الباب الثانى

التحسين الوراثى فى الحيوانات الزراعية

الباب الثانى

التحسين الوراثى فى الحيوانات الزراعية (فى الماشية)

تُستخدم ثلاثة خطط رئيسية لأجل إجراء التحسين الوراثى فى الحيوانات الزراعية وهى:

١- الانتخاب بين الأنواع أو السلالات أى إحلال نوع أو سلالة مكان نوع أو سلالة أخرى.

٢- الانتخاب داخل الأنواع أو السلالات وذلك باختيار أحسن الآباء فى داخل نوع أو سلالة معينة.

٣- التزاوج بالخلط بين اباء من نوعين أو أكثر مختلفين أو بين سلالتين أو أكثر مختلفين.

ونظرًا للتقدم العلمى فى مجال التحسين الوراثى فى الحيوانات الزراعية تم اكتشاف خطط جديدة لإجراء التحسين باستخدام بيولوجيا الجزيئات molecular biology التى تشمل القدرة على نقل الجينات بين السلالات أو داخل كل سلالة، وكذلك القدرة على تنظيم أو محاولة التعبير عن وجود الجينات، ومن هذه المجهودات العلمية الجديدة تكنولوجيا الإخصاب، وتكنولوجيا الوراثة الجزيئية والتى تؤدى إلى سرعة التقدم فى برامج التحسين فى الحيوانات الزراعية مثل التلقيح الصناعى (AI)، وكثافة تكوين البويضات multiple ovulation واستعادة الأجنة embryo recovery، ونقل الأجنة embryo transfer (MOET) فى المعمل، وتحديد كروموسوم الجنس فى المنى sexing in semen أو تحديد جنس الجنين sexing of embryos، والجين المكاثر cloning أى الإنتاج على نطاق واسع لأجنة متشابهة.

ولكى تكون استراتيجية أو خطة التحسين الوراثى ذات فائدة مؤثرة من الأهمية أن يكون لدى المربى صورة واضحة عن الأهمية الاقتصادية للصفات المطلوب توفرها فى الحيوانات لتحقيق التحسين المطلوب، وهذا يتطلب الاختيار السليم للأنواع أو السلالات التى تتوفر بها هذه الصفات والمتاحة فى المنطقة، وبذلك يتضح للمربى إمكانية

تحقيق النجاح فى تحسين الصفة باستخدام الانتخاب داخل النوع أو السلالة، وهذا يتطلب أيضًا أن تتوفر لدى المربى المعلومات المؤكدة الكافية عن أداء الأنواع أو الخلطان المختلفة، والمصادر التمويلية والطبيعية المتاحة بالمزرعة ومتطلبات السوق المحلية والمدة المتاحة للمربى لإجراء التحسين المطلوب.

أولاً: الانتخاب بين الأنواع أو السلالات Selection between breeds

يمكن أن يحقق الانتخاب بين الأنواع أو السلالات تحسينًا وراثيًا سريعًا ومؤثرًا عندما توجد اختلافات وراثية كبيرة بين المجتمعات الحيوانية فى صفات لها أهمية اقتصادية. وبالرغم من أن هذا التحسين يحدث مرة واحدة بين الأنواع ولكن يستمر التحسين عن طريق إجراء انتخاب مستمر داخل النوع. ونظرًا لأن إحلال جميع القطيع من إناث التربية مرة واحدة مكلفًا لذلك يحدث الإحلال والتغيرات فى أغلب الأحوال بالتدريج والحيوانات المستخدمة فى الإحلال تشترى عادة من خارج القطيع وفى هذه الحالة يلجأ المربى إلى تكوين نوع جديد يتم تكوينه بالتدريج grading up أو استخدام الخلط العكسى المتكرر repeated backcross mating إلى أن يصل إلى النوع الجديد، وإن استخدام الخلط بالتدريج أو الخلط العكسى المتكرر يشمل التزاوج المتكرر للإناث وبالتالى تلقيح نسلها من الإناث مع ذكور النوع الجديد. إن أول ملحوظة هامة توجه إلى الاختيار بين الأنواع والسلالات أو الخلطان هى أن الاختيار لابد أن يُجرى على أساس مقارنات موضوعية عن أداء فى الظروف البيئية التى تعيش فيها الحيوانات، ويجب عدم إهمال هذا الإجراء الهام خوفًا من التعرض للأمراض أو النقص فى الأعلاف اللازمة للتغذية التى تعودت عليها الأنواع المحلية.

وأن التركيبات الوراثية لا تعبر دائمًا بصورة واحدة فى البيئات المختلفة أو أن الفائدة المرجوة من تركيب وراثى معين فى بيئة ما يُحتمل أن يكون تعبيره قليل أو كثير فى بيئة أخرى وهذه تعتبر ملحوظة هامة فى تحسين الحيوانات الزراعية وعمومًا يسمى هذا التداخل الوراثى × البيئى أو فى هذه الحالة بصفة خاصة تداخل بين النوع فى نظام الإنتاج.

والارتباط الوراثى بين أداء الحيوانات التى بينها قرابة فى بيئتين يمكن أيضًا أن يستخدم لتعيين التداخلات بين الوراثة والبيئة. ومن الناحية النظرية إذا كان الارتباط الوراثى بين الأداء فى البيئتين أقل من واحد ففى هذه الحالة يوجد تداخل. وإن إجراء مقارنة بين الأداء لمختلف التركيبات الوراثية للأنواع والسلالات والخلطان أو الحيوانات التى لها تراكيب وراثية مختلفة فى داخل النوع فى بيئات مختلفة تساعد منتجى الماشية لاختيار أحسن نوع الذى يناسب ظروف مزرعة المربى، ويمكن القول أن وجود التداخل مرتبط بوجود اختلاف كبير فى الأداء بين كل من التركيبات الوراثية وبين البيئات.

وكلما كان نظام الإنتاج مكثفًا كلما احتاج الحيوان إلى بذل مجهود أكبر لأجل حماية هذا الإنتاج ولأجل صيانة جسمه ونموه، ولذلك تتميز الأنواع صغيرة الحجم فى نظام الإنتاج المكثف بأن احتياجاتها أقل لأجل صيانة الجسم ونموه بالمقارنة بالأنواع كبيرة الحجم أى أن احتياجات الحيوان هى فى حالة اتزان بدرجة كبيرة مع المجهود الذى يبذله. ومقياس آخر هام لأجل إجراء المقارنة بين الأنواع والسلالات وهو عدد الحيوانات التى تستخدم لإجراء المقارنة فلابد أن تكون الأعداد كبيرة بدرجة كافية وممثلة للأنواع لكى نحصل على نتائج موثوق فيها عن هذه الأنواع وهذا يصعب توفره فى ظل الأعداد القليلة من الحيوانات، كما يجب أن تُختار الذكور عشوائيًا أو بطريقة متزنة من قطعان عديدة. كما أن عدد الحيوانات المطلوبة يعتمد على توفر أقل اختلاف بين الأنواع ذات الأهمية الاقتصادية، كما يعتمد على كمية التباين فى الصفة تحت الدراسة. ويمكن القول بوجه عام أنه كلما كانت درجة التحكم الوراثى فى الصفة عالية (أى أن المكافئ الوراثى عالى) كلما كان عدد الطلايق الذى سوف يُستخدم فى المقارنة بين الأنواع عاليًا.

ثانيًا: الانتخاب داخل الأنواع Selection within breeds

ويشمل الانتخاب داخل الأنواع مقارنة الحيوانات لنفس النوع ويحدث التزاوج بين الحيوانات المختارة للحصول على الجيل التالى، وهذا الإجراء عادة يتكرر كل جيل، ومع وجود تباين وراثى فى الصفات التى يُجرى عليها الانتخاب فإن هذا يؤدى إلى حدوث

تغيرات فى الأجيال التالية (بالمقارنة مع الانتخاب بين الأنواع حيث يحدث التغير مرة واحدة).

وفى أى مجتمع للحيوانات الزراعية يمكن المحافظة على حجم مجتمع الحيوانات إذا انتجت الحيوانات تامة النمو نسلًا بدرجة كافية أثناء حياتها لكى يحل النسل محل الحيوانات التى تنفق أو تُستبعد لعدم صلاحيتها.

وتتباين القدرة على إنتاج حيوانات ذات كفاءة عالية بين الأنواع لاستخدامها فى الإحلال وتتباين أيضًا فى طبيعة الجنس ذكر أم أنثى. ومثالًا لذلك أن عدد الذكور التى تُستخدم فى الإحلال فى جميع الأنواع أقل من الإناث حيث أن كل ذكر عادة يلقح عددًا من الإناث، وهذا الاتجاه فى الإنتاج بزيادة عدد الحيوانات اللازمة للإحلال بمعدل أكبر من المطلوب وذلك لأجل المحافظة على حجم القطيع وإتاحة الفرصة لأجل إجراء الانتخاب داخل النوع. والحيوانات التى بينها قرابة لها صفات وراثية مشتركة كثيرة بالمقارنة بالحيوانات التى ليس بينها قرابة، وكلما كانت صلة القرابة شديدة كلما زادت الجينات الوراثية المشتركة بين هذه الحيوانات، وهذا يعنى أن الحيوانات ذات الجدارة الوراثية genetic merit والتى خصائصها واضحة يكون لها أقرباء لهم جدارة وراثية عالية بالمقارنة بمتوسط العشيرة التى تنتمى إليها الحيوانات. ولهذه الأسباب يبدو من المعقول جدًا أن يحدث تكاثر الحيوانات التى بينها قرابة شديدة ولكن رغم ذلك يوجد تحفظ على ذلك الإجراء حيث توجد جينات مرغوبة كثيرة مشتركة بين الحيوانات التى بينها قرابة وكذلك توجد جينات غير مرغوبة فمثلًا توجد كثير من العوامل الوراثية المتنحية التى تسبب أمراض وراثية أو تأثير عكسى للتناسل والبقاء على الحياة أو الأداء الإجمالى المناسب للحيوانات حيث أن هذه العوامل الوراثية تعمل بوجه عام بصورة متنحية وتسبب مشاكل للحيوانات التى تحمل صورتين من الجين المتنحى. وفى داخل النوع – بوجه عام – يحتمل وجود عدد قليل من الحيوانات المتجانسة بالنسبة لهذه الجينات.

والتزاوج بين الحيوانات التى بينها قرابة تنتج نسلًا متجانس فى بعض العوامل

الوراثية بالمقارنة بالتزاوج بين حيوانات ليس بينها قرابة، ولذلك فى بعض الحالات يكون المربون أكثر حظًّا ويحصلوا على فائدة من التزاوج بين الحيوانات التى بينها قرابة ولها كفاءة وراثية عالية، بينما فى حالات أخرى يكون المربون غير محظوظين بسبب الحصول على نسل عقيم ومصاب بأمراض وراثية.

ثالثًا: الاحتياطات الواجب اتخاذها لأجل استخدام الانتخاب داخل النوع

تُختار الحيوانات لكى تتزاوج اعتمادًا على مظهرها أو صفاتها الكمية الخاصة بها أو أداء أقاربها ومثالًا لذلك تنتخب الحيوانات على أساس صفاتها المظهرية مثل الشكل واللون ... إلخ. وعلى أساس الصفات الكمية مثل كمية اللبن الناتج أو وزن الحيوانات. والمربى له حرية الاختيار فى استخدام السجلات للصفات الكمية التى تعبر عن أداء الحيوان نفسه أو أقاربه وبذلك تتم معرفة قيمة الصفة بصورة حقيقية وليس عن طريق الاستنتاج، وفى أغلب الأحوال من الأهمية الجمع بين الصفات الوصفية والكمية لأن الطريقة لتعيين الصفات الكمية لأجل إجراء الانتخاب داخل النوع أصبحت تستخدم بشكل واسع فى تربية ماشية اللبن بينما تستخدم بصورة أقل فى تربية ماشية اللحم.

ويهدف الانتخاب تبعًا للصفات الكمية داخل الأنواع أو السلالات إلى زيادة مستوى القيمة التربوية breeding value للمجتمع والخطوات التى يتخذها المربون هى كالآتى:

١ - تحديد الهدف من التربية Breeding goal يعتبر تحديد النوع أو الخليط الذى يُعبر عن أكبر كفاءة للصفة أو مجموعة من الصفات يعود إلى كفاءة وحساسية المربى وقراره فى استخدام أفضل استراتيجية للتربية (هل يستخدم التربية الداخلية أو التزاوج بالخلط داخل النوع) قبل مباشرة العمل فى الانتخاب داخل النوع باستخدام أحسن نوع أو الأنواع التى نحصل منها على أحسن خليط، كذلك لابد أن يوجد تباين وراثى لهذه الصفة داخل النوع عند إجراء أى تحسين فى هذا النوع أى أن هناك ضرورة لوجود اختلاف بين الحيوانات فى كل صفة من هذه الصفات حيث مطلوب توارث جزء من هذا التباين فى النسل.

٢- معرفة الصفات التى يجب قياسها وانتخابها داخل النوع والمقياس الانتخابى لكى يتم إجراء تحسينات فى مجال التربية. وفى بعض الحالات يكون المقياس الانتخابى مطابقًا للهدف من الانتخاب وفى أحيان أخرى يكون المربى فى حاجة إلى بعض المقاييس غير المباشرة ومثالًا لذلك عندما تقاس الصفة فقط فى أحد الجنسين أو بعد إتمام الذبح.

٣- تحديد برنامج التربية أى تسجيل نتائج الصفة وتقييمها وإجراء التزاوج بين الحيوانات وضبط وتنظيم برنامج التربية وإعادة تصميم البرنامج إذا كانت هناك ضرورة.

ولأجل ضمان نجاح برنامج الانتخاب داخل النوع يتم التعريف الكامل عن الحيوانات حيث أن ذلك يُعتبر وسيلة للنجاح رغم صعوبة إنجاز ذلك خاصة عندما يراد تحقيق إمتياز فى تماثل الحيوانات داخل القطيع وخلال سنوات وبين البلاد المختلفة. وتوجد أسباب عديدة لأهمية وجود سجلات دقيقة لكل حيوان. **أولًا**: هذه الدقة تعتبر هامة لكى يستطيع المربى تحديد سجلات عن الأداء إلى حيوان محدد ويتم التسجيل لأداءه فى كل وقت، **وثانيًا**: تعتمد الطرق الحديثة فى التقييم الوراثى كثيرًا على معلومات عن أقارب الحيوان ولذلك من الأهمية أن يكون المربى قادر على جعل سجلات الحيوانات ترتبط مع بعضها. **وثالثًا**: إن وجود سجلات وتقييم للحيوانات يساعد المربى على تحديد الحيوانات التى يستخدمها فى تحقيق برنامج التربية. وفى بعض الحالات الخاصة يلجأ المربى إلى سجلات أبسط من ذلك فى الإجراء مثل ما يحدث فى نظم الإنتاج المكثف للحيوانات، ويتم تسجيل الحيوانات التى لها دور هام كآباء أو أمهات ولا يهتم المربى بتسجيل الأفراد جميعها.

والانتخاب الموضوعى objective selection يعتمد على وجود سجلات أداء عن حيوانات تخضع للانتخاب أو أقرباء هذه الحيوانات أو هما معًا. ويوجد فى كثير من البلاد وكالات لتسجيل إنتاج اللبن والتى تزور محطات تربية ماشية اللبن على فترات منتظمة لأجل تسجيل إنتاج أبقار معينة تعطى إنتاجًا عاليًا، وتأخذ عينات من اللبن لأجل تحليلها لنسبة الدهن والبروتين، وهذه المعلومات تُستخدم للمساعدة فى وضع قرارات رعاية

الحيوانات فى محطات التربية كما تقوم أيضًا بتحليلها لاستنتاج تقديرات عن الكفاءة الوراثية للأبقار فى القطيع وطلايق هذه الأبقار.

وتوجد سجلات عديدة مثل سجلات تاريخ الولادة والجنس ذكر أو أنثى ووزن الجسم الحى لصغار الحيوانات، كذلك تقاس صفات أخري على الحيوانات مثل قياسات لترسيب الدهن باستخدام موجات صوتية عالية التردد ultrasonic وتكوين العضلات. وتطبق وكالات تسجيل البيانات المستويات الدولية للمنظمات الدولية فى تسجيل أداء الحيوانات فى كثير من البلاد وذلك لاستخدامها كطرق لتقييم للحيوانات.

ويوجد عديد من الفوائد التى تعود على تحسين الحيوانات نتيجة تطبيق النظم المحلية والدولية، كذلك يوجد عيوب توجه إلى الانتماء إلى عضوية منظمات التسجيل المحلية والدولية حيث تزداد تكلفة العضوية بالمقارنة بالتصرف فى أساليب التربية والإنتاج حسب ظروف المزرعة علاوة على عدم الرؤية فى تطبيق أهداف التربية، ورغم ذلك فإن فوائد الانتماء إلى المنظمات المحلية والدولية تعتبر أجدى من عدم الانتماء إليها.

رابعًا: العوامل التى تؤثر على معدل التحسين:

كثير من الصفات ذات الأهمية الاقتصادية فى مزرعة الحيوانات يتحكم فيها عدد كبير من العوامل الوراثية مما يؤدى إلى استمرار حدوث تباين بين الصفات.

والمعدلات السنوية للتحسين الوراثى لهذه الصفات التى تعتمد على عدد كبير من العوامل الوراثية تعتمد على أربعة عوامل رئيسية:

١ - كثافة الانتخاب The selection intensity: وهذه تعود إلى نسبة الحيوانات المنتخبة لكى تصبح آباء، وتُختار بناء على أداءها وأداء أقربائها، وكلما كانت نسبة الحيوانات المنتخبة منخفضة كلما ارتفعت كثافة الانتخاب وبالتالى أدى هذا إلى تحسين الحيوانات المنتخبة.

٢ - الدقة The accuracy: الدقة فى تعيين الكفاءة الوراثية للصفة التى يُتنبأ بها، وهذه الدقة تتوقف على المدى الذى تكون فيه الصفة تحت التحكم الوراثى. وتتأثر الصفة

مثل النمو كثيرًا بالتركيب الوراثى للحيوان (مكافئ وراثى عالى) بالمقارنة بالصفات التى تنتمى إلى التناسل وقدرة البقاء على الحياة. كما تتوقف الدقة أيضًا على المدى الذى فيه المعلومات متاحة عن أداء الأقارب فى المساعدة فى اختيار الحيوانات لأجل استخدامها فى التربية. وكلما كانت المعلومات متاحة بدرجة أكبر عن الأقارب كلما أمكن التنبؤ بالكفاءة الوراثية للفرد أو القيمة التربوية بدقة عالية.

٣- كمية التباين الوراثى التجميعى additive genetic variation فى الصفة محل الاهتمام، وهذا العامل هام جدًا للصفة فمثلًا يوجد نسبيًا تباين وراثى تجميعى كبير فى صفة معدل النمو بالمقارنة بنسبة وجود اللحم فى الذبيحة فى ماشية اللحم. كذلك يوجد نسبيًا تباين وراثى تجميعى كبير فى كمية اللبن بالمقارنة بتركيز البروتين فى اللبن فى ماشية اللبن.

٤- مدى الجيل The generation interval الذى يتوقف على متوسط عمر الآباء عندما تلد أبنائهم، وهذا العامل ينظم السرعة التى تساهم بها الحيوانات المنتخبة بالعوامل الوراثية الجيدة فى القطيع وبالتالى فى نسلهم.

وكلما ارتفعت كثافة الانتخاب والدقة والتباين الوراثى وقصر مدى الجيل كلما أدى هذا إلى ارتفاع المعدل السنوى للتحسين الوراثى، وتتاح الفرص الأساسية للمربى لكى يسرع معدلات التحسين من خلال أحسن الطرق دقة للتنبؤ بالقيمة التربوية واستخدام كثافات انتخاب عالية ومدى أجيال قصيرة رغم وجود حدود بيولوجية بالنسبة للمربى التى يتغير فيها كثافة الانتخاب ومدى الجيل. وفى الإمكان إجراء كثافة انتخاب عالية فى الأنواع التى تتميز بمعدلات تناسلية عالية. كما أن مدى الأجيال القصير يمكن أن يتم إجراؤه فى الأنواع التى تصل إلى النضج الجنسى فى عمر مبكر، وبسبب المميزات البيولوجية فى هذه الخصائص الفسيولوجية تُعتبر المعدلات العالية فى التغير الوراثى محتملة فى الدواجن بصورة أعلى بالمقارنة بالحيوانات المجترة، ورغم ذلك يمكن تحقيق معدل تناسل فى إناث الماشية عالى عن طريق تطبيق الجديد فى تكنولوجيا التناسل مثل تعدد التبويض multiple ovulation ونقل الأجنة Embryp transfer. وهذا يؤدى إلى

تكاثر الماشية بصورة أكبر والحصول على معدلات عالية من العائد الوراثى، وإن استخدام هذه التطبيقات التكنولوجية ذات أهمية كبيرة فى مجال تربية الحيوانات الزراعية بصفة عامة.

خامسًا : الانتخاب لأكثر من صفة Selection for more than one trait

فى معظم نظم إنتاج الحيوانات الزراعية العائد من الحيوانات يعتمد على عديد من صفات الحيوانات المختلفة وليس على صفة واحدة فمثلًا فى ماشية اللبن الدخل منها يعتمد على كمية اللبن وكمية دهن اللبن وكمية بروتين اللبن وغالبًا على تعداد الخلايا الجسمية somatic cells، كما يؤخذ فى الحسبان تكلفة التغذية والصحة وتكاليف إعادة أو تكرار التلقيح. وفى حيوانات اللحم العائد لكل حيوان يعتمد على وزن الذبيحة وكذلك تقديرات نوعية الذبيحة مثل تكوين الدهن على الذبيحة ودرجة امتلاءها بالعضلات وكذلك تكلفة التغذية.

وفى برامج التحسين الوراثى من الأهمية مراعاة حقيقة هامة وهى أن عديد من الصفات تؤثر فى العائد أو المكسب، ولذلك عادة تنتخب الحيوانات (سواء حسب نوعية الصفة أو كميتها) بناء على تجميع الصفات وهذا يمكن أن يتم باستخدام عدة طرق:

١- الطريقة الأولى: الانتخاب على مراحل: Tandom selection

وهذه الطريقة تشتمل على الانتخاب لصفة واحدة خلال جيل أو أكثر ثم بعد ثبات الصفة نبدأ فى الانتخاب لصفة ثانية أيضًا خلال جيل أو أكثر ثم يلى ذلك صفة ثالثة... وهكذا. وتعتبر هذه الطريقة مفيدة فى بعض الحالات مثلًا إذا كان لدينا حاجة سريعة وماسة لتحسين صفة واحدة وتحتاج الصفات الأخرى إلى تحسين قليل فقط ففى هذه الحالة من المناسب انتخاب فقط الصفة الأولى إلى أن نصل إلى حد ما هام اقتصاديًا وبعده نبدأ الصفة الثانية وهكذا فى باقى الصفات. ورغم ذلك إذا كانت الارتباطات بين الصفات الهامة ليست ذات أهمية فإن الانتخاب يسير فى دائرة round in cireles أى تحسين صفة واحدة فى جيل واحد ثم البدء فى صفة أخرى فى الجيل التالى.

ويكون التحسين الوراثى المتوقع يساوى $\Delta G = a\ i\ \sigma_A\ h_a^2$

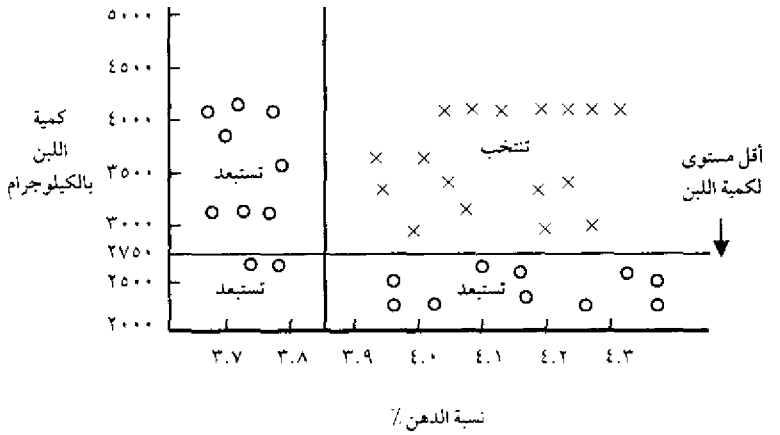
حيث a تعبر عن القيمة الاقتصادية للصفة، i شدة الانتخاب، σ_A الانحراف المعيارى للصفة، h_a^2 المكافئ الوراثى للصفة.

وهذه الطريقة تعتبر أقل الطرق استخدامًا وذلك لأنها تستغرق وقتًا طويلًا جدًا، ولذلك فإن التحسين الوراثى المتوقع للصفات المنتخبة محدود، وكفاءة هذه الطريقة تتوقف على علاقة الصفة المراد تحسينها بالصفات الأخرى أى تحسين الصفة يؤثر مباشرة على تحسين صفة أخرى.

٢- الطريقة الثانية:

هى طريقة أكثر ثباتًا وتسمى المستوى الاستبعادى المستقل: independent culling levels وذلك بوضع أقل مستوى لعدة صفات التى تهمنا ولأجل تطبيق انتخاب الحيوانات لابد أن تتطابق قيم الحيوان أو تزيد عن المستوى المحدد للانتخاب. ويوجد طرق متاحة لتسمح بدخول المستويات الأكثر ملائمة فى مجال الانتخاب فمثلًا إذا كان الهدف هو اختيار ذكور ماشية لحم وحدد المربى مستوى لعدد من الصفات ذات الأهمية مثل وزن الجسم فى عمر ٤٠٠ يوم أعلى من ٥٦٠ كجم، ودرجات تكوين اللحم أكثر من ١٢ نقطة (حيث مقياس الانتخاب من ١ إلى ١٥ نقطة) وهذه الطريقة مناسبة. ويعتبر هذا المستوى أدنى ما يجرى عليه المربى عملية الانتخاب. وبهذه الطريقة يُقارن المربى الحيوانات بالمستوى الذى وضعه فإذا كان الحيوان يتفق مستوى صفاته مع المستوى الذى وضعه المربى أو أكثر منه فإن هذا الحيوان يُنتخب والحيوانات الأقل من المستوى تُستبعد من القطيع. وهذه الطريقة تقلل شدة الانتخاب لصفات الحيوان بطريقة مباشرة.

مثال: إذا وضع المربى مستوى يجرى على أساس انتخاب حيوان اللبن وهو: إنتاج اللبن ٣٠٠٠ كجم، ونسبة الدهن ٤٪، وموسم الحليب ٢٨٠ يومًا فإن المربى يستبعد كل الحيوانات التى يقل إنتاجها عن ٣٠٠٠ كجم مهما ترتفع فى اللبن نسبة الدهن أو يطول موسم الحليب أى يستبعد حيوان يعطى ٤٥٠٠ كجم لبن ونسبة الدهن به ٣.٥٪. وهذه الطريقة تُستخدم عادة فى كثير من البلاد الأوروبية والرسم التالى يوضح مثالًا فى مجال أبقار اللبن.



شكل (٢-١) الانتخاب تبعًا للمستوى الاستبعادى المستقل

ويتضح من الرسم أن كل بقرة يعبر عنها بدائرة أو x وموقعها فى الرسم يعتمد على قيمة هاتين الصفتين وعلى أساس مستواهما يُنتخب الحيوان وتُستبعد الأفراد التى على شمال الخط الرأسى عند نسبة الدهن أقل من ٣.٨٥٪ وأسفل الخط الأفقى عند كمية اللبن أقل من ٢٧٥٠ كجم لبن وكذلك تنتخب الحيوانات للتربية التى نسبة الدهن فى لبنها تساوى أو أعلى من ٣.٨٥٪ نسبة دهن.

وإذا أجرى الانتخاب لصفة واحدة باستخدام طريقة المستوى الاستبعادى المستقل فإن الأفراد المنتخبة تتفوق على متوسط القطيع فى هذه الصفة، ولكن فى نفس الوقت تقل عن المتوسط فى صفة أخرى، ولذلك يُلاحظ أن استخدام هذه الطريقة يمكن أن يؤدى إلى انخفاض الفارق الانتخابى للصفتين، ويجب أن نتجنب انخفاض الفارق الانتخابى حتى نحافظ على أعداد الحيوانات المنتخبة. وكلما زادت الصفات التى نهتم بها لإجراء الانتخاب بهذه الطريقة (مثل استخدام صفات كثيرة كما فى تربية أبقار اللبن مثل كمية اللبن ونسبة الدهن فيه ونسبة البروتين والخصوبة وسرعة نزول اللبن وشكل الضرع... إلخ إلخ) كلما زاد متوسط الحيوانات التى تبقى لغرض التربية، وذلك لأنه من الصعوبة الحصول على كمية كافية من الحيوانات التى تتفوق على المتوسط لجميع الصفات ولذلك من الناحية العملية كلما كانت الصفات التى تُستخدم فى الانتخاب قليلة كلما حصلنا على تقدم سريع فى التحسين.

وفائدة هـذه الطريقـة أنهـا أسـتخدمت فى المـاضى فى انتخـاب الـصفات المظهريـة للحيوانات اللازمة للمعارض مثل الحصول على حيوانات بألوان خاصـة مميـزة ومظهـر خاص. وهذه الطريقة تُفضل على الطريقة الأولى لأن الانتخاب يُجرى لأكثر من صـفة فى وقت واحد.

٣- الطريقة الثالثة: الانتخاب تبعًا للتقدير العام: Total score or selection index

مثال: التقدير العام للشكل الظاهرى والبناء الجسمانى لأبقار اللبن (جدول ٢-١)

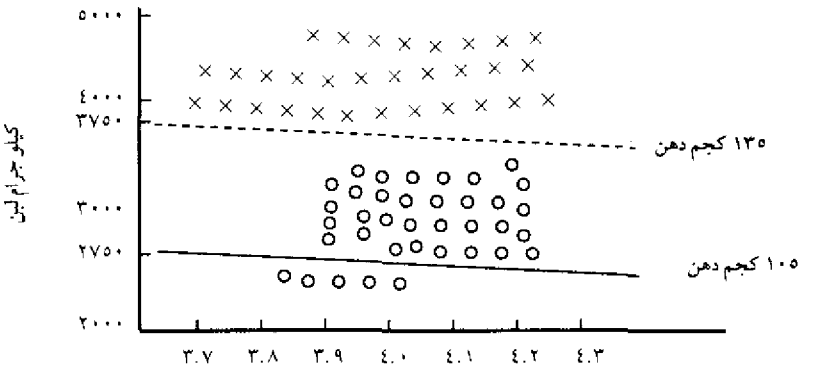
أجزاء الجسم	التقدير الكلى	التقدير الفعلى	أجزاء الجسم	التقدير الكلى	التقدير الفعلى
المظهر العام ونمو الحيوان	٢٠	١٥	الغارب والقصر والظهر	٥	٣
أجزاء السم:			الجزء الخلفى من الجسم	١٥	١٠
الرأس والرقبة	١٠	١٠	الضرع	٢٥	١٨
الصدر	١٥	١٥	وضع الأرجل الأمامية والخلفية	١٠	١٠
			الإجمالى	١٠٠	٨١*

* إذا كان دليل الانتخاب ٨٠٪ فإن هذا الحيوان يبقى فى القطع.

ويقوم المربى فى هذه الطريقة بتحديد الأهمية النسبية للصفات التى يرغب فى تحسينها ومدى بعدها عن النموذج ويقيس المربى صفات الحيـوان قياسًـا رقميًـا أى يُعطـى لكـل صفة من صفات الفرد درجة أو رقمًا يمثل مقدار بُعد كل صفة للحيوان عن النموذج ثـم يجمع هذه الأرقام ويحصل على رقم إجمالى واحـد يمثـل القيمـة الإجماليـة لقـرب أو بُعـد الحيوان عـن النمـوذج total score (index) وسبق أن حـدد المربـى الدرجـة أو الـرقم الإجمالى الذى يتخذه دليلًا لانتخاب حيواناته selection criterion. ولـيكن مـثلًا ٨٠٪ بالمقارنة بالنموذج. وبذلك يبقى لغرض التربية الحيوانات التى حازت عـلى ٨٠٪ فـأكثر، ويستبعد الحيوانات التى حازت على أقل من ٨٠٪، وتأثير كل صفة على التقـدير النهـائى

(الرقم الإجمالى) يعتمد على مدى ارتباط هذه الصفة بالصفات الأخرى وبالتالى قيمتها الاقتصادية وكذلك مكافئها الوراثى والظروف التى تُربى فيها الحيوانات ومدى مطابقة الحيوان للنوع الذى ينتمى إليه الحيوانات ونظرة المربى الذى يضع التقرير.

وهذه الطريقة تُفضل على الطريقة السابقة وهى الانتخاب على حسب المستوى الاستبعادى المستقل ويتضح هذا من الرسم التالى وبمقارنته بالرسم السابق (٢-١) حيث مستويات الاستبعاد تكون مرنة



رسم (٢-٢) نسبة الدهن فى اللبن ٪

من الرسم (٢-٢) يتضح أن الخط الأسفل فى هذه الحالة يمثل الصفتين اللتين استخدمتا فى الانتخاب وهما ٢٧٥٠ كجم لبن بنسبة دهن ٣.٨٥٪ والتى تساوى ١٠٥ كجم دهن وهذا المستوى يمكن الحصول عليه من الأبقار ذات الإنتاج العالى ونسبة الدهن فى اللبن منخفضة وكذلك من الأبقار ذات الإنتاج المنخفض من اللبن ونسبة الدهن مرتفعة. وفى هذه الحالة سيكون الفارق الانتخابى لكل من كمية اللبن ونسبة الدهن عاليًا بصورة أكبر بالمقارنة بقيمة كمية الدهن ١٠٥ كجم التى حصلنا عليها باستخدام الانتخاب حسب المستوى الاستبعادى المستقل.

وباستخدام الانتخاب الشديد (أى شدة انتخاب عالية) مثل ما استخدم عند الانتخاب حسب المستوى الاستبعادى المستقل يمكن الارتفاع بحد أو مستوى

الاستبعادى المستقل ١٣٥ كجم دهن لبن والذى يتضح من الرسم السابق. وهذه النتيجة تؤكد تأثير التقدير العام كطريقة لتحسين صفة كمية الدهن فى اللبن وبالإضافة إلى ذلك يُلاحظ أن المربى يستخدم هذه الطريقة ويبقى على حيوان بالرغم من وجود بعض عيوب فى الصفات به وذلك بسبب صفات ممتازة لهذا الحيوان.

٤- الطريقة الرابعة: دليل الانتخاب Selection index

هذه الطريقة من الانتخاب تعطى أسرع تحسين للقيمة الاقتصادية للحيوان حيث يجرى الانتخاب فى وقت واحد لجميع مكونات الصفات مع حساب الأهمية الاقتصادية لكل صفة حتى يمكن إعطاءها قيمة أكبر من الصفة التى أقل منها أهمية، كذلك يدخل فى حساب الدليل المكافئ الوراثى للصفات والارتباطات الوراثية والمظهرية بين الصفات المختلفة. ومن الناحية العملية ليس من السهولة إجراء الانتخاب بهذه الطريقة للحصول على تقدير للقيمة الاقتصادية للفرد حيث أن مكونات الصفات لابد أن يتم جمعها مع بعضها بطريقة معينة فى دليل أو تقييم، ويُستخدم هذا الدليل كوسيلة عملية للانتخاب كما لو كان الانتخاب يُجرى لصفة واحدة، وتُعتبر هذه الطريقة أكثر الطرق إسراعًا فى التحسين من الناحية الاقتصادية حيث تُستخدم جميع المعلومات المتاحة عن كل قيمة تربوية للحيوان.

والهدف من استخدام هذا الدليل هو جمع جميع المعلومات فى دليل على أساس الصفات التى سوف يُنتخب بها الحيوان. ويصبح من الصعوبة تكوين دليل ما بدون استخدام حساب المصفوفات خاصة إذا استخدمنا أكثر من صفتين يتم على أساسها وضع دليل الانتخاب.

أ- تكوين الدليل الانتخابى Construction of selection index

يعتبر هذا الدليل أحسن طريقة للتنبوء عن القيمة التربوية للفرد. وتأخذ المعادلة الخطية شكل الانحدار للقيمة التربوية لجميع المعلومات المستخدمة فى الدليل.

فإذا افترضنا لسهولة الفهم أنه لدينا معلومة واحدة وهى القيمة المظهرية للصفة P

كانحراف من متوسط العشيرة، وبذلك تكون القيمة التربوية التى نتنبأ بها أو نتوقعها هى $E(A) = b_{AP} P$ حيث b_{AP} هى انحدار القيمة التربوية للقيمة المظهرية وفى هذه الحالة فإن $b_{AP} = h^2$

وإذا فرضنا أنه يوجد لدينا عديد من المعلومات ..... $P_1, P_2, P_3 \ldots$ etc

حيث كل P هى عبارة عن القيمة المظهرية للفرد أو لمجموعة من الأقارب. وهذه المعلومات فى صورة قيم مظهرية يُعبر عنها بمقاييس ويكون الدليل للفرد كالآتى:

$$I = b_1 P_1 + b_2 P_2 + b_3 P_3 + \ldots\ldots\ldots \qquad [1]$$

حيث إن b_S تعتبر عوامل تصحيح يُقيم بها كل مقياس، والمطلوب إيجاد أحسن قيمة لمعامل التصحيح، ونحصل على معاملات التصحيح بإيجاد القيم التى تعطى أكبر ارتباط r_{IA} بين دليل الانتخاب I والقيمة التربوية A. وتعتبر أكبر قيمة لمعامل الارتباط r_{IA} مساوية أقل قيمة لمجموعات مربعات الانحرافات لقيم الدليل من خط الانحدار للدليل I على القيمة التربوية A أى $\Sigma(I-A)^2$ ، وتكون القيم التى نحصل عليها من الـ b's هى معاملات الارتباط الجزئى للقيمة التربوية للفرد لكل صفة. وأكبر قيمة لمعامل الارتباط r_{IA} تُعتبر مصدرًا لحساب الانحرافات الجزئية، وتؤدى القيم الكبيرة إلى الحصول على معادلات آنية simultaneous equations عددها يتوقف على الصفات التى تستخدم فى الدليل، وحل هذه المعاملات يعطى القيم لـ b's التى توضع فى صورة معادلات كالآتى:

$$\begin{aligned} b_1 P_{11} + b_2 P_{12} + b_3 P_{13} &= A_{11} \\ b_1 P_{21} + b_2 P_{22} + b_3 P_{23} &= A_{21} \qquad [2] \\ b_1 P_{31} + b_2 P_{32} + b_3 P_{33} &= A_{31} \end{aligned}$$

والمعادلات السابقة هى معادلات لثلاثة قياسات وكل معادلة تربط بين التباينات الظاهرية والتباينات المشتركة للقياسات Phenotypic variances and coveriances of measurements (فى الجزء الأيسر من المعادلات)، والتباينات الوراثية التجميعية والمشتركة للأفراد التى نقيس عليها الصفات (فى الجزء الأيمن من المعادلات).

و P (فى المعادلات) تعنى التباين الظاهرى أو التباين المشترك لمقاييس الصفات حيث P_{11} التباين الظاهرى لمقياس الصفة (1) ، P_{12} التباين المشترك لمقياسى الصفتين الأولى والثانية والتباينات الظاهرية A_{11} والمشتركة للقيم التربوية A_{21} تعبر عنهابالحرف A .

ولأجل حل المعادلات فإن القيم العددية لكل من P's ، A's لابد أن تدخل فى المعادلات والـ P's ، A's ، يمكن أن يعبر عنها بالمقاييس التالية: التباين الظاهرى V_p والذى يرمز له بالرمز σ^2 ، والمكافئ الوراثى لقيم الفرد h^2 ، ومعاملات الارتباط الظاهرى بين الأفراد r أما i ، j فهما يعبران عن صفتين مختلفتين وبذلك:

$$P_{ii} = \sigma_i^2 \quad , \quad A_{ii} = h_i^2 \quad \sigma_i^2$$

$$P_{ij} = r\,\sigma_i\,\sigma_j \quad , \quad A_{ij} = r\,h_i\,h_j\,\sigma i\,\sigma_j \quad [3]$$

وإذا أدخلنا فى المعادلات قيم التباينات والتباينات المشتركة فإن حل هذه المعادلات (2) يعطينا قيم معاملات التصحيح أو التقييم b والتى تُستخدم فى معادلة الدليل (1)

$$I = b_1 P_1 + b_2 P_2 + b_3 P_3 + \ldots\ldots\ldots + b_m P_m$$

مثال: استخدم الدليل الانتخابى لأجل تحسين صفة واحدة. فإذا فرضنا أن الصفة المراد تحسينها هى وزن الجسم (w) ونأخذ صفة مرتبطة بها وهى طول الجسم (L) مثلًا، وبذلك يكون وزن الجسم هو الصفة الأولى وطول الجسم الصفة الثانية. والمقاييس اللازمة لتكوين الدليل هى كما فى الجدول التالى:

جدول (٢-٢)

الصفة	h^2	h	σ	σ_A	r_A	r_p
وزن الجسم (كجم)	٠.٣٦	٠.٦٠	٦.٣٧	٢.٥٢	٠.٢٩	٠.٤٥
طول الجسم (متر)	٠.٤٤	٠.٦٧	٠.٢٨	٠.٥٣		

١ - إيجاد قيم P_{11} ، P_{22} ، P_{12} وكذلك A_{11} ، A_{22} ، A_{12}

٢ - تعيين قيمة b_1 ، b_2 باستخدام معادلات الدليل حيث

$$b_1 P_{11} + b_2 P_{12} = A_{11}$$
$$b_1 P_{21} + b_2 P_{22} = A_{12}$$

الحل:

$$\sigma^2_{pi} = P_{11} = P_{ii} = ٦.٣٧ \text{ ، } \sigma^2_{pj} = P_{22} = P_{jj} = ٠.٢٨$$
$$\sigma^2_{ij} = P_{12} = P_{ij} = r_p \sigma_i \sigma_j = ٠.٤٥ \times ٢.٥٢ \times ٠.٥٣ = ٠.٦٠١٠$$
$$h^2_i \sigma^2_i = A_{ii} = A_{11} = ٠.٣٦ \times ٦.٣٧ = ٢.٢٩٣٢$$
$$h^2_j \sigma^2_j = A_{jj} = A_{22} = ٠.٤٤ \times ٠.٢٨ = ٠.١٢٣٢$$
$$r_A h_i h_j \sigma_i \sigma_j = A_{ij} = A_{21} = ٠.٢٩ \times ٠.٦ \times ٠.٦٧ \times$$
$$٥.٥٢ \times ٠.٥٣ = ٠.١٥٥٧$$

وبالتعويض فى المعادلتين

$$b_1 P_{11} + b_2 P_{12} = A_{11}$$
$$b_1 P_{21} + b_2 P_{22} = A_{12}$$

$$\therefore \quad ٦.٣٧ b_1 + ٠.٦٠١٠ b_2 = ٢.٢٩٣٢$$
$$٠.٦٠١ b_1 + ٠.٢٨ b_2 = ٠.١٥٧$$

وبحل المعادلتين نحصل على أن $b_2 = -٠.٢٧٢$ ، $b_1 = ٠.٣٨٦$

ويصبح دليل الانتخاب $I = ٠.٣٨٦ W - ٠.٢٧٢ L$

حيث W ، L هى الوزن بالكيلو، L طول السم بالمتر على الترتيب ويمكن اختصار الدليل بقسمة حدى المعادلة على b_1 ٠.٣٨٦ ويصبح الدليل $I = W - ٠.٧٠٥$

يلاحظ من هذا الدليل أن طول الجسم أعطى معاملًا للتصحيح أو التقييم سالبًا فى الدليل بينما القيمة إيجابية بالنسبة للوزن وهذا يعنى أن طول الجسم يعتبر دليلًا على تأثره بالبيئة أكثر من تأثير الوراثة (أى القيمة التربوية) كما فى حالة الوزن. والسبب فى ذلك أن الارتباط الظاهرى الذى كانت قيمته ٠.٤٥ أكبر من الارتباط الوراثى الذى كان ٠.٢٩

وهذا يدل على أن الصفة يمكن أن تكون مفيدة فى الدلالة على الانحرافات البيئية أكثر من دلالتها عن القيمة التربوية، وهذا يوضح أيضًا أهمية الصفة الثانية حيث نستعين بمعامل التقييم b_2 للحكم عليها. ولإيجاد الاستجابة للانتخاب فإننا نحسب التباين للدليل باستخدام المعادلة التالية (4)

$$\sigma_I^2 = b_1 \Sigma_1 a A + b_2 \Sigma_2 a A + ... + b_m \Sigma_m a A \qquad [4]$$

وبالتعويض $\sigma_I^2 = (٠.٣٨٦ \times ٢.٢٩٣٢) + (- ٠.٢٧٢ \times ٠.١٥٥٧)$

$= ٠.٨٤٢٨$

$\therefore \sigma_I = \sqrt{٠.٨٤٢٨} = ٠.٩١٨$

إذا كانت شدة الانتخاب ١.١٦ والمكافئ الوراثى ٠.٣٦

$\therefore$ الاستجابة للانتخاب لوزن الجسم $= i \sigma h^2 = ١.١٦ \times ٠.٩١٨ \times ٠.٣٦$

$= ٠.٣٨٣$

الانتخاب لأكثر من صفة أو الصفات المتعددة:

إذا أجرينا الانتخاب فى وقت واحد لعدد من الصفات، والهدف هو التحسين الكلى للقيم التربوية The aggregate breeding value والذى هو تجميع لجميع الصفات المراد تحسينها، والتحسين الكلى merit يساوى

$$H = a_1 A_1 + a_2 A_2 + ... + a_n A_n$$

حيث أن الـ A's هى القيم التربوية لعدد من الصفات المراد تحسينها، الـ a's هى معاملات التصحيح أو التقييم weighting factors التى تعبر عن الأهمية النسبية التى يقدرها المربى لكل صفة. ومعاملات التصحيح أو التقييم يمكن أن تكون قيم اقتصادية ومثال ذلك أن كل a تعبر عن قيمة نقدية لكل وحدة من الصفة. وبهذه الطريقة يتكون الدليل إذا كان الهدف هو تحسين القيمة الاقتصادية. أما إذا لم يوجد مصادر للقيمة الاقتصادية فإن الدليل السابق لا يجدى استخدامه.

صورة أخرى لمعادلة دليل الانتخاب:

١ - إذا كانت الصفات غير مرتبطة ببعضها يمكن حساب الدليل كالآتى:

$$I = \omega A\, h^2_A (A - \bar{A}) + \omega_B\, h^2_B (B-\bar{B}) + \ldots + \omega_I\, h^2_I (I-\bar{I}) + \ldots$$
$$+ \omega_N\, h^2_N (N-\bar{N}).$$

حيث A ، B ، ..... I ، N تعبر عن الصفات

h^2_A ، h^2_B ..... h^2_I ، h^2_N تعبر عن المكافئات الوراثية للصفات السابقة على الترتيب.

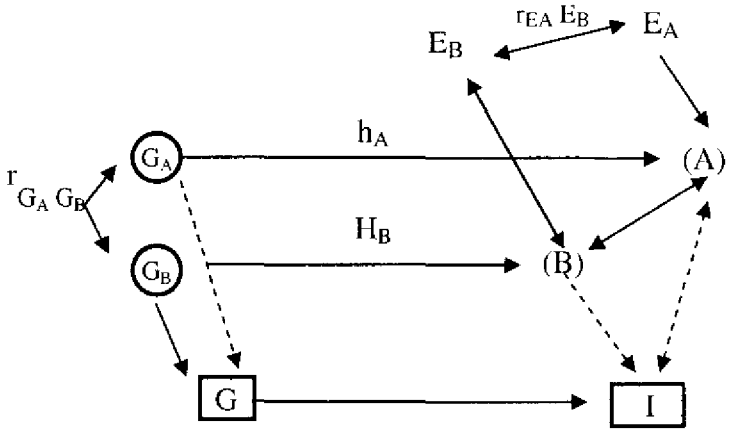
ω_A ، ω_B ، ... ω_I ، ω_N تعبر عن معاملات الأهمية الاقتصادية للصفات.

$\bar{A}$ ، $\bar{B}$ ، ..... $\bar{I}$ ، $\bar{N}$ متوسطات الصفات السابقة فى العشيرة على الترتيب.

(A- $\bar{A}$)، (B-$\bar{B}$)، ..... (I-$\bar{I}$) ، (N-$\bar{N}$) إنحراف الصفات المنتخبة عن متوسط القطيع

٢- إذا كانت الصفات مرتبطة ببعضها يمكن حساب الدليل كالآتى:

يُستخدم لادليل السابق ويضاف إليه معاملات الارتباط بين الصفات، ويحتاج تكوين هذا الدليل إلى الدقة نظرًا لصعوبته حيث يحتاج الأمر إلى تعيين معاملات الارتباط الظاهرى والوراثى كما هو موضح فى الرسم التالى (٢-٣).



حيث E_A ، E_B الظروف البيئية المحيطة بالصفات A ، B

، G_A ، G_B التركيب الوراثى للصفات، G التركيب الوراثى العام للأفراد المراد تقديرها.

، h_A ، h_B ، e_A ، e_B ، $ß_A$ ، $ß_B$ معاملات انحدار جزئية.

، I الدليل الانتخابى Selection index

، r معامل الارتباط بين الصفات

ولإيجاد الدليل الانتخابى لابد من تعيين معاملات الانحدار الجزئية $ß_A$ ، $ß_B$ حتى نحصل على معامل ارتباط أكبر ما يمكن بين التركيب الوراثى للفرد والدليل r_{GI}.

سادسًا : العوامل التى تؤثر على معدل العائد الوراثى

Factors affecting rates of genetic gain

منذ بضع عشرات السنين أُستخدم الانتخاب داخل النوع بصورة عملية واسعة فى ماشية اللبن ولكن بدرجة أقل فى ماشية اللحم، وسبب ذلك أن احتياجات السوق من اللبن واضحة بالمقارنة بإنتاج اللحم من الماشية.

من السهولة استيعاب العوامل التى تؤثر على معدل العائد الوراثى إذا أخذنا فى الاعتبار الحالة الخاصة حيث الحيوانات تم انتخابها باستخدام مقياس واحد لأدائها لصفة واحدة متجاهلين المعلومات عن أقارب هذه الحيوانات. كذلك من السهولة اعتبار أن عملية الانتخاب تُجرى على قطيع واحد الذى ينتج كل الحيوانات التى سوف تدخل القطيع بعد استبعاد الحيوانات غير المرغوبة حيث تُولد كل سنة صغار الماشية، ويُسجل أداؤها وتنتخب وتحجز أحسن الحيوانات أداءً، وعندما تصل إلى عمر التربية الطبيعى فهى تحل محل الذكور والإناث فى قطيع التربية التى نفقت نتيجة لأسباب طبيعية أو أراد المربى استبعادها واستبدالها بحيوانات تتفوق عليها.

ورغم أن هذه العملية تُجرى سنويًا فمن السهولة تتبع مجموعة واحدة من حيوانات

سبق تسجيلها وتسجيل نسلها. فمثلًا إذا كان لدينا مجموعة من صغار الماشية من ذكور وإناث وكل حيوان منها فى عمر ثمانية عشر شهرًا (جيل أول). وتم انتخاب ووزن الجسم لصغار الماشية من الذكور والإناث فى عمر ثمانية عشر شهرًا أيضًا لأجل التزاوج فيما بينها. كما تم تسجيل نفس الأداء لصفة وزن الجسم فى عمر ثمانية عشر شهرًا للنسل (الجيل الثانى) وتم قياس الاستجابة للانتخاب عن طريق مقارنة متوسط الأداء لكل صغار الماشية فى الجيل الأول مع متوسط الأداء لجميع صغار الماشية فى الجيل الثانى (أى النسل لهذه الحيوانات) التى تم انتخابها لأجل التربية من الجيل الأول. وفى هذه الحالة الاستجابة للانتخاب لجيل واحد يعتمد على تقديرين الأول هو الفارق الانتخابى والمكافئ الوراثى للصفة التى تم الانتخاب فيها.

١- الفارق الانتخابى Selection differential (S)

هو الفرق بين متوسط الأداء للحيوانات المنتخبة (التى تقرر استخدامها كآباء للجيل التالى) والمتوسط الكلى لمجموعة الحيوانات التى فيها تم إجراء الانتخاب (وهو الفرق بين متوسط الأداء للحيوانات المنتخبة فى الجيل الأول والمتوسط العام لحيوانات الجيل الأول)، وعادة بسبب وجود عدد غير متساوى من الذكور والإناث من الآباء المنتخبة مع الأخذ فى الاعتبار أن كل جنس يساهم بنصف عوامله الوراثية إلى النسل لذلك من الأهمية حساب الفارق الانتخابى لكل من الذكور والإناث على حدة ثم يتم حساب المتوسط لهما لنحصل على المتوسط العام الفارق الانتخابى. فإذا كان الفارق الانتخابى للذكور + ١٠٠ كجم وللإناث ٢٠ كجم يصبح متوسط الفارق الانتخابى ٦٠ كجم ($\frac{١٠٠ + ٢٠}{٢}$ = ٦٠). وكلما كان عدد الحيوانات المنتخبة عاليًا نلاحظ أن قيم الصفة تزيد على المتوسط وبذلك يصبح الفارق الانتخابى كبيرًا، وكلما كان مدى التباين واسعًا فى أداء مجموعة الحيوانات كلما كان الفارق الانتخابى كبيرًا (مع ملاحظة أن هذا صحيحًا إذا كان لدينا تباين وراثى كبير بالمقارنة بالتباين البيئى).

٢- المكافئ الوراثى heritaloility

يعتبر المكافئ الوراثى للصفة العامل الثانى الذى يؤثر فى الاستجابة للانتخاب خلال جيل، ويرمز له بالرمز h^2 ويوجد طرق عديدة لتعريف المكافئ الوراثى، وأبسط التعاريف أن المكافئ الوراثى هو نسبة التفوق للآباء فى صفة (نسبة من الفارق الانتخابى) التى ينتقل متوسطها إلى النسل، ولذلك إذا كان المكافئ الوراثى للصفة منخفضًا فهذا يدل على أنه فقط جزء صغير من التفوق للآباء هو نتيجة العوامل الوراثية التى يحملها الآباء ولذلك سوف ينتقل إلى النسل فقط جزء صغير من هذا التفوق، ويُعبر عن المكافئات الوراثية كأرقام من صفر إلى واحد وكنسبة مئوية من صفر إلى ١٠٠٪.

ومن السهولة فهم الفوارق الانتخابية والمكافئات الوراثية وكيف تعمل معًا لتؤثر على الاستجابة للانتخاب فكما ورد فى المثال السابق أن متوسط الفارق الانتخابى للذكور والإناث معًا كان ٦٠ كجم، فإذا كان المكافئ الوراثى لوزن الجسم الحى فى عمر ١٨ شهرًا هو ٠.٣ أو ٣٠٪. فنحن نتوقع فى المتوسط أن ٣٠٪ من الـ٦٠ كجم تنتقل إلى النسل وبذلك نتوقع تحسين فى وزن الجسم مقداره ١٨ كجم فى عمر ١٨ شهرًا فى الجيل الثانى (٠.٣ × ٦٠ = ١٨ كجم)، ومن الأهمية القول أن الانتخاب يؤدى إلى زيادة فى متوسط الأداء فى الجيل التالى، ولكن لا تحدث الزيادة بالتساوى ومقدارها ١٨ كجم أى زيادة وزن كل صغير من الماشية.

وأبسط طريقة لتعيين المكافئ الوراثى لصفة ما أن ينتخب الآباء لهذه الصفة ويتم حساب الفارق الانتخابى ثم يحدث التزاوج وتقاس نفس الصفة فى نسلهم ثم يتم حساب المكافئ الوراثى باستخدام معامل الانحدار حيث تعتبر قيمة المعامل هى نفس قيمة المكافئ الوراثى فى الصفات غير المرتبطة بالجنس، ونصف قيمة معامل الانحدار فى حالة الصفة المرتبطة بالجنس كصفة اللبن مثلاً.

ويوجد طرق أخرى التى فيها يشتمل القياس على درجة التشابه ى الأداء من درجات مختلفة من الأقارب. وبالإضافة إلى ذلك يوجد تعريف بديل للمكافئ الوراثى للصفة هو التباين الوراثى التجميعى للصفة (التباين فى القيم التربوية) معبرًا عنه بنسبة

من التباين الكلى المظهرى لهذه الصفة (الحقيقة أن المكافئ الوراثى هو النسبة لتباينين أى نسبة التباين الوراثى التجميعى (V_A) للصفة منسوبًا إلى التباين المظهرى الكلى(V_P).

وتعتبر القدرة على التنبوء بالاستجابة للانتخاب هامة فى وضع خطط برامج التربية وخاصة عند مقارنة المشروعات وحساب التحسين فى كل جيل، ولكن الأجيال تختلف فى الطول فمثلًا فى الماشية إذا تم تزاوج الذكور والإناث المنتخبة فى عمر ١٨ شهرًا وهو العمر المبكر لتزاوجهما ففى هذه الحالة يتم ولادة نسلهما وعمر الآباء ٢٧ شهرًا ولكن إذا حدث التزاوج فى عمر ٢٤ شهرًا، ففى هذه الحالة تتم ولادة النسل متأخرة ٦ شهور عن الزواج السابق حيث عمر الآباء ٣٣ شهرًا، ولذلك يمكن أن يحصل اثنان من المربين على نفس الفارقين الانتخابيين والاستجابتين للانتخاب ولكن تتم الاستجابة خلال أوقات مختلفة، وحل هذه المشكلة أن يتم التعبير عن التنبوء بالاستجابة خلال سنة وليس خلال جيل، ولأجل ذلك نحن فى حاجة إلى معرفة طول فترة الجيل فى القطيع محل الدراسة.

٣- مدى الجيل Generation interval (L)

مدى الجيل هو متوسط عمر الآباء عند ولادة أبناءهم، ونظرًا لوجود أعداد غير متساوية من الذكور والإناث من الآباء وغالبًا تتزاوج فى أعمار مختلفة لذلك يتم حساب مدى الأجيال منفصلًا لكل من الذكر والأنثى من الآباء، ثم يتم حساب المتوسط، ونلاقى صعوبة أكبر فى معظم القطعان نظرًا لوجود نسب مختلفة من الحيوانات فى مجموعة عمرية، وأيضًا إذا اختلفت الخصوبة للآباء والتى فى مجموعات عمرية مختلفة لابد من مراعاة ذلك فى الحساب. وهذا يعنى الدقة فى حساب متوسط درجات عمر الأباء ولابد من عمل الاتزان طبقًا لعدد النسل الذى نتج فى كل درجة من درجات العمر فمثلًا إذا كان لدينا قطيع من الأبقار نسبته ٥٠٪ فى عمر سنتين، ٥٠٪ فى عمر ثلاثة سنوات يكون متوسط العمر ٢.٥ سنة، وإذا كان لدينا فى القطيع نسبة عالية من الحيوانات صغيرة السن التى تسمح بحدوث خسارة طبيعية وفى هذه الحالة يصعب تحديد عمر للدرجات، وإذا كانت الحيوانات نسبتها ٦٠٪ فى عمر سنتين، ٤٠٪ فى عمر ثلاثة سنوات يكون متوسط العمر للإناث = (٠.٦ × ٢) + (٠.٤ × ٣) = ٢.٤ سنوات، وإذا انتجت مجموعتى

العمرين عددًا متساويًا من النسل لكل أنثى تصبح فترة جيل الأنثى ٢.٤ سنة. ولأجل التنبوء بالاستجابة للانتخاب سنويًا الذى يُفضل استخدامه بالمقارنة بحساب الاستجابة على أساس مدى الجيل، وبذلك يتم قسمة المعادلة التالية لأجل الاستجابة خلال الجيل على متوسط فترة الجيل (i)

$$\text{ر (R) أى الاستجابة خلال سنة} = \frac{\text{الفارق الانتخابى} \times \text{المكافئ الوراثى}}{\text{طول مدى الجيل}}$$

فإذا كان الفارق الانتخابى = ٦ كجم، h^2 = ٠.٣ ومدى الجيل ٢.٦٧ سنة

$$\therefore \text{ الاستجابة للانتخاب خلال سنة} = \frac{٦ \times ٠.٣}{٢.٦٧} = ٠.٦٧ \text{ سنويًا تقريبًا}$$

جدول (٢-٣) المكافئات الوراثية لبعض الصفات ذات الأهمية الاقتصادية فى الماشية

اتجاه الماشية	الصفة	قيمة المكافئ الوراثى
ماشية لبن	كمية اللبن	٢٥ - ٤٠٪
	نسبة دهن اللبن ٪	٥٠ - ٦٠٪
	نسبة بروتين اللبن ٪	٥٠ - ٦٠٪
	مقاييس مختلفة للخصوبة	١ - ٥٪
	حدوث أمراض مختلفة	صفر - ٢٥٪
ماشية لحم	وزن الجسم عند الميلاد	٢٥ - ٣٥٪
	وزن الجسم عند الفطام	٢٠ - ٣٠٪
	وزن الجسم فى عمر سنة	٣٠ - ٤٠٪
	سمك دهن الذبيحة	٣٥ - ٥٠٪
	سهولة الولادة	٥ - ١٥٪

وفيما يلى مثال لإيجاد دليل الانتخاب على أساس استخدام معامل التصحيح أو تقييم لكل صفة أى حساب الأهمية الاقتصادية لكل من الصفتين. وعلى فرض أن التغير متساوى لوحدات الانحراف المعيارى لكل صفة وأن معامل التقييم هو a وتقدير هذا المعامل يساوى ٠.٤ لأجل a_1 ، ويساوى – ١.٨ لأجل a_2.

∴ الحل $b_1 P_{11} + b_2 P_{12} = a_1 A_{11} + a_2 A_{12}$

$b_1 P_{21} + b_2 P_{22} = a_1 A_{21} + a_2 A_{22}$

وبوضع التباينات والتباينات المشتركة ومعاملات التقييم تصبح المعادلات السابقة كالآتى:

$٦.٣٧ b_1 + ٠.٦٠١ b_2 = (٠.٤ \times ٢.٢٩٣٢) + (- ١٠٨٩ \times ٠.١٥٥٧) = ٠.٦٢٣٠$

$٠.٦٠١ b_1 + ٠.٢٨ b_2 = (٠.٤ \times ٠.١٥٥٧) + (- ١٠٨٩ \times ٠.١٢٣٢) = ٠.١٧٠٦$

وبحل المعادلتين تصبح قيمة كل من b_1 ، b_2

$b_1 = ٠.١٩٥$ ، $b_2 = - ١.٠٢٧$

ويصبح الدليل للانتخاب كالآتى:

I= ٠.١٩٥ W – ١٠٢٧ L حيث W ، L هما وزن الجسم وطول الجسم

والتباين للدليل يمكن إيجاده حسب المعادلة السابقة (٤)

$\sigma_1^2 = (b, \Sigma, a A) + (b_2 \Sigma_2 aA)$

$= (٠.١٩٥ \times ٠.٦٢٣٠) + (- ١.٠٢٧ \times - ٠.١٧٠٦) = ٠.٢٩٦٧$

$\therefore \sigma = \sqrt{٠.٢٩٦٧} = ٠.٥٤٤٧$

فإذا كانت شدة الانتخاب i = ١.٠١

∴ الاستجابة للانتخابات R_H = ١.٠١ × ٠.٥٤٤٧ = ٠.٥٥ وحدات لكل جيل

إن تقييم الصفات بالنقود هى طريقة ليست بالقطع أحسن الطرق للتحسين بل يوجد مقاييس أخرى للتقييم ذكرها بعض الباحثين. وإذا لم تُستخدم النقود لتقييم الصفات فإننا نستخدم طريقة أخرى وهى الأهمية النسبية للصفة فى نظر المربى أى أهمية زيادة وحدة واحدة لكل صفة.

وقد ذكر Yamada, Yokouchi and Nishcda (١٩٧٥) دليلًا مع إمكانية أن يختلف عدد الصفات التى تشتمل عليها المعادلة

$$H = a_1 A_1 + a_2 A_2 + \ldots\ldots + a_n A_n$$

والتى يشتمل عليها الدليل $I = b_1 P_1 + b_2 P_2 + \ldots\ldots + b_n P_n$

ويمكن أن تتواجد صفات فى H ولكن تُساعد على تحقيق H من خلال معاملات الارتباط بين هذه الصفات إذا وجدت فى الدليل I، وبالعكس يمكن أن تُوجد صفات فى H والتى لا يمكن قياسها ولا توجد فى الدليل I.

ومن الأهمية أن نوجه الانتباه أنه إذا كان الهدف هو تحقيق قيمة اقتصادية فإن جميع الصفات التى لها تأثير على القيمة الاقتصادية يجب أن تدخل فى تكوين القيمة H.

ومعادلات الدليل التى بعد حلها نحصل على قيم b's التى تُستخدم فى الدليل يمكن إيجادها كما سبق شرحه بالحصول عل أكبر قيمة لمعامل الارتباط r_{HI} والعلاقة أو الارتباط بين التحسين والدليل هى كالآتى:

$$b_1 P_{11} + b_2 P_{12} + \ldots\ldots b_m P_{1m} = a_1 A_{11} + a_2 A_{12} + \ldots a_n A_{1n}$$

$$b_1 P_{21} + b_2 P_{22} + \ldots\ldots b_m P_{2m} = a_1 A_{21} + a_2 A_{22} + \ldots a_n A_{2n}$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$b_1 P_{m1} + b_2 P_{m2} + \ldots\ldots b_m P_{mm} = a_1 A_{m1} + a_2 A_{m2} + \ldots a_n A_{mn}$$

ويمكن التعبير عن التباينات والتباينات المشتركة فى صورة مكافئات وراثية ومعاملات ارتباط باستخدام المعادلات السابق ذكرها وهى

$$P_{ii} = \sigma_i^2 \ , \ A_{ii} = h_i^2 \ \sigma_i^2 \ , P_{ij} = r_p \sigma_i \sigma_j \ , \ A_{ij} = r_A h_i h_j \sigma_i \sigma_j$$

سابعًا: المعادلة الملائمة لاستخدامها فى التنبؤ بالاستجابة للانتخاب

Usefull formula for predicting response of selection

من المفيد جدًا القدرة على التنبؤ بمعدلات الاستجابة للانتخاب لكى نجرى مقارنة بين برامج التربية بتصميماتها المختلفة. فمثلًا يتم اختيار التصميم الذى يحقق أقصى استجابة سنوية. وفى هذا المجال لابد من معرفة بعض المعلومات مقدمًا لكى نتنبأ بالاستجابة مثل المكافئ الوراثى للصفة التى يُجرى فيها الانتخاب، ومعرفة تقديرات سابقة مطلوب استخدامها مثل مدى الجيل وهذا يمكن أن يتنبأ به بدقة من توزيع عمر الآباء المتوقع بالإضافة إلى المستويات النموذجية للأداء التناسلى للآباء فى كل مجموعة عمر كما تُستخدم حدود المعادلة التى نحتاجها لمعرفة الفارق الانتخابى مقدمًا لكى نستطيع التنبؤ بالاستجابة، ومن السهولة حساب الفارق الانتخابى ما دامت الحيوانات لها سجلات للأداء وأن الآباء قد تم انتخابها. وإن أحد معالم منحنيات التوزيع الطبيعى أنه يمكن التنبؤ بدقة بنسبة الحيوانات التى سوف تدخل فى حدود مختلفة من الأداء حول المتوسط. فمثلًا نحو ٦٨٪ من الحيوانات سوف يكون أداؤها بين الحدين واحد انحراف معيارى أقل من المتوسط إلى واحد انحراف معيارى فوق المتوسط، ٩٥٪ من الحيوانات تقع فى المدى -٢ إلى + ٢ انحرافات معيارية وهكذا... لذلك إذا عرفنا عدد الانحرافات المعيارية الأفضل بالمقارنة بمتوسط الحيوانات المنتخبة ولدينا كيلوجرامات وزن الجسم أو لترات اللبن لكل انحراف معيارى نستطيع التنبؤ بالفوارق الانتخابية المطلوبة.

وإذا عرفنا عدد الحيوانات المسجلة وعدد الحيوانات التى تم انتخابها من هذه المجموعة، ويوجد جداول إحصائية قياسية تسمح لنا للتعبير عن كفاءة الحيوانات المنتخبة فى صورة انحرافات معيارية زيادة فوقف المتوسط. والجدول الإحصائى القياسى التالى (٢-٤) موضح به أنه فى حالة انتخاب أحسن خمس ذكور من ٧٥ ذكر وهى التى تُستخدم لتسجيل أداءها من المتوقع أن تكون قيمة الانحرافات المعيارية ١.٨٩٣ زيادة عن المتوسط لعدد ٧٥ ذكر، وإذا كان الانحراف المعيارى لوزن الجسم ٥ كجم يمكن أن نتوقع متوسط الوزن لخمسة ذكور منتخبة أن يصبح حوالى ٩.٥ كجم أعلى من المتوسط لجميع الـ ٧٥ ذكر المسجلة (١.٨٩٣ × ٥ = ٩.٤٦٥ كجم).

وتفوق الحيوانات المنتخبة معبرًا عنها بوحدات انحرافات معيارية يسمى الفارق الانتخابى المعيارى standarised selection differential وكثافة الانتخاب selection intensity ويعبر عنها بالحرف (i) والجدول التالى (٢-٤) موضح به كثافة الانتخاب وهى دالة كبيرة عن نسبة الحيوانات المنتخبة وكلما انخفضت نسبة الحيوانات المنتخبة ارتفعت كثافة الانتخاب، ولكن مع نسبة ثابتة من الحيوانات المنتخبة.

وتزداد كثافة الانتخاب قليلًا كلما زاد العدد الكلى للحيوانات المجترة، وكمثال عن مقارنة كثافة الانتخاب: عندما يُختار عشرة حيوانات من خمسون مختبرة تكون كثافة الانتخاب ١.٣٧٢، وعندما يُختار عشرون حيوان من مائة مختبرة تكون كثافة الانتخاب ١.٣٨٦.

جدول (٢-٤) كثافة الانتخاب معبرًا عنها بوحدات من الانحرافات المعيارية عن طريق انتخاب أعداد مختلفة من الحيوانات من مجموعات ٢٥، ٥٠، ٧٥، ١٠٠ حيوان

عدد الحيوانات المنتخبة	العدد الكلى من الحيوانات تم فيها الانتخاب			
	٢٥	٥٠	٧٥	١٠٠
	كثافة الانتخاب (i)			
١	١.٩٦٥	٢.٢٤٩	٢.٤٠٣	٢.٥٠٨
٥	١.٣٤٥	١.٧٠٥	١.٨٩٣	٢.٠١٨
١٠	٠.٩٣٦	١.٣٧٢	١.٥٨٨	١.٧٣٠
١٥	٠.٦٢٤	١.١٣٩	١.٣٨١	١.٥٣٦
٢٠	٠.٣٣٦	٠.٧٨٦	١.٢١٧	١.٣٨٦
٢٥	صفر	٠.٤٨٨	١.٠٧٩	١.٢٥٩
٣٥	-	صفر	٠.٨٤٣	١.٠٥٠
٥٠	-	-	٠.٥٣٩	٠.٧٩٢
٧٥	-	-	صفر	٠.٤٢٠
١٠٠	-		-	صفر

ويمكن حساب التباين الظاهرى phenotypic variance (V_P) أو الانحراف المعيارى الظاهرى (sd_p) للصفة التى يجرى فيها الانتخاب فى المجتمع الأول من الحيوانات، ويمكن التنبؤ بالفوارق الانتخابية عن طريق ضرب كثافة الانتخاب (i) التى تعبر عن عدد وحدات الأحسن من الحيوانات sd بالمقارنة بمتوسط الحيوانات المنتخبة مضروبا فى sd الظاهرى الذى يدل على عدد وحدات من sd التى تساوى بالكيلوجرامات وزن الجسم أو لترات من اللبن $S = i \times sdp$ وبوضع $i \times sdp$ بدلًا من S فى المعادلة السابقة نحصل على معادلة جديدة لأجل التنبؤ بالاستجابة للانتخاب خلال سنة

$$R = \frac{i \times sd_p \times h^2}{L} \quad ، \quad R = \frac{i\, h^2\, sd_p}{L}$$

ولأجل تطبيق استخدام هذه المعادلة إذا أخذنا فى الاعتبار برنامج تربية ماشية اللحم لأجل تحسين وزن جسم العجول عند الفطام أو الوزن فى عمر ٢٠٠ يومًا فى قطيع مكون من ١٢٠ من أبقار السمنتال، وإذا فرضنا أنه يوجد ١٠٠ من صغار الماشية تربى سنويًا. إذًا يوجد ٥٠ حيوان صغير فى المتوسط لكل من الذكور والإناث متاحة لأجل إجراء الانتخاب كل سنة، ومن سجلات أداء المجموعة خلال عدد كبير من السنوات فى بريطانيا عن طريق MLC أمكن حساب الانحراف المعيارى الظاهرى لوزن الجسم عند الفطام لنوع السمنتال وهو ٣٥ كجم وإذا انتخبنا خمسة عجول كل سنة التى تعطي أعلى أوزان للجسم عند الفطام، ففى هذه الحالة نحن نتنبأ بكثافة الانتخاب للذكور ومقدارها ١.٧٠٥ انحراف معيارى، وإذا انتخبنا أعلى أوزان جسم لـ ٣٥ من العجلات كل سنة من ٥٠ عجلة مسجلة. فإن كثافة الانتخاب للأنثى سوف تكون ٠.٤٨٨ انحراف معيارى وهذا يُعطى متوسط كثافة انتخاب للذكور والإناث معًا ١.٠٩٧، وإذا استخدمت الذكور فى التلقيح مرة واحدة فقط فى عمر ١٥ شهرًا فإن نسلهم سوف يولد عندما يكون عمر الذكور سنتين، وبذلك يكون مدى الجيل للذكور سنتين، وإذا كان القطيع يتكون من ٣٥ من العجلات (عمرها ثلاث سنوات)، ٣٠ من الأبقار من عمر ٤ سنوات، ٢٥ من الأبقار عمر خمسة سنوات، ٢٠ من الأبقار عمر سنة سنوات، ١٠ من الأبقار عمر سبعة سنوات، ولهذه الأبقار معدلات ولادة متساوية، ففى هذه الحالة متوسط العمر الموزون

للإناث ومنه حساب مدى الجيل للإناث يصبح ٤.٥ سنة. ومتوسط مدى الجيل للذكور والإناث معًا ٣.٢٥ سنة والمكافئ الوراثي لوزن لاجسم عند الفطام فى ماشية اللحم عادة حوالى ٢٥٪، وبوضع هذه القيم فى معادلة جديدة حيث i = ١.٠٩٧ ، sd_p = ٣٥ كجم ، h^2 = ٠.٢٥ ، L = ٣.٢٥ سنة

∴ R (الاستجابة للانتخاب) = $\frac{٠.٢٥ \times ٣٥ \times ١.٠٩٧}{٣.٢٥}$ = ٢.٩٥ كجم كل سنة تقريبًا

ثامنًا: العلاقة بين كثافة الانتخاب ومدى الجيل

معادلة الاستجابة للانتخاب السابقة تُوضح أن الاستجابة السنوية للانتخاب سوف تكون أعلى فى تعبيرها عندما تكون كثافة الانتخاب عالية والمكافئ الوراثي للصفة عاليًا وفترة الجيل منخفضة. ولا يستطيع المربى أن يُغير كثيرًا فى قيمة المكافئ الوراثي للصفة، وهذا يعود بصفة أساسية إلى الصفات البيولوجية للصفة، ويستطيع المربون فى الحدود البيولوجية - زيادة كثافات الانتخاب والتقليل من فترات مدى الجيل رغم أن هذين المقياسين بينهما ارتباط، وتتباين قوة هذا الارتباط بين الذكور والإناث والأنواع أيضًا، وفى حالة أى قطيع تربية ولكى يبقى بنفس الحجم لابد أن تستبدل حيوانات التربية على الأقل عندما تنفق لأسباب طبيعية أو تُستبعد لعدم صلاحيتها للتربية وأسباب أخرى غير مرغوبة.

ونظرًا لقلة أعداد الذكور المطلوبة للتربية نسبيًا، لذلك لابد من توفر ذكور ذات صفات جيدة لأجل الإحلال لجميع حيوانات المزرعة، وهذا يعنى أنه دائمًا يُوجد إمكانية أن نحتفظ بفترات مدى جيل قصيرة للذكور، وفى نفس الوقت نحافظ على كثافات انتخاب للذكور عالية، ولكن هذه الحالة لا تنطبق على الإناث.

وتلد الإناث لمعظم الأنواع من الماشية والأغنام عددًا أقل من اثنين من النسل فى السنة، وبذلك يكون عدد الإناث فى المتوسط أقل من أنثى واحدة من النسل فى السنة وهذا بالتالى يضع حد أعلى لعدد إناث التربية التى يمكن أن تستبدل كل سنة.

ومن السهولة مشاهدة الارتباط بين كثافة الانتخاب ومدى الجيل، ويوضح المثالان

التاليان الحد الأقصى فى سياسة الإحلال فى القطيع من الماشية. ففى الحالة الأولى جميع الإناث الصغيرة السن المتاحة التى تُستخدم للإحلال يمكن أن تشترى وتدخل القطيع لكى تحل محل الإناث كبيرة السن، وفى هذه الحالة متوسط عمر القطيع يصبح منخفضًا وفترة مدى الجيل للإناث يمكن أن تكون قصيرة، ولكن لا يُجرى أى انتخاب بالمرة بين الإناث المستخدمة لهدف الإحلال (أى أن كثافة الانتخاب للإناث سوف تساوى صفر) - وفى الحالة الثانية إذا تم استبدال إناث التربية فقط عندما نفقت نتيجة أسباب طبيعية، وفى هذه الحالة يكون متوسط العمر للقطيع عاليًا، ومدى الجيل للإناث طويلًا جدًا، ولكن فى هذه الحالة نحتاج إلى عدد قليل من الإناث للإحلال مكان الإناث المستبعدة، ولذلك سوف يُجرى انتخاب الإناث بدقة شديدة مما يؤدى إلى ارتفاع قيمة كثافات الانتخاب، وبذلك يكون التركيب العمرى النموذجى فى القطيع لأجل الوصول إلى أقصى استجابة الانتخاب غالبًا هو الوضع الوسط بين الحالتين الأولى والثانية.

فإذا كان لدينا قطيع وفترة الجيل للإناث (بالسنوات) ٣.٧٦ سنة، وفترة الجيل للذكور (بالسنوات) ١.٠ سنة فيكون متوسط فترة الجيل ٢.٣٨ سنة، وإذا كانت كثافة الانتخاب للإناث ١.٠٧٩ وكثافة الانتخاب للذكور ١.٨٩٣ فيكون متوسط كثافة الانتخاب ١.٤٨٦ وتكون الاستجابة للانتخاب السنوية المتوقعة ٠.٩٤٧.

تاسعًا: استخدام معلومات عن الأقارب Using information from relatives

من الأهمية أن نأخذ فى الاعتبار مقياس واحد للأداء فقط على الحيوان نفسه كوسيلة للانتخاب، ولكن هذا هو فقط أحد مصادر المعلومات التى عادة تُستخدم فى تربية الحيوان وهذه المعلومات تشمل سجلات أداء عن:

١ - أجداد الحيوان **The animal's ancestors**: إن إجراء الانتخاب اعتمادًا على معلومات عن الأجداد يطلق عليه pedigree selection أى الانتخاب باستخدام سجلات النسب. والدليل الذى يشتمل على جميع المعلومات عن أداء الأجداد عادة يطلق عليه دليل النسب pedigree index، وإجراء الانتخاب بناء على أدلة النسب شائع استخدام فى الحيوانات صغيرة السن حتى نحصل منها على سجل أداء.

٢- **أداء الحيوان نفسه**: إن إجراء الانتخاب على أداء الحيوان نفسه هو أبسط طرق الانتخاب ومعروف أن غالبية خطط تسجيل الأداء لماشية اللحم والأغنام تعتمد على هذا المصدر وحده. ويطلق عليه performance test أى اختبار الأداء للحيوان، وأكثر خطط التسجيل الحديثة الأداء تستخدم معلومات عن كل الأقارب المتاحة لأجل التنبؤ بالقيم التربوية.

٣- **أداء اخوة واخوات الحيوان**: الاخوة والاخوات الأشقة هى الحيوانات التى تشترك فى النسب مع الأبوين معًا بينما الاخوة غير الأشقة هى الحيوانات التى تشترك فى النسب مع أب واحد من الاثنين. وبرامج الانتخاب التى تعتمد على معلومات عن الاخوة والاخوات الأشقة يطلق عليها sib selection، sib test وتعتبر هذه المعلومات ذات فائدة إذا كانت الصفة التى تهمنا تقاس فقط على أحد الجنسين مثل سجلات اللبن من الاخوات الأشقة التى استخدمت بنجاح فى المساعدة على انتخاب طلايق إنتاج اللبن فى عمر مبكر، وبالمثل برامج تربية عجول التسمين لتحسين مكونات الذبيحة اعتمادًا على التشابه بين الاخوة الأشقة مما يؤدى إلى تقسيم الذبيحة للاخوة الأشقة (وهذا الإجراء استخدامه أقل حاليًا حيث يمكن استخدام الفحص بالموجات الصوتية عالية التردد ultrasonic scaning كطريقة منتشرة للحكم على صفات الذبيحة والحيوان حى).

٤- **نسل الحيوان The animal's progeny** فى برنامج التربية الذى يعتمد على أداء نسل الحيوان يطلق عليه progeny test أى اختبار النسل حيث يعتبر المعلومات عن أداء النسل مفيدة جدًا عندما تكون الصفة التى تهمنا يمكن قياسها على جنس واحد فقط ولذلك يستخدم اختبار النسل فى الانتخاب فى كثير من البلاد فى مجال إنتاج اللبن من ماشية اللبن.

والطلايق التى تختبر بهذا الاختبار فى كثير من القطعان يتم تسجيل إنتاج النسل من الأبقار الأم التى تم تلقيحها صناعيًا بهذه الطلايق، ويتم اختبار الأبقار الأم للاستخدام الواسع أو تستبعد لعدم صلاحيتها اعتمادًا على سجلات إنتاج اللبن لبناتنها مقارنة مع البنات المعاصرة لها.

وتعتبر سجلات الأداء من الأقارب مفيدة فى الانتخاب لأن الحيوانات التى بينها قرابة يُوجد بينها عوامل وراثية مشتركة، ولذلك يمكن أن يمدنا الأداء للأقارب بإشارات عن الكفاءة الوراثية أو القيمة التربوية للأفراد المراد انتخابها.

ويحصل النسل على نصف تراكيبه الوراثية مشتركة مع كل من الأبوين (بعيدًا عن عدم التساوى القليل الذى يسببه الحجم المختلف لكروموسوم X، Y) حيث أن كل حيوان ينمو من جنين سبق أن حصل على فرد واحد من كل زوج من الكروموسومات من الأب الذكر عن طريق الحيوان المنوى، والفرد الآخر من الكروموسوم من الأم، ولكن بالنسبة للدرجات الأخرى من الأقارب فإن نسبة العوامل الوراثية المشتركة هى متوسطات، وهذا يحدث بسبب حدوث انعزال، والتداخل بين الكرموسومات الذى يؤدى إلى فرصة حدوث تباين فى نسب العوامل الوراثية من الأجداد، وكل حيوان منوى وكل بويضة تحمل صورة من نصف العوامل الوراثية للحيوانات التى تنتجها. وتتحكم الصدفة البحتة فى تكوين أى عينة من العوامل الوراثية، ولذلك بعض أزواج من الاخوة الأشقة لها بالصدفة أكثر من النصف من العوامل الوراثية المشتركة وآخرون لها أقل من النصف من العوامل الوراثية المشتركة.

ولأجل التنبؤ بالاستجابة للانتخاب باستخدام مصادر المعلومات نلجأ إلى إحداث تغيير فى المعادلة السابقة عن الاستجابة للانتخاب وهى:

$$\frac{i \times h^2 \times sdP}{L} = R$$

حيث تكتب هذه المعادلة بصورة أخرى باستخدام العلاقة $h^2 = \frac{Sd_A \times Sd_A}{Sd_P \times Sd_P}$

وتصبح $R = \frac{i \times h \times Sd_A}{L} = \frac{i \times Sd_P \times Sd_A \times Sd_A}{L \times Sd_P \times Sd_P}$

وهذه المعادلة تصبح ملائمة إذا أجرى الانتخاب باستخدام سجل واحد للأداء للحيوان نفسه أى أن (r=h)، ولأجل نوعيات أخرى من الانتخاب تستبدل h بالحرف r وهى القيمة العامة التى تعبر عن الدقة accuracy. وإذا كانت الرغبة فى إثبات أن قيمة r=h. فإذا حسبنا الاستجالة للانتخاب R للوزن عند الفطام فى ماشية السمنتال باستخدام

المعادلة السابقة باستخدام المعطيات h = ٠.٥ (حيث h^2 = ٠.٢٥)، sd_A = ١٧.٥ (h × sd_P = ٠.٥ × ٣٥)، ويدل الحرف r عادة على الارتباط ولكن فى هذه الحالة الدقة accuracy هى الارتباط بين القيمة التربوية للصفة أو الصفات التى يُمارس فيها الانتخاب والمقياس أو المقاييس التى على أساسها تم الانتخاب.

عاشرًا: الدقة فى إجراء الانتخاب Accuracy of selection

الدقة فى إجراء الانتخاب تعتمد بصفة أساسية على ثلاثة أشياء: (١) المكافئ الوراثى للصفة: وكلما كان المكافئ الوراثى عاليًا كلما زادت الدقة، (٢) مصدر المعلومات التي يعتمد على أساسها الانتخاب. ومثالًا لذلك مستوى القرابة حيث كلما قويت القرابة التى تعتمد عليها سجلات الانتخاب كلما ارتفعت الدقة للانتخاب، (٣) كمية المعلومات المتاحة عن الأقارب، وكلما زاد عدد الأقارب فى الدرجة أو المستوى الذى تم فيه تسجيل المعلومات كلما زادت الدقة رغم وجود ما يؤدى إلى تقليص العائد كلما زاد عدد الأقارب. وفى الجدول التالى (٢-٥) يتضح به العلاقة بين الدقة والجذر التربيعى للمكافئ الوراثى لمختلف درجات القرابة (على افتراض أن الانتخاب يعتمد على سجل واحد للأداء من هذا النوع من القرابة). ويمكن استخدام القيمة المناسب لـr فى المعادلة السابقة لأجل التنبؤ بالاستجابة للانتخاب لسجل معين. وكمثال إذا أجرى الانتخاب على سجل واحد على الحيوان نفسه فإن الدقة فى الانتخاب تساوى الجذر التربيعى للمكافئ الوراثى للصفة التى هى موضع الاهتمام (r = h).

جدول (٢-٥) مقارنة عن الدقة فى الانتخاب على أساس سجل واحد من الأداء على الحيوان نفسه أو سجل واحد من القرابة.

مقياس واحد للأداء على	الدقة (r)	مقياس واحد للأداء على	الدقة (r)
الحيوان نفسه	h	توائم متطابقة	h
أب واحد	h½	اخوة أشقة	h½
جد واحد	h¼	اخوة نصف أشقة	h¼
أب الجد	h⅛	النسل	h½

الانحراف القياسى الوراثى التجميعى Additive genetic standared deviation من معرفة الانحراف القياسى الوراثى التجميعى أو الانحراف القياسى للقيمة التربوية وكذلك الانحراف القياسى الظاهرى يمكن حساب المكافئ الوراثى

$$\text{المكافئ الوراثى } h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

والانحرافات القياسية هى الجذر التربيعى للتباينات، وبذلك يمكن أن نوجد الجذر التربيعى لجميع مفردات المعادلة لأجل الحصول على h ($h = Sd_A/Sd_P$) ويمكن إعادة توزيع المفردات فى هذه المعادلة وذلك بضرب كل جانب من جانبى المعادلة × sd_P ، ونحصل على $sd_A = h\ sd_P$ وبذلك فإن الانحراف القياسى الوراثى التجميعى هو ناتج ضرب الانحراف القياسى الظاهرى × الجزء التربيعى للمكافئ الوراثى.

ولأجل التنبؤ عن الاستجابة السنوية للانتخاب نحن نحتاج إلى معرفة الانحراف المعيارى الوراثى التجميعى لوزن الجسم فى ٤٠٠ يومًا وهو ٢.٨٤ كجم لأجل الأنواع كبيرة الحجم من ماشية اللحم (يتم حسابه من الانحراف القياسى الظاهرى لـ٤٠٠ يوم وزن جسم حوالى ٤٥ كجم الذى يضرب × الجذر التربيعى للمكافئ الوراث لـ٤٠٠ يوم وزن جسم ($\sqrt{٠.٤٠}$ = ٠.٦٣٢) ثم بضرب ٤٥ × ٠.٦٣٢ = ٢٨.٤ كجم، وحيث أن i = ٠.٨٥٢٥ ، r = ٠.٦٣٢ ، sd_A = ٢٨.٤ ، إذا كانت L = ٢.٩٢٥

$$\therefore \text{الاستجابة للانتخاب } R = \frac{٢٨.٤ \times ٠.٦٣٢ \times ٠.٨٥٢٥}{٢.٩٢٥} = ٥.٢٣ \text{ سنويًا}$$

إحدى عشر: استخدام سجلات الأداء المتكررة

Using repeated records of performance

أحيانًا يقوم المربى بتسجيل أداء لصفة واحدة على حيوانات لأجل إجراء الانتخاب الحيوانات بناء على مستوى أداء هذه الصفة على الحيوانات، ولكن كثير من الصفات التى تهمنا يمكن أن تقاس أكثر من مرة خلال حياة الحيوان فمثلًا الحيوانات الصغيرة السن

التى تربى لإنتاج اللحم يمكن أن تُوزن فى فترات عدة، وكذلك أبقار اللبن يمكن أن يُقاس إنتاجها من اللبن خلال عدة مواسم حليب، ومعظم أبقار اللحم يمكن أن تعطى عجول يتم فطام ست أو سبعة عجول خلال حياة هذه الأبقار وغالبًا يوجد ارتباط وراثى قوى جدًا بين الأداء خلال مراحل مختلفة فى حياة الحيوان، وفى هذه الحالات نفترض أن الأداء خلال هذه المراحل يتأثر بنفس العوامل الوراثية، لذلك تكرار السجلات عن الأداء يمكن أن يعطينا إضافة موضوعية عن القيمة التربوية للحيوانات ويقوى الدقة فى إجراء الانتخاب، وإذا تأثرت القياسات المتكررة بنفس العوامل الوراثية ففى هذه الحالة أى اختلافات فى الأداء من المعاصرات من الأبقار مثل إنتاج اللبن فى مواسم مختلفة يعود إلى الاختلافات فى الظروف البيئية أو المعاملة التى يتعرض لها الحيوان خاصة أنه من المعروف أن أداء الحيوان يمكن أن يقسم إلى تأثيرين الوراثى والبيئى.

$$P = G + E$$

وبالاستعاضة عن الجزء الوراثى بالتأثير الوراثى التجميعى (القيمة التربوية) بالإضافة إلى التأثير الوراثى غير التجميعى $P = A + NA + E$

والجزء الخاص بالبيئة فى الأداء يمكن أن يُجزء إلى تأثير بيئى مستديم permanent (E_p) وتأثير بيئى مؤقت temporary (E_t) وبذلك يصبح مظهر الصفة P

$$P = A + N_A + Ep + E_t$$

وتبقى التأثيرات البيئية المستديمة مع الحيوان فى حياته مثل العوامل الوراثية ولكنها على عكس العوامل الوراثية لا تنتقل إلى النسل كما أن التأثير البيئى المؤقت قصير حيث يمكن أن يؤثر على موسم إدرار واحد أو وزن واحد فقط، وإذا تعرضت الأبقار التى تدر اللبن للإصابة بالتهاب شديد فى الضرع فى أحد أرباع الضرع مما يؤدى إلى تلف أنسجة الإفراز يصبح هذا الجزء من الضرع غير صالح بتاتًا لإدرار اللبن مرة أخرى وبذلك يصبح هذا التلف نتيجة لتأثير بيئى دائم، ويمكن أن يزيد إدرار اللبن فى الثلاثة أرباع الأخرى قليلًا لكى يُعوض النقص فى الإدرار، ولكن هذا ينتج كمية من اللبن أقل بوجه

عام فى كل موسم إدرار ناجح بالمقارنة بحالة الإدرار إذا لم يصاب الضرع بالالتهاب، وقد يحدث أن يقل الإدرار فى موسم ما لنفس الحيوان بصورة مؤقتة وذلك بسبب تعرض البقرة لمستوى تغذية رديء أو منخفض، ولكن إذا تغير هذا الأسلوب فى التغذية وتم تقديم سيلاج جيد الصفات للأبقار فى مواسم الإدرار التالية نُلاحظ تحسن الإدرار ويوصف هذا بالتأثير البيئى المؤقت. وقيمة استخدام سجلات متكررة فى الانتخاب يعتمد على مقياس يسمى المعامل التكرارى repeatability وهو الارتباط بين السجلات المتكررة من نفس الحيوان. ولذلك يُعرف المعامل التكرارى بأنه النسبة من التباين المظهرى الكلى التى توصف عن طريق التفاعل بين تأثيرات العوامل الوراثية والتباين البيئى الدائم

$$\text{Repeatability} = \frac{V_G + V_{EP}}{V_P} = \frac{V_A + V_{NA} + E_P}{V_P}$$

وهذه المعادلة تشبه المعادلة التى استخدمت لحساب المكافئ الوراثى ما عدا أنه يضاف فى البسط التأثير البيئى الدائم. كما أن المكافئ الوراثى يختص فقط بالجزء من التباين الوراثى التجميعى الذى يتنبأ به بينما المعامل التكرارى يشتمل علاوة على ذلك التباين الوراثى غير التجميعى وكذلك التأثيرات البيئية المستديمة المرتبطة بالحيوان نفسه، ونتيجة لذلك المعامل التكرارى يمثل الحد الأعلى للمكافئ الوراثى. وقيمة هذا المعامل التكرارى مثل المكافئ الوراثى تتراوح من صفر إلى واحد صحيح أو من صفر٪ إلى ١٠٠٪ ، وفى الجدول التالى بعض الأمثلة عن المعاملات التكرارية لصفات مختلفة.

جدول (٢-٦) تقديرات للمعاملات التكرارية لبعض الصفات ذات الأهمية الاقتصادية فى الماشية

إنتاج الماشية	الصفات	المعامل التكرارى
ماشية اللبن	كمية اللبن	٠.٥٥
	عدد الأيام من الولادة حتى التلقيح	٠.١٠
	عدد مرات التلقيح حتى الإخصاب	٠.٠٧
ماشية اللحم	الأبقار التى وضعت صغارًا إلى الأبقار الحامل	٠.٠٦
	عجلات مفطومة لكل الولادات	٠.٠٥
	وزن الأبقار قبل التلقيح	٠.٥٧
	وزن العجلات عند الفطام	٠.٣٧

وكلما كانت قيمة المعامل التكرارى للصفة كبيرة كلما أمكن استخدام عدد قليل من السجلات المتكررة لاستخدامها فى الانتخاب لهذه الصفة أو بمعنى آخر إذا كانت قيمة المعامل التكرارى عالية فإن أول سجل عن الأداء يُعطى صورة جيدة عن الكفاءة الوراثية للحيوان، وإن إضافة سجلات أخرى يزيد قليلًا من الدقة فى الحصول على المعامل ولكن إذا كان المعامل التكرارى منخفضًا فإن السجل الأول للأداء يعطى صورة غير جيدة عن الأداء التالى للحيوان، وهنا يُساعد تكرار السجلات فى تكوي مقاييس أكثر دقة عن الكفاءة الوراثية للحيوان بعكس المعامل التكرارى المنخفض.

ومع استخدام معلومات عن أقارب هذا الحيوان من الأهمية أن يؤخذ فى الحسبان الوقت الذى يصعب فيه الحصول على سجلات متكررة وبصفة أساسية فإن الفوائد من الدقة العالية يمكن تُفقد أهميتها نتيجة لزيادة مدى الجيل. ورغم ذلك عمليًا يعتمد الانتخاب عادة على سجل واحد بصفة مبدئية مع استخدام سجلات تالية لأجل تنقية التقديرات الأخيرة للكفاءة الوراثية.

ثانى عشر: التنبؤ بالاستجابات المرتبطة بالانتخاب:

قبل الدخول فى تطبيق برنامج انتخاب من المفيد التنبؤ بما هو متوقع حدوثه للصفة التى هى محل الدراسة، وأيضًا ما هو متوقع للصفات الأخرى المرتبطة بهذه الصفة، ومع معرفة المكافئات الوراثية للصفة التى يُجرى فيها الانتخاب والصفات الأخرى ذات الأهمية، وكذلك معرفة التباينات المظهرية أو الانحرافات القياسية وكذلك الارتباط الوراثى بين هذه الصفات فإن الاستجابة المرتبطة بالانتخاب يمكن التنبؤ بها، ومن السهولة تتبع الثلاث خطوات التالية:

١- حساب الاستجابة السنوية المتنبأ بها للصفة التى تخضع للانتخاب ونفرض لها الحرف (x) وإذا أردنا أن نتنبأ بالاستجابات المرتبطة فإنه من البساطة إذًا أولًا نتنبأ بالاستجابة المباشرة فى الصفة التى تخضع للانتخاب فى وحدات انحراف قياسى وراثى تجميعى بدلًا من وحدات من القياس، وإذا أجرى الانتخاب على أساس استخدام سجل واحد عن أداء الحيوان نفسه تكون طريقة الحساب كالآتى:

$$R_X = \frac{h_X \times i}{L} \times (\text{انحراف قياسى وراثى تجميعى لـ x كل سنة}) \quad \ldots\ldots (١)$$

ملحوظة: هذه المعادلة تشبه المعادلة السابقة عن الاستجابة للانتخاب ما عدا التعبير S_{dA} فى المعادلة السابقة التى استبعد لكى نعبر عن الاستجابة فى صورة وحدات من الانحراف القياسى الوراثى التجميعى بدلًا من وحدات قياسية.

٢- ضرب المعادلة السابقة (الاستجابة السنوية المتنبأ بها) X الارتباط الوراثى بين الصفات التى تخضع للانتخاب، والصفة الثانية التى تهمنا ولتكن الصفة Y وذلك للحصول على الاستجابة المرتبطة المتنبأ بها فى الصفة الثانية معبرًا عنها بوحدات من الانحراف القياسى الوراثى التجميعى

$$R_Y = R_X \times r_{A\,X\,Y} \quad \ldots\ldots (٢)$$

٣- وبضرب الاستجابة المرتبطة المتنبأ بها X وحدات انحرافات قياسية فى المعادلة (٢) ×

الانحراف القياسى الوراثى التجميعى للصفة الثانية sd_{AY} لكى نعبر عنها فى وحدات عن الاستجابة المرتبطة المتنبأ بها للمقياس فى السنة

$$R_Y = R_X \times r_{A\times Y} \times sd_{A\times Y}$$ (فى وحدات من المقياس كل سنة)

وبكتابة هذه المعادلة كاملة بالتعويض عن R_X باستخدام المعادلة (١)

$$\therefore R_Y = \frac{Sd_{AY} \times r_{A\times Y} \times h_X \times i}{L}$$

وباستخدام المثال السابق فإذا أجرينا انتخاب للعجول لصفة وزن الجسم فى عمر ٧٢ أسبوع، نتوقع زيادة فى سمك الدهن نتيجة لوجود ارتباط وراثى موجب بين هاتين الصفتين (وزن الجسم وسمك الدهن)، ويمكن التنبؤ عن الاستجابة المباشرة للوزن (فى وحدات من المقياس) باستخدام المعادلتين السابقتين. وبذلك تصبح الاستجابة المرتبطة بسمك الدهن باستخدام المعادلة السابقة رقم (٢) إذا افترضنا أن $i = ١.٤$، $h_x^2 = ٠.٣$، $h_x = ٠.٥٥$، $h_Y^2 = ٠.٣$، $h_Y = ٠.٥٥$، $r_{A\times Y} = ٠.٤$، $sd_{AX} = ٢.٧٥$، $sd_{AY} = ٠.٧١٥$، $L = ٢$

∴ الاستجابة المتنبأ بها فى عمر ٧٢ أسبوع لوزن الجسم بالكيلوجرامات كل سنة

$$R_X = \frac{Sd_{AX} \times h_X \times i}{L} = \frac{٠.٧١٥ \times ٠.٥٥ \times ١.٤}{٢} = ١.٠٦$$ كجم كل سنة

، الاستجابة المرتبطة بسمك الدهن $R_Y = \frac{٠.٧١٥ \times ٠.٤ \times ٠.٥٥ \times ١.٤}{٢}$

= ٠.١١ ملليمتر كل سنة

ثالث عشر: التحكم فى التربية الداخلية بين الحيوانات

Controlling of inbreeding

التربية الداخلية inbreeding هو تزاوج حيوانات بينها قرابة، وأحيانًا يمارس المربون سياسة متعمدة فى التزاوج بين الحيوانات التى بيها قرابة وذلك بهدف زيادة تكرار عوامل

وراثية معينة مرغوبة، ولكن رغم اتخاذ خطوات لتجنب التدهور نتيجة تربية الأقارب فإنها طريقة يصعب اجتنابها فى المجتمعات التى بينها قرابة. ولابد أن يحدث تزاوج بين هذه الحيوانات، وإذا حدث فى المجتمات صغيرة الحجم سوف يؤدى هذا إلى حدوث التدهور، ويتأخر التدهور فى المجتمعات الكبيرة، كما تزداد فرص حدوث التزاوج بين الأقارب عندما يُجرى الانتخاب بصورة عملية فى المجتمعات المقفلة وذلك لأن الحيوانات التى بينها قرابة تشترك مع بعضها فى عوامل وراثية ولذلك أداء هذه الحيوانات والقيم التربوية لها تكون أكثر تشابهًا بالمقارنة بالحيوانات التى ليس بينها قرابة، ونتيجة لذلك يعمل الانتخاب لأجل صفات معينة على زيادة تكرار التزاوج بين الحيوانات التى بينها قرابة وتزداد بالتالى التربية الداخلية بالمقارنة بالمجتمعات التى يحدث بها تزاوج عشوائى فى مجتمع من الحيوانات.

جدول (٢-٧) أمثلة عن التدهور نتيجة لتربية الأقارب فى صفات لها أهمية اقتصادية فى الماشية

إنتاج الماشية	النوع	الصفة	التدهور نتيجة التربية الداخلية كنسبة مئوية للتغير فى الصفة لكل ١٪ زيادة فى التربية الداخلية
ماشية لبن	الهوليستين	كمية اللبن	- ٢٩.٦ كجم
		كمية الدهن	- ١.٠٨ كجم
		كمية البروتين	- ٠.٩٧ كجم
	الهوليستين	كمية اللبن	- ٢٥ كجم
		كمية الدهن	- ٠.٩٠ كجم
		كمية البروتين	- ٠.٨٠ كجم
		نسبة الدهن	+ ٠.٠٥٪
		نسبة البروتين	+ ٠.٠٥٪
		معدل الخلايا الجسمية	+ ٠.٠١٢٪
ماشية لحم	هيرفورد (أبقار)	معدل الحمل (٢ سنة)	- ٠.٢٣٪

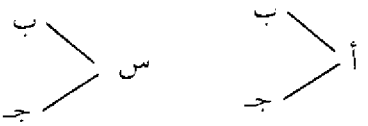
إنتاج الماشية	النوع	الصفة	التدهور نتيجة التربية الداخلية كنسبة مئوية للتغير فى الصفة لكل ١٪ زيادة فى التربية الداخلية
		القدرة على الحياة قبل الولادة	- ١.٦٧٪
		معدل الفطام	- ١.٢٤٪
		وزن الفطام	- ٠.٤٧٪

ويوجد سببان رئيسيان لأجل الرغبة فى وضع حد للتربية الداخلية. والسبب الأول أن التربية الداخلية تقلل كمية التباين الوراثى فى أى مجتمع وبالتالى يمكن أن تقلل الاستجابة للانتخاب (وتزيد من التباين فى الاستجابة للانتخاب)، والسبب الثانى أن التربية الداخلية يمكن أن تقود إلى انحدار فى الأداء فى صفات مرتبطة مع سلامته جسمانيًا مثل معدل التناسل ومقاومة الأمراض. وهذا الانحدار فى الأداء يطلق عليه التدهور نتيجة التربية الداخلية inbreeding depression، وفى الجدول السابق نماذج للتدهور نتيجة تربية الأقارب فى بعض الصفات فى الماشية، ويُعتقد أن التدهور نتيجة التربية الداخلية هو نتيجة زيادة فى التكرار الجينى للعوامل الوراثية المتنحية التى تأثيرها عكسى على الصفات المرتبطة مثل القدرة على مواصلة الحياة وسلامة الجسم، ويوجد بوجه عام نوعية مشابهة من الصفات التى تُظهر قوة الهجين كنتيجة للتزاوج بالخلط بين الأنواع، ولذلك من المجدى أن نفكر فى التربية الداخلية والتدهور نتيجة استخدام التربية الداخلية كظاهرة عكس الخلط بين الأنواع وقوة الهجين على الترتيب. والانحدار فى التباين الوراثى الذى يحدث نتيجة للتربية الداخلية وكذلك كمية التدهور الذى يعود إلى التربية الداخلية، كلاهما يعتمد على كمية التربية الداخلية حيث كلما كانت القرابة شديدة بين حيوانين تم بينهما التزاوج كلما ارتفعت كمية التربية الداخلية فى النسل الناتج، ولذلك من الأهمية أن يكون المربى قادرًا على قياس كمية التربية الداخلية فى حيواناته الموجودة فى المزرعة أو الحيوانات التى يستطيع أن يحصل عليها من تزاوج معين بين الحيوانات، كذلك من الأهمية أن يكون المربى قادرًا على التنبؤ عن المعدل الذى عنده التربية الداخلية سوف تتراكم مع مرور الوقت فى القطيع أو النوع الذى يدخل فى برنامج تربية معين.

وتقاس كمية التربية الداخلية عن طريق معامل تربية الأقارب inbreeding coefficient ويرمز له بالرمز F . وتعريف معامل تربية الأقارب أنه احتمال وجود اثنين من الاليلات المتطابقة فى أى موقع عن طريق النسب ومثالًا لذلك إذا كان لدينا اثنان من العجول وورثا عاملين وراثيين للون الأسود للشعر على الجسم BB، والعجل الأول هو نتيجة التزاوج بين طلوقة وبقرة ليس بينهما قرابة وهذا العجل له اليلين ويطلق عليهما متشابهين فى النوعية identical in kind وبمعنى آخر أن كلا الأليلين B لهما نفس التأثير ولكن مصدرهما من أجداد ليس بينهما قرابة، والعجل الثانى هو نتيجة تزاوج بين اخوة نصف أشقة خليطة العاملين الوراثيين للون الأسود (Bb) وأن نسب العجل الثانى يدل على أن الطلوقة والبقرة التى تم تلقيحها هما اخوة غير أشقة أى لهما نفس الطلوقة كأب (وهو جد العجل)، وكان العجل الثانى أسود خليط التركيب الوراثى (Bb) وجدة هذا العجل حمراء اللون متجانسة التركيب الوراثى (bb) ويحصل العجل على العاملين B من الجد المشترك. وفى هذه الحالة أيضًا يكون الاليلين B متطابقين بالنسب أى هما صورة من الاليل المفرد من الجد المشترك بينهما.

الرابع عشر: حساب معامل القرابة ومعامل تربية الأقارب:

القرابة هى وجود حيوان مشترك أو رابطة فى نسب حيوانين كما يتضح من النسب التالى:



حيث الحيوان (أ) أخ شقيق للحيوان س عن طريق الأبوين ب ، جـ وكلٍ من هذين الأبوين يعتبر الحيوان المشترك أو الرابطة فى نسب الحيوانين أ، س. ووجود علاقة أو رابطة بين الحيوانات التى تربطها صلة قرابة يعنى وجود تشابه فى العوامل الوراثية التى تكون التركيب الوراثى للحيوانات التى تربطها صلة قرابة.

والقرابة نوعان: الأول القرابة المباشرة الموجودة فى الأب وابنته وبين الأم وابنها،

وكذلك بين الاخوة الأشقة وغير الأشقة حيث يحصل كل منهما على العوامل الوراثية مباشرة من الحيوان المشترك أو الرابطة. والثانية القرابة غير المباشرة مثل القرابة الموجودة بين أولاد العم أو أولاد الخال أو أولاد العمة أو أولاد الخالة حيث يحصل كل منهما على العوامل الوراثية بطريق غير مباشر من الحيوان أو الحيوانات المشتركة أو الرابطة أى عن طريق حيوانات أخرى.

ومعامل القرابة عبارة عن عدد أو نسبة مئوية تدل على نسبة العوامل الوراثية المتماثلة فى حيوانين بينهما قرابة. فعندما يقال أن معامل القرابة بين الحيوانين أ، ب هو ٥٠٪ فهذا يعنى أن ٥٠٪ من العوامل الوراثية الموجودة بين الحيوانين متماثلة. ويقاس معامل القرابة بين الحيوانين أ، ب باستعمال المعادلة التالية

معامل القرابة بين أ، ب = مجموع $(\frac{١}{٢})^{ن١ + ن٢}$

حيث ن١ = عدد الأجيال بين حيوان أ والحيوان المشترك أو الرابطة.

ن٢ = عدد الأجيال بين حيوان ب والحيوان المشترك أو الرابطة.

، $\frac{١}{٢}$ تعنى أن التركيب الوراثى للفرد ينقسم فى كل جيل.

ومجموع تستعمل عند وجود أكثر من حيوان مشترك أو رابطة وفى هذه الحالة لابد أولًا من حساب معامل القرابة بين الحيوانين عن طريق كل رابطة على حدة ثم بجمع معاملات القرابة للروابط كلها نحصل على معامل القرابة الكلى بين الحيوانين.

أما إذا وجدت تربية أقارب للرابطة أو الحيوان المشترك فى نسب كلٍ من الحيوانين المراد تعيين معامل القرابة لهما فإنه يتحتم ضرورة استخدام المعادلة التالية لاستخراج معامل القرابة وفيها يلزم حساب معامل تربية الأقارب لكل من الروابط وأيضًا معامل تربية الأقارب لكلٍ من الحيوانين المراد تعيين معامل القرابة لهما.

معامل القرابة بين الحيوانين عن طريق الروابط

$$= \frac{\frac{1}{2}^{ن_1 + ن_2}}{\sqrt{(1 + م.ت.أ \text{ للحيوان الأول})(1 + م.ت.أ \text{ للحيوان الثانى})}}$$

حيث م. ت. أ معامل تربية الأقارب

تعريف تربية الأقارب: عبارة عن تزاوج أفراد تربطها صلة قرابة أو عبارة عن تزاوج أفراد معامل القرابة بينهـا أكـبر مـن متوسـط القرابـة فى النـوع الـذى تنتمـى إليـه هـذه الحيوانات.

تعريف معامل تربية الأقارب: عبارة عن نسبة مئويـة تمثـل نـسبة العوامـل الوراثيـة الخليطة التى تحولت إلى عوامل أصيلة فى الفرد الذى تكون نتيجة تربية الأقارب

معامل تربية الأقارب للحيوان أ = مجموع $(\frac{1}{2})^{ن_1 + ن_2 + 1}$ (١ + م. ت. ر)

حيث ن١ = عدد الأجيال التى بين الرابطة وأب الحيوان المـراد قيـاس معامـل تربيـة الأقارب له

ن٢ = عدد الأجيال التى بين الرابطـة وأم الحيـوان المـراد قيـاس معامـل تربيـة الأقارب لها

م. ت. ر معامل تربية الأقارب للرابطة إذا كان الحيوان المشترك أو الرابطة ناتجة مـن تربية أقارب.