهم العاملين في مجال التربية و التحسين الوراثي و لذلك من الضروري التعرف على هذه التضادات عن قرب. من أشكال التضاد الموجودة في تربية الأبقار نذكر التضاد بين صفة إنتاج الحليب و مقاييس الخصوبة، و التضاد بين كبر الجسم و

الاكتناز باللحم من جهة ، وصعوبات الولادة من جهة أخرى، و التضاد بين الاستفادة المثلى من العلف ، وكبر حجم الجسم (سعة الجسم) ، والتضاد الوراثي بين صفات إنتاج الحليب ، و صفات إنتاج اللحم المهم بصورة خاصة في تربية أبقار ثنائية الغرض.

١١-٤-١ التضاد الوراثي بين إنتاج الحليب و الخصوبة:

لقد حظي و ما يزال يحظى هذا التناقض الوراثي بالاهتمام دون استخدام المصطلحات الخاصة به. و ازدادت التباينات الكبيرة في تسجيل صفات الخصوبة من صعوبة تقدير الارتباطات الوراثية بين الصفات المذكورة ، وبالتالي من قلة الأعمال و الأبحاث في هذا المجال. لكن من السهولة استنتاج التأثير السلبي لفترة الراحة أو لفترة بين الولادتين في إنتاج الحليب من الناحية الاقتصادية عندما تلتحق الأبقار عالية الإنتاج في وقت متأخر. إن هذه العلاقة لا تظهر بشكلها الواضح في الأبقار الصغيرة في موسم الحليب الأول ، أو في أبقار منخفضة الإنتاج ، كما هو الحال في الأبقار العالية الإنتاج في مواسم الحليب العالي.

ففي تجربة قام بها Berger و زملاؤه في كاليفورنيا لتقدير الارتباط بين إنتاج الحليب في المستين يوماً الأولى من موسم الإنتاج ، وبين فترة الراحة أو عدد التفقيحات للحمل الواحد وجدوا أن قيمة عامل الارتباط كانت $(0.4=r)$. و تزداد القيمة إلى $r=0.6$ عند تناول الموسم الإنتاجي بكامله.

١١-٤-٢ التناقض بين الحجم الكبير / الاكتناز باللحم و صعوبة الولادة:

علاقة أخرى غير مرغوبة تنشأ بين الحجم الكبير للحيوان أو اكتناز الحيوان باللحم من جهة، و صعوبة الولادة من جهة أخرى. و تكمن وراء هذه العلاقة غير المناسبة صفة كبر الحجم نفسها. فقد اكتشفت بعض الأبحاث الأمريكية أن هذه العلاقة موجودة أيضاً في عروق الطليب كبيرة الحجم. إذ كانت الأبقار الكبيرة تعاني من مشكلات الولادة أكثر من غيرها. قد تكون هذه نتيجة مفاجئة إذا كان المرء يتوقع أن تلد الأبقار الكبيرة بسهولة و أن مشكلات الولادة ناتجة عن المواليد الكبيرة الحجم فقط.

ضمن هذا السياق وجد Thompson و آخرون علاقة واضحة رغم انخفاضها نحو (٠,٣) بين كبر حجم النسل الثور و صعوبة ولادة بناته. و قد أكدت نتائج تجارب Berger و آخرون (١٩٧٦) هذه العلاقة.

إن التأثير غير المناسب لكبر الحجم يعود إلى زيادة وزن المولود مع كبر الحجم و إلى التراجع النسبي في تشكيل فتحة الرحم. فالمعامل الإحصائي لفتحة الرحم يكون دائماً أقل من واحد و بالتالي تصادف العجول الكبيرة هذه الفتحات الضيقة نسبياً.

أما الارتباط بين اكتناز اللحم و صعوبات الولادة فقد فسره بعض الباحثين الفرنسيين بأن النماذج الحيوانية التي تشكل العضلات بكثرة في أجسامها تملك إنثائها عادة أرحاماً صغيرة و تظهر هذه العلاقة واضحة في الأبقار ثنائية الغرض التي تحسن باتجاه إنتاج اللحم ، إذ تزداد مشكلات ولادات الأبقار نتيجة لهذا التحسن.

١١-٤-٣ التضاعف بين الاستغلال الأمثل للعلف و كبر حجم الحيوان:

هذا التضاد يوجد بصورة خاصة في أبقار الحليب، فمن المعروف أن الحجم الكبير للحيوان يرتبط إيجابياً مع كل من إنتاج الحليب و مع كمية العلف المستهلكة، و لكن تزداد في الوقت نفسه كمية العلف المخصصة كطاقة صيانة أو حفظ الجسم بشكل كبير ، مما يؤدي إلى توجيه القسم الأكبر من العلف لهدف غير إنتاجي، و بالتالي تنخفض فعالية إنتاج الحليب. و من هذا نستنتج أن الحيوانات كبيرة الحجم تتصف بالاستغلال السيئ للعلف مقارنة بالحيوانات صغيرة الحجم من السلالة نفسها، أي أن هذه النتيجة لا تصلح لمقارنة سلالات مختلفة بل تقتصر على حيوانات المجموع الواحد. و بناء على ما تقدم لا يجب التفكير بأن ازدياد كبر حجم الحيوان سوف يؤدي إلى ازدياد الحليب عبر ازدياد استهلاك الأعلاف.

١١-٤-٤ التضاد بين إنتاج اللحم و إنتاج الحليب:

هو أهم أشكال التضاد على الإطلاق ؛ لأنه يمس مباشرة العلاقات بين الصفات الإنتاجية الرئيسة في الأبقار. و إن دراسة هذا التضاد الذي يشكل أحد أنواع العلاقات بين صفات الحليب و اللحم يحتل مكانة عالية في الدول التي تربي فيها أبقار ثنائية الغرض ، أو التي يشكل لديها الحليب المصدر الأساسي لإنتاج اللحم البقري. هنا يواجه المربيون واحد من أهم أسئلة تربية الحيوان وهو يتعلق بالإمكانات المتاحة صفات الحليب و اللحم في حيوان واحد عند مستوى عال من الإنتاج ، أو بإمكان إجراء التحسين الوراثي لصفات كلا المركبين في

وقت واحد. نظراً لأهمية هذا الموضوع في بلادنا من المفيد دراسة العلاقات القائمة بين صفات الحليب و اللحم بشكل أكثر تفصيلاً.

إن العلاقات الوراثية تؤدي دوراً أساسياً في الإجابة عن السؤال المطروح سابقاً، لأنها تشير إلى الإمكانيات البيولوجية - التربوية لجمع صفات الحليب و اللحم ، كما تشير إلى التغيرات الوراثية ممكنة الحدوث في صفات ما عندما تغير الصفات الانتخابية.

لقد أشار Prichner (١٩٨١) إلى أن العلاقة بين الحليب و اللحم تأخذ شكل التضاد الوراثي و أن أساس هذا التضاد يقوم على الاختلاف في العمليات الفيزيولوجية الضرورية لتشكيل كل من صفات الحليب و اللحم. و في هذا السياق أشار كل من Seeland و Shönmath (١٩٨٦) إلى أن هذا التضاد يظهر أيضاً في قيم تشريحية كما هو الحال في العلاقة بين تشكيل اللحم والعضلات في الأرداف الخلفية ، وإمكان بروز الضرع الكبير نحو الخلف أي بين الأرجل الخلفية. و فيما يلي دراسة للعلاقات المختلفة بين صفات الحليب واللحم (و يقصد بصفات اللحم صفات مقاييس الجسم و صفة الوزن الحي وكذلك صفات الذبيحة).

١١-٤-٤-١ العلاقة بين وزن جسم البقرة الصغيرة و إنتاجها من الحليب في الموسم الأول:

إن إنتاج الحليب في الموسم الأول ذو أهمية كبيرة سواء عند تقويم الحيوانات ذاتها كإنتاج خاص أو عند تقويم الآباء في الاختيار بالنسل. إذ كثيراً ما تستبعد حيوانات من متابعة التربية بسبب نتائج الموسم الأول. و هنا نطرح

السؤال التالي حول إمكان وجود تأثير للعلاقة بين صفات الحليب و اللحم في إنتاج الحليب في الموسم الأول خلال إحدى مراحل نمو الحيوان. من المعروف أن الحيوانات الصغيرة تمتلك قدرة مشترطة وراثياً للنمو. و أن الاستغلال المثالي لهذه القدرة يؤدي إلى تحقيق ما يسمى الوزن الحي المثالي عن أو بعد الولادة. و قد أكدت نتائج أبحاث مختلفة أن الوزن الحي المثالي عند أو بعد الولادة يؤثر إيجابياً في العلاقة القائمة بين وزن البقرة الصغيرة و إنتاجها. فعند الأوزان الحية للأبقار الصغيرة قبل الولادة المتزاوجة بين ٥٠٠-٥٢٠ كغ يكون الارتباط بين الصفتين إيجابياً ($r_p = 0.36$ و حتى $r_p = 0.48$).

من جهة أخرى تؤثر التربية المكثفة التي تؤدي لوصول الأبقار إلى أوزان حية عالية عند الولادة الأولى سلباً في هذه العلاقة ، وبالتالي في إنتاج الحليب في الموسم الأول. كذلك الحال بالنسبة للتربية الناقصة أو غير الكافية والتي ينتج عنها حيوانات ذات قدرة قليلة سواء بإنتاج الحليب أو بإنتاج اللحم.

١١-٤-٤-٢ العلاقات بين إنتاج الحليب و مقاييس جسم البقرة:

و يقصد بمقاييس الجسم ارتفاع الغارب، طول الجذع، عمق الصدر، محيط الصدر، عرض الحوض.

في هذا المضمار تشير نتائج الدراسات إلى أن العلاقة بين ارتفاع الغارب و كمية الحليب موجبة، بينما هي سالبة بين ارتفاع الغارب و نسبة دسم أو بروتين الحليب. و لو سحبنا هذه النتائج على سلالات لوجدنا أن الأبقار ذات الإنتاج العالي لكميات الحليب تكون كبيرة ، كما هو الحال في الهولشتاين فريزيان، و الأبقار المنتجة لحليب بنسبة دسم مرتفعة تكون صغيرة كما هو

الحال في الجرسى. إلا أن هذه العلاقات ليست شديدة كما هو واضح في الجدول (١-١١). هذا يعني أن الانتخاب للحيوانات الكبيرة ضمن السلالة الواحدة لا يؤدي بشكل آلي إلى زيادة إنتاج الحليب. فقد وجد Gravert (١٩٨٠) أن تحقيق زيادة بمقدار (٠,٥ سم إلى ١ سم) ، و أن الزيادة في ارتفاع الغارب بمقدار ١ سم تعمل على رفع إنتاج الحليب بمقدار ٥٠-١٠٠ لتر... لذلك ينصح بالانتخاب المباشر لصفة الحليب. أما التغيرات الحاصلة في ارتفاع الغارب فتعزي إلى الاستجابة غير المباشرة للانتخاب.

أما صفتا طول الحوض و عرضه فهما مرتبطتان إيجابياً مع صفة كمية الحليب. و على الرغم من ذلك يعارض كثير من المربين إدخال هاتين الصفتين في برامج تربية أبقار الحليب. و بالنسبة لصفة محيط الصدر فهي ترتبط أيضاً إيجابياً مع إنتاج الحليب، إن بعض الباحثين يؤكد التغير الحاصل في الشكل الخارجي لأبقار ثنائية الغرض حسنت فيها صفات الحليب، إذ تعزي هذا التغير العام إلى التغير في محيط الصدر.

و يجب الإشارة في هذا السياق إلى أن صفة محيط الصدر تتغير مع صفة الوزن الحي خلال الموسم الإنتاجي الواحد. و هذا الأمر يفسر من خلال استعمال البقرة في بداية الموسم للدهن المخزن في نسمها لإنتاج الحليب، و من ثم إعادة تخزينه في نهاية الموسم استعداداً للموسم القادم. لذلك نلاحظ وجود تقديرات إيجابية و أخرى سلبية لعلاقة محيط الصدر مع إنتاج الحليب.

أخيراً ترتبط صفة عمق الصدر إيجابياً مع صفات الحليب. فالأبقار ذات الإنتاج المرتفع من الحليب تمتلك صدوراً عميقة تؤمن لها أجهزة تنفسية كبيرة بشكل تناسب عمليات الاستقلاب النشيطة عند هذه الأبقار.

١١-٤-٣ العلاقات بين صفات الحليب و وزن الجسم عند الأبقار:

تحتل هذه العلاقة أهمية خاصة في الأبقار ثنائية الغرض إذ يهتم بتحسين صفات الحليب و اللحم. و تشير الدراسات إلى تغير هذه العلاقة خلال الموسم الواحد متأثرة بالحالة الفيزيولوجية و الإنتاجية للحيوان. لكن النتائج المدونة في الجدول (١١-١) تؤكد الارتباط السليبي بين الصفتين.

الصفات	معامل الارتباط المقدر
ارتفاع الغارب / كمية الحليب	+٠,١١ - +٠,٢٦
ارتفاع الغارب / نسبة دسم الحليب	-٠,٢٤ - -٠,١٠
ارتفاع الغارب / نسبة البروتين	-٠,١٢
محيط الصدر / كمية الحليب	-٠,١٥ - +٠,٣٧
عمق الصدر / كمية الحليب	+٠,٢٣
عمق الصدر / نسبة دسم الحليب	+٠,٢٣
عرض الحوض / كمية الحليب	+٠,٣٢
عرض الحوض / نسبة دسم الحليب	-٠,٠٨ - +٠,٠٤
وزن الجسم / إنتاج الحليب في الموسم الأول	-٠,٢٤ - +٠,٢٥
وزن الجسم / إنتاج الحليب في الموسم الثاني	-٠,٢٤
وزن الجسم بعد ٢٠ يوم من بدء الموسم / إنتاج الحليب في الموسم الثاني	-٠,٦٥

الجدول (١١-١) العلاقات بين مقاييس الجسم المختلفة و صفات الحليب عند الأبقار

١١-٤-٤-٤ العلاقات بين صفات الذبيحة و إنتاج الحليب:

إن صفات الذبيحة تشمل الصفات الكمية للذبيحة (وزن نصفي الذبيحة و نسبة التصافي و أجزاء اللحم ذات القيمة الغذائية المرتفعة) و الصفات النوعية للذبيحة (الطراوة و العصرية، و الرائحة ...) إن المرء يستنتج بسهولة من الجدول (١١-٢) أن العلاقات بين صفات الحليب و صفات الذبيحة سالبة. و قد وجد عدد من الباحثين أن العلاقات المذكورة تتأثر في عوامل كثيرة. فالخلط بين الأبقار السوداء الملونة مع الهولشتاين فريزيان و مع الجرسسي أدى إلى زيادة في شدة العلاقات السلبية. كما أن كمية الدهن في منطقة الكلبيتين تزداد مع ازدياد عدد المواسم و الإنتاجية و بالتالي مع زيادة وزن الجسم.

العرق	الصفة	معامل الارتباط الوراثي (r_g)
الفريزيان البريطاني	كمية الحليب / عضلات الأفخاذ	-٠,٤
السيمنتال	كمية الحليب / وزن الذبيحة	-٠,٢٤
هولشتاين فريزيان	كمية الحليب / تشكيل العضلات	-٠,٣٨
الأسود الملون	كمية الحليب / أجزاء الذبيحة ذات القيمة العالية	-٠,١٤

جدول (١١-٢) العلاقات بين صفات الذبيحة و صفات الحليب



بعض المصطلحات المهمة في التحسين الوراثي للحيوانات

Additive variance	تباين تجمعي	Accumulative	تراكمي
Average effect of gene substitution	متوسط أثر استبدال المورثة	Aggregate genotype	الوراثة الكمية للحيوان
Breed average	متوسط السلالة	Average gene effect	متوسط الأثر الوراثي
Collateral relations	الأقارب الجانبية	Breeding value	القيمة التربوية
Contemporary companions	المقارنات المعاصرة	Common parents	الآباء المشتركة
Covariance	التباين المشترك	Correlated response	التغير المرتبط (الاستجابة المرتبطة)
Culled	الحيوانات المستبعدة	Crossbreeding	تربية الخلط
Dominance effect	التأثير السيادة	Directed selection	الانتخاب الموجه
Environmental variance	تباين بيئي	Dominance variance	تباين سيادي
Gene frequency	تكرار الجين	Epistatic effect	التأثير النفوقي
Genetic correlation	الارتباط الوراثي	Generation length	طول فترة الجيل
Grading	التدريج	Genotype	التركيب الوراثي
Herd average	متوسط الأبقار المعاصرة	Hardy-Weinberg Rule	قاعدة هاردي واينبرغ

Heterosis	قوة الهجين	Heritability	المكافئ الوراثي
Inbreeding coefficient	معامل التربية الداخلية	Inbreeding	تربية داخلية
Interclass	الارتباط الجواني	Inbreeding depression	تدهور التربية الداخلية
Locus	موقع وراثي	Line breeding	تربية الخط
Mature equivalent	القيمة المعدلة	Maternal influence	تأثير الأم على بناتها
Multiple records	السجلات المتعددة	Migration	الهجرة
Normal distribution	التوزيع الطبيعي	mutations	الطفرات
phenotype	المظهر (الشكل) الخارجي	Partial regressions	عوامل اعتماد جزئية
Polygenes	مورثات متعددة	Poleiotropy	التأثير المتعدد
Predicted difference	الفارق المتوقع	Population	عشيرة
Progeny test	اختبار النسل	Prepotency	طبع القطيع بطابع معين
Random mating	التلقيح العشوائي	Random drift	الانحراف العشوائي
Relationship coefficient	معامل القرابة	Realized heritability	المكافئ الوراثي المحقق
Repeatability	معامل التكرار	Relative Breeding Value	القيمة التربوية النسبية

Response to selection	الاستجابة للانتخاب	Replacement	نسبة الإحلال في القطيع
Selected parents	الآباء المنتخبين	Sampling	الصفة
Selection index	الدليل الانتخابي	Selection deferential	الفارق الانتخابي
Selection methods	طرائق الانتخاب	Selection intensity	الشدة الانتخابية
Sire index	دليل الطلقة	Selective advantage	ميزة انتخابية
Transmitting Ability	المقدرة العبورية	The gene	المورثة
Weighing factors		(الأهمية)	عوامل الوزن



فهرس المراجع الأجنبية

- Ahlborn- Breier , G. and W.D. Hohenboken (1991) : Additive and non additive genetic effects on milk production in dairy cattle: Evidence for major individual Heterosis . J. dairy science 74, 592 – 602.*
- Buchnan, D.S. and R.K. Johnson (1984): Reproductive performance for four breeds of swine: crossbred females and purebred and crossbred boars .J. Animals science 59, 948-956.*
- Csire, L., P. Veszely und D. Simon (1972): Különböző fajtájú kocak tenyésztési teljesítményének összehasonlító vizsgálata az imparszerű tartásban (vergleichsuntersuchungen der zuchtleistung von susen vetrschiedener Rassen bei industriemäßiger Haltung). Allattenyésztes Tom 21, no.4, 341-351. Budapest.*
- Cunningham, E.P. (1987) : crossbreeding – the Greek Temple Model . J. Anim. Breed. Genet. 104, 2 – 11 .*
- Dempfle, L (1975) : A note on increasing the limit of selection through selection within families. Genetical research 24, 127-135*
- Dempfle, L (1982) : Zuchtwertschätzung beim Rind mit iener ausführlichen Darstellung der BLUP-Methode. Fortschritte der Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, H.3. verlag paul parey, Hamburg und Berlin.*
- Dickerson , G.E. (1973): Inbreeding and heterosis in animals. Proc. Of the animal Breeding and Genetics Sympos. In Honour of Dr. J.L Lush. Pp.54-77. Amer. Soc. Anim. sci. and Amer. soc. dairy sci. Champaign II.*
- Dickerson , G.E. (1969): Experimental approaches in utilizing breed recourses. Animal Breeding Abstracts 37: 191-202 .*
- Distl, O. (1991): Zucht auf Fruchtbarkeitmerkmale beim Rind. Fortschritte in der Tierzüchtung . Festschrift, herausgegeben von prof. Gottfried Brem . Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 255-273.*
- Falconer, D.S (1984): Einführung in die Quantitative Genetik. Übers: P. Glöde. UTB f. Wissensch. 1334.*
- Fehlings, R. und F. Pirchner (1991): Erbllichkeit und Wiederholbarkeit der Fruchtbarkeit von Braunviehstieren. Fortschritte in der Tierzüchtung. Festschrift, herausgegeben Ulmer, Stuttgart, 41-59.*

Fewson, D. (1974) : crossbreeding in farm animals. Proc. Working symposium on breed evaluation and crossing experiments with farm animals, zeist 1974, pp. 25-38.

Graser, H. U. (1992): Geben Hodenmaße Ausschluß über die Fruchtbarkeit eines Bullen? Der tierzüchter, 77, 42-43.

Henderson, C. R. (1963) : selection index and expected genetic advance. In statistical Genetics and plant Breeding. NAS-NRC publ. 982, 141-163.

Henderson, C. R. (1976) : A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. Biometrics 32, 69-83.

Kaschab El, S. D. Smidt und D. Dreyer (1979): Untersuchungen über den genetischen Einfluß der väter auf die Trächtigkeitsdauer beim Rind. Züchtungskunde 2, 105-112

Kinghorn, B. (1980) : 'The expression of " recombination loss " in quantitative traits. Z. Tierz. Züchtungsbiol. 97, 138-143.

Knap, P. W. (1987): performance of purebred dutch Yorkshire boars versus crossbred (Belgian Landrace x Dutch Yorkshire) boars. A field trial. Livestock prod. sci. 16, 51-64.

Kober, H. (1992): Das schwäbisch Häschwein, Bestandsaufnahme einer gefährdeten Nutztier rasse. Diss. Tierärz Hochschule, Hannover.

Koch, R. M., G. E. Dickerson, L. V. Cundiff and K. E. Gregory (1985) : heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Herford cattle. J. Dairy sci. 60, 117-1132.

Kögel, J. T. Ilg und L. Demfle (1988): Gebrauchs-kreuzungsversuch beim Braunvieh. Der Tierzüchter 40, 205-211.

Kräusslich, H. und K. Osterkorn (1976): Erfassung und Verwertung von Fruchtbarkeitsdaten beim Rind. Tierzüchter 11, 496-497.

Lederer, J. A. (1978) : Züchterische Möglichkeiten zur verbesserung der Fruchtbarkeit in der schwarzbuntpopulation Niedersachsens. Tierzüchter 3, 97-100.

Legault, C. (1978) : Genetique et reproduction chez le porc. Journées Rech. Porcine en France, 43-60.

Mc Donald, L. E. (1980) : Veterinary endocrinology and reproduction. Verlag Lea and Febiger, Philadelphia.

- Neumann, F. (1970)* : Die Bedeutung der Androgene für die sexualdifferenzierung. Berl.Münch. Tierärztl. Wschr. 83,389.
- Schunmuth, G. (1963)*: Zur Züchtung eines milchreichen Zweinutzungsgrindes mit hohem Milchfett- und Eiweißgehalt und bestem Euter. Archiv für Tierzucht 6, 79-92.
- Seeland, G.C. Schönmuth und A. Wilke (1984)*: Heritabilitäts – und genetische Korrelationskoeffizienten von Milchleistungsmerkmalen der Rasse "Schwarzbuntes Milchrind". tierzucht 38,91-94.
- Simon, D. (1991)*: Mehrfaktorielle Klassifizierung von Zuchtmethoden. 42. Jahrestagung EVT Berlin, Kommission für Tiergenetik IV, 226.
- Smidt, D.K. Dannenberg und E. Weseloh (1968)*: Die Bedeutung von Geburtsvorgang und Laktation für die Fortpflanzungsleistung landwirtschaftlicher Nutztiere. Züchtungsbiol. 3/4, 236-250.
- Stahl, W., Rasch, D., Siler, R., und Vachal, J.*: Populationsgenetik für Tierzüchter. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 1969.

المراجع العربية

بسم الله عيسى (١٩٩٢-١٩٩٣)

التحسين الوراثي (الجزء النظري) منشورات جامعة دمشق

اللجنة العلمية :

أ. د محمد المحروس .

أ. د علي العلي .

أ. د أحمد الشيخ

المدقق اللغوي :

أ. د شلاش قداح

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات