الفصل التاسع

التربية الداخلية

ترتبط دراسة موضوع التربية الداخلية inbreeding بقوة الهجين hubrid vigor (موضوع الفصل التالى)، لأن الأخيرة – أى قوة الهجين تظهر – خاصة – بعد تزاوج سلالات سبق تربيتها داخليًا وتعد دراسة هذين الموضوعين مقدمة ضرورية لدراسة الأصناف الهجين والأصناف التركيبية.

يقصد بالتربية الداخلية أى نظام للتزاوج، يكون بين أفراد، تربطها صلة قرابة وبالمقارنة فإن التربية الخارجية outbreeding يقصد بها التزاوج بين أفراد تقل درجة القرابة بينها – فى المتوسط – عن متوسط درجة القرابة للعشيرة التى تنتمى إليها هذه الأفراد

ويعتبر التلقيح الذاتى أشد درجات التربية الداخلية فى النبات، بينما يعتبر التزاوج بين الأخوة الأشقاء أقوى أنواع هذه التربية فى الحيوان. وتخف حدة التربية الداخلية – تدريجيًا – بإجراء التزاوج بين نبات وآخر من نفس النسل sib-pollination، وبين نباتين من سلالتين تشتركان فى أحد الآباء، أو فى أحد الأجداد . إلخ، ويقابل ذلك فى الحيوان التزاوج بين الأخوة غير الأشقاء، والتزاوج بين الأب وابنته، وبين أبناء العمومة من الدرجة الأولى، أو من الدرجة الثانية ... إلخ وكلما زادت شدة التربية الداخلية، ظهر أثرها بعد عدد أقل من أجيال التربية.

الهدف من التربية الداخلية

تجرى التربية الداخلية على النباتات الخلطية التلقيح، لتحقيق الأغراض التالية:

١ – الحصول على سلالات صادقة التربية true breeding أصيلة وراثيًا (كما سيأتى بيانه فيما بعد) لا يتغير تركيبها الوراثى عند إكثارها، وتعطى عند تلقيحها – معًا – هجنًا، لا يتغير تركيبها الوراثى بتكرار إجراء نفس التهجين.

٢ – يستفاد من السلالات الناتجة من التربية الداخلية فى خفض نسبة الآليلات الضارة غير المرغوب فيها عند استعمالها كآباء للأصناف التركيبية، أو الأصناف الخضرية التكاثر

٣ تزيد التربيه الداخلية من الاختلافات الوراثية بين أفراد العشيرة (بين السلالات المتكونة)، ويفيد ذلك فى زيادة كفاءة عملية الانتخاب، والتحسين الوراثى المتوقع فى برامج التربية

٤ - يمكن الاستفادة من التربية الداخلية فى إنتاج أصناف جديدة من المحاصيل الخضرية التكاثر، لا تتغير خصائصها عند إكثارها بالبذرة؛ مثل صنف الخرشوف تالبايوت Talpiot الذى يكثر – تجاريًا – بالبذرة، والذى نشأ من أحد الأصناف الإيطالية، الذى أخضع للتربية الداخلية لخمسة أجيال، وعزلت منه سلالة قوية النمو، كانت هى أساس الصنف الجديد (Basnitzki & Zohary ١٩٨٧)

تأثير التربية الداخلية فى الشكل الظاهرى

تبين من نتائج عديد من الدراسات والملاحظات التى أجريت قبل بداية القرن الحالى أن التربية الداخلية فى النباتات الخلطية التلقيح – بطبيعتها – تؤدى غالبا إلى تدهور فى النمو، وأن التهجين بين الأفراد غير المتشابهة تصاحبه – غالبًا – زيادة كبيرة فى قوة النمو واستدل من ذلك على أن التربية الخارجية لابد أن يكون لها أهمية بيولوجية، خاصة أن عديدًا من الأنواع النباتية توجد بها ظواهر كثيرة تشجع على حدوث التلقيح الخلطى فيها وبالرغم من كل ذلك فقد ظل الأساس الوراثى لهذه الحقائق غير واضح إلى أن اكتشفت دراسات مندل فى عام ١٩٠٠

كانت أولى التجارب التى أجريت فى هذا المجال بعد عام ١٩٠٠ تلك التى قام بها East فى عام ١٩٠٥، و East & Jones فى عام ١٩١٩ على نبات الذرة، وهو نبات خلطى التلقيح؛ فقد تبين لهما أن الجيل الأول الناتج من التلقيح الذاتى لنبات الذرة يكون – دائمًا أقل من النبات الملقح ذاتيًا – فى الحجم والمحصول، واستمر هذا التدهور جيلا بعد آخر، إلى أن وصلت التربية الداخلية إلى الجيل السابع أو الثامن، حيث لم تتأثر صفات السلالات المرباة داخليًا، والمتكونة باستمرار التلقيح الذاتى لأكثر

من ذلك . كما أدت التربية الداخلية إلى انعزال سلالات من الذرة، اختلفت عن بعضها فى عديد من صفاتها الظاهرية، مثل قوة التفرع، وطول النبات، وموضع الكوز على النبات، وعدد الخلفات، ولون الحبوب، وحجمها .. إلخ. وأخيرًا . فإن كل سلالة احتفظت بصفاتها دون تغيير مع استمرار التربية الداخلية بعد الجيل الثامن

التدهور المصاحب للتربية الداخلية

أطلق مصطلح inbreeding depression على التدهور الذى يصاحب عملية التربية الداخلية، وأهم مظاهر هذا التدهور ضعف النمو، ونقص المحصول، وظهور صفات غير مرغوبة ويعتبر نقص الكلوروفيل أكثر هذه الصفات الضارة ظهورا، وهو يتراوح من نقص بسيط فى جزء من الورقة، إلى نقص يشمل النبات كله.

وقد عُرِّف التدهور الحادث بالتربية الداخلية فى النباتات بأنه النقص فى القدرة على البقاء وفى قوة النمو بسبب تعبير طفرات متنحية ضارة عن ذاتها بعدما أصبحت بحالة أصيلة نتيجة لحدوث التلقيح الذاتى فى أفراد خلطية بطبيعتها (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

التباين بين الأنواع المحصولية فى شدة تدهورها مع التربية الداخلية

يختلف مدى الضعف فى قوة النمو المصاحب للتربية الداخلية من محصول لآخر، كما يلى.

١ – يتدهور الذرة كثيرًا بالتربية الداخلية كما أسلفنا

٢ – وعلى الرغم من ذلك فإن الذرة يعتبر أكثر تحملاً من البرسيم الحجازى، الذى تظهر به انعزالات كثيرة مميتة، وأخرى منخفضة الحيوية، لدرجة أن نسبة السلالات التى يمكن إكثارها بعد الجيل الثالث للتلقيح الذاتى تكون منخفضة، ويكون محصولها شديد الانخفاض، ويلزم – حينئذ – اتباع طرق تربية داخلية أقل حدة من التلقيح الذاتى.

٣ – تتدهور الصليبيات والجزر – بشدة – مع التربية الداخلية

٤ – يتعرض الكرات أبو شوشة – وهو نبات خلطى التلقيح رباعى التضاعف (٢ن = ٤ س – ٣٢) – للتدهور الشديد مع التربية الداخلية، حيث يصل النقص فى قوة النمو إلى ٣٥٪ بعد جيل واحد من التلقيح الذاتى، فى الوقت الذى لا تُحدث فيه التربية الداخلية زيادة ملموسة فى درجة التجانس كما تقدر بمعامل الاختلاف (Smith & Growther ١٩٩٥)

٥ – هذا بينما نجد أن البصل، وهو محصول خلطى التلقيح – يتحمل التربية الداخلية – بدرجة كبيرة - حيث لا تتأثر بعض أصنافه بالتربية الداخلية، بينما يظهر بعضها الآخر تدهور قليل إلى متوسط مع التربية الداخلية، ولا توجد أية مشاكل فى إكثار سلالات البصل المرباة داخليًا

٦ – من الأنواع النباتية الأخرى الخلطية التلقيح التى تتحمل التربيه الداخلية بدرجه واضحه عباد الشمس، والسيلم، وعشب التيموثى timothy، حيث لا يظهر بها كثير من الانعزالات المنخفضة الحيوية مع التربية الداخلية كما أمكن الحصول على سلالات أصيلة منها بالتربية الداخليه - لم تختلف – فى قوة نموها - عن الأصناف الأصيلة المفتوحة التلقيح التى جاءت منها

٧ – وأخيرا فإن هناك من المحاصيل الخلطية التلقيح مالا تتأثر على الإطلاق بالتربية الداخلية، وتعتبر القرعيات من أهم الأمثلة على ذلك.

٨ – ومن الطبيعى أن تُلقَح النباتات الذاتية التلقيح - بطبيعتها - تلقيحا ذاتيًا منذ نشأتها، ودون أن يبدو عليها أى أثر ضار من جراء ذلك

التفسير الوراثى للتدهور المصاحب للتربية الداخلية وتباين شدته باختلاف الأنواع

تشكل الجينات المتنحية الضارة التى تتراكم فى النباتات الخلطية التلقيح والتى لا يظهر تأثرها بسبب وجودها فى حالة خليطة (نتيجة لاستمرار التلقيح الخلطى) تشكل ما يعرف بالعبء أو الحمل الوراثى genetic load، إذ إن تأثيرها الضار يظهر بمجرد إخضاع تلك النباتات للتلقيح الذاتى ونظرا لأن هذا العبء الوراثى لا يظهر

تأثيره الضار فى الظروف الطبيعية، فإنه يقال عن النباتات الخلطية التلقيح بأنها فى حالة من توازن الخلط الوراثى heterozygosity balance.

وفى مقابل حالة توازن الخلط الوراثى التى توجد فى عشائر النباتات الخلطية التلقيح، فإن عشائر النباتات الذاتية التلقيح توجد فى حالة تعرف بتوازن الأصالة الوراثية homozygosity balance؛ نظرًا لاستقرار أوضاعها على حالتها الأصيلة مع عدم حملها لأى أعباء وراثية؛ أى بعد ما استُبعدت منها كافة التراكيب الوراثية التى تحمل جينات متنحية ضارة فى حالة أصيلة

وجدير بالذكر أن شدة التدهور مع التربية الداخلية تتناسب طرديًا مع نسبة التلقيح الخلطى فى الأنواع المعنية؛ فنجد – على سبيل المثال – أن نسبة التلقيح الخلطى تقترب من ١٠٠٪ فى البرسيم الحجازى الذى يتدهور بشدة مع التربية الداخلية، بينما تبلغ نسبة التلقيح الخلطى حوالى ٩٠٪ فى الذرة والبصل اللذان يعانيان درجة أقل من التدهور مع التربية الداخلية. وفى المقابل .. لا يحدث تدهورًا يذكر مع التربية الداخلية فى القرعيات التى تتراوح فيها نسبة التلقيح الخلطى بين ٥٠٪، و ٧٥٪، وكذلك فى النباتات الذاتية التلقيح (عن Singh ١٩٩٣).

هذا .. ويذكر أن الأنواع المتضاعفة مجينيًا allopolyploids لا يظهر بها تدهور شديد مع التربية الداخلية بسبب قدرتها الموروثة على تثبيت حالة الخلط الوراثى فيها. كذلك فإن النباتات المتضاعفة ذاتيًا autopolyploids التى يحدث فيها تزاوج بين الكروموسومات المتماثلة homoeologous pairing تفقد حالة الخلط الوراثى – مع التربية الداخلية – بسرعة أُل مما يحدث فى النباتات الثنائية التضاعف (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

تقدير مدى التدهور مع التربية الداخلية

يحسب التدهور المصاحب للتربية الداخلية inbreeding depression بالمعادلة التالية:

$$\text{Inbreeding Depression } (\bar{F}_1 - \bar{F}_2) / \bar{F}_1] \times 100$$

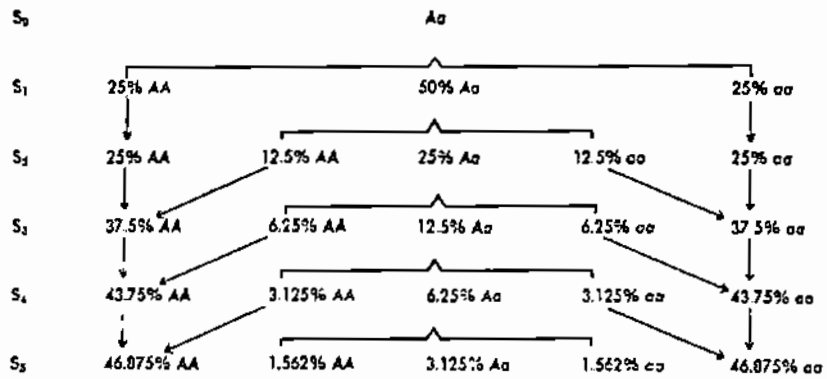
حيث F_1 ، $\bar{F}_2$ هما متوسطا الجيلين الأول والثانى على التوالى، مع العلم بأن نباتات الجيل الأول تُلقح ذاتيًا لإنتاج الجيل الثانى (عن Mather & Jinks ١٩٧٧) .

تأثير التربية الداخلية فى التركيب الوراثى

فسرت نتائج دراسات East & Jones على اعتبار أن التربيه الداخليه تؤدى إلى انعزال سلالات أصيلة وراثيًا هى السلالات المرباة داخليًا inbred lines، وهى التى تتكون بنفس الطريقة التى تنشأ بها السلالات النقية pure lines، التى سبقت مناقشتها فى فصل آخر، فكلاهما ينتج بالتلقيح الذاتى المستمر، والفرق الوحيد بينهما أن السلالات المرباة داخليًا تنشأ بالتلقيح الذاتى الصناعى فى النباتات الخلطية التلقيح بطبيعتها، بينما تنشأ السلالات النقية بالتلقيح الذاتى الطبيعى فى النباتات الذاتية التلقيح، وتكون نباتات أى من نوعى السلالات على درجة عالية جدًا (تصل إلى ١٠٠٪ فى السلالات النقية) فى كل من الأصالة الوراثية homozygosity والتجانس الوراثى homogenity

انعزال السلالات الأصيلة وراثياً مع التلقيح الذاتى المستمر

لبيان كيفية تكوين سلالات أصيلة وراثيًا بالتلقيح الذاتى المستمر نفترض وجود فرد خليط فى زوج واحد من الجينات، وليكن Aa ويمثل هذا الفرد الجيل S_0 الذى لم يخضع آباؤه للتلقيح الذاتى selfing بعد فإذا أجرى التلقيح الذاتى لهذا الفرد فإن نسله يمثل الجيل S_1، وهو أول جيل ينتج من التلقيح الذاتى، الذى نجد فيه أن نصف الأفراد تكون خليطة Aa، بينما تكون ربع الأفراد أصيلة سائدة AA، وربعها الآخر أصيلة متنحية aa وباستمرار التلقيح الذاتى لنباتات الجيل S1 وأجيال التلقيح الذاتى التالية (S_2، و S_3، و S_4) إلخ نلاحظ استمرار نقص نسبة الخلط (عدم التماثل) الوراثى heterozygosity بمقدار النصف، بعد كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى، ويصاحب ذلك زيادة مستمرة فى نسبة الأصالة (التماثل) الوراثى homozygosity جيلا بعد جيل (شكلا ٩-١، و ٩ ٢، وجدول ٩-١)



شكل (٩-١) تخطيط يبين كيف يؤدى التلقيح الذاتى المستمر إلى نقص نسبة النباتات الخليطة بمقدار النصف بعد كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى

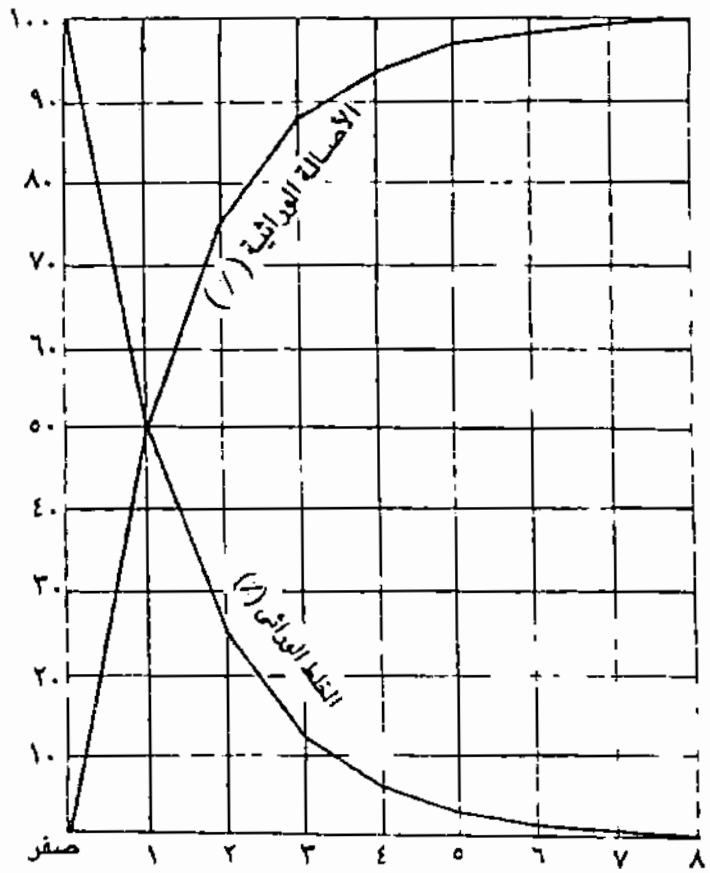
جدول (٩-١) نسبة الأفراد الاصيلة والأفراد الخليطة وراثيًا بعد التلقيح الذاتى (S) العدد من الأجيال (م=m) لفرد خليط فى عامل وراثى واحد

الجيل	التركيب الوراثى AA	Aa	Aa	الأفراد الخليطة (٪)	الأفراد الأصيلة (٪)
S_0	صفر	١	صفر	١٠٠	صفر
S_1	$^1/_4$	$^1/_2$	$^1/_4$	٥٠	٥٠
S_2	$^3/_8$	$^1/_4$	$^3/_8$	٢٥	٧٥
S_3	$^7/_{16}$	$^1/_8$	$^7/_{16}$	١٢,٥	٨٧,٥
S_4	$^{15}/_{32}$	$^1/_{16}$	$^{15}/_{32}$	٦,٢٥	٩٣,٧٥
S_5	$^{31}/_{64}$	$^1/_{32}$	$^{31}/_{64}$	٣,١٢٥	٩٦,٨٧٥
S_{10}	$^{1023}/_{2048}$	$^1/_{1024}$	$^{1023}/_{2048}$	٠,٠٩٨	٩٩,٩٠٢
S_m	$\frac{1-(^1/_2)^{2م}}{2}$	$\frac{1}{(^1/_2)^{2م}}$	$\frac{1-(^1/_2)^{2م}}{2}$	$١٠٠ \times (^1/_2)^{2م}$	$١٠٠ \times [1-(^1/_2)^{2م}]$

ويلاحظ أن نسبة التراكيب الوراثية AA Aa aa كانت ١:٢:١. و ٣:٢ ٣، و ٧:٢:٧، و ١٥ ٢:١٥ فى أجيال التلقيح الذاتى: الأول، والثانى، والثالث، والرابع على التوالى، وعليه .. فإنه يمكن الحصول على نسب التراكيب الوراثية الثلاثة المتحصل عليها لأى جيل من أجيال التلقيح الذاتى من المعادلة التالية:

$$(١-(^1/_2)^{2م}) : (٢) : (١-(^1/_2)^{2م}) = aa \cdot Aa \cdot AA$$

حيث تمثل م عدد أجيال التلقيح الذاتى



شكل (٩-٢) التغير فى نسبى الأصالة (المثيل) الوراثية homozygosity، و خلط (عدم التماثل) الوراثى heterozygosity مع التلقيح الذاتى (عن Chaudhari ١٩٧١)

كما يمكن - أيضًا - التوصل من جدول (٩-١) إلى المعادلات التالية.

نسبة الأفراد الأصيلة السائدة (AA) فقط أو الأصيلة المتنحية (aa) فقط = $\frac{١}{٢^{٢}} - \frac{١}{٢^{٢}}$

نسبة الأفراد الأصيلة السائدة (AA) + الأصيلة المتنحية (aa) = $\frac{١}{٢^{٢}} - \frac{١}{٢^{٢}}$

نسبة الأفراد الخليطة $\frac{١}{٢^{٢}}$

وتجدر ملاحظة أن المعادلات السابقة خاصة بالحالات التى يكون الانعزال فيها فى زوج واحد من الجينات كما يلاحظ أيضًا أن التلقيح الذاتى المستمر لم يؤد إلى أى تغير فى نسبة الآليلات، حيث بقيت كما كانت عليه فى الجيل الأول، برغم تغير نسب التراكيب الوراثية. وهذا – طبعًا – بافتراض تساوى التراكيب الوراثية المنعزلة فى درجة خصوبتها، وعدم حدوث انتخاب لصالح تراكيب وراثية معينة على حساب غيرها، وعدم حدوث طفرات فى صالح أحد الآليلين بنسبة عالية مؤثرة.

تأثير عدد أزواج العوامل الوراثية المنعزلة على سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية

لحساب نسبة الأفراد الأصيلة فى عواملها الوراثية بعد عدد معين من أجيال التلقيح الذاتى فى حالات الانعزال فى أكثر من زوج من الجينات .. فإنه يمكن التوصل إلى المعادلة الخاصة بذلك من جدول (٩–٢). يبين الجدول نسبة الأفراد الأصيلة – وراثيًا – بعد التلقيح لذاتى لعدد (م) من الأجيال، وفى حالات الانعزال فى (ن) من أزواج العوامل الوراثية والمعادلة المستنبطة من الجدول هى:

$$\text{نسبة الأفراد الأصيلة وراثيًا} = \left[\frac{1 - (0.5)^{م}}{(0.5)^{م}}\right]^{ن} \times 100$$

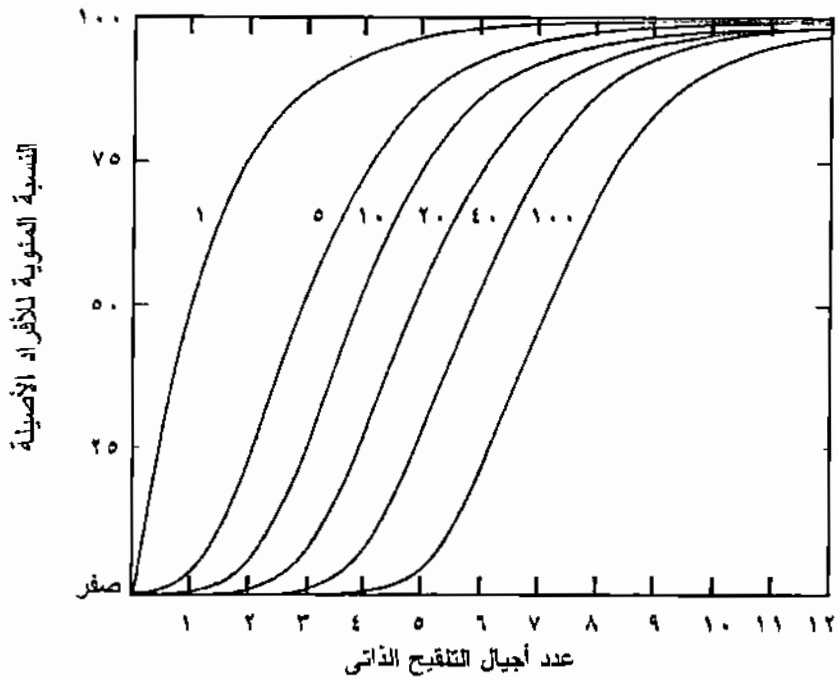
جدول (٩–٢): تأثير التلقيح الذاتى لعدد (م) من الأجيال على النسبة المئوية للأفراد الأصيلة وراثيًا عند وجود عدد (ن) من العوامل الوراثية المنعزلة.

أجيال التلقيح الذاتى S	نسبة الأفراد الأصيلة عند انعزال (ن) من العوامل الوراثية				الأفراد الأصيلة (٪)
	١	٢	٣	٤	
$F_2 = S_1$	٥٠	٢٥	١٢,٥	٦,٢٥	$100 \times (\frac{1}{2})^{ن}$
$F_3 = S_2$	٧٥	٦,٢٥	٤٢,١٩	٣١,٦٤	$100 \times (\frac{3}{4})^{ن}$
$F_4 = S_3$	٨٧,٥	٧٦,٥٦	٦٦,٩٩	٥٨,٦٢	$100 \times (\frac{7}{8})^{ن}$
$F_5 = S_4$	٩٣,٧٥	٨٧,٨٩	٤٢,٤٠	٧٧,٢٥	$100 \times (\frac{15}{16})^{ن}$
(م)	$100 \times (\frac{1-(0.5)^{2}}{(0.5)^{2}})^{1}$	$100 \times (\frac{1-(0.5)^{3}}{(0.5)^{3}})^{2}$	$100 \times (\frac{1-(0.5)^{4}}{(0.5)^{4}})^{3}$	$100 \times (\frac{1-(0.5)^{5}}{(0.5)^{5}})^{4}$	$100 \times (\frac{1-(0.5)^{6}}{(0.5)^{6}})^{5}$

وتجدر ملاحظة أن (م) تمثل أيضًا رقم الجيل الانعزالى؛ حيث $F_1=S_{1n}$، و $F_2=S_1$ (الجيل الانعزالى الأول)، و $F_2=S_2$ (الجيل الانعزالى الثانى) وهكذا، كما أن (ن) تمثل عدد أزواج العوامل الوراثية الخليطة فى الجيل S_{1n}، أو هى عدد العوامل الوراثية التى يختلف فيها أبوا الجيل الأول F_1

هذا ويعاب على هذه المعادلة أنها لا تصلح للتطبيق إلا على أزواج الجينات المستقلة فى توزيعها، إذ إن نسبة الإفراد الأصيلة تتغير عند وجود ارتباط بين الجينات المنعزلة

ويتضح من جدول (٩-٢) – لدى تطبيق المعادلة المستنبطة منه – انه كلما زاد عدد العوامل الوراثية المنعزلة (ن) تأخر الوصول إلى حالة الأصاله الوراثية ويبين شكل (٩-٣) سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية عند وجود ١، و ٥، و ١٠، و ٢٠، و ٤٠، و ١٠٠ زوج من العوامل الوراثية المنعزلة



شكل (٩-٣) سرعة الوصول الى الأصالة الوراثية homozygosity عد وجود ١، و ٥، و ١٠، و ٢٠، و ٤٠، و ١٠٠ زوج من العوامل الوراثية المنعزلة (عن Allard ١٩٦٤)

ويمكن الحصول على تفاصيل أكثر عن نسب التراكيب الوراثية المتوقعة، التى تختلف فى عدد المواقع الجينية الأصيلة أو الخليطة بها، بعد أى عدد من أجيال التلقيح الذاتى (م)، وعند اختلاف عدد العوامل الوراثية المنعزلة (ن) من مفكوك المعادلة ذات الحدين $[١+(٢^{ن}-١)]^{٢}$، فإذا فُرض وكان عدد أزواج العوامل الوراثية المنعزلة = ٣، واستمر التلقيح الذاتى لخمسة أجيال - أى حتى الجيل السادس ($F_٦=S_٦$) فإن المعادلة تصبح كما يلى:

$$[١ + (٢^{٥} - ١)]^{٣}$$

$$= (١+٣١)^{٣}$$

$$= (٣١)^{٣} + ٣(١)(٣١)^{٢} + ٣(١)^{٢}(٣١) + (١)^{٣}.$$

ويعنى ذلك أن الجيل السادس يتكون مما يلى:

$(١)^{٣}$ = فرد واحد خليط فى الأزواج الثلاثة من الجينات.

$٣(١)^{٢}(٣١)$ = ٩٣ فردًا خليطًا فى زوجين من الجينات، وأصيل فى الثالث

$٣(١)(٣١)^{٢}$ = ٢٨٨٣ فردًا خليطا فى زوج واحد من الجينات، وأصيل فى الزوجين الآخرين.

$(٣١)^{٣}$ = ٢٩٦٩١ فردًا أصيلاً فى الأزواج الثلاثة من الجينات.

هذا .. ولا تتفق النسب المحسوبة بالمعادلة مع النسب المشاهدة، إلا إذا تساوت التراكيب الوراثية فى القدرة على التكاثر، وهو الأمر الذى لا يحدث - عادة - نظرًا لأن التراكيب الوراثية الخليطة تكون أقوى نموًا، مما يؤدى إلى إبطاء الوصول إلى التجانس الوراثى.

يتبين مما سبق أن التدهور الملاحظ فى صفات النسل الناتج من التلقيح الذاتى لأفراد خليطة فى تركيبها الوراثى هو نتيجة لحدوث الانعزال الجينى، وتكوين سلالات نقية، ذلك لأن الأفراد الخليطة توجد بها جينات ضارة أو مميتة متنحية، تكون مستترة لكونها متنحية، وبذلك لا يظهر أثرها المباشر فى الفرد الخليط، لوجود الآليل السائد لكن هذه الجينات تنعزل بحالة أصيلة عند إجراء التلقيح الذاتى، فيظهر - من ثمّ - أثرها الضار ومتى انعزلت هذه الجينات، وثبتت بحالة أصيلة فى

السلالات المتكونة .. فإن التدهور المصاحب للتربية الداخلية يتوقف، كما تثبت صفات السلالات المتكونة، وهو الأمر الذى يحدث بعد ٧-٨ أجيال من التلقيح الذاتى.

تأثير الارتباط فى سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية

يؤثر الارتباط بين العوامل الوراثية المنعزلة على سرعة الوصول إلى حالة الأصالة الوراثية من وجهتين كما يلى

١ - يقلل الارتباط من عدد العوامل الوراثية المنعزلة (ن) فى المعادلتين السابقتين، نظرًا لأن الجينات المرتبطة بشدة تنعزل، كما لو كانت جينًا واحدا، وعليه فإن الارتباط يسرع من الوصول إلى حالة الأصالة الوراثية.

٢ - يزيد الارتباط من نسب التراكيب الوراثية المحتوية على الجينات المرتبطة على حساب نسب التراكيب الأخرى وعموما . فإن الارتباط يحافظ على التراكيب الوراثية للأبوين، ويقلل من فرصة تكوين انعزالات وراثية جديدة

إن الارتباط يؤدى إلى انخفاض نسبة الأفراد الخليطة فى كل جيل دون التأثير على المستوى العام للخلط الوراثى heterozygosity فى كل موقع جينى، حيث يؤدى الارتباط إلى تقليل العدد الفعّال لأزواج العوامل الوراثية (ن) فى المعادلة (إذا إن الجينات المرتبطه بشدة تسلك كوحدة واحدة)، وبذا يؤدى إلى زيادة نسبة الأفراد الأصيلة (جدول ٩ ٣)

وبهذه الصورة . فإن الارتباط يجعل مهمة المربى صعبة، ولكنه يساعد المربى أيضا من حيث كون الارتباط يحافظ على التراكيب الوراثية المرغوب فيها فى السلالات التى ينتخبها المربى

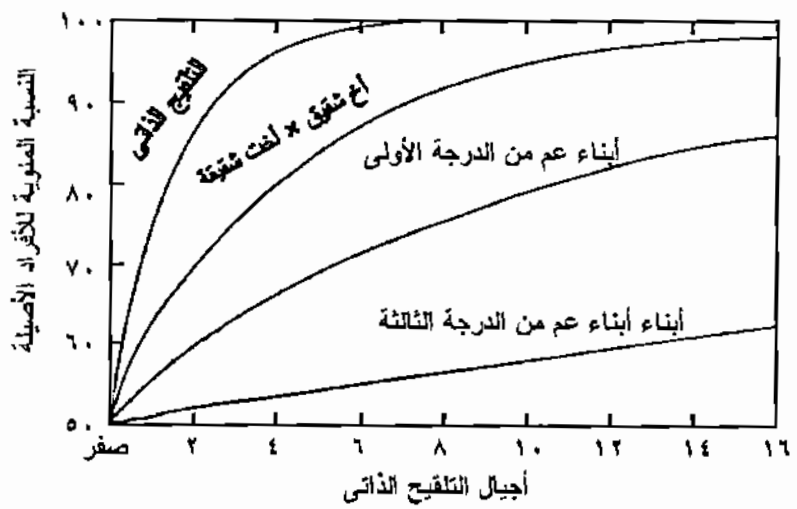
تأثير درجة التربية الداخلية على سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية

سبق أن أوضحنا أن التلقيح الذاتى هو أشد درجات التربية الداخلية، وأنه توجد درجات اقل من ذلك، مثل التزاوج بين نبات وآخر من نسل واحد، او بين نباتين من سلالتين تشتركان فى أحد الآباء، او فى أحد الأجداد إلخ ويستعمل فى وصف هذه التزاوجات المسميات المستعملة فى تربية الحيوان، مثل التزاوج بين الأخوة الأشقاء

والأخوة غير الأشقاء، وأبناء العم من الدرجة الأولى، وأبناء أبناء العم من الدرجة الثالثة . إلخ ويبين شكل (٩-٤) تأثير الدرجات المختلفة من التربية الداخلية على سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية. فنجد - مثلا - أن كل ثلاثة أجيال من التلقيح الذاتى تعادل ١٠ أجيال من تلقيح الأخوة الأشقاء (التلقيح بين نبات وآخر من نسل واحد)، ولكن جميع الطرق تؤدى - فى نهاية الأمر - إلى الأصالة الوراثية بنسبة ١٠٠٪

جدول (٩-٣) نسبة الأفراد الأصيلة وراثيًا فى حالتى الانعزال الحر والارتباط بين زوجين من الجينات يوجد بينهما عبور بنسبة ٣٠٪ بعد جيل واحد من التلقيح الذاتى.

الأفراد الأصيلة	نسبة الأفراد الأصيلة	
	الارتباط	الانعزال الحر
AB/AB	٠,١٢٢٥ = ٠,٣٥ × ٠,٣٥	٠,٠٦٢٥ = ٠,٢٥ × ٠,٢٥
ab/ab	٠,١٢٢٥ = ٠,٣٥ × ٠,٣٥	٠,٠٦٢٥ = ٠,٢٥ × ٠,٢٥
Ab/Ab	٠,٠٢٢٥ = ٠,١٥ × ٠,١٥	٠,٠٦٢٥ = ٠,٢٥ × ٠ ٢٥
aB/ab	٠,٠٢٢٥ = ٠,١٥ × ٠,١٥	٠,٠٦٢٥ = ٠,٢٥ × ٠,٢٥
المجموع	٠,٢٩	٠,٢٥

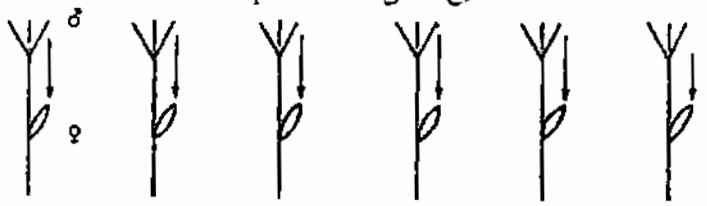


شكل (٩-٤): تأثير الدرجات المختلفة من التربية الداخلية فى سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية.

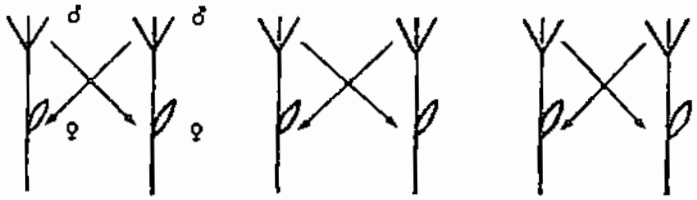
أما شكل (٩-٥) فإن يبين كيفية إجراء بعض طرق التربية الداخلية فى النباتات، مع استعمال الذرة (وهو نبات وحيد الجنس، وحيد المسكن) كمثال والطرق المبينة فى

لسكن هى تلقيح ذاتى ، وتلقيح متبادل بين نباتين من نسل واحد full sib mating .
وتلقيح جميع النباتات بحبوب تلح محلوطة معا ومجموعه من نفس النبات half-sib
mating وتلقيح جميع النباتات بحبوب لقاح من اب رجعى backcrossing .

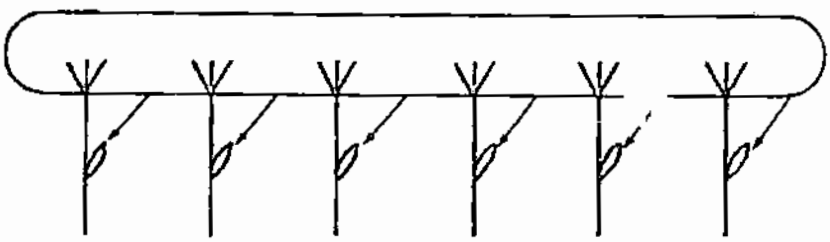
تلقيح الذاتى Self-pollination



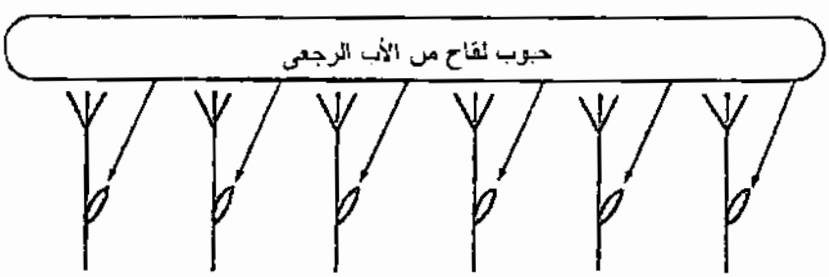
تلقيح متبادل بين نباتين من نسل واحد Full-Sib mating



تلقيح جميع النباتات بحبوب لقاح محلوطة من نفس النباتات Half-Sib mating



تلقيح الرجعى Backcrossing



شكل ٩ ٥ كسد حر ، بعض صرق تربيه لد حلية فى النباتات مع بعض لدرة كتال رعس
١٩٨٧ Fehr