

الباب الثانى

التحسين الوراثى فى الحيوانات الزراعية

obeikandi.com

الباب الثاني

التحسين الوراثي في الحيوانات الزراعية (في الماشية)

تُستخدم ثلاثة خطط رئيسية لأجل إجراء التحسين الوراثي في الحيوانات الزراعية وهي:

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 في داخل نوع أو سلالة معينة.

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

ونظرًا للتقدم العلمى في مجال التحسين الوراثي في 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 الجهود العلمية الجديدة تكنولوجيا الإخصاب، وتكنولوجيا الوراثة الجزيئية التى تؤدى إلى سرعة التقدم في برامج التحسين في الحيوانات الزراعية مثل التلقيح الصناعى (AI)، وكثافة تكوين البويضات multiple ovulation واستعادة الأجنة embryo recovery، ونقل الأجنة sexing in semen أو تحديد جنس الجنين (MOET) في المعمل، وتحديد كرموسوم الجنس فى المنى sexing in semen أو تحديد جنس الجنين sexing of embryos، والجنين المكاثر cloning أى الإنتاج على نطاق واسع لأجنة متشابهة.

ولكى تكون استراتيجية أو خطة التحسين الوراثي ذات فائدة مؤثرة من الأهمية أن يكون لدى المربي صورة واضحة عن الأهمية الاقتصادية للصفات المطلوب توفرها في الحيوانات لتحقيق التحسين المطلوب، وهذا يتطلب الاختيار السليم للأنواع أو السلالات التى تتوفر بها هذه الصفات والمناخ في المنطقة، وبذلك يتضح للمربي إمكانية

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

أولاً: الانتخاب بين الأنواع أو السلالات Selection between breeds

يمكن أن يحقق الانتخاب بين الأنواع أو السلالات تحسیناً وراثياً سريعاً ومؤثراً عندما توجد اختلافات وراثية كبيرة بين المجتمعات الحيوانية في صفات لها أهمية اقتصادية. وبالرغم من أن هذا التحسين يحدث مرة واحدة بين الأنواع ولكن يستمر التحسين عن طريق إجراء انتخاب مستمر داخل النوع. ونظراً لأن إحلال جميع القطيع من إناث التربية مرة واحدة مكلفاً لذلك يحدث الإحلال والتغيرات في أغلب الأحوال بالتدريج والحيوانات المستخدمة في الإحلال تشتري عادة من خارج القطيع وفي هذه الحالة يلجأ المربي إلى تكوين نوع جديد يتم تكوينه بالتدريج grading up أو استخدام الخلط العكسي المتكرر repeated backcross mating إلى أن يصل إلى النوع الجديد، وإن استخدام الخلط بالتدريج أو الخلط العكسي المتكرر يشمل التزاوج المتكرر للإناث وبالتالي تلقيح نسلها من الإناث مع ذكور النوع الجديد. إن أول ملحوظة هامة توجه إلى الاختيار بين الأنواع والسلالات أو الخلطان هي أن الاختيار لا بد أن يُجرى على أساس مقارنات موضوعية عن أداء في الظروف البيئية التي تعيش فيها الحيوانات، ويجب عدم إهمال هذا الإجراء الهام خوفاً من التعرض للأمراض أو النقص في الأعلاف اللازمة للتغذية التي تعودت عليها الأنواع المحلية.

وأن التركيبات الوراثية لا تعبر دائماً بصورة واحدة في البيئات المختلفة أو أن الفائدة المرجوة من تركيب وراثي معين في بيئة ما يُحتمل أن يكون تعبيره قليل أو كثير في بيئة أخرى وهذه تعتبر ملحوظة هامة في تحسين الحيوانات الزراعية وعموماً يسمى هذا التداخل الوراثي × البيئي أو في هذه الحالة بصفة خاصة تداخل بين النوع في نظام الإنتاج.

والارتباط الوراثي بين أداء الحيوانات التي بينها قرابة في بيتتين يمكن أيضًا أن يستخدم لتعيين التداخلات بين الوراثة والبيئة. ومن الناحية النظرية إذا كان الارتباط الوراثي بين الأداء في البيتين أقل من واحد ففي هذه الحالة يوجد تداخل. وإن إجراء مقارنة بين الأداء لمختلف التركيبات الوراثية للأنواع والسلالات والخلطان أو الحيوانات التي لها تراكيب وراثية مختلفة في داخل النوع في بيئات مختلفة تساعد متجى الماشية لاختيار أحسن نوع الذى يناسب ظروف مزرعة المربي، ويمكن القول أن وجود التداخل مرتبط بوجود اختلاف كبير في 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 في نظام الإنتاج المكثف بأن احتياجاتها أقل لأجل صيانة الجسم ونموه بالمقارنة بالأنواع كبيرة الحجم أى أن احتياجات الحيوان هي في حالة اتران بدرجة كبيرة مع المجهود الذى يبذله. ومقياس آخر هام لأجل إجراء المقارنة بين الأنواع والسلالات وهو عدد الحيوانات التي تستخدم لإجراء المقارنة فلا بد أن تكون الأعداد كبيرة بدرجة كافية ومثلة للأنواع لكى نحصل على نتائج موثوق فيها عن هذه الأنواع وهذا يصعب توفره في 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 في الصفة تحت الدراسة. ويمكن القول بوجه عام أنه كلما كانت درجة التحكم الوراثي في الصفة عالية (أى أن المكافئ الوراثي عالى) كلما كان عدد الطلائق الذى سوف يُستخدم في 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 التالي، وهذا الإجراء عادة يتكرر كل جيل، ومع وجود تباين وراثي في الصفات التى يُجرى عليها الانتخاب فإن هذا يؤدي إلى حدوث

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

وفي أي مجتمع للحيوانات الزراعية يمكن المحافظة على حجم مجتمع الحيوانات إذا انتجت الحيوانات تامة النمو نسلاً بدرجة كافية أثناء حياتها لكي يحل النسل محل الحيوانات التي تنفق أو تُستبعد لعدم صلاحيتها.

وتتباين القدرة على إنتاج حيوانات ذات كفاءة عالية بين الأنواع لاستخدامها في الإحلال وتتباين أيضًا في طبيعة الجنس ذكر أم أنثى. ومثلاً لذلك أن عدد الذكور التي تُستخدم في الإحلال في جميع الأنواع أقل من الإناث حيث أن كل ذكر عادة يلقح عددًا من الإناث، وهذا الاتجاه في الإنتاج بزيادة عدد الحيوانات اللازمة للإحلال بمعدل أكبر من المطلوب وذلك لأجل المحافظة على حجم القطيع وإتاحة الفرصة لأجل إجراء الانتخاب داخل النوع. والحيوانات التي بينها قرابة لها صفات وراثية مشتركة كثيرة بالمقارنة بالحيوانات التي 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 والتي خصائصها واضحة يكون لها أقرباء لهم جدارة وراثية عالية بالمقارنة بمتوسط العشيرة التي تنتمي إليها الحيوانات. ولهذا الأسباب يبدو من المعقول جدًا أن يحدث تكاثر الحيوانات التي بينها قرابة شديدة ولكن رغم ذلك يوجد تحفظ على ذلك الإجراء حيث توجد جينات مرغوبة كثيرة مشتركة بين الحيوانات التي بينها قرابة وكذلك توجد جينات غير مرغوبة فمثلاً توجد كثير من العوامل الوراثية المتنحية التي تسبب أمراض وراثية أو تأثير عكسي للتناسل والبقاء على الحياة أو الأداء الإجمالى المناسب للحيوانات حيث أن هذه العوامل الوراثية تعمل بوجه عام بصورة متنحية وتسبب مشاكل للحيوانات التي تحمل صورتين من الجين المتنحى. وفي داخل النوع - بوجه عام - يحتمل وجود عدد قليل من الحيوانات المتجانسة بالنسبة لهذه الجينات.

والتزاوج بين الحيوانات التي بينها قرابة تنتج نسلاً متجانس في بعض العوامل

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

ثالثاً: الاحتياطات الواجب اتخاذها لأجل استخدام الانتخاب داخل النوع

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

ويهدف الانتخاب تبعاً للصفات الكمية داخل الأنواع أو السلالات إلى زيادة مستوى القيمة التربوية breeding value للمجتمع والخطوات التي يتخذها المرعون هي كالآتي:

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

٢- معرفة الصفات التي يجب قياسها وانتخابها داخل النوع والمقياس الانتخابي لكي يتم إجراء تحسينات في مجال التربية. وفي بعض الحالات يكون المقياس الانتخابي مطابقاً للهدف من الانتخاب وفي أحيان أخرى يكون المرعى في حاجة إلى بعض المقاييس غير المباشرة ومثالاً لذلك عندما تقاس الصفة فقط في 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 في تماثل الحيوانات داخل القطيع وخلال سنوات وبين البلاد المختلفة. وتوجد أسباب عديدة لأهمية وجود سجلات دقيقة لكل حيوان. أولاً: هذه الدقة تعتبر هامة لكي يستطيع المرعى تحديد سجلات عن الأداء إلى حيوان محدد ويتم التسجيل لأداءه في كل وقت، وثانياً: تعتمد الطرق الحديثة في التقييم الوراثي كثيراً على معلومات عن أقارب الحيوان ولذلك من الأهمية أن يكون المرعى قادر على جعل سجلات الحيوانات ترتبط مع بعضها. وثالثاً: إن وجود سجلات وتقييم للحيوانات يساعد المرعى على تحديد الحيوانات التي يستخدمها في تحقيق برنامج التربية. وفي بعض الحالات الخاصة يلجأ المرعى إلى سجلات أبسط من ذلك في الإجراء مثل ما يحدث في نظم الإنتاج المكثف للحيوانات، ويتم تسجيل الحيوانات التي لها دور هام كأباء أو أمهات ولا يهتم المرعى بتسجيل الأفراد جميعها.

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

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

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

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

رابعاً: العوامل التي تؤثر على معدل التحسين:

كثير من الصفات ذات الأهمية الاقتصادية في مزرعة الحيوانات يتحكم فيها عدد كبير من العوامل الوراثية مما يؤدي إلى استمرار حدوث تباين بين الصفات. والمعدلات السنوية للتحسين الوراثي لهذه الصفات التي تعتمد على عدد كبير من العوامل الوراثية تعتمد على أربعة عوامل رئيسية:

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

٢ - الدقة The accuracy: الدقة في تعيين الكفاءة الوراثية للصفة التي يُتنبأ بها، وهذه الدقة تتوقف على المدى الذي تكون فيه الصفة تحت التحكم الوراثي. وتتأثر الصفة

مثل النمو كثيرًا بالتركيب الوراثي للحيوان (مكافئ وراثي عالي) بالمقارنة بالصفات التي تنتمي إلى التناسل وقدرة البقاء على الحياة. كما تتوقف الدقة أيضًا على المدى الذي فيه المعلومات متاحة عن أداء الأقارب في المساعدة في اختيار الحيوانات لأجل استخدامها في التربية. وكلما كانت المعلومات متاحة بدرجة أكبر عن الأقارب كلما أمكن التنبؤ بالكفاءة الوراثية للفرد أو القيمة التربوية بدقة عالية.

٣- كمية التباين الوراثي التجميعي additive genetic variation في الصفة محل الاهتمام، وهذا العامل هام جدًا للصفة فمثلًا يوجد نسبيًا تباين وراثي تجميعي كبير في صفة معدل النمو بالمقارنة بنسبة وجود اللحم في الذبيحة في ماشية اللحم. كذلك يوجد نسبيًا تباين وراثي تجميعي كبير في كمية اللبن بالمقارنة بتركيز البروتين في اللبن في ماشية اللبن.

٤- مدى الجيل The generation interval الذي يتوقف على متوسط عمر الآباء عندما تلد أبنائهم، وهذا العامل ينظم السرعة التي تساهم بها الحيوانات المنتخبة بالعوامل الوراثية الجيدة في القطيع وبالتالي في نسلهم.

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

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

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

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

وفي برامج التحسين الوراثي من الأهمية مراعاة حقيقة هامة وهي أن عديد من الصفات تؤثر في 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 في الانتخاب لصفة ثانية أيضاً خلال جيل أو أكثر ثم يلي ذلك صفة ثالثة... وهكذا. وتعتبر هذه الطريقة مفيدة في بعض الحالات مثلاً إذا كان لدينا حاجة سريعة وماسة لتحسين صفة واحدة وتحتاج الصفات الأخرى إلى تحسين قليل فقط ففي هذه الحالة من المناسب انتخاب فقط الصفة الأولى إلى أن نصل إلى حد ما هام اقتصادياً وبعده نبدأ الصفة الثانية وهكذا في باقى الصفات. ورغم ذلك إذا كانت الارتباطات بين الصفات الهامة ليست ذات أهمية فإن الانتخاب يسير في دائرة round in circles أي تحسين صفة واحدة في جيل واحد ثم البدء في صفة أخرى في الجيل التالي.

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

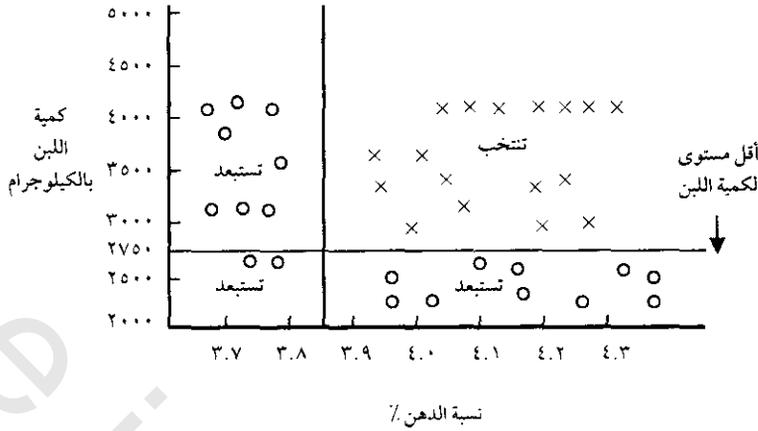
حيث a تعبر عن القيمة الاقتصادية للصفة، i شدة الانتخاب، σ_A الانحراف المعياري للصفة، h_a^2 المكافئ الوراثي للصفة.

وهذه الطريقة تعتبر أقل الطرق استخدامًا وذلك لأنها تستغرق وقتًا طويلًا جدًا، ولذلك فإن التحسين الوراثي 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 الاستبعادي المستقل: independent culling levels وذلك بوضع أقل مستوى لعدة صفات التى تهمننا ولأجل تطبيق انتخاب الحيوانات لابد أن تتطابق قيم الحيوان أو تزيد عن المستوى المحدد للانتخاب. ويوجد طرق متاحة لتسمح بدخول المستويات الأكثر ملائمة في مجال الانتخاب فمثلاً إذا كان الهدف هو اختيار ذكور ماشية لحم وحدد المربي مستوى لعدد من الصفات ذات الأهمية مثل وزن الجسم في 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 المربي عملية الانتخاب. وبهذه الطريقة يُقارن المربي الحيوانات بالمستوى الذى وضعه فإذا كان الحيوان يتفق مستوى صفاته مع المستوى الذى وضعه المربي 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 المربي مستوى يجرى على أساس انتخاب حيوان اللبن وهو: إنتاج اللبن ٣٠٠٠ كجم، ونسبة الدهن ٤٪، وموسم الحليب ٢٨٠ يوماً فإن المربي يستبعد كل الحيوانات التى يقل إنتاجها عن ٣٠٠٠ كجم مهما ترتفع في اللبن نسبة الدهن أو يطول موسم الحليب أى يستبعد حيوان يعطى ٤٥٠٠ كجم لبن ونسبة الدهن به ٣.٥٪. وهذه الطريقة تُستخدم عادة في كثير من البلاد الأوروبية والرسم التالى يوضح مثالاً في مجال أبقار اللبن.



شكل (١-٢) الانتخاب تبعاً للمستوى الاستبعادي المستقل

ويتضح من الرسم أن كل بقرة يعبر عنها بدائرة أو x وموقعها في الرسم يعتمد على قيمة هاتين الصفتين وعلى أساس مستواهما يُنتخب الحيوان وتُستبعد الأفراد التي 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 التي نسبة الدهن في لبنها تساوى أو أعلى من ٣.٨٥٪ نسبة دهن.

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

وفائدة هذه الطريقة أنها أستخدمت في الماضي في انتخاب الصفات المظهرية للحيوانات اللازمة للمعارض مثل الحصول على حيوانات بألوان خاصة مميزة ومظهر خاص. وهذه الطريقة تُفضل على الطريقة الأولى لأن الانتخاب يُجرى لأكثر من صفة في وقت واحد.

٢- الطريقة الثالثة: الانتخاب تبعاً للتقدير العام: Total score or selection index

مثال: التقدير العام للشكل الظاهري والبناء الجسماني لأبقار اللبن (جدول ٢-١)

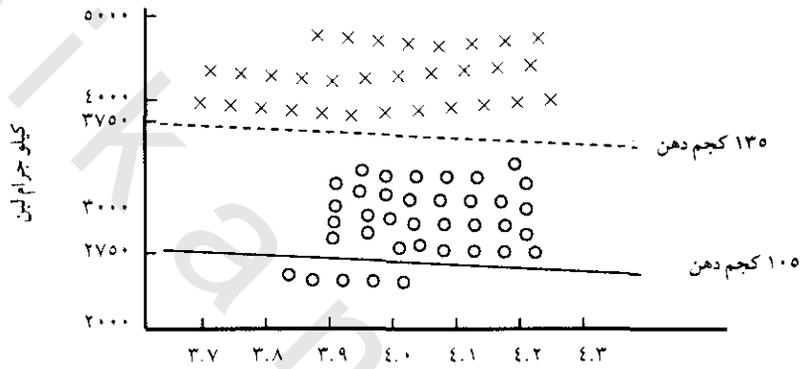
التقدير الفعلي	التقدير الكللي	أجزاء الجسم	التقدير الفعلي	التقدير الكللي	أجزاء الجسم
٣	٥	الغارب والقصر والظهر	١٥	٢٠	المظهر العام ونمو الحيوان
١٠	١٥	الجزء الخلفي من الجسم			أجزاء السم:
١٨	٢٥	الضرع	١٠	١٠	الرأس والرقبة
١٠	١٠	وضع الأرجل الأمامية والخلفية	١٥	١٥	الصدر
*٨١	١٠٠	الإجمالي			

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

ويقوم المربي في هذه الطريقة بتحديد الأهمية النسبية للصفات التي يرغب في تحسينها ومدى بعدها عن النموذج وقياس المربي صفات الحيوان قياساً رقمياً أي يُعطى لكل صفة من صفات الفرد درجة أو رقماً يمثل مقدار بُعد كل صفة للحيوان عن النموذج ثم يجمع هذه الأرقام ويحصل على رقم إجمالي واحد يمثل القيمة الإجمالية لقرب أو بُعد الحيوان عن النموذج (total score (index) وسبق أن حدد المربي الدرجة أو الرقم الإجمالي الذي يتخذه دليلاً لانتخاب حيواناته selection criterion. وليكن مثلاً ٨٠٪ بالمقارنة بالنموذج. وبذلك يبقى لغرض التربية الحيوانات التي حازت على ٨٠٪ فأكثر، ويستبعد الحيوانات التي حازت على أقل من ٨٠٪، وتأثير كل صفة على التقدير النهائي

(الرقم الإجمالي) يعتمد على مدى ارتباط هذه الصفة بالصفات الأخرى وبالتالي قيمتها الاقتصادية وكذلك مكافئها الوراثي والظروف التي تُربى فيها الحيوانات ومدى مطابقة الحيوان للنوع الذي ينتمي إليه الحيوانات ونظرة المربي الذي يضع التقرير.

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



رسم (٢-٢) نسبة الدهن في اللبن %

من الرسم (٢-٢) يتضح أن الخط الأسفل في هذه الحالة يمثل الصفتين اللتين استخدمتا في الانتخاب وهما ٢٧٥٠ كجم لبن بنسبة دهن ٣.٨٥٪ والتي تساوى ١٠٥ كجم دهن وهذا المستوى يمكن الحصول عليه من الأبقار ذات الإنتاج العالى ونسبة الدهن في اللبن منخفضة وكذلك من الأبقار ذات الإنتاج المنخفض من اللبن ونسبة الدهن مرتفعة. وفي 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 الاستيعادى المستقل.

وباستخدام الانتخاب الشديد (أى شدة انتخاب عالية) مثل ما استخدم عند الانتخاب حسب المستوى الاستيعادى 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 المربي 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 لا بد 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 إسراراً 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 للتنبؤ 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 التي نتنبأ بها أو نتوقعها هي $E(A) = b_{AP} P$ حيث b_{AP} هي انحدار القيمة التربوية للقيمة المظهرية وفي هذه الحالة فإن $b_{AP} = h^2$

وإذا فرضنا أنه يوجد لدينا العديد من المعلومات $P_1, P_2, P_3 \dots \text{etc} \dots\dots\dots$

حيث كل P هي عبارة عن القيمة المظهرية للفرد أو لمجموعة من الأقارب، وهذه المعلومات في صورة قيم مظهرية يُعبر عنها بمقاييس ويكون الدليل للفرد كالآتي:

$$I = b_1 P_1 + b_2 P_2 + b_3 P_3 + \dots\dots\dots \quad [1]$$

حيث إن b_s تعتبر عوامل تصحيح يُقيم بها كل مقياس، والمطلوب إيجاد أحسن قيمة لمعامل التصحيح، ونحصل على معاملات التصحيح بإيجاد القيم التي تعطي 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 أي $\Sigma(I-A)^2$ ، وتكون القيم التي نحصل عليها من الـ b 's هي معاملات الارتباط الجزئي للقيمة التربوية للفرد لكل صفة. وأكبر قيمة لمعامل الارتباط r_{IA} تُعتبر مصدرًا لحساب الانحرافات الجزئية، وتؤدي القيم الكبيرة إلى الحصول على معادلات آنية simultaneous equations عددها يتوقف على الصفات التي تستخدم في الدليل، وحل هذه المعاملات يعطي القيم لـ b 's التي توضع في صورة معادلات كالآتي:

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

والمعادلات السابقة هي معادلات لثلاثة قياسات وكل معادلة تربط بين التباينات الظاهرية والتباينات المشتركة للقياسات Phenotypic variances and covariances of measurements (في الجزء الأيسر من المعادلات)، والتباينات الوراثية التجميعية والمشاركة للأفراد التي نقيس عليها الصفات (في الجزء الأيمن من المعادلات).

و P (في المعادلات) تعنى التباين الظاهري أو التباين المشترك لمقاييس الصفات حيث P_{11} التباين الظاهري لمقياس الصفة (1)، P_{12} التباين المشترك لمقاييس الصفتين الأولى والثانية والتباينات الظاهرية A_{11} والمشاركة للقيم التربوية A_{21} تعبر عنها بالحرف A .

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

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

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

وإذا أدخلنا في المعادلات قيم التباينات والتباينات المشتركة فإن حل هذه المعادلات (2) يعطينا قيم معاملات التصحيح أو التقسيم b والتي تُستخدم في معادلة الدليل (1)

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

مثال: استخدم الدليل الانتخابي لأجل تحسين صفة واحدة. فإذا فرضنا أن الصفة المراد تحسينها هي وزن الجسم (w) ونأخذ صفة مرتبطة بها وهي طول الجسم (L) مثلاً، وبذلك يكون وزن الجسم هو الصفة الأولى وطول الجسم الصفة الثانية. والمقاييس اللازمة لتكوين الدليل هي كما في الجدول التالي:

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_{12} ، P_{22} ، P_{11} 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:

$$0.28 = \sigma_{pj}^2 = P_{22} = P_{jj}, 6.37 = \sigma_{pi}^2 = P_{11} = P_{ii}$$

$$0.6010 = 0.53 \times 2.52 \times 0.45 = r_p \sigma_i \sigma_j = \sigma_{ij}^2 = P_{12} = P_{ij}$$

$$2.2932 = 6.37 \times 0.36 = h_i^2 \sigma_i^2 = A_{ii} = A_{11}$$

$$0.1232 = 0.28 \times 0.44 = h_j^2 \sigma_j^2 = A_{jj} = A_{22}$$

$$\times 0.67 \times 0.6 \times 0.29 = r_A h_i h_j \sigma_i \sigma_j = A_{ij} = A_{21}$$

$$0.1557 = 0.53 \times 0.52$$

$$b_1 P_{11} + b_2 P_{12} = A_{11} \quad \text{وبالتعويض في المعادلتين}$$

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

$$2.2932 = b_2 \cdot 0.6010 + b_1 \cdot 6.37 \quad \therefore$$

$$0.1557 = b_2 \cdot 0.28 + b_1 \cdot 0.601$$

وبحل المعادلتين نحصل على أن $b_2 = 0.272$ ، $b_1 = 0.386$

$$I = 0.386W - 0.272L \quad \text{ويصبح دليل الانتخاب}$$

حيث W ، L هي الوزن بالكيلو، L طول السم بالمتر على الترتيب ويمكن اختصار

$$I = W - 0.705L \quad \text{الدليل بقسمة حدى المعادلة على } 0.386 \text{ ويصبح الدليل}$$

يلاحظ من هذا الدليل أن طول الجسم أعطى معاملاً للتصحيح أو التقييم سالباً في الدليل بينما القيمة إيجابية بالنسبة للوزن وهذا يعنى أن طول الجسم يعتبر دليلاً على تأثره بالبيئة أكثر من تأثير الوراثة (أى القيمة التربوية) كما في حالة الوزن. والسبب في ذلك أن الارتباط الظاهري الذى كانت قيمته 0.45 أكبر من الارتباط الوراثي الذى كان 0.29

وهذا يدل على أن الصفة يمكن أن تكون مفيدة في 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)

$$\sigma_1^2 = b_1 \Sigma_1 a A + b_2 \Sigma_2 a A + \dots + b_m \Sigma_m a A \quad [4]$$

$$\sigma_1^2 = (0.386 \times 2.2932) + (-0.272 \times 0.1557) \quad \text{وبالتعويض}$$

$$= 0.8428$$

$$\therefore \sigma_1 = \sqrt{0.8428} = 0.918$$

إذا كانت شدة الانتخاب 1.16 والمكافئ الوراثي 0.36

$$\therefore \text{الاستجابة للانتخاب لوزن الجسم } i \sigma h^2 = 0.36 \times 0.918 \times 1.16 =$$

$$0.383 =$$

الانتخاب لأكثر من صفة أو الصفات المتعددة:

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

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

حيث أن الـ A's هي القيم التربوية لعدد من الصفات المراد تحسينها، الـ a's هي معاملات التصحيح أو التقييم weighting factors التي تعبر عن الأهمية النسبية التي يقدرها المربي 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 كالآتي:

$$I = \omega_A h_A^2 (A - \bar{A}) + \omega_B h_B^2 (B - \bar{B}) + \dots + \omega_I h_I^2 (I - \bar{I}) + \dots + \omega_N h_N^2 (N - \bar{N}).$$

حيث A, B, \dots, I, N تعبر عن الصفات

$h_A^2, h_B^2, \dots, h_I^2, h_N^2$ تعبر عن المكافئات الوراثية للصفات السابقة على الترتيب.

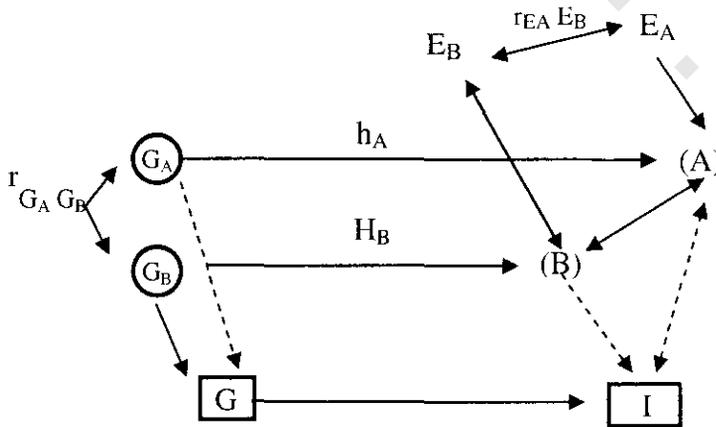
$\omega_A, \omega_B, \dots, \omega_I, \omega_N$ تعبر عن معاملات الأهمية الاقتصادية للصفات.

$\bar{A}, \bar{B}, \dots, \bar{I}, \bar{N}$ متوسطات الصفات السابقة في العشيرة على الترتيب.

$(A - \bar{A}), (B - \bar{B}), \dots, (I - \bar{I}), (N - \bar{N})$ انحراف الصفات المنتخبة عن متوسط القطيع

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

يستخدم لدليل السابق ويضاف إليه معاملات الارتباط بين الصفات، ويحتاج تكوين هذا الدليل إلى الدقة نظرًا لصعوبته حيث يحتاج الأمر إلى تعيين معاملات الارتباط الظاهري والوراثي كما هو موضح في الرسم التالي (٢-٣).



حيث E_B ، E_A الظروف البيئية المحيطة بالصفات A ، B ،
 G_B ، G_A ، التركيب الوراثي للصفات، G التركيب الوراثي العام للأفراد المراد
 تقديرها.

β_B ، β_A ، e_B ، e_A ، h_B ، h_A ، معاملات انحدار جزئية.

I ، الدليل الانتخابي Selection index

r ، معامل الارتباط بين الصفات

ولإيجاد الدليل الانتخابي لابد من تعيين معاملات الانحدار الجزئية β_B ، β_A حتى
 نحصل على معامل ارتباط أكبر ما يمكن بين التركيب الوراثي للفرد والدليل r_{GI} .

سادساً: العوامل التي تؤثر على معدل العائد الوراثي

Factors affecting rates of genetic gain

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

من السهولة استيعاب العوامل التي تؤثر على معدل العائد الوراثي إذا أخذنا في
 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 الذي ينتج كل الحيوانات التي سوف تدخل
 القطيع بعد استبعاد الحيوانات غير المرغوبة حيث تُولد كل سنة صغار الماشية، ويُسجل
 أداؤها وتنتخب وتُحجز أحسن الحيوانات أداءً، وعندما تصل إلى عمر التربية الطبيعي
 فهي تحل محل الذكور والإناث في قطيع التربية التي نفقت نتيجة لأسباب طبيعية أو أراد
 المربي استبعادها واستبدالها بحيوانات تتفوق عليها.

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

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

١- الفارق الانتخابي (S) Selection differential

هو الفرق بين متوسط الأداء للحيوانات المنتخبة (التي تقرر استخدامها كأباء للجيل التالي) والمتوسط الكلي لمجموعة الحيوانات التي فيها تم إجراء الانتخاب (وهو الفرق بين متوسط الأداء للحيوانات المنتخبة في الجيل الأول والمتوسط العام لحيوانات الجيل الأول)، وعادة بسبب وجود عدد غير متساوي من الذكور والإناث من الآباء المنتخبة مع الأخذ في الاعتبار أن كل جنس يساهم بنصف عوامله الوراثية إلى النسل لذلك من الأهمية حساب الفارق الانتخابي لكل من الذكور والإناث على حدة ثم يتم حساب المتوسط لهما لنحصل على المتوسط العام الفارق الانتخابي. فإذا كان الفارق الانتخابي للذكور + ١٠٠ كجم وللإناث ٢٠ كجم يصبح متوسط الفارق الانتخابي ٦٠ كجم $(\frac{100+20}{2} = 60)$. وكلما كان عدد الحيوانات المنتخبة عالياً نلاحظ أن قيم الصفة تزيد على المتوسط وبذلك يصبح الفارق الانتخابي كبيراً، وكلما كان مدى التباين واسعاً في أداء مجموعة الحيوانات كلما كان الفارق الانتخابي كبيراً (مع ملاحظة أن هذا صحيحاً إذا كان لدينا تباين وراثي كبير بالمقارنة بالتباين البيئي).

٢- المكافئ الوراثي heritability

يعتبر المكافئ الوراثي للصفة العامل الثانى الذى يؤثر فى الاستجابة للانتخاب خلال جيل، ويرمز له بالرمز h^2 ويوجد طرق عديدة لتعريف المكافئ الوراثي، وأبسط التعاريف أن المكافئ الوراثي هو نسبة التفوق للآباء فى صفة (نسبة من الفارق الانتخابي) التى ينتقل متوسطها إلى النسل، ولذلك إذا كان المكافئ الوراثي للصفة منخفضاً 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 المكافئ الوراثية كأرقام من صفر إلى واحد وكنسبة مئوية من صفر إلى ١٠٠٪.

ومن السهولة فهم الفوارق الانتخابية والمكافئ الوراثية وكيف تعمل معاً لتؤثر على الاستجابة للانتخاب فكما ورد فى المثال السابق أن متوسط الفارق الانتخابي للذكور والإناث معاً كان ٦٠ كجم، فإذا كان المكافئ الوراثي لوزن الجسم الحى فى عمر ١٨ شهراً هو ٠.٣ أو ٣٠٪. فنحن نتوقع فى المتوسط أن ٣٠٪ من الـ ٦٠ كجم تنتقل إلى النسل وبذلك نتوقع تحسين فى وزن الجسم مقداره ١٨ كجم فى عمر ١٨ شهراً فى الجيل الثانى ($٠.٣ \times ٦٠ = ١٨$ كجم)، ومن الأهمية القول أن الانتخاب يؤدي 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 الوراثي لصفة ما أن ينتخب الآباء هذه الصفة ويتم حساب الفارق الانتخابي ثم يحدث التزاوج وتقاس نفس الصفة فى نسلهم ثم يتم حساب المكافئ الوراثي باستخدام معامل الانحدار حيث تعتبر قيمة المعامل هى نفس قيمة المكافئ الوراثي 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 فى الأداء من درجات مختلفة من الأقارب. وبالإضافة إلى ذلك يوجد تعريف بديل للمكافئ الوراثي للصفة هو التباين الوراثي التجميى للصفة (التباين فى القيم التربوية) معبراً عنه بنسبة

من التباين الكلي المظهري لهذه الصفة (الحقيقة أن المكافئ الوراثي هو النسبة لتباينين أي نسبة التباين الوراثي التجميعی (V_A) للصفة منسوبًا إلى التباين المظهري الكلي (V_p).

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

٣- مدى الجيل (L) Generation interval

مدى الجيل هو متوسط عمر الآباء عند ولادة أبناءهم، ونظراً لوجود أعداد غير متساوية من الذكور والإناث من الآباء وغالباً تزاوج في أعمار مختلفة لذلك يتم حساب مدى الأجيال منفصلاً لكل من الذكر والأنثى من الآباء، ثم يتم حساب المتوسط، ونلاحظ صعوبة أكبر في معظم القطعان نظراً لوجود نسب مختلفة من الحيوانات في مجموعة عمرية، وأيضاً إذا اختلفت الخصوبة للآباء والتي في مجموعات عمرية مختلفة لا بد من مراعاة ذلك في الحساب. وهذا يعني الدقة في حساب متوسط درجات عمر الآباء ولا بد من عمل الاتزان طبقاً لعدد النسل الذي نتج في كل درجة من درجات العمر فمثلاً إذا كان لدينا قطع من الأبقار نسبته ٥٠٪ في عمر سنتين، ٥٠٪ في عمر ثلاثة سنوات يكون متوسط العمر ٢.٥ سنة، وإذا كان لدينا في القطيع نسبة عالية من الحيوانات صغيرة السن التي تسمح بحدوث خسارة طبيعية وفي هذه الحالة يصعب تحديد عمر للدرجات، وإذا كانت الحيوانات نسبتها ٦٠٪ في عمر سنتين، ٤٠٪ في عمر ثلاثة سنوات يكون متوسط العمر للإناث = (٢ × ٠.٦) + (٣ × ٠.٤) = ٢.٤ سنوات، وإذا انتجت مجموعتي

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

$$R \text{ (أي الاستجابة خلال سنة)} = \frac{\text{الفارق الانتخابي} \times \text{المكافئ الوراثي}}{\text{طول مدى الجيل}}$$

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

$$\therefore \text{الاستجابة للانتخاب خلال سنة} = \frac{6 \times 0.3}{2.67} = ٠.٦٧ \text{ سنويًا تقريبًا}$$

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

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

وفيهما يلي 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 لوحدة الانحراف المعياري لكل صفة وأن معامل التقييم هو a وتقدير هذا المعامل يساوى 0.4 لأجل a_1 ، ويساوى 1.8 لأجل a_2 .

$$b_1 P_{11} + b_2 P_{12} = a_1 A_{11} + a_2 A_{12} \quad \therefore \text{الحل}$$

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

وبوضع التباينات والتباينات المشتركة ومعاملات التقييم تصبح المعادلات السابقة كالتالى:

$$6.37 b_1 + 0.601 b_2 = (0.4 \times 2.2932) + (-1.089 \times 0.1557) = 0.6230$$

$$0.601 b_1 + 0.28 b_2 = (0.4 \times 0.1557) + (-1.089 \times 0.1232) = 0.1706$$

وبحل المعادلتين تصبح قيمة كل من b_1 ، b_2

$$b_1 = 0.195, b_2 = -1.027$$

ويصبح الدليل للانتخاب كالتالى:

$$I = 0.195W - 1.027L \quad \text{حيث } L, W \text{ هما وزن الجسم وطول الجسم}$$

والتباين للدليل يمكن إيجاده حسب المعادلة السابقة (٤)

$$\sigma_1^2 = (b_1 \Sigma_1 a_1 A_1) + (b_2 \Sigma_2 a_2 A_2)$$

$$= (0.195 \times 0.6230) + (-1.027 \times -0.1706) = 0.2967$$

$$\therefore \sigma = \sqrt{0.2967} = 0.5447$$

فإذا كانت شدة الانتخاب $i = 1.01$

\therefore الاستجابة للانتخابات $R_H = 0.5447 \times 1.01 = 0.55$ وحدات لكل جيل

إن تقييم الصفات بالنقود هي طريقة ليست بالقطع أحسن الطرق للتحسين بل يوجد مقاييس أخرى للتقييم ذكرها بعض الباحثين. وإذا لم تُستخدم النقود لتقييم الصفات فإننا نستخدم طريقة أخرى وهي الأهمية النسبية للصفة في نظر المربي أي أهمية زيادة وحدة واحدة لكل صفة.

وقد ذكر Yamada, Yokouchi and Nisheda (1975) دليلاً مع إمكانية أن يختلف عدد الصفات التي تشتمل عليها المعادلة

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

$$I = b_1 P_1 + b_2 P_2 + \dots + b_n P_n \quad \text{والتي يشتمل عليها الدليل}$$

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

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

ومعادلات الدليل التي بعد حلها نحصل على قيم b's التي تُستخدم في الدليل يمكن إيجادها كما سبق شرحه بالحصول على أكبر قيمة لمعامل الارتباط r_{HI} والعلاقة أو الارتباط بين التحسين والدليل هي كالآتي:

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

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

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

ويمكن التعبير عن التباينات والتباينات المشتركة في صورة مكافئات وراثية ومعاملات ارتباط باستخدام المعادلات السابق ذكرها وهي

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

سابعاً: المعادلة الملائمة لاستخدامها في التنبؤ بالاستجابة للانتخاب

Usefull formula for predicting response of selection

من المفيد جداً القدرة على التنبؤ بمعدلات الاستجابة للانتخاب لكي نجرى مقارنة بين برامج التربية بتصميماتها المختلفة. فمثلاً يتم اختيار التصميم الذي يحقق أقصى استجابة سنوية. وفي هذا المجال لا بد من معرفة بعض المعلومات مقدماً لكي نتنبأ بالاستجابة مثل المكافئ الوراثي للصفة التي 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 التناسلي للآباء في كل مجموعة عمر كما تُستخدم حدود المعادلة التي نحتاجها لمعرفة الفارق الانتخابي مقدماً لكي نستطيع التنبؤ بالاستجابة، ومن السهولة حساب الفارق الانتخابي ما دامت الحيوانات لها سجلات للأداء وأن الآباء قد تم انتخابها. وإن أحد معالم منحنيات التوزيع الطبيعي أنه يمكن التنبؤ بدقة بنسبة الحيوانات التي سوف تدخل في حدود مختلفة من الأداء حول المتوسط. فمثلاً نحو ٦٨٪ من الحيوانات سوف يكون أداؤها بين الحدين واحد انحراف معياري أقل من المتوسط إلى واحد انحراف معياري فوق المتوسط، ٩٥٪ من الحيوانات تقع في 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 معياري نستطيع التنبؤ بالقوارق الانتخابية المطلوبة.

وإذا عرفنا عدد الحيوانات المسجلة وعدد الحيوانات التي تم انتخابها من هذه المجموعة، ويوجد جداول إحصائية قياسية تسمح لنا للتعبير عن كفاءة الحيوانات المنتخبة في صورة انحرافات معيارية زيادة فوق المتوسط. والجدول الإحصائي القياسي التالي (٢-٤) موضح به أنه في حالة انتخاب أحسن خمس ذكور من ٧٥ ذكر وهى التى تُستخدم لتسجيل أداؤها 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 لحمسة ذكور منتخبة أن يصبح حوالى ٩.٥ كجم أعلى من المتوسط لجميع الـ ٧٥ ذكر المسجلة ($٩.٤٦٥ = ٥ \times ١.٨٩٣$) كجم).

وتفوق الحيوانات المنتخبة معبراً عنها بوحدات انحرافات معيارية يسمى الفارق الانتخابي المعياري standardised selection differential وكثافة الانتخاب selection intensity ويعبر عنها بالحرف (i) والجدول التالي (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 قليلاً 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 معبراً عنها بوحدات من الانحرافات المعيارية عن طريق انتخاب أعداد مختلفة من الحيوانات من مجموعات ٢٥، ٥٠، ٧٥، ١٠٠ حيوان

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

ويمكن حساب التباين الظاهري phenotypic variance (V_p) أو الانحراف المعياري الظاهري (sd_p) للصفة التي يجري فيها الانتخاب في المجتمع الأول من الحيوانات، ويمكن التنبؤ بالفوارق الانتخابية عن طريق ضرب كثافة الانتخاب (i) التي تعبر عن عدد وحدات الأحسن من الحيوانات sd بالمقارنة بمتوسط الحيوانات المنتخبة مضروباً في sd الظاهري الذي يدل على عدد وحدات من sd التي تساوي بالكيلوجرامات وزن الجسم أو لترات من اللبن $S = i \times sd_p$ وبوضع $i \times sd_p$ بدلاً من S في 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 في الاعتبار برنامج تربية ماشية اللحم لأجل تحسين وزن جسم العجول عند الفطام أو الوزن في عمر ٢٠٠ يوماً في قطيع مكون من ١٢٠ من أبقار السميتال، وإذا فرضنا أنه يوجد ١٠٠ من صغار الماشية تربي سنوياً. إذاً يوجد ٥٠ حيوان صغير في المتوسط لكل من الذكور والإناث متاحة لأجل إجراء الانتخاب كل سنة، ومن سجلات أداء المجموعة خلال عدد كبير من السنوات في بريطانيا عن طريق MLC أمكن حساب الانحراف المعياري الظاهري لوزن الجسم عند الفطام لنوع السميتال وهو ٣٥ كجم وإذا انتخبنا خمسة عجول كل سنة التي تعطي أعلى أوزان للجسم عند الفطام، ففي هذه الحالة نحن نتنبأ بكثافة الانتخاب للذكور ومقدارها ١.٧٠٥ انحراف معياري، وإذا انتخبنا أعلى أوزان جسم لـ ٣٥ من العجلات كل سنة من ٥٠ عجلة مسجلة. فإن كثافة الانتخاب للأنثى سوف تكون ٠.٤٨٨ انحراف معياري وهذا يُعطي متوسط كثافة انتخاب للذكور والإناث معاً ١.٠٩٧، وإذا استخدمت الذكور في التلقيح مرة واحدة فقط في عمر ١٥ شهراً 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، ففي 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 في ماشية اللحم عادة حوالى ٢٥٪، وبوضع هذه القيم في معادلة جديدة حيث $i = 1.097$ ، $sdp = 35$ كجم ، $h^2 = 0.25$ ، $L = 3.25$ سنة

$$\therefore R \text{ (الاستجابة للانتخاب)} = \frac{0.25 \times 35 \times 1.097}{3.25} = 2.95 \text{ كجم كل سنة تقريباً}$$

ثامناً: العلاقة بين كثافة الانتخاب ومدى الجيل

معادلة الاستجابة للانتخاب السابقة تُوضح أن الاستجابة السنوية للانتخاب سوف تكون أعلى في تعبيرها عندما تكون كثافة الانتخاب عالية والمكافئ الوراثي للصفة عاليًا وفترة الجيل منخفضة. ولا يستطيع المربي أن يُغير كثيرًا في قيمة المكافئ الوراثي للصفة، وهذا يعود بصفة أساسية إلى الصفات البيولوجية للصفة، ويستطيع المربون في الحدود البيولوجية - زيادة كثافات الانتخاب والتقليل من فترات مدى الجيل رغم أن هذين المقياسين بينهما ارتباط، وتباين قوة هذا الارتباط بين الذكور والإناث والأنواع أيضًا، وفي حالة أى قطع 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 لقلّة أعداد الذكور المطلوبة للتربية نسبيًا، لذلك لابد من توفر ذكور ذات صفات جيدة لأجل الإحلال لجميع حيوانات المزرعة، وهذا يعنى أنه دائمًا يوجد إمكانية أن نحفظ بفترات مدى جيل قصيرة للذكور، وفي 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 في السنة، وبذلك يكون عدد الإناث في المتوسط أقل من أنثى واحدة من النسل في 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 في سياسة الإحلال في القطيع من الماشية. ففي الحالة الأولى جميع الإناث الصغيرة السن المتاحة التي تُستخدم للإحلال يمكن أن تشتري وتدخل القطيع لكي تحل محل الإناث كبيرة السن، وفي هذه الحالة متوسط عمر القطيع يصبح منخفضاً وفترة مدى الجيل للإناث يمكن أن تكون قصيرة، ولكن لا يُجرى أى انتخاب بالمرّة بين الإناث المستخدمة لهدف الإحلال (أى أن كثافة الانتخاب للإناث سوف تساوى صفر) - وفي الحالة الثانية إذا تم استبدال إناث التربية فقط عندما نفقت نتيجة أسباب طبيعية، وفي هذه الحالة يكون متوسط العمر للقطيع عالياً، ومدى الجيل للإناث طويلاً جداً، ولكن في هذه الحالة نحتاج إلى عدد قليل من الإناث للإحلال مكان الإناث المستبعدة، ولذلك سوف يُجرى انتخاب الإناث بدقة شديدة مما يؤدي إلى ارتفاع قيمة كثافات الانتخاب، وبذلك يكون التركيب العمرى النموذجي في القطيع لأجل الوصول إلى أقصى استجابة الانتخاب غالباً 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.

تاسعاً: استخدام معلومات عن الأقارب Using information from relatives

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

١- أجداد الحيوان **The animal's ancestors**: إن إجراء الانتخاب اعتماداً 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 في 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 هي الحيوانات التي تشترك في النسب مع الأبوين معًا بينما الاخوة غير الأشقة هي الحيوانات التي تشترك في النسب مع أب واحد من الاثنين. وبرامج الانتخاب التي تعتمد على معلومات عن الاخوة والاخوات الأشقة يطلق عليها sib test، sib selection وتعتبر هذه المعلومات ذات فائدة إذا كانت الصفة التي تهمننا تقاس فقط على أحد الجنسين مثل سجلات اللبن من الاخوات الأشقة التي استخدمت بنجاح في المساعدة على انتخاب طلائق إنتاج اللبن في عمر مبكر، وبالمثل برامج تربية عجول التسمين لتحسين مكونات الذبيحة اعتمادًا على التشابه بين الاخوة الأشقة مما يؤدي إلى تقسيم الذبيحة للاخوة الأشقة (وهذا الإجراء استخدامه أقل حاليًا حيث يمكن استخدام الفحص بالموجات الصوتية عالية التردد ultrasonic scanning كطريقة منتشرة للحكم على صفات الذبيحة والحيوان حي).

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

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

وتعتبر سجلات الأداء من الأقارب مفيدة في الانتخاب لأن الحيوانات التي بينها قرابة يوجد 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 (بعيداً عن عدم التساوي القليل الذي 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 المنوي، والفرد الآخر من الكروموسوم من الأم، ولكن بالنسبة للدرجات الأخرى من الأقارب فإن نسبة العوامل الوراثية المشتركة هي متوسطات، وهذا يحدث بسبب حدوث انزعال، والتداخل بين الكروموسومات الذي يؤدي إلى فرصة حدوث تباين في نسب العوامل الوراثية من الأجداد، وكل حيوان منوي وكل بويضة تحمل صورة من نصف العوامل الوراثية للحيوانات التي تنتجها. وتتحكم الصدفة البحتة في تكوين أي 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 في المعادلة السابقة عن الاستجابة للانتخاب وهي:

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

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

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

وهذه المعادلة تصبح ملائمة إذا أجرى الانتخاب باستخدام سجل واحد للأداء للحيوان نفسه أي أن $(r=h)$ ، ولأجل نوعيات أخرى من الانتخاب تستبدل h بالحرف r وهي القيمة العامة التي تعبر عن الدقة accuracy. وإذا كانت الرغبة في إثبات أن قيمة $r=h$. فإذا حسبنا الاستجابة للانتخاب R للوزن عند الفطام في ماشية السميتال باستخدام

المعادلة السابقة باستخدام المعطيات $h = 0.5$ (حيث $h^2 = 0.25$)، $sd_A = 17.5$ ($sd_p \times h = 35 \times 0.5$)، ويدل الحرف r عادة على الارتباط ولكن في هذه الحالة الدقة accuracy هي الارتباط بين القيمة التربوية للصفة أو الصفات التي يُمارس فيها الانتخاب والمقياس أو المقاييس التي على أساسها تم الانتخاب.

عاشراً: الدقة في إجراء الانتخاب Accuracy of selection

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

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

الدقة (r)	مقياس واحد للأداء على	الدقة (r)	مقياس واحد للأداء على
h	توائم متطابقة	h	الحيوان نفسه
$h^{1/2}$	اخوة أشقة	$h^{1/2}$	أب واحد
$h^{1/4}$	اخوة نصف أشقة	$h^{1/4}$	جد واحد
$h^{1/2}$	النسل	$h^{1/8}$	أب الجد

الانحراف القياسي الوراثي التجميعي Additive genetic standard deviation من معرفة الانحراف القياسي الوراثي التجميعي أو الانحراف القياسي للقيمة التربوية وكذلك الانحراف القياسي الظاهري يمكن حساب المكافئ الوراثي

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

والانحرافات القياسية هي الجذر التربيعي للتباينات، وبذلك يمكن أن نوجد الجذر التربيعي لجميع مفردات المعادلة لأجل الحصول على $h = Sd_A/Sd_P$ ويمكن إعادة توزيع المفردات في هذه المعادلة وذلك بضرب كل جانب من جانبي المعادلة $\times sdp$ ، ونحصل على $sd_A = h \times sdp$ وبذلك فإن الانحراف القياسي الوراثي التجميعي هو ناتج ضرب الانحراف القياسي الظاهري \times الجزء التربيعي للمكافئ الوراثي.

ولأجل التنبؤ عن الاستجابة السنوية للانتخاب نحن نحتاج إلى معرفة الانحراف المعياري الوراثي التجميعي لوزن الجسم في ٤٠٠ يومًا وهو ٢.٨٤ كجم لأجل الأنواع كبيرة الحجم من ماشية اللحم (يتم حسابه من الانحراف القياسي الظاهري لـ ٤٠٠ يوم وزن جسم حوالي ٤٥ كجم الذي يضرب \times الجذر التربيعي للمكافئ الوراثي لـ ٤٠٠ يوم وزن جسم $(\sqrt{0.632} = 0.795)$ ثم بضرب $0.795 \times 45 = 35.775$ كجم، وحيث أن $i = 0.8525$ ، $r = 0.632$ ، $sd_A = 2.84$ ، إذا كانت $L = 2.925$

$$\therefore \text{الاستجابة للانتخاب } R = \frac{2.84 \times 0.632 \times 0.8525}{2.925} = 0.523 \text{ سنويًا}$$

إحدى عشر: استخدام سجلات الأداء المتكررة

Using repeated records of performance

أحياناً يقوم المربي بتسجيل أداء لصفة واحدة على حيوانات لأجل إجراء الانتخاب الحيوانات بناء على مستوى أداء هذه الصفة على الحيوانات، ولكن كثير من الصفات التي تهمنا يمكن أن تقاس أكثر من مرة خلال حياة الحيوان فمثلاً الحيوانات الصغيرة السن

التي تربي لإنتاج اللحم يمكن أن تُوزن في 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 وراثي قوى جدًا بين الأداء خلال مراحل مختلفة في حياة الحيوان، وفي هذه الحالات نفترض أن الأداء خلال هذه المراحل يتأثر بنفس العوامل الوراثية، لذلك تكرر السجلات عن الأداء يمكن أن يعطينا إضافة موضوعية عن القيمة التربوية للحيوانات ويقوى الدقة في إجراء الانتخاب، وإذا تأثرت القياسات المتكررة بنفس العوامل الوراثية ففي هذه الحالة أى اختلافات في الأداء من المعاصرات من الأبقار مثل إنتاج اللبن في مواسم مختلفة يعود إلى الاختلافات في الظروف البيئية أو المعاملة التي يتعرض لها الحيوان خاصة أنه من المعروف أن أداء الحيوان يمكن أن يقسم إلى تأثيرين الوراثي والبيئي.

$$P = G + E$$

وبالاستعاضة عن الجزء الوراثي بالتأثير الوراثي التجميعة (القيمة التربوية)

$$P = A + NA + E$$

بالإضافة إلى التأثير الوراثي غير التجميعة

والجزء الخاص بالبيئة في الأداء يمكن أن يُجزء إلى تأثير بيئي مستديم

(E_p) permanent وتأثير بيئي مؤقت (E_t) temporary وبذلك يصبح مظهر الصفة P

$$P = A + NA + Ep + Et$$

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

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

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

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

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

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

وكلما كانت قيمة المعامل التكرارى للصفة كبيرة كلما أمكن استخدام عدد قليل من السجلات المتكررة لاستخدامها في 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 قليلاً من الدقة في الحصول على المعامل ولكن إذا كان المعامل التكرارى منخفضاً فإن السجل الأول للأداء يعطى صورة غير جيدة عن الأداء التالى للحيوان، وهنا يُساعد تكرار السجلات في تكوي مقاييس أكثر دقة عن الكفاءة الوراثية للحيوان بعكس المعامل التكرارى المنخفض.

ومع استخدام معلومات عن أقارب هذا الحيوان من الأهمية أن يؤخذ في 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 عملياً يعتمد الانتخاب عادة على سجل واحد بصفة مبدئية مع استخدام سجلات تالية لأجل تنقية التقديرات الأخيرة للكفاءة الوراثية.

ثاني عشر: التنبؤ بالاستجابات المرتبطة بالانتخاب:

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

١- حساب الاستجابة السنوية المتنبأ بها للصفة التي تخضع للانتخاب ونفرض لها الحرف (x) وإذا أردنا أن نتنبأ بالاستجابات المرتبطة فإنه من البساطة إذاً أولاً نتنبأ بالاستجابة المباشرة في الصفة التي تخضع للانتخاب في وحدات انحراف قياسي وراثي تجميعي بدلاً من وحدات من القياس، وإذا أجرى الانتخاب على أساس استخدام سجل واحد عن أداء الحيوان نفسه تكون طريقة الحساب كالآتي:

$$R_x = \frac{h_x \times i}{L} \times (\text{انحراف قياسي وراثي تجميعي لـ } x \text{ كل سنة}) \dots\dots\dots (١)$$

ملحوظة: هذه المعادلة تشبه المعادلة السابقة عن الاستجابة للانتخاب ما عدا التعبير S_{dA} في المعادلة السابقة التي استبعد لكي نعبر عن الاستجابة في صورة وحدات من الانحراف القياسي الوراثي التجميعي بدلاً من وحدات قياسية.

٢- ضرب المعادلة السابقة (الاستجابة السنوية المتنبأ بها) X الارتباط الوراثي بين الصفات التي تخضع للانتخاب، والصفة الثانية التي تهتمنا ولتكن الصفة Y وذلك للحصول على الاستجابة المرتبطة المتنبأ بها في الصفة الثانية معبراً عنها بوحدات من الانحراف القياسي الوراثي التجميعي

$$r_{AXY} \times R_x = R_y \dots\dots\dots (٢)$$

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

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

$$sd_{AXY} \times r_{AXY} \times R_X = R_Y \quad (\text{فى وحدات من المقياس كل سنة})$$

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

$$\frac{sd_{AY} \times r_{AXY} \times h_X \times i}{L} = R_Y \quad \therefore$$

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 $i = 1.4$ ، $h_X^2 = 0.3$ ، $h_Y^2 = 0.55$ ، $h_X = 0.55$ ، $h_Y = 0.3$ ، $r_{AXY} = 0.4$ ، $sd_{AX} = 2.75$ ، $sd_{AY} = 0.715$ ، $L = 2$

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

$$R_X = \frac{sd_{AX} \times h_X \times i}{L} = \frac{0.715 \times 0.55 \times 1.4}{2} = 1.06 \text{ كجم كل سنة}$$

$$R_Y = \frac{0.715 \times 0.4 \times 0.55 \times 1.4}{2} = 0.11 \text{ الاستجابة المرتبطة بسمك الدهن}$$

$$= 0.11 \text{ مللمتر كل سنة}$$

ثالث عشر: التحكم فى التربية الداخلية بين الحيوانات

Controlling of inbreeding

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

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

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

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

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

ويوجد سببان رئيسيان لأجل الرغبة في وضع حد للتربية الداخلية. والسبب الأول أن التربية الداخلية تقلل كمية التباين الوراثي في أي مجتمع وبالتالي يمكن أن تقلل الاستجابة للانتخاب (وتزيد من التباين في الاستجابة للانتخاب)، والسبب الثاني أن التربية الداخلية يمكن أن تقود إلى انحدار في الأداء في صفات مرتبطة مع سلامته جسمانياً مثل معدل التناسل ومقاومة الأمراض. وهذا الانحدار في الأداء يطلق عليه التدهور نتيجة التربية الداخلية inbreeding depression، وفي الجدول السابق نماذج للتدهور نتيجة تربية الأقارب في بعض الصفات في الماشية، ويُعتقد أن التدهور نتيجة التربية الداخلية هو نتيجة زيادة في التكرار الجيني للعوامل الوراثية المتنحية التي تأثيرها عكسي على الصفات المرتبطة مثل القدرة على مواصلة الحياة وسلامة الجسم، ويوجد بوجه عام نوعية مشابهة من الصفات التي تُظهر قوة الهجين كنتيجة للتزاوج بالخلط بين الأنواع، ولذلك من المجدي أن نفكر في التربية الداخلية والتدهور نتيجة استخدام التربية الداخلية كظاهرة عكس الخلط بين الأنواع وقوة الهجين على الترتيب. والانحدار في التباين الوراثي الذي يحدث نتيجة للتربية الداخلية وكذلك كمية التدهور الذي 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 في النسل الناتج، ولذلك من الأهمية أن يكون المربي قادرًا على قياس كمية التربية الداخلية في حيواناته الموجودة في المزرعة أو الحيوانات التي يستطيع أن يحصل عليها من تزاوج معين بين الحيوانات، كذلك من الأهمية أن يكون المربي قادرًا على التنبؤ عن المعدل الذي عنده التربية الداخلية سوف تتراكم مع مرور الوقت في القطيع أو النوع الذي يدخل في 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 في أى موقع عن طريق النسب ومثلاً 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 في النوعية identical in kind وبمعنى آخر أن كلا الأليلين B لهما نفس التأثير ولكن مصدرهما من أجداد ليس بينهما قرابة، والعجل الثاني هو نتيجة تزاوج بين اخوة نصف أشقة خليطة العاملين الوراثيين للون الأسود (Bb) وأن نسب العجل الثاني يدل على أن الطلوقة والبقرة التي تم تلقيحها هما اخوة غير أشقة أى لهما نفس الطلوقة كأب (وهو جد العجل)، وكان العجل الثاني أسود خليط التركيب الوراثي (Bb) وجدة هذا العجل حمراء اللون متجانسة التركيب الوراثي (bb) ويحصل العجل على العاملين B من الجد المشترك. وفي هذه الحالة أيضاً يكون الاليلين B متطابقين بالنسب أى هما صورة من الاليل المفرد من الجد المشترك بينهما.

الرابع عشر: حساب معامل القرابة ومعامل تربية الأقارب:

القرابة هي وجود حيوان مشترك أو رابطة في نسب حيوانين كما يتضح من النسب التالي:



حيث الحيوان (أ) أخ شقيق للحيوان س عن طريق الأبوين ب ، ج وكل من هذين الأبوين يعتبر الحيوان المشترك أو الرابطة في نسب الحيوانين أ، س. ووجود علاقة أو رابطة بين الحيوانات التي تربطها صلة قرابة يعنى وجود تشابه في العوامل الوراثية التي تكون التركيب الوراثي للحيوانات التي تربطها صلة قرابة.

والقرابة نوعان: الأول القرابة المباشرة الموجودة في 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 العممة 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 في 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

$$\text{معامل القرابة بين أ، ب} = \text{مجموع } \left(\frac{1}{P}\right)^{n_1 + n_2}$$

حيث n_1 = عدد الأجيال بين حيوان أ والحيوان المشترك أو الرابطة.

n_2 = عدد الأجيال بين حيوان ب والحيوان المشترك أو الرابطة.

، $\frac{1}{P}$ تعنى أن التركيب الوراثي للفرد ينقسم في كل جيل.

ومجموع تستعمل عند وجود أكثر من حيوان مشترك أو رابطة وفي هذه الحالة لا بد أولاً من حساب معامل القرابة بين الحيوانين عن طريق كل رابطة على حدة ثم يجمع معاملات القرابة للروابط كلها نحصل على معامل القرابة الكلي بين الحيوانين.

أما إذا وجدت تربية أقارب للرابطة أو الحيوان المشترك في نسب كل 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 وأيضا معامل تربية الأقارب لكل من الحيوانين المراد تعيين معامل القرابة لهما.

معامل القرابة بين الحيوانين عن طريق الروابط

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{(1 + م. ت. أ. للحيوان الأول) (1 + م. ت. أ. للحيوان الثاني)}$$

حيث م. ت. أ. معامل تربية الأقارب

تعريف تربية الأقارب: عبارة عن تزاوج أفراد تربطها صلة قرابة أو عبارة عن تزاوج أفراد معامل القرابة بينها أكبر من متوسط القرابة في النوع الذي تنتمي إليه هذه الحيوانات.

تعريف معامل تربية الأقارب: عبارة عن نسبة مئوية تمثل نسبة العوامل الوراثية الخليطة التي تحولت إلى عوامل أصيلة في الفرد الذي تكون نتيجة تربية الأقارب

$$\text{معامل تربية الأقارب للحيوان أ} = \text{مجموع} \left(\frac{1}{p} \right)^{1+2n+1n} (1 + م. ت. ر.)$$

حيث ن = عدد الأجيال التي بين الرابطة وأب الحيوان المراد قياس معامل تربية الأقارب له

ن = عدد الأجيال التي بين الرابطة وأم الحيوان المراد قياس معامل تربية الأقارب لها

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