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 التربية 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 غالبًا 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 جيلاً 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 ظهورًا، وهو يتراوح من نقص بسيط فى جزء من الورقة، إلى نقص يشمل النبات كله.

وقد عُرِّفَ 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 ببعضها 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 التربية الداخلية بدرجة واضحة عباد الشمس، والشيلم، وعشب التيموثى timothy؛ حيث لا يظهر بها كثير من الانعزالات المنخفضة الحيوية مع التربية الداخلية. كما أمكن الحصول على سلالات أصيلة منها – بالتربية الداخلية – لم تختلف – فى قوة نموها – عن الأصناف الأصيلة المفتوحة التلقيح التى جاءت منها.

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

٨ – ومن الطبيعى أن تُلَقَّح النباتات الذاتية التلقيح – بطبيعتها – تلقيحًا 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. ونظرًا 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 هجينيًا 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 أل 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 $\bar{F}_1$ ، $\bar{F}_2$ 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 التربية الداخلية 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 ينشأ 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 وراثيًا 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 تخضع 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 جيلاً بعد جيل (شكلا ٩-١، و ٩-٢، وجدول ٩-١).