تبعًا لهذا التفسير .. فإن أحد التركيبين الوراثيين الأصيلين – وليكن A_1A_1 – يكـون قادرًا على إنتاج تركيز منخفض مما يلزم من مادة ضروريـة X ويكـون الـتركيب الوراثـى الأصيل الآخر A_2A_2 قادرًا على إنتاج تركيز أعلى مما يلزم من نفس المـادة، بينمـا يكـون التركيب الوراثى الخليط A_1A_2 قادرًا على إنتاج التركيز المثالى من هذه المادة.

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

تبعًا لهذا التفسير .. فإن أحد التركيبين الوراثيـين الأصيلين – وليكـن A_1A_1 يكـون قادرًا على إنتاج مادة ضرورية X، ويكون التركيب الوراثـى الأصيـل الآخـر A_2A_2 قـادرًا على إنتاج مادة ضرورية أخرى Y. بينما يكون الهجـين A_1A_2 قـادرًا علـى إنتـاج مـادة أكثر تحفيزًا للنمو هى Z.

نظرية السيادة لتفسير قوة الهجين

تقدم بنظرية السيادة Dominance Hypothesis لتفسير قوة الهجين كل مـن 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 متنحيـة ضـارة بحالـة أصيلة، يظهر تأثيرها فى الأفراد الأصيلة. فتـؤدى إلى ضعـف نموهـا، وقلـة حيويتـها، وعندما تهجن السلالات الأصيلة معًـا .. فـإن تأثـير الجينـات المتنحيـة الضـارة يختفـى تحت تأثير جينات أخرى سائدة غير ضارة، فتظهر بذلـك قـوة الهجـين، ويعنـى ذلـك وجود درجات مختلفة من التآلف Combining Ability بين السلالات المهجنـة، حيـث تزداد قوة الهجين كلما تجمع فى الجيل الأول الهجين أكبر عدد من الجينات السـائدة. ولا يتحقق ذلك إلا إذا كانت السلالات المهجنة مختلفة أصلاً فى أكبر عدد من الجينات السائدة التى توجد فى كل منها. وتزيد القدرة علـى التـآلف بـين السـلالات كلمـا ازداد الاختلاف بينها فى هذه الجينات السائدة.

تـأخذ نظريـة السـيادة – فـى الحسـبان – احتمـال حـدوث تفـاعلات غـير آليليـة nonallelic ineractions يمكن أن تساعد على التغلب على مشـاكل أيضيـة معينـة، فلـو فرض أن كان الجينان A_1، و B_1 ضروريين لإتمـام تفـاعل حيـوى معـين. فـإن أيًـا مـن التركيبين الوراثيين $A_1A_1\ B_2B_2$، و $B_1B_1\ A_2A_2$ لا يمكنـه إكمـال هـذا التفـاعل، بينمـا

يستطيع ذلك الهجين الناتج منهما، الذى يكون تركيبه الوراثى $A_1A_2B_1B_2$. 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 بيرودوكس Pyrodoxin .. فإن جذور صنف الطماطم جوهانسفير Johannesfeuer نمت ببطء فى البيئة المغذية. وازداد نموها عندما زودت البيئات بالفيتامين نيكوتيناميد Nicotinamide، ولم تتأثر بإضافة البيرودوكسن. 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 – معًا – لتعطى نموًا جذريًا 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 منتظمًا وطبيعيًا symmetrical دائمًا، 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 كما يلى: ٠.١٪ : ١.٥٪ : ٨.٨٪ : ٢٢٦.٤٪ : ٣٩.٥٪ : ٢٣.٧٪؛ أى يتوقع أن يكون التوزيع غير منتظم assymetrical، وهو الأمر الذى لم يمكن ملاحظته أبدًا.

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

أ – تأثير العوامل البيئية على الصفة.

ب – وجود حالات السيادة الجزئية.

جـ – زيـادة عـدد الجينـات التـى تؤثـر فـى صفـة قـوة الهجـين، خاصـة .. صفـة المحصول.

د – الارتباط بين الجينات، خاصة .. أن كثرة عدد الجينات التى تتحكـم فـى قـوة الهجين تعنى احتمال وجود أعـداد مـن الجينـات ترتبـط – معًـا – علـى كروموسـومات مختلفة. ويمنع الارتباطُ الانعـزالَ الحـر للجينـات، ويـؤدى ارتبـاط جينـات ذات تأثـير إيجابى على قوة النمو مع جينات أخرى ذات تأثير سـلبىْ إلى تقليل فرصة انعـزال كـل الجينات السائدة معًا. ٠

٢ – تبعًا لنظرية السيادة .. فإن مـن المفـروض أن تكـون بعـض السـلالات المربـاة – داخليًّا – على نفس درجة قوة نمو نباتات الجيل الأول الهجين – أو أعلـى منـها – إلاّ أن ذلك الأمر لم يلاحظ أبدًا.

وقد كان الرد على هذا الاعتراض هو صعوبة – بل اسـتحالة – العثـور علـى النبـات الذى تتجمع فيه العوامل الوراثية السائدة؛ نظرًا لكثرة العوامل الوراثية التى تتحكم فـى صفات قوة الهجين، خاصة .. صفة المحصول؛ فلو أن صفة المحصول فى الذرة – مثـلاً – يتحكم فيها ٣٠ جينًا – وهو تقدير معقول – للزمتْ زراعة مسـاحة مـن الـذرة تعـادل مساحة الكرة الأرضية ٢٠٠٠ مرة؛ لكى يمكن العثور على نبات واحد أصيـل سـائد فـى الجيل الثانى يتساوى فى المحصـول مـع الجيـل الأول الهجـين. كمـا أوضـح Jones أن الارتباط بين الجينات المفيدة والجينات الضارة – والتـى يكـون بعضـها سـائدًا والبعـض الآخر متنحيًّا – يجعل من الصعـب العثـور علـى السـلالة الأصيلـة فـى جميـع العوامـل الوراثيـة السـائدة، لـما يتطلبـه ذلـك مـن حـدوث عبـور فـى منـاطق كثـيرة معينـة مـن الكروموسومات.

هذا .. ويذكر Crow (٢٠٠٠) أن معظم التحسن فى محصول الهجـن يرجـع إلى كـل من التأثير الإضافى وتأثير السيادة، إلى جانب احتمال حصول أكـثر الهجـن تميـزًا علـى جانب صغير – فقط – من ذلك التميز بسبب ما تحتويـه مـن تأثـيرات السـيادة الفائقـة والتفوق. وقد حدا ذلك به إلى الاعتقاد بأن نظرية السيادة – كما وضعت فـى عشـرينيات القرن العشرين – هى النظرية المقبولة حاليًّا لتفسير قوة الهجين.

ولزيد من التفاصيل عن التسلسل التاريخى للنظريات التى وضعت لتفسير قوة الهجين .. يراجع Crow (٢٠٠٠).

الأساس الفسيولوجية لقوة الهجين

لقد اقتراح – فى محاولة لتفسير قوة الهجين – أن النمو والمحصول هما المحصلة النهائية لسلسلة من التفاعلات الكيميائية الحيوية التى يتحكم فى كل منها إنزيمًا واحدًا أو أكثر من إنزيم، وأن قوة الهجين ترتبط بمبدأ التوازن الأيضى metabolic balance concept. ويتطلب هذا التوازن التنسيق بين كل التفاعلات والأنظمة لأجل زيادة كفاءة النمو فى أى ظروف بيئية محددة. وتبعًا لهذا المبدأ .. فإن السلالات المرباة داخليًا لا تكون متوازنة أيضيًا؛ حيث تعمل بعض إنزيماتها عند مستوى عال أو متوسط، بينما يعمل بعضها الآخر عند مستوى منخفض وغير فعال؛ الأمر الذى يجعلها محددة للأيض؛ بما ينعكس سلبًا على النمو النباتى، وتختلف السلالات فى الإنزيمات (أو المواقع الجينية) التى تكون محددة للنمو. وبالاختيار المناسب للسلالات المرباة داخليًا التى تدخل فى إنتاج الهجن فإن التراكيب الوراثية الخليطة الناتجة يمكن أن تكون أصيلة فى المواقع الجينية (الإنزيمات) المحددة للنمو، ومن ثم فإنها تكون متوازنة أيضيًا. ويعد ذلك المبدأ شبيهًا بمبدأ العامل المحدد limiting factor concept فى البيولوجى.

ومن أهم خصائص مبدأ التوازن الأيضى، ما يلى:

١ – فى أى لحظة من حياة أى كائن حىّ – حتى أقواها نموًا – فإن عملياته الفسيولوجية يتحدد معدلها بالعوامل المحددة لكل منها.

٢ – تَنتج المحددات الفسيولوجية فى أى لحظة من التفاعل بين الموقع الجينى المحدد مع باقى التركيب الوراثى للكائن، ومع العوامل البيئية المتوفرة فى ذات اللحظة.

٣ – يمكن تحجيم المحددات الفسيولوجية أو التخلص منها بتصحيح العامل البيئى المؤثر فيها.

٤ – كذلك يمكن تحجيم المحددات الفسيولوجية بإحلال آليل آخر أكثر كفاءة فى الموقع الجينى المحدد، وذلك بافتراض توفره.