

المحاضرة الثالثة
تربيه وتحسين حيوان الجزء العملي
م.م ايمن هاشم عيسى

العوامل التي تؤثر على تكرار الجين

١. الطفرة
٢. الهجرة
٣. الصدفة
٤. الانتخاب
٥. التوازن بين الانتخاب والطفرة
٦. الانتخاب للأفراد الخليطة

الباب ٤

العوامل التي تؤثر على تكرار الجين

والآن وقد أدركنا أهمية تكرار الجين في تحديد معاالم أى عشيرة وراثية أى أهميته في تحديد متوسط وتباعين العشيرة ومتوسط اثر أو إيدال الجين نفسه ، ستنقل إلى العوامل التي تغير من تكرار الجين ، أو بصورة أخرى العوامل التي تلعب دورها لتصل بتكرار الجين إلى ما هو عليه في العشيرة . وسنبين أى من هذه العوامل يعد أدلة فعالة في يد مربى الحيوان .

والعوامل التي تؤثر على تكرار الجين هي الطفرة ، الصدفة ، الانتخاب .

٤-١. الطفرة Mutation

عرفنا الطفرة في الملحق وذكرنا أنها بصفة عامة أى تغيير في التركيب الوراثي ينتج عنه تغيرات تورث من جيل لأخر . وهذا هو التعريف التطبيقي operational definition من وجهة نظر مربى الحيوان ، ولكن من الوجهة الوراثية الدقيقة فالتعريف النظري هو أى تغيير في تكوين الجين نفسه أى أن التعريف الأخير يستبعد كل التغيرات الموروثة الناتجة عن الشذوذ الكروموسومي ... الخ . chromosomal aberration .

والطفرات عامل غایة في الأهمية بالنسبة للتطور على مدى الأجيال المتعددة إلا أن قيمتها بسيطة بالنسبة لمربى الحيوان بسبب ندرتها حيث يقدر معدل الطفور mutation rate في جينات الحيوان بحوالى ٠٠٠٠١ ، أو أقل ، أى أن هناك احتمال حدوث طفرة في ١٠٠،٠٠٠ جين . ففي الإنسان مثلا وأن معدل الطفور لعديد من الجينات يتراوح من ٠٠٠٠١ إلى ٠٠٠١ كما أنها في النباتات لا تundo هذه النسبة أيضا . ومثل هذه النسب وإن كانت ضئيلة في نظر مربى الحيوان إلا أنها مهمة للتطور وذلك لتراكمها على مدى الأجيال ، حيث تقدم الطفرات فرضا جديدة ، كثيراً ما تكون للمرة الأولى ، يلعب عليها الانتخاب دوره .

ومعظم الطفرات ضارة أو مميتة detrimental or lethal وذلك لأن الحيوان يعتبر في حالة توازن بيولوجي وأى تغيير عشوائي كما هو الحال في الطفرة غالباً ما يكون أثراً ضاراً بالحيوان . ولكن هذا لا يعني عدم ظهور طفرات مفيدة على الإطلاق . فمثلاً طفرة الأرجل القصيرة ، في سلالة أغنام Ancon والتي استغلها المربى البريطاني لتكون سلالة أرجلها قصيرة لإنتاج الصان ، وإن كانت الأرجل القصيرة ضارة تحت الظروف الطبيعية ، لاحتياج الأغنام للرعي وخلافه ولكن تحت الظروف المستحدثة للتربية والتسمين تصبح هذه الطفرة مفيدة . وكذلك الطفرة التي ينتج عنها عدم وجود القرون في بعض سلالات الأبقار والتي اهتم بها المربون وعملوا على نشرها لأنها سهلت لهم كثيراً من طرق الرعاية ، والطفرة عامة ضارة إلا في حالات خاصة هي :

- ١- أن يكون الجين الأصلي أقل فائدة تحت الظروف البيئية السائدة .
- ٢- أن يكون أثراها ضئيل .
- ٣- أن يكون لها علاقة بصلاحية النوع .

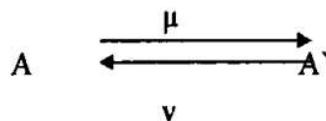
وفي معظم الأحيان نجد أن الطفرة متتحية والسبب في ذلك غير واضح . في بينما يذكر Fisher أن الطفرة في أول ظهورها لا تكون سائدة أو متتحية ولكن بعد ذلك ينتخب لجين محور modifier يجعل منها جينا متتحيا . أما Lush فهو لا يوافق تماما على رأي Fisher بحجة أن الانتخاب للجينات المحورة لن يكون بهذه الشدة ليحدث الفعالية المطلوبة.

التوازن الطفري

إذا كانت الطفرة نادرة جداً وحيدة الحدوث تسمى غير متكررة وهي قليلة الأهمية لضعف احتمال بقائها في العشيرة إلا إذا كانت لها ميزة انتخابية selective advantage ، فالجين الجديد يكون عرضة لل فقد بالصادفة sampling أو قد يستمر ويعيش في المجموعة ولكن فرصته في البقاء تقل جيلاً بعد آخر .

أما الطفرات المتكررة recurrent mutations فيمكن أن تحدث تغيرات في نسبة الجين لنكرر حدوثها وضغطها على نسبة الجين في المجموعة لأنها تحدث بانتظام ، وفي المجاميع الكبيرة فإنها توجد بوفرة كافية قد لا تسمح بفقدانها .

ولنفرض أن الجين A طفر إلى A' بمعدل μ وحيث أن A يمكن أن يطفر عكسيا إلى A' ولنفرض أن ذلك يتم بمعدل ν .



شكل (٤-١-١): الطفور و الطفور العكسي

ففي وقت ما لابد أن نصل إلى حالة توازن أي أن عدد الجينات الطافرة من A إلى A' تساوى عدد الجينات الطافرة من A إلى A' . فإذا بدأنا مثلاً بعشيرة تتزاوج بها عشوائي وتكرار الجين A بها هو q بينما تكرار a هو (1 - q) .

فتكون نسبة الجينات الطافرة من A إلى A' = μq

ونسبة الجينات الطافرة من A إلى A' = $v(1 - q)$

وعلى ذلك نصل إلى حالة التوازن عندما تكون :

$$\mu q = v(1 - q)$$

$$\mu q = v - vq$$

$$q(\mu + v) = v$$

$$q = \frac{v}{v + \mu}$$

فإذا كانت $\mu = 0,00001$ ، $v = 1$ (فريضا لأن v عادة أقل من μ) فيكون التوازن عند $1/2 = q$ وذلك طبعا بفرض أن القوى الوحيدة المؤثرة في تكرار الجين هي الطفرة. فإذا كنا بدأنا مثلا بجين تكراره 7، فما هو عدد الأجيال المطلوبة لنصل إلى حالة التوازن؟ فإذا كان الفرق بين 5، 7، يمثل عدم التوازن فكم جيلاً تلزم لإزالة 1/1 أو 1/2 أو 9، من هذا الفرق؟ وقد حسب Lush عام ١٩٤٨ عدد هذه الأجيال لقيم مختلفة من μ ، v كما هو موضح في جدول (٤-١-٤).

جدول ٤-١-٤ : عدد الأجيال اللازمة لمحو جزء من الفرق بين تكرار الجين الأصلي وتكرار الجين في حالة الاتزان

$v = 0$	$v = \frac{\mu}{42}$	$v = \frac{\mu}{4}$	$v = \mu$	% من عدم الاتزان
١٠٥٣٦	١٠٢١٧	٨٤٢٩	٥٢٦٧	١٠
٢٢٣١٦	٢١٦٣٨	١٧٨٥٢	١١١٥٧	٢٠
٦٩٣١٥	٦٧٧٢١٤	٥٥٤٥٢	٣٤٦٥٧	٥٠
٢٣٠٢٥٩	٢٣٣٢٨١	١٨٤٢٠٧	١١١١٢٩	٩٠

ومعنى ذلك أنه لإزالة 10% من عدم الاتزان عندما تكون $v = \mu$ يلزم ٥٢٦٨ جيلاً . وهذا يعني $5268 \times 6 = 31608$ سنة بالنسبة للأبقار مثلاً . وفي المثال السابق يعني هذا الوصول من تكرار جين 7، إلى [١، ٧، ٥] = ٦٨، تقريباً . أما إذا كانت μ أكبر من v فإنها تحتاج إلى عدد أكبر من الأجيال . وبذلك يتضح عدم فعالية الطفرة في تغيير تكرار الجين في مدة بسيطة يمكن لمربى الحيوان أن يستفيد منها ويستخدمها .

وقد ساد اعتقاد بأن الطفرة الطبيعية الحدوث غير هامة عموماً بالنسبة لمربى الحيوان وذلك لضآلتها أثراً وعشوانية حدوثها إلا أنه هناك شوادر واستنتاجات حديثة لا تقل عن أهمية هذه الطفرات خاصة في الصفات التي تتأثر بالعديد من الواقع الأليلية وفي كل منها تحدث مثل هذه الطفرات فيتجمع أثراً على الصفة ككل (Lynch & Walsh, 1997) . أما من حيث التطور فهي مهمة لترافقها على مدى الأجيال العديدة . ولكن علينا الإصراء بانتباه لما يجري في مجالات الهندسة الوراثية genetic engineering حيث أمكن إدخال جينات بالطلب في عديد من الكائنات ليس فقط فيما بين حيوانات النوع الواحد ولكن بين أنواع الحيوانات وبين أنواع النباتات بل من النباتات إلى الحيوان وهذه الكائنات التي تحمل

جينات منقولة إليها يطلق عليها "الكائنات المحورة وراثياً" genetically modified organisms (GMOs).

٤-٢- الهجرة Migration

تلعب الهجرة دورا هاما في تشكيل عشائر الحيوانات في المناطق المختلفة ، والمقصود بالهجرة هنا هو إدخال مجموعة من الحيوانات على مجموعة أخرى لم تكن تتبعها من قبل. وعلى ذلك فكل عمليات استيراد حيوانات التربية تعتبر هجرة كذلك .
وإذا لم تختلف المجموعتان عن بعضهما في تكرار الجين وكانت الحيوانات المهاجرة عينة عشوائية من عشيرتها فلن يؤثر هذا على أي من المجموعتين . ولكن إذا اختلفت المجموعتان في تكرار الجين ، وهذا هو الغالب ، يكون للهجرة أثرها . ويتوقف هذا الأثر على عدد الحيوانات المضافة والفرق بين تكرار الجين في المجموعتين .

فإذا كانت هناك عشيرتان من الحيوانات :

- (أ) وبها تكرار جين ما يساوى q_i وأخرى .
- (ب) وتكرار الجين فيها يساوى q ثم هاجر عدد من حيوانات (أ) إلى (ب) بحيث كانت المجموعة المهاجرة تمثل I من العدد الكلى بينما المجموعة المحلية تمثل $(1-I)$.

فيكون تكرار الجين في المجموعة ب بعد الهجرة إليها .

$$= i q_i + (1 - i) q$$

والتغير في نسبة الجين نتيجة الهجرة أو Δq

$$\begin{aligned} &= [i q_i + (1 - i) q] - q \\ &= i (q_i - q) \end{aligned}$$

من ذلك يتضح أنه لكي لا يكون هناك أثر للهجرة إما أن تكون $i = 0$ أو تكون $q = q_i$ ، وهو ما سبق ذكره أى لا تكون هناك هجرة أو تتساوى العشيرتان في تكرار الجين بهما .

مثال :

عشيرتان A ، B تكرار الجين بالأولى ٢٥ ، وبالثانية ٣٠ ، فإذا استورد عدد من حيوانات A إلى B بحيث أصبح عدد حيوانات بنسبة $1/5$ من A ، $4/5$ من B فما هو التغير في تكرار الجين بالمجموعة الجديدة ؟

$$\begin{aligned} \Delta q &= 1/5 (.25 - .30) = 1/5 (-.05) \\ &= -.01 \end{aligned}$$

أى أن تكرار الجين الجديد يصبح ٠،٢٩

و واضح أنه إذا هجرت المجموعة الممتازة من الحيوانات والتى تكرار الجين المرغوب بها كبير نسبيا فإن ذلك سوف يؤثر على المجموعة الباقية ويختفي إنتاجها والعكس صحيح.

والهجرة سلاح فعال وسريع فى تغيير العشائر من الناحية الوراثية ويتوقف أثره على معدل الهجرة والفرق بين تكرار الجين فى الأفراد المهاجرة والمحليه . أما عملية التهجير ذاتها فهناك أمور كثيرة لابد منأخذها فى الاعتبار قبل القيام بالتهجير ، وأهم هذه الأمور ملائمة الظروف البيئية المحلية للحيوانات المهاجرة أو لمنتجها خاصة إذا استعمل التأثير الصناعي فى إدخال الجينات المرغوبة .

٤-٣. الصدفة Chance or random drift

التراتيب الوراثية لأى جيل عبارة عن عينة مأخوذة من تراكيب الجيل السابق له . فإذا فرضنا أن هناك مجموعة من الحيوانات عددها N والتى جاءت نتيجة $(2N)$ من الجاميطات أنتجها الجيل السابق ، والتى يمكن اعتبارها عينة من جاميطات جيل الآباء . وإذا كانا نعلم أن هناك ملايين الملايين من أنواع الجاميطات التى يمكن أن يعطىها الآباء ، يمكن القول أن هذه الجاميطات $(2N)$ قد تختلف عشوائياً عن متوسط هذه الملايين من الجاميطات الممكنة . وهذا الاختلاف والناتج عن الصدفة هو المقصود هنا . والدور الذى تلعبه الصدفة ناتج من عملية الانعزال واتحاد الجاميطات بعضها لتكوين الزيجوت . فمثلاً الحيوان الذى به Aa قد يعطى لابنه A أو a بمحض الصدفة وعلى ذلك سيسبب اختلافاً فى تكرار الجين ... وهكذا .

وتلعب الصدفة دورها عند تكوين كل جيل وهكذا على مدى الأجيال قد يحمل تكرار الجين إلى تكرار جديد يختلف عن الأصلى أى يحدث "جنوح عشوائى" أو "شطحة عشوائية" random drift . ويمكن أن يظل تكرار الجين يتغير بالصدفة إلى أن يثبت أى يصبح متاجساً homozygous في كل المجموعة وتكون كلها AA أو aa وبذلك لا تجد الفرصة مجالاً لها . ولكن طالما أن هناك أفراداً خليطة heterozygous فال المجال موجود في عملية الانعزال واتحاد الجاميطات لكي تلعب الصدفة دورها .

وسبق أن ذكرنا أن توزيع φ يكون حسب ذات الحدين ويكون التباين فيها حسب الصدفة هو $\frac{(1-\varphi)^2}{2N}$ حيث تمثل N عدد الحيوانات الموجودة . وتكون $2N$ هي عدد الجاميطات (لاحظ العلاقة بين هذا التباين ونسبة الأفراد الخليط الموجودة "الباب الثالث"). والمعروف أيضاً أنه كلما زاد عدد أفراد العشيرة كلما قلت الفرصة أمام الصدفة لتلعب دورها . ولذلك كان العدد الفعلى للحيوانات N هو أهم العوامل المحددة لمدى الدور الذى تلعبه الصدفة في تغيير تكرار الجين . ويجب أن تذكر هنا أنه توجد عوامل كثيرة تجعل N التي بالمعادلة غيرها (غالباً أقل) في الواقع . أى أن N ليست مجرد عدد أفراد العشيرة ، ولكنها تخضع لشروط كثيرة ستنكر فيما بعد . ولتوضيح ذلك

ذكر معادلة (Wright, 1969) التي تبين العلاقة بين عدد الحيوانات الفعلية (N_e) وعددها المعاكسي (N_0) :

$$N_e = \frac{4 N_0 - 2}{2 + \sigma_k^2}$$

حيث σ_k^2 تمثل التباين في عدد الجاميبيات الداخلية في التلقيح من كل فرد.
ولكي تكون $N_e = N_0$ تقريباً لابد أن تكون $\sigma_k^2 = 2$ وفي هذه الحالة يتبع عدداً جاميبيات لتوزيع بواسون Poisson وهذا يعني أن كل فرد في العشيرة ينتج جاميبيتين تماماً نفس العدد الذي دخل فيه . وفيما يلى أهم العوامل التي تجعل N_e مختلف عن N_0 :

- ١- الاختلاف في عدد الأبناء الناتج من كل فرد أي σ_k^2 تكون كبيرة وهذا سيجعل N_e أقل من N_0 .
- ٢- الارتباط بين مصير الأفراد التي تمت لبعضها بقرابة من شأنه أن يقلل N_e . فمثلاً الطيور التي تضع بيضها في نفس المكان يكون كل نسلها معرضًا لنفس المصير وكذلك الأسماك التي تبيض في بقعة واحدة.
- ٣- الاعتماد في الانتخاب على الأجداد سوف يقلل N_e .
- ٤- التغيرات الدورية في أعداد الأفراد من شأنها أيضاً أن تقلل N_e . مثل أن تكون هناك عشيرة تتکاثر بشدة في الصيف بينما يقل العدد جداً في فصل الشتاء . كما هو في الذباب مثلاً.
- ٥- عدم تساوى عدد الذكور والإناث . وهذه لازمة من لوازيم الانتاج الحيواني لضرورات اقتصادية إذا نقل أعداد الذكور دائمًا من أعداد الإناث ولكن في الحمام مثلاً نجد أن الأعداد متساوية .
وغالبًا ما يحدد العدد الأقل من الجنسين العدد المعاكسي والذي يمكن حسابه من الأعداد الفعلية للذكور N_m وإناث N_f بالمعادلة الآتية :

$$N_e = \frac{4 N_m N_f}{N_m + N_f}$$

أى أنه إذا وجد ٢٠٠٠ نعجة ، ٥٠ كيشا فإن العدد المعاكسي الذي يحدد المدى الذي تلعبه الصدفة في تغيير تكرار الجين هو :

$$N_e = \frac{4(50)(2000)}{50+2000} = \frac{4000,00}{2050} = 195$$

و واضح أن N_e أقرب إلى عدد الكباش (٥٠) منها إلى عدد النعاج .
٦- إذا قسمت العشيرة إلى مجاميع صغيرة بحيث لا يحدث تزاوج بين هذه المجاميع بعضها البعض فإن ذلك يقلل من قيمة N_e . وذلك لأنه إذا حدث تغيير في تكرار

أحد الجينات فلن تتأثر المجاميع الأخرى بينما يكون التكرار في هذه المجموعة وحدها عرضة لجنوح عشوائي أى الصدفة . ومثال ذلك المجاميع التي تفصلها جبال أو وديان أو أنهار تتراوح داخليا فقط . وأثر الأعداد الصغيرة للمجاميع الحيوانية كأثر التربية الداخلية في تقليل التباين داخل المجموعة . وتمثل المعادلة الآتية العلاقة بين عدد الحيوانات N_e وعدد الأجيال t والتباين الأصلي V_o والتباين النهائي V .

$$t = 2 N_e \ln \frac{V_o}{V}$$

حيث \ln هي اللوغاريتم الطبيعي . فمثلا إذا أردنا أن نحسب عدد الأجيال عندما تكون الصدفة قد تسببت في خفض V إلى ثلثي قيمته .

$$\begin{aligned} t &= 2 N_e \ln \frac{3}{2} \\ &= 2 N_e (0.4054) \\ &= .811 N_e \end{aligned}$$

فإذا كان العدد المعادلى للحيوانات هو ١٠٠٠ مثلا فإنه يلزمنا ٨١١ جيلا لخفض التباين الأصلى بمقدار الثلث . أو ٤٨٦٦ عاما فى حالة الأبقار و ٢٤٣٣ سنة فى حالة الأغنام . وهذا طبعا بفرض أن الصدفة هي العامل الوحيد الذى يؤثر على التباين . وبذلك يتضح لنا أن الصدفة وحدها ليست لها أهمية بالنسبة لمربى الحيوان لما يلى :

أولا : لضالة تأثيرها .

ثانيا : لعد تحكم مربى الحيوان فيها بصورة مباشرة . ولكن هذا لا يقلل من أهمية الصدفة بالنسبة للتطور شأنها فى ذلك الطفرة . كما يجب على المربى أن يأخذ حذره من الصدفة وأثرها فى تغيير تكرار الجين إذا كانت الأعداد فى قطبيه صغيرة . وكذلك بالنسبة للمشاريع الكبيرة تؤخذ الصدفة فى الاعتبار لما لها من أثر بعيد المدى . ولهذا الموضوع أطراف كثيرة متعددة .

٤-٤. الانتخاب Selection

الانتخاب ببساط معانى هو أن أفرادا معينة من العشيرة تنجذب نسلا بنسب أكبر من أفراد أخرى . فإذا كان هناك قطيع به التوزيع الزيجوتى الآتى : AA %٢٥ : Aa %٥٠ aa %٢٥ وعند اختيار الآباء تم ذلك بنسبة ١:٢:٣ لكل من AA ، Aa ، aa على التوالى فإن ذلك يعتبر بمثابة انتخاب للأفراد الحاملة للجين A حيث أنه ممثل فى الآباء أكثر من تمثله فى العشيرة . أو انتخاب ضد التراكيب الوراثية التى بها الأليل a . وبزيادة نسبة الأفراد التى تحمل A على حساب الأفراد التى تحمل a يكون الانتخاب أشد للأليل A أو ضد a وهذا ما يسمى شدة الانتخاب selection intensity ويرمز له عادة بالرمز s .