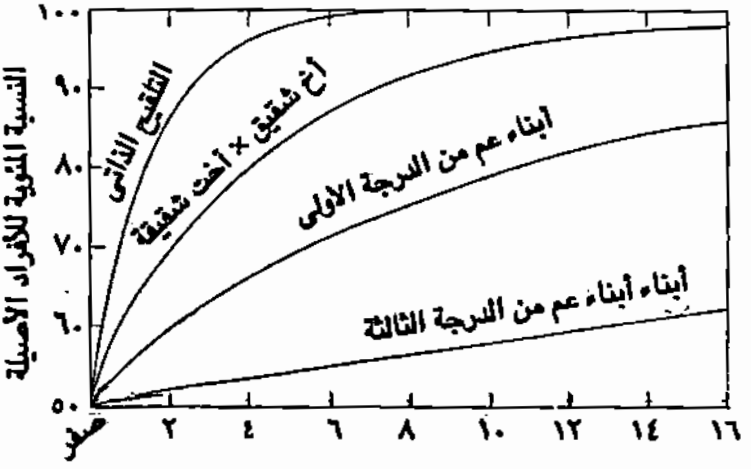
الوراثية المرغوب فيها فى السلالات التى ينتخبها المربى .

تأثير درجة التربية الداخلية على سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية

سبق أن أوضحنا أن التلقيح الذاتى هو أشد درجات التربية الداخلية ، وأنه توجد درجات أقل من ذلك ؛ مثل التزاوج بين نبات وآخر من نسل واحد ، أو بين نباتين من سلالتين تشتركان فى أحد الآباء ، أو فى أحد الأجداد ... إلخ . ويستعمل فى وصف هذه التزاوجات المسميات المستعملة فى تربية الحيوان ، مثل التزاوج بين الإخوة الاشقاء والإخوة 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 الاصالة الوراثية ؛ فنجد - مثلاً - أن كل ثلاثة أجيال من التلقيح الذاتى تعادل ١٠ أجيال من تلقيح الإخوة الأشقاء (التلقيح بين نبات وآخر من نسل واحد) ؛ ولكن جميع الطرق تؤدى - فى نهاية الأمر - إلى الأصالة الوراثية ؛ بنسبة ١٠٠٪ ، أما شكل (٩-٥) .. فإنه يبين كيفية إجراء بعض طرق التربية الداخلية فى النباتات ، مع استعمال الذرة (وهو نبات وحيد الجنس ، وحيد المسكن) كمثال . والطرق المبينة فى الشكل هى : التلقيح الذاتى ، وتلقيح متبادل بين نباتين من نسل واحد full-sib mating ، وتلقيح جميع النباتات بحبوب لقاح مخلوطة معاً ومجموعة من نفس النباتات half-sib mating ، وتلقيح جميع النباتات بحبوب لقاح من أب رجعى backcrossing .

قوة الهجين

تحدث قوة الهجين Hybrid Vigor (Heterosis) عند تلقيح نباتات من نوع واحد ، تختلف عن بعضها وراثيًا ، ويكون ارتباطها الوراثى (من حيث صلة النسب بينها) قليلاً أو معدوماً . وبرغم أن الزيادة فى قوة النمو تعد من أبرز مظاهر قوة الهجين .. إلا أن مصطلح قوة الهجين أوسع من هذا ؛ حيث يتضمن -أيضا- أية زيادة فى المحصول ، وفى صفات الجودة الاقتصادية ، ومقاومة الآفات ، والتأقلم على الظروف البيئية السائدة ... إلخ . ولايشترط لظهور قوة الهجين أن تكون آباء السلالات المستعملة فى إنتاج الهجن



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

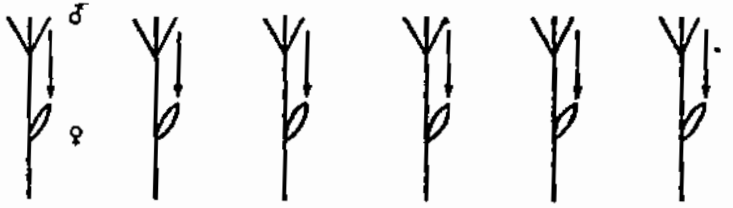
ضعيفة النمو ، أو تعانى التدهور المصاحب للتربية الداخلية ؛ فهى – أى قوة الهجين – تظهر فى معظم أنواع النباتات ، بما فى ذلك النباتات الذاتية التلقيح ، والنباتات الخلطية التلقيح التى لاتضار بالتربية الداخلية . وقد وجدت قوة الهجين فى جميع النباتات التى درست فيها هذه الظاهرة .

وقد قُدِّمَتْ نظريتان أساسيتان لتفسير قوة الهجين ، هما نظرية السيادة الفائقة ، ونظرية السيادة .

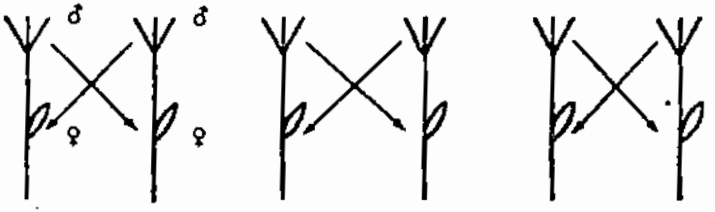
نظرية السيادة الفائقة

تقدم كل من Shull ، و East – على انفراد فى عام ١٩٠٨ – بنظرية السيادة الفائقة Over Dominance Hypothesis ؛ لتفسير ظاهرة قوة الهجين ، وهى تفترض أن الفرد الهجين يكون خليطاً ، وأن حالة الخلط (عدم التماثل) الوراثى تزيد من النشاط الفسيولوجى للنبات ؛ مما يؤدى إلى ظهور قوة الهجين . وتبعاً لهذه النظرية .. فإن الفرد الخليط يفوق كلاً من التركيبين الوراثيين الأصيلين . ويفترض East وجود سلسلة من الأليلات لكل جين مثل A_1 ، و A_2 ، و A_3 ... إلخ ، يزداد فيها الاختلاف بين كل أليلين ؛

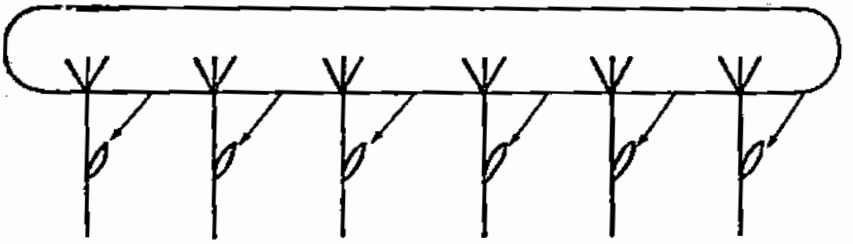
Self - pollination التلقـيح الذاتى



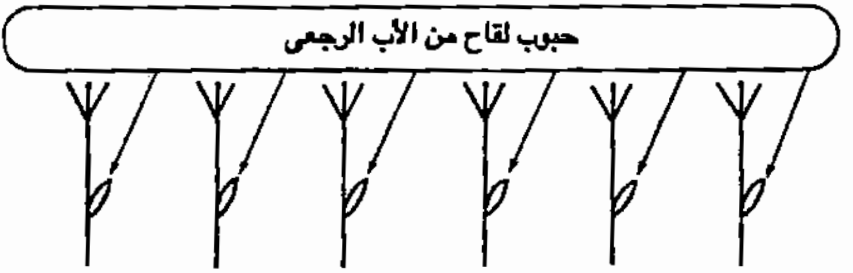
Full - Sib mating تلقيح متبادل بين نباتين من نسـل واحد



Half - Sib mating تلقيح جميع النباتات بحبـوب لقاح مخلوطة مـن نفـس النبـاتات



Backcrossing التلقيح الرجعى



شكل (٩ – ٥) : كيفية إجراء بعض طرق التربية الداخلية فى النباتات مع استعمال الذرة كمثال (عن Fehr ١٩٨٧) .

بزيادة المسافة بينهما فى السلسلة ، وأن قوة الهجين تزداد كلما زاد الاختلاف بين الأليلين المتجمعين فى التركيب الوراثى ؛ فمثلا .. تقل قوة الهجين فى الفرد A_1A_2 عما فى الفرد A_1A_3 ، وهو الذى تقل فيه قوة الهجين كذلك عما فى الفرد A_1A_4 . .. وهكذا ؛ وهو مايعنى وجود درجات مختلفة من السيادة الفائقة ، تبعاً للأليلات التى تدخل فى التركيب الوراثى .

وقد ذُكِرتْ أربعة أسس يمكن أن تُبْنَى عليها – وتفسر بها – نظرية السيادة الفائقة ، وهى كما يلى (عن Brewbaker ١٩٦٤) .

١– التفاعل الأليلى المكمل Supplementary Allelic Interaction :

تبعا لهذا التفسير .. فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصيلين – وليكن A_1A_1 – يكون قادراً على إنتاج المادة X ، ويكون التركيب الوراثى الأصيل الآخر A_2A_2 قادراً على إنتاج المادة Y ، بينما يكون الهجين A_1A_2 قادراً على إنتاج كل من المادتين X ، و Y . ومن أمثلة ذلك .. حالات المقاومة لسلالات مختلفة من بعض مسببات الأمراض ؛ مثل المقاومة للفطر المسبب لمرض الصدأ فى الكتان ، حيث تتحكم الأليلات المختلفة لبعض الجينات المسئولة عن المقاومة فى المقاومة لسلالات مختلفة من الفطر ، وبذا .. يصبح التركيب الوراثى الخليط مقاوماً لسلالتين من الفطر ، بدلاً من سلالة واحدة ، كما فى أى من التركيبين الوراثيين الأصيلين .

٢– القدرة على تمثيل المركبات الضرورية فى ظروف بيئية متباينة Alternate Synthetic Pathways :

تبعا لهذا التفسير .. فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصيلين – وليكن A_1A_1 – يكون قادراً على إنتاج المادة الضرورية للنمو الجيد × فى ظروف بيئية معينة ، ويكون التركيب الوراثى الأصيل الآخر A_2A_2 قادراً على إنتاج نفس المادة فى ظروف بيئية أخرى ، بينما يكون التركيب الوراثى الخليط A_1A_2 قادراً على إنتاج هذه المادة الضرورية للنمو فى كلتا البيئتين . ومما يدل على صحة هذا التفسير أن التباين البيئى V_E يكون أقل بكثير فى الهجن عما فى السلالات المرباة داخليًا المستعملة فى إنتاجها .

٣- القدرة على تمثيل التركيز المثالى من المركبات الضرورية Optimum Amount Concept

تبعاً لهذا التفسير .. فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصيلين - وليكن A_1A_1 - يكون قادراً على إنتاج تركيز منخفض مما يلزم من مادة ضرورية × ويكون التركيب الوراثى الأصيل الآخر A_2A_2 قادراً على إنتاج تركيز أعلى مما يلزم من نفس المادة ، بينما يكون التركيب الوراثى الخليط A_1A_2 قادراً على إنتاج التركيز المثالى من هذه المادة .

٤- القدرة على تمثيل المواد الهجين Synthesis of Hybrid Substances :

تبعا لهذا التفسير .. فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصيلين - وليكن A_1A_1 يكون قادراً على إنتاج مادة ضرورية × ، ويكون التركيب الوراثى الأصيل الآخر A_2A_2 قادراً على إنتاج مادة ضرورية أخرى y ، بينما يكون الهجين A_1A_2 قادراً على إنتاج مادة أكثر تحفيزاً للنمو هى z .

نظرية السيادة

تقدم بنظرية السيادة Dominance Hypothesis ؛ لتفسير قوة الهجين كل من Bruce ، و Keeble & Pellow فى عام ١٩١٠ كل على انفراد . تفترض هذه النظرية أن النقص فى قوة النمو المصاحب للتربية الداخلية يظهر بسبب انعزال جينات متنحية ضارة بحالة أصيلة ، يظهر تأثيرها فى الأفراد الأصيلة ، فتؤدى إلى ضعف نموها ، وقلة حيويتها ، وعندما تهجن السلالات الأصيلة معاً .. فإن تأثير الجينات المتنحية الضارة يختفى تحت تأثير جينات أخرى سائدة غير ضارة ، فتظهر بذلك قوة الهجين ، ويعنى ذلك وجود درجات مختلفة من التآلف Combining Ability بين السلالات المهجنة ؛ حيث تزداد قوة الهجين كلماً تجمع فى الجيل الأول الهجين أكبر عدد من الجينات السائدة . ولايتحقق ذلك إلا إذا كانت السلالات المهجنة مختلفة أصلاً فى أكبر عدد من الجينات السائدة التى توجد فى كل منها . وتزيد القدرة على التآلف بين السلالات كلما ازداد الاختلاف بينها فى هذه الجينات السائدة .

تأخذ نظرية السيادة - فى الحسبان - احتمال حدوث تفاعلات غير أليلية nonallelic

interactions يمكن أن تساعد على التغلب على مشاكل أيضية معينة ؛ فلو فرض أن كان الجينان A_1 ، و B_1 ضروريين لإتمام تفاعل حيوى معين ، فإن أياً من التركيبين الوراثيين $A_1A_1\ B_2B_2$ ، و $B_1B_1\ A_2A_2$ لايمكنه إكمال هذا التفاعل ، بينما يستطيع ذلك الهجين الناتج منهما ، الذى يكون تركيبه الوراثى $A_1A_2\ B_1B_2$. أى إن قوة الهجين تظهر – تلقائيًا – فى الهجين ؛ نتيجة للتغلب على مصادر الضعف الموجودة فى السلالات الداخلة فى إنتاج هذه الهجن . وكمثال على ذلك .. وجد أن معدل نمو جذور الطماطم (الجذور المفصولة عن النباتات exicsed roots) فى البيئات المغذية يتوقف على التركيب الوراثى للنبات ؛ فبينما نمت جذور الطماطم البرية *Lycopersicon pimpinellifolium* فى البيئات التى أضيف إليها الفيتامين بيروذوكس Pyrodoxin .. فإن جذور صنف الطماطم جوهانسفير Johannesfeuer نمت ببطء فى البيئة المغذية ، وازداد نموها عندما زودت البيئات بالفيتامين نيكوتيناميد Nicotinamide ، ولم تتأثر بإضافة البيروذوكسن . هذا .. بينما نمت جذور الهجين بينهما فى البيئة المغذية بصورة عادية ولم يتأثر نموها بإضافة أى من الفيتامينين ؛ ويعنى ذلك أن الهجين ظهرت فيه قوة الهجين ، التى تمثلت فى قدرة الجذور المفصولة على النمو الجيد فى البيئة الصناعية ؛ نتيجة لاحتوائه على عوامل وراثية غير آليلية ، حصل عليها من الأبوين ، وتفاعلت –معاً– لتعطى نمواً جذرياً أفضل .

وقد ظهر اعتراضان على نظرية السيادة ، أمكن الرد عليهما ، وهما كما يلى :

١– وجد أن توزيع قوة النمو –فى نباتات الجيل الثانى للجيل الأول الهجين – يكون منتظما وطبيعيًا symmetrical دائماً ، بينما المفروض –حسب نظرية السيادة– أن يميل التوزيع إلى جانب الصفة السائدة ؛ فلو فرض وجود سيادة فى خمسة مواقع جينية .. فإن التوزيع المتوقع للأشكال المظهرية فى الجيل الثانى يكون كمايلى : ١,٠٪ : ٥,١٪ : ٨,٨٪ : ٢٢٦,٤٪ : ٣٩,٥٪ : ٢٣,٧٪ ؛ أى يتوقع أن يكون التوزيع غير منتظم assymetrical ، وهو الأمر الذى لايمكن ملاحظته أبداً .

وقد أمكن الرد على هذا الاعتراض على أساس أن ميل التوزيع إلى جانب الصفة السائدة يقل كثيراً بفعل العوامل التالية :

أ– تأثير العوامل البيئية على الصفة .

ب- وجود حالات السيادة الجزئية .

جـ- زيادة عدد الجينات التى تؤثر فى صفة قوة الهجين ، خاصة .. صفة المحصول .

د- الارتباط بين الجينات ، خاصة .. أن كثرة عدد الجينات التى تتحكم فى قوة الهجين تعنى احتمال وجود أعداد من الجينات ترتبط - معاً - على كروموسومات مختلفة . ويمنع الارتباطُ الانعزالَ الحر للجينات ، ويؤدى ارتباط جينات ذات تأثير إيجابى على قوة النمو مع جينات أخرى ذات تأثير سلبى إلى تقليل فرصة انعزال كل الجينات السائدة معاً .

٢- تبعًا لنظرية السيادة .. فإن من المفروض أن تكون بعض السلالات المربأة - داخليًا - على نفس درجة قوة نمو نباتات الجيل الأول الهجين - أو أعلى منها - إلاّ أن ذلك الأمر لم يلاحظ أبداً . وقد كان الرد على هذا الاعتراض هو صعوبة - بل استحالة - العثور على النبات ، الذى تتجمع فيه العوامل الوراثية السائدة ؛نظرا لكثرة العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفات قوة الهجين ، خاصة .. صفة المحصول ؛ فلو أن صفة المحصول فى الذرة - مثلاً - يتحكم فيها ٣٠ جيناً - وهو تقدير معقول - للزمتْ زراعة مساحة من الذرة تعادل مساحة الكرة الأرضية ٢٠٠٠ مرة ؛ لكى يمكن العثور على نبات واحد أصيل سائد فى الجيل الثانى يتساوى فى المحصول مع الجيل الأول الهجين . كما أوضح Jones أن الارتباط بين الجينات المفيدة والجينات الضارة - والتى يكون بعضها سائدا والبعض الآخر متنحياً - يجعل من الصعب العثور على السلالة الأصيلة فى جميع العوامل الوراثية السائدة ، لما يتطلبه ذلك من حدوث عبور فى مناطق كثيرة معينة من الكروموسومات .

الأساس الفسيولوجى لقوة الهجين

رَبَطَ بعضُ الباحثين بين نشاط الميتوكوندريا وقوة الهجين ؛ فوجد - مثلاً - أن خلط الميتوكوندريا الأبوية لتسعة هجن من القمح (أى خلط ميتوكوندريا أبوى كل هجين معًا) يجعل نشاط المخلوط متوافقاً مع قوة الهجين الناتجة من تهجين الأبوين ، ولايكون نشاط المخلوط وسطا بين نشاط ميتوكوندريا كل من الأبوين على حدة ، وعليه .. فقد اقترح استخدام هذا الاختبار - وهو الذى يعرف باختبار Mitochondria Camplementation - فى التنبؤ بالتهجينات التى يمكن أن تعطى قوة هجين عالية ، إلاّ أن هذا الاختبار لم يكن ذا فائدة فى حالات أخرى ؛ حيث لم يمكن استخدامه - مثلاً - فى التنبؤ بقوة الهجين

(متمثلة فى وزن الجذور) فى بنجر السكر (Doney وآخرون ١٩٧٥) . ولمزيد من التفاصيل عن الأساس الفسيولوجى ، والكيميائى الحيوى ، والوراثى لقوة الهجين .. يراجع Sinha & Khanna(١٩٧٥) ، و Sneep & Hendrkisen(١٩٧٩) .

حساب قوة الهجين

تقدر قوة الهجين بإحدى معادلتين كما يلى :

١- تقدر قوة الهجين كنسبة مئوية من الفرق بين الجيل الأول ومتوسط الصفة فى الأبوين كما يلى :

$$\text{Mid - parent Heterosis} = \frac{\bar{F}_1 - MP}{MP} \times 100$$

حيث MP هى المتوسط الحسابى للأبوين أى $= \frac{\bar{P}_2 + \bar{P}_1}{2}$

٢- تفضل - من الناحية الاقتصادية - تقدير قوة الهجين بالنسبة للأب الأعلى فى الصفة كما يلى .

$$\text{High-parent Heterosis} = \frac{\bar{F}_1 - \bar{HP}}{HP} \times 100$$

حيث HP هى متوسط الصفة فى الأب الأعلى أو الأفضل high parent فى هذه الصفة (Sinha & Khanna ١٩٧٥) .