تربية النبات و الهندسة الوراثية

الجزء النظري

السنة الثالثة

الجذع المشترك

منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة

تربية النبات و الهندسة الوراثية

(الجزء النظري)

الدكتور
حسن عزام
أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية

الدكتور
مخلص شاهرلي
أستاذ مساعد في قسم المحاصيل الحقلية

الدكتورة
سلام لاوند
مدرسة في قسم المحاصيل الحقلية

جامعة دمشق
1429-1430 هـ
2008-2009 م

فهرس المحتويات

الموضـــوع	الصفحة
المقدمة	**11**
الفصل الأول: تعريف علم تربية النبات	**13**
تطور علم النبات و الاكتشافات العلمية التي ساهمت في تقدمه	14
أهداف تربية النبات	
علاقة تربية النبات بغيره من العلوم الأخرى	15
الفصل الثاني: التنوع الوراثي و مصادر التباين	**19**
– أنواع التباين	19
– مصادر التباين	20
– قياس الصفات و تعبيرها	24
– تأثير العزل على التباين و الاختلافات في الصفات	27
الفصل الثالث: التهجين	**31**
تعريف التهجين	31
أنواع التهجين	31
– التهجين القريب	31
– التهجين البعيد	31
تحديد الغرض من التهجين	34
انتقاء الآباء الداخلة في التهجين	34
إجراء التهجين	35
دراسة الانسال الهجينة و إجراء الانتخاب المناسب	36
– طريقة النسب	37
– طريقة التجميع	37
– طريقة التهجين الرجعي	40

– طريقة التهجين المتعدد	43
الفصل الرابع: العقم الذكري و استغلاله في تربية النبات	**45**
– ظاهرة العقم الذكري و عدم التوافق الجنسي	45
– أنواع العقم الذكري	49
– ظاهرة وحيد الجنين	58
الفصل الخامس: قوة الهجين و الأصناف الهجينة	**61**
– تعريف	61
– المظاهر والتفسيرات الوراثية لظاهرة قوة الهجين	63
– استغلال ظاهرة قوة الهجين في إنتاج الهجن	69
▪ إنتاج السلالات النقية	69
▪ اختبار السلالات النقية	71
▪ خلط السلالات النقية لتكوين الهجين	72
الفصل السادس: طرائق تربية النباتات ذاتية الالقاح	**75**
– الادخال في المحاصيل ذاتية الالقاح	75
– الانتخاب في المحاصيل ذاتية الالقاح	76
– التهجين في المحاصيل ذاتية الالقاح	85
الفصل السابع: طرائق تحسين النباتات خلطية التلقيح	**103**
مقدمة	103
أسس طرائق تحسين النباتات خلطية التلقيح	103
طرائق تحسين المجاميع (العشائر) النباتية في خلطيات الالقاح	117
الطرائق المستخدمة في تحسين النباتات في خلطيات الالقاح	117
– طرائق الانتخاب الإجمالي	118
– طرائق الانتخاب الإجمالي المعدلة (الصبغي)	119

– طرائق الانتخاب على أساس اختيار النسل	121
– طريقة العرنوس خط	123
– طريقة العرنوس خط المعدلة	124
– طريقة انتخاب الأنسال النصف الأخوي	125
– طريقة انتخاب الأنسال الأخوي الكامل	128
– طرائق الانتخاب الدوري المتكرر	130
– طرائق التحسين الخاصة في خلطيات الالقاح	142
طريقة التهجين الرجعي	142
طريقة التهجين الرجعي المتعدد	143
الأصناف المركبة والتركيبية	148
الفصل الثامن: تربية النباتات لمقاومة الآفات	**153**
– القواعد العامة لتربية النباتات لمقاومة الآفات	156
– الخطوات المستعملة في برامج التربية لمقاومة الآفات	157
– البحث عن النباتات المقاومة	158
– احداث العدوى الصناعية	159
– عمل تصميم لطريقة التربية	163
– دراسة المشاكل الأساسية في التربية	164
– السلوك الوراثي للمقاومة	164
الفصل التاسع : التضاعف الصبغي (الكروموزومات) و علاقته بتربية النبات	**167**
– تصنيف التضاعف	168
– التضاعف الحقيقي	170
– التضاعف الجسمي و التضاعف الكاذب	171

– أهمية التضاعفات في تربية النبات	176
– نباتات أحادية الصيغة الصبغية	176
– تضاعف العدد الأساسي من الصبغيات (التضاعف الحقيقي)	179
– استخدام ثلاثيات الصيغة الصبغية في العمل التربوي	193
– استخدام النقص الصبغي في التربية	194
الفصل العاشر: دور الطفرات و أهميتها في تربية النبات	**197**
– تصنيف الطفرات	197
– مسببات الطفرات	204
– تطبيقات تحريض الطفرات و استعمالها	214
– خصائص التحريض الطفراوي	215
– الكشف عن الطفرات في النباتات المتكاثرة بذرياً	218
الفصل الحادي عشر: العناصر المتحركة في النبات	**225**
– تعريف	225
– عائلة العناصر المتحركة (Ac/DS)	255
– عائلة العناصر المتحركة CACTA	228
– خصائص القرين الطافر	**230**
الفصل الثاني عشر : النباتات المعدلة وراثياً	**237**
– لمحة تاريخية عن النباتات المحورة وراثياً	237
– لماذا تم التفكير في إنتاج نباتات محورة وراثياً	238
– كيف يتم التحوير الوراثي	242
– ما هو الهدف من التحوير الوراثي	248
– ما هي الفوائد التي يمكن الحصول عليها من النباتات المحورة وراثياً	248

– مجالات تطبيق التحوير الوراثي في الإنتاج النباتي	249
الفصل الثالث عشر: زراعة النسج	**253**
– مكونات البيئة المستخدمة في زراعة النسج و شروط نجاحها	254
– مراحل إكثار النباتات بطريقة زراعة النسج	256
– ميزات استخدام طريقة زراعة النسج	258
المصطلحات	**261**
المراجع العربية	**273**
المراجع الأجنبية	**275**

Damascus University

المقدمة

لا بد من وقفة جدية و مسؤولة للعمل على تأمين الغذاء و الكساء لملايين الأفواه المتزيدة يوماً بعد يوم من سكان العالم عامة و العربي خاصة والذي لا يتناسب مع زيادة الإنتاج بشقيه النباتي و الحيواني في حالتهما الراهنة والمستقبلية مع المساحات الزراعية، مما يتوجب التفكير العلم ي الجدي والمدروس في إيجاد الحلول المناسبة، و ليكن من أولها الزيادة الرأسية في الإنتاج أو بالأحرى الدراسة و البحث العلمي عن كل تطور جديد يمكن أن يساهم في زيادة الإنتاج و تحسينه لمعظم المحاصيل الاقتصادية الهامة و ذلك باستخدام التقانات الحديثة و العلوم الأخرى ذات العلاقة و على الأخص في البلدان النامية التي نحن منها.

و من هنا يتجسد الدور الهام لعلم تربية النبات و ما يرافقه من اشتراك العلوم الأخرى و خاصة الوراثة و الفسيولوجية و الأحياء الدقيقة و الكيمياء الحيوية و غيرها في استنباط الأصناف و السلالات و الهجن الزراعية الملائمة للظروف الطبيعية و المتمنعة بالمواصفات و الخواص المطلوبة و المرغوبة في الإنتاج و الاستهلاك لحد الاكتفاء الذاتي و تصدير الفائض بالإمكانيات التي يتمتع بها قطرنا العربي السوري حيث تخوله في حالة استغلالها بالشكل الأمثل ليكون له دور هام في إنتاج المادة الغذائية و الحيوية الهامة، لوجود المساحات المزروعة الشاسعة من الأراضي غير المستزرعة و سوء للإدارة في المناط ق المزروعة و الاعتماد غالباً على مجموعات محلية ذات الكمون الوراثي المحدود أو الأصناف المستوردة.

لقد أبرزنا في هذا الكتاب و بشكل عام الطرائق الأساسية في أسس ومبادىء تربية النبات، و تركنا طرائق التحسين الخاصة لكل محصول لوجودها في كتب متخصصة أخرى.

و إن أهم ما نهدف إليه من خلال هذا الكتاب هو إعداد طالبنا اليوم ومهندس الغد المهام الملقاة على كاهله ألا و هي إبعاد شبح الجوع الذي يهددنا و الإنسانيّ جمعاء في عصر الانفجار السكاني الحالي والمستقبلي من جهة وإغناء مكتبتنا العربية من جهة أخرى .

و الله ولي التوفيق

المؤلفون

د.سلام لاوند د. مخلص شاهرلي أ.د. حسن عزام

الفصل الأول

مقدمة تعريف علم النبات

يقصد بتربية النبات بالمعنى الشامل هو البحث عن طرز و أصناف جديدة من النباتات الاقتصادية تتفوق على الطرز و الأصناف القديمة كماً و نوعاً.

و تربية النبات علم و فن، فهو أحد فروع العلوم الزراعية الذي يبحث في تحسين الصفات الوراثية للنباتات ذات القيمة الاقتصادية، و بدأ تيلور هذا العلم من بعد دراسة العالم داروين (charls Darwin) للطرق التي تحدث تطوراً و نشوءاً في النباتات المحكومة بإدارة الإنسان بدلاً من إرادة الطبيعة ، و يمتاز هذا العلم بخاصتين أساسيتين هما:

1- المساهمة في التقدم الزراعي عن طريق إنتاج أصناف و طرز ذات قيمة اقتصادية عالية.

2- إعطاء معلومات للمربين تمنحهم ثقة بالعمل الدائم لتحسين الأصناف واستخدام معلومات و طرق فنية مختلفة و متقدمة من علوم أخرى أو خلافه من قبل المربين، و نظريات و أسس علمية تؤدي بالنهاية إلى التحسين المطلوب أو المنشود في الصفات الاقتصادية من النواحي العلمية و العملية.

و يعد علم تربية النبات من العلوم التي تعتمد على علم الوراثة الذي يبحث في طرق انتقال الصفات من جيل إلى آخر (Heredity)، كما يعتمد على علوم أخرى مثل علم النبات بفروعه ، علم الخلية ، علم الإحصاء ، علم أمراض النبات ، و علم الآلات الزراعية.

ويمر هذا العلم بنواح علمية و مراحل ثلاث للتوصل إلى التحسين المنشود و هي :

- الحصول على اختلافات وراثية طبيعية أو صناعية في المجموع المراد تحسينه.

– اتباع طرق الانتخاب الأساسية.

– تقييم هذه الطرز أو الأصناف أو السلالات و الهجن و استبعاد السيىء والحفاظ على الجيد منها.

وبالرغم من هذا التطور بقيت تربية النبات ممزوجة بين العلم الذي أشرنا إليه وبين الفن الذي يعتمد على المهارة الشخصية لمربي النبات في ممارسة عملية الانتخاب في محاولة لإنتاج أصناف أو سلالات، و معرفة صفاتها الوراثية وملاءمتها مع البيئة المحيطة، لتحقيق الهدف النهائي و هو الحصول على أكبر كمية من الإنتاج كماً و نوعاً في وحدة المساحة مع المحافظة على خصوبة التربة.

تطور علم تربية النبات و الاكتشافات العلمية التي ساهمت في تقدنه:

تعد الاكتشافات العلمية التي ساهمت في تقدم علم النبات سبباً جعله علماً قائماً بمفاهميه و قواعده الخاصة من حيث:

– اكتشاف الجنس في النبات.

– التلقيح و التهجين في إنتاج أصناف جديدة محسنة لكثير من النباتات الاقتصادية.

– تتبع عملية الإخصاب و معرفة النواة المذكرة و المؤنثة اللذين هما النواة الحقيقة للخلية.

– السلوك السيتولوجي للصبغيات في ثبات عددها لأنواع النباتات المختلفة وتوضيح العلاقة السيتولوجية بين الجاميطات و الإخصاب و معرفة الانقسام الاختزالي للنواة و الإخصاب المزدوج.

- ظهور نظرية دارون و نشوء الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعي للاصطفاء الجيدة و التصنيف الوراثي ذو القدرة العالية على التنافس والتخلص من السيء منها.
- اكتشاف القوانين المندلية للوراثة.
- النشاطات الواسعة في بحوث تربية النبات و المؤتمرات العلمية المحلية والعالمية و العربية في مجالات التربية و العلوم الأخرى المتعلقة بهذا العلم، و تبادل المعلومات و الخبرة بين علماء تربية، و حركة النشر للكتب و المجلات و البحوث التي ساعدت على ذلك.
- ظهور بعض المنظمات العالمية و العربية التي ساهمت في البحوث وتبادل الأصناف الجديدة بين محطات التربية.
- تبادل العلماء بين الجامعات و مراكز البحوث المتعددة و المنتشرة في جميع أنحاء العالم حالياً.

3- أهداف تربية النبات objectives of plant breeding

يمكن من الناحية العملية تقسيم أهداف التربية إلى أهداف خاصة بالمنتج و أخرى خاصة بالبائع و المستهلك.

I – و من الأهداف الخاصة بالمنتج هي:

1- زيادة كمية المحصول عن طريق تحسين صفاته الوصفية و الكمية بطرائق التربية المختلفة و يعد هذا الهدف الرئيسي لمربي النبات و الأمثلة على ذلك كثيرة منها:

– تحسين محصول الشوندر السكري فقد كانت نسبة السكر في الأصناف القديمة أقل من 7% و وصلت في الوقت الحاضر نتيجة لجهود المربين بحدود 15–18–22%.

– الذرو الهجين، التي أدت إلى زيادة كمية المحصول بحدود 20–25%.

– إنتاج أصناف القمح المقاومة للأمراض كالصدأ و حقق هذا الهدف مستوى ثابتاً من الإنتاج، و كذلك إنتاج الأقماح المكسيكية أدس إلى مضاعفة كمية المحصول إلى ثلاثة أمثاله بالمقارنة مع الأصناف القديمة.

– تحسين القطن في طول التيلة و المتانة و مقاومة الأمراض و غيرها من الصفات الاقتصادية.

2– إنتاج أصناف أو هجن أو سلالات تناسب مناطق زراعية جديدة لم تنشأ فيها من قبل نتيجة لجهود مربي النبات و عمله في تغيير صفاتها الوراثية القادرة على ملاءمتها للبيئة الجديدة كمقاومة الجفاف و البرودة و الأمراض و الآفات و غيرها.

3– إنتاج أصناف ملائمة للتقانات الحديثة من زراعة و حصاد و دراس و تصنيع و غيرها.

II – و من الأهداف الخاصة بالمستهلك و المصانع حيث ينحصر معظمها في:

– تحسين صفات الجودة للمحصول الناتج، كطول التيلة و متانة و تفوق الألياف لتناسب مواصفات خاصة بخيوط الغزل و النسيج، و كذلك الحال بالنسبة للقمح بأن أي صنف صالح لصناعة الخبز يجب أن تتوفر فيه معظم المواصفات المطلوبة مثل كمية و خواص البروتين و شكل الرغيف و جودته، و لونه و طعمه إلى غير ذلك من المواصفات المرغوبة. أما بالنسبة

لمحاصيل الخضر و الفواكهه التي تدخل في صناعة التعليب و غيرها فيجب أن يقوم المربي بإنتاج أصناف معينة تتلاءم و ذوق المستهلك و لها مواصفات صناعية من حيث انتظام الشكل و الحجم و اللون و التركيب الكيماوي و غيرها.

و أخيراً يجب أن نفهم أن زيادة الإنتاج للنباتات و تحسينها عن طريق التربية هو أفضل السبل و أنسبها زيادة كفاءة الزراعة و استغلالها بشكل اقتصادي، و كذلك يجب أن تستثمر عملياً التحسين الخاصة و العامة للصفات الاقتصادية في النباتات بصفة مستمرة حيث إن امكانيات التربية و التحسين الوراثي و أهدافها لا تتوقف عند حد معين و يمكن أن تؤدي في المستقبل القريب أو البعيد إلى التحسين في الإنتاج الزراعي أكثر مما عملت عليه في الماضي و الحاضر. حيث ما استغل حتى الآن من التراكيب الوراثية الموجودة في أنواع النباتات الاقتصادية لم يوصلنا حتى الآن إلى النهاية القصوى للإنتاج النظري على الأقل.

الفصل الثاني

التنوع الوراثي ومصادر الاختلافات

التباين Variability أو Variation هو حدوث الاختلافات بين الأفراد بسبب الاختلاف في التركيب الوراثي Genotypic و(أو) البيئية Environmental.

فعند زيارة حقل من حقول التربية Breeding nursery يلاحظ المرء وجود اختلافات أو تباينات بين النباتات في صفات متعددة وبخاصة الشكلية منها Phonotypic characters كالطول ومعدل النمو والحيوية والتجانس في المظهر وغيرها. والسؤال الهام هو ما هو مصدر هذه الاختلافات وكيف يمكن التعبير عنها وقياسها.

إنه من الجلي أن هذه الاختلافات تشكل المادة الأساسية لمربي النبات الذي يستغل هذه الاختلافات ويوجهها لإنتاج سلالات Lines جديدة ومتفوقة في صفة أو أكثر. وهذا ما دفع بعضهم إلى تعريف تربية النبات بأنه الاستغلال الصناعي للاختلافات الوراثية الموجودة والذي يؤدي إلى إحداث تغيرات في التركيب الوراثي للأفراد في الاتجاه الذي يرغبه المربي.

إن التباين في الصفات النباتية ليس ثابتاً، فقد يكون كبيراً نسبياً بحيث تتبين بوضوح حدود الاختلاف بين كائنين أو أكثر، أو قد يكون هذا الاختلاف صغيراً جداً وغير واضح لدرجة يصعب فيها وضع حدود اختلاف واضحة بين كائنين أو أكثر إلا باستخدام مقاييس إحصائية Ststistical parameters دقيقة.

أنواع التباين Types of Variability :

يرجع التباين الموجود داخل الأنواع النباتية إلى مصدرين رئيسيين :

1 . التباين البيئي Environmental Variability:

وهو نوع من التباين الذي يظهر بين أفراد متماثل ين في تركيبها الوراثي وذلك بسبب تعرضها لظروف نمو مختلفة. فعند زراعة أصناف ناتجة من سلالات نقية في بيئات مختلفة (ترب مختلفة، خصوبة مختلفة، رطوبة مختلفة، إضاءة مختلفة)، تظهر بعض الاختلافات بين النباتات ولا تورث من جيل إلى جيل وتزول بزوال المسبب البيئي الذي عمل على إظهارها. فمثلاً يلاحظ عند زراعة صنف القطن كوكر في أرض ملحية أن نباتاته تختلف بوضوح في قوة نموها وطولها وحجمها وموعد نضجها عن نباتات الصنف المزروع نفسه في أرض غير ملحية.

2 . التباين الوراثي Genetic Variability:

وهو النوع من التباين الذي يعود إلى الاختلاف في التركيب الوراثي للأفراد .

فعند زراعة صنفين من القمح، الحوراني والحماري، نلاحظ اختلافات واضحة بين نباتات الصنفين في الكثير من الصفات كلون العصافات وطول النبات. ويلاحظ كذلك اختلافات في لون الحبوب من الأبيض إلى الأحمر، وفي غلة الأصناف ودرجة مقاومتها للأمراض والحشرات ودرجة استطالتها ومحتوى حبوبها من المركبات النشوية والبروتينية وغيرها. أما درجة توريث هذه الصفات وظهورها في الأجيال اللاحقة فتختلف باختلاف هذه الصفات:

أ . الصفات الوصفية (الكيفية) Qualitative characters:

إذا كان التباين الوصفي أو الكيفي هو النوع من التباين الذي يمكن بموجبه وضع النباتات في مجموعات محددة ومميزة ، فإن الصفات الوصفية Qualitative Tralts هي الصفات المرتبطة بواحد أو بعدد قليل من المورثات (1 . 3) ، وأن التركيب الوراثي للنبات ينعكس في مظهره، أي أن المربي عندما ينتخب على أساس الشكل الظاهري فإنه ينتخب التركيب الوراثي لهذا النبات لأن هذه الصفات قليلة التأثر بعوامل البيئة، ومن أمثلة هذه الصفات: لون الزهرة، طول

النبات (طويل . متوسط . قصير) مقاومة الأمراض (حساس . مقاوم) والحشرات وغيرها.

ب . الصفات الكمية Quantitative Characters:

إن التباين الكمي هو النوع من التباين الذي لا يسمح بوضع النباتات في مجموعات مميزة وغالباً ما يعبر عنه بالأرقام. أما الصفة الكمية Quantitative Trait فهي الصفة المرتبطة بعدد كبير من المورثات، ولا يعبر الشكل الظاهري عن التركيب الوراثي للنبات لأنها تتأثر بدرجة عالية بعوامل البيئة. ويقع ضمن مجموعة الصفات الكمية أهم الصفات التي تهم مربي النبات كالغلة ومكوناتها Yield and yield components . الباكورية Early maturity، % للبروتين ، % للزيت وغيرها.

وهنالك بعض الحالات التي يصعب فيها وضع الصفة ضمن أي من المجموعتين السابقتين. فمثلاً صفة لون الحبوب Seed Color التي تعد أحياناً صفة وصفية، ولكن عند وجود تدرج في اللون فإنه من الأفضل اعتبارها صفة كمية كحالة لون الحبوب في القمح التي عمل عليها Nilsson – Ehle والتي لعبت العوامل الوراثية المتعدد التأثير Multiple factors دوراً كبيراً في شرح آلية توريثها. كذلك صفة الباكورية Early maturity التي تعد صفة كمية غالباً ، لكن يمكن في بعض الحالات تقسيم النباتات إلى عدة مجموعات وبالتالي يمكن التعامل معها كصفة وصفية، أي تقسيم النباتات إلى مجاميع محددة (مبكرة جداً . مبكرة . متوسطة . متأخرة . متأخرة جداً).

و صفة الطول يمكن أن تصنف في كلتا المجموعتين، إذ يمكن عدها وصفية من جهة ، وكمية من جهة أخرى إذا كان طول النباتات مثلاً يتراوح بين 50 . 120سم

في نبات القمح، أي أن التدرج أو التتابع في الطول موجود ويأخذ منحنى التوزيع الطبيعي.

وبما أن سلسلة التباين في الصفات يمكن أن تكون ناتجة عن تأثير العوامل الوراثية Genetic أو تأثير العوامل البيئية Environmental أو تفاعل كلا العاملين مع بعضهما بعض Genotype x Environment فإنه من المفيد الحصول على معلومات كافية عن الصفات المحتمل الحصول عليها:

1 . فإذا كان المؤشر الأساسي على الصفة هو المؤشر الوراثي فإننا نتوقع أن تكون الصفة وحيدة الشكل Uniform وتبدي اختلافات بسيطة ناتجة عن تأشير العوامل البيئية.

2 . أما إذا كان المؤشر الأساسي على الصفة هو مؤشر بيئي، فإننا نتوقع أن تكون الصفة متعددة الشكل Variable لكنها متأثرة بعوامل وراثية مما يعطيها شكلاً مشتركاً ضمن حدود معينة. وفي كلتا الحالتين تكون الصفة ناتجة عن تفاعل العوامل الوراثية مع العوامل البيئية، ويختلف التباين الشكلي باختلاف الصفة المدروسة وصفية كانت أم كمية.

مما سبق يمكن القول أن الشكل أو الطراز المظهري Phonotype هو: التعبير الآني عن التركيب الوراثي ضمن ظروف بيئية محددة. أما الطراز الوراثي لفرد ما Genotype فهو مجموعة المورثات التي تؤثر في صفاته فمهما اختلفت ظروف البيئة فإن التركيب الوراثي يظل ثابتاً في حين أن الشكل الظاهري يتغير بتغير الظروف البيئة. وقد تتشابه الأشكال الظاهرية على الرغم من أن مكوناتها الوراثية مختلفة.

يمكن التعبير عن ذلك بالتالي:

مظهر الفرد = تركيبه الوراثي + تأثير البيئة + تفاعل التركيب الوراثي مع البيئة

Phenotype = Genotype + Environment + Interaction

$$P = G + E + GE$$

وبالتالي فإن التباينات المظهرية Phenotypic Variances (V_P) يمكن كتابتها كالتالي:

$$V_P = V_G + V_E + V_{GE}$$

حيث أن:

V_p = التباين المظهري في صفة من الصفات بين مجموعة من الأفراد.

V_G = التباين الوراثي.

V_E = التباين البيئي (الذي يعود لعوامل بيئية).

V_{GE} = التباين الناتج عن تفاعل التركيب الوراثي مع العوامل البيئية.

أما التباين الوراثي (V_G) فيمكن تحليله إلى مكوناته وهي:

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

حيث:

V_A (Additive variance)= الجزء من التباين الوراثي الذي يعود للفعل المتجمع للمورثات.

V_D (Dominance variance)= الجزء من التباين الوراثي الذي يعود لفعل السيادة (تامة . غير تامة . فائقة).

V_I (Interaction variance)= الجزء من التباين الوراثي الذي يعود للتفوق.

قياس الصفات أو التعبير عن الصفات:

أ . بالنسبة للتباين بين الصفات النوعية (الوصفية):

إن من أهم وأسهل المقاييس المستخدمة هو اختبار مربع كاي: Chi-square test (X^2) يستخدم هذا الاختبار لقياس معنوية نوعين من الاختلافات الهامة للمربي. يتعلق الأول بانعزال المجموعات حسب النسبة أو التناسب الوراثي Genetic Ratios ويتعلق الثاني بمقارنة مجموعتين مختلفتين بصفات وصفية (نوعية).

نورد فيما يلي أبسط طرائق استخدام اختبار سمربع كاي لتحديد المطابقة بين المجاميع المنعزلة فعلياً في (F_2) وبين الانعزالات المتوقعة وفقاً للنسبة المظهرية:

مثال:

لنفرض صفة مرتبطة بزوج واحد من العوامل الوراثية وهي صفة وجود السفا وعدم وجوده في أحد الهجن (E-) = عديم السفا، (KK) = وجود السفا وكان لدينا 770 نباتاً في (F_2) توزعت كما يلي: 562 نباتاً عديم السفا و208 نباتات ذات سفا.

السؤال:

هل تتطابق هذه الانعزالات الحقيقية في (F_2) مع النسبة المظهرية 1: 3

الجواب:

معادلة اختبار مربع كاي:

$$x^2 = \frac{(a-e)^2}{e}$$

حيث:

a = القيمة الفعلية (actual)

e = القيمة المتوقعة (expected)

خطوات الحل:

القيمة القيمة

الصفة الفعلية المتوقعة $(p)x^2 = \frac{(a-e)^2}{e}(a-e)^2\, a-e$

(e) (a)

عديم السفا	(K -)	562	577.5	15.5	240.25	0.146	1.664 0.10
ذات سفا	(KK)	208	192.5	15.5	240.25	1.248	إلى 0.20

وباستخدام جدول مربع كاي مع درجة حرية = واحداً، وذلك لوجود زوج واحد فقط من الصفات (n – 1) = 1، نجد أن احتمال وجود قيمة $x^2 = 1.664$ هو بين 10 و20% يعني أن وجود فرق كهذا أو أكبر منه بين الانعزالات الفعلية والمتوقعة هو بين 10 و20% من الحالات.

عموماً، إذا كانت (p) أصغر من (0.05) فإن الفرق بين القيمتين هو فرق معنوي أي أن التطابق جيد. وفي مثالنا السابق نستنتج أن هنالك توافقاً جيداً (مطابقة) بين ما تبينه الانعزالات الوراثية الفعلية والانعزالات المتوقعة حسب النسبة المظهرية.

ب . بالنسبة للتباين العائد للصفات الكمية:

إن أهم ما ساهم به علم الإحصاء في مجال تربية النبات هو في مجال قياس ومقارنة الصفات الكمية. إن فهم آلية توريث هذه الصفات يتوقف إلى حد كبير على استخدام المقاييس الإحصائية سواء فيما يتعلق بوراثة صفة كمية واحدة في صنف واحد أو بمقارنة صنفين في صفة كمية واحدة أو بقياس العلاقة أو الارتباط بين الصفات الكمية. ومن أهم المقاييس الإحصائية Statistical Parameters نذكر: المتوسط Mean ومعامل التباين Variance والانحراف

المعياري Standard deviation يعمل المربي على تقدير هذه المقاييس التي هي أساساً صفات المجاميع Populations وذلك بأخذ عينة من مجموعة ما أو عدة عينات Samples من عدة مجاميع محاولاً قدر الإمكان أن يكون تقديره لهذه المقاييس أقرب ما يكون لقيمة هذه المعايير في المجموع النباتي الحقيقي.

يلخص الجدول (1) الفروق الجوهرية بين الصفات الوصفية والكمية:

الصفات الوصفية	الصفات الكمية
1 . صفات نوع	صفات درجات
2 . تباين غير مستمر . وجود صفوف محددة ظهرياً	تباين مستمر . عدم وجود صفوف واضحة ظاهرياً
3 . تأثير المورثة الواحدة قابل للتمييز	عدد كبير من المورثات وتأثير المورثة الواحدة غير واضح
4 . الاهتمام بحالات فردية من التلاقح	الاهتمام بمجموع من النباتات مع سائر احتمالات التلاقح
5 . التحليل بالعدد والنسب	التحليل الإحصائي يعطي تقديراً لمقاييس أو معايير المجموع النباتي مثل المتوسط ومعامل التباين والانحراف المعياري

تأثير العزل على التباين والاختلاف في الصفات Effect of Isolation:

لا يبقى الاختلاف والتباين في الصفات ثابتاً فحسب بل يمكن أن يتحقق أيضاً بالعزل النسبي، فإذا كان هنالك كائنان غير قادرين على التلاقح والإنجاب فإنهما لا يميلان فقط لأن يكونا مختلفين عن بعضهما بل يميلان لتعميق هذا الاختلاف والتباين أكثر فأكثر نظراً لتطور كل منهما بشكل مستقل عن تطور الآخر. إن أكثر أنظمة العزل وضوحاً بالنسبة للنباتات هي أنظمة العزل قبل تكون الجنين Prezygotic isolation التي تحول دون تشكل الجنين. وهذه الأنظمة هي:

1 . العزل الجغرافي Geographic isolation:

إذا كانت النباتات قادرة على التصالب أو التلاقح فيما بينها وعزلت عن بعضها بعض جغرافياً، فإن احتمالات تصالبها تزول كلياً.

2 . العزل البيئي Environmental isolation:

إذا كانت النباتات مزروعة في منطقة محددة جغرافياً ولكن في بيئتين مختلفتين فإن ذلك يحول دون تصالبهما مع بعضهما بعضاً.

3 . العزل الفصلي Seasonal isolation:

إذا زرعت نباتات نوع ما في منطقة محددة جغرافياً في مواعيد أو فصول مختلفة فإنها تصبح غير قادرة على التصالب.

4 . العزل الميكانيكي Mechanical isolation:

يحدث هذا النوع من العزل في النباتات ذات الأزهار معقدة التكوين بحيث إنها لا يمكن أن تتصالب مع النباتات التابعة للنوع نفسه.

5 . العزل غير المباشر Indirect isolation:

ينتج هذا النوع عن طبيعة المجموع النباتي المتأثر بالتلقيح الخلطي بوساطة الحيوانات والحشرات، إذ إن غياب هذه الكائنات يحول دون حدوث التصالب بين هذه النباتات.

إذا لم تتأثر النباتات بآليات العزل المذكورة أعلاه يتم التصالب ويتكون الجنين. وتجدر الإشارة إلى أن هنالك آلية عزل بعد تكون الجنين Postzygotic isolation ناتجة عن تأثيرات فيزيولوجية أو وراثية تؤدي إلى موت الجنين الناتج عن التصالب أو قد تؤدي إلى إنتاج نبات عقيم.

مصادر التباين الوراثي للصفات Sources of variability:

سبقت الإشارة إلى أن التباين الوراثي أو التنوع الوراثي Genetic diversity يعد الأساس في تحسين النباتات، وبالتالي فإنه من الضروري المحافظة، لا بل توسيع الاختلافات الوراثية لتلبية الاحتياجات الملحة الحالية والمستقبلية لبرنامج التربية.

كان الوراثي الروسي ومربي النبات N. I. Vavilov (1926، 1951) أول من أدرك الحاجة الماسة لقاعدة وراثية واسعة حقيقية من أجل التحسين الوراثي للمحاصيل. فلقد قام هذا العالم مع زملائه (وبخاصة Bukasov على البطاطا، Kuleshovعلى الذرة) باكتشاف وجمع النباتات المزروعة وأقاربها البرية والعشبية في غالبية مناطق العالم، وحددوا أهم الصفات المورفولوجية والزراعية لهذه المواد الوراثية بالارتباط مع توزيعها الجغرافي، ومقاومتها للآفات المرضية والحشرية ومدى تأقلمها. واعتمد Vavilov على هذه الدراسات في اقتراح مراكز نشوء نباتات المحاصيل وأعطى مفهوم السلاسل المتوازية للاختلافات Parallel series of vaviation، وكان لهذين الاكتشافين أهمية بالغة من وجهة نظر حفظ وتبادل واستخدام الموارد الوراثية النباتية، بالإضافة لذلك فقد استخدم Vavilov المفهوم الواسع لمصطلح المصادر الوراثية Genetic resources في التربية لاستنباط أصناف جديدة تفي بحاجة المستهلكين ومتكيفة مع الظروف البيئية الواسعة التباين في الاتحاد السوفيتي.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث

التهجين Hybridization or Crossing

التهجين هو تزاوج فردين مختلفين في تركيبهما الوراثي وذلك بتلقيح أحد الأبوين وهو الذي يطلق عليه النبات الأم Famale parent f حبوب لقاح الأب الآخر الذي يطلق عليه نبات الأب Male parent ثم حدوث الإخصاب الخلطي بعد ذلك، يطلق على البذور المتكونة نتيجة لعملية التهجين نفسها اسم البذور الهجينة hybrid أو بذور الجيل الأول F1 seed وهي بزراعتها تعطي نباتات الجيل الأول F1

. plants

أنواع التهجين :

يقسم التهجين حسب درجة القرابة بين نباتي الأم والأب إلى :

1 -التهجين القريب : وهو الذي يتم بين سلالتين مختلفين تابعتين لصنف واحد ويسمى التهجين السلالي Inter-strain hybridization أو بين صنفين مختلفين تابعين لنوع واحد ويسمى التهجين الصنفي Inter-varietal Hybridization.

2- التهجين البعيد : وهو الذي يتم بين نوعين مختلفين تابعين لنفس الجنس ويسمى التهجين النوعي Inter-specific Hybridization أو بين جنسين مختلفين تابعين لنفس الفصيلة ويسمى التهجين الجنسي Inter-generic Hybridization.

يلجأ المربي إلى التهجين بين الأنواع العائدة لجنس واحد أو بين الأجناس التابعة لفصيلة واحدة عندما تعجز طرائق التربية الأخرى عن تحقيق أهدافه في تحسين المردودية أو النوعية أو مقاومة الأمراض و الضجع،ن ولتحسين نوعية البروتين. ويهدف العمل بهذه الطريقة إلى خلق تراكيب وراثية جديدة تستخدم كمادة وراثية في عمليات الانتخاب والوصول بها إلى روابط وراثية جديدة لم تكن موجودة سابقاً.

استخدم التهجين البعيد في كثير من المحاصيل الحقلية وكثر ت حالات التهجين بين نباتات برية و أخرى مزروعة بهدف اكتساب صفات محددة من النباتات البرية ونقلها إلى النباتات المزروعة على أن لا يرافق ذلك نقل صفات غير مرغوبة كصغر حجم الحبوب وانخفاض الوزن النوعي لديها وضعف حامل السنبلة في القمح والشعير.

تنتج حالات معقدة من العقم في الجيل الأول الناتج عن التهجين بين نوعين أو جنسين ، ويكون هذا العقم أكثر وضوحاً في الحالات التي تكون فيها الأنواع

والأجناس المستخدمة متباينة في مجموعاتها الكروموزومية وفي عدد ونوعية الكروموزومات وفي نوعية المورثات وتكون عملية التهجين أفضل وأنجح عند التهجين بين أنواع أو أجناس متماثلة في عدد المجموعات الوراثية من حيث عدد الكروموزومات ونوع العوامل الوراثية المحمولة عليها

فهناك في القمح مثلاً :

أنواع ثنائية 2N=14 Diploides

وأنواع رباعية 2N=28 Tetra ploides

وأنواع سداسية 2N=42 hexa ploides

وضمن المجموعة الثنائية هناك أنواع مختلفة مثال :

T.aegilops *T.sopontaneum* *T.monocoum*

وضمن المجموعة الرباعية هناك أنواع أيضاً متباينة في صفاتها مثل :

T. turgidum *T. dicocodes* *T.durum* *T.polonicum*

وضمن المجموعة السداسية توجد أنواع متباينة أيضاً في صفاتها مثال :

T. vulgare *T.macha* *T.spelta*

وعليه فإن عملية التهجين بين أنواع من المجموعة نفسها يكون أكثر نجاحاً بفعل التماثل في المجموعات الكروموزومية وفي عدد الكروموزومات بالمقارنة مع التهجين بين أنواع ثنائية وأنواع سداسية أو رباعية.

يفضل عند ضرورة التهجين بين أنواع من مجموعات متغايرة في عدد كروموزوماتها أن تكون الأقرب إلى بعضها أي الثنائية مع الرباعية أو الرباعية مع السداسية وليس بين الثنائية والسداسية وذلك لأن درجة العقم في الجيل الأول تزداد طرداً مع زيادة البعد الوراثي بين الأنواع.

للتخلص من العقم في مثل هذه التهجينات نلجأ إلى عملية التهجين الرجعي حيث يهجن الجيل الأول رجعياً ولعدة مرات مع الأب المرغوب أو مع النوع المرغوب، و يفضل تأخير استخدام التهجين الرجعي حتى الجيل الثالث(F3) وذلك بغية إجرائه على نباتات متوازنة وأكثر استقراراً.

و توصل مربو النبات باستخدام التهجين بين الأجناس إلى نتائج هامة جداً عن طريق التهجين بين القمح والشيلم وإنتاج الهجين قمحيلم أو تريتيكالي، حيث اصطدم إنتاج هذا الهجين بظاهرة العقم إلا أنه تمكن من التخلص من هذه الظاهرة بإجراء مضاعفة الهجين عن طريق مادة الكولشيسين ويتميز هذا الهجين الخصب بمردوديته العالية من الحبوب ومن القش وبنوعية جيدة من الحبوب من حيث كمية البروتين ونوعيته بالإضافة لمقاومته للإجهادات البيئية الحية وغير الحية بدرجة أكبر من القمح والشيلم.

أغراض التهجين :

1 -الغرض الأساسي من التهجين هو أن تجمع في صنف واحد الصفات المرغوبة المختلفة الموجودة في اثنين أو أكثر من السلالات أو الأصناف أو الأنواع أو الأجناس المختلفة.

2 -قد يجري التهجين بين صنفين مختلفين يحتوي كل منهما فعلاً على الصفة المرغوبة على أمل أن يحدث في الجيل الثاني الظاهرة المعروفة باسم الانعزال المتجاوز الحدود Transgressive segregationفي بعض الصفات الكمية مثل كمية المحصول والتبكير في النضج ومقاومة الرقاد وارتفاع النبات، والمقصود بذلك أن تتخطى صفات بعض الأفراد في الجيل الثاني حدود هذه الصفات في كل من الأبوين، ويحدث ذلك إذا احتوى كل من

الأبوين على عوامل وراثية مختلفة لنفس الصفة، فإذا انعزلت هذه العوامل جميعها في بعض أفراد الجيل الثاني فإن هذه النباتات تتفوق على كلا الأبوين في هذه الصفة.

ومما يساعد على الوصول لهذه النتيجة انتخاب الأبوين في هذه الحالة بحيث يكون كل منهما على درجة عالية من التفوق في الصفة المرغوبة وأحياناً يؤدي التهجين إلى جمع عوامل وراثية مختلفة من الأبوين في تراكيب وراثية جديدة New recombinations.

انتقاء الآباء الداخلة في التهجين :

يختار المربي آباء الهجين من مجمع الأصناف Collection ومن حقول المشاهدة المزروعة بالتراكيب والأصناف الم دخلة ومن بين الأصناف والسلالات المحلية المعتمدة والمنتشرة في الزراعة الواسعة ومن أية مصادر أخرى.

تنتخب الآباء بحسب مصدرها وبعدها الجغرافي وبحسب صفاتها الإنتاجية والنوعية والزراعية، وبحسب أهداف وأغراض المربي، وبحسب درجة تواف قها العامة والخاصة لإنتاج أصناف هجينة.

إجراء التهجين :

تزرع الآباء في مواعيد متعددة (2-3 مواعيد) بغية تنفيذ أكبر عدد من التهجينات بين أصناف متباينة في مواعيد إزهارها ونضجها وبهدف الوصول إلى أكبر عدد ممكن من السنابل المهجنة في الجيل الأول وإلى أكبر عدد ممكن من النباتات في الجيل الثاني حيث يبدأ الانتخاب الفردي للنباتات المرغوبة وبالتالي إعطاء فرصة أكبر للمربي لاختيار التراكيب المطلوبة، بخاصة أن عدد النباتات المرغوبة في الجيل الثاني والحاملة للصفة المطلوبة بشكل سائد وأصيل يتوقف على عدد العوامل الوراثية المسؤولة عن هذه الصفة.

يقوم المربي بخصي النباتات الأم حيث يزيل أعضاء التذكير كاملة من كل زهرة ومن كل سنبلة (في حال المحاصيل النجيلية) بعد حذف وإزالة الأزهار الوسطى والإبقاء على الأزهار الجانبية.

تحذف السنيبلات العلوية والسفلية من كل سنبلة بسبب تأخرها في النضج عن السنيبلات الموجودة في الوسط.

تغطى السنبلة المخصية بكيس من الورق الشفاف وتترك عدة أيام حتى نضج المياسم وأعضاء التأنيث ثم ينقل إليها غبار الطلع ويعاد عزلها وتغطيتها من جديد حتى تمام النضج.

تؤخذ السنابل الهجينة بعد نضجها وتفرط حبوبها المسماة (F0) وتزرع من جديد في سنابل / خط للحصول على نباتات الجيل الأول / تزرع الآباء عادة إلى جانب الجيل الأول(F1) بهدف المقارنة ودراسة وراثة الصفات الخاصة المطلوبة ، ولمعرفة أثر البيئة، ولتحديد قوة الهجين في التصالبات المنفذة لاختيار الجيد منها.

تكون التباينات الوراثية معدومة لنباتات الجيل الأول بفعل السيادة Dominance وبفعل التماثل المورفولوجي والفيزيولوجي الكامل لنباتات هذا الجيل ، وهكذا تعود الاختلافات بين نباتات الجيل الأول لفعل البيئة فقط .

تختلف نباتات الجيل الأول في قيمتها عن آبائها وفق سيادة الصفات المدروسة : سيادة تامة – سيادة غير تامة – سيادة متفوقة– سيادة مشتركة.

تزرع بذور الجيل الأول مع بعضها في السنة التالية متباعدة وعلى مسافات لإعطاء(F2) حيث يبدأ الانتخاب الفردي لأن الانعزالات تكون على أشدها في الجيل الثاني.

تزرع الآباء باستمرار إلى جانب الأجيال الانعزالية F2، F3 الخ ويمكن زراعة الجيل الأول أيضاً عند القيام بدراسات وراثية لبعض الصفات الإنتاجية والنوعية.

تتابع عملية الانتخاب بعد التهجين عبر الأجيال الانعزالية وحتى الوصول إلى سلالات نقية وذلك عن طريق التلقيح الذاتي المستمر للنباتات الفردية المنتخبة في الجيل الثاني حيث الاختلافات على أشدها وصولاً إلى الجيل الثامن حيث تنحصر الاختلافات ويتوصل إلى سلالات نقية.

دراسة الأنسال الهجينة وإجراء الانتخاب المناسب :

سيتم دراسة الأساس الوراثي للتربية بطرق التهجين المختلفة وسيترك شرح مراحل تنفيذ هذه الطرق إلى الفصول اللاحقة عند الحديث عن طرق تربية وتحسين المحاصيل ذاتية وخلطية الإلقاح.

طريقة النسب والتجميع (طرق التهجين المستقيم Straight crossing) :

تستعمل طريقة التهجين العادي أو المستقيم أساساً في تربية النبات لكي نجمع في صنف واحد جديد عدداً من الصفات المرغوبة الموجودة في سلالتين أو صنفين آخرين، ولهذا الغرض يجب اختيار كل من الأبوين المراد تهجينهما بحيث يتوفر فيهما الصفات المرغوبة المطلوبة، ثم يجري التهجين بينهما، وتزرع نباتات الجيل الأول وتترك للتلقيح الذاتي الطبيعي، فإذا تركت النباتات الهجينة وشأنها تخصب إخصاباً ذاتياً طبيعياً في الجيل الأول والأجيال المتتالية فإننا نشاهد مايلي:

1 -حدوث الانعزال الوراثي في الجيل الثاني، بحيث تتوزع نباتاته بين تراكيب وراثية مختلفة بعضها أصيل وبعضها خليط، ويمكن تلخيص ذلك في الجيل الثاني في حالة عدد مختلف من أزواج العوامل كما يلي :

جدول (2) الانعزال الوراثي في الجيل الثاني

عدد أزواج العوامل الحرة الخليطة في التهجين	عدد التراكيب الوراثية كلها	عدد التراكيب الوراثية الأصلية	نسبة كل تركيب أصيل إلى مجموع نباتات الجيل الثاني
1	3	2	4/1
2	9	4	16/1
3	27	8	64/1
4	81	16	256/1
5	243	32	1024/1
ن	$3^{ن}$	$2^{ن}$	$1/4^{ن}$

يتضح من العمود الأخير من الجدول السابق أن عدد النباتات التي يجب زراعتها في الجيل الثاني يتوقف على عدد العوامل الوراثية التي يختلف فيها الأبوان، فكلما زاد عددها كلما احتاج الأمر إلى عدد أكبر من النباتات في الجيل الثاني، ولهذا يتراوح عدد النباتات الواجب زراعتها في الجيل الثاني بين 500-1000 نبات.

فإذا فرض أننا هجنا سلالتين تختلفان في صفتين وراثيتين وأن كلاً من هاتين الصفتين يتوقف على زوج واحد من العوامل الوراثية (aa BBxAAbb مثلاً) وأن المطلوب هـ و الحصول على التركيب الوراثي السائد الأصيل BB

AA، فإن نسبة النباتات في الجيل الثاني التي تحتوي على هذا التركيب هو $4/1^{ن}$ = 16/1 وفي هذه الحالة يكفي زراعة حوالي 200–500 نبات مثلاً في الجيل الثاني، لأنه ينتظر أن يكون بينها حوالي 12–30 نبات تحوي على التركيب الوراثي المطلوب. أما إذا كان التهجين بين صنفين يختلفان في ستة أزواج من العوامل الوراثية (زوجين لمقاومة التفحم، زوجين للون الحبوب ، وزوجين لارتفاع النباتات مثلاً) ولو فرض أن المطلوب هو الحصول على التركيب الوراثي السائد الأصيل أيضاً AA BB CC EE FF ، فإن نسبة نباتات الجيل الثاني التي تحتوي على هذا التركيب هي $4/1^{ن}$=1 / 4096 فقط ، أي حولي 2–3 نبات في كل 10000 نبات .

ومن ذلك يتضح ضرورة زراعة عدد كبير جداً من نباتات الجيل الثاني و في حال عدم النجاح في انتخاب النباتات الأصيلة المرغوبة في الجيل الثاني مباشرة فإنه من الممكن العثور عليها في الجيل الثالث أو الأجيال التالية، فمثلاً إذا اتضح أن أحد النباتات المنتخبة في الجيل الثاني كان تركيبه AAAACcDdEEFF، فإنه بتلقيحه ذاتياً سوف نحصل غالباً ضمن نسله في الجيل الثالث على التركيب السداسي الأصيل المطلوب.

2- تتناقص نسبة النباتات الخليطة تدريجياً ويقابل ذلك زيادة في نسبة النباتات الأصيلة زيادة مستمرة في كل جيل عن الجيل السابق له مهما كان عدد أزواج العوامل الخليطة في الجيل الأول بحيث تكون

نسبة النباتات الأصيلة كلها في أي جيل من الأجيال : جـ = $\frac{2^{جـ} - 1}{2^{جـ}}$

الذاتي كفيلة لأن تكون الأغلبية العظمى من النباتات أصيلة في معظم عواملها الوراثية الرئيسية وأن ذلك كاف جداً لتحقيق جميع أغراض التربية العملية.

والمفروض من الوجهة النظرية أن تكون النباتات الأصيلة موزعة بالتساوي بين عدد من السلالات النقية = $2^{ن}$ ولكن الواقع أن عدد السلالات النقية في الطبيعة تقل عن ذلك بكثير لاختلافها في درجة الخصب وفي مقاومة أو تحمل ظروف البيئة المضادة إذا تركت وشأنها للانتخاب الطبيعي.

3 -تكون النتيجة الوراثية النهائية أن تصبح الأجيال المتأخرة مكونة من سلالات نقية أصيلة مختلفة وتتفاوت هذه السلالات في صفاتها تفاوتاً كبيراً نظراً لاختلاف تراكيبها الوراثية، والقليل منها فقط يحتوي على كل أو معظم الصفات المرغوبة في الأبوين، بينما أغلبيتها تحتوي على صفات بعضها مرغوب وبعضها غير مرغوب، ولهذا السبب ولكي تكون التربية بطريقة التهجين مجدية، فإنه لا بد من انتخاب النباتات التي تتوفر فيها صفات الأبوين المرغوبة ابتداءً من الجيل الثاني مباشرة واستبعاد النباتات التي لا تتحقق فيها هذه الصفات، وتستمر عملية الانتخاب عبر الأجيال التالية بحيث تصبح الأجيال المتأخرة مقتصرة فعلاً على عدد قليل من السلالات الممتازة في حالة نقية أصيلة (وهذا العدد يقل بكثير عن العدد النظري ($2^{ن}$) نتيجة لتدخل الانتخاب)، وبذلك تسهل مقارنة هذه السلالات بعضها ببعض وانتخاب أفضلها أساساً للصنف الجديد.

أي أن التهجين وحده غير كاف للحصول على أصناف جديدة، بل لا بد أن يكون مصحوباً بالانتخاب في معظم خطوات التربية.

طريقة التهجين الرجعي :

في عملية التلقيح الذاتي لنبات خليط ينتظر الحصول على نصف النسل أصيل والنصف الآخر خليط ، وذلك بالنسبة لأي عامل وراثي ، فمثلاً يحتوي الجيل الثاني للتهجين aa x AA على 25% AA، 50% Aa، 25 % aa ولو أن نصف هذا النسل أصيل، إلا أن نصف هذا الجزء الأصيل فقط هو الذي يحتوي على الصفة المرغوبة ولتكن AA، ولكن إذا هجن الجيل الأول رجعياً إلى الأبAA بدلاً من أن يلقح ذاتياً فإنه منتظر الحصول على 50%AA ، 50% Aa وبذلك يكون نصف النباتات الناتجة محتوية على AA أي الصفة المرغوبة بحالة أصيلة ، ومن المنتظر أن يكون ذلك بالنسبة لكل زوج من أزواج العوامل الوراثية التي يختلف فيها الأبوان.

وبتكرار عملية التهجين الرجعي مع الأب المرغوب سوف يتحول النسل الناتج تدريجياً ليشبه الأب الرجعي، أي أن التركيب الوراثي للنسل سوف يتمركز في تركيب واحد فقط بدلاً من أن يتوزع على عدد من التراكيب الوراثية المختلفة كما هو الحال في حالة التلقيح الذاتي.

وفي التلقيح الرجعي المستمر كما في التلقيح الذاتي المستمر يتحول النسل الناتج إلى الحالة الأصيلة بنفس السرعة حسب المعادلة التالية $\left(\frac{\text{2جـ-1}}{\text{2 جـ}}\right)^{\text{ن}}$،

وعلى ذلك يمكن حساب النسبة المنتظرة للنباتات

الأصيلة بعد (جـ) من الأجيال أو مرات التلقيح الرجعي ، وذلك في (ن) من الصفات من الأب الرجعي فقط ، فمثلاً إذا اختلف الأبوان في عشرة أزواج من العوامل الوراثية ولم يحدث انتخاب في النسل الناتج، فبعد ستة تهجينات رجعية سوف يحتوي النسل على 85% من النباتات الأصيلة والمشابهة تماماً للأب الرجعي في العوامل الوراثية العشرة، وفي الأجيال المتأخرة بعد ذلك ستكون كل النباتات مشابهة للأب الرجعي تماماً لذلك فلو اقتصرنا على التهجين الرجعي فقط

فإن النباتات في الأجيال الرجعية المتأخرة كلها ستكون صورة طبق الأصل للأب الرجعي وهو الصنف التجاري، ونكون قد فشلنا في نقل الصفة المرغوبة من الأب الآخر لذلك ولكي تكون التربية بهذه الطريقة ناجحة في تحقيق الغرض منها فلا بد من أن يكون التهجين الرجعي مصحوباً دائماً بالانتخاب للصفة أو الصفات المراد نقلها من الأب غير الرجعي إلى الصنف التجاري أما جميع صفات الصنف التجاري الآخرى فإن التهجين الرجعي نفسه يتكفل بتحقيقها بطريقة آلية محضة.

مقارنة بين استعمال التهجين العادي والتهجين الرجعي في التربية :

فيما يلي مقارنة بين تطبيق طريقة التهجين العادي أو المستقيم Straight Crossing وبين طريقة التهجين الرجعي Back Crossing في تحسين أحد أصناف القمح التجارية العالمية Federation بتهجينه بصنف Hope الذي يمتاز بمقاومته لمرض صداء الساق في القمح.

فإذا فرضنا أن الفروق الوراثية في الصفات الاقتصادية الهامة لهذين الصنفين تتوقف فقط على 21 زوج من أزواج العوامل الوراثية الحرة، أي بفرض زوج واحد من العوامل لكل زوج من الكروموزومات في القمح، في الواقع إن عدد الفروق الوراثية تزيد عن ذلك بكثير، كما أن بعض العوامل الوراثية موجودة في مجاميع ارتباطية واحدة ولو فرضن أنه يمكن توزيع هذه العوامل كما هو موضح بالجدول على الوجه الآتي :

جدول(3) يوضح مقارنة بين طريقة التهجين المستقيم و الرجعي في تحسين أحد أصناف القمح.

م	الصفة	Federation	Hope	عدد أزواج العوامل الوراثية
1	مقاومة صدأ الساق	قابل للإصابة	مقاوم (الصفة	2

			المراد نقلها)	
2	السفا	خال من السفا	ذو سفا	1
3	لون الحبوب	أبيض	أحمر	3
4	ملاءمته لظروف البيئة	ممتاز	رديء	4
5	صفات الجودة (الطحن والخبز)	جيد	رديء	2
6	كمية المحصول	ممتاز	رديء	9

21 زوجاً

من الواضح أنه عند تهجين الصنفين فإن العوامل الخمس ة عشرة التي تتحكم في صفات الملائمة وجودة المحصول (وهو عدد أقل من الواقع بكثير) هي التي تجعل برنامج التربية معقد نظراً لكثرة عددها ، و من جهة أخرى الأن تأثير كل منها على حده قليل في حد ذاته ، وبذلك يكون من الصعب تتبعها في الأجيال الانعزالية ويكاد يكون من المستحيل انتخاب نبات واحد تتوفر فيه كل العوامل الوراثية المرغوبة الموجودة في الصنف التجاري فإذا اتبعت طريقة التهجين المستقيم وأخصب الجيل الأول لهذا الهجين إخصاباً ذاتياً لمدة خمسة أجيال متتالية كما هو متبع في طريقة التهجين العادي، فإن نسبة النباتات الأص لية ترتفع إلى حوالي 50% وتكون هذه النباتات موزعة بالتساوي بين 2^n أي حوالي 2مليون تركيباً وراثياً أصيلاً كل منهما مختلف عن الآخر، أما إذا اتبعت طريقة التهجين الرجعي وهجن الجيل الأول تهجيناً رجعياً للصنف التجاري لمدة خمسة أجيال متتالية فإننا نحصل أيضاً على نفس النسبة من النباتات الأصيلة أي 50% ولكنها تكون كلها من نفس تركيب الأب الرجعي (الصنف التجاري).

ولكي نحقق الغرض من برنامج التربية، وهو نقل صفة مقاومة الصدأ من صنف Hope إلى الصنف التجاري فإنه يجب الانتخاب لصفة المقاومة فقط التي

تتوقف في هذه الحالة على زوجين من العوامل الوراثية في كل جيل من الأجيال الرجعية، أما الصفات المرغوبة الأخرى وكلها من الصنف التجاري وتتوقف على 19زوجاً من العوامل الوراثية، فإن التهجين الرجعي المتكرر للصنف التجاري يتكفل بجمعها والاحتفاظ بها بحالة أصيلة آلياً وبدون حاجة للانتخاب لها، أي بدون تدخل المربي.

طريقة التهجين المتعدد Hybridization multiple :

تعتمد هذه الطريقة من التهجين على جمع الصفات الجيدة من عدة آباء في صنف جديد والوصول إلى تراكيب وراثية جديدة، فإذا وجدت عدة آباء تحمل صفة المقاومة لمرض معين أو لسلالات فيزيولوجية مختلفة من هذا المرض فإنه من الممكن عن طريق التهجين بين هذه الآباء جمع صفة المقاومة في سلالة جديدة تحمل صفة المقاومة لعدد من سلالات الفطر الفيزيولوجية.

تنتج الهجن الفردية أولاً بين كل أبوين ثم يعاد تهجين الهجن الفردية بين بعضها وهكذا حتى نحصل على الهجين المتعدد النهائي الذي يجمع الصفة المرغوبة وبعد ذلك يتابع الانتخاب الفردي بطريقة النسب للوصول إلى التماثل الوراثي وإلى سلالات تحمل الصفة المراد الوصول إليها إضافة إلى الإنتاجية العالية.

من مزايا هذه الطريقة سرعة جمع العوامل الوراثية المرغوبة من عدة آباء في وقت قصير في نبات جديد ومن عيوبها خطورة إدخال صفة رديئة عن غير قصد من أحد الآباء لتأخذ طريقها عبر الأجيال الانعزالية إلى عدد من النباتات.

يفضل زراعة أعداد كبيرة من النباتات خلال الأجيال الانعزالية بعد الانتهاء من عمليات التهجين وذلك لفتح المجال أمام المربي للانتخاب وللتخلص من النباتات الحاملة للصفات الرديئة. تحتاج هذه الطريقة إلى وقت أطول للوصول إلى التماثل الوراثي.

الفصل الرابع

العقم الذكري و استغلاله في تربية النبات

1 –ظاهرة العقم الذكري وعدم التوافق الجنسي : sterility &incompatibility

يتعذر على مربي النباتات أحياناً السير في برامجه الانتخابية بالطريقة التي يرغبها وذلك بسبب المصاعب التي يواجهها في الحصول على البذور من بعض النباتات التي إما أن تكون عقيمة ذاتياً (self – sterile) أو عقيمة خلطياً

(cross – sterile). فقد يكون إنتاج البذور سهلاً وبكميات كبيرة جداً لكثير من النباتات ذاتية الإلقاح (قمح – شعير) أو خلطية الإلقاح (ذرة شامية) سواء عندما تلقح طبيعياً أو صناعياً (تلقيحاً ذاتياً أو خلطياً) داخل النوع الواحد . وقد يكون إنتاج البذور محدود جداً في بعض نباتات أخرى (برسيم – شوندر سكري – بعض النجيليات) عندما يكون التلقيح فيها ذاتياً، ولكن يكون إنتاج البذور بكميات كبيرة عندما يكون التلقيح خلطي بين السلالات والأصناف داخل النوع.

وما يهم المربي هنا هو نجاحه في إنتاج بذور عند إجراء التهجينات بين الأنواع inter specific أو بين الأجناس inter genric الأمر الذي يلجأ إليه المربي دائماً عندما يرغب بالحصول على تراكيب وراثية جديدة تجمع بين الصفات المرغوبة والموجودة في أنواع أو أجناس مختلفة توجد بينها درجة من القرابة تسمح بالتهجين.

وينحصر نجاح النبات في تكوين البذور في حالتين هما :

أ –حالة العقم.

ب- حالة عدم التوافق الجنسي.

أ – حالة العقم : وهي بالتعريف عدم قدرة حبوب الإلقاح أو البويضات على القيام بوظيفتها في عملية الإخصاب بسبب النقص في تكوينها مثل العيب في تكوين الأسدية أو الأقلام أو عدم إتمام أي خطوة من خطوات تكوين حبة اللقاح أو الكيس الجيني وبالتالي إيقاف عملية الإخصاب الطبيعي وإنتاج البذور بعد الإلقاح الذاتي أو الخلطي، و قد يتم الإخصاب أحياناً ولكن لا يتم تكوين الجنين أو الأندوسبيرم تكويناً كاملاً وبالتالي تكون البذور الناتجة غير طبيعية وغير قادرة على الإنبات ويعبر عن هذه الحالة بالعقم.

وقد يحدث العقم بسبب الاختلاف الكبير الصبغيات في النوعين أو الجنسين الداخلين في التهجين وبالتالي يحدث خلل في ازدواج أو اتصال الكروموزومات ببعضها أثناء عملية الانقسام الاختزالي.

أما إذا قل الاختلاف بين الصبغيات بعض الشيء أو زادت درجة القرابة الوراثية بين النوعين فإن الجنين يكون طبيعياً، كما أن البذور الناتجة قادرة على الإنبات وكأن النبات الناتج منها عقيماً ذكرياً وغير قادر على إنتاج البذور. وإذا كان تشابه الصبغيات بين النوعين بدرجة كبيرة أثناء التهجين فتنتج البذر بشكل طبيعي وتنبت وتعطي نباتات خصبة قادرة على إنتاج البذور بكيمات وافرة.

ولكن يمكن استعادة الخصوبة أحياناً للهجن العقيمة بإحدى عوامل الخصب وراثية كانت أو غيرها.

ب- حالة عدم التوافق الجنسي incompatibility أو الذاتي الفسيولوجي :

تعطي الأعضاء التناسلية في بعض الأحيان أعراساً مذكرة عادية غير أنها غير قادرة على تلقيح الأعراس المؤنثة بسبب ظاهرة عدم التوافق الذاتي، وهي الحالة التي تكون فيها جميع الأعضاء التناسلية تامة التكوين وحبوب اللقاح قادرة على إخصاب البويضات و لكن لا تتم عملية الإخصاب بسبب مانع فسيولوجي يوقف أو يبطئ نمو الأنبوبة اللقاحية داخل القلم ويمنعها من الوصول إلى البويضة بالوقت المناسب، وبالتالي فهناك فرق بين حالات العقم وحالة عدم التوافق الجنسي الذاتي والخلطي التي وضحها العالمان Granex & Lawrance وأوضحا القرائن التي تدل على أن بعض حالات عدم التوافق الذاتي الفسيولوجي قد ترجع إلى حالات التضاعف الكروموزومي polyploids التي تسبب تكرار العوامل الوراثية المتبادلة لهذه الظاهرة والتفسيرات الوراثية لـ prill (1921) لها عند إيجاد مجموعة من العوامل الوراثية المتبادلة كما هو في جنس التبغ Nicotiana وأعطى كذلك

العالمان East & Mangelsdorf (1925) تفسيراً وراثياً لحالة عدم التوافق الذاتي في الدخان مستنداً إلى نظرية العوامل المضادة opposition of Factor Hypothesis التي تعتمد على مجموعة من العوامل الوراثية التي يرمز لها بالحرف (s) وهي التي تتحكم في وراثة ظاهرة عدم التوافق الجنسي الذاتي ، وإن اثنين فقط من هذه العوامل الوراثية يتواجدان معاً في الفرد الثنائي العادي (diploid) بينما يوجد عامل واحد موجود في حبة اللقاح أو البويضة كما هو موضح في نبات التبغ حيث وجد فيها أكثر من (1s) عامل يرمز لهم S1-S2-S3-.....-S15 وهكذا .

واستناداً إلى هذه النظرية يصبح نمو الأنبوبة اللقاحية التي تحتوي على أحد هذه العوامل بطيئاً أو لا تنمو في القلم الذي يحمل نفس العامل في تركيبه الوراثي ، بينما يكون نمو الأنبوبة اللقاحية طبيعياً إذا حمل نسيج القلم عوامل أخرى مغايرة لمجموعة عوامل عدم التوافق الذاتي.

وقد تتكون البذور أحياناً على الرغم من عدم التوافق الجنسي ويرجع ذلك إلى تأثير العامل الفسيولوجي الذي يبطئ نمو الأنابيب اللقاحية فيتمكن بعضها أحياناً من الوصول إلى البويضة ويتم إخصابها .

وقد وجد عامل وراثي (SP) للخصب الذاتي أو التوافق الجنسي وهو سائد على عوامل التوافق الأخوي. بوجوده تسير عملية نمو الأنبوبة اللقاحية بسرعتها الطبيعية على الرغم من وجود أي عامل من عوامل عدم التوافق الجنسي S1-S2 .. الخ .

وقد أمكن التغلب على حالة عدم التوافق الجنسي الذاتي في بعض النباتات مثل (القرنبيط) عن طريق إجراء عملية التلقيح البرعمي (bud pollination) وبها تلقح الأزهار وهي في طور البراعم حيث ينتج عنها كمية كبيرة من البذور بدرجة

تسمح بالانتخاب في النسل الناتج والحصول على سلالة أصيلة ومتماثلة في تركيبها الوراثي S1S1 – S2S2 – S3S3

وقد أثبتت أبحاث Grane and lawrance على النباتات أن نظرية العوامل المضادة يمكن تطبيقها لتفسير ظاهرة عدم التوافق الجنسي الفسيولوجي في النباتات المتضاعفة والشكل رقم 1 يوضح نظرية نمو الأنبوبة اللقاحية المتوافقة – وغير المتوافقة في التلقيح :

أ –تلقيح غير متوافق لبطء الأنبوبة اللقاحية واحتوائها على نفس العامل الوراثي (gene) الموجود في نسيج القلم .

ب –تلقيح نصف متوافق : حيث تنمو الأنبوبة اللقاحية المحتوية على العامل الوراثي (gene) غير الموجود في نسيج القلم ويعطي نوعين من النسل هما S2S3 – S1S2

ج – تلقيح متوافق كلياً : وبه تنمو جميع حبوب اللقاح وبسرعة لاحتوائها على جينات غير موجودة بنسيج القلم حيث يعطي أربعة أنواع من النسل (S1S3 – S1S4 – S2S3 – S2S4) كلها عقيمة ولكن تصبح خصبة عند تلقيحها رجعياً بأحد الأبوين أو بأحد الأنواع الثلاثة المختلفة الأخرى.

– ولإنتاج البذار الهجين اعتماداً على ظاهرة عدم التوافق الذاتي الفسيولوجي يجرى التهجين وفق المخطط التالي :

سلالة A X سلالة B سلالة C X سلالة D

السنة الأولى الحصول على الهجن البسيطة S2S2 X S1S1 S4S4 X S3S3

(B X A) X (D X C)

السنة الثانية الحصول على الهجن الزوجية S1S2 S3S4

(ABCD)

وتستخدم هذه الظاهرة لإنتاج بذار الشوندر السكري بشكل واسع .

- العقم الذكري Male – sterile :

تنتشر ظاهرة العقم الذكري في معظم المحاصيل ذاتية وخلطية الإلقاح نتيجة لحدوث طفرة (Mutation) في إحدى المورثات التي تتحكم في خطوات تكوين حبوب اللقاح ، حيث اكتشف (s4) زوج من المورثات غير القرينة تتحكم في طفرات متعددة من العقم الذكري في كل من الشعير والذرة الصفراء وحوالي 50 زوجاً في البندورة و9 أزواج في البازلاء .....الخ .

وتسبب حالة العقم الذكري هذه عدم قدرة النبات على التلقيح لأزهاره أو أزهار نباتات أخرى ويأخذ العقم أحد المظاهر التالية :

- عقم حبة اللقاح pollen sterity وهو الأكثر شيوعاً.
- عقم الأسدية staminal sterity.
- عدم تفتح الأسدية .

وقد يحدث العقم نتيجة الاختلاف الواسع بين مورثات النوعين أو الجنسين الداخلين في التهجين أي يمكن تعريفه من الناحية الوراثية بأنه صفة وراثية تتحكم بها عوامل متعددة منها ما هو سيتوبلازمي أو وراثي أو أن يكون نتيجة التفاعل بين الوراثي و السيتوبلازمي مما يحدث تغييرات كيماوية في العمليات الحيوية للنبات تؤدي في النهاية إلى حالة العقم الذكري.

وتعد ظاهرة العقم الذكري من أهم الظواهر التي يمكن استغلالها في تربية وتحسين النباتات وعلى الأخص منها خلطية الإلقاح ذات التامة (الخنثى) وبعض المحاصيل الهامة الأخرى كالذرة الصفراء والشوندر السكري والبصل وغيرها.

وتنقسم حالات العقم الذكري بحسب طريقة توزيعها إلى ثلاثة طرز هي :

1 -العقم الذكري السيتوبلازمي.

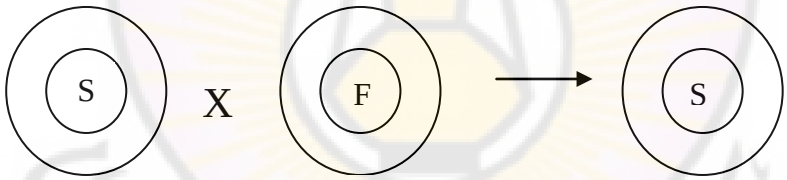
2 -العقم الذكري الوراثي.

3 -العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي.

1- العقم الذكري السيتوبلازمي Cytoplasmic male sterility :

يتحكم بهذا النوع من العقم عامل وراثي خاص به موجود في سيتوبلازم النباتات العقيمة ويرمز له بالرمز (S) وعامل الخصوبة(F) موجود في سيتوبلازم النباتات الخصبة ولكنها أحياناً تنتج بذوراً في الجيل الأول(F1) ويعود السبب في ذلك إلى :

أولاً : وجود ملقحات Pollinisateures ، وثانياً : لأن السيتوبلازم الموجود فيها جاء من العروس المؤنثة أي عن طريق الأم فقط كما هو موضح في الشكل (1):



شكل (1). العقم الذكري سمي

لهذا النوع من العقم أهمية كبيرة في علم تربية النبات وبخاصة في بعض المحاصيل كالشوندر السكري والذرة الصفراء وغيرها للأسباب التالية :

أ -سهولة الاحتفاظ بالسلالة العقيمة ذكرياً وبشكل مستمر .

ب -سهولة الحصول على الأصناف التجارية العقيمة ذكرياً بنسبة 100% في الجيل الأول (F1)

ج- إنتاج الهجن الفردية والزوجية للنباتات التي تزرع على نطاق تجاري للحصول على الإجراء الخضرية المستخدمة للاستهلاك.

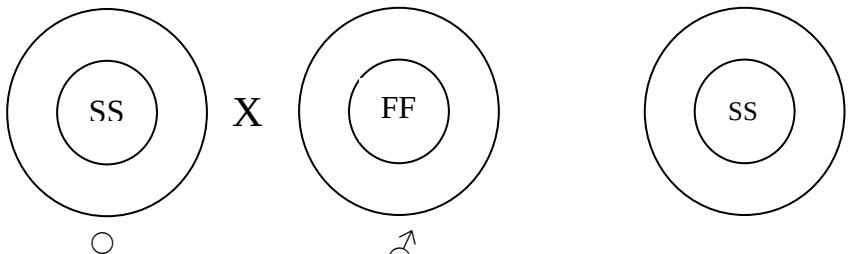
د- سهولة الحصول على نباتات الزينة الزهرية حيث تبقى أزهارها متفتحة ومحتفظة برونقها لفترة زمنية طويلة نتيجة لعدم تشكل البذور والثمار فيها مقارنة مع النباتات الزهرية الخصبة.

وعلى الرغم من ضرر هذه الظاهرة في النباتات التي تتكاثر جنسياً بشكلها الطبيعي إلا أن معظمها ولحسن الحظ مفيد لأغلب المحاصيل الاقتصادية (ربما ضارة نافعة) حيث تعد أداة ممتازة في أيدي مربي النبات لاستغلالها في عملية الخصي وراثياً مما يسهل عملية التهجين على نطاق واسع وبشكل اقتصادي الأمر الذي يلجأ إليه المربون أيضاً عند استغلال ظاهرة قوة الهجين (Heterosis) لإنتاج الهجن العقيمة ذكرياً والعالية الإنتاج في جيلها الأول (F1).

3- العقم الذكري الوراثي Genetic male sterility :

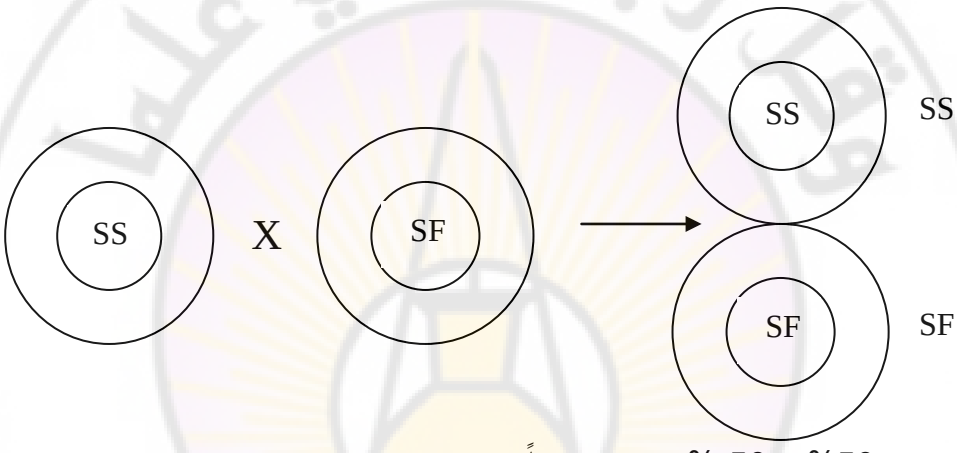
لا يستعمل هذا الطراز من العقم إلا للأغراض العلمية فقط، ويتحكم به زوج أو أكثر من العوامل الوراثية المتنحية والموجودة في النواة لإعطاء صفة العقم الذكري (MS) وهما الرمز للحرفان الأولين لكلمتي Male sterlity .

ويمكن الاحتفاظ بصفة العقم لكثير من النباتات مثل الذرة الصفراء والبيضاء والشوندر السكري والكوسا والقرع وغيرها من النباتات وبشكل مستمر عن طريق تهجين نباتات عقيمة (ss) كأمهات مع الآباء الخصبة غير المتماثلة (FS) فيكون 50% من النسل الناتج عقيم 100% (SS) في الجيل الثاني (F2) والنصف الآخر غير المتماثل (FS) خصب جزئياً كما هو الحال في الجيل الأول وهذا الذي نسميه "TYPE "O كما هو موضح بالشكل رقم 2 :



SF ⟶

عقيم 100%



عقيم 50% و 50 % خصب جزئياً

شكل (2) العقم الذكري الوراثي.

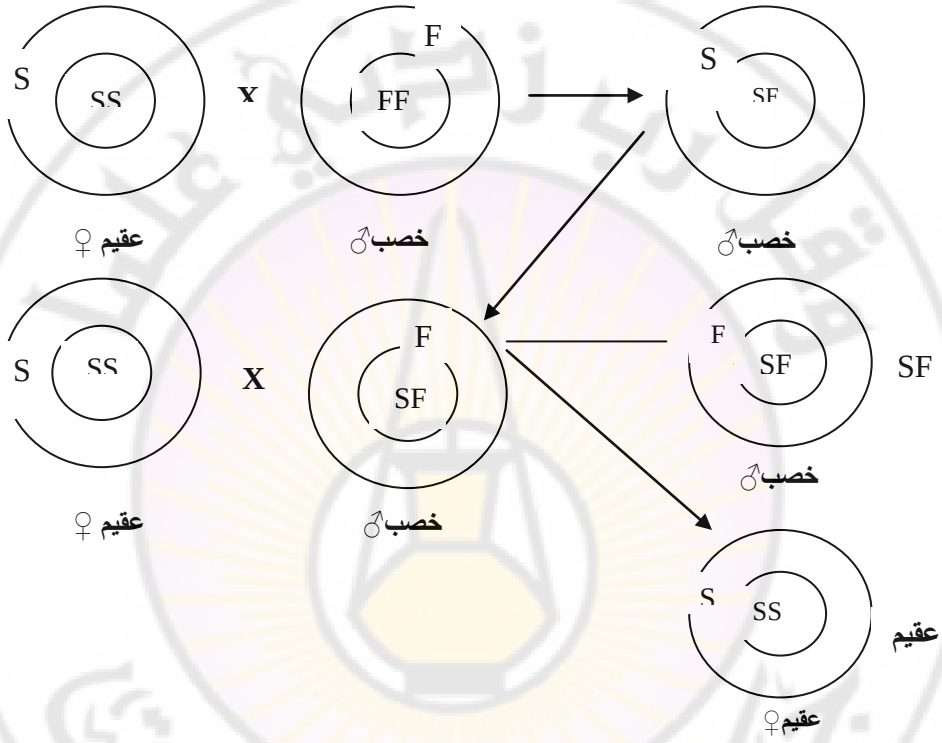
العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي Genitic – cytoplsmic . MS :

يتحكم بهذا النوع من العقم عوامل العقم الموجودة في سيتوبلازم ونواة الخلايا النباتية ، يرجع أولها إلى :

1 -وجود عامل خاص بالعقم موجود في السيتوبلازم ويرمز له بـ (S).

2 -وجود عامل خاص بالخصوبة موجود في سيتوبلازم النباتات الخصبة ويرمز له بـ (F).

3 –عامل وراثي خصب وسائد موجود في النواة ويطلق عليه عامل إرجاع الخصوبة (FS) وبوجوده يرجع الخصوبة للنباتات التي تحمل عامل العقم (S) في سيتوبلازم خلاياها و الشكل (3) يوضح ذلك.



الشكل (4) العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي

العقم الذكري السيتوبلازمي الوراثي :

عامل وراثي (داخل الدائرة الصغيرة)

عامل سيتوبلازمي خارج الدائرة الصغيرة

عامل سيتوبلازمي وراثي في الدائرتين

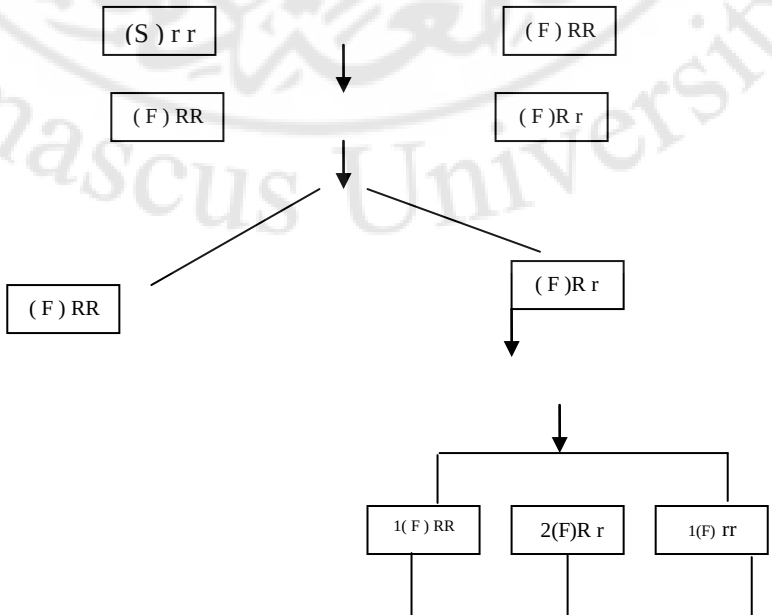
S = عقيم ذكرياً

F = خصب ذكرياً

والعامل F سائد على العامل S

والعامل الوراثي السيتوبلازمي ينتقل عن طريق الأم فقط (Afles seass) (1947)

ويوضح الشكل (5) كيفية وراثة هذا النوع من العقم وحالات استغلاله لإنتاج البذور الهجينة في محصول البصل



القاح ذاتي ← القاح ذاتي

↓

جميع النباتات خصبة الذكر

(F) R R

كله عقيم خصب وعقيم بنسبة كله خصب

شكل (5) بيان تحليلي لوراثة صفة العقم الذكري السيتوبلازمي الوراثي لنبات البصل

– الرموز الموجودة بين قوسين تبين تركيب السيتوبلازم (F)

– الرموز الموجودة بدون قوسين تمثل تراكيب النواة RR

إذاً يحتاج هذا النوع من العقم إلى :

أ –سلالة مؤنثة عقيمة تركيبها الوراثي rr (S)

ب سلالة مذكرة خصبة تركيبها الوراثي RR(F)

ج– التهجين بين هاتين السلالتين { تكون جميع الأنسال الناتجة خصبة Rr(F) }

د– تلقيح هذه الأجيال Rr(F) ذاتياً وبمنعزل فيكون الناتج حسب قانون مندل بنسبة 1.2.1 على التوالي rr (F) Rr(F) Rr(F) RR(F) وكلها خصبة بنسب متفاوتة من خصب كلي RR(F) إلى عقم جزئي rr (F) ولها القدرة على إنتاج حبوب لقاح بشكل جيد وذلك بسبب وجود العامل المورث (F) في السيتوبلازم والمورث (R) الموجود في النواة والمسؤول

عن إعادة خصوبة السيتوبلازم المحتوي على العامل الوراثي (S) والمسبب للعقم في حالته العادية، والعامل (F) المسبب للخصوبة.

هـ- الحصول على أنسال الهجن العقيمة كلياً وبنسبة 100% وفي الجيل الأول F1 وذلك بإجراء التهجين وفي منعزل بين نباتات عقيمة الذكر كلياً تركيبها الوراثي rr (S) مع نباتات خصبة الذكر جزئياً تركيبها الوراثي (F) rr والتي تسمى "O" manteneur TYPE وهي الحالة الأقرب إلى الصفة المطلوبة والتي هي حالة العقم.

وتستعمل هذه الظاهرة أيضاً في إنتاج الهجن للتخلص من عملية إزالة النورة المذكورة وقلة تكاليف إنتاج التقاوي (البذور) ويتوقف نجاحها على مدى الحصول على مورثات المادة الخصبة (R) في نباتات الهجن الزوجية وعلى عوامل بيئية أخرى.

كما ظهرت حالة العقم الذكري السيتوبلازمي في نبات الشوند السكري وقدمت خدمات جلى في تربية هذا المحصول الاقتصادي ، وأوضحت الدراسات المتعددة عنها من قبل بعض العلماء OWEN (1930 – 1941) عن حقيقة وجود حبات الطلع في نبات الشوند السكري في حالاتها المتدرجة من العقم الكلي **xxzz**(S) إلى العقم الجزئي xxzz(F) وما بينهما من حالات وإن هناك علاقة في هذا التدرج العقمي بألوان المياسم من الأخضر والأبيض إلى الأصفر الفاتح وما بينهما وبناء على ذلك حددت أربعة أنواع من العقم هي :

1 -عقم كلي : تكون فيه جميع النباتات عقيمة الذكر كلياً ولون المياسم فيها خضراء أو بيضاء خالية من حبات الطلع xxzz(S).

2 -نباتات نصف عقيمة نموذج (1) M.S. semi يكون لون المياسم فيها صفراء باهتة ويتراوح مقياس حبات الطلع فيها بين 13 – 15 مليمكرون وتركيبها الوراثي XXZz(F/S).

3 -نباتات نصف عقيمة نموذج (ح) semi .M.S type يكون لون المياسم فيها أصفر أو ترابي محمر ومقياس حبات الطلع فيها بين 14-15 مليمكرون وتركيبها الوراثي XXzz (F/S).

4 -نباتات خصبة كلياً يكون لون المياسم فيها أصفر فاتح وحبات الطلع كروية الشكل، غزيرة الإنتاج وبمقياس 23-26 ميليمكرون وتركيبها الوراثي (F)XXZZ.

وقد فسر العالم OWEN هذه الظاهرة بالعوامل الوراثية التي تلعب دوراً هاماً في التوريث الوراثي المندلي genitique Heridete والتوريث السيتوبلازمي Heridete cytoplasmique.

يحتاج هذا النوع من العقم إلى :

1 -مورث (F) أو (S) موجود في سيتوبلازم النبات.

2 -زوج من العوامل الوراثية السائدة XXZZ وزوج من العوامل الوراثية المتنحية xxzz والموجود في النواة .

3 -التهجين وفي منعزل لسلالة عقيمة الذكر كأم ♀ xxzz(s) مع سلالة خصبة الذكر كأب ♂ XXZZ(F)للحصول على نباتات هجينة جميعها خصبة الذكر جزئياً Type "O"(F)xxzz .

4 -استخدام Type "O" كأب ♂ وتلقيحه ذاتياً ولعدة مرات مع سلالة عقيمة تركيبها الوراثي xxzz(S) للحصول على الهجن العقيمة ذكرياً وبنسبة 100 % في الجيل الأول.

5 -إعادة التلقيح الذاتي المستمر لاختيار الناتج من السلالات ذات القدرة العالية على الخلط، لاستخدامها في إنتاج الهجن الثنائية والرباعية وغيرها وفي إنتاج البذار الهجين على الرغم من وجود بعض الصعوبات التي تعترض هذه الطريقة في الإنتاج. ويوضح الجدول (4) ذلك.

جدول(4) اختيار السلالات ذات القدرة على الخلط

نباتات الجيل الأول (F1) والنسبة المئوية لحالات العقم	لون المياسم في النسل الناتج	الرمز الكلي	الرمز الوراثي		ملاحظات
			النواة	السيتوبلازم	
نباتات عقيمة كلياً 100%	لون أبيض	B0	xxzz	s	
نباتات خصبة جزئياً 75 %		B0 1	xxzz	F	شكل صفر TYPE"O"
نباتات عقيمة جزئياً	يتصاعد العقم حسب لون المياسم	Bg1 Bg2 Bg3 Bg4 Bg5	Xxzz XXzz XxZz XXZz XxZZ	F F F F F	
خصبة كلياً 100 %	صفراء فاتحة	Bg6	XXZZ	F	

وتتدرج نسبة العقم من صفر % إلى 25-50-100 % على التوالي ويلعب المورث (X) دوراً أكثر أهمية من المورث Z.

3- ظاهرة العائلات والسلالات وحيدة البذرة monogermes :

تعزى القواعد الوراثية لهذه الظاهرة إلى زوج من العوامل الوراثية المتنحية mm والتي وجدت في صنف الشوندر السكري مشيركان (18) صبغي المزروع في منطقة الأوريكون من قبل البحاثة الأمريكيون 1948.

والتطبيق العملي للحصول على عائلات وحيدة البذرة يتبع الخطوات التالية :

1 -تؤخذ عائلة نباتية تحمل صفة متنحية لوحيد البذرة تركيبها الوراثي (mm) ولكنها ذات صفات إنتاجية سيئة مثل (الشمرخة – وسوء توضع الجذور في التربة – وقلة قوة الهجين فيها).

2 -تلقح هذه العائلة (mm) مع عائلات حاوية على التراكيب الوراثية السائدة MM (وجدت هذه العائلات في المركز العالمي للأبحاث في فرساي بفرنسا).

3 - تجمع البذور الناتجة من الجيل الأول (Mm) والتي نسميها شكل صفر type"o" .

4 - تلقح ذاتياً ولعدة مرات (3–4) وتحتفظ بالنباتات المطلوبة (سلالات نقية) والتخلص من النباتات المنافية للنباتات الأصل (وحيد البذرة) .

5 - متابعة ومراقبة نتائج التهجين للأجيال اللاحقة بعد عمليات التهجين الرجعي المتعددة للتعرف و منذ البداية على العائلات النباتية وحيدة الهجين والمتميزة باللون الزهري لسويقاتها الجينية ويرمز لها (mmRR) عن غيرها من العائلات متعددة الأجنة ذات اللون الأخضر ويرمز لها بـ (MMrr) .

ويتم التطبيق العملي لها حسب المخطط التالي :

mmRR (زهري) X MMrr (أخضر)

F1 = MmRr

F1XF1 = MmRr X MmRr

F2 = MMRR MmRr mmRr mmrr 1/4

متعدد متعدد متعدد

وحيد البذرة بلون زهري

وهكذا للحصول على وحيد البذرة محسن من (3-4) تهجينات رجعية مع الأب الأصلي F3.

الفصل الخامس

قوة الهجين والأصناف الهجينة Heterosis and hybrid varieties

قوة الهجين والتربية الداخلية :

لفتت ظاهرة قوة الهجين Heterosis أو Hybrid vigor أنظار العلماء في القرون الماضية ولكنهم لم يستطيعوا وضع تفسير لتفوق النسل على الأبوين الداخلين في عملية التهجين. وتجدد الاهتمام بدارسة ظاهرة قوة الهجين عند اكتشاف قوانين مندل عام 1900م .

وقوة الهجين هي الزيادة الملحوظة عقب التهجين في قوة وحجم محصول النباتات في الجيل الأول الهجيني، وهي الظاهرة المضادة تماماً للتدهور والاضمحلال الذي يتبع التربية الداخلية في المحاصيل خلطية الإلقاح، وتظهر هذه الظاهرة بوضوح تام في النباتات.

يمكن تعريف التربية الداخلية Inbreeding بأنها تزاوج أو تلاقح الأفراد الأكثر قرابة من الأفراد المتلاقحة عشوائياً. لقد أشارت الدراسات الأولية إلى وجود ارتباط بين التربية الداخلية والآثار السلبية في صفات المتغير حيث لوحظ دائماً تأثير هذا النوع من التربية في الحجم الصغير، الحيوية الضعيفة، انخفاض الخصوبة، زيادة في عدد المورثات ذات الأثر السلبي وضعف عام في صفات السلالة، بينما على العكس لوحظ أن التربية الخارجية (التلقيح الخلطي) Cross breeding والتي تعني التلاقح بين أفراد بعيدة عن بعضها وراثياً يؤدي غالباً إلى صفات معاكسة تماماً لما ذكر في السلالة أو الفرد وإلى استعادة الخصوبة والحيوية.

عموماً أجمعت الملاحظات الأولى أن التربية الداخلية تؤدي إلى فقد في الحيوية وتراجع أو تدهور depression في صفات الفرد، وأن التهجين بين الطرز المتباينة وراثياً يترافق دائماً مع حيوية عالية وأن التلقيح الخلطي له أهمية على كثير من الصفات البيولوجية للفرد.

ومن التجارب القديمة حول آثار التربية الذاتية في الأنواع خلطية الإلقاح يمكن الإشارة إلى ما نشر على محصول الذرة الصفراء كونه من أكثر الأنواع التي تمت تربيتها داخلياً حيث كان لهذه الدراسات والتجارب نتائج على جانب كبير من الأهمية العلمية والعملية في تربية المحاصيل منها :

1 -تدهور نباتات الجيل الأول الذي يعقب الإخصاب الذاتي الأول تدهوراً كبيراً من حيث القوة Vigor والحجم Size وكمية المحصول Yield عن نباتات الصنف التجاري الذي يخصب إخصاباً خلطياً طبيعياً. وتكون درجة هذا التدهور أكبر مايمكن في الجيل الذاتي الأول، ويستمر الاضمحلال عدة أجيال متتالية (5-8 أجيال عادة) ولكن سرعة التدهور تتناقص تدريجياً في كل جيل من أجيال الإخصاب الذاتي عن الجيل السابق له، حتى تصل درجة التدهور إلى حد لا يكون للإخصاب الذاتي الصناعي بعدها تأثير سيء على النباتات.

2 -تنعزل عدة سلالات نقية Inbred Lines مختلفة الصفات من نفس الصنف التجاري الواحد، وتختلف هذه السلالات عن بعضها اختلافاً كبيراً من حيث القوة والحجم وكمية المحصول، كما وتختلف في التفريع القاعدي ومقاومة الرقاد وحجم الكيزان وموضعها على السوق وعدد الحبوب وصفات الحبوب، وتثبت صفات كل من هذه السلالات تدريجياً حتى تصل إلى الحالة الأصلية، فتثبت تماماً ويكون ذلك عادة بعد خمسة أجيال من الإخصاب الذاتي الصناعي وأحياناً سبعة أجيال أو أكثر.

3 -تظهر صفات متنحية ضارة بالنبات عندما تصبح النباتات أصيلة لعوامل هذه الصفات.

4 -تكون بعض السلالات الناتجة على درجة كبيرة من الضعف والانحطاط بحيث لا يمكن المحافظة عليها فتنقرض.

5 -قد تحتفظ بعض السلالات النقية الناتجة بدرجة لا بأس بها من القوة و الإنتاج، ومثل هذه السلالات هي التي تستعمل في تربية الذرة وإنتاج تقاوي الذرة الهجين. بصفة عامة يمكن القول إنه لا تنعزل في الذرة نتيجة للإخصاب الذاتي المتكرر سلالات تعادل الأصناف التجارية في قوتها ومحصولها.

المظاهر والتفسيرات الوراثية لظاهرة قوة الهجين :

وجد في نبات الذرة أن التربية الداخلية الصناعية في الأصناف التجارية تؤدي إلى تدهور النباتات في صفاتها ، وإلى انعزال سلالات نقية عديدة مختلفة الصفات ، وبالعكس فإن تهجين هذه السلالات النقية من الذرة إحداها بالأخرى يؤدي إلى النتائج الآتية :

1- تكون نباتات الجيل الأول الهجين أكثر ارتفاعاً وأسمك سوقاً وأكبر أوراقاً وكيزاناً وحبوباً، كما تتفوق في المحصول بما يعادل 150 – 200% في نباتات السلالتين المستعملتين في التهجين، وهذا ما يعرف بقوة الهجين. وبذلك نسترد بالجيل الأول مباشرة جميع الصفات التي اضمحلت نتيجة الإخصاب الذاتي المتكرر في الصنف التجاري، بحيث تكون نباتات الجيل الأول في المتوسط معادلة في القوة والحجم لنباتات الصنف التجاري الخليط الأصلي، وتمتاز بانتظام نباتاتها في جميع الصفات نتيجة لتجانس تركيبها الوراثي، مع الملاحظة أن الصنف التجاري الأصلي خليط وغير متجانس Heterozygous and Heterogeneous والجيل الأول بين سلالتين نقيتين خليط ولكنه متجانس Heterozygous and Homogeneous.

2- تبلغ ظاهرة قوة الهجين أقصاها في الجيل الأول الذي يعقب التهجين مباشرة، وتختفي ثانية إذا عدنا للتربية الداخلية مرة أخرى، أي أنه لا يمكن تثبيت قوة

الهجين والانتفاع بها بصفة دائمة في حالة المحاصيل التي تتكاثر بالبذرة. والحالة الوحيدة التي يمكن فيها تثبيت قوة الهجين والانتفاع بها بصفة مستمرة هي في حالة المحاصيل التي يمكن أن تتكاثر خضرياً كالبطاطا وقصب السكر، إذ يمكن في هذه الحالة إكثار نباتات الجيل الأول التي تظهر فيها قوة الهجين بالطرق الخضرية والانتفاع بها بصورة مستديمة في الزراعة.

3- ينشأ عن تهجين بعض السلالات النقية الخاصة هجن قوية جداً، تمتاز علاوة على ذلك بأنها تتفوق عن الأصناف التجارية الأصيلة نفسها في كمية المحصول، وتتوقف صفات ومحصول الهجين الناتجة عن صفات السلالات النقية المستعملة كآباء، وعلى ما يعرف بقدرتها على الائتلاف Combining Ability، وتبلغ الزيادة في كمية المحصول نحو 20 – 30 % أو أكثر عن الأصناف التجارية وهذا هو التطبيق العملي لاستعمال قوة الهجين في تربية المحاصيل التي تخصب إخصاباً خلطياً في الطبيعة واستنباط ما يعرف بالذرة الهجين Hybrid Corn والبصل الهجين Hybrid Onion وما يماثلها من المحاصيل الأخرى المماثلة .

يبنى التعليل الوراثي للتدهور الذي يصحب التربية الداخلية في الأصناف التجارية من الذرة الصفراء، وللظاهرة المضادة له، وهي قوة الهجين،على الغرض الأساسي الذي أثبتته الدراسات الوراثية على الذرة الصفراء. وهو أن العشائر الطبيعية في حالة المحاصيل التي تخصب إخصاباً خلطياً تتكون من نباتات خليطة يحتوي الكثير منها على عوامل وراثية متنحية ضارة مختلفة Unfavorable Recessives وأن التأثير الضار لهذه العوامل المتنحية لا يظهر في الطبيعة، لأنه يوجد مقابل كل منها في النبات عامل سائد مضاد له ذو تأثير حسن على نمو وقوة النبات.

فإذا أجريت التربية الداخلية في النباتات الخلطية بواسطة الإخصاب الذاتي المتكرر مثلاً، فإنه تنعزل في نسلها سلالات نقية مختلفة لهذه العوامل المتنحية الضارة بحالة أصيلة، وبذلك تتدهور قوة النباتات بصفة عامة، فتضمحل السلالات المتكونة المختلفة نتيجة لكونها أصبحت أصيلة لعوامل متنحية مختلفة أو لمجاميع من عوامل متنحية مختلفة، وقد تصبح بعض السلالات مثلاً أصيلة لبعض العوامل المميتة و بذلك لا يمكن الاستمرار في المحافظة عليها فتنقرض هذه السلالات كما هو مشاهد عملياً، وهذا هو التأثير السيء للتربية الداخلية في المحاصيل التي تخصب إخصاباً خلطياً في الطبيعة. فإذا قمنا بتهجين السلالات النقية المتكونة إحداهما بالأخرى، تكون لدينا هجن مختلفة، ونتيجة لظاهرة السيادة Dominance فإن تأثير العوامل المتنحية الضارة القادمة من أحد الأبوين يختفي في الهجن لوجود العوامل السائدة المضادة لها والقادمة من الأب الآخر. وبذلك نسترد العوامل السائدة المرغوبة القادمة من كل من الأبوين بحالة خليطة في الهجين الناتج بينهما، ونسترد معها قوة الهجين.

وبمعنى آخر فإنه يمكن تفسير قوة الهجين بأنها نتيجة للتأثير المشترك combined action لعوامل سائدة مختلفة مرغوبة، بعضها قادم من أحد الأبوين وبعضها من الأب الآخر، عند اجتماعها معاً في نباتات الجيل الأول الهجين وأول من اقترح هذا التعليل لقوة الهجين هما Keeble and Pellew عام 1910.

وفيما يلي مثال يوضح ذلك:

AA bb CC dd EE ff GG hh X aa BB cc DD ee FF gg HH

F1 Aa Bb Dd Ee Ff Gg Hh

F2 AABBCCDDEEFFGGHH. …. ……aabbccddeeffgghh

الانعزال فائق الحد

نفرض في هذا المثال أن المحصول الأساسي هو 30 وحدة، وكل عامل سائد سواء أصيل أم خليط يزيد المحصول 10 وحدات، فإذا فرض أن هذا التعليل صحيح، فإنه يكون من الممكن نظرياً تثبيت قوة الهجين بالحصول في الأجيال التالية على نباتات فيها جميع العوامل السائدة الموجودة في الهجين والواردة من كل من الأبوين في حالة أصيلة، و بذلك نحصل على قوة الهجين بحالة دائمة في سلالة نقية أصيلة. غير أن تحقيق ذلك من الوجهة العمليةغير ممكن وبناءً على ذلك فلا بد من تعديل التعليل السابق بحيث يفسر هذه الحقيقة أيضاً. وقد تقدم جونس Jones بهذا التعليل عام 1917 بإضافة الارتباط بين العوامل السائدة النافعة والعوامل المتنحية الضارة إلى التعليل السابق ، وتتلخص نظريته فيما يلي:
بما أن صفات الحجم والقوة والمحصول في النباتات تتوقف على عدد كبير من العوامل الوراثية ، شأنها في ذلك شأن الصفات الكمية الأخرى، فإنه من المنتظر أن تتوزع هذه العوامل على الصبغيات المختلفة، بحيث يحمل كل صبغي عدداً من العوامل السائدة المرغوبة وعدداً آخر من العوامل المتنحية الضارة مرتبطة معها في مجموعة ارتباطية واحدة، وبذلك يمكن أن يحتوي الهجين على جميع العوامل السائدة القادمة من كل من الأبوين بحالة خليطة وتظهر فيه قوة الهجين.
ولكن بما أن هذه العوامل لا تتوزع توزيعاً حراً، كما هو الحال في التعليل السابق ، عندما كان عددها قاصراً على زوج واحد من العوامل لكل زوج من الصبغيات ، بل تسلك هذه العوامل في وراثتها سلوك العوامل المرتبطة، فإنه يصبح من المستحيل تقريباً أن تحتوي إحدى الجاميطات الناتجة عن التهجين على جميع العوامل السائدة المرغوبة الواردة من الأبوين، إذ لابد لتحقيق ذلك من حدوث سلسلة طويلة من العبور Crossing over بطريقة معقدة خاصة في جميع أزواج الصبغيات المختلفة في نفس الخلية الأمية، وهو نادر جداً، إن لم يكن مستحيل الحدوث، وهذا يفسر السبب في عدم إمكان تثبيت قوة الهجين والاحتفاظ بها في

صورة دائمة في الأجيال التالية في المحاصيل التي تتكاثر جنسياً. وتعتبر نظرية Jones عن التأثير المشترك لعوامل سائدة مرتبطة بعوامل متنحية من أفضل النظريات التي قدمت حتى الآن لتعليل قوة الهجين تعليلاً وراثياً مقبولاً وقد استعملت بنجاح كأساس تبنى عليه طرق تحسين المحاصيل خلطية الإلقاح.

وهناك نظرية أخرى مختلفة تفسر قوة الهجين بأنها نتيجة لحالة الخلط Heterozygosty نفسها وأن هذه الحالة الخلطية تؤدي إلى تأثير منشط أو منبه Stimulation للنباتات تنشأ عنه قوة الهجين، ويفسر ذلك من الوجهة الوراثية بفرض أن بعض العوامل في الحالة الخليطة Aa تكون أكثر امتيازاً عن كل من الحالتين الأصيلتين AA, aa،

وتعرف هذه النظرية باسم نظرية السيادة الفائقة Over dominance.

4- النظرية السيتوبلاسمية في التوريث:

إن لكل من الجسيمات الكوندرية و الصانعات الخضراء دوراً في نقل بعض الصفات الوراثية المنتقلة بتخزين و تحرير الطاقة كونها محتوية على الـ DNA الحامل لمورثات متخصصة، و كلما زادت أعداد هذين المكتنفين و تعددت خصائصها الوراثية الموجودة في الـ DNA كلما زادت فعالتها في الخلية ورفعت من إمكانياتها و كفاءتها الوظيفية. لذا هناك مقولتان تتباين كل منها حول هذين المكتنفين في التوريث السيتوبلاسمي.

الأولى: تعتمد على أساس أن النباتات ذاتية التلقيح و التي تكون ذات تركيب وراثي نقي Homozygous عندما يحدث التلقيح الذاتي ف إن الأعراس المذكرة تحمل نواة تشابه نواة العروس المؤنثة، و عند التزاوج تلتقي النواتان لتعيد التركيب الوراثي للأب نفسه، و ستجد النواة الجديدة في البيضة الملقحة نفسها موجودة في سيتوبلاسما البويضة بعد التلقيح هو نفسه ذلك السيتوبلاسما الذي كانت به النواة

في الأم قبل إجراء عملية التلقيح، فالتقاء الأعراس في التلقيح الذاتي سيعطي نواة تشبه نواة الأب و ستجد النواة نفسها في سيتوبلاسما نفس سيتوبلاسما الأب، فالنواة في النسل الناتج هي نواة الآباء نفسها لم تتغير و كذلك السيتوبلايما.

الثانية: عند التهجين بين آباء مختلفين عن بعضهم بعض بصفاتهم الوراثية فإن الأعراس الآتية من كلا الأبوين ستكون مختلفة عن بعضها بعض بتركيبها الوراثي و بالتقائها بعد الإلقاح و الإخصاب ستكون نواة البيضة الملقحة و هي هجينة، و النواة الهجينة هذه ستجد نفسها في سيتوبلاسما غريبة هي سيتوبلاسما الأم التي يحتوي مينوكوندري و بلاستيدات ذات مصدر أبوي مؤنث. و في خلية البيضة الملقحة نفسه ستقوم النواة بصنع بلاستيدات و كوندريات جديدة خاصة بها حيث ستكون هذه المكتنفات الجديدة ذات صفات وراثية هجينة و س تحمل سيتوبلاسما البيضة الملحقة الهجين بهذه الحالة ميتوكوندري و بلاستيدات ذات مصدرين مختلفين عن بعضها بعض تماماً، أحدهما أبوي مؤنث أتى عن طريق بلاسما البويضة قبل التلقيح و الثاني ذو مصدر هجيني نشأ و تطور عن النواة الهجين و هكذا فسيتوبلاسما الفرد الهجين أغنى بمصادر الطاقة من السيتوبلاسما في الأفراد الناتجة عن التلقيح الذاتي و على هذا الأساس تفسر ظاهرة قوة الهجين.

كيف يمكن استغلال ظاهرة قوة الهجين اقتصادياً:

نظراً لما لظاهرة قوة الهجين من أهمية على كافة المستويات لا سيما الإنتاج و انتظامه و الباكورية لجأت محطات التربية إلى استغلال هذه الظاهرة لإنتاج البذار الهجين و لا سيما في الذرة الصفراء، و لقد كان للبذار الهجين أثر كبير في رفع مستوى الإنتاج إلى حد لا يمكن تحققه باستخدام الأصناف و السلالات و المجتمعات مفتوحة التلقيح، و يمكن استغلال ظاهرة قوة الهجين في النباتات وفقاً لطرق تكاثرها بأساليب مختلفة: ففي ذاتيات التلقيح يحتاج العمل من أجل الحصول

على بذار الهجين إلى خصي النباتات الأبوية المؤنثة و إلى نقل غبار اللقاح من النباتات الأبوية المذكرة.

- **استغلال ظاهرة قوة الهجين في إنتاج الهجن:**

سيتم التطرق إلى الخطوات الرئيسية لبرنامج إنتاج الهجن بشكل مختصر على أن يتم شرحها بالتفصيل في الفصل المتعلق بتربية وتحسين المحاصيل خلطية الإلقاح.

ويتضمن برنامج إنتاج الهجن الخطوات الرئيسة التالية:

1-إنتاج السلالات النقية : Devlopment of inbred lines

يتم إنتاج السلالات النقية في خلطيات التلقيح عن طريق التلقيح الذاتي للنباتات، وبالتالي فإن مصدر السلالات يمكن أن تكون الأصناف مفتوحة التلقيح أو المركبة Composites أو التركيبية synthetics أو مصادر وراثية مركبة أو أي مجموع نباتي خلطيا وراثياً. إن الدقة في اختيار مصدر السلالات أي المجموع النباتي الذي تشتق منه هذه السلالات في غاية الأهمية بالنسبة لمستوى الهجن المنتجة لاحقاً. ولضمان تحقيق أقصى المزايا في انتخاب السلالات النقية الممتازة يجب أن يكون المصدر المستخدم من المجاميع عريضة القاعدة الوراثية ذا عطاء جيد وغنياً بالعوامل الوراثية الجيدة. وفي واقع الأمر فإن محدودية الاختلافات الوراثية في المجاميع النباتية المستخدمة كان لا يزال المشكلة أو العقبة الوراثية الأساسية في برنامج إنتاج الهجن. ولذلك فإن استخدام المجموع النباتي ضيق القاعدة الوراثية لإنتاج السلالات النقية والهجن لاحقاً سيؤدي إلى مستوى منخفض من الغلة. وهذا يعني ضرورة رفع وتحسين المصدر النباتي المستخدم لإنتاج السلالات النقية. وقد أشارت برامج وخطوات تطوير وتحسين المجاميع الحديثة إلى الخطوات

الفعالة والضرورية لرفع مستوى هذه المجاميع حتى يصبح بالإمكان عزل سلالات نقية جيدة، حتى إن نجاح الهجن الفردية من الذرة الصفراء في السنوات الأخيرة تجارياً يعزى إلى تطوير طرائق العزل هذه.

تتضمن طريقة إنتاج السلالات النقية بشكل رئيسي التلقيح الذاتي لعدد من النباتات المنتخبة من المجموع النباتي الأساسي (source). وهذه النباتات منتخبة ظاهرياً على أساس القوة والحيوية، قوة الساق، طول النبات، موعد النضج، مقاومة الآفات المرضية والحشرية. وتجدر الإشارة إلى أن انتخاب النباتات القوية خلال مرحلة التربية الذاتية لا يؤخر الوصول إلى النقاوة Homozygosity ولا يؤثر على القدرة العامة على الخلط للسلالات. وعند الحصاد توضع في الحسبان صفات العرنوس كالحجم وشكل الحبوب ولونها وخلوها من الإصابات. تزرع العرانيس المنتخبة بطريقة عرنوس / خط

Ear-to-row في الموسم التالي ويطبق الانتخاب داخل Within وما بين الأنسال Among Progenies. وتنتخب فقط النباتات الممتازة من الأنسال لتدخل الدورة الجديدة من التربية الذاتية. وبعد مرور 3–4 دورات (أجيال) في التربية الذاتية والانتخاب يتم تقسيم المجموع النباتي الأساسي إلى طرز مميزة عن بعضها أو سلالات مميزة.

2– اختبار السلالات النقية : Evaluation or testing of inbred lines

إن عملية اختبار السلالات النقية وتقويمها يشكل مشكلة أعقد وأهم من عملية إنتاج هذه السلالات، ولهذه المشكلة اعتبارات نظرية و عملية. من المعروف أنه يمكن للمربي إنتاج الآلاف من الأنسال من مصادر وراثية مختلفة ولكن الجزء اليسير منها فقط ينتقل إلى الدورة الثانية أو الدورات التالية من التلقيح الذاتي. و بالتالي فإنه من الضروري خلال مرحلة التربية الذاتية البدء بانتخاب

السلالات الواعدة لتقليل عدد هذه السلالات إلى الحد الذي يمكن التعامل معه. فالانتخاب الظاهري على أساس الحيوية يعد الخطوة الأولى في انتخاب نباتات معينة للتربية الذاتية اللاحقة لأنه من المفترض أن النباتات عالية الحيوية تؤدي بالنتيجة وفي أغلب الأحيان إلى سلالات جيدة لتدخل في تشكيل الهجن. وبما أن مقاييس الانتخاب الظاهري Visual parameters بالقدرة العامة والخاصة على الخلط غير محددة بدق ة، يبقى من الضروري إجراء اختبارات التقويم للسلالات وسلوكيتها في الهجن. وهذه تشمل أساساً إجراء كل التهجينات الممكنة بين السلالات ومن ثم تقويم هذه التهجينات في حقول معدة لذلك. وبما أن عدد الهجن الفردية الممكنة إجرائها هو $\frac{n(n-1)}{2}$ و ذلك في حال برامج التهجين نصف التبادلي و n(n-1) في حال برنامج التهجين التبادلي، حيث n هو عدد السلالات النقية المراد تقويمها فإنه يصبح من الصعب جداً إجراء تقويم هذا العدد الكبير من السلالات والهجن الفردية في برنامج التربية الذي يتطلب دائماً إنتاج المزيد من هذه السلالات. أما الطريقة الأبسط فهي تقويم السلالات النقية المنتجة بطريقة التهجين القمي Top-cross Test التي تسمح باختبار عدد كبير من السلالات في وقت واحد وتعطي الأساس لاستبعاد أكثر من 50% من السلالات النقية المختبرة.

أصبح من المسلم به على أن أفضل طريقة للحكم على مستوى وقيمة السلالة النقية هو من خلال إنتاجها ضمن خليط من الهجن، وبالتالي فإن اختبار التهجين القمي يعد من أسهل وأسرع الاختبار ات للتخلص من السلالات السيئة والفقيرة بصفاتها والتي لا تتوافق جيداً مع السلالات الأخرى . يقوم هذا الاختبار على أساس القدرة العامة على التوافق التي تقيس قدرة سلالة نقية ما على نقل مورثاتها الجيدة إلى نسلها وبالتالي إنتاج هجن متفوقة عند وجودها مع سلالات نقية أخرى في خليط من التهجينات. و كما ذكرنا سابقاً فإن هذا الاختبار يجب أن يطبق فقط

على السلالات النقية التي تملك صفات زراعية جيدة. لأن سلالة ضعيفة الحيوية وحساسة للأمراض والحشرات عديمة الفائدة حتى ولو أظهرت توافقاً جيداً مع السلالات الأخرى.

يتضمن اختبار التهجين القمي، والذي يعرف أيضاً باختبار التهجين بين السلالة النقية وصنف ما، تهجين عدد كبير من السلالات النقية مع صنف اختباري خليط وراثياً وغير متماثل في مظهره وذي قاعدة وراثية عريضة فللانتخاب على أساس هذا الاختبار يشير ويميز أفضل السلالات ذات القدرة العامة على التوافق.

3- خلط السلالات النقية لتكوين الهجن :

بعد أن يتم تحديد السلالات النقية الواعدة على أساس قدرتها العامة على التوافق في اختبار التهجين القمي يصبح ضرورياً معرفة أفضل مزيج أو شكل من الهجن :

أحادية أو ثلاثية أو مضاعفة (رباعية) والذي يعطي أفضل غلة مع العلم أن الهجين المفرد هو هجين بين سلالتين نقيتين (A X B) والهجين الثلاثي هو ناتج تهجين سلالة نقية مع هجين مفرد (A X B) X C والهجين الرباعي هو ناتج تهجين أربع سلالات (A X B) X (C X D). بما أن الغلة العالية لهجين ما يعبر عنها بقوة الهجين فإن طبيعة فعل المورثات السائدة تصبح هامة.

ويمكن تقدير فعل المورثات المسيطرة من خلال القدرة الخاصة على التوافق بالإضافة إلى الفعل غير المتجمع للمورثات كالسيادة و التفوق. فالانتخاب للهجن الفردية المتفوقة استناداً إلى اختبار القدرة الخاصة على الخلط يتم من اختبار تقويم السلالات النقية والذي غالباً ما يتم باتباع نظام التهجين المتبادل في سائر الاحتمالات Diallel cross.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

طرائق تربية وتحسين النباتات ذاتية الإلقاح
Breeding of self – Fertilized crops

يمكن تحسين المحاصيل ذاتية الالقاح عن طريق إحدى الطرق التالية:

- الإدخال.
- الانتخاب: 1- الإجمالي 2- الفردي.
- التهجين:1- المستقيم 2- الرجعي.
- التطفير باستخدام المواد الكيميائية والإشعاعات وبعض الطرق الأخرى .
- التقانات الحيوية.

أولاً- الإدخال في المحاصيل ذاتية الالقاح Introduction

يعد الإدخال من أسهل طرق التربية و التحسين الوراثي في النباتات ذاتية الإلقاح فاستخدام المصادر الوراثية المدخلة في برامج التحسين الوراثي يعتمد على توصيف و تقييم هذه المدخلات لمعرفة الصفات الاقتصادية الهامة الممكن الاستفادة منها و طريقة استثمارها، فقد تكون المصادر الوراثية المدخلة على شكل أنواع أو أصناف أو طرز برية أو على شكل عشائر غير متجانسة أو على شكل هجن، لذلك فإن طريقة التقييم تختلف في بعض مراحلها من مصدر لآخر.

تم تقييم الصول أو المصادر الوراثية المدخلة عموماً كما يلي:

1- يتم تقييم أولي للمدخلات في حقول المشاهدة بالمقارنة مع الأصناف المحلية أو الشاهدة و ذلك للصفات الاقتصادية سواء كانت بيولوجية أو مورفولوجية أو فينولوجية إلى جانب تقييم الحالة الصحية لها من حيث تحديد الأمراض و درجة المقاومة لها و ذلك لمدة 1-2 سنة، و بعدها يتم فرز المدخلات حسب الصفات الاقتصادية و التأقلم مع الظروف البيئة السائدة، و تستبعد غير المقاومة للأمراض و غير المتأقلمة مع البيئة السائدة، أما ما يحمل منها صفات نوعية جيدة مع إنتاجية متدنية فيحتفظ به بهدف استخدمه لاحقاً في برامج التحسين الوراثي.

2- يستمر في تقييم المدخلات الوراثية التي تثبت أنها مبشرة في الخطوط السابقة بدراستها لمدة 3-6 سنوات و تجرى عليها بعض الاختبارات الخاصة للمقاومة للأمراض و الحشرات و دراسة الإنتاجية مع الأصناف المعتمدة. في حال تفوق المدخل الجديد على الأصناف الزراعية المعتمدة يتم إدخالها في تجارب مقارنة الإنتاجية الموسعة في عدة مناطق بيئية، فإذا ثبت تفوقه يتم إكثاره و توزيعه كصنف جديد يعطى له اسم جديد، أما في حال كون المصدر الوراثي المدخل يحتوي فقط على بعض الصفات الاقتصادية الهامة

مثل مقاومة مرض أو حشرة ما، أو يتمتع بمحتوى عال من البروتينات أو الفيتامينات مثلاً مع إنتاجية متدنية، في هذه الحالة يستخدم المدخل في التهجين بهدف نقل الصفة المرغوبة منه إلى أحد الأصناف التجارية الجيدة في خواصها و لكن تنقصها الصفة المذكورة.

- وسيتم في هذا البحث التركيز على طريقتي الانتخاب والتهجين بشكل مفصل أما طرق التحسين الأخرى فستدرس في فصول أخرى.

ثانياً . الانتخاب في المحاصيل ذاتية الإلقاح Selection.

استعمل الإنسان طريقة الانتخاب في تربية النباتات ذاتية الإلقاح من قديم الزمن، حيث كانت هي الطريقة الوحيدة المستعملة إلى وقت حديث نسبياً عندما اكتشف العلماء طريقة التهجين في القرن التاسع عشر، ويمكن القول بأن الانتخاب هو العملية الأساسية في تربية المحاصيل طالما وجدت التباينات الوراثية اللازمة لإجراء العملية.

والانتخاب سواء كان طبيعياً أو صناعياً بواسطة الإنسان، هو عملية يمكن بواسطتها عزل نباتات فردية أو مجموعات من النباتات، وذلك من مجموع مكون من خليط من الأفراد أو المجموعات النباتية المختلفة الصفات الوراثي ة، إذ لا يمكن أن ينجح الانتخاب كما سبق القول إذا جرى في مجموع خال من التباينات، وتكون فيه كل النباتات متماثلة وراثياً، تجري عملية الانتخاب في برامج التربية بطريقتين:

1 –الانتخاب الإجمالي Mass-selection:

الانتخاب الإجمالي هو انتخاب عدد كبير من النباتات من الحقل بحيث تكون هذه النباتات متشابهة مظهرياً، وتحصد معاً ثم تخلط بذورها معاً، وتستعمل كتقاوي للجيل التالي، وتكرر نفس العملية جيلاً بعد جيل حتى نحصل في النهاية على صنف يكون أقرب ما يكون إلى صفات النموذج المطلوب. و على ذلك فإن

الانتخا ب الإجمالي يؤدي إلى إيجاد مجموعة مختلطة من عدة سلالات نقية Mixture of pure lines تتوقف درجة تفوقها على مدى نجاح المربي في الحكم عليها كمجموعة، دون أن يتمكن من دراسة صفات كل سلالة على حدة، ثم انتخاب أفضلها كما هو الحال في طريقة انتخاب النباتات الفردية كما سيأتي ذكرها فيما بعد.

إن الأصناف الجديدة الناتجة بهذه الطريقة سوف تكون نقية بالنسبة للصفات الظاهرية التي يمكن أن تؤخذ كمقياس لنقاوة الصنف مثل شكل الأوراق والثمار أو لون البذور والأزهار أو وجود السفا في القمح أو موعد النضج وغيرها من الصفات الظاهرية، أما الصفات الكمية الأخرى التي لا يمكن تميزها في الحقل مثل عدد ووزن الثمار و البذور، طول النبات، حجم النبات، وغيرها من الصفات الكمية بالإضافة لصفات الجودة، فهذه قد تختلف فيها النباتات والسلالات التي يحتوي عليها الصنف، وعلى ذلك فانتخاب النباتات بهذه الطريقة يعتمد أساساً على الشكل الظاهري فقط ، وتخلط البذور معاً دون اختبار النسل لكل نبات منتخب لأن الغرض من هذه العملية هو رفع مستوى الصنف بانتخاب وتجميع التراكيب الوراثية الموجودة أصلاً في الصنف القديم واستبعاد التراكيب الوراثية التي يبدو أنها أقل جودة من ناحية أو عدة نواحي معينة واضحة.

وتتوقف نتيجة الانتخاب الإجمالي على حالة الصنف الذي بدئ فيه بالانتخاب، فإذا كان الصنف غير نقي، أي خليط من عدة تراكيب وراثية ممتازة ومتوسطة و رديئة فإن مدى التحسين يظهر بسرعة ويكون الانتخاب الإجمالي في هذه الحالة فعالاً ومن أسهل الوسائل لرفع مستوى الصنف. أما إذا كان الصنف على درجة عالية من النقاوة ، فإن أثر الانتخاب الإجمالي يكون ضئيلاً في كل جيل ، وفي هذه الحالة يحتاج الأمر إلى الاستمرار بالانتخاب الإجمالي عدداً كبيراً من السنوات قبل أن يظهر له تأثير ملموس في تحسين للحصول.

والبرنامج العام للتربية بهذه الطريقة يتلخص فيما يلي:

. السنة الأولى : ينتخب عدد قد يصل إلى بضع مئات أو آلاف من النباتات المتشابهة في أشكالها الظاهرية التي تتمتع بصفات جيدة ومرئية للمربي. تحصد هذه النباتات وتخلط بذورها معاً.

. السنة الثانية: يزرع خليط البذور من النباتات المنتخبة في تجارب مقارنة مبدئية، لمقارنتها بالأصناف التجارية المعتمدة بما فيها الصنف الأصيل الذي انتخبت منه النباتات، وأثناء نمو هذه النباتات تدون ملاحظات على النمو و ارتفاع النباتات وصفات الرقاد ومقاومة الآفات والبرودة والحرارة بالإضافة لصفات الجودة وغيرها من الملاحظات التي يمكن أخذها وقت نمو وتطور المحصول. وذلك لمقارنة الصنف المنتخب الجديد بالأصناف القديمة في التجربة.

. السنة الثالثة إلى السنة السادسة يستمر إجراء تجارب مقارنة كمية المحصول ومقاومة الآفات مع الأصناف الرئيسية، للتأكد من تفوق الأصناف الجديدة عليها، من ناحية الإنتاج والموافقة للبيئة.

. السنة السابعة: بعد التأكد من تفوق الصنف الجديد، من خلال نتائج تجارب المقارنة بالسنوات السابقة، تبدأ عملية الإكثار وتوزيع التقاوي على المزارعين.

توجد بعض نقاط الضعف في الانتخاب الإجمالي، إذا استعمل كطريقة لإنتاج أصناف جديدة من المحاصيل ذاتية الإلقاح وأهمها:

1- ليست هناك وسيلة لمعرفة ما إذا كانت النباتات المنتخبة أصيلة أم خليطة وراثياً، حيث إن النباتات الخليطة سوف تنعزل في الجيل الثاني للانتخاب، مما يترتب عليه ضرورة الانتخاب الإجمالي مرة أخرى.

2–من المعروف أن الظروف البيئي ة تؤثر على مظهر النباتا ت وتكوينها. وفي الانتخاب الإجمالي سوف لن نتمكن من التوصل إلى معرفة هل تفوق النباتات المنتخبة حسب الشكل الظاهري راجع إلى عوامل الوراثة أم البيئة.

وتستعمل طريقة الانتخاب الإجمالي في الوقت الحاضر كطريقة من طرق تنقية تقاوي الأصناف الرئيسية الموجودة فعلاً والمحافظة عليها من التدهور والخلط، وهذا الاستعمال يعد أكثر أهمية من الاستعمال لغرض الحصول على أصناف جديدة.

فعند الرغبة في تنقية صنف جيد منتشر، ينتخب بضع مئات من النباتات التي تبدو من مظهرها أنها تمثل الصنف بصفاته المميزة، ثم يزرع نسل كل نبات على حدة في العام التالي، وتلاحظ النباتات النامية بدقة خصوصاً في الأطوار الحساسة للنمو التي يمكن فيها تمييز نباتات غريبة تكون قد ظهرت نتيجة للطفرات أو التلقيح الطبيعي أو الخلط الميكانيكي ، وتستبعد من الحقل أولاً بأول كلما أمكن تمييزها ، والمتبقي بعد ذلك يحصد ويخلط بذوره لتكوين نواة لإكثار تقاوي نقية للصنف الذي كان قد بدأت تظهر فيه علامات التدهور.

2 –انتخاب النباتات الفردية:Individual or single plant selection

تستعمل طريقة انتخاب النباتات الفردية كوسيلة هامة لتربية أصناف محسنة من المحاصيل ذاتية الإلقاح وهي تعد تطبيقاً لنظرية السلالة النقية التي وضعها العالم Johannsen عام 1926م ، وتعرف السلالة النقية بأنها النسل الناتج من فرد واحد أصيل وراثياً وذاتي الإلقاح، وهذه السلالة تحتوي على أفراد متماثلة تماماً في شكلها ومظهرها وتركيبها الوراثي طالما لم يحدث أثناء التكاثر ما يغير من هذا التركيب. و قد استعملت نظرية السلالة النقية في تربية النباتات بطريقة عملية قبل أن يعرف اسمها العلمي. ولكنها لم توضع على أساس علمي متين ولم تستعمل بصورة منظمة فعالة في تحسين المحاصيل ذاتية ا لإلقاح إلا بعد اكتشاف نظرية

السلالة النقية، وقد أثبت Johannsen أن الأصناف الزراعية في حالة المحاصيل ذاتية الإلقاح تتكون عادة من خليط من عدة سلالات نقية مختلفة .وأنه كثيراً ما توجد فروق جوهرية بين هذه السلالات فيما يتعلق بصفاتها المورفولوجية والفسيولوجية ومنها كمية المحصول. كما أثبت Johannsen أنه بما أن جميع أفراد السلالة النقية الواحدة تشترك في كونها ذات تركيب وراثي أصيل واحد فإن الفروق التي تشاهد بين أفراد السلالة الواحدة في صفة من الصفات هي في الواقع فروق أو صفات بيئية أي غير وراثية، و بالتالي لا تورث، وبناءً على ذلك فإن الانتخاب داخل السلالة النقية الواحدة عديم الفائدة وغير مجدي في رفع مستوى أي صفة من الصفات عن مستواها في السلالة النقية الأصلية مهما تكرر الانتخاب لأي عدد من الأجيال المتتالية، إلا إذا تصادف خلال هذه الانتخابات أحد أمرين : ظهور طفرة وراثية ممتازة أو ظهور هجين طبيعي ممتاز ناتج عن التلقيح الخلطي الطبيعي في ذاتيات الإلقاح.

وقد سبق القول : إن جميع النتائج تعزى مباشرة إلى الإلقاح و الإخصاب الذاتي الطبيعي المتكرر في حالة المحاصيل ذاتية الإلقاح الذي يؤدي بطريقة آلية إلى التخلص من التراكيب الوراثية الخليطة وإلى تكوين عشيرة من النباتات الأصيلة وإن تكن غير متجانسة، أي نباتات كلها أصيلة ولكن العشيرة تحتوي على عدد كبير من التراكيب الوراثية الأصيلة المختلفة(2ن). هذه يتوقف عددها أولاً على عدد أزواج العوامل الوراثية الحرة(ن) وثانياً على قدرة السلالات المختلفة على البقاء ومقاومة ظروف البيئة المعاكسة. وبما أن أي نبات في هذه المحاصيل يكون عادة أصيلاً، فإن نسله يكون مباشرة سلالة أصيلة متجانسة التركيب الوراثي، أي سلالة نقية، وبمعنى آخر فإن انتخاب نباتات فردية من بين الأصناف الزراعية لهذه المحاصيل، يؤدي فعلاً إلى عزل سلالات نقية مختلفة، ولهذا السبب تعرف طريقة انتخاب النباتات الفردية أيضاً باسم طريقة انتخاب السلالة النقيةPure line

selection، كما تعرف أيضاً، باسم طريقة انتخاب النسب pedigree selectionوذلك نظراً لما تتطلبه من حفظ سجل نسب لكل نبات منتخب ونسله.

وفيما يلي خطوات برنامج عام لتنفيذ طريقة انتخاب السلالات النقية :

تتلخص هذه الطريقة في حالة المحاصيل ذاتية الإلقاح في أربع خطوات :

1 –انتخاب عدة مئات من النباتات ممتازة الصفات من بين نباتات المحصول التي يمكن للمربي أن يميزها من خلال شكلها المظهري.

2 –زراعة البذور الناتجة من كل من نبات منتخب على حدة في الجيل التالي وفي الأجيال المتتالية.

3 –مقارنة السلالات النقية الناتجة مقارنة دقيقة من حيث صفاتها الاقتصادية وخصوصاً صفة كمية المحصول.

4 –اختيار أفضل السلالات للتوزيع على المزارع.

ولو أن الأسس العلمية التي بنيت عليها هذه الطريقة سهلة وبسيطة إلا أن تطبيقها لتربية أصناف جديدة محسنة يستلزم مجهوداً كبيراً وعناية فائقة في تصميم وتنفيذ تجارب مقارنة السلالات المختلفة، وتستغرق هذه المقارنة وخصوصاً فيما يتعلق بمقارنة كمية المحصول الجزء الأكبر من وقت ومجهود المربي وفي العادة لا تقل المدة التي تمضي بين ابتداء انتخاب النباتات الفردية حتى توزيع الصنف الجديد على المزارعين من 7–10 سنوات.

نبين فيما يلي الخطوات العملية المتبعة في التربية لهذه الطريقة:

– السنة الأولى : ينتخب عدد كبير من النباتات الفردية الممتازة التي تقترب صفاتها من النموذج المرغوب (عدة مئات أو ألف نبات).

– السنة الثانية : تزرع25 – 50 بذرة من كل نبات منتخب في خط فردي خاص.

- Single Plant or plant to Row وتجمع بذور نباتات كل خط معاً in bulk وتستبعد كل الخطوط التي يتضح عدم صلاحية نباتاتها أو مخالفتها للنموذج المرغوب، وتتكرر هذه العملية الأخيرة في جميع السنوات التالية والمعتاد أن يكون الإنتخاب قاسياً خلال السنتين الثانية والثالثة تسهيلاً للعمل في السنوات التالية.
- السنة الثالثة : يبدأ العمل بتجارب أولية لمقارنة محصول السلالات المختلفة، وتدرس خطوط كل سلالة من حيث صفاتها النباتية والزراعية الهامة مثل تاريخ الانبات، الإشطاء، التسنبل، النضج، ارتفاع النبات، درجة التفريع القاعدي، مقاومة الرقاد وذلك في حالة محاصيل الحبوب.

كما يمكن البدء بعمل اختبارات مقاومة الأمراض بالطريقة التالية :

1-تزرع خطوط قصيرة أو قطع صغيرة أخرى من كل سلالة في حديقة الأمراض.

2-تعمل عدوى صناعية بالمرض إما على خطوط السلالات نفسها مباشرةً أو على خطوط خارجية Border Rows، حيث تزرع بأصناف قابلة للإصابة بالأمراض مثل الصدأ والتفحم، أو تزرع السلالات في أرضٍ معدية صناعياً أو طبيعياً كما في حالة أمراض الذبول أو تعفن الجذور أو الديدان الثعبانية.

- السنة الرابعة إلى السنة السادسة : تجرى تجارب مقارنة الصفات الهامة وكمية المحصول للسلالات المختلفة المتبقية بعد السنة الثالثة، ويجب أن تقتصر هذه المقارنة على السلالات المبشرة، وذلك بزراعتها في تجارب مقارنة المحصول المصغرة في قطع ذات خط واحد أو ثلاثة خطوط، مع ضرورة عمل مكررات كافية من كل سلالة، ويختلف عدد السلالات التي

تكرر فيها هذه المقارنة حسب المحصول و الغرض من برنامج التربية، كما تجرى في هذه المدة الاختبارات التالية:

1- الاستمرار في عمل اختبارات مقاومة الأمراض والحشرات في الأرض المخصصة لهذا الغرض.

2- تختبر صفات الجودة في السلالات المختلفة على نباتات الخطوط الخارجية، وعلى أساس نتائج هذه المقارنات مجتمعة تنتخب أفضل السلالات لكي تجرى عليها تجارب مقارنة المحصول في مساحة أوسع في السنوات التالية :

- السنة السابعة إلى السنة التاسعة: تختبر السلالات القليلة المتبقية في تجارب مقارنة كمية المحصول المصغرة لمقارنة المحصول في مساحات أكبر مع عمل مكررات كافية في كل سلالة حسب القواعد الإحصائية في إجراء التجارب الزراعية.

-السنة العاشرة : ينتخب عدد من المزارعين النشيطين والموثوق بهم في مناطق بيئية متنوعة، تجرى لديهم تجارب لمقارنة السلالات المحسنة بالأصناف المزروعة الشائعة، ثم يجري إكثار بذار السلالات المحسنة وتوزيعها على المزارعين.

في بعض الحالات تقل المدة اللازمة لإنتاج صنف معين جديد بهذه الطريقة عن المدة المقررة وذلك بحسب الصفة أو الصفات التي يعمل عليها المربي.

يتضح مما تقدم أن التربية بواسطة انتخاب النباتات الفردية للمحاصيل ذاتية الإلقاح تعتمد أساساً على التصنيفات الوراثية الطبيعية الموجودة في أصناف هذه المحاصيل، ولهذا السبب يلجأ المربي إلى جمع أكبر عدد ممكن من الأصناف من محطات التربية المحلية و الأجنبية كخطوة أولى في جميع برامج التربية حتى يضاعف عدد التراكيب والتصنيفات الوراثية الطبيعية التي

ينتخب منها، ولو أنه من غير الممكن دائماً الحصول على جميع الصفات المرغوبة في سلالة نقية واحدة باستعمال طريقة انتخاب السلالات النقية، فقد نحصل على عدة سلالات ممتازة في أكثر صفاتها و لكن ينقصها صفة أو أكثر من الصفات الهامة الواجب توفرها في مثل هذه الحالات لا بد من اللجوء إلى التهجين لإضافة الصفات الخاصة الناقصة و الوصول إلى سلالة تتوفر فيها الصفات المرغوبة، ويتوقف مدى النجاح في استعمال طريقة انتخاب النباتات الفردية في تحسين المحاصيل ذاتية ا لإلقاح على مستوى الأصناف الموجودة في هذه المحاصيل.

ففي حالة الأصناف الزراعية التي لم تجري عليها عمليات تربية سابقة على نطاق واسع فإنها تحتوي على عدد كبير من السلالات النقية التي قد تتباين فيما بينها تبايناً كبيراً في صفاتها الاقتصادية، وفي هذه الحالة تعد طريقة انتخاب النباتات الفردية وسيلة سريعة وفعالة لعزل سلالة نقية ممتازة من مثل هذه الأصناف التجارية، وهي الطريقة التي يحتم المنطق استعمالها في هذه الحالة، أما في حالة الأصناف المحسنة التي نشأت نتيجة لعمليات تربية حديثة فإنها عادة تتكون من عدد قليل من السلالات النقية الممتازة و المتشابهة الصفات، ولهذا فإنه لن يكون من السهل باستعمال طريقة انتخاب النباتات الفردية عزل سلالات جديدة أكثر امتيازاً من الأصناف المحسنة الأصلية، في هذه الحالة يقف مجال التحسين بهذه الطريقة، ويلجأ المربي إلى طرق أخرى، هذا ومن المؤكد أن عدد الأصناف الجديدة المحسنة التي نشأت بهذه الطريقة حتى الآن يفوق عدد الأصناف التي نشأت باستعمال أي طريقة أخرى من طرق التربية، وقد نشأت أصناف عديدة من محاصيل القمح و الشعير و الأرز و الذرة الرفيعة وفول الصويا و التبغ وغيرها نتيجة لاستعمال هذه الطريقة.

ثالثاً : التهجين في المحاصيل ذاتية الإلقاح hybridization or crossing in self pollinated crops

يلجأ المربي إلى التهجين بعد أن يصبح الانتخاب عاجزاً عن تحقيق رغبات ه في الوصول إلى إنتاج أعلى ونوعية أفضل وبعد أن يكون قد استفاد من الاختلافات الموجودة ضمن الصنف أو ضمن المجتمع وقد تحدثنا عن التهجين و أنواعه و الغرض منه وكيفية إجراء التهجين وانتقاء الآباء في برامج التهجين في الفصل الثالث بالتفصيل وسنتعرض لاحقاً لمراحل وخطوات تنفيذ التهجين المستقيم و الرجعي في برامج التحسين الو راثي عند ذاتيات الإلقاح.

برنامج التربية بطريقة التهجين المستقيم : – straight crossing in self pollinated crops

طريقة النسب: pedigree method

تتبع في هذه الطريقة ابتداءً من الجيل الثاني نظام حفظ سجلات نسب لكل نبات منتخب ونسله، بحيث يمكن في أي وقت تتبع نسب أي نبات من جيل إلى جيل بطريقة مشابهة لما هو متبع في التربية بطريقة انتخاب النباتات الفردية ، وفيما يلي الخطوات العملية المتبعة في التربية بهذه الطريقة في حالة محاصيل الحبوب :

السنة الأولى : اختيار الأبوين وتهجينهما.

السنة الثانية : الجيل الأول F1 .

أ – تزرع البذور الناتجة من التهجين، أي بذرة الجيل الأول متباعدة عن بعضها، ويعتنى بتسميدها و المحافظة عليها من الأمراض و الحشرات كي نضمن الحصول على أكبر محصول من البذور في الجيل الثاني، يلاحظ أن نباتات الجيل الأول كلها متشابهة في الصفات لأنها ذات تركيب وراثي واحد

، ولذلك لا يجري عليها أي انتخاب، وتدرس صفات نباتات الجيل الأول كله وتقارن بصفات الأبوين لمعرفة الصفات السائدة والمتنحية وتستبعد فقط النباتات التي تدل صفاتها على أنها ليست هجينة (وتكون نسبتها قليلة من 1–3% تقريباً).

ب – تحصد بذور كل نبات على حدة وتفحص الحبوب الناتجة في المختبر وتستبعد الحبوب المشكوك في صفاتها، وتجمع بقية الحبوب معاً وتكون هذه البذور بذور الجيل الثاني(F2 SEED) ، وعادة تجمع معاً البذور الناتجة من التهجين المعاكس reciprocal cross.

السنة الثالثة : الجيل الثاني F2

أ – تزرع من 500 – 10000 نبات في الجيل الثاني حسب عدد العوامل الوراثية التي يختلف فيها الأبوان ويزرع كل نبات منفرداً ويعطى له رقم مستقل، ويختلف عدد الخطوط اللازمة للجيل الثاني حسب عدد النباتات المزروعة، ويزرع بينها للمقارنة خطوط من نباتات الأبوين وأحسن صنف تجاري شائع، وتكون هذه الخطوط كل 10–30 خط في حقل التربية.

ب – تنتخب النباتات المرغوبة، ويجب أن لا يقل عددها عن 5%، ولا يزيد عادة عن 20% من عدد نباتات الجيل الثاني. تحصد كل النباتات المنتخبة على حدة وتفحص حبوبها بالمقارنة بحبوب الأبوين، ويستبعد منها على أساس صفات الحبوب حوالي 25–50% من النباتات التي لا تتفق صفات حبوبها مع الصفات المطلوبة ويلاحظ في الانتخاب أن معظم نباتات الجيل الثاني خليطة، وأنه إذا كانت الصفة المرغوبة سائدة فإنه يمكن انتخابها مباشرة في الجيل الثاني وفي هذه الحالة يترك للجيل الثالث الحكم على ما إذا كان النبات المنتخب أصيلاً أم خليطاً لهذه الصفة إلا إذا تصادف وجودها في بعض النباتات بحالة أصيلة.

ج – عادة يبدأ بعمل اختبارات مقاومة الأمراض في الحقل الخاص بذلك disease nursery ابتداءً من الجيل الثاني، وذلك بتعريض النباتات للعدوى الصناعية، ويكرر ذلك في الأجيال التالية حتى يقتصر الانتخاب على النباتات المقاومة للأمراض فقط مع توفر الصفات الأخرى بها.

السنة الرابعة: الجيل الثالث :F 3

تزرع البذور الناتجة من كل من النباتات المنتخبة في الجيل الثاني في خط فردي خاص Single plant row ، ويحتوي الخط على 20–25 نباتا، وعادة يزرع من 100–1000 من هذه الخطوط في الجيل الثالث والأجيال التالية حسب عدد النباتات المنتخبة في الجيل السابق، ويزرع معها خطوط من كل من الأبوين وأصناف المقارنة.

وتقيم خطوط النباتات الفردية من حيث الصفات التالية :

أ– تاريخ بدء ظهور السنابل – ظهور 75% من السنابل– مقدار التفريع القاعدي– الإصابة بالأمراض والحشرات – قابلية الرقاد وتاريخ نضج 75% من السنابل – انتظام صفات السنابل وانتظام النضج – المقدرة الظاهرية للمحصول.

ب– يجري الانتخاب على أساس الخطوط أولاً وتستبعد نهائياً كل الخطوط التي يتضح عدم صلاحية نباتاتها من حيث الصفات السابقة، وتنتخب أحسن النباتات (أي من 3–5 نباتات) في كل خط من الخطوط المنتخبة الباقية، ويجري حصاد كل نبات على حدة وتفحص حبوبها للتأكد من صفاتها من حيث الشكل والحجم واللون ودرجة الامتلاء، وتحفظ حبوب كل من النباتات المنتخبة على حدة.

ج- وأحياناً يبدأ بعمل اختبارات كمية المحصول مبكراً، بأن تحصد بقية النباتات في كل من 20-30 خطاً الممتازة في تجارب مصغرة لكمية المحصول.

السنة الخامسة : الجيل الرابع: F4

تتبع نفس الخطوات السابقة في الجيل الثالث فيما عدا أن النباتات المنتخبة تكون عادة أقل مما في الجيل الثالث.

السنة السادسة: الجيل الخامس: F5

أ- تتبع كما الخطوات السابقة في الجيل الثالث و الرابع ويلاحظ أنه في هذا الجيل تكون السلالات قد وصلت إلى درجة عالية من النقاوة.

ب- تنتخب الخطوط التي تحتوي على الصفات المرغوبة ويجرى حصادها نباتاً نباتاً على حدة ثم تفحص حبوبها فإذا اتضح انتظام صفاتها وتشابهها تجمع بذور كل خط معاً In bulk ويمكن اعتبارها في هذه الحالة نوية أو بداية للسلالة أو الصنف الجديد أي أن كلاً من السلالات الجديدة عبارة عن تجميع بذور أحد الخطوط الممتازة في الجيل الخامس وأحياناً تؤجل هذه العملية للجيل السادس (كل من هذه الخطوط ناتج من حبوب أحد النباتات المنتخبة في الجيل الرابع).

ج- تجرى اختبارات صفات الجودة أولاً بأول كلما أمكن وأحيانا قد يمكن البدء بهذه الخطوة في الجيل الثاني ولكن الغالب تأجيل هذه الاختبارات إلى الأجيال التالية حتى تتوفر كمية من البذور وأحياناً يقتصر إجراء هذه الاختبارات على السلالات النقية فقط أي في الجيل الخامس أو السادس السنة السابعة حتى السنة الثانية عشرة : مقارنة السلالات الجديدة حيث تجرى تجارب مقارنة كمية المحصول المصغرة والمكبرة ويجري إكثار الصنف

الذي يقع عليه الاختيار على المزارعين بنفس الطريقة السابق ذكرها في التربية بواسطة انتخاب النباتات الفردية.

مزايا طريقة النسب:

1- تمكن هذه الطريقة المربي من تتبع النباتات والإحاطة بصفات كل منها جيلاً بعد جيل وبذلك يستطيع انتخاب النباتات الممتازة واستبعاد النباتات غير المرغوبة خلال الأجيال الانعزالية الأولى وذلك دون الحاجة إلى الانتظار حتى الأجيال المتأخرة كما في طريقة التجميع كما أنه سيكون متأكداً من أن السلالات الجديدة التي سيحصل عليها تحتوي فعلاً على الصفات المرغوبة التي يريدها في الصنف الجديد.

2- يمكن في هذه الطريقة البدء بعمل تجارب مقارنة المحصول بين السلالات المختلفة أكثر تبكيراً مما في طريقة التجميع.

3- يمكن القيام بدراسات إضافية على وراثة الصفات الهامة المختلفة على جزء من نباتات الجيل الثاني والجيل الثالث بدون أي نفقات إضافية حيث لا يمكن إجراء ذلك في حالة طريقة التجميع.

عيوب طريقة النسب:

العيب الوحيد هو كثرة ما تتطلبه من مربي النباتات من وقت وجهود ونفقات حيث إنها تستلزم حفظ سجلات نسب لكل من النباتات الفردية ونسلها على حدى.

طريقة التجميع: Bulk or mass population method

استعملت هذه الطريقة لأول مرة في محطة تجارب بالسويد، ومنها انتقلت إلى عدد كبير من المحطات الأخرى، ولا تختلف هذه الطريقة عن طريقة النسب في السنتين الأوليتين من حيث اختيار الأبوين وتهجينهما وزراعة الجيل الأول. ولكن ابتداء من الجيل الثاني حتى الجيل السادس عادة تزرع النباتات كلها جملة في قطعة واحدة من الأرض ثم يجري حصادها ودراستها وتجميع بذورها معاًIn bulk دون تمييز نباتات فردية أو حفظ سجلات لكل منها خلال هذه الأجيال ، والغرض من ذلك هو أن تعطى الفرصة لعوامل الانتخاب الطبيع ي Natural selection خلال هذه الأجيال الانعزالية، للتخلص من النباتات غير الصالحة التي لا تلائمها الظروف الجوية والقابلة للإصابة بالإمراض والحشرات (وأحيانا تعمل عدوى صناعية من الأمراض في الأرض المخصصة لهذه النباتات تحقيقا لهذا الغرض) دون أي تدخل من مربي النبات.

وفي الجيل السادس تكون أغلبية النباتات المتبقية قد أصبحت أصيلة في معظم عواملها الوراثية وتكون موزعة بين عدد من السلالات النقية المختلفة وعندئذ فقط يبدأ بعمل انتخاب للنباتات الفردية واختبار ومقارنة السلالات الناتجة في الأجيال التالية بالطريقة السابق شرحها بالتربية بانتخاب النباتات الفردية.

مزايا طريقة التجميع:

تعتمد هذه الطريقة على حدوث الانتخاب الطبيعي خلال الأجيال الانعزالية ولذلك فهي لا تتطلب مجهوداً كبيراً من المربي ولا تحتاج لحفظ سجلات تفصيلية عن النباتات الفردية ونسلها خلال هذه المدة، ولهذا السبب يفضلها بعض مربي النباتات الذين يرغبون في استعمال التهجين في التربية ولكن وقتهم لا يسمح بدراسة النباتات الفردية خلال الأجيال الانعزالية الأولى ونظراً للسهولة التي يمكن بها رعاية وملاحظة عدد كبير من الهجن المختلفة بهذه الطريقة فإنه يمكن

بلتباعها زراعة عدد كبير من الهجن خلال الأجيال الانعزالية أكبر مما يمكن زراعته في طريقة النسب.

عيوب طريقة التجميع:

1- بما أن مربي النبات لا يقوم بنفسه بأي انتخاب للنبات خلال الأجيال الانعزالية بل يعتمد في ذلك على عوامل الانتخاب الطبيعي وحدها فإن نسبة كبيرة من النباتات في الجيل السادس مثلاً ستكون من طرز لا تتوفر فيها جميع الصفات المرغوبة التي ينشدها المربي في الصنف الجديد و يكون عدد هذه النباتات أكبر بكثير منه في طريقة النسب التي يباشر فيها المربي بانتخاب النباتات الفردية بدقة ابتداءً من الجيل الثاني وفي جميع الأجيال التالية، ولهذا فإنه من الضروري في طريقة التجميع انتخاب عدد كبير من النباتات الفردية في الجيل السادس لكي يختبر نسلها في الأجيال التالية وهذا العدد أكبر مما يلزم اختباره في حالة طريقة النسب في الجيلين الخامس والسادس.

2- ثبت من الدراسات الحديثة أنه ليس من الضروري أن تكون السلالات المتبقية من الجيل السادس بعد فترة الانتخاب الطبيعي هي أوفر السلالات محصولاً أو أحسنها صفاتٍ بل إنه كثيراً ما يحدث أن يتلاشى وينقرض عدد من السلالات المرغوبة خلال فترة الانتخاب الطبيعي نتيجة لعدم تحملها منافسة Competition سلالات أخرى قد لا تكون صفاتها مرغوبة ولكنها تتصف بكونها متعدية Aggressive كائناً ما كانت عوامل ومسببات هذه الصفة في النباتات.

التهجين الرجعي Back crossing

تستعمل طريقة التهجين الرجعي منذ زمن كبير في تربية الحيوان لتثبيت الصفات المرغوبة في سلالات الحيوانات الزراعية ، وأول من اقترح استعمالها في تربية النبات هما Harlan and Pope في وزارة الزراعة الأميركية عام 1922،

وأول من طبقها فعلاً وأثبت فائدتها في التربية على نطاق واسع هو برجز Briggs في جامعة كاليفورنيا.

تستعمل هذه الطريقة عندما يراد نقل صفات خاصة محدودة العدد (صفة أو صفتين مثلاً يحكم كل منها زوج أو زوجين من العوامل الوراثية على الأكثر) ، من صنف ما إلى صنف تجاري تتوفر فيه جميع الصفات المرغوبة الأخرى ، ولكن تنقصه هذه الصفات الخاصة بالذات بحيث يكون الصنف المحسن الجديد عبارة عن الصنف التجاري الأصلي في جميع صفاته تقريباً ما عدا الصفة أو الصفتين التي كانت تنقصه و أضيفت إليه من الصنف الآخر.

فإذا فرض أن لدينا الصنف (آ) وهو صنف زراعي تجاري ممتاز ولكن تنقصه صفة واحدة كمقاومة أحد الأمراض ، وهذه الصفة موجودة في صنف آخر (ب). فإن التربية بطريقة التهجين الرجعي، تتلخص في هذه الحالة في تهجين الصنفين (آ × ب) ثم تهجين الجيل الأول والأجيال الرجعية التالية تهجيناً رجعياً إلى الصنف التجاري (آ) الذي يراد نقل الصفة إليه، ويطلق عليه اسم الأب الرجعي Recurrent parent ثم مباشرة الانتخاب للصفة التي يراد نقلها من الصنف الآخر

(ب) الذي يطلق عليه اسم الأب غير الرجعي Non recurrent parent ، وفي نهاية عملية التهجين الرجعي يكون العامل أو العوامل الخاصة بالصفات المطلوب نقلها إلى الصنف خليطة Heterozygous بعكس جميع العوامل الأخرى التي تكون كلها قد تحولت إلى الحالة الأصيلة، وعلى ذلك تبدأ بعد آخر تهجين رجعي عملية تلقيح ذاتي مع الانتخاب لتحويل هذه الصفات الخليطة إلى أصلية ، وفي النهاية نحصل على صنف جديد يشبه تماماً الصنف القديم (آ) في كل شيء من موافقة البيئة وكمية محصول وصفات جودة وغيرها، وذلك بالإضافة إلى الصفة أو الصفتين التي نقلت إليه من الصنف الآخر (ب) اللتين جعلتاه متفوقاً ومحسناً عن الصنف الأصلي القديم الذي بدأت به العملية كأب رجعي .

وعلى ذلك يكون الغرض من طريقة التهجين الرجعي كما هو واضح ، هو استعادة التركيب الوراثي الجيد للأب الرجعي بعد إضافة عامل أو عوامل صفة مرغوبة تكون موجودة في الأب غير الرجعي.

العوامل التي تؤثر على تنفيذ طريقة التهجين الرجعي :

من الوجهة العلمية يتوقف تنفيذ أي برنامج للتربية بهذه الطريقة على ما يأتي :

1 –عدد الصفات المراد نقلها إلى الأب الرجعي وعدد العوامل الوراثية التي تتحكم في هذه الصفات . فإذا كان المطلوب نقل عدة صفات مختلفة إلى الصنف التجاري ، فيجب عمل برنامج مفصل لكل منها على حدة ، وبعد نجاح نقلها وتثبيتها تهجن السلالات الجديدة مع بعضها لجمع التراكيب المرغوبة معاً .

2 –كون الصفة المراد نقلها سائد أم متنحية .

آ – إذا كانت الصفة سائدة :

1 – يجري الانتخاب لهذه الصفة في الأجيال الرجعية نفسها لأن الصفة سائدة .

2 – ثم يتبع ذلك بالتلقيح الذاتي مدة 2 – 3 أجيال لتأصيل عوامل الصفة و الانتخاب ثانية في السلالات الناتجة للتأكد من الحصول على الصفة المراد نقلها في حالة أصيلة قبل أن يجري تهجين رجعي آخر.

و المخطط الآتي يوضح مراحل نقل صفة سائدة عبر برنامج التهجين الرجعي.

الأب غيرالرجعي AA×aa الأب الرجعي

F1 Aa

تهجين رجعي

Aa× aa

النسل Aa: aa

يستبعد

إخصاب ذاتي

Aa:2Aa : aa

يستبعد يزرع كل نبات على حدة

في خط وتلقيح ذاتياً

خطوط بها انعزال خطوط أصلية تنتخب

تستبعد هذه الخطوط وتهجن رجعياً

ب- إذا كانت الصفة متنحية :

1- لا يمكن الانتخاب لهذه النباتات في الجيل الرجعي لأنها متنحية .

بل يجب أولاً أن يخصب الجيل الأول ذاتياً حتى تنعزل النباتات المتنحية.

2-ثم يجري انتخاب النباتات المتنحية (الأصيلة) في الجيل التالي قبل أن يجري تهجين رجعي آخر.

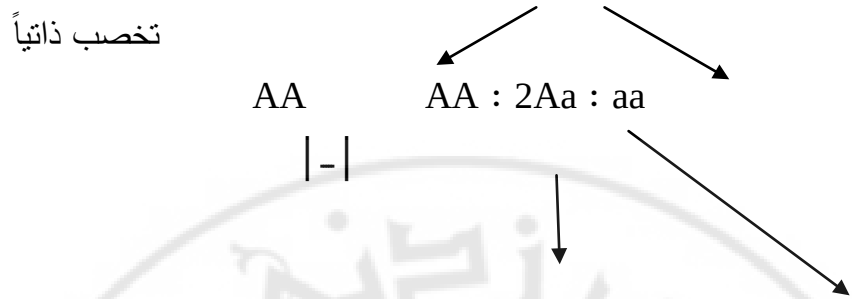
و المخطط الآتي يوضح مراحل نقل صفة متنحية عبر برنامج التهجين الرجعي.

الأب الرجعي aa x AA الأب غير الرجعي

Aa

التهجين الرجعي الأول Aa x AA

الجيل الرجعي الأول 1Aa : 1AA لا يمكن الانتخاب هنا



3- وجود ارتباط بين عوامل الصفة المراد نقلها من الأب غير الرجعي وصفات أخرى في الأب الرجعي، فمثلاً إذا فرضنا أن هناك ارتباطاً بين زوجي العوامل AaBb وأن نسبة العبور بينهما 10% ، وان الأب الرجعي تركيبه $\frac{Ab}{Ab}$ و الأب غير الرجعي تركيبه $\frac{aB}{aB}$ وأن المطلوب هو نقل العامل السائد B بحالة أصلية إلى الأ ب

الرجعي أي الحصول على التركيب $\frac{AB}{AB}$.

الأب الرجعي $\frac{Ab}{aB}$ × الأب غير الرجعي $\frac{aB}{Ab}$

F1 $\frac{Ab}{Ab}$

التهجين الرجعي الأول $\frac{Ab}{Ab}$ × $\frac{aB}{Ab}$

الجيل الرجعي الأول

ab	Ab	aB	Ab
ab	aB	Ab	Ab
% 5	% 45	% 45	% 5

تستبعد

وبناءً على ذلك نحصل على 5 % من النباتات تركيبها Ab/Ab ، 45 % من النباتات تركيبها aB/Ab في الجيل الرجعي الأول.

بإخصاب هذه النباتات ذاتياً ، ينعزل ضمن نسلها التركيب المطلوب وهو AB/AB ، ويكرر الإخصاب الذاتي جيلاً آخر للتأكد من الحصول على التركيب AB/AB بالحالة الأصلية ، ثم يجري التهجين الرجعي الثاني وهكذا.

هذا ويؤدي النجاح في الحصول على العاملين AB معاً إلى أن يكون هذا التركيب أكثر حدوثاً في الأجيال الرجعية التالية عما لو كان هذان العاملان حرين، وبذلك يكفي زراعة عدد أقل من النباتات مما في حالة العوامل الحرة .

برنامج التربية بطريق التهجين الرجعي :

1- ينتخب الأبوان ويجري بينهما التهجين :

أ- صنف تجاري ممتاز ولكن ينقصه صفة خاصة موجودة في الأب الآخر.

ب- صنف يحتوي على الصفة المراد نقلها.

2- يزرع الجيل الأول و يهجن تهجيناً رجعيا للأب الرجعي.

3- يزرع الجيل الرجعي الأول (من 50- 200نباتاً) وتنتخب النباتات التي تتوفر فيها الصفة المراد نقلها بالطريقة التالية :

أ-في حال أن تكون الصفة سائدة :

تنتخب مباشرة في الجيل الرجعي الأول النباتات التي توجد بها الصفات المراد نقلها، وتكون كلها خليطة، ثم تخصب إخصاباً ذاتياً لمدة 2-3 أجيال مع الانتخاب ثانية في كل جيل للتأكد من الحصول على الصفة بحالة أصيلة .

ب-في حال أن تكون الصفة متنحية :

تخصب نباتات الجيل الرجعي الأول إخصاباً ذاتياً وتنتخب في الجيل التالي النباتات التي تظهر فيها الصفة المراد نقلها (متنحية أصيلة).

4-تهجن النباتات التي حصلنا فيها على الصفة المراد نقلها (النباتات المتنحية) تهجيناً رجعياً ثانياً، وتكرر هذه العمليات حسب الحاجة، وعادة يكتفى بنحو 4-5 تهجينات رجعية فقط لاسترداد واسترجاع جميع العوامل الوراثية المرغوبة في الأب الرجعي بحالة أصيلة، وبذلك تتوفر في السلالات الجديدة جميع صفات الصنف التجاري علاوة على الصفة التي نقلت بالتهجين والانتخاب من الأب الآخر، وخلال هذه الأجيال تحتفظ بسجلات نسب النباتات الفردية ونسلها شبيهة بالسجلات المستعملة في التربية بطريقة انتخاب النباتات الفردية.

5- بعد الحصول على السلالات الجديدة تجري تجارب مقارنة المحصول مع الصنف التجاري (آ) ثم نجري إكثار السلالات التي يقع عليها الاختيار، وتوزع على المزارعين.

عادة لا تستغرق مقارنة المحصول وقتاً طويلاً في هذه الطريقة، لأن الصنف الجديد هو في الواقع صورة طبق الأصل عن الصنف التجاري الأصلي، فيما عدا الصفة الجديدة التي نقلت له.

وفيما يلي مثال لاستعمال التهجين الرجعي لتحسين صنف بارت Baart، وهو أحد أصناف القمح الجيدة، بنقل صفة مقاومة مرض التفحم النتن من صنف مارتن Martin علماً بأن هذه الصفة سائدة وتتوقف على زوج واحد من العوامل الوارثية.

السنة الأولى : تهجين الأبوين بارت mm x مارتن MM

السنة الثانية : التهجين الرجعي الأول: الجيل الأول m M x mm (بارت)

السنة الثالثة : الانعزال في الجيل الرجعي الأول :

1 (مقاوم للإصابة Mm) : 1 (قابل للإصابة mm)

أخصب ذاتياً تستعبد هذه النباتات

السنة الرابعة : انعزال النباتات المقاومة إلى 3 مقاومة : 1 قابل للإصابة

أخصب ذاتياً استبعدت

السنة الخامسة : انعزال خطوط النباتات المقاومة إلى :

1- خط أصيل MM 2- خط خليط Mm

استبعدت

التهجين الرجعي الثاني : نباتات أصيلة مقاومة MM × بارت mm

السنة السادسة :مثل السنة الثانية . التهجين الرجعي الثالث للجيل الرجعي الثاني mm × بارت Mm

السنة السابعة : مثل السنة الثالثة ← إخصاب ذاتي

السنة الثامنة :مثل السنة الرابعة ← إخصاب ذاتي

السنة التاسعة مثل السنة الخامسة . التهجين الرجعي الرابع .

ويعقب ذلك تهجينان رجعيان آخران .

ويلاحظ أنه بعد كل من التهجين الرجعي الأول و الثالث. أخصبت النباتات ذاتيا لمدة جيلين لحصول على عامل المقاومة M بالحالة الأصيلة. وقد لوحظ أنه بعد التهجين الرجعي الثالث قد أصبحت جميع السلالات شبيهة بالصنف التجاري.

وبعد الجيل الرجعي السادس انتخبت حوالي 15سلالة لأجل اختبارات المحصول لمدة ثلاث سنوات، بعدها جمعت حوالي 70سلالة منها وأكثرت للتوزيع كصنف جديد.

المتبع في هذه الطريقة تسمية الصنف الجديد بنفس اسم الصنف القديم مع إضافة سنة توزيعه على المزارعين (مثلاً بارت 38) تمييزاً له عن الصنف الأصلي القابل للإصابة وقد وجد فعلاً أن محصول الأصناف الجديدة الناتجة باستعمال هذه الطريقة تعادل أو تتفوق على محصول الأصناف القديمة وتمتاز عنها بمقاومة الأمراض.

مجالات استعمال التهجين الرجعي في التربية :

يمكن استعمال طريقة التهجين الرجعي بنجاح في كل من الحالات التالية:

1 -نقل صفات المقاومة لكثير من الأمراض والحشرات إلى أهم الأصناف التجارية الشائعة والتي تنقصها هذه الصفات في معظم محاصيل الحبوب والقطن والذرة الرفيعة وغيرها من المحاصيل ذاتية الإخصاب. و

خصوصاً في الحالات التي وصلت فيها هذه الأصناف نتيجة لأعمال التربية الحديثة إلى درجة عالية من التحسين من حيث كمية المحصول والصفات التجارية الأخرى. و لكن لا تزال تنقصها صفات مقاومة بعض الأمراض والحشرات. أما في حالة المحاصيل التي لم تبلغ أصنافها مستوى عالياً من حيث كمية الإنتاج والصفات التجارية أو التي لم تجرى عليها عمليات تربية واسعة النطاق كما في معظم محاصيل العلف، فلا يزال المجال مفتوحاً لتحسين هذه المحاصيل باستعمال طريقتي انتخاب النباتات الفردية والتهجين المستقيم. وقد استعملت طريقة التهجين الرجعي بنجاح فعلاً بأمريكا، ففي كاليفورنيا مثلاً نقلت صفة مقاومة مرض التفحم النتن Bunt في القمح من صنف Martin إلى جميع أصناف القمح التجارية المزروعة هناك، ثم أضيفت إلى الأصناف الجديدة المقاومة للتفحم النتن صفة مقاومة مرض صدأ الساق من صنف Hope ، كما أضيفت صفة ثالثة هي مقاومة حشرة (Hessian fly) phytophaga destruction من صنف Dawson إلى الأصناف المزروعة في المنطقة الموبوءة بهذه الحشرة.

2 -نقل بعض الصفات المورفولوجية أو الاقتصادية الأخرى للأصناف التجارية الشائعة ، فمثلاً عملت أميركا لنقل كل من الصفات التالية : عدم وجود السفا Awnless والسفا الناعم Smooth awns والحبوب العارية أو غير المغلفة nakedseed إلى بعض أصناف الشعير.

3 -إضافة صفة خاصة مميزة لحبوب أو بذور أحد الأصناف الممتازة كعلامة مسجلة Trade Mark لتقاوي هذا الصنف. فمن المعروف مثلاً أن السنيبلة في الشعير تحمل على محور قصير يمتد قليلاً فوق قاعدة السنيبلة ويستديم بحيث يظهر كشوكة قصيرة في قاعدة مجرى الحبة،

ويعرف هذا المحور المستقيم باسم الراكيلا Rachella، وقد وجد في كاليفورنيا أنه لا يمكن التفريق بين حبوب ثلاثة أصناف مختلفة من الشعير من بينها الصنف المشهور أطلس Atlas، وبناءً على ذلك استعمل التهجين الرجعي لإضافة صفة الراكيلا طويلة الشعيرات Long haired Rachella إلى حبوب صنف الشعير أطلس، وهو أفضل وأهم هذه الأصناف من الوجهة الزراعية، وبهذا أمكن تمييز تقاويه عن بقية الأصناف الأخرى.

4 –تحسين السلالات النقية Inbred Lines المستعملة في إنتاج تقاوي الذرة الهجين، وذلك بإضافة الصفات الخاصة التي تنقصها بعض السلالات .

الفصل السابع

طرائق تحسين النباتات خلطية التلقيح

أسس طرائق تحسين النباتات خلطية الإلقاح

إن الهدف الأساسي لتربية أي محصول (خلطي أو ذاتي التلقيح) هو استنباط الأصناف أو الطرز العالية الإنتاج كماً ونوعاً والمتأقلمة بصورة جيدة مع الظروف البيئية والزراعية السائدة في مناطق تواجدها، ونظراً للوقت الطويل الذي تتطلبه عمليات التربية فمن المفيد القيام بعمليات التربية والتحسين لأكثر من صفة وراثية في آن واحد وحسب خصائص كل محصول. ويلعب الهدف الموضوع لبرنامج التربية دوراً كبيراً في اختيار طريقة الانتخاب، وقد لوحظ في الفصول السابقة بأن جميع طرق تربية المحاصيل الذاتية الإلقاح autofocondation تعتمد أساساً على الحقيقة الوراثية التي تؤدي إلى تثبيت الجينات في تراكيب وراثية

متماثلة (Homozygous) وبالتالي يكون الناتج النهائي للصنف الجديد عبارة عن تركيب وراثي واحد متماثل أو أصيل وراثياً، على عكس الحقيقة الوراثية في النباتات خلطية الإلقاح التي تؤدي إلى تثبيت الجينات في تراكيب وراثية غير متماثلة (Heterozygous) مما يجعل النباتات خليطة أو غير متماثلة وراثياً في تراكيبها الوراثية إضافة إلى تباين وراثي بين الأفراد داخل الصنف الواحد ، وبالتالي يكون الناتج النهائي للصنف الجديد عبارة عن تركيب وراثي غير متماثل وغير متجانس وراثياً.

والمقصود بعدم التماثل الوراثي هو أن عدد المورثات أو الجينات الخاصة بالصنف غير متماثلة في أعدادها، أما عدم التجانس فيقصد به التباين الموجود بين التراكيب الوراثية للنباتات.

وهذه الخواص الوراثية المكونة للعشيرة هي نتيجة حتمية للتلقيح الخلطي في النباتات خلطية الإلقاح التي ينتمي إليها العديد من المحاصيل الاقتصادية الهامة مثل الشوندر السكري، الذرة الصفراء، وبعض محاصيل العلف الأخضر والفواكه ويعود معظم هذه الخواص لأسباب مورفولوجية أو فسيولوجية أو وراثية.

فقد استخدم sparaque (1966) مصطلح تحسين العشائر متضمناً معظم الخطوات المتبعة في نظام معين ليعطي بالنتيجة طرازاً أو صنفاً محسناً يتكاثر جنسياً، وقد يكون هذا النظام عبارة عن مجموع نباتي (عشيرة) أو سلالة نقية تتلاقح عشوائياً ، ويدل هذا النظام على التحسين المتكرر أو الدوري للصنف المكون من مجموعة النباتات المتلاقحة عشوائياً والخاضعة دائماً للانتخاب والمحافظة على درجة عالية من الخلط الوراثي في الناتج النهائي، ويرتكز تحسين المجاميع (العشائر) وبشكل كامل على استغلال أثر المورثات التجميعي additive gene effects الذي يؤدي إلى التحسين التدريجي للمجموع النباتي بوسائله المعروفة المتعددة.

وتمثل هذه العشائر بدورها أو نسلها مجالاً جديداً للاستفادة من الأثر المتراكم للمورثات حيث يمكن الاستفادة من بعض المواد الوراثية من هذه المجاميع كآباء في برامج التحسين سواء بانتخاب السلالات المتفوقة أو لتشكيل أصناف مركبة أو تركيبية أفضل، وهناك نظريات مختلفة تتعلق بتحسين المجاميع تتضمن معظمها النقاط التالية :

1 -ضرورة وجود نسبة عالية من التباينات الوراثية Genetic variance للصفات الهامة والعائدة للفعل المتجمع للمورثات مع ميل للسيادة غير التامة في المجموع النباتي اللازم source population وبمستوى جيد من هذا التباين لتشكل قاعدة وراثية عريضة في الانتخاب.

2 -القيمة الوراثية العالية للصفات موضوع البحث.

3 -عدم وجود علاقة وراثية سلبية (Negative correlation) بين الصفات المراد تحسينها، كالانتخاب لصفة الباكوربة الذي يؤدي إلى تدني الغلة.

4 -غياب الارتباط غير المرغوب Undesirable linkage بين الصفات المراد تحسينها.

وأي مجموع نباتي يحقق معظم الشروط المذكورة أعلاه سيستجيب للتحسين بأي طريقة كانت، غير أن الطريقة الملائمة لتحسين العشيرة تتوقف على عدة عوامل أخرى أهمها :

أ- الهدف من الانتخاب سواء كان في الحصول على السلالات النقية المتفوقة لتدخل في تكوين الهجن العالية الغلة، أو استبدال السلالات الداخلة في تشكيل أحد الهجن بسلالة أخرى أو للحصول على أصناف مركبة عالية الغلة أو لتشكيل مجاميع نباتية تستخدم كمصدر جيد لإنتاج سلالات نقية جديدة.

ب- سهولة الطريقة وبساطة تنفيذها.

ج- عدد الأجيال اللازم لكل دورة انتخابية واحدة اللازمة للتحسين كما هو مثلاً (في الانتخاب الإجمالي عرنوس / خط) أو جيلين إلى 4 أجيال لكل دورة انتخابية (في الانتخاب المتكرر).

د- التقدم المحقق بفعل الانتخاب الذي يعد من أهم الاعتبارات في اختيار الطريقة حين يعمل على زيادة الربح الوراثي المتوقع عن طريق التحكم بالآباء المختارة، وتقليل عدد السنوات في كل دورة انتخابية والدقة في تقويم الأنسال، أو أية طريقة تؤدي إلى زيادة التباين العائد للفعل المتجمع للمورثات التي ستؤدي بالتالي إلى زيادة الربح المحقق في الدورة الانتخابية الواحدة، ويمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$\Delta G = \frac{KCQ^2 g}{YQP}$$

حيث :

ΔG = التقدم المتوقع بفعل الانتخاب.

K = ثابت مرتبط بحدة الانتخاب.

C = ثابت مرتبط بالآباء المنتخبة.

$Q^2 g$ = مقدار التباين العائد للفعل المتجمع للمورثات بين الأنسال.

Y = عدد السنوات المطلوبة في كل دورة انتخابية.

QP = الانحراف المعياري للتباين الظاهري بين الأنسال.

هـ - التحسين المترافق للصفات الزراعية في آن واحد، مع المحافظة على الصفات الجيدة الأخرى وعدم إدخال مورثات غير مرغوبة إلى العشيرة.

وقبل التطرق إلى طرق تربية هذه المحاصيل لا بد من تناول الخواص الوراثية لمجموعة النباتات خلطية الإلقاح التي توضح انعزال الجينات في أفراد المجموع

والجاميطات التي تتلقح خلطياً فيما بينها عند تكوين أفراد المجموع في كل جيل من أجيال التكاثر الجنسي، وتتوقف نسبة التراكيب الوراثية المختلفة في المجموع على قيمة تكرار كل جين (عامل وراثي Gene frequance) حسب قانون هاردي واينبرغ (Hardy Weinberg) الذي يعتمد على ظاهرة وراثية هامة تتعلق بتكرار العوامل الوراثية التي عرفت بقانون أو توازن هاردي واينبرغ الذي بواسطته يمكن حساب نسبة التراكيب الوراثية في مجموع نباتي كبير يتلاقح عشوائياً ويكون لكل نبات فرصة متساوية في التلاقح مع أي نبات آخر في المجموع (العشيرة) ويكون كل من تكرار العوامل الوراثية والتكررات الوراثية ثابتاً من جيل إلى آخر عند غياب القوى المؤثرة في هذه التكررات مثل الانتخاب selection والطفرات mutation والهجرة Migration، وعدم حدوث التلاقح العشوائي وتتحدد التكررات بواسطة تكرار العوامل الوراثية .

وبالتالي تكون نسبة التراكيب الوراثية في المجموع تساوي :

$$G = q^2 AA + 2q(1-q)Aa + (1-q)^2 aa$$
$$= 0.q^2 AA + 2(0.q)(0.1)Aa + (0.1)^2 aa$$
$$= 0.81AA + 0.18Aa + 0.01aa$$

ويمكن توضيحه بالشكل التالي بنفس النتيجة السابقة :

مذكر ♂

مؤنث ♀	(A) 0.9	(a) 0.01
(A) 0.9	(AA) 0.81	(Aa) 0.9
(a) 0.1	(Aa) 0.9	(aa)

إن فهم هذا القانون (التوازن) هام جداً في وراثة المجاميع وتطبيق عمليات الانتخاب ويمكن حساب التكرار لكل أليل في المجموع إذا علمنا نسبة التراكيب

الوراثية المختلفة في المجموع فلو فرضنا أن لدينا عدد من الأفراد في المجموع = N وأن نظام التزاوج عشوائي Random mating والصيغة مكونة من 1oo نبات من مجموع نباتي للذرة الصفراء وزرعت هذه النباتات كالتالي :

25 نباتاً تملك التركيب الوراثي AA ونرمز لها بـ D

10 نباتاً تملك التركيب الوراثي Aa ونرمز لها بـ H

65 نباتاً تملك التركيب الوراثي aa ونرمز لها بـ R

* ولما كان الفرد AA يحمل زوج من الاليلات A

* ولما كان الفرد Aa يحمل اليلاً واحداً A

ولذلك فإن عدد الاليلات A في هذا المجموع = $\frac{D+\frac{1}{2}H}{N}$ أو $\frac{2D+H}{2N}$

وهذه النسبة تسمى التكرار الجيني (Gene frequency of (A

وبنفس الطريقة فإن تكرار (المورثة) أو الاليل a = $\frac{H+2R}{2N}$ أو $\frac{\frac{1}{2}H+R}{N}$

وكما قيل سابقاً فإن تكرار الاليل (A) والذي رمزنا له بالرمز (q) وتكرار الاليل (a) بالرمز (1-q) حيث أن 1= (1-q) + a

وبالتالي يكون التكرار الجيني للأليل (أو المورثة) السائدة A = $\frac{25+5}{100}$ = 0.30

و يكون التكرار الجيني للأليل (أو المورثة) المتنحي a = $\frac{65+5}{100}$ = 0.70

وعند التزاوج لأفراد هذا المجموع فإن نسبة الجاميطات المذكرة أو المؤنثة الحاملة للأليل A = 0.3 ، ونسبة الجاميطات المذكرة والمؤنثة للأليل a = 0.7 وتكون نسبة التراكيب الوراثية في الجيل القادم حسب المخطط التالي كما يلي :

مذكر ♂

	A = 0.30	a = 0.70
A = 0.30	AA = 0.09	Aa = 0.21
a = 0.70	Aa = 0.21	aa = 0.49

♀ مؤنث

أي أن تركيب المجموع هو :

AA = 0.09 + Aa = 0.42 + aa = 949

فتكون نسبة التراكيب الوراثية في الجموع ثابتة ومتوازنة، والسؤال الهام هو كيف يمكن الوصول بالمجموع النباتي (العشيرة) إلى حالة التوازن هذه، الجواب أنه يمكن الوصول إلى حالة التوازن خلال جيل واحد من التلاقح العشوائي، بمعنى آخر ستعطي مجموعة من التراكيب الوراثية (النباتات) النامية مع بعضها في الجيل التالي مجموعاً نباتياً متوازناً ولكن فقط على موقع واحد على الصبغي، و في حال وجود أكثر من قرين على الموقع الواحد فإننا نحتاج إلى عدة أجيال للوصول بالمجموع النباتي إلى حالة التوازن مفترضين غياب الارتباط Linkage في وراثة هذه العوامل الوراثية.

أما في حالة وجود عدة قرائن على موقع واحد على الصبغي وهذه هي الحالة السائدة فإن قانون هاردي واينبرغ يمكن أن يعدل ليناسب هذه الحالة أيضاً فمثلاً لو كانت هناك ثلاث قرائن على موقع واحد A, A_1, A_2 ورمزنا لها بـ p , q , r وأن p + q + r = 1 فإن هذا القانون يصبح كالتالي :

$p^2AA + q^2A_1A_1 + r^2A_2A_2 + 2pqAA_1 + 2prAA_2 + 2qrA_1A_2$ إذا كانت P = 0.2 , Q = 0.3 , R = 0.5 فإن التكرارات تصبح :

$0.04AA + 0.09A_1A_1 + 0.25A_2A_2 + 0.12AA_1 + 0.20AA_2 + 0.30A_1A_2$

وكلما زاد عدد القرائن على الموقع الواحد فإن نسبة التراكيب الوراثية المتماثلة تتناقص فقد لاحظنا أنه في حالة قرينين فقط تكون النسبة (0.5) وفي حال ثلاثة

قرائن تكون (0.33) وفي حال أربعة قرائن تكون (0.25) وفي حال خمسة قرائن تكون (0.20) وهكذا ... إذا كان هناك من ميزة أساسية للخلط الوراثي Heterozygosity بحد ذاتها فإن الانتخاب الطبيعي Natural Selection سيؤدي إلى زيادة عدد القرائن على الموقع الواحد.

لذلك فإن نسبة التراكيب الوراثية بعد دورة من التزاوج العشوائي حسب فروض قانون هاردي واينبرغ تصبح ثابتة من جيل إلى آخر ، أي تصبح العشيرة أوالمجموع النباتي متوازناً وعدم توفر أي فرض من فروض المعادلة بغير هذا التكوين الوراثي المتوقع للعشيرة، ومن هنا نستنتج أن التكوين الوراثي لأصناف النباتات خلطية الإلقاح تتصف بسمات أساسية أهمها :

1 – عدم التجانس الوراثي: أي يحتوي على التراكيب الوراثية العديدة المتباينة على عكس التراكيب الوراثية للنباتات ذاتية الإلقاح التي تتكون من تركيب وراثي واحد أو عدد محدود من التراكيب الوراثية الأصيلة.

2 –عدم التماثل الوراثي المظهري للصنف الناتج من عملية التلقيح الخلطي بين هذه النباتات.

3 –التراجع أو التقهقر Inbreeding : إن إدخال النقاوة الوراثية أو التماثل الوراثي في النباتات الخلطية من خلال التربية الذاتية يؤدي إلى تراجع في حيوية هذه النباتات ويمكن أن يؤدي إلى إظهار مورثات متنحية Recessive genes ذات تأثير غير مرغوب فيه .

i. التلقيح الخلطي الإجباري : حيث تملك خلطيات الإلقاح بعض الصفات والخصائص تجبر النبات على التلقيح الخلطي لوجود الزهرة المذكرة ♂ والمؤنثة ♀ التي على موقعين مختلفين على النبات أو وجود كل منها على نبات مستقل أو عدم قدرة حبات الطلع على تلقيح ميسم الزهرة على النبات نفسه بسبب حالة عدم التوافق Incompatibility وغيرها.

الانتخاب في خلطيات الإلقاح :

هناك نوعان رئيسيان من الانتخاب يستعملان في كل من النباتات الخلطية والذاتية التلقيح مع مراعاة بعض الاعتبارات البيولوجية الخاصة بكل مجموعة، وهما الانتخاب الطبيعي الذي تقوم به الطبيعة لينتج عنه أفراد هامة تحمل صفات التأقلم أو صفات أخرى، أو انتخاب صناعي وهو الذي يقوم به المربي لتحسين صفة أو أكثر من الصفات الوراثية الهامة والمرغوبة، ويكون الانتخاب دائماً فعالاً فقط في حال الاختلافات الوراثية القابلة للتوريث ، وقد لا يخلق الانتخاب التباين وإنما يعمل على الاختلافات الوراثية الموجودة أصلاً.

وقد سبقت الإشارة إلى أن التباين الكلي (المظهري) الموجود في صفة من الصفات phenotypic (vp) يمكن تقسيمه إلى تباين وراثي Genotypic Variation (V_G) وتباين بيئي Environmental Variation (V_E) ويمكن تجزئة التباين الوراثي (V_G) إلى مكوناته الأساسية وهي :

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

حيث :

V_A = التباين العائد للفعل المجتمع للمورثات Additive genetic variance .

V_D = التباين العائد لفعل السيادة Dominant genetic variance .

V_I = التباين العائد للتفوق Epistasis .

وبالتالي فإن :

$$V_P = V_A + V_D + V_I + V_E$$

ونظراً للترابط الوثيق بين فعالية الانتخاب Selection Efficiency لصفة من الصفات والاختلافات الوراثية بين الأفراد في هذه الصفة variability فإننا نجد

ضرورة التعرف على مفهوم درجة توريث الصفة Heritability أو قابلية الصفة للتوريث وعلاقتها المباشرة بالانتخاب.

يمكن تعريف درجة توريث الصفة Heritability (h^2) بأنها درجة تكرار صفات نبات معين في نسله ويعبر عنها بمفهومين واسع وضيق ويمكن صياغتها كالتالي :

درجة توريث الصفة بالمفهوم الواسع : $(h^2_{bs}) = \frac{V_G}{V_P}$

درجة توريث الصفة بالمفهوم الضيق : $(h^2_{ns}) = \frac{V_A}{V_P}$

حيث : broad sense heritability (h^2_{bs}) هي نسبة الاختلافات الوراثية الملاحظة بين الأفراد في صفة ما من مجموع الاختلافات الكلية (المظهرية) ، و narrow sense heritability (h^2_{ns}) هي نسبة الاختلافات الملاحظة بين الأفراد في صفة ما والعائدة للفعل المجتمع للمورثات إلى مجموع الاختلافات الكلية (المظهرية) وتأخذ (h^2) قيماً تتراوح بين صفر والواحد الصحيح وكلما كانت القيمة الوراثية للصفة عالية كانت إمكانات تحسينها كبيرة والعكس صحيح والجدير بالذكر أن معظم الصفات التي تهم المربي بالدرجة الأولى أي الغلة ومكوناتها yield and yield components ذات قيمة وراثية منخفضة، وتعود أهمية تقدير القيمة الوراثية للصفة إلى النقاط التالية :

1 - قياس التباين الوراثي لصفة من الصفات إلى التباين الكلي.
2 - تقدير حسابي للتقدم (الربح) الوراثي الذي يمكن أن يحققه المربي بفعل عملية الانتخاب.
3 - استفادة المربي من برمجة وقته وإعطائه فكرة عن الوقت اللازم لتحسين صفة ما أو مجموعة من الصفات.

و يعد العامل المحدد في تقدير القيمة الوراثية للصفة هو حساب التباين البيئي (V_E) لذلك يجب زراعة التجربة في مواقع متعددة ومختلفة.

وكمثال على أهمية تقدير القيمة الوراثية لصفة ما وعلاقة ذلك مباشرة بمدى التقدم أو الربح الوراثي المحقق بفعل الانتخاب (Genetic Advance) و يحسب من المعادلة التالية :

$$Gs = \overline{X} + \left[(K)(\sigma P)(h^2)\right]$$

حيث :

Gs = التقدم (الربح) المحقق بفعل الانتخاب .

$\overline{X}$ = متوسط الصفة في الصنف الأصلي قبل الانتخاب .

K = ثابت يدل على النسبة المئوية للنباتات المنتخبة .

σP = الانحراف المعياري للتباين الظاهري للصفة .

h^2 = القيمة الوراثية للصفة .

مثال :

في تجربة لتحسين أحد الأعشاب البقولية تضمنت 284 عائلة توزعت على ثلاث عشائر (Populations) هجينة ، درست في F_3 و F_4 ، تكونت العشيرة الأولى من 136 عائلة والعشيرة الثانية من 65 عائلة والعشيرة الثالثة من 83عائلة ، تعود كل عائلة وراثياً إلى نبات واحد من (F_2) انتخبت عشوائياً ، حصدت نباتات كل سلالة في (F_3) مع بعضها وزرعت لتعطي نباتات (F_4) . تم تنفيذ التجربة بموقعين Locations وبمكررين في كل موقع Replications ولمدة سنتين years مع الإشارة إلى اختلاف الموقعين في ظروفهما المناخية وبخاصة نوعية التربة.

علينا أولاً معرفة مصدر التباين لكل عشيرة على حدة من جدول تحليل التباين (ANOVA)

1 -ما بين العائلات S^2_a

2 -عائلات X سنوات S^2_{ay}

3 -عائلات X مواقع S^2_{al}

4 -عائلات X سنوات X سنوات S^2_{ayl}

5 - الخطأ التجريبي (المتبقي) S^2_e

من خلال معطيات التجربة تكون لدينا المعلومات التالية عن مكونات مصدر التباين لصفة الغلة جدول(5):

جدول (5) مكونات مصدر التباين

رقم العشيرة	مكونات مصدر التباين				
	S^2_a	S^2_{ay}	S^2_{al}	S^2_{ayl}	S^2_e
1	2480	صفر	2057	3099	16578
2	3354	صفر	858	2070	17432
3	2084	1777	1745	1461	15071

* الصفر هي في الأساس قيمة سلبية يعبر عنها بصفر.

نلاحظ صغر حجم التباين الوراثي مقارنة بحجم الخطأ التجريبي.

لنأخذ العشيرة الأولى ونرى كيفية حساب التقدم الوراثي بفعل الانتخاب :

آ – علينا معرفة التباين الكلي (المظهري) وتحسب كما يلي :

$$V_P = S^2_a + \frac{S^2_{al}}{L} + \frac{S^2_{ay}}{y} + \frac{S^2_{ayl}}{Ly} + \frac{S^2_e}{RLy}$$

حيث :

L = عدد المواقع .

y = عدد السنوات .

R = عدد المكررات .

$$V_P = 2480 + \frac{0}{2} + \frac{2057}{2} + \frac{3099}{4} + \frac{16578}{8}$$

التباين الوراثي = التباين ما بين العائلات $\rightleftarrows$ $V_A = V_F = 2480$

وطالما أن :

$$h^2_{(ns)} = \frac{V_A}{V_P}$$

$$0.39 \approx 0.3902 = \frac{2480}{6355.48} = h^2_{(ns)}$$

الآن علينا حساب :

$$79.721264 = \sqrt{6355.48} = \sqrt{V_P} = \overset{\Delta}{\sigma}_P$$

بالنسبة لقيمة K فإنها تعطى وفقاً لنسبة النباتات المنتخبة جدول (6):

جدول (6) حدة الانتخاب

حدة الانتخاب (% للنباتات المنتخبة)	K
1%	2.64
2%	2.42
5%	2.06
10%	1.76
20%	1.40

في مثالنا تم انتخاب أفضل 5% من النباتات ، أي أن قيمة K = 2.06 وكان متوسط العلة الأساسي 829 غراماً /مسكبة .

الآن كيف نحسب التقدم المحقق Gs :

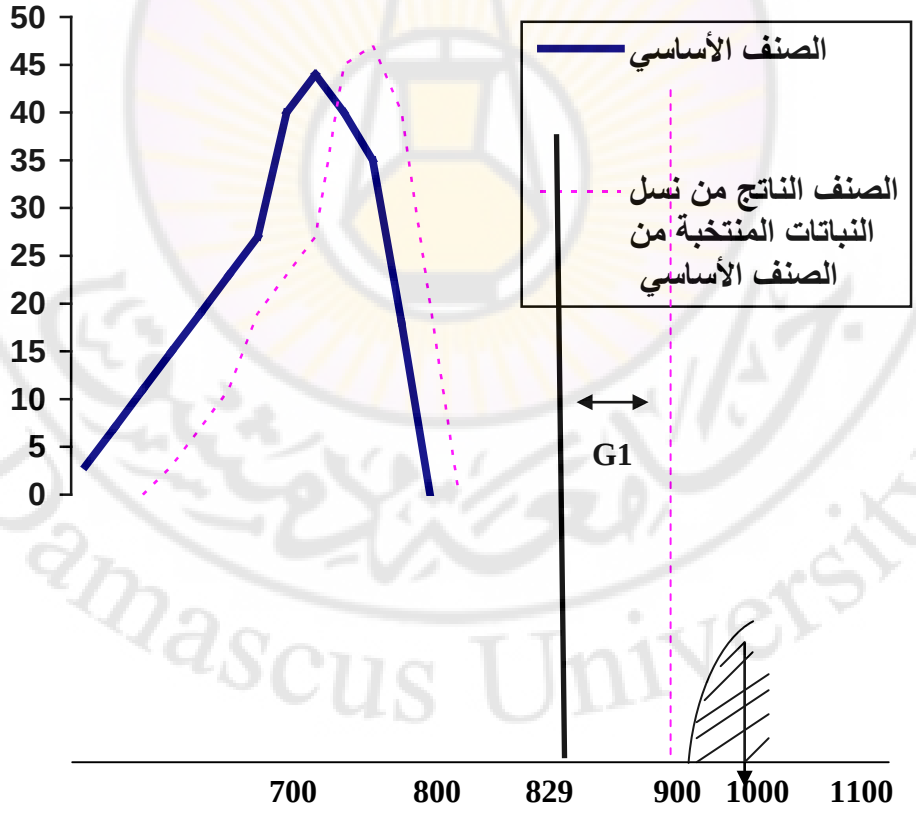
$$Gs = 829 + \left[(2.06)(79.721264)(.39)\right] = 893gr.$$

$$= 893 - 829 = 64gr / plot$$

نسبة التقدم المحقق في متوسط الصنف :

$$\text{X } 100\ 7.7\% = \frac{64}{829}$$

ويمكننا توضيح هذا التقدم بيانياً كما يلي شكل (6):



X — متوسط الصنف الأساسي

Xi — النباتات المنتخبة من الصنف الأساسي (أفضل 5%)

شكل (6) نسبة التقدم المحققة خلال الانتخاب

لقد تطورت طرائق الانتخاب الحديثة التي تحقق زيادة في الإنتاج وتكراراً في المورثات المرغوبة، إذ تتضمن معظم طرائق الانتخاب الخطوات الرئيسية التالية :

1 -إنتاج طرز بأعداد مرغوبة من النسل.

2 -انتخاب النباتات الأفضل منها.

3 -إعادة تركيب الأنسال المنتخبة قبل البدء بدورة انتخابية جديدة.

عموماً إن مبدأ الانتخاب وخطواته المتبعة في خلطيات التلقيح كثيراً ما تتشابه مع تلك المطبقة في الذاتيات، غير أن النتائج مختلفة وذلك بسبب الاختلافات الأساسية في تركيب المجموع النباتي بين المجموعتين، ففي ذاتيات التلقيح كثيراً ما يكون الانتخاب الفردي Individual plant selection هو الأساس لتكوين صنف متماثل وراثياً ومتجانس في مظهره بينما في الخلطيات قلما يتبع هذا الأسلوب من الانتخاب لتكوين صنف وذلك بسبب مخالفة الأبناء لصفات الآباء المنتجة لها بسبب الانعزالات وكذلك فإن الاقتصار على عدد محدود من النباتات التكوين الصنف الجديد كثيراً ما يؤدي إلى نقص واضح في الحيوية والإنتاج، وفي الخلطيات عموماً فإن طريقة الانتخاب الإجمالي (الكتلي) Mass Selection والطرائق القريبة منها تشكل الأساس في هذه المجموعة بدلاً من الانتخاب الفردي المتبع في الذاتيات.

وتقسم طرائق تحسين المجاميع النباتية في خلطيات الإلقاح بشكل عام إلى :

أ -التطوير داخل المجموع النباتي (العشيرة) الذي يعتمد الانتخاب فيه على التباين الفعلي الموجود داخل العشيرة.

ب- التطوير ما بين المجاميع (العشائر) والذي يعتمد الانتخاب فيه على خلق تباين بين وراثي جديد في مجموع نباتي جديد وبالتالي خلق قوة هجين للصفة موضوع البحث.

ونستعرض فيما يلي أهم طرائق التحسين المتبعة :

1- طريقة الانتخاب الإجمالي Mass selection .

2- طريقة الانتخاب الإجمالي المعدلة Modified Mass selection .

3- طريقة الانتخاب اختبار النسل Progeny testing .

4- طريقة الانتخاب العرنوس خط Ear – to – row selection .

5- طريقة الانتخاب العرنوس خط المعدلة Ear – to – row Modified selection .

6- طريقة الانتخاب الأنسال نصف الأخوي Half - sib Progeny selection.

7- طريقة انتخاب الأنسال الأخوي الكامل Full - sib Progeny Familly selection .

8- طريقة الانتخاب الدوري Recurrent selection.

9- طريقة الانتخاب الدوري المتكرر والبسيط simple Recurrent selection.

10- الأصناف الهجينة .

11- الأصناف التركيبية والمركبة .

I- طريقة الانتخاب الإجمالي : mass selection

تشمل معظم طرائق التربية على هدف مشترك هو زيادة كمية الإنتاج الكمي والنوعي لأي محصول في وحدة المساحة، وتتضمن طرق الانتخاب الإجمالي الخطوات الرئيسية التالية :

1 -اختيار عدد من النباتات الجيدة من المجموع مظهرياً دون توفر أي معلومات عن نسلها.

2 -خلط بذور هذه النباتات مع بعضها بعض الحصاد لاستخدامها بدورة انتاجية جديدة.

ويقصد بهذه الطريقة اختيار عدد من النباتات المرغوبة في المجموعة لصفة ما على أساس شكلها الظاهري سواء كانت صفات وصفية بسيطة qualitative characters مثل (مقاومة الأمراض، لون الأزهار و الحبوب) أو كانت كمية quantitative characters مثل (الباكورية، ارتفاع النبات، كمية المحصول (الغلة) وهذا ما يسمى بالانتخاب الإجمالي الظاهري ثم تحصد النباتات المرغوبة وتخلط بذورها لتزرع في الجيل الثاني دون أن تحكم بالتلقيح أو أي اختبار للنسل.

والهدف من هذه العملية هو زيادة نسبة أو عدد التراكيب الوراثية الجيدة في الصنف الجديدة مقارنة بالصنف القديم، وتتوقف فاعلية أو نجاح الانتخاب على الدقة التي يعبر عنها الشكل الظاهري للتركيب الوراثي، وذلك عن طريق عزل بعض الصفات الكمية سهلة التمييز و الغير متأثرة بالبيئة ويمكن التعرف عليها من الشكل الظاهري ولكن بشرط أن تتوفر في الصنف الأصلي الأساس وجود التصنيفات الوراثية المطلوبة للانتخاب وعلى الرغم من فعالية هذه الطريقة وأهميتها إلا أنها فشلت في تحسين كمية المحصول في الذرة الصفراء للأسباب التالية :

1- عدم التحكم بالتلقيح وبالتالي عدم تمييز التراكيب الوراثية الجيدة من الشكل الظاهري أو الخارجي للنباتات المنتخبة.

2- تقليل عدد التراكيب الوراثية أحياناً مما يسبب حدوث نسبة ملموسة من التربية الذاتية التي تظهر حالة التقهقر inbriding المسببة لانخفاض كمية المحصول.

2- طريقة الانتخاب الإجمالي المعدلة stratified mass selection :
أو طريقة الانتخاب الإجمالي الطبقي modified mass selection :

لقد قام العالم Gordner (1961) باختبار فعالية هذه الطريقة وقدم عدة خطوات معدلة لطريق الانتخاب الإجمالي التقليديق و التي منها :

1 -عزل المجموع النباتي المنتخب مظهرياً للحد من دخول مورثات غير مرغوبة من مجاميع أخرى.

2 -إتباع أسلوب طبقي grid أو تحت مسكبي sub- plot في الحصاد للتغلب على المشكلة الخاصة بتأثير البيئة وخصوبة التربة على المحصول.

3 -الاحتفاظ بكمية وافرة من البذور لإتاحة الفرصة للتقويم اللاحق للتقدم المحقق ويتبع في هذه الطريقة المعدلة الخطوات الرئيسية التالية :

أ -زراعة المجموع النباتي (العشيرة) في حقول معزولة وبكثافة نباتية منخفضة لإظهار الاختلافات الظاهرية بين الأفراد.

ب- تقسيم الحقل إلى مساكب أو تحت مساكب أو قطع.

ج- تحصد العرانيس بعد النضج من هذه المساكب بمعدل 40 نباتاً من كل مسكبة.

د- تقسم البذور الناتجة من العرانيس المنتجة إلى ثلاث مجموعات :

الأولى : تستعمل للزراعة في الموسم التالي.

الثانية : تستعمل لاختبارات أداء هذه النباتات وحساب مدى التقدم المحقق لها.

الثالثة : يتحفظ بها كاحتياطي.

وتتصف هذه الطريقة بالسهولة و السرعة للوصول إلى تقدم ملحوظ في تحسين بعض صفات الغلة في نبات الذرة الصفراء ولدورة واحدة بعد التعديلات الأخيرة Gordner (1969) ومن التعديلات الأخرى لطريقة الانتخاب الإجمالي ما طبقه fryer على محصول الفصة وسمي انتخاب السلالة الأمية maternal line selection وتتضمن هذه الطريقة على عدة دورات انتخابية بمعدل أربع سنوات في الدورة الواحدة ومن هذه التعديلات النقاط التالية :

1 -السنة الأولى زراعة /80/ نباتاً في خطوط مستقلة ومنفصلة و التلقيح فيها عشوائي.
2 -السنة الثانية : استبعاد النباتات ذات النتاج الضعيف من البذور.
3 -السنة الثالثة : استمرار الاستبعاد للنباتات الضعيفة و الاحتفاظ بـ / 100/ نبات من أصل (30-40 خط) من الأنسال السابقة.
4 -السنة الرابعة : الاستمرار باستبعاد / 20/ نباتاً آخر وترك / 80/ نباتاً للتلاقح الحر و البذور الناتجة من هذه النباتات تستخدم لزراعة الانسال للدورة الانتخابية التالية ...وهكذا.

ونستنتج مما سبق أن طريقة الانتخاب الاجمالي تتصف بمزايا عدة أهمها :

1 -إمكانية إنهاء دورة انتخاب واحدة خلال موسم واحد.
2 -طريقة سهلة التنفيذ.
3 -لا تحتاج إلى التحكم بالتلقيح (تلقيح عشوائي).
4 -لا تتضمن الفعل المتبادل بيئة x وراثي، لأن الانتخاب يتم في بيئة واحدة.
5 -التحكم بقدر ضئيل بالآباء الداخلة بالانتخاب.
6 -الانتخاب لعدة صفات في وقت واحد كصفة الغلة وعدد العرانيس.

3- طريقة الانتخاب على أساس اختبار النسل : progeney testing

يُعرف اختبار النسل بأنه عملية تقويم أو اختبار التركيب الوراثي استناداً إلى سلوكية أو مستوى عطاء نسلة وفقاً لنظام معين ومحدد من التلاقح.

ويأخذ هذا الاختبار نظماً عدة لإنتاج الأنسال المراد تقويمها فيمكن مثلاً أخذ بذرة واحدة ناتجة عن التلقيح الخلطي من كل نبات منتخب وزراعته على حدة في قطعة مستقلة (خط أو أكثر) وذلك لمعرفة السلوك الوراثي للنباتات المنتخبة وهذا عملياً ما يسمى بطريقة الانتخاب خط عرنوس في الذرة أو يمكن اجبار النباتات المختارة على التلقيح الخلطي وأخذ البذور منها لزراعة مساكب الأنسال أو استخدام بذور نواتج التهجين القمي وغيرها من أشكال اختبارات النسل و بالتالي فإن النباتات المرشحة لتكوين الجيل التالي : هي النباتات المختارة استناداً إلى إنتاج نسلها وليس استناداً إلى مظهرها بحد ذاته ويعد هذا الاختبار وسيلة فعالة في التمييز بين الأفراد التي تبدي تفوقاً في صفة ما بسبب عوامل بيئية أو بسبب تركيبها الوراثي أو قدرتها الوراثية الكافية، وقد استخدمت طريقة الانتخاب الإجمالي المستندة إلى اختبار نسلها في تطوير وتحسين محصول الذرة الصفراء – نسبة الزيت وبروتين الحبوب في كلا الاتجاهين العالي و المنخفض ويعد فلموران بفرنسا من أوائل المربين الذين استخدموا اختبار النسل لتقويم النباتات المنتجة من محصول خلطي التلقيح الشوندر السكري وقد سميت هذه الطريقة (طريقة فلموران للانتخاب) و التي تتلخص بالتالي (عند معرفة أي فرد منتج لابد من زراعة بذور هذا الفرد وفحص النسل الناتج عنه) كما استعمل هذه الطريقة لمعرفة وتمييز السلوك الوراثي لنباتات منتجة من محصول الشوندر السكري حجم و وزن الجذور ونسبة السكر و التي قد يرجع الامتياز فيها إلى العوامل الوراثية أو البيئية وتكون الأفراد الناتجة خليطة في تركيبها الوراثي للكثير من الصفات الوراثية الموجودة

أصلاً، حيث قورنت نسبة السكر في كل منها وفي نسلها فلاحظ فلموران أن هناك ثلاث مجموعات من هذه النباتات :

1 -المجموعة الأولى بها نسبة عالية من السكر وأعطت نسلاً عالياً في نسبة السكر.

2 -المجموعة الثانية بها نسبة عالية من السكر وأخرى منخفضة في نسبة السكر.

3 -المجموعة الثالثة أعطت نسلاً منخفضاً.

ولما كان من غير المرغوب فيه إنتاج صنف جديد من نبات واحد فقط في خلطيات التلقيح بسبب انخفاض قوة النمو لذلك لجأ المربون إلى اختبار مجموعة من الأنسال لنباتات متشابهة مظهرياً وخلطوا بذورها للبدء بصنف جديد مع المحافظة وباستمرار على المستوى العالي لقوة النمو.

4- طريقة الانتخاب عرنوس خط ear-to-row method

سميت هذه الطريق باسمها من قبل العالم Hopkins (1897) كطريقة لتحسين محصول الذرة الصفراء عند الانتخاب للصفات ذات معاملات التوريث العالية كمحتوى الحبوب من البروتين ونسبة الزيت ، مستفيداً من مبدأ الباحث vilmorin في اختبار النسل مستنداً إلى سلوكية الأبناء بدلاً من صفات الآباء بحد ذاتها إذ تحصد العرانيس الجيدة ظاهرياً منتخبة من مجموع نباتي مفتوح التلقيح أو من صنف معتمد وعلى درجة عالية من العزل عن المجاميع الأخرى. (لاتخلط بذور العرانيس المختارة وإنما تحفظ معزولة عن بعضها) وفي السنة الثانية يزرع جزء من بذور كل عرنوس في خط مستقل (يحتفظ بالجزء الباقي من بذور العرنوس) ثم تفحص الخطوط المزروعة للنسل الناتج لتمييز الأعلى منها

في نسلها ثم تخلط بذور العرانيس العائدة لها مع البذور المحفوظة للبدء بدورة انتخابية ثانية.

وعلى الرغم من ثبات جدوى هذه الطريقة في تحسين مستوى الحبوب من الزيت و البروتين في فترة زمنية قصيرة إلا أنها فشلت في تحسين غلة الذرة الصفراء وقد عزيت للأسباب التالية :

1 -عدم ثبات سلوكية الأبناء من جيل لآخر وقد يكون هذا دليلاً على أن الآباء المنتخبة كانت هجناً مجهولة النسب.

2 -قلة الاختلافات الوراثية على المواقع المؤثرة في الغلة أو عدم تمييز التراكيب الوراثية العالية لها أو القيمة الوراثية لصنف الغلة منخفضة أو غياب التباين الوراثي الجزئي نتيجة لزراعة جزء فقط من الحبوب.

3 -زيادة التماثل الوراثي في خلطيات التلقيح نتيجة لاستخدام هذه الطريقة باستمرار وبالتالي تسبب نقصاً في الحيوية.

5- طريقة الانتخاب العرنوس خط المعدلة Ear – to – row selection Modified .

سميت هذه الطريقة بهذا الاسم عرنوس – خط – عرنوس تعديلاً للطريقة السابقة وللتغلب على العقبات التي واجهتنا عند تحسين محصول الذرة الصفراء معتمدة على اختيار وتقوم الأنسال واختبار المادة التربوية في أكثر من ثلاثة مواقع ويمارس فيها الانتخاب بين وضمن الأنسال ولأكثر من صفة في آن واحد ولدورة انتخابية واحدة في العام وفق النقاط التالية :

1 -انتخاب عينة لعدد من العرانيس (200) عرنوس لاختبارها وتقويمها على أساس صفات الحبوب وبعض الصفات الزراعية الأخرى.

2 -الاحتفاظ بحبوب كل عرنوس بشكل مستقل على حدة.

3 -زراعة خطوط الأنسال بقطع تجريبية مكونة من خط ومكرر واحد وفي موقع بيئي منفصل يحوي ثماني جور ويزرع بنفس الحقل عدد من الأصناف أو الهجن مع العشيرة الأساسية لاستخدامها كمدخلات للمقارنة ولقياس التقدم الحاصل من جراء الانتخاب.

4 -تزرع المادة التربوية في المحطة الرئيسية في مكان معزول بحيث تكون قطاعات التهجين مشكلة من (4) خطوط للأمهات وخطين من الآباء المذكرة وتتم زراعة الآباء بخطوط متساوية من حبوب كل عرنوس.

5 -تزال النورات المذكرة لخطوط الأمهات والأصناف المقارنة لإتاحة الفرصة لحدوث التهجين وتكوين تراكيب جديدة.

6 -يتم وقبل عملية الحصاد وتعليم أفضل خمس نباتات من حيث قوة النمو وغيرها من الصفات الظاهرية في كل خط من خطوط الأمهات.

7 -تحصد خطوط الأمهات وتجمع عرانيسها المعلمة أو الموسومة بعلامة ما، وتوضع في كيس منفصل لكل خط من خطوط الأمهات.

8 -ينتخب أفضل الخطوط بمقدار 20% أو ستكون الخمسة عرانيس المنتخبة المحصول ومن كل خط لتكون مدخلات الموسم التالي.

والمهم انتخاب أفضل النباتات ضمن الأنسال المنتخبة بناء على متوسط العائلة في كل مواقع الزراعة.

6- طريقة الانتخاب الأنسال نصف الأخوي Half - sib Progeny selection .

تستعمل هذه الطريقة مجموعة من الأفراد عريضة القاعدة الوراثية التي تشارك أو تشترك في أب واحد (أب و أم) سواء كانت من سلالات أو هجن أو أصناف مركبة أو تركيبية، وتختلف هذه الطريقة عن سابقاتها في استخدام الحبوب المتبقية من الأنسال المنتخبة في تكوين عشيرة الدورة الانتخابية التالية والزراعة في

قطاعات التهجين بعد تحديد الأنسال المبشرة على أساس الصفات المنتخبة في مناطق بيئية مختلفة، وحسب أهداف التربية وصفة المادة الوراثية و تحتاج دورة التهجين موسماً إضافياً لتكوين التراكيب الوراثية الجديدة. ويمكن إضافة تعديل على الطريقة السابقة (عرنوس – خط) بتقويم عدد من نباتات الأب المذكر ثم تهجين كل منها مع أربع نباتات مؤنثة (1–4) ومنها تحدد الآباء المذكورة في قدرتها على الخلط والتوافق.

وقد ميز spraque (1966) بين الاختبار نصف الأخوي واختبار نسل أ نصناف الأخوة استناداً إلى طبيعة تكوين المجموع النباتي الناتج ففي حالة اختبار أنصاف الأخوة **Half – sib – family** يتم التلقيح الذاتي للنباتات المختارة كآباء وبالوقت نفسه يتم تلقيح عدد من النباتات الأم لتشكيل العائلات نصف الأخوي ويتم اختيار عدد من بذور النباتات الناتجة عن التلقيح الذاتي لتخلط مع بعضها. بينما في حالة الاختبار نصف الأخوي **Half – sib- test** لا تطبق عملية التلقيح الذاتي وبذور النباتات المختارة التي تخلط مع بعضها هي بذور ناتجة عن التلقيح الخلطي ويكمن اعتبار خطوات الانتخاب المتكرر والتهجين القمي وطريقة العرنوس – خط من مشتقات طريقة الاختبار نصف الأخوي.

وقد استخدمت هذه الطريقة محلياً لتحسين إحدى عشائر الذرة الصفراء من قبل غزال (1987) من حيث البالكورية وارتفاع العرنوس وطول الساق والتمثيل مع موعد التزهير والنضج. واعتبرت هذه الأصناف أو الطرز أصولاً وراثية لمتابعة العمل التربوي أو أصنافاً مركبة بعد إجراء الاختبارات اللازمة عليها لاعتمادها وتوزيعها في مناطق زراعة الذرة الصفراء في القطر العربي السوري.

وهناك طريقة الانتخاب نصف الأخوي المعدلة التي استعملها العالم singh (1987)في تحسين نبات الذرة الصفراء في الهند حيث تجمع هذه الطريقة

مزايا الانتخاب نصف الأخوي وعرنوس خط وتتلخص خطوات العمل لهذه الطريقة بالنقاط التالية :

1 -يتم اختيار حوالي من 450-350 عرنوساً من أنسال التلقيح نصف الأخوي أساسها من عشيرة ذات قاعدة وراثية عريضة وتزرع في تجارب.

2 -تزرع التجربة في 4 – 5 مواقع معزولة وكل نسل في موقع واحد وخط واحد و بمكررين.

3 -تستخدم الأنسال كأمهات والصنف المركب كأب والناتج من خلط عدد متساوٍ من حبوب كل الأنسال وبنسبة 2:4 من خطوط الآباء إلى الأمهات على التوالي.

4 -تزرع بكل تجربة 4–5 أصناف مقارنة متقاربة النضج.

5 -تجرى عدوى صناعية بمكرر واحد بأخذ مسببات الأمراض.

6 -تزاد النورات المذكرة بخطوط الأمهات وخطوط أصناف المقارنة.

7 -قبل الحصاد مباشرة يتم الانتخاب المعتدل معتمداً على طول النبات وحجم العرنوس وينتقى عدد معين من العرانيس بحدود 40% من الأنسال.

8 -تزرع حبوب العرانيس المنتخبة من كل موقع كخطوط أمهات وتخلط من 60–70% من النباتات المنتخبة وتزرع لتكون خطوط الآباء المذكرة وتستبعد الأنسال ذات الإنتاج المتدني من الآباء المذكرة وتزرع كل الأنسال وخطوط الأمهات.

9 -تنتخب الأنسال المتميزة من تجارب الأجيال المتقدمة وتزرع كخطوط أمهات في مشاتل التهجين وهذا يساهم في توسيع القاعدة الوراثية للعشيرة تباعاً.

10 – تنتج أجيال التهجين وأنسال التلقيح نصف الأخوي من نفس مشتل التربية وهكذا تكتمل دورة انتخاب واحدة في العام.

11 – يحتفظ بحوالي 2–3 عرانيس من كل نسل منتخب لتكوين الدورة الثانية من الانتخاب ويحتفظ بحوالي من 8–12 نسلاً متفوقاً لتكوين العشيرة المحسنة إذ أثبت تفوقها في الأجيال المتقدمة لتكون صنفـاً تجارياً جديداً. ويحتفظ بحبوب كافة الأنسال بعد خلطها لتزرع في مشاتل الانتخاب نصف الأخوي في المناطق البيئية التي تعاني من الإجهادات البيئية وممكن إجراء العدوى الصناعية لكل خطوط الآباء والأمهات للحصول على أنسال مقاومة لهذه الإجهادات بعد دورتين أو أكثر من الانتخاب.

7– طريقة انتخاب الأنسال العائلات الأخوي الكامل Full - sib Progeny : Familly selection

هي عشيرة مكونة من مجموعة من الأفراد الحاوية على درجة كافية من الاختلافات الوراثية والقدرة الإنتاجية العالية وناتجة من :

التلقيح الذاتي أو تهجين متبادل من المجموع النباتي نفسه (عشيرة) ، وتتفوق هذه الطريقة عن سابقتها (نصف أخوة) نظراً لإمكانية الحصول على ضعف التباين الوراثي الإضافي والتحكم الكامل لكلا الأبوين وتقوم أنسال أو عائلات التلقيح الأخوي في تجارب مكررة في ثلاثة مواقع أو أكثر (4 – 6) في خط واحد وبمكررين وتتم طريقة العمل بها على الشكل التالي :

1 –انتخاب 200 نبات على أساس مظهرها وتقسيمها إلى مجموعتين مجموعة فيها 100 أمهات وأخرى 100 آباء B+A .

2 –تلقيح النباتات المنتخبة تلقيحاً ذاتياً ثم تهجن مع النباتات الأخرى من المجموع و A X B هو الصنف الاختياري Tester .

AI X BI
A2 X B2
A3 X B3

3 –اختيار نواتج التهجين الاختباري وانتقاء أفضل (10) عائلات كاملة الأخوة.

4 -إجراء التهجينات بين الأزواج من كلا المجموعتين وتخلط البذور الناتجة عنها مع بعضها. وبسبب التهجينات المتبادلة والتحكم بالآباء يمكن التحكم بالفعل المتجمع وغير المتجمع للمورثات.

وقد عدلت هذه الطريقة في مركز CIMMYT ومركز تحسين الذرة الهندي وفقاً لما يلي :

1 -تكوين المجموع النباتي الذي ستنتخب منه الأنسال كاملة الأخوة إما وفقاً لما ذكر في طريقة الانتخاب نصف الأخوي على أن يكون هذا المجموع قد خضع لعدة دورات من الانتخاب نصف الأخوي أو أي مجموع نباتي آخر تكون من عناصر مرغوبة أخرى. ويتم إنتاج الأخوة بالتهجين بين نباتات مرغوبة ظاهرياً وتتصف بحيوية عالية من داخل المجموع النباتي نفسه.

2 -انتخاب أفضل 250 عرنوساً (أو أقل من ذلك إذا لم يتوافر العدد المرغوب المحقق للشروط) بحيث يمثل كل عرنوس عائلة كاملة الأخوة . يزرع جزء من حبوب العرنوس في مكررات اختبار الغلة (مكررين) ومشتل الأمراض (مكرر واحد) ومشتل الحشرات (مكرراً واحداً) وقد يزرع مكرر واحد لاختبار تحمل النباتات للكثافة العالية ويتم انتخاب النباتات المقاومة تحت ظروف العدوى والتلقيح الصناعي للمسبب المرضي والحشرات. وأخيراً يتم انتخاب العائلات وفقاً للغلة ومقاومة الأمراض والحشرات وتحمل إجهاد الكثافة النباتية العالية.

3 -تزرع العائلات المنتخبة (80 – 100) عائلة بطريقة العرنوس – خط في مشتل التربية من البذور الاحتياطية المحفوظة من الفقرة (2) ويتم إجراء التصالبات بين أفضل النباتات من العائلات المنتخبة مع مراعاة عدم تكرار التصالبات بين نباتات من عائلتين لأكثر من مرة واحدة. تشكل هذه التهجينات مجموعة جديدة من الأنسال كاملة الأخوة ويصل عددها إلى 250 خطاً.

4 -تتكرر الدورة ثانية عند الوصول إلى العدد المطلوب من الدورات الانتخابية الذي يستدل عليه من تناقص في التقدم (الربح) المحقق عندها يمكن انتقاء (10 – 15) من الأنسال المتفوقة المتماثلة مظهرياً وتخلط مع بعضها وتزرع معزولة لتكون الصنف التجريبي (Experimental variety) أو الصنف المركب الذي يخضع للاختبار ومن ثم اعتماده على النطاق التجاري.

8- طريقة الانتخاب الدوري أو المتكرر Recurrent selection:

تهدف هذه الطريقة في تربية المحاصيل خلطية التلقيح وبخاصة نبات الذرة الصفراء إلى زيادة عدد التراكيب الوراثية المرغوبة عن طريق زيادة نسب ة المورثات الجيدة في المجموع (عشيرة) وزيادة فرصة الحصول على تراكيب وراثية جديدة منها.

و يستخدم في برامج الانتخاب الدوري صنف مفتوح التلقيح أو هجين فردي أو زوجي أو صنف تركيبي وممكن الاستمرار في دورات الانتخاب طالما كانت هناك استجابة ملموسة له.

وبما أن هناك نقاط ضعف عديدة عند الاعتماد على انتخاب السلالات النقية لإنتاج أصناف الهجين بحيث تحد من فرص الحصول على التراكيب الوراثية الجيدة.

كوجود الارتباط للجينات المرغوبة وغير المرغوبة، والتلقيح الذاتي المستمر الذي يؤدي إلى سرعة تثبيت أو تجميد التصنيفات الوراثية في تراكيب وراثية متماثلة مما يحد من فرص الانتخاب، وكذلك محدودية الوقت الذي يتم فيه الانتخاب الذي بدوره يحد من حجم المجموع الذي يجري فيه الانتخاب.

وعلى ذلك كانت الحاجة ضرورية للبحث عن طرق أخرى للتربية تسمح بزيادة عدد التراكيب الوراثية الجيدة في المجموع وإتاحة الفرص الأكبر للمربي للانتخاب بالاتجاه الصحيح وتعتبر طريقة الاختبار المبكر للسلالات من الطرق الفعالة

لتمييز التراكيب الوراثية الجيدة والمنتظر أن تعطي سلالات ممتازة في الأجيال المتتالية من التلقيح الذاتي ومن هنا نشأت الطرق المختلفة للانتخاب الدوري أو المتكرر والتي تشتمل معظمها على إجراء عدة دورات من الانتخاب بحيث تتطلب كل دورة انتخابية ما يلي :

1 -تشكيل أنسال النباتات المنتخبة والناتجة من التلقيح الذاتي.

2 -تقييم هذه الأنسال.

3 -إجراء التهجينات بين هذه الأنسال في جميع الاتجاهات.

4 -خلط كمية متساوية من هجن بذور الأنسال المتفوقة لتكوين المجموع النباتي الجديد للدورة الانتخابية التالية وهكذا. و تختلف أنواع الانتخاب الدوري حسب طريقة التقييم المستخدمة في انتخاب مجموعة الآباء التي سوف تدخل في التهجينات المطلوبة للحصول على المجموع النباتي الجديد إلى أربعة أنواع أو نظم هي :

1 -الانتخاب الدوري البسيط أو الظاهري.

2 -الانتخاب الدوري للقدرة العامة على الخلط.

3 -الانتخاب الدوري للقدرة الخاصة على الخلط.

4 -الانتخاب الدوري المتبادل.

1 -الانتخاب الدوري (المتكرر) البسيط simple recurrent selection :

يعد من أبسط أنواع الانتخاب حيث يمكن اعتباره تحسينا لطريقة الانتخاب الإجمالي و شمولية نقاط التحسين فيه و هي :

1-الانتخاب على أساس الشكل الظاهري للنباتات أو على أساس صفات نسله الملقح ذاتيا للمحافظة على تركيبه الوراثي.

2 -تستغرق كل دورة انتخابية فيه من سنة أو سنتين أو حسب ميعاد ظهور الصفة المطلوبة للتحسين.

3 -لا يجري فيه أي اختبار للقدرة على الخلط وإنما تجري التهجينات بين النباتات المنتخبة قبل بداية دورة أخرى من الانتخاب.

4 -سيطرة المربي في هذه الطريقة على نبات الأم فقط .

وقد نجحت هذه الطريقة في حالة الصفات عالية التوريث وعلى الأخص في صفة الغلة و خصوصاً إذا كان الفعل المتجمع للمورثات هو السائد.

وأدل دليل على فاعلية الانتخاب الدوري البسيط في تركيز جينات صفة كمية في مجموع معين من النباتات (نسبة الزيت في حبوب الذرة الصفراء) عند مقارنته بفاعلية الانتخاب العادي في السلالات النقية sparque(1952).

.Millir,Brimhall, ولهذه الطريقة فاعلية في تركيز مورثات صفة كمية في مجموع معين من النباتات عند مقارنتها مع فاعلية الانتخاب العادي في السلالات النقية وذلك برفع نسبة الزيت في حبوب الذرة الصفراء في دورتين من الانتخاب البسيط. حسب الخطوات التالية :

1 -اختيار صنف تركيبي مفتوح التلقيح F2 نباتاته خليطة في تركيبها الوراثي وذو قاعدة وراثية عريضة.

2 -زراعة عدد من النباتات هذا الصنف.

3 -تلقح ذاتياً فيما بينها وبشكل عشوائي.

4 -انتخاب 100 نبات عند النضج يمتاز جميعها في الصفة المراد تحسينها.

5 -انتخاب عرانيس العشيرة المميزة في نسبة الزيت العالية بحبوبها للبدء ب أزهم بمجموعتين هما مجموعة للانتخاب الدوري ومجموعة ثانية للتلقيح الذاتي المستمر.

أ -مجموعة للانتخاب الدوري وبها :

* تزرع حبوب العشيرة (عرانيس) لهذه المجموعة في سطور وكل سطر يمثل عرنوس خط.

* تجري جميع التلقيحات الذاتية الممكنة في الدورة الأولى للانتخاب بين الأنسال.

* يؤخذ بعد الحصاد كمية متساوية من ناتج كل تهجين وتخلط مع بعضها وتزرع معاً في قطعة أرض واحدة.

* ينتخب منها حوالي 100 نبات تلقح جميعها ذاتياً.

* تختبر نسبة الزيت في حبوب كل عرنوس ناتج عن هذا التلقيح الذاتي ثم تؤخذ عشيرة العرانيس الأعلى في نسبة الزيت ويزرع سطر من كل عرنوس (عرنوس – خط) وتجري جميع التهجينات المختلفة بينها كما في الدورة الأولى.

* الانتخاب بعد النضج والحصاد للنباتات ذات القدرة على قوة النمو والمقاومة وضد الأمراض وشكل الحبوب وغير ذلك من الصفات وتستبعد النباتات غير الصالحة.

ب- مجموعة التلقيح الذاتي المستمر :

1- البدء بنفس العشيرة للعرانيس التي بدأت فيها مجموعة الانتخاب الدوري مع المحافظة على نفس أعداد النباتات و دقة الانتخاب الظاهري ومساحة قطعة الأرض للتجربة السابقة.

2- الاستمرار في عملية التلقيح الذاتي المستمر ولمدة خمسة أجيال مع الانتخاب المعتاد لنسبة الزيت العالية في كل جيل مما أدى إلى رفع النسبة المئوية للزيت في حبوب الذرة الصفراء من (4.97 – 5.62) أي بزيادة قدرها 0.65 كمتوسط لعشرة سلالات مختلفة فيما بينها من زيادة طفيفة إلى متوسط ة إلى عالية في بعضها حيث ارتفعت نسبة الزيت فيها من (4.9 – 6.4).

ويلاحظ زيادة نسبة الزيت في مجموعة التلقيح الذاتي المستمر للسلالات النقية من (4.97 – 5.62) بعد خمسة أجيال من التلقيح الذاتي المستمر مع الانتخاب أي بزيادة قدرها تقريباً 0.13 كل عام.

أما في مجموعة الانتخاب الدوري فكانت الزيادة فيها من (4.2-7.0) كمتوسط سنوي قدره 0.41.

وتسمى هذه الطريقة أيضاً بطريقة انتخاب عائلات جيل التلقيح الذاتي الأول S1 وجيل التلقيح الذاتي الثاني S2 وتستخدم لتحسين عشيرة الأساس ذات القاعدة الوراثية العريضة ولإنتاج آباء عالية الغلة وتكوين الهجن وتعتبر هذه الطريقة من الطرائق الجيدة لزيادة الأداء الإنتاجي لسلالات ذاتية التلقيح كما أنها تقلل من تدهور العشيرة من جراء التربية الذاتية من 38.2 % في عشيرة الأساس S0 إلى 26 % في C4.

2- طريقة الانتخاب الدوري للقدرة على الخلط combinig Abelity :

تسمى هذه الطريقة بطريقة الانتخاب للقدرة العامة على التوافق أو طريقة انتخاب الهجن الاختبارية test cros selection وهي شكل من أشكال الانتخاب نصف الأخوي حيث يجري فيها تقويم الأنسال أو العائلات كهجن اختبارية ، وهي مفيدة من منظور السيادة المتفوقة over dominance كأحد أشكال عمل المورثات .

وتتوقف قوة الهجين التي تظهر في الجيل الأول F_1 على مدى قدرة السلالات الداخلة في التهجين على الخلط ، حيث تزداد قوة الهجين كلما كانت التراكيب الوراثية لهذه السلالات مكملة بعضها بعضاً وأكثر تأثيراً عند تواجدها معاً في الفرد الهجين .

وللمقدرة على الخلط ثلاثة أنواع هي :

- متوسط القدرة على الخلط Average combining Ability .

– المقدرة العامة على الخلط (التوافق) General Average combining Ability .

– المقدرة الخاصة على الخلط specific Average combining Ability .

وتعرف القدرة العامة على الخلط (G C A) لسلالة ما أو لطراز ما بالقيمة المتوسطية للجيل الأول F_1 الناتج عن تهجين تلك السلالة أو الطراز مع عدد من السلالات الأخرى ، وتعد مقياساً للفعل التراكمي للمورثات لنقل صفاتها المرغوبة إلى نسلها وقد عرفها Tatum , Sprague (1942) بأنها المتوسط العام لسلالة أو طراز ما في سلسلة من التهجينات. أي أنها تستعمل كدليل على السلوكية العامة لهذه السلالة أو الطراز عند إدخالها في سلسلة من هذه التهجينات .

ويستعمل لهذا النوع من الانتخاب صنف به درجة واسعة من التباين الوراثي وبالتالي تكون الاختلافات في نتائج التهجينات مع الصنف الاختباري (tester) راجعة إلى القدرة العامة على الخلط. ويمكن لمربي النبات إكمال الدورة الواحدة من الانتخاب خلال ثلاثة مواسم حسب الخطوات التالية :

1 –انتخاب عدد معين من نباتات المجموع الأصلي S_0 وتلقح ذاتياً لتكوين عشيرة الأساس S_1 ، ثم يمارس الانتخاب مرة أخرى بعد الحصاد للصفات المراد تحسينها.

2 –تزرع أنسال S_1 في مكان معزول وتهجن أو تلقح باستخدام صنف اختباري كأب ♂ ذو قاعدة وراثية واسعة أو استخدام إحدى السلالات أو هجين فردي ما ، لإنتاج الهجن القمية وذلك لتمييز النباتات ذات القدرة العالية على التوافق (الخلط) لعشيرة الأساس أو للعشيرة المحسنة.

ملاحظة : (يمكن إنتاج جيل التلقيح الذاتي الأول والهجن القمية في نفس الموسم، وذلك بجمع حبوب اللقاح من نباتات

S_0وتهجن بها (4-6) نبات من الأب الاختياري إضافة إلى إجراء التلقيح الذاتي لنباتات S_0).

3 -تقوم الهجن القمية في تجارب مقارنة الغلة وغيرها من الصفات الانتخابية الهامة وينتخب عند الحصاد عدد من أفضل عائلات S_1 ويحتفظ بالسلالات التي أظهرت هجنها الاختيارية تفوقاً ملحوظاً لإجراء المزيد من الاختيارات.

4 -يعاد خلط الحبوب المتبقية من الأنسال المنتخبة من الجيل S_1 و S_2 لتكوين عشيرة جديدة. و يمكن استخدام دورة انتخاب إضافية حسب متطلبات التربية.

وبالنتيجة تقوم القدرة العامة على التوافق للأنسال الناتجة من الهجن القمية بناء على شكلها الظاهري وقدرتها الإنتاجية والصفات الهامة الأخرى لاستبعاد السلالات غير المرغوبة وتقوم في هذه المرحلة أيضاً الهجن القمية الناتجة من تهجين جميع السلالات الذاتية التلقيح مع صنف اختياري أو أكثر للاحتفاظ فقط بالسلالات التي أظهرت هجنها الاختبارية تفوقاً ملحوظاً.

وهناك طرق أخرى كانتخاب الوحدة المستخدمة في تحسين العشائر ذات القاعدة الوراثية العريضة ، وانتخاب الوحدات العكسي عند الرغبة في تحسين عشيرتين في آن واحد اعتماداً على تكوين الوحدات وانتخابها المضاعف المتنوع عند دمج النباتات ذات التراكيب الوراثية المرغوبة مع مختلف العشائر المنتخبة بناء على قدرتها الإنتاجية والتوافقية.

3- طريقة الانتخاب للقدرة الخاصة على الخلط (التوافق) (A C A) :

تسمى هذه الطريقة بالتهجين التكراري الفردي المتبادل ويجب أن تحوي كل مجموعة من السلالات المنتقاة على درجة مقبولة من الاختلافات الوراثية المتمثلة

بمواقع جغرافية أو أصناف أبوية متباينة واحتوائها على مورثات مرغوبة ومتشابهة في موعد النضج ، وتملك درجة مقبولة من مقاومة الأمراض والحشرات في المنطقة المزروعة فيها حيث يجري كافة التهجينات بين هذه السلالات لتكوين الهجن، تستخدم البذور الناتجة عن هذه التهجينات العكسية في اختبارات الغلة والأداء الإنتاجي لمعرفة القدرة الإنتاجية لكل لسلالة من هذه السلالات وخصوصاً عند إنتاج البذر التجاري .

وتعرف القدرة الخاصة على الخلط بانحراف القيمة المتوسطة لهجين ما عن متوسط القدرة العامة لأبويه، وهي تعكس مدى تفاعل مورثات الأبوين التي تظهر في الجيل الأول F_1 كتفاعلات السيادة Dominance أو السيادة الفائقة over Dominance أو التفوق Epistasie.

واقترحت طريقة الانتخاب المتكرر للقدرة الخاصة على الخلط (S C A) من قبل العالم HULL (1945) على أساس نظريته المعتمدة على عدم الاختلاف عن طريقة الانتخاب المتكرر للقدرة العامة على التوافق ولكن الفرق الأساسي بين الطريقتين في الصنف الاختياري tester المستعمل.

وقد لوحظ أن الصنف الاختياري المستعمل في (G C A) السابقة يتصف أساساً بالقاعدة الوراثية العريضة بينما في هذه الطريقة (S C A) فالصنف الاختياري المستعمل هو سلالة اختبارية نقية أي صنف ضيق القاعدة الوراثية وبخاصة إذا كان الهدف هو إنتاج هجن قمية أو فردية أو هجن زوجية فإن الهجن الفردية Single crosses الداخلة ممكن أن تستخدم كأصناف اختبارية لتحديد أفضل السلالات التي يمكن أن تظهر أفضل توافق مع بعضها لإنتاج هذه الهجن .

وتقوم هذه الطريقة أساساً على الافتراض بأن قوة الهجين Heterosis هي نتيجة حتمية للفعل غير المتجمع للمورثات Non-Additative-gene action

وبخاصة فعل السيادة dominance أو السيادة الفائقة over dominance أو التفوق Epistasie.

وقد تردد مربوا الذرة الصفراء في إنتاج السلالات ذات القدرة الخاصة على التوافق (الخلط) وبخاصة إذا كان الصنف المختبر هو من سلالة نقية inbred line وذلك لاحتمال فشل هذه السلالة لعدة أسباب منها: حساسيتها للإصابات المرضية والحشرية أو أنها سلالة غير مرغوبة كصنف اختباري.

عموماً يمكن تقدير القدرة على التوافق من خلال :

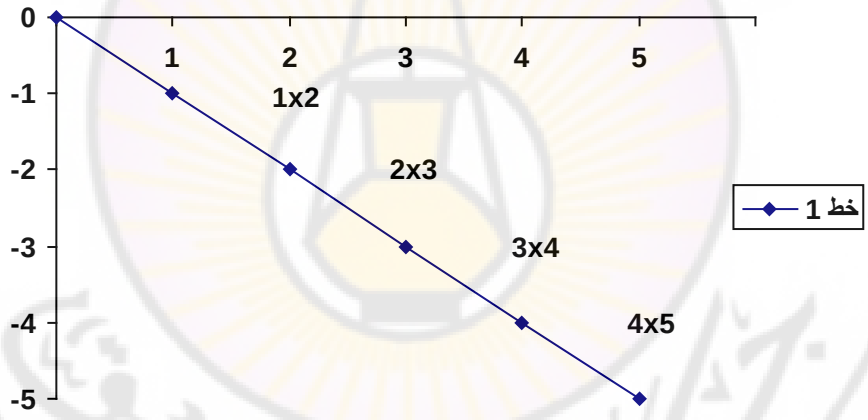
- التهجين المتعدد وبخاصة في برامج التربية للبقوليات والأعلاف لتقدير القدرة العامة فقط .
- الهجين المفرد Single crosses .
- التهجين القمي top crosses لتقدير القدرة العامة وخاصة في برنامج الذرة الصفراء أو البيضاء .

حيث قيم can et al مجموعة من سلالات الذرة البيضاء المستخدمة في برنامج التهجين التبادلي Diallel crossing فوجدوا أن تأثير (G C A) و (S G A) موجب ومرتفع لصفة للإنتاج الحبي ومنخفض وسالب لطول حامل العثكول وعدد الأيام لتشكيلها. وكذلك العالمان Liu et al (1999) حيث حددا القدرة الخاصة على الخلط لـ (27) أصلاً وراثياً متفوقاً في الإنتاج الحبي عند تهجينها مع سلالتين عقيمتين مع وجود فروق معنوية ، ولاحظ كذلك بعض العلماء Madhus udhana and patil إن التخلص وبشكل مبكر من الانعزالات الوراثية غير المرغوبة في الجيل الثالث والرابع يزيد من كفاءة الانتخاب للقدرة على الخلط بين السلالات .

– الهجن الاختبارية test crosses لقياس القدرة العامة والخاصة على التوافق وهذه تشمل التهجين التبادلي الكامل complete diallel والتهجين التبادلي الجزئي (غير التام) partial diallel

مثال :

لنفرض أنه لدينا السلالات الخمس النقية التالية ويراد اختبار قدرتها العامة والخاصة على التوافق وكان نظام التهجين المتبادل هو التهجين التبادلي التام شكل (7).



شكل (7) القدرة العامة و الخاصة على الخلط

ولحساب (G C A) القدرة العامة :

يكون للسلالة رقم 1 $\overline{X_1} - \overline{X} = X_1 = GCA$

ويكون للسلالة رقم 2 $\overline{X_2} - \overline{X} = X_2 = GCA$

وهكذا دواليك حيث :

X_1 = متوسط الهجين الذي تدخل فيها السلالة رقم 1 .

$\overline{X}$ = المتوسط العام للهجن الداخلة في التهجين بشكل عام .

أما كيفية حساب (SCA) لأي من الهجن الناتجة عن هذه الدراسة فيكون :

$$SCA_{(1X2)} = F_{1_{(1X2)}} - (\frac{\overline{X_1} + \overline{X_2}}{2})$$

حيث :

$SCA_{(1X2)}$ هي القدرة الخاصة للهجين بين السلالتين رقم 1 ورقم 2.

$F_{1_{(1X2)}}$ هو الجيل الأول الناتج عن التهجين بين السلالتين رقم 1 ورقم 2.

X_1 متوسط السلالة رقم 1.

X_2 متوسط السلالة رقم 2.

نلاحظ مدى التشابه الكبير في آلية حساب القدرة الخاصة وحساب قوة الهجين ولذلك فإنه يمكن القول عموماً أننا نستطيع الاستفادة من السلالات ذات القدرة الخاصة العالية لاستخدامها كآباء لإنتاج الهجن المفردة والمزدوجة وهذا يؤكد مدى العلاقة الوثيقة بين المقدرة الخاصة التي تعكس الفعل غير المتجمع للمورثات وقوة الهجن التي أحد شروطها الأساسية أن يمتلك الأبوان المشتركان في إنتاج الهجن تبايناً في الصفة المسيطر عليها لفعل غير المتجمع للمورثات.

3- الانتخاب المتكرر المتبادل Reciprocal Recurrent Selection :

اقترحت هذه الطريقة من قبل Comstock , Robinson و Harvey عام 1949، و تهدف هذه الطريقة إلى تحسين صفتين معاً حيث نرمز لهما بـ A للصنف الأول و B للصنف الثاني ويتم التعامل مع كل منهما تماماً كما ذكرنا في طريقة الانتخاب المتكرر للقدرة العامة على التوافق ما عدا أن A هو صنف اختباري لـ B و B يستخدم كصنف اختباري لـ A، وفي نهاية كل دورة انتخابية يستخدم ناتج A كمختبر لـ B وناتج B مختبر لـ A، على أن يكون الصنفان متباعدين وراثياً و لهما القدرة على التوافق مع بعضهما و يمكن لهذين المجموعتين

النباتيين أن يكونا صنفين تركيبيين أو هجينين مفردين داخلين في إنتاج هجين زوجي جيد.

يعتقد أن هذه الطريقة من الانتخاب مكافئة أو متفوقة على الانتخاب المتكرر للقدرة العامة إذا كان الفعل المتجمع للمورثات هو الهام ومكافئة أو متفوقة على الانتخاب المتكرر للقدرة الخاصة إذا كان الفعل غير المتجمع للمورثات هو السائد.

أما خطوات الانتخاب المتكرر المتبادل فيمكن توضيحها بالمخطط التالي :

1- في السنة الأولى :

انتخاب النباتات الجيدة من الصنف A وتلقيحها ذاتياً ثم تهجن مع نباتات مختارة عشوائياً من B وتلقيحها ذاتياً وتهجينها مع نباتات عشوائية من A كصنف مختبر .

2- في السنة الثانية :

نواتج التهجين الاختباري TEST CROSSES من A و B تزرع في مكررات في الحقل لتقويمها للصفات المرغوبة وينتخب أفضل الأنسال من كلتا المجموعتين .

3- في السنة الثالثة :

تزرع البذور الناتجة عن التلقيح الذاتي للنباتات المنتخبة من السنة الثانية في مساكب التهجين (مسكبة من كل صنف) على أن يسمح ضمن المسكبة الواحدة بجميع حالات التلاقح بين النباتات ، وعند الحصاد تجمع البذور المهجنة من المسكبة مع بعضها ونسميها A_1 و B_2 كنسل متطور من A و B .

استنتج Knowless Briggs التالي :

لا يمكن أن تكون هذه الطريقة أسوأ من R.S.GCA أو R.S. FOR SCA و هي حتماً متفوقة على R.S. FOR GCA في المواقع التي تسيطر عليها السيادة

الفائقة ، ومتفوقة على R.S. FOR SCA في المواقع التي تسيطر عليها السيادة الجزئية.

وعموماً تملك هذه الطريقة المزايا التالية :

1 -فعالة بغض النظر عن طبيعة فعل المورثات المسيطرة على الصفة موضوع التحسين.

2 -تحقق زيادة في الغلة بما يتناسب والتغير في تكرار المورثات في الصنف.

3 -يمكن السيطرة على نسبة التماثل الوراثي وذلك للاستفادة القصوى من التباين الوراثي الموجود أصلاً في المجموع النباتي موضوع التحسين.

و هناك بعض الطرائق الخاصة المستخدمة في تحسين خلطيات الإلقاح :

1- طريقة التهجين الرجعي Back cross :

تستخدم هذه الطريقة في مجال تحسين المجاميع (العشائر) ذات الأصول الوراثية البرية عند طريق زيادة التباين الوراثي و إتاحة الفرص لانتخاب لاحق ، أو عندما تكون الصفة المراد تحسينها بسيطة التوريث، وتعد هذه الطريقة حالة خاصة من طريقة النسب التي يتم بواسطتها نقل مورثة أو عدد مورثات محدودة إلى صنف جديد تنقصه هذه الصفة سواء كانت صفة أو عدة صفات سائدة أو متنحية. ويتضمن هذا البرنامج اختيار الأب الرجعي A الذي يمتلك معظم الصفات والخواص المرغوبة ولكن ينقصه صفة أو عدة صفات محدودة من الصفات الهامة، وهي موجودة في الأب غير الرجعي B الذي يسمى بالأب المانح أو المورث. ثم يهجن الأب الرجعي A المستخدم عادة كأم مع الأب غير الرجعي B ويدعى النسل الناتج BC1 الحاوي على الصفة المرغوبة والمطلوب نقلها من الأب المانح. ثم تهجن النباتات المنتخبة ثانية مع الأب الرجعي A للحصول على جيل التهجين الرجعي الثاني BC2 ويكرر العمل في المواسم المقبلة من الانتخاب والتهجين حتى يتم استعادة التركيب الوراثي للأب الرجعي تقريباً. وفي الدورة

الأخيرة تخضع العشيرة المحسنة للتلقيح الذاتي للحصول على المورث أو المورثات بحالة أصيلة.

2- طريقة التهجين المتعدد Poi – cross- method :

تستخدم هذه الطريقة في تحسين السلالات الآباء ذات المصادر الوراثية المختلفة والمتنوعة والمراد تحسينها كأب رجعي وذلك بإجراء تهجينات رجعية متكررة ومستقلة مع مجموعة من العشائر المتميزة والجديدة. مع ممارسة الانتخاب للصفات المراد نقلها إلى الأب الرجعي في كل دورة تهجين رجعي وينتج لدينا بالنهاية سلالة جديدة محسنة بعد خمسة تهجينات رجعية أو أكثر. و يمكن اعتبار هذه الطريقة كطريقة أنصاف أخوة في تحسين المجاميع و الاختبار أساساً هو تهجين قمي Top-cross للقدرة العامة على التوافق.

قوة الهجين و الأصناف الهجينة Heterosis and Hybid – varieties:

الصنف الهجين هو الجيل الأول F1 الناتج عن تهجين سلالتين نقيتين مختلفتين أو سلالات خضرية (CLONES) أو أصناف أخرى مفتوحة التلقيح أو مجاميع غير متشابهة وراثياً . وتزداد الدرجة التي تصل إليها هذه القوة (HETEROSIS) كلما قلت القرابة بين الفردين اللذين تم بينهما التهجين. وعليه فإن قوة الهجين تقل في الهجن الصنفية عنها في الهجن النوعية.

ويعتبر استغلال ظاهرة قوة الهجين في إنتاج الأصناف الهجينة قمة التطبيق العملي لأساسيات علم تربية النبات الذي أدى إلى زيادة الإنتاج الكمي والنوعي لمعظم المحاصيل الاقتصادية والغذائية. وكان لنجاح هذه الظاهرة السبب في إنتاج الأصناف الهجينة وامتدت لتشمل معظم المحاصيل الخلطية والذاتية كالذرة الصفراء والبيضاء والشوندر السكري والعلفي والبصل والبندورة والتبغ وغيرهم

. وقد ساعد على ذلك ظاهرة العقم الذكري (Male-steril) والتي يرمز لها عادة (M.S).

ولتوضيح ومعرفة تطوير إنتاج الأصناف الهجينة عالية الإنتاج وكيفية استغلالها على نطاق واسع، لا بد من التطرق للعمليات اللازمة لإنتاج الهجن الناجحة لبعض المحاصيل الاقتصادية كالذرة الصفراء والشوندر السكري.

ولا بد في البداية من معرفة الشروط العامة والمطلوبة لإنتاج الأصناف الهجينة التي تتلخص بالنقاط التالية :

1-وجود جزء كاف من مكونات الفعل غير المجمع للمورثات Non additive وبخاصة السيادة Dominance أو السيادة التامة over Dominance أو التفوق Epistasis.

2 -توافر الاختلافات (التباينات) الوراثية المتباعدة والتي تتصف بغلة عالية Genetic variability.

3 -توافر النباتات التي تتصف بالعقم الذكري السيتوبلازمي كما في نبات الذرة الصفراء.

4 -توافر النباتات التي تتصف بالعقم الذكري السيتوبلازمي الوراثي كما في الشوندر السكري.

ويتضمن برنامج إنتاج الهجن الخطوات الرئيسية التالية :

1 -تطوير وإنتاج السلالات النقية ذاتية التلقيح المتصفة بالثبات والاستقرار الوراثي وبقوة النمو والإنتاج العالي من الحبوب.

2 -إختبار السلالات وتقويمها بالنسبة لقدرتها على إعطاء محصول عال بعد التهجين لانتخاب أفضلها.

3 -خلط السلالات بعد اختبارها لتكوين وإنتاج هجن جديدة في الصفة أو الصفات المرغوبة موضوع البحث ولاستخدام الأجيال المتقدمة لإنتاج التقاوي الهجين.

وتتضمن العمليات اللازمة لإنتاج الهجن الخطوات الرئيسية التالية :

1 -انتخاب عدد من النباتات الجيدة من صنف أو عدة أصناف مفتوحة التلقيح خليطة وراثياً ، أو من أصناف مركبة أو تركيبية أو من مصادر وراثية أخرى أو من مجموع نباتي خليط وراثياً .

2 -التلقيح الذاتي لهذه النباتات من (3-4) أجيال على أن يقسم المجموع النباتي إلى طرز أو سلالات متميزة عن بعضها.

3 -تقيم هذه السلالات بالنسبة لقدرتها على إعطاء محصول جيد عند الهجين وانتخاب أفضلها واستبعاد السيء منها.

4 -تجرى جميع التهجينات الممكنة بين أفضل السلالات النقية المنتخبة لإنتاج الهجن المتعددة ولإنتاج التقاوي الهجين.

وتستخدم السلالات المنتخبة والمختلفة في عددها وطريقة إنتاجها لتكوين أشكال متنوعة من الهجن منها :

1- الهجن الفردية : هي الهجن الأساسية المستخدمة في تطوير وإنتاج الأصناف الهجينة التي تتصف نباتاتها بالتجانس وسهولة الإنتاج العالي لبذورها. والتنبؤ بالأداء الإنتاجي للهجن الفردية والزوجية والثلاثية وغيرها ولاختصار عدد الهجن المطلوب تكوينها واختبارها في تجارب مقارنة الغلة.

ويزرع الهجين الفردي الناتج من التصالب بين سلالتين نقيتين مختلفتين AAXBB في حقول معزولة تماماً على أن تزال الأعضاء المذكرة للسلالة الأم في الوقت المناسب قبل تفتح الأسدية وانتشار حبوب اللقاح، وتكون أعدادها حسب

عدد السلالات الداخلة في التهجين و حسب نظام التهجين وتحسب بالمعادلة التالية :

$= \frac{ن(ن-1)}{2}$ ن = عدد السلالات الداخلة في التهجين التبادلي .

(وتكون هذه الهجن أكثر انتظاماً من أي طراز من طرز الذرة الهجين من حيث درجة النضج وانتظام وشكل الحبوب في العرانيس وغيرها من الصفات الهامة الأخرى).

2- الهجن الزوجية : تتصف هذه الهجن بالإنتاج الاقتصادي لبذارها مقارنة بغيرها من الهجن وبناء على ذلك تستخدم في الزراعة بشكل واسع لانخفاض أسعارها والتنبؤ بإنتاجيتها من معرفة متوسط السلالات الذاتية التلقيح الداخلة في الهجن الفردية المكونة لها.

ويعرف الهجين الزوجي : بالهجين الناتج من تصالب هجينين فرديين مختلفين AB X CD في حقول معزولة وبأعداد مختلفة وتحسب أعدادها بالمعادلة التالية :

$$\frac{ن(ن-1)(ن-2)(ن-3)}{8}$$

ويوضح المخطط رقم (1) كيفية إنتاج مختلف الهجن الزوجية والفردية العقيمة ذكرياً في F1 وبنسبة 100% بدءاً من أربع سلالات نقية (AA.BB.CC.DD) فيها ما هو خصب Fertil (F) وفيها ما هو عقيم ذكرياً (M.S) وهي :

1-Diploides digeniques .

ثنائية ثنائية العوامل الوراثية 2N=18.(AB)

2-Triploids trigenique

ثلاثية ثلاثية العوامل الوراثية 3N = 27 .(ABC)

3- Tetraploides tetragenique

رباعية رباعية العوامية الواثية 4N = 36.(ADCD)

وينتج لدينا حسب قوانين الهجن المذكورة سابقاً ست هجن فردية مختلفة هي :

AB – AC – AD – BC – BD – CD

وثلاث هجن زوجية مختلفة هي :

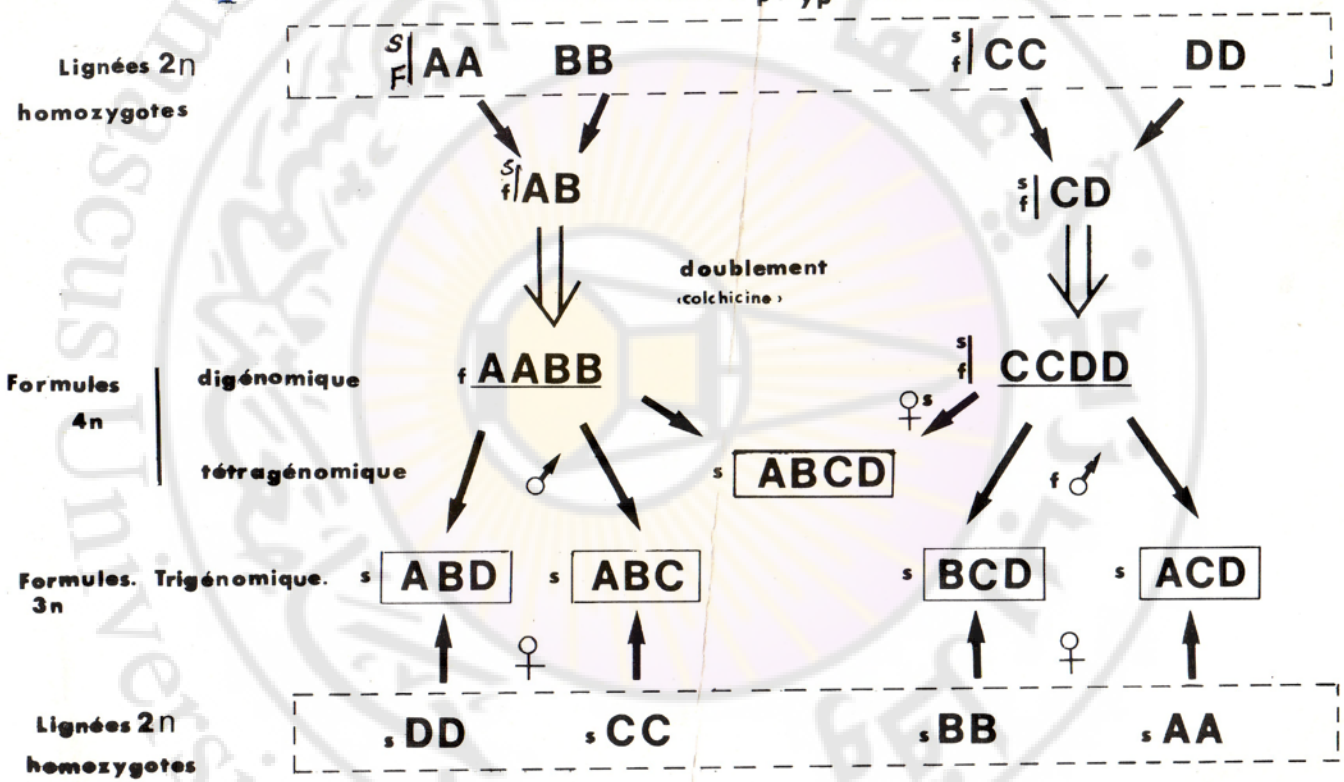
6 X 1 = AB X CD

5 X 2 = AC X BD

4 X 3 = DD X BC

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

Fig. 1. Schema d'obtentiont de Formules polyploides balencèes



3- الهجن الثلاثية : وهي بالتعريف الهجن الناتجة من تلقيح سلالة عقيمة ذكرياً (AA) وبنسبة 100% مع هجين رباعي ثنائي العوامل الوراثية (CCDD) أي مجموعة تصالب ثلاث سلالات نقية مع بعضها البعض على أن تستخدم نباتات الهجن (CCDD) كآباء منتخبة لإنتاج بذار الهجن الثلاثية نظراً لقدرتها الإنتاجية العالية وقدرة سلالاتها على الإنتاج الجيد لحبوب اللقاح. وتحسب أعدادها من المعادلة التالية : $\frac{n(n-1)(n-2)}{2}$

4- الهجن الرباعية : وهي الهجن المركبة منها ما هو رباعي ثنائي العوامل الوراثية (AABB) الناتج عن تضاعف هجين فردي (AB) ومنها ما هو رباعي رباعي العوامل الوراثية (ABCD) الناتج عن تهجين رباعي ثنائي العوامل الوراثية (AABB)مع رباعي ثنائي العوامل مختلف (CCDD).

وتستخدم هذه الهجن في إنتاج الأصناف التركيبية التجارية فقط خلال ترك هذه الهجن للتزاوج العشوائي خلال عدة دورات انتخابية قبل استخدامها في برامج التربية.

5- الهجن القمية : وهي الهجن المستخدمة لتحديد القدرة العامة على التوافق، أو هي عبارة عن صنف هجين ناتج من تصالب سلالة نقية بصنف مركب.

الأصناف المركبة والتركيبية :

1- الأصناف المركبة هي الأصناف المستنبطة من سلالات مميزة ومختلفة وراثياً لتكون ملائمة للزراعة في منطقة بيئية محدودة وضمن نظم زراعية متبعة في المنطقة ويتميز إنتاج البذور فيها بالبساطة والمرونة والسهولة في تحسين الصفات الهامة.

و تتميز أيضاً بتعرضها لمهاجمة الأمراض والحشرات نظراً لاحتوائها على قاعدة وراثية عريضة، كما يمكن استخدامها كعشيرة (الأساس) في تطوير وإنتاج أفضل السلالات ذاتية الإلقاح المستخدمة في تكوين الهجن المتفوقة.
وتعتمد القدرة الإنتاجية الكامنة في هذه الأصناف على :

1 -الاختيار الجيد للآباء التي تتصف بالتباعد والتباين الوراثي (البعد الجغرافي – مواعيد النضج) واحتوائها على اختلافات وراثية مفيدة :
   أ -الأجيال المتقدمة للهجن الفردية أو الزوجية أو غيرها من الأشكال الهجينة.
   ب- الأصناف التركيبية المكونة للسلالات ذات الإلقاح الذاتي.
   ج- الأصناف المركبة الأخرى.
   وهناك طرق بديلة تعتمد على انتخاب الآباء بناء على متوسط إنتاج الصنف في كل من الهجن ذات القدرة الوراثية العالية على التوافق أو بمواصفات أخرى متفوقة .
2 -الطرائق المتبعة لتكوين الصنف سواء بالتهجين المتسلسل باتجاه واحد بين الآباء المنتخبة على أن يكون عدد الهجن المتسلسلة مساوياً لعدد الآباء وتجمع بذور الهجن كلها عند الحصاد، أو يستخدم التهجين التكراري الفردي المتبادل بين الآباء مع استبعاد التهجينات العكسية وتجمع بذور كل الهجن لتشكيل الصنف المركب المتوازن.
3 -المحافظة على النقاوة للأصناف المركبة، وذلك بحفظ جزء من بذار الصنف المركب لاستخدامه في الإكثار لدورة لاحقة، ونظراً لعدم إمكانية إكثار الصنف المركب من الآباء المكونة له في المرحلة الأولى مع مراعاة شروط العزل الميكانيكي لحقول الإكثار وعدم ممارسة الانتخاب إلا في الحدود الدنيا، وذلك لاستبعاد النباتات الحساسة للأمراض

والحشرات أو الصفات غير المرغوبة، والعمل على تحسين الأداء الإنتاجي للصنف المركب خلال عدة دورات من الانتخاب المتكرر للصفات والخواص المرغوبة.

2- الأصناف التركيبية synthetic variety :

الصنف التركيبي هو الذي يتكون من مجموعة من السلالات النقية المختلفة أو من السلالات الخضرية أو مجموعة من التراكيب الوراثية التي سبق انتخابها على أساس قدرتها على الخلط وتمتاز خواص مكوناته بـ:

أ- اختبارها على أساس قدرتها على الخلط وإمكانية إعطائها إنتاج عال.

ب- الاحتفاظ بها لإعادة الصنف من جديد.

ج- السماح بالتزاوج العشوائي بين جميع التراكيب الوراثية الداخلة في تكوينه.

والهدف من اختبار القدرة على التوافق قبل تكوين الأصناف التركيبية هو التأكد من أن التراكيب الوراثية التي سيتكون منها الصنف سوف تكون لها القدرة العالية على إعطاء إنتاج عال عند تهجينها مع بعضها بالتلقيح المفتوح أثناء زراعتها ومن ضمن الطرق المتبعة لذلك هي استعمال طريقة التلقيح العام top cross بصنف اختباري له مجال واسع من التصنيف الوراثي كأن يكون صنفاً عادياً، أو صنفاً مفتوح التلقيح أو صنفاً تركيبياً آخر. ويمكن التنبؤ بإنتاج الأصناف التركيبية بعد مرور أفراد مكوناتها في دورة أو دورتين من التزاوج العشوائي بحيث تصل إلى حالة التوازن الوراثي وثبات غلتها من جيل إلى آخر حسب قانون هاردي واينبرغ. ويمكن حساب محصول الصنف التركيبي المتوقع في الجيل الثاني F2 والمكون من عدة سلالات نقية بالمعادلة التالية :

$$F2=F1-(\frac{F_1 - P}{n})$$

حيث :

F2 = المحصول المتوقع للجيل الثاني.

F1 = متوسط محصول الهجين الفردي للسلالات.

P = متوسط محصول السلالة النقية.

n = عدد السلالات النقية.

ويمكن زيادة محصول الصنف التركيبي عن طريق :

أ -زيادة محصول الـ F1.

ب| زيادة محصول السلالات النقية.

ج- زيادة عدد السلالات.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

تربية النباتات لمقاومة الآفات Breeding for Pest Resistance

تربية الأصناف المقاومة للأمراض و الآفات الحشرية، تُعد في كثير من الأحيان من أهم طرق المقاومة، و أحياناً الطريقة الوحيدة لصعوبة أو كثرة التكاليف أو استحالة استخدام وسائل المقاومة.

يؤدي استنباط صنف جديد مقاوم لأحد الأمراض النباتية أو الحشرية إلى إمكان زراعة المحصول و استقرار إنتاجه مع توفير في نفقات المقاومة السنوية إلى الحد الأدنى، و تعد الإصابة بالمرض أو الحشرة صفة معقدة للغاية، لأنها تأتي نتيجة للتفاعل بين العائل و الكائن المسبب، و كلاهما متباين في تركيبه الوراثي و يتأثر بظروف البيئة، فالنبات العائل من جهة يشتمل على عوامل وراثية تتحكم في درجات متفاوتة من القابلية للإصابة أو المقاومة ، و الكائن المسبب من جهة أخرى يشتمل على عوامل وراثية تتحكم في مقدرته على إصابة العائل. هذا الجزء من التركيب الوراثي في النبات العائل و الكائن المسبب يتباين بشدة تحت تأثير ظروف البيئة و نتيجة لعمليات التكاثر المختلفة ، فتظهر سلالات جديدة نتيجة للانعزالات الوراثية.

وبذا يكون الشرط الأساسي لحدوث الإصابة، أن يحوي العائل تركيباً وراثياً معيناً يجعله قابلاً للإصابة ، و أن يحوي الكائن المسبب تركيباً وراثياً معيناً يجعله قابلاً لإصابة هذا العائل، و بتفاعل هذه العوامل معاً تحت تأثير ظروف البيئة تكون النتيجة ظهور الإصابة . و العكس صحيح في حالة المقاومة لمرض أو لحشرة ما ، حيث هنا لا تتفاعل العوامل الخاصة بالقابلية للإصابة في العائل مع عوامل القدرة على الإصابة في الكائن المسبب. ولكن إذا حدث أي تغير في

العوامل الوراثية لأحدهما في الاتجاه الملائم للتركيب الوراثي الآخر نتيجة للانعزالات، فمن المتوقع أن تحدث الإصابة و تختفي صفة المقاومة.
و لمعرفة أسباب التباين الوراثي في الكائنات المسببة للأمرا ض، يجب أخذ فكرة مبسطة عن طريق تكاثرها و دورات الحياة فيها.

التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction

تكوين أبواغ لا جنسية مشابهة تماماً في تركيبها الوراثي للميسيليوم الأصلي كما في الكثير من الفطريات، تنبت هذه الأبواغ و تكون أفراداً جديدة لها نفس التركيب الوراثي، أو قد يتم بانفصال جزء من الميسيليوم ينمو أيضاً و يكون فرداً جديداً، من ذلك نرى أن التكاثر اللاجنسي شديد الشبه بالتكاثر اللاجنسي في النباتات الراقية، من حيث إمكانية الاحتفاظ بالتراكيب الوراثية لهذه الأفرا د دون تغيير أثناء التكاثر، سواء كان هذا التركيب الوراثي أصيلاً أم خليطاً.

التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

يتم باتحاد خلايا جنسية لتكوين الفرد الجديد، ومن الطبيعي أن يحدث ظهور تراكيب وراثية جديدة عندما يكون التركيب الوراثي للنواتين المتحدتين غير متماثل، كما يحدث انعزال للعوامل الوراثية أثناء عملية الانقسام الاختزالي لتكوين الخلايا الجنسية، مما يعطي تراكيب وراثية جديدة أخرى.
دورة الحياة: تعد الفطريات عموماً كائنات أحادية Haploids حيث يحدث اتحاد الأنوية أحياناً لإعطاء طور ثنائي قصير Diploid، أي أنه يحدث تبادل للأطوار في هذه الكائنات. و لكن الطور الأحادي هو الذي يستغرق الفترة الأطول من دورة الحياة . و الواقع أن دورات الحياة في هذه الكائنات تتراوح بين دورات أحادية تماماً

، و دورات ثنائية تماماً ، و إذا استثنينا النواتج المباشرة لعملية الانقسام الاختزالي، و تتم دورة الحياة في الفطريات بشكل عام كما يلي:

تتحد خليتان جنسيتان تحوي كل منهما نواة واحدة أو أكثر أحادية الصيغة الصبغية، يتم اتحاد السيتوبلاسما فقط في البداية و لا يتم اتحاد الأنوية مباشرة، و لكن تبقى معاً في حالة أزواج من السيتوبلاسما الناتج عن اندماج الخليتين الجنسيتين، تسمى عملية اندماج السيتوبلاسما فقط Plasmogamy، و نسمي وجود الأنوية بدون اتحاد هذه السيتوبلاسما Dicaryons، قد تستمر هذه الحالة لفترة طويلة، و يتم بعد ذلك اتحاد الأنوية لتعطي أنوية ثنائية الصيغة الصبغية.

وقد تنشأ عن فشل الأنوية في الخلايا الكنسية المندمجة في الاتحاد مباشرة بعد اندماج البروتوبلاست، حالات معقدة، تنشأ عنها تحديد أنواع متعددة من دورات الحياة مبنية على أساس تعاقب الطورين الأحادي و الثنائي، و الفترة التي يستغرقها كل منهما بما في ذلك الفترة التي يستغرقها طور الـ Dicaryons.

تعود أهمية معرفة دورة حياة كل فطر إلى أن التركيب الوراثي للنبات العائل الملائم للتركيب الوراثي للفطر لإحداث الإصابة، يتغير تبعاً لطور الحياة التي يمر بها الفطر، فمثلاً التركيب الوراثي للنبات العائل الملائم للتركيب الوراثي للفطر في الطور الأحادي يختلف عنه في طور الـ Dicaryon لأن المتطلبات الفيزيولوجية لهذا الطور تختلف عنها في الطور الأحادي.

مثال على ذلك الطور الأحادي في فطر الصدأ فهو متطفل إجباري على نبات الفريز البري Barberry في حين أن الطور Dicaryon متطفل إجباري على القمح و بعض الأعشاب النجيلية الأخرى.

القواعد العامة لتربية النباتات لمقاومة الأمراض:

إن التربية لمقاومة الأمراض تتم على أسس و قواعد رئيسية عامة يمكن تلخيصها فيما يلي:

1 - المقاومة ضد الأمراض ليست صفة مكتسبة في النباتات و لكنها صفة وراثية يجب أن تكون العوامل الخاصة بها موجودة، و يمكن البحث عنها أولاً في الأصناف أو الأنواع القريبة من النوع المزروع، أو في الطرز البرية.
2 - بعد التوصل إلى معرفة عوامل المقاومة يمكن محاولة نقلها إلى الأصناف التجارية عن طريق التهجين.
3 - كثير من الطفيليات المسببة للمرض تحتوي على عدد من الطرز أو السلالات البيولوجية أو الفيزيولوجية Physiological or Biological Races التي لا تختلف في الشكل أو المظهر، و لكنها تختلف في قدرتها على إحداث العدوى في الأصناف المختلفة للمحصول المزروع. يؤدي ظهور السلالات الجديدة باستمرار نتيجة حدوث الانعزالات في العوامل الوراثية أثناء التكاثر الجنسي، إلى إصابة أصناف كانت مقاومة، و لذلك كان من المهم دراسة كيفية و مدى ظهور السلالات الجديدة و التمييز بينها و جمع كل السلالات من مناطق زراعة المحصول لدراسة إمكانية تربية أصناف مقاومة لها. إن احتمال ظهور سلالات جديدة على الدوام يجعل من الضروري استمرار عمليات التربية للاحتفاظ بالمقاومة. و من الواضح أن اختلاف السلالات في قدرتها على إصابة عوائل مختلفة يرجع إلى اختلاف في تركيبها الوراثي.

و قد وجد بالتجربة أن تكوين السلالات الجديدة يرجع إلى أحد الأسباب التالية :

– التربية الذاتية للمرض، حيث ينتج عن التربية الذاتية لل ممرضات الخليطة في عوامل الإصابة تركيبات وراثية جديدة نتيجة لانعزال العوامل.

– التهجين أو التلقيح الخلطي.

– الطفرات الطبيعية.

4– السلوك الوراثي لصفة المقاومة للكثير من السلالات الفيزيولوجية ، وجد أنه بسيط في الغالب، حيث يتأثر بزوج واحد أو زوجين من العوامل الوراثية في معظم الحالات، كما أن المقاومة غالباً ما تكون هي الصفة السائدة ، و قليلاً ما تكون متنحية. و قد وجدت بعض الحالات التي كانت فيها المقاومة صفة معقدة تتأثر بعدد كبير من العوامل التي تؤثر على العلاقة بين الطفيل و العائل.

5– عند التربية لمقاومة الأمراض يجب تعريض هذه النباتات للعدوى بالمرض، و هذه العدوى إما أن تكون تحت الظروف الطبيعية الحقلية أو تحت الشروط الصنعية، و هذا التعرض للمرض مهم جداً لأنه الوسيلة الوحيدة للتفريق بين النباتات المقاومة Resistant plants و النباتات القابلة للإصابةSusceptible Plants و التي تظهر عليها أعراض المرض و هكذا يمكن انتخاب النباتات المقاومة فعلاً.

6– يختبر نسل النباتات التي تظهر أنها مقاومة للمرض، و ذلك لمعرفة ما إذا كانت سلامتها راجعة إلى وجود عوامل المقاومة فعلاً أو أن النبات قد هرب من الإصابة صدفة.

الخطوات المستعملة في برامج التربية لمقاومة الآفات:

تشمل الطرق المستعملة في تربية النبات نصفية المقاومة للأمراض و الحشرات أربع خطوات هامة هي :

1 –البحث عن النباتات المقاومة وراثياً للمرض المعين.

2- معرفة طرق العدوى الصناعية.

3- عمل تصميم لطريقة التربية و انتخاب السلالات المقاومة.

4- دراسة المشاكل الخاصة الأساسية التي تساعد على الحل المنطقي للصعوبات التي يصادفها المربي.

البحث عن النباتات المقاومة:

من الطبيعي أن يكون البحث عن مصدر المقاومة هو الخطوة الأولى في برنامج التربية، والمقاومة التي يمكن الاستفادة منها مباشرة هي التي توجد عواملها الوراثية في أصناف نوع المحصول نفسه، حيث يمكن نقلها بسهولة إلى الأصناف التجارية الممتازة من هذا المحصول، و من المهم عمل مجموعة عامة من أصناف وأنواع النبات الاقتصادي محل التحسين ، و ذلك من الأصناف والطرز المحلية و الأجنبية و اختبارها بالنسبة لتفاعلها مع المرض، و هل هي مقاومة أو قابلة للإصابة تحت ظروف العدوى الصناعية، و ينصح أيضاً بالحصول على الأصناف المقاومة التي ظهرت في مناطق أو دول أخرى و اختبار درجة مقاومتها تحت ظروف البيئة المحلية.

و تربية الأصناف المقاومة بعد ذلك لا تختلف كثيراً عن التربية للصفات الأخرى ، أما إذا لم يتمكن المربي من الحصول على نباتات أو أصناف مقاومة عن طريق الأصناف المزروعة، فيمكن للمربي البحث عن المقاومة من مصدرين آخرين هما :

- في الأنواع البرية القريبة و محاولة نقلها عن طريق التهجينات المعقدة بين الأنواع و الأجناس.
- محاولة إحداث طفرات صناعية قد تكون نتيجتها الحصول على صفات المقاومة ضد الأمراض و الحشرات.

أحداث العدوى الصناعية

من المهم في أي طريقة لإحداث العدوى الصناعية أن نعرض جميع النباتات أو الأصناف لنفس الظروف البيئية و شرط العدوى بحيث نضمن وصول الكائن المسبب لكل نبات، و على سبيل المقارنة و للتأكد من سلوك كل سلالة تحت الاختبار يجب زراعة أصناف مقاومة و أخرى قابلة للإصابة من المعروف تفاعلها مع المرض للتأكد من حدوث العدوى فعلاً، و عند إحداث العدوى يجب العمل على أن تكون مشابهة للعدوى الطبيعية، و أن تتوفر الظروف البيئية المثلى لحدوث الإصابة و فيما يلي وصف عام لبعض طرق إجراء العدوى الصناعية لبعض الطرز الهامة من الأمراض النباتية التي نجح مربو النباتات في إنتاج أصناف مقاومة لها:

- الأمراض التي تنتقل إلى النباتات عن طريق التربة:

كثير من الأمراض توجد جراثيمها في التربة و تنتقل منها العدوى إلى النباتات عن طريق الجذور أو السوق الأرضية، مثل أمراض الذبول في القطن و الكتان و الخضروات و أمراض عفن الجذور في القمح و الشعير و تعفن الجذور و البادرات في الذرة و غيرها.

تجرى الاختبارات الحقلية لمعرفة درجة مقاومة السلالات و الأصناف لهذه الأمراض بزراعتها في تربة معروفة بأنها موبوءة بشدة بجراثيم المرض، وفي بعض الحالات يمكن العمل على زيادة تعداد الجراثيم في التربة بجمع بعض الترب من الحقول الموبوءة الأخرى و نثرها في حقل الاختبار، كما يمكن تلقيح التربة بمزرعة من الجراثيم المسببة للمرض، تكون قد ربيت صناعياً على حبوب معقمة أو أي بيئة غذائية مناسبة. و يستعمل حقل الاختبار هذا كل عام لأنه سوف يكون موبوءاً بشدة و بصفة مستمرة. كما يمكن إجراء الاختبارات أيضاً في البيت البلاستيكي، حيث تزرع النباتات في أصص بها تربة مأخوذة من حقل موبوء أو تربة عقمت

أولاً (حتى يمكن تحديد أعراض المرض دون تدخل أنواع أخرى من الفطريات قد تكون منشطة أو مثبطة للفطر تحت الاختبار)، ثم تلقح بجراثيم المرض، و يفضل عمل هذه الاختبارات في البيوت البلاستيكية نظراً لأنه يمكن التحكم في درجات الحرارة و توفير كل الظروف التي تساعد على ظهور أعراض المرض على النباتات.

- الأمراض التي تصيب النباتات على الأوراق:

كثيراً ما تحدث العدوى بدخول الجراثيم إلى جسم النبات عن طريق فتحات طبيعية مثل الثغور أو العديسات أو عن طريق جروح في جسم النبات بسبب العمليات زراعية أو الإصابات الحشرية، أو عبر الأنسجة النباتية و من هذه الأمراض التبقع البكتري في القطن وفول الصويا و أمراض الصدأ بأنواعها المختلفة و أمراض البياض الزغبي و جرب التفاح و مرض التفحم في الذرة.
تختلف طرق عمل العدوى الصناعية في هذه الأمراض من مجرد تعفير الأوراق بالجراثيم الجافة للفطر أو رش النبات بمعلق مائي يحتوي على الجراثيم و الميسليوم للطفيل المسبب للمرض.
و لمساعدة ظهور الإصابة يجب الاحتفاظ بدرجة حرارة البيت البلاستيكي على الدرجة المثلى لنمو الطفيل و إحداث العدوى، كما يجب رفع نسبة الرطوبة النسبية إلى درجة التشبع تقريباً عن طريق وضع النباتات في غرف خاصة جوها مشبع بالرطوبة أثناء فترة ظهور المرض، كما يمكن رش النباتات بالجراثيم في الوقت الذي تكون فيه الثغور مفتوحة أكثر مما يمكن لتسهيل دخول الجراثيم خلال هذه الثغور. في حال عمل العدوى الصناعية بأمراض الصدأ مثلاً، يزرع عادة صنف شديد الإصابة بالمرض حول النباتات المراد اختبارها كي تعمل على نشر العدوى في جميع أرجاء حقل الاختبار، و في الوقت المناسب ترش نباتات هذا الصنف

القابل للإصابة بمعلق مائي لجراثيم الصدأ، و عند ظهور بثرات المرض على النبات سوف تنتشر منها العدوى إلى بقية الأصناف القابلة للعدوى و كذلك إلى الأصناف و السلالات الأخرى تحت الاختبار، و يكون هذا الانتشار طبعاً بالطريقة التي تتم بها العدوى في الطبيعة، و تقدر درجة الإصابة بحسب البثرات أو بتقدير المساحة التي يغطيها المرض من جسم النبات أو بمقدار الضرر الذي يظهر على النبات بسبب الإصابة بالمرض أو بأي طريقة أخرى مناسبة.

- الأمراض التي تصيب النبات عن طريق الأزهار:

تصيب بعض الأمراض مثل التفحم السائب في القمح و الشعير النباتات عن طريق دخول جراثيمها في الأزهار المتفحمة في السنابل السليمة.

و طريق العدوى الصناعية في هذه الحالة هي إدخال جراثيم ناضجة في الأزهار في وقت تفتح المتك و انتشار حبوب اللقاح أو بعده مباشرة، و تكون الجراثيم موجودة في معلق مائي توضع منه بضع نقاط داخل كل زهرة في وقت تفتح المتوك و انتشار حبوب اللقاح أو بعده بقليل، كما يمكن وضع الجراثيم الجافة في الأزهار بواسطة ملقط أو إبرة. و البذور المتكونة في الأزهار المعدية صناعياً تحصد و تزرع فتظهر أعراض المرض في سنابل النباتات القابلة للإصابة و ذلك في الموسم التالي لإجراء العدوى الصناعية، و يمكن تقدير نسبة الإصابة عن طريق النباتات المصابة أو السنابل المصابة.

- الأمراض التي تصيب النباتات عن طريق البذور:

تنقل أمراض التفحم المغطى في القمح و الشعير عدواها عن طريق البذور التي تحمل الجراثيم عادة على سطحها، و على ذلك تكون طريقة إحداث العدوى بسيطة و ذلك بخلط البذور بجراثيم المرض قبل الزراعة كما في القمح و الذرة الرفيعة و في حالة التفحم المغطى في الشعير يحتاج الأمر إلى غمر البذور بمعلق الجراثيم في جو مفرغ مما يساعد على وصول الجراثيم إلى الحبوب التي

تغطيها العصافات، حيث يعمل التفريغ على خروج الهواء الموجود بين الحبة و العصافات ثم يدخل معلق الجراثيم مكانه عند زوال التفريغ. تحسب درجة الإصابة بعدد النباتات أو السنابل المصابة.

- الأمراض التي تنتقل للنباتات عن طريق الحشرات:

يوجد عدد كبير من الأمراض التي تنتقل عن طريق الحشرات مثل الكثير من الأمراض الفيروسية و إحداث العدوى الصناعية لمثل هذه الأمراض يتم كالآتي:

1- عن طريق الحشرات التي تتغذى على نباتات مصابة بالمرض مثل المن حيث تنتقل هذه الحشرات إلى النباتات السليمة، و عادة تزرع النباتات في أقفاص شبكية تمنع خروج لحشرات لنشر الإصابة بواسطتها طبيعياً.

2- نقل العدوى ميكانيكياً و ذلك بأخذ أجزاء من أنسجة النباتات المصابة، تهرس و يستخرج منها عصير يدهن به سطح الأوراق السليمة كما يمكن إضافة بودرة خاصة مع المستخلص النباتي لإحداث بعض الجروح في سطح الورقة أو يمكن تخريش الأوراق ميكانيكياً لكي يدخل الفيروس عن طريق الجروح.

إحداث العدوى الصناعية في حالة الآفات الحشرية:

إن طرق اختبار النباتات المقاومة لحشرة معينة تنحصر في تعريض النباتات للإصابة بهذه الحشرة و ذلك عن طريقين:

1- العمل على استمرار وجود الحشرة طبيعياً في الحقل، و ذلك بإجراء عملية زراعية من شأنها مساعدة الحشرات على البقاء و التكاثر، وقد استعملت هذه الطريقة بنجاح في بعض مناطق زراعة القمح في أمريكا عند تربية القمح لمقاومة حشرة ذبابة هس *Phytophaga destructor*، و لإحداث

العدوى يزرع القمح مبكراً في الخريف لكي يتعرض للإصابة بشدة طبيعياً، و تتكرر الزراعة في نفس الأرض من كل عام، و يمكن الاستدلال على درجة مقاومة السلالات الجديدة بمقارنة إصابتها مع إصابة أصناف مقاومة و أصناف قابلة للإصابة مزروعة معها في نفس الحقل.

2- تربية مجموعة من الحشرات تربية صناعية ثم تنقل إلى النباتات المزروعة في الحقل أو البيت البلاستيكي لاختبار مقاومتها أو قابليتها للإصابة، و غالباً ما تزرع النباتات التي ستتعرض للإصابة في البيوت الشبكية لمنع دخول الحشرات و إصابة النباتات بحشرات أخرى. يتم التمييز بين كل من السلالات و الأصناف المقاومة و القابلة للإصابة بالتعاون بين مربي النبات و أخصائي من أمراض النبات أو الحشرات.

عمل تصميم لطريقة التربية:

لا تختلف طريقة التربية لمقاومة الآفات عن التربية للصفات الأخرى ، وعلى ذلك يمكن استخدام أي طريقة من الطرق التي تناسب المحصول طالما أمكن الحصول على العوامل الوراثية للمقاومة في أي طراز من طرز النباتات المزروعة. إذا وجدت عوامل المقاومة في الأصناف التجارية للمحصول فان الانتخاب في داخل هذه الأصناف سوف يكون أسهل طريقة توصل المربي إلى هدفه من إنتاج أصناف عالية المقاومة ، أما إذا لم يجد العوامل الوراثية للمقاومة في الأصناف التجارية و وجدت فقط في طرز لا يمكن استغلالها زراعياً لاحتوائها على صفات زراعية رديئة ، فيمكن استعمال إما طريقة التهجين الرجعي أو طريقة التهجين مع تسجيل النسب ، و في كلا الحالتين يجب اختيار أحد الأبوين بحيث تكون صفاته الزراعية ممتازة و الأب الآخر يكون قد أثبت مقاومته العالية لأكبر عدد من السلالات الفيزيولوجية للمرض، فإذا كان الصنف المقاوم رديئاً جداً و

غير ناجح زراعياً، فيجب استعمال طريقة التهجين الرجعي، أما إذا اقتنع المربي بأن يمكن أن يضيف للصنف المقاوم بعض الصفات الجيدة الأخرى مثل الزيادة في كمية المحصول أو تحسين الجودة أو زيادة التلاؤم مع البيئة، فان طريقة التهجين مع تسجيل النسب هي الطريقة المثلى، كما يمكن استعمال التهجين بطريقة التجميع، و لقد كانت طريقة التهجين العادي أكثر انتشاراً فيما مضى، و كثير من الأصناف الحالية المقاومة للأمراض استنبطت بطريقة التهجين مع تسجيل النسب أو مع التجميع، و لكن حديثاً حدث تحول عن هذه الطريقة إلى طريقة التهجين الرجعي عند كثير من مربي النبات.

دراسة المشاكل الأساسية في التربية للمقاومة:

إن أهم المشاكل الأساسية لتربية النباتات المقاومة للأمراض هي دراسة و معرفة السلالات الفيزيولوجية للمرض، لأن هذه الدراسة سوف تؤدي إلى معرفة تأثير ظروف البيئة على العدوى بالمرض، و كذلك قدرة السلالات الفيزيولوجية المختلفة على إحداث العدوى بدرجة وبائية تحت ظروف بيئية معينة، أو تأثير تبادل الأصناف المزروعة المختلفة على انتشار السلالات الفيزيولوجية في كل موسم زراعي و استغلال ذلك في تصميم الدورات الزراعية و غير ذلك من المشاكل التي يصادفها المربي و المزارع على السواء.

السلوك الوراثي للمقاومة:

يتطلب ذلك إجراء التهجين بين آباء قابلين للإصابة و آخرين مقاومين للمرض، مع اختبار النسل تحت ظروف العدوى الصناعية. و نجاح هذه الدراسات يتوقف على توفير الإجراءات السابق ذكرها من إحداث العدوى الصناعية و قياس درجة الإصابة. و لكي تكون الانعزالات الوراثية واضحة و محددة، يجب إجراء التهجين بين سلالات نقية من الآباء، و كذلك استخدام سلالة واحدة من الكائن المسبب في كل مرة لتحديد سلوكها الوراثي و تحديد العوامل التي تتحكم بها، على

أن تجري الدراسة على السلالات المختلفة الأخرى من الكائن المسبب في نفس الوقت لمعرفة إن كان هناك ارتباط أو تفاعل بين عوامل المقاومة لها في النبات.

و قد وجد بالدراسة لعدد كبير من الأمراض ما يلي:

1- يتحكم في المقاومة لكل سلالة فيزيولوجية زوج واحد من العوامل الوراثية أو عدد قليل من أزواج العوامل الوراثية، أي أنها صفة نوعية.

2- قد يتحكم فيها العديد من أزواج العوامل الكمية، أي أنها صفة كمية.

3- قد يتحكم زوج واحد من العوامل في مقاومة عديد من السلالات.

4- قد تكون عوامل المقاومة لسلالات مختلفة مرتبطة مع بعضها.

و تحديد عوامل المقاومة و طريقة وراثتها ضروري لاختيار برنامج التربية الملائم و كذلك لبناء أكبر درجة من المقاومة للسلالات المختلفة. تتلخص مقومات نجاح التربية لاستنباط أصناف مقاومة للمرض الوبائي بما يلي:

1- استخدام جميع السلالات الفيزيولوجية التي يمكن عزلها من منطقة زراعة المحصول.

2- استمرار برنامج التربية لمجابهة ظهور السلالات الفيزيولوجية الجديدة من الكائن المسبب.

و قد تبين من الدراسات الحديثة أن صفة المقاومة يمكن تقسيمها تبعاً لدرجة ثباتها و استقرارها في الأصناف المقاومة إلى:

1- المقاومة التي تتحكم فيها عوامل نوعية محددة العدد لكل سلالة على حدة، و تسمى بالمقاومة الرأسية Vertical resistance، و تتميز بأن الصنف النباتي يختلف في درجة مقاومته للسلالات الفيزيولوجية للكائن المسبب تبعاً لعدد عوامل المقاومة الموجودة في تركيبه الوراثي، هذه المقاومة غير ثابتة لاستمرار ظهور سلالات جديدة تتغلب على صفة المقاومة في هذه الأصناف، و هذا يتطلب استمرار التربية لمقاومة السلالات الجديدة.

يمكن العمل على زيادة ثبات المقاومة الرأسية باستنباط صنف نباتي يتكون من عدة سلالات مختلفة كل منها له عوامل المقاومة لعدد معين من السلالات الفيزيولوجية للكائن المسبب للمرض، و بذلك تصبح أغلب النباتات في الحقل مقاومة للسلالات الفيزيولوجية القليلة العدد و الأكثر انتشاراً، كما تصبح فرصة ظهور سلالة فيزيولوجية للتغلب على جميع العوامل المختلفة قليلة، و تظل الغالبية العظمى من نباتات هذا الصنف ثابتة المقاومة.

2- المقاومة التي تتحكم فيها عوامل كمية تسمى بالمقاومة الأفقية Horizontal resistance، صفة المقاومة يتحكم فيها عدد كبير من العوامل في العائل، و بذا يكون النبات مقاوماً لعدد من السلالات الفيزيولوجية للكائن المسبب الذي يتحكم في قدرته على الإصابة عدد قليل من العوامل. و يعد هذا النوع من المقاومة أكثر ثباتاً من المقاومة الرأسية لأن فرصة ظهور سلالة فيزيولوجية جديدة من الكائن المسبب تتغلب على جميع العوامل الكلية للمقاومة في العائل تكون قليلة.

الفصل التاسع

التضاعف الصبغي وعلاقته بتربية النبات

polyploidy in relation to plant breeding

تتميز الخلايا الجسمية لفرد ما، وكذلك الأفراد المختلفة للنوع الواحد، باحتوائها على أعداد متطابقة من الصبغيات. ويعد العدد الصبغي في النباتات ثابتاً بصورة عامة، إذ تشتمل نواة الخلية الجسمية على صبغ ين والعروس على صبغي واحد من كل زوج من أزواج المجموعة الصبغية المميزة للنوع النباتي.

تعد المجموعة الصبغية الثنائية (2n) هي الحالة الطبيعية في النباتات الزهرية المزروعة، ومنها نشأت المجموعات المتضاعفة الأخرى، ولقد بين العالم Stebbins عام 1950 أن (30 . 35%) من النباتات مغطاة البذور Angeosperms تمتلك مجموعات صبغية متضاعفة. وتصل نسبة التضاعف في نباتات الحبوب التابعة للفصلية النجيلية إلى أكثر من 70%.

إنه ، من الواضح ، أن تطور غالبية المحاصيل، اعتمد على الاستبدال المورثي Gene – Substitution في النباتات ثنائية التضاعف، ولم يكن للتضاعف Polyploidy أي مكان في تاريخ تطور كثير من المحاصيل الهامة (مثل الرز، والشعير، والذرة البيضاء، ومعظم الحبوب). ولكن كان له مكان في التاريخ التطوري لمحاصيل أخرى (كقصب السكر ، والشوفان ، والفصة ، والموز ، والبطاطا، والقمح، وتوت الأرض وغيرها).

يرى بعض العلماء أن للتضاعف دوراً ثانوياً في عملية التطور وتحسين النبات، بينما يتوقع آخرون أن يلعب التضاعف مستقبلاً، دوراً أكثر أهمية، وذلك اعتماداً على النتائج المشجعة التي حصلوا عليها حتى وقت قريب، ولقد وضع بعض العلماء أمثال Daustin, Eigesti وغيرهما، ملاحظات هامة عن علاقة التضاعف (الذاتي والهجيني) بتربية النبات، نستعرض بعضاً منها:

1 . تعد التضاعفات الصبغية مواداً خاماً، وليست نواتج نهائية، ولهذا يجب تكملتها بالانتخاب. ويتطلب الأمر دراسة أعداد كبيرة من النباتات المتضاعفة، فليس من الضروري أن يكون التضاعف الناتج أفضل من النباتات الأبوية ثنائية التضاعف التي نشأت منها.

2 . يخلق التضاعف الصبغي، علاقات جديدة بين المورثات، تحتاج بدورها إلى نوع من التوازن من أجل الحصول على أنواع ثابتة مستقرة.

3 . أعطى التضاعف في النباتات خليطة التلقيح نتائج أفضل مما أعطاه التضاعف في النباتات ذاتية التلقيح.

4 . إن التضاعف في النباتات قليلة العدد الصبغي أكثر فائدة من التضاعف في النباتات كبيرة العدد الصبغي.

5 . أعطى تضاعف النبات المتكاثرة تكاثراً لا جنسياً (خضرياً) التي تزرع من أجل جذورها ومجموعها الخضري، وأخشابها، أفضل النتائج.

تصنيف التضاعف:

يعد العدد الصبغي الثنائي (2n) الحالة الطبيعية في النباتات الزهرية المزروعة ، ولقد نشأت النباتات المتضاعفة منها.

ففي نبات الفريز Raspberry مثلاً، نجد أن الخلية الجسمية تحتوي على (14) صبغياً، تشكل مجموعتين متشابهتين من الصبغيات، يتألف كل منها من سبعة صبغيات، فالعدد الصبغي الثنائي (2n) يضم سبعة أزواج من الصبغيات القرينة، وهي موجودة في كل خلية من الخلايا الجسمية لهذا النبات، بينما تشتمل الخلايا العروسية على صبغي واحد من كل زوج من الصبغيات القرينة فهي ذات

عدد صبغي أحادي Haloid (1n = 7) ويطلق عليه اسم العدد الأساسي للصبغيات Genome، ويرمز له بالرمز (x).

بينما تمتلك الخلايا الجسمية لصنف الفريز Manal ثلاث مجموعات من الصبغيات، أي تحتوي الخلية الجسمية على (21) صبغياً، فيقال عنه إنه ثلاثي التضاعف، فهي تضم ثلاث مجموعات من الصبغيات القرينة المتشابهة (3x) أي (21 = 7 × 3).

وهنالك أصناف أخرى من الفريز، تضم مجموعات صبغية (x) متعددة:

فالصنف Vetichberry رباعي التضاعف الصبغي، تحتوي خلاياه الجسمية على (28) صبغياً، أي (28 = 7 × 4)، والصنف Loganberry، سداسي التضاعف الصبغي، تمتلك خليته الجسمية (42) صبغياً أي (42 = 7 × 6)، والهجين Laxtoberry سباعي التضاعف الصبغي، تشتمل خلاياه الجسمية على سبع مجموعات أساسية من الصبغيات أي (49 = 7 × 7) صبغياً.

ونلاحظ مما سبق ، ان العدد الأساسي للصبغيات Genome في الفريز هو (7) صبغيات، وعلى هذا الأساس يكون التضاعف بعدد الجينومات الموجودة في الخلايا الجسمية. أما العدد المختزل أو المنصف للصبغيات Haploid (in) ويرمز له بالرمز (n) فهو نصف العدد الصبغي الموجود بنواة الخلية، ومن هذا، نجد أن العدد الأساسي للصبغيات (x) قد يكون منطبقاً على العدد المختزل (n) للصبغيات (كما في الأنواع ثنائية التضاعف الصبغي) أو قد يكون أقل منه (كما في الأنواع ثلاثية أو رباعية.. أو متعددة التضاعف الصبغي) ويتواجد العدد الصبغي المختزل أو المنصف في الخلايا العروسية للفرد.

ويمكننا تقسيم التضاعف Polyploidy إلى:

أولاً . التضاعف الحقيقي Eupolyploidy:

وهو تضاعف العدد الأساسي (x) من الصبغيات تضاعفات عديدة.

ويشتمل هذا التضاعف على:

أ . المجموعة الصبغية الوحيدة Monoploid أو مجازاً (التضاعف الأحادي Haploidy) (1n) وفيه يكون كل صبغي ممثلاً مرة واحدة فقط، وبالتالي فإن كل مورث Gene يتواجد في حالة إفرادية فقط.

ب . تعدد المجموعة الصبغية Polyplody أو تضاعف العدد الأساسي للصبغيات (x) مرات عديدة، وفيه يكون كل صبغي ممثلاً بنظيرين أو أكثر من الصبغيات المتشابهة، وتشمل هذه التضاعفات:

1 . التضاعف الثنائي Diploiy (2n = 2 x).

2 . التضاعف الثلاثي Triploidy (2n = 3 x).

3 . التضاعف الرباعي Tetraploidy (2n = 4 x) ويوجد منها نوعان:

. تضاعف رباعي ذاتي Autotetraploidy (2n = 4x).

. تضاعف رباعي هجين Allotetraploidy 2n = (2x + 2x).

4 . التضاعف الخماسي Pentaploidy (2n = 5x).

5 . التضاعف السداسي Hexaploidy (2n = 6x).

6 . التضاعف السباعي Septaploidy (2n = 7 x).

وينتج التضاعف الذاتي Autopolyploidy من تضاعف صبغيات فرد ثنائي المجموعة الصبغية ، وبلك تكون الصبغيات المتضاعفة المتناظرة أو المتشابهة آتية من مصدر واحد كما هو الحال في السلالات النقية أو الأفراد الأصيلة pure lines أما التضاعف الهجيني Allopoloyploidy فهو ناتج عن تضاعف

صبغيات فرد هجين ثنائي المجموعة الصبغية، وبذلك تكون الصبغيات آتية من مصدرين مختلفين.

ثانياً . التضاعف الجسمي Polysomy أو التضاعف الكاذب أو غير الحقيقي Aneupolyploidy:

وهو التضاعف بزيادة أو نقصان صبغي واحد أو أكثر متشابهة أو غير متشابهة بالنسبة للمجموعة الصبغية، ويشتمل هذا التضاعف على:

أ . أحاديات الصبغي Monosomics، وهي ذات صيغة صبغية (2n – 1) وتمثل فقداً لصبغي واحد من مجموعة صبغية واحدة، من نبات ثنائي الصيغة الصبغية.

ب . معدومة الصبغي Nullisomics، وهي نقص لصبغيين متشابهين من المجموعة الصبغية الثنائية، وصيغتها الصبغية هي (2n – 2).

جـ . أحاديات الصبغي المكررة Double monosomics وتنتج عن نقص صبغيين غير متشابهين من إحدى المجموعات الصبغية لفرد ثنائي الصيغة الصبغية، وصيغتها (2n – 1 – 1).

د . ثلاثيات الصبغي Trisomics وتنتج عن زيادة صبغي واحد إلى إحدى المجموعات الصبغية بحيث يصبح هنالك ثلاث نسخ من صبغي واحد في الفرد الثنائي الصيغة الصبغية، ويعبر عنها بالصيغة (2n + 1).

هـ . ثلاثيات الصبغي المكررة Double trisomics وتحدث بسبب زيادة صبغيين غير متشابهين في الفرد ثنائي الصيغة الصبغية أي (2n + 1 + 1).

و . رباعيات الصبغي Tetrasomics وتنشأ عن زيادة صبغيين متشابهين إلى الصيغة الصبغية الثنائية، أي (2n + 2) بحيث يكون هنالك أربع نسخ من أحد الصبغيات في الفرد ثنائي الصيغة الصبغية.

ز . خماسيات الصبغي Pentasomics أي (2n + 3) أو سداسيات الصبغي Hexasomics أي (2n + 4).. الخ.. وتنتج عن زيادة (3 أو4) صبغيات متشابهة (على التوالي) إلى الصيغة الثنائية بحيث يكون هناك (5 أو 6) نسخ من صبغي واحد، متشابهة في الفرد ثنائي الصيغة الصبغية.

منشأ النباتات المتضاعفة:

يمكن للنباتات المتضاعفة أن تنشأ إما طبيعياً أو صناعياً، فهي تنشأ طبيعياً بحالتين:

1 . تضاعف عدد الصبغيات في الخلايا الجسمية أثناء الانقسام غير المباشر Mitosis. فقد تنشطر الصبغيات في الدور الاستوائي Metaphase وتنفصل عن بعضها دون أن تهاجر إلى قطبي الخلية إما بسبب غياب الجسم المغزلي، لأي سبب من الأسباب، أو عدم تكون جدار خلوي بين المجموعتين الجديدتين من الصبغيات المنفصلة، وبذا تتكون خلية مضاعفة العدد الصبغي. وبانقسام الخلية المضاعفة الناتجة، يتكون نسيج جديد جميع خلاياه مضاعفة العدد الصبغي.

2 . تضاعف العدد الصبغي أثناء التكاثر الجنسي، عبر عملية الإخصاب إذ يمكن أن يتم إخصاب عروسين (أحدهما مذكرة والأخرى مؤنثة) تحتويان على العدد الصبغي غير المختزل (2n). كما يمكن أن يتم الإخصاب بين عروسين إحداهما مختزلة العدد الصبغي (n) والأخرى كاملة العدد الصبغي (2n) غير مختزلة. ويعود عدم اختزال الصبغيات في الأعراس، إلى عدم انفصال الصبغيات إلى أقطاب الخلايا أثناء مراحل الانقسام الاختزالي Meiosis ، بسبب عدم تشكل

الجسم المغزلي أو عدم تشكل الصفيحة الوسطى بين الصبغيات الناتجة عن الطور الانفصالي، فتأتي الخلايا العروسية وهي تمتلك العدد الصبغي الكامل (الثنائي) دون اختزال.

كما يمكن أن يحدث التضاعف الصبغي، أثناء التكاثر الجنسي، عندما يتم تلقيح بيضة (n) بأكثر من عروس مذكرة واحدة كل منها مختزلة (2 أو 3 أو 4 أعراس مذكرة) فتتشكل بذلك البيضة الملقحة وبها أعداد متضاعفة من الصبغيات (3n و 4n و 5n) على التوالي، في هذه الحالة.

يلاحظ أن الاختلاف بين الأفراد الناتجة عن التضاعف، في الحالة الأولى، وبين آبائها هو اختلاف في عدد المجاميع الصبغية في الخلية الجسمية، إذا لم تتغير المورثات، وإنما تضاعف عددها، وفقاً لتضاعف الصبغيات التي تحملها، وكذلك، لا يختلف الفرد الناتج عن آبائه، إذا ما اتحدت عروسان متماثلتان وغير مختزلتين . كما في الحالة الثانية . مع بعضهما، إلا بالعدد الصبغي، وبالتالي في عدد المورثات المحمولة على تلك الصبغيات، ونطلق في كلتا الحالتين على التضاعف الناتج اسم التضاعف الذاتي Autopolyploidy. أما إذا كانت العروسان المتحدتان، أثناء الإخصاب مختلفتين، كان الفرد الناتج عن إخصابهما مختلفاً عن آبائه في عدد الصبغيات وكذلك في نوع المورثات، أي سيكون الفرد الناتج هجيناً بمعنى الكلمة علاوة، على تضاعف صبغاته، ويطلق على التضاعف الناتج في هذه الحالة اسم التضاعف الهجيني Allopplyploiidy.

وعلى ذلك يمكن تقسيم النباتات المتضاعفة إلى قسمين:

أ . النباتات المتضاعفة ذاتياً.

ب . النباتات المتضاعفة هجينياً.

ففي الأولى ، نجد أن كل المجموعات الصبغية الممثلة في النبات المتضاعف، متشابهة، على عكس النباتات المتضاعفة هجينياً، في الحالة الثانية، إذ يحتوي الفرد على مجموعتي صبغيات، كل منها متشابه ة مع بعضه ا ومختلف عن صبغيات المجموعة الأخرى الآتية من الأب الآخر، وبما أن كل مجموعة صبغية آتية من كلا الأبوين، فإن صبغيات كل مجموعة تنجذب إلى بعضها دون أن تنجذب إلى صبغيات المجموعة الأخرى، ولذا نطلق عليها اصطلاح التضاعف الثنائي المزدوج Amphidiploidy.

كيفية إحداث التضاعف صناعياً:

من الوسائل التي استخدمت في إحداث التضاعف صناعياً ما يلي:

1 . الصدمات الحرارية:

استخدم Randolf عام 1933 الهواء الساخن (45م°) لإحداث التضاعف في نبات الذرة في فترة الإزهار والإخصاب، فحصل على نباتات رباعية التضاعف عددها (29) نباتاً من أصل (595) نباتاً معاملاً.

ولقد تمكن العالم Sax من استخدام الصدمات الحرارية في استحداث التضاعفات في نبات Tradescantia paludosa، فقد حافظ على النباتات لمدة أسبوعين على درجة (8م°) ثم غير درجة الحرارة ، بعد ذلك، إلى (38م°).

2 . استخدام المواد الكيميائية:

يعد الكولشيسين Colchicine من أكثر المواد الكيميائية المستخدمة في الوقت الحاضر للحصول على النباتات المتضاعفة. وهي مادة قلوية Alcholoid تستخرج من نبات اللحلاح الطبي Colchicum aulumnal التابع للفصلية

الزنبقية Liliaceae. ويعود الفضل باستخدامه لأول مرة إلى العالم Blackeslee عام 1938م.

ويستخدم الكولشيسين ، لمعاملة الخلايا الجنينية أثناء انقسامها، في الدور الاستوائي Metaphase فيؤثر في خيوط المغزل Spindle Fiber ويمنع تكونها، فتبقى الصبغيات التي انشطرت في وسط الخلية دون أن تنفصل وتهاجر إلى الأقطاب المضادة، ولذلك تتكون خلايا تحوي ضعف العدد الصبغي، كما يمنع الكولشيسين تشكل الصفيحة الوسطى أثناء الانقسام الخيطي Mitosis مما يحول دون انقسام الخلية إلى خليتين، بل تنتج خلية واحدة مضاعفة العدد الصبغي.

ويستخدم الكولشيسين بنسب خاصة، تبعاً لطريقة استعماله، وللأجزاء النباتية المعاملة به. فقد يستخدم إما في محلول مائي، أو مخلوطاً مع الأنولين، وقد تنقع البذور فيه قبل إنباتها أو بعده، أو قد تنقع فيه الباردات الصغيرة، أو ترش به البراعم الزهرية، أو قد تدهن الأجزاء الخضرية بالكولشيسين المحلول في الأنولين. ويلاحظ أن الأجزاء الخضرية المستعملة هي البراعم والقمم النامية حيث تكون نشيطة الانقسام. وتختلف فترة النقع أو المعاملة بهذه المادة حسب الجزء النباتي المستعمل، ونسبة تركيز الكولشيسين في المحلول المستعمل. فقد تغطس البذور أو القمم النامية للباردات بمحلول مائي للكولشيسين تركيزه (0.1 . 0.4%) ولمدة (30 دقيقة) أو بتركيز (0.05%) ولمدة (24 ساعة). كما يكمن استخدام تركيز (0.2 . 0.5%) ولمدة (2 . 6) أيام بمعدل (10 دقائق) يومياً وتغسل بعد ساعة من المعاملة. تحدد التجربة والاختبار أفضل تركيز وأمثل وقت لازمين لكل نوع من الأنواع النباتية.

ويجب الحرص والحذر، عند استخدام الكولشيسين، كي لا يصيب العيون والأيدي، خلال المعاملة به، ولذا يجب غسل اليدين بحمض الخل المخفف جداً ثم بالماء والصابون.

ولقد وجد أن هنالك مركبات كيميائية أخرى لها التأثير نفسه، مثل الكلورفورم، والايتر، والبنزين، والنافتالين، والكلور الهيدرات chloralhydrate.

3 . طريقة الكالس Callus في إيجاد نباتات متضاعفة:

يتكون نسيج الكالس Callus على المناطق التي تتعرض للجرح. وقد تكون البراعم التي تنشأ من منطقة الكالس رباعية التضاعف أو ثلاثية، ولقد استطاع بعض العلماء الحصول على نباتات رباعية التضاعف، بهذه الطريقة، عن طريق إحداث جروح، أو قطع القمم النامية للبندورة والبطاطا والتبغ.

أهمية التضاعفات ودورها في تربية النبات:

أولاً: النباتات أحادية الصيغة الصبغية Haploids:

تتميز النباتات الأحادية بامتلاكها لعدد صبغي مختزل ينطبق على العدد الصبغي الموجود في الطور العروسي من دورة حياة النباتات مغطاة البذور ذات التكاثر الجنسي. تسمى النباتات الأحادية الناتجة عن النباتات ثنائية الصيغة الصبغية Diploids النباتات وحيدة الصيغة الصبغية (Monoploids) ويستخدم هذا التعبير للتفريق بين أحاديات الصيغة الصبغية الناتجة عن نباتات ثنائية (2n)، وتلك الناتجة عن نباتات متضاعفة (Haploids) بلا غموض. وعملياً، يصبح التمييز مفيداً، تسمى النباتات الأحادية الناتجة عن النباتات رباعية التضاعف Tetraploids مصطلح (dihaploid) وتلك الناتجة من النباتات السداسية Hexaploids اسم (Trihaploids) وهكذا، فمصطلح Polyhaploids يترافق مع النباتات المتضاعفة Polyploids، للتمييز عند الضرورة.

تتكون النباتات أحادية الصيغة الصبغية، وتنشأ من النباتات الثنائية، بشكل عادي روتيني عن طريق التوالد البكري Parthenogenesis حيث تستطيع خلية عروسية (in) مؤنثة وأحياناً مذكرة التطور والنمو معطية جنيناً، وبالتالي نباتاً أحادي الصيغة الصبغية، وتتواجد، في بعض الأحيان النادرة، بذور بعض النباتات بشكل توأم يضم جنينين أحاديي الصيغة الصبغية، تعطي بإنباتها، نباتات أحادية (n) كما هو الحال في القطن والشعير والقمح وغيرها من النباتات، على الرغم من حدوث هذه الحالة بنسبة منخفضة تقل عن (0.1%) ولقد وجد في بعض الأنواع، أن النباتات الأحادية تنشأ من النباتات الثنائية، وتبقى متمتعة بالحيوية، إلى أن يحل موعد الانقسام الاختزالي، فتكون الأعراس الناتجة ناقصة لبعض الصبغيات ، ويعود ذلك إلى غياب الاقتران بين الصبغيات المتشابهة في المرحلة الأولى من الانقسام الاختزالي (ذلك طبيعي في مثل هذه النباتات، لعدم وجود إلا نسخة واحدة من كل صبغي) لذلك، عند حدوث الطور الانفصالي الأول، وبدلاً من أن يتوجه كل صبغي من الصبغيات المقترنة باتجاه القطبين المتقابلين للخلية ، فإنه يحدث توجهاً عشوائياً للصبغيات (لغياب الأزواج الصبغية) باتجاه الأقطاب وتتكون الخليتان البنتيتان وهما محتويتان على الصبغيات بأعداد غير متساوية، وستؤدي المرحلة الثانية من الانقسام الاختزالي إلى إعطاء أربع أعراس وبها أعداد غير متساوية من الصبغيات أيضاً، ولذا فهي عقيمة غير فعالة.

ويمكن التعرف على النباتات الأحادية، اعتماداً على صفاتها وخصائصها المميزة، كصغر حجم النبات بالمقارنة مع النباتات العادية، وصغر ا لأوراق وضيقها وقلة يخضورها، وغيرها، كما يمكن معاملة هذه الن بلتات بالكولشيسين، فتعطي نباتات متضاعفة ثنائية الصيغة الصبغية Diploid ذات تركيب وراثي متماثل اللواقح Homozygous (100%). و بهذا الأسلوب، يمكن نظرياً الحصول على السلالة النقية من تلك النباتات خلال فترة قصيرة من الزمن. ومن فوائد هذا الأسلوب،

اختصار الوقت، وتوفير الجهد اللازم من أجل الحصول على السلالات النقية والذي قد يدوم 8 . 10 أجيال، كما أنه يحول دون تدهور الصفات والخواص الناتج عن تربية الأقارب والتلقيح الذاتي المستمر في النباتات خلطية التلقيح.

ولكن تجدر الإشارة إلى أن النباتات أحادية الصيغة الصبغية الطبيعية نادرة الحدوث وبالتالي لا يمكن الاعتماد عليها عملياً، وبشكل مجدٍ، في العمل التربوي، ولذا لجأ بعض العلماء، إلى الحصول على النباتات أحادية الصيغة الصبغية (1n) بطرائق علمية مختلفة، لرفع نسبة تكرارها في المجتمع النباتي المعني.

إذا زرع حب الطلع Pollen، مخبرياً In ivtro، وأنتج مزرعة من خلايا الكالس Collus/ Cell culture، ثم تبع ذلك تمايز أنسجة ميرستيمية جديدة، وبالتالي نباتات كاملة انطلاقاً من خلايا مفردة، فإن ذلك يشكل مصدراً غزيراً للنباتات أحادية الصيغة الصبغية، ومع أن هنالك عقبات تقنية يصعب التغلب عليها، فإن هذه الطريقة يمكن أن تبقى مفيدة، ويمكن للنباتات الأحادية الناتجة بهذه الطريقة، أن تكون مكافئة وراثياً للتطور العذري للأعراس المذكرة بلا أي تغيير بالسيتوبلازما، إن التهجين البعيد لنوعي الشعير Hordeam sativum X H. Bulbosum ينتج نباتات جيل أول (f1) تضيع بها صبغيات النوع البري H. Buibosum عبر تطور النباتات، كنتيجة لانقسام خيطي غير متزامن (غير متواقت) Dissynchronous mitosis، مما يعطي نباتات أحادية الصيغة الصبغية (تحمل صبغيات نوع الشعير H. Sativum وهي وراثياً مكافئة للتطور العذري للأعراس المؤنثة female parthenogenesis. ويعتقد Dale عام 1976 أن هذه الطريقة تعد بمستقبل مرموق، أكثر من طريقة الزراعة المخبرية، لكنها ذات إمكان على التطبيق ضيق جداً.

وفي المحاصيل ثنائية العدد الصبغي خليطة التلقيح إجبارياً، حيث تكون الطرز الوراثية المتماثلة الأعراس Homozygotes أما غير حية، أو غير قابلة للتكاثر بسبب العقم الذاتي Self – Sterility، فإن الحصول على السلالات النقية، عبر تقنية مضاعفة العدد الصبغي للأفراد الأحادية، لا يمكن أن يكون له أية قيمة عملية.

ثانياً . تضاعف العدد الأساسي من الصبغيات (التضاعف الحقيقي):

Eupolypoidy:

يحدث هذا التضاعف، نتيجة تضاعفات العدد الأساسي من الصبغيات Genome بما يزيد على تضاعفين (2n) وينشأ بذلك التضاعفات الثلاثية، والرباعية، والخماسية.. الخ، وعند حدوث مثل هذه التضاعفات، يمكن لمجموعات الصبغيات الزائدة أن تقترن وتزدوج مع الصبغيات التي يتضمنها العدد الصبغي الأساسي، فإذا كان التضاعف رباعي (4x) يكون هنالك أربع نسخ متماثلة من كل صبغي يمكنها الاقتران مع بعضها.

تتوزع محاصيلنا، طبيعياً، ودون تدخل المربين، بشكل غير متساو، بين نباتات ثنائية الصيغة الصبغية كبيرة العدد (كالذرة الصفراء والرز والشعير، والشوندر السكري، وفول الصويا وغالبية البقوليات الحبية، والمطاط، والكاكاو)، ونباتات متضاعفة تضاعفاً هجينياً Allopolyploids (كالقمح والشوفان، والتبغ، وقصب السكر، والقطن، والقهوة العربية Coffee arabica ونباتات متضاعفة تضاعفاً ذاتياً Autopolyploids، وهي أقل تواجداً بالقياس مع غيرها من التضاعفات (مثل البطاطا، الفصة). ويتضمن الكثير من المحاصيل، تضاعفات ثنائية ، وتضاعفات متعددة معاً في نوع المحصول نفسه (كالبطاطا والقطن، والقهوة، والقمح، والشوفان) أو في النوع المزروع وفي أنسبائه الأنواع البرية

(كالبطاطا، والتبغ). وعموماً من المتفق عليه، أن النباتات المزروعة ذات التضاعف الهجين تدين بنجاحها، إلى العوامل نفسها، التي ساهمت في نجاح الأنواع البرية المتضاعفة هجينياً وهي:

. قوة نموها الخضري (صفات العملقة) المميزة للكثير من النباتات المتضاعفة.

. الهجونة الدائمة Permanent hybridity التي تمتاز بأهميتها الكبيرة.

. تعدد الجينومات Genomes الذي يعطي النباتات مرونة تطورية ووضعاً وراثياً مصقولاً.

1 . النباتات المتضاعفة ذاتياً Autopolyploids:

أ . النباتات ثلاثية التضاعف الذاتي Autotriploids:

تتضمن الخلايا الجسمية لهذه النباتات، ثلاث مجموعات صبغية متشابهة، وتنشأ هذه النباتات بشكل طبيعي، ففي بعض الأنواع النباتية، ونتيجة للانقسام الاختزالي، يمكن أن تتشكل خلية عروسية متضاعفة (2n)، فعند إخصابها بخلية عروسية مختزلة أحادية (1n) تابعة للنوع نفسه تتشكل بيضة ملقحة ثلاثية الصيغة الصبغية (3x) كما حصل في صنف الأجاص Beurre Badford، ولقد وجد Rick نباتات ثلاثية التضاعف الذاتي في البندورة، بنسبة (0.1%). أما صناعياً، فيمكن إنتاج ثلاثية التضاعف الذاتي، عن طريق تلقيح نبات رباعي التضاعف مناسب، بصنف ثنائي التضاعف، كما حصل في البندورة والبطيخ والشوندر السكري. ولقد وجد أن تعريض النباتات للصدمات الحرارية المفاجئة، قد يعطي نباتات متضاعفة تضاعفاً ثلاثياً ذاتياً، ولكن بنسبة منخفضة.

وفي كل الأحوال، فإن النباتات ثلاثية التضاعف الذاتي، نادرة الحدوث. ومع ذلك ، فعند تكونها، تكون عقيمة بسبب إعطائها لأعراس مجهضة، لأن أغلبها يحتوي

على عدد غير متوازن من الصبغيات المتشابهة، بحيث إن الاتحاد بينها يقود إلى إعطاء جنين به صبغيات في حالة متضاعفة، وبعضها الآخر في حالة غائبة نهائياً، مما يؤدي إلى إجهاض الجنين في بداية تكونه عند غياب حالة التوازن الصبغي.

ويتوقف التطور الطبيعي للجنين على امتلاكه للمادة الوراثية بالنوع والكمية المتوافرة في الآباء نفسها. ويحدث العقم عملياً في جميع النباتات المتكاثرة جنسياً، والتي تملك تضاعفات صبغية إفرادية أي (× 5 و × 7.. الخ) بالطريقة نفسها التي رأيناها في ثلاثيات التضاعف الذاتي (×3).

ولقد حقق التضاعف الثلاثي الذاتي نجاحاً على مستوى الإنتاج والنوعية في بعض الأنواع النباتية، كالموز، والتفاح، والإجاص، وأزهار الزينة، والشوندر السكري، والبطيخ الأحمر عديم البذور، وغيرها.

طريقة الحصول على بطيخ أحمر لا بذري باستخدام التضاعف الثلاثي الذاتي:

استخدم التضاعف الثلاثي الذاتي، في الحصول على بطيخ لا بذري، وتعد تسمية البطيخ اللابذري تسمية خاطئة، إذ إن البذرة تتكون، ولكن الجنين لا يتكون، إذ يموت في أوائل أطواره الأولى، فتصبح البذرة لينة طرية كبذرة الخيار تماماً.

استخدم العالم Kihara مادة الكولشيسين في الحصول على نباتات رباعية التضاعف الذاتي في البطيخ (انطلاقاً من نباتات (2n)) ثم استخدمها كنباتات أبوية مؤنثة، ولقحها بنبات ثنائي التضاعف (2n)، فأنتجت بذوراً ثلاثية التضاعف ، يمكن تمييزها عن البذور الرباعية بالملمس والوزن، وإذا ما زرعت مثل هذه البذور، فإنها تنتج بطيخاً لا بذرياً.

تتميز النباتات الثنائية (2n) بثمار ذات بذور بيضاوية الشكل، قصرتها رقيقة، عديمة التشققات، وتتميز النباتات ذات التضاعف الرباعي الذاتي، بثمار بذورها مستديرة الشكل قصرتها سميكة، متشققة. بينما بذور النباتات ثلاثية التضاعف الذاتي الناتجة عن التهجين (2n × 4n) بكونها مستديرة (كبذور الأم المتضاعفة تضاعفاً رباعياً ذاتياً) لكنها أقل وزناً منها. وتعطي بزراعتها ثماراً بلا بذور، وكانت نسبة السكر بها نحو (12%) بينما كانت في الأب ثنائي التضاعف نحو (9%) تقريباً. كما كان عدد الثمار ووزنها في وحدة المساحة أكبر بالمقارنة مع كلا الأبوين.

طريقة الحصول على الشوندر السكري ثلاثي التضاعف الذاتي:

أجريت دراسات كثيرة على الشوندر السكري ثنائي وثلاثي ورباعي التضاعف الذاتي في السويد وكندا واليابان والاتحاد السوفيتي. وتبين الدراسات التي أجريت على الصنف (Mou – 398) خلال ثلاث سنوات، ما يلي:

	ثنائي التضاعف	ثلاثي التضاعف	رباعي التضاعف
نسبة السكر	100	1.307	105.1
وزن الجذور	100	141.7	116.3
إنتاج السكر	100	144.8	122.3

ويمكن إنتاج الشوندر السكري ثلاثي التضاعف، بالتهجين بين صنفين ، الأول ثنائي التضاعف كأب مذكر، والثاني رباعي التضاعف الذاتي (2n = 4x) كأب مؤنث، بحيث تزرع خطوط متبادلة من الأبوين، وتكون البذور الناتجة (رباعية وثلاثية وثنائية التضاعف الذاتي) بحيث يكون نحو (60%) منها ثلاثي التضاعف، والباقي رباعي وثنائي التضاعف. وعند زراعة البذار الهجين الناتج بعضه مع بعض ، يعطي إنتاجاً من السكر يقدر بنحو (25%) زيادة على أفضل الأبوين ، وتستخدم في إنتاج الشوندر ثلاثي التضاعف، ظاهرة العقم الذكري السيتوبلازمي Cytoplasmic male sterility أو ظاهرة عدم التوافق الذاتي

Autoincompatibility لزيادة كفاية عملية التهجين في إنتاج البذار الهجين ثلاثي التضاعف، ويجب إنتاج البذار الهجين ثلاثي التضاعف الذاتي، سنوياً.

أهمية النباتات ثلاثية التضاعف الذاتي في زراعة البساتين:

تتميز غالبية الأصناف التجارية من أنواع الفاكهة الهامة، بأنها ثلاثية التضاعف الذاتي، فمثلاً، نجد أن معظم أصناف الموز الهامة تجارياً، هي أصناف ثلاثية التضاعف الذاتي، نشأت طبيعياً، انتخبها مزارعو البساتين وأكثروها خضرياً عندما تعرفوا على ميزاتها. يمتاز صنف الموز Biue point Gros Mickel بثماره الكبيرة بالمقارنة مع الأصناف ثنائية التضاعف الأخرى. وتنشأ ثماره بلا إلقاح Parthenocarpy أو دون الحاجة إلى إخصاب البويضات، لكن نجد، في الوقت ذاته أن كمية السكر أقل من كمية النشا، في ثمار هذا الصنف، ولذا فهي أقل حلاوة من الأصناف ثنائية التضاعف.

كما نجد أن نحو (1 _ 2 لأصناف المزروعة تجارياً من 3 التفاح ، هي أصناف ثلاثية التضاعف الذاتي، مثل أصناف ثلاثي التضاعف الذاتي، مثل Baldwin و R. I Greening و gravenstein وهي تمتاز بكبر حجم ثمارها قياساً للأصناف ثنائية التضاعف، وازدياد إمكان حفظها نظراً لسماكة قشرتها، وأشجارها كبيرة الحجم، لكنها تحتاج لمل قحات (حتى لو كانت الأشجار الملقحة ثنائية التضاعف) لأن حبوب لقاحها ضامرة رديئة ، عقيمة.

وكذلك نجد أن نحو نصف الأصناف الأوروبية التجارية من ا لإجاص ، هي أصناف ثلاثية التضاعف الصبغي الذاتي، نشأت طبيعياً.

ونستطيع أن نذكر أصنافاً من الأزهار ونباتات الزينة ثلاثية التضاعف :

السوسن الياباني Japanese lris و lily tiger وبعض أجناس الأقحوان Chrrsanthemum والزنبق Tulip والنرجس المزروع Narcisus والكنا Canna والنرجس البري Daffodil وتتميز هذه النباتات بأزهارها الجميلة، كبيرة الحجم، تدوم طويلاً في الأصص والمزهريات قبل ذبولها ويعود ذلك إلى عقم الأزهار، إذ إن الزهرة لا تذبل قبل حدوث الإلقاح والإخصاب بها (ولن يحدث بمثل هذه الأزهار ثلاثية التضاعف الذاتي).

ب . النباتات رباعية التضاعف الذاتي:

تتميز النباتات رباعية التضاعف الذاتي بكبر حجمها، وقوة نموها، وضخامتها بالمقارنة مع النباتات ثنائية التضاعف، وتعود التأثيرات العملاقة للتضاعف، في بعض الحالات، إلى الحجم الكبير للنوية الخلوية، وبالتالي للخلايا. وفي حالات أخرى، لا يؤدي التضاعف إلى زيادة حجم الخلايا، فعند زيادة حجم الخلايا، تحصل عملية تعويض، إذ إن زيادة حجم الخلايا المتضاعفة يترافق مع انخفاض عددها. كما تتميز هذه النباتات، بعدم انتظام عملية الانقسام الاختزالي في أعضائها الجنسية، وبالتالي فهي لا تنتج إلا قليلاً جداً من البذور، في بعض الحالات. كما وجد أن غالبية مثل هذه النباتات تتكاثر تكاثراً لا جنسياً.

وتكثر التضاعفات الرباعية الذاتية في الفصة والبطاطا والبن والفول السوداني والموز والبندورة والذرة وغيرها.

إن قلة خصوبة بذور النباتات رباعية التضاعف الذاتي بسب العقم المشار إليه أعلاه، يجعل زراعتها، محصورة من أجل الاستفادة من نموها الخضري، فلقد حلت نباتات البرسيم الأحمر (التفل) Red clovers، واليزان Ryegrasses ذات التضاعف الرباعي الذاتي محل النباتات ثنائية التضاعف بشكل كامل، فهي قوية النمو الخضري، ولها مذاق جيد، وقابلية هضم ممتازة (سهلة الهضم) من قبل

الماشية، ويملك الربسيم مقاومة للنيماتودا (الديدان الثعبانية) ولها بذور ذات خصوبة كافية للأغراض العملية. كما يتميز رباعي التضاعف الذاتي، بكونه ذا صفات (عملقة) Gigas لكنها ذات محتوى منخفض من المادة الجافة، ولذا فهو يزرع من أجل نموه الخضري فقط.

ويتوضع الموز رباعي التضاعف الذاتي في فئة مختلفة، فليس له أي جاذبية بحد ذاته بالمقارنة مع الموز ثلاثي التضاعف الذاتي، فهو، بالواقع، يمتلك صفات غير ملائمة، فهو ذو أوراق ضعيفة وخصوبة عالية، ويتكاثر جنسياً (يتناسل)، وهذا يمنح فرصة مناسبة لإضافة جينوم Genome المقاومة المرضية (A) إلى الإرث الوراثي المقبول زراعياً (AAA) ويتوقف إنتاجها، ليس على استخدام الكولشيسين، بل على إمكان إخصاب البويضات غير المختزلة، نادرة الوجود، (AAA) بحب طلع أحادي الصيغة الصبغية Haploid pollen آتٍ من أب مذكر مقاوم للمرض. ولقد تم إنتاج الموز رباعي التضاعف الذاتي، بأعداد كبيرة، ولكنه، مع ذلك، لم يحقق أي نجاح عملي جوهري، ومازال باقياً مع ذلك، فقط من أجل أهميته العملية الواضحة في تربية الموز، الذي يعد واحداً من أكثر الزوايا المتخصصة لمجمل حقل تربية النباتات.

لم تقدم التجارب على هذا المحصول وغيره إلا القليل من أجل دعم التوقع المعروف منذ أكثر من أربعين سنة، وهو أن صفات العملقة «Gigas» التي تتمتع بها رباعيات التضاعف الصبغي، ستبرهن وتثبت أنها هامة للمحاصيل المزروعة من أجل إنتاجها الخضري، ولذلك، تثير رباعيات التضاعف الذاتي الطبيعية في البطاطا، السؤال، لماذا انتخبت، والجواب باختصار، لا نعرف لماذا. ففي بلاد الهنود الحمر، استؤصلت أصناف البطاطا ثنائية التضاعف المشتقة من الأنواع البرية ثنائية التضاعف ، وحل محلها مجموعة البطاطا Andigena رباعية التضاعف الذاتي ، دون أن تحدد قواعد وأسس الانتخاب المتبعة مطلقاً،

وكانت الإدخالات الأولى للبطاطا، إلى البلدان الشمالية المعتدلة، تشتمل احتمالياً، على البطاطا رباعية التضاعف الذاتي فقط، وأنتج التطور المحلي في تلك البلدان، مجموعة البطاطا Tuberosum، حيث تعود إليها أصنافنا الحديثة من البطاطا، إن تجارب التربية على البطاطا ثنائية التضاعف، والهجن الناتجة بين ثنائية التضاعف الصبغي، وأحاديات العدد الصبغي المزدوجة Dihaploids (الناتجة من رباعيات التضاعف الذاتي) برهنت أن الأصناف ثنائية التضاعف لا تقل في إنتاجها جوهرياً عن رباعيات التضاعف الذاتي. ولذلك فإن أصنافنا من البطاطا يمكن أن تكون رباعية التضاعف الذاتي، بطريقة صدفوية أو عرضية. ولا توجد أية حقيقة تثبت التفوق على ثنائيات العدد الصبغي.

تمت دراسة كثير من رباعيات التضاعف الذاتي في النباتات المزروعة من أجل إنتاجها الحبي، ولم يثبت نجاح أي منها حتى الآن. ويمكن تخفيض العقم الأولي الثابت لهذه النباتات بالانتخاب، ومع ذلك، لم يقص أو يستبعد إلى حد بعيد. وربما كان أعظم تقدم منجز، بعد سنوات متعددة من العمل، هو إنتاج أصناف رباعية التضاعف الذاتي من الشيلم من قبل Kranz عام 1973، والشعير بوساطة Gaul عام 1976، والذرة البيضاء بجهود Majisu وdoggett عام 1972. وكانت الأهداف هي الحصول على حبوب كبيرة، وزيادة المحتوى البروتيني، والإنتاج العالي. حتى لو كان ممكناً تحقيق هذه الأهداف وكذلك حتى لو خفض العقم إلى مستوى يسمح بإعطاء سنابل مليئة بالحبوب بشكل كاف، فإن تحقيق الأهداف ليس أكيداً، إذ من الممكن أن يحدث، من جديد ارتباط سلبي يعمل على تقليل حجم الحبة والمحتوى البروتيني بازدياد الغلة.

وكنتيجة، لم تحقق النباتات رباعية التضاعف الذاتي الآمال والأماني التي كانت منتظرة منها ومن المحتمل أن يكون قد تم تجاوز استخدامها استخداماً مباشراً، عبر

استعمالها غير المباشر في معالجة النباتات المتضاعفة هجينياً، والهجن بين **1 . نوعية Interspecific crosses**.

تتميز النباتات المتضاعفة في النباتات ذاتية التلقيح بالعودة إلى الحالة الطبيعية ثنائية التضاعف (2n) فقد تنتج بعض البذور بلا إلقاح بطريقة Apomixis وتعطي عند زراعتها نباتات ثنائية التضاعف (2n) خصبة ذاتية التلقيح تعطي بتكاثرها جنسياً مشابهة (2n)، وبما أن خصوبة النباتات المتضاعفة رباعياً، منخفضة، وخصوبة النباتات ثنائية التضاعف (2n) مرتفعة فإن النباتات الثنائية في الخليط تتكاثر معطية بذوراً أكثر وتسود خلال عدة أجيال، بينما تقل نسبة النباتات رباعية التضاعف في الخليط ثم تندثر.

ويحدث عكس ذلك في النباتات خليطة التلقيح المتضاعفة. فعند تكون بذور ثنائية التضاعف بطريقة Apomixis فإن النباتات الناتجة عنها تندثر بانتهاء موسم نموها، وذلك لأن التلقيح الخلطي يؤدي إلى تلاقح النباتات الثنائية الناتجة مع النباتات رباعية التضاعف، فتعطي نباتات ثلاثية التضاعف عقيمة تماماً.

2 . النباتات المتضاعفة هجينياً Allopolypoidy:

يمكن الحصول على التضاعف الهجيني، بمضاعفة العدد الصبغي للهجين الناتج عن التصالب بين نوعين، فمثلاً، يمكن لعروس تابعة للنوع (A) أن تلقح وتخصب عروساً تابعة للنوع (B) ويتكون بذلك فرد ذو عدد صبغي (2n) وهو (AB) ويكون عقيماً كلياً أو جزئياً، وذلك لغياب التماثل (التشابه) بين الصبغيات الآتية من كلا النوعين الأبويين (A, B)، مما يحول دون حدوث الاقتران والازدواج ، وبالتالي فإن الانقسام الاختزالي يؤدي إلى الحصول على بعض الأعراس المحتوية على أعداد صبغية غير متساوية.

وعند حدوث التضاعف الصبغي لمثل هذه الخلايا، فإنها تعطي خلايا ذات عدد صبغي رباعي (AABB) وعند ذلك يحدث الانقسام الاختزالي بشكل منتظم، بسبب تواجد الصبغيات على شكل أزواج متماثلة AA وBB يطلق على مثل هذا التضاعف اسم التضاعف الهجيني Alloploypoidy لأن الصبغيات المتضاعفة تكون ناتجة أصلاً عن التهجين بين نوعين مختلفين، ويرى بعض العلماء أمثال Dobzhanscky أن ظهور بعض الأنواع النباتية في الطبيعة، ينتج عن التهجين النوعي بين الأنواع Interspecific ثم يلي ذلك تضاعف لصبغيات الهجين الناتج (كما رأينا أعلاه) ولقد استطاع بعض العلماء إجراء مثل هذه التضاعفات صناعياً.

يمكن للأنواع المقترنة التي يتضاعف هجينها ليعطي ما يسمى التضاعف الهجيني، أن تكون متقاربة جداً، بحيث إن الاقتران بين صبغياتها بعد التضاعف، يمكن أن يكون اقتراناً رباعياً بدلاً من اقتران كل زوج من الصبغيات المتماثلة مع بعضها، فتشكل بذلك رباعيات صبغية بدلاً من الثنائيات الصبغية، ويمكن للأنواع المتصالبة أن تعطي هجيناً (AB) دون أن يحدث اقتران بين صبغيات (B, A)، ويحافظ الهجين، بهذه الحالة على استمراريته عن طريق التكاثر اللاجنسي (الخضري) إلى أن يحدث التضاعف الهجيني للهجين المذكور، ويصبح بذلك خصباً قادراً على التكاثر الجنسي.

وتبين النتائج، أن هناك بعض الأنواع المتضاعفة، تكون ناشئة عن التهجين بين الأنواع المتقاربة، قد يصل إلى ثلاثة أنواع، ومن أمثلة تلك التضاعفات، القمح الطري Triticum aesfivum وهو قمح سداسي التضاعف الهجيني.

تضم المحاصيل أنواعاً كثيرة متضاعفة تضاعفاً هجينياً، انحدرت غالبيتها العظمى من أجداد برية متضاعفة تضاعفاً هجينياً (مثل الأقطان والأقماح، رباعية

التضاعف الهجيني)، بينما انحدر بعضها الآخر من التهجين بين الأنواع المزروعة (كالأقماح سداسية التضاعف الهجيني، والمحاصيل الخردلية رباعية التضاعف الهجيني، والموز ثلاثي التضاعف الهجيني)، وتعطي هذه التضاعفات الهجينية الطبيعية لمربي النبات فرصاً واسعة، لتقليد ما حدث في الطبيعة، من أجل إنتاج محاصيل جديدة متضاعفة تضاعفات هجينية صناعياً، وفي الحقيقة، تم عمل مئات التضاعفات الهجينية صناعياً كمراحل في برامج إدخال المورثات أو المادة الوراثية الأولية. ولم يصل منها إلى مرتبة نوع جديد حتى الآن، إلا محصول واحد (وهو القمح . شيلم Triticale) وقد يصل، قريباً، محصول آخر إلى المستوى نفسه (وهو الفجل . لفت Raphanobrassica) أما في النباتات العشبية، فإنه من الممكن، أن تشق بعض المحاصيل طريقها، كالبرسيم المتضاعف هجينياً، والهجن بين الأنواع lolium – Festuca، وهنالك إمكانات واحتمالات ممتعة في محاصيل أخرى مختلفة كالقنب jute ونبات Rubus.

وترجع قصة القمح . شيلم Triticale إلى أواخر القرن التاسع عشر، حيث فحصت الهجن بين القمح والشيلم لأول مرة، ولم تبدأ عملية التربية الجادة للترتيكال حتى العقد الثالث من هذا القرن (في السويد) وظهر الترتيكال في الزراعة التطبيقية العملية (في كندا) خلال العقدين الأخيرين، كمحصول جديد يشتمل على صفات المقدرة على التحمل البيئي Hardiness المميزة للشيلم Rye وصفات الغلة والنوعية الغذائية المميزة للقمح. وكان الترتيكال بأية حال، (نوعاً جاهزاً) Instant species، مباشرة وكان التأخير في ظهور هذا النوع في الاستثمار الزراعي العملي، ناتجاً عن الحاجة الماسة لانتخاب مطول من أجل رفع خصوبته واستكشاف الاحتمالات الكثيرة للتراكيب الجينومية Genome combinations ولقد ثبت حتى الآن، أن الانتقاء الواضح للنمط الجينومي ثماني التضاعف octoploid (AABBDDRR) لم يكن أكثر الجينومات تكيفاً، ولكنه يمكن أن

يكون ناجحاً. ويتضح من دراسة الاحتمالات الأخرى، أنه مما لاشك فيه، أننا مازلنا في المراحل الأولى لاستثمار معقد التراكيب الناتجة عن تهجين القمح . شليم.

لقد رأينا أنه إذا كان التهجين صعباً، سيكون اقتصادياً وسهلاً عمله أو تحويله إلى تضاعف رباعي. بالإضافة إلى ذلك. أن استخدام النباتات رباعية التضاعف الذاتي متباينة الأعراس Heterozygous autotraploids كآباء ذوي أهمية كبيرة من حيث المبدأ للسببين التاليين:

أ . فهي تولد التباينات على مستوى التضاعفات الهجينية، وهكذا فهي تتيح الإمكانات من أجل الانتخاب حتى ولو كانت أعداد الهجن المتوافرة قليلة.

ب . وهنالك خطر أن يكون هناك تحكم وراثي نووي بإمكانية التهجين، وبهذه الطريقة يمكن أن يدعم ويسهل بوساطة الانعزال العروسي.

وكنتيجة عامة حول إمكان استخدام التضاعف، يمكننا القول:

. تعد التضاعفات الذاتية، ذات قيمة عملية مباشرة صغيرة، ولكنها ذات أهمية كبيرة في صنع التضاعفات الهجينية، وغيرها من الهجن العريضة.

. تعود ظاهرة العملقة (Gigas) في النمو إلى المحتوى المائي للنبات، أكثر من كونها ناتجة عن الكتلة الحية Biomass.

. وتعد قلة الخصوبة حاجزاً منيعاً، ضد إنتاج البذار في المحاصيل الحبية.

. تتميز التضاعفات الهجينية بقوة أعظم بكثير من التضاعفات الذاتية، بسبب هجونتها الدائمة وإمكاناتها على منح تراكيب جديدة للصفات. ولها إمكانات عالية على بناء محاصيل جديدة مثل التريتيكال، وكذلك إعادة بناء المحاصيل القديمة، مثل اللفت الزيتي B. Napus.

وباصطلاح أوسع، يمكن للتضاعفات الهجينية أن تشكل خطوات أكثر أهمية في التطور المستمر لمعقدات المحاصيل المتضاعفة.

ثالثاً . التضاعف الجسمي Polysomy أو التضاعف غير الحقيقي Aneupolyploidy:

يتصف التضاعف الجسمي بزيادة أو نقصان صبغي واحد أو أكثر من المجموعة الصبغية الموجودة في نوع ما. وهنالك نباتات يزداد بها أربعة صبغيات متشابهة أو خمسة على المجموعة الصبغية الثنائية، أي (Hexasomics 2n + 4) و(Septasomics 2n + 5).. الخ..

تنشأ هذه التضاعفات في النباتات، بشكل طبيعي، ففي التبغ Nicotiana tabacum حيث العدد الصبغي الثنائي يساوي (2n = 48).

وجد بعض العلماء (24) طرازاً من أحاديات الصبغي (2n – 1) مناظرة لأربعة وعشرين زوجاً من الصبغيات في هذا النبات، ويمكن تمييز كل منها من مظهر النبات. ويمكن الحصول على هذه التضاعفات. صناعياً، فلقد حصل العالم Sears في القمح الطري Triticum aestivum الذي يحوي على (2n = 42) واحد وعشرين زوجاً من الصبغيات، على (17) طرازاً [من أصل (21) طرازاً محتملاً] من عديمات الصبغي Nullisomics (حالة غياب زوج من الصبغيات المتماثلة غياباً كاملاً) وتنشأ هذه الحالة من تزاوج فردين أحاديين لهذا الصبغي (2n – 1) × (2n – 1) ولكن هذا الطراز لا يعيش في أغلب الكائنات، وتظهر النباتات ثلاثية الصبغي (2n + 1) أيضاً في القمح لكن من الصعب تمييزها لأن مظهرها الخارجي لا يختلف إلا قليلاً عن النباتات العادية.

وتسبب هذه التضاعفات للنباتات التي لا تتواجد بها خللاً فزيولوجياً، نتيجة عدم التوازن في عدد الصبغيات. فلقد وجد أن النقص في عدد الصبغيات يؤدي إلى قلة

في النمو، وتكون النباتات عقيمة كلياً أو جزئياً حسب نوع التضاعف. بينما وجد أنه عند الزيادة في عدد الصبغيات، تكون النباتات أكثر استقراراً.

كان العالم Blakeslee عام 1913 يدير برنامجاً لتربية حشيشة جيمسن Datura stramonium، ولاحظ أن انتقال صفات بعض النباتات الطافرة كان انتقالاً غير منطبق على نسب التوزيع المندلية المعهودة، كما لاحظ أن نسبة تكرار وحدوث الأفراد ثلاثية الصبغي Trisomics كانت قليلة، وعزي ذلك إلى:

1 . ضياع كثير من الصبغيات الزائدة أثناء عملية الانقسام الاختزالي، وهكذا فنسبة الأعراس (n + 1) تكون أقل من 50% المتوقعة.

2 . لا يكون إنبات الجنين zygote في هذه النباتات جيداً، بمثل إنبات جنين النباتات ثنائية التضاعف الصبغية العادية (2n).

3 . تكون حبات اللقاح (n + 1) ذات أنابيب طلعية أقل سرعة في نموها من حبات الطلع (n) وبالتالي فهي تخصب عدداً قليلاً من البويضات.

تشير المعطيات السابقة إلى أن التضاعف الجسمي لم يلعب أي دور في نشوء الأنواع النباتية، ويستخدم مربو النبات التضاعفات الجسمية بنجاح في تربية النبات لتحقيق الأهداف التالية:

أ . تبادل الصبغيات بين الأنواع، أو نقلها من نوع إلى آخر.

ب . تحديد مواقع المورثات على الصبغيات.

جـ . تحديد المجموعات الارتباطية للمورثات، ورسم الخرائط الصبغية.

استخدام ثلاثيات الصيغة الصبغية Trisomics في العمل التربوي:

يكون عدد ثلاثيات الصبغي (2n + 1) في كل نوع نباتي، كما أشرنا سابقاً، مساوياً عدد أزواج الصبغيات في النوع نفسه، ويختلف كل منها عن الآخر

بشكله المظهري Phenotype. ويعطي النباتات ثلاثي الصبغي المذكور نتيجة الانقسام الاختزالي نوعين من الأعراس هي (n) و(n + 1) ويمكننا أن نميز بين ثلاثة أنواع من ثلاثيات الصبغي تختلف عن بعضها فقط في سلوك الصبغيات عند الانقسام المنصف:

(1) ثلاثيات الصبغي الأولية (2n + 1) أي Primary trisomics ويحوي النبات، في هذه الحالة، صبغياً إضافياً مشابهاً لزوج الصبغيات الموجود في الفرد الطبيعي الثنائي.

(2) ثلاثيات الصبغي الثانوية Secondary trisomics، وفيه يحوي الفرد بالإضافة إلى العدد الثنائي من الصبغيات، صبغياً إضافياً، ذا ذراعين متشابهين ومشابهين لأحد ذراعي زوج الصبغيات العادي الموجود في الفرد نفسه، أي أن المادة الوراثية المحمولة على هذا الذراع، تكون مكررة أربع مرات.

(3) ثلاثيات الصبغي الثالثية Third trisomics، وهو يحتوي على صبغي ثالث، يتكون من ذراعين مختلفين تابعين لصبغيات مختلفة.

وينتج النوعان الثاني والثالث عن حدوث تحطم للصبغيات الأساسية ثم عودة اتحاد أذرع الصبغيات بحيث تتكون صبغيات جديدة حاملة لأذرع كانت تنتمي لصبغيات مختلفة.

ولقد استخدمت ثلاثيات الصبغي الثالثية Third trisomics في الحصول على البذار الهجين من الشعير من قبل R. T. Remage عام 1965. تتميز هذه الحالة من التضاعف بالتوازن البيولوجي، إذ إن زوج الصبغيات في التركيب ثنائي التضاعف يمتلك زوج المورثات المتنحية (ms ms) المسؤول عن العقم الذكري، أما الصبغي الإضافي فيمتلك المورثة السائدة (Ms) كما يمتلك زوج الصبغيات العادي، زوج المورثات المتنحية (rr) المسؤولة عن اللون الأخضر للحبوب، أما

الصبغي الإضافي فيمتلك المورثة السائدة (R) المسؤولة عن اللون الأحمر للحبوب، ولهذا، تكون النباتات الثنائية العادية (rr msms) خضراء الحبوب عقيمة الذكر، بينما تكون النباتات ثلاثية الصبغي (الترايسومية) (Rrr Ms msms) حمراء الحبوب خصبة الذكر.

تزرع حبوب النباتات الأبوية المذكرة ثلاثية الصبغي (Rrr MS msms) على خطوط بالتناوب مع خطوط النبات العادي ثنائي الصيغة الصبغية (2n) عقيم الذكر (rr msms) والتي تستخدم كأب مؤنث ويتم إخصاب بويضات الآباء المؤنثة بحبوب لقاح من النباتات (1 + n2) وعند الحصاد، تجمع النباتات الأبوية المؤنثة على حدة، وهي تحمل البذار الهجين، ويجري حصاد النباتات حمراء البذور على حدة يدوياً، ويحصد الباقي آلياً،

كما استخدمت النباتات (1 + 2n) في الدراسات المهتمة في تحديد مواقع المورثات على الصبغيات.

استخدام النقص الصبغي في التربية:

يلعب النقص الصبغي دوراً ضئيلاً في العمل التربوي، باستثناء نقل الصبغيات من أنواع نباتية إلى أنواع أخرى.

ولقد استخدم العالم Sears أحاديات الصبغي (2n – 1) Monosomics بالطريقة نفسها التي اتبعت باستخدام ثلاثيات الصبغي (1 + 2n) من أجل تحديد مواقع المورثات على الصبغيات. أما بالنسبة للنباتات معدومة الصبغي Nullisomics فلقد استخدمت بكثرة في عمليات الاستبدال الصبغي التابعة لأنواع مختلفة.

وتتم عملية الاستبدال الصبغي، بإجراء التهجين بين نبات عادي ثنائي الصيغة الصبغية (2n) وبين النبات معدوم الصبغي (2 – 2n) الذي ينقصه زوج من

الصبغيات المتماثلة والذي يراد نقل صبغي إليه من النباتي العادي (2n) فيتم الحصول على جيل أول (f1) أحادي الصبغي (2n – 1) يهجن بدوره رجعياً مع النبات الأبوي معدوم الصبغي (2n – 2) ولعدة أجيال حتى الوصول إلى نباتات تحمل التركيب الوراثي الموجود في معدوم الصبغي (2n – 2) بالإضافة إلى صبغي كامل من النبات العادي (2n) تلقح تلك الأفراد، بعد ذلك، ذاتياً، ويجري الانتخاب في النسل الناتج لعزل النباتات التي تحمل صبغيات النبات (2n – 2) مضافاً إليها زوج من صبغيات النبات الثنائي (2n).

الفصل العاشر

دور الطفرات في تربية النبات:

هي تبدلات وتغيرات مفاجئة تطرأعلى المادة الوراثية فتغيرمن خصائص وصفات الكائن الحي وهي تحدث بنسبة ضئيلة في الطبيعة وتورث عبر الأجيال .

تصنيف الطفرات :

يمكن تصنيفها كما يلي :

أولاً: حسب التغيير في تركيب المادة الوراثية:

1 - طفرات صبغية: هي تلك التبدلات والتغيرات المفاجئة التي تطرأ على:

A. أعداد الصبغيات: يطلق عليها اسم التضاعف.

B. تركيب الصبغيات: يطلق عليها اسم الشذوذ الصبغي أوالتغيرات الصبغية.

2 - طفرة مورثية: تحدث نتيجة التغيير الذي يطرأ على التركيب الجزيئي للمورثة منها:

الطفرة النقطية: استبدال أي زوج قاعدي بآخر ومنها:

I- الطفرة التحولية Transition mutation: استبدال بيريميدين ببيريميدين T ⟷C أو بالعكس ومن بيورين إلى بيورين G ⟷A أو بالعكس.

II- الطفرة المستعرضة Transversion mutation: تغير من بيريميدين إلى بيورين أو العكس

A⟷G إلى T⟷C.

يمكن أن نحصل من الحالتين السابقتين I و II على ثلاثة احتمالات:

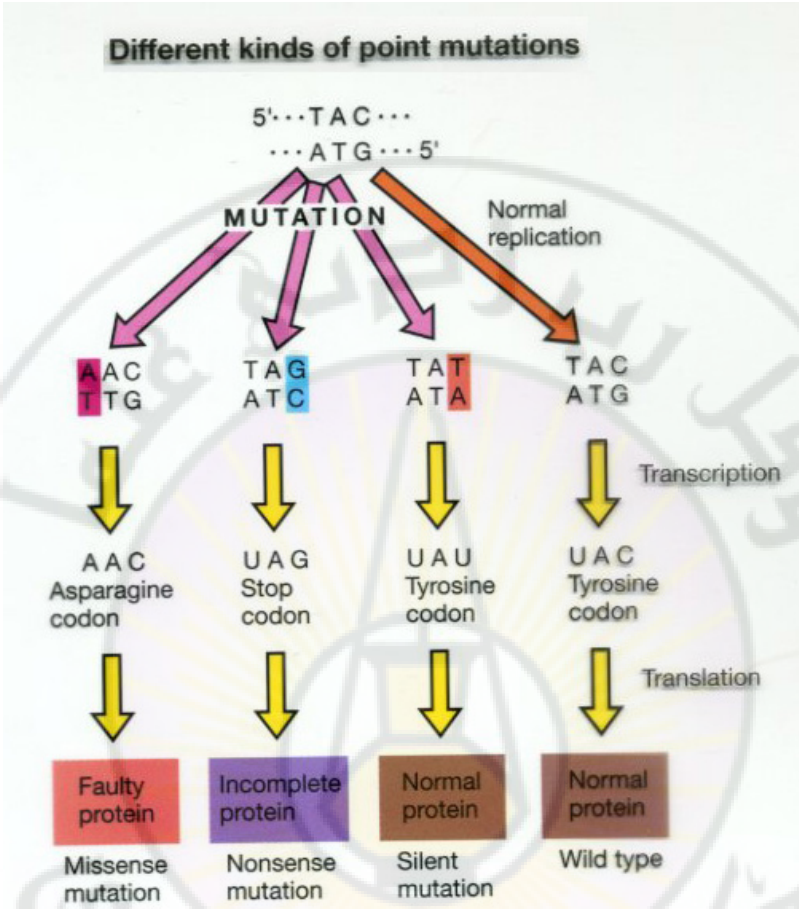
- الطفرة الخاطئة Missense mutation: تغير الزوج القاعدي للـ DNA ، إن تغير A في الـ DNA يؤدي إلى تغير في الـ mRNA وينتج حمض أميني جديد.

– الطفرة عديمة المعنى Nonsense mutation (ناتج لا معنى له): استبدال G إلى T في الـ DNA ليصبح في الـ mRNA إشارة توقف وبالتالي لا يترجم إلى بروتين، لذلك فـإن تشكيل هذه السلسلة تتوقف قبل اكتمالها، توقفا تاماً. كلما كان الخطأ مبكراً كلما أصبح من الصعب على هذا المورث أن يكون له فعالية على تأدية وظائفه عند تمام التشكل.

– الطفرة الصامتة Silent mutation: تغير الزوج القاعدي للمورث كأن يتحول cct إلى ccc وبالتالي لا يكون هناك تغير في البروتين. هذه الطفرة تسمى بالطفرة الصامتة لأنه لا تلاحظ آثارها. مثلاً إذا تغير أحد الحموض الأمينية في الكودون إلى حمض مماثل لأحد الحمضين الآخرين، يمكن أن لا يؤدي ذلك إلى أي تغيير يذكر. أي أن الناتج لا يتغير، وبالتالي لا يمكن اكتشاف الطفرة التي حدثت ظاهرياً، بدون متابعة التسلسل النيكليوتيدي أي نحصل على شفرة لمورثة تعطي نفس المعنى أو الناتج و تسمى Samesense.

III– Frameshift mutation: إضافة Insertion أو حذف Delation زوج قاعدي للمورث وبالتالي إعطاء بروتين جديد.

–كما يمكن أحداث طفرات إما بالحذف أو الإبدال أو الإدخال والتي تحدث بشكل طبيعي دون تأثير عامل مسبب شكل(8).



شكل (8) أشكال الطفرات المختلفة.

– **طفرات سكر الـ DNA والـ RNA:** يحتوي الـ DNA دوماً على السكر الريبوز منقوص الأوكسجين ولكن في بعض الحالات يوجد بدلاً عنه الريبوز وأحياناً الارابينوز في الخلايا الثديية المزدوجة في الوسط الصنعي أو المانوز في إحدى طفرات آكل الجراثيم SP8. وكذلك يمكن إضافة ذرة أوكسجين في المكان 2' إلى الريبوز منقوص الأوكسجين الموجود في الـ DNA أو نزعها من الريبوز في شريط

الـ RNA نتيجة بعض العوامل الكيميائية والفيزيائية المولدة للطفرات. ويؤدي تغير السكر في جزيء الـ DNA أو الـ RNA إلى تغير في هندستهما وبالتالي إلى تغير في النسخ والترجمة والبروتينات المتشكلة.

– **طفرات أسس الـ DNA والـ RNA:** يمكن لأسس الـ DNA والـ RNA أن تأخذ عدة أشكال مماكبة مختلفة عن شكلها الأساسي والطبيعي الأمينو NH والكيتو C=O فمثلاً يختلف مماكب الأدينين عنه باختلاف المكان الذي ترتبط به ذرة H واحدة وهذا يؤدي إلى انتقال الالكترونات و تصبح بعض الروابط الثنائية أحادية أو بالعكس، ويمكن أن يتغير الأساس إلى شكل أينول C-OH أو شكل ايمينو =NH وهذا يتوقف على عوامل عديدة منها الـ pH.

يزدوج الأدينين بشكله الطبيعي أمينو مع التيمين ولكن مماكبه بشكل ايمينو يرتبط مع السيتوزين ويشكل رابطتين هيدروجينتين، وكذلك السيتوزين بشكل ايمينو يزدوج مع الأدينين برابطتين هيدروجينتين. أما الغوانين الذي بشكل كيتو فيتماكب إلى أينول ويزدوج مع التمايين بثلاث روابط هيدروجينية وكذلك التيمين الذي تماكب إلى أينول يرتبط مع الغوانين في ثلاث روابط هيدروجينية. ويحدث نتيجة للتماكب ازدواج الأسس بشكل جديد وغير سوي بين البيريميدينات والبيورينات وهذه التبدلات تلعب دوراً هاماً في الطفرة الذاتية، ويمكن الحصول على المماكبات وهذه الارتباطات بالإشعاعات ذات الطاقة العالية ، وفي بعض الأحيان يخسر التيمين بروتون ويصبح متشرد ويزدوج مع الغوانين.

وكذلك فإن حمض النتريت الأزوتي يعد مولداً طفراوياً لفيروس فسيفساء التبغ وآكل الجراثيم T2 و T4 والبكتريا والخميرة، إذا يعمل على نزع NH2 من بيورينات وبيريميدات الـ DNA والـ RNA والاستعاضة عنها بمجموعة كيتو C=O وعندها نحصل على ما يلي:

يتحول الأدنين إلى هايبوكسانتين ويزدوج مع السيتوزين بدلاً من التيمين.
يتحول السيتوزين إلى يوراسيل ويزدوج مع الأدينين.
يتحول الغوانين إلى كسانتين ويرتبط مع السيتوزين برابطتين فقط.
إن الـ DNA أو الـ RNA الحاوي على A قبل الطفور يعطي في الجيل الثاني الـ DNA أو الـ RNA حاوي على الغوانين بدلاً من الأدنين وهذا يؤدي إلى تغيير الشفرة الوراثية فإذا تم التغيير بين مركب بيورين إلى بيورين أي من G إلى A أومن بيريميدين إلى بيريميدين T إلى C يدعى بالانتقال ولكن إذا أدى التغيير من بيورين إلى بيريميدين أو العكس T أو C إلى G أو A يدعى بالانقلاب. فحمض النتريت يؤدي إلى تحول شفع الـ T=A إلى C=G لأنه يؤدي إلى تحول A إلى هايبوكسانتين وهذا بدوره يتحول إلى غوانين الذي يرتبط بدوره بالسيتوزين. كذلك يحول الشفع C=G إلى A=T أي يبدل السيتوزين إلى يوراسيل ومنه إلى التيمين ويرتبط بذلك بـ A.وتدعى هذه الطفرات بالطفرات الانتقالية.
أما تأثير الـ pH فيبدو واضحاً فعند تعريض آكل الجراثيم T4 إلى pH منخفضة فيؤدي ذلك إلى نزع الغوانين والأدنين أي البيورينات. ولكن إذا تم رفع الـ pH فان البيورينات تعود وترتبط بالحمض النووي ولكن تتوضع بشكل خاطئ.

- طفرات الاندماج أو التضاعف:

يمكن أن تكون المورثات الجديدة طافرة بسبب أنها تحتوي على بعض الأسس غير المطلوبة والناتجة عن أخطاء في الدمج أو النسخ أو التضاعف. فإذا وجدت هذه الأسس على شكل نيكليوتيدات ريبية منقوصة الأوكسجين ثلاثية الفوسفات في الوسط الصنعي يمكن أن تندمج داخل الـ DNA. عند عمليات الاندماج أو التضاعف يمكن أن يحل اليوراسيل أو 5 بروموبوراسيل أو 5

فلوروبوراسيل مكان التيمين، ويحل 5 ميتيل أو 5 برومو أو 5 فلوروسيتوزين مكان السيتوزين ويحل الهايبوكسانتين مكان الغوانين.

- طفرات الإشعاعات ذات الطاقة العالية:

طفرات مورثات النسخ والترجمة: للطفرات نتائج مختلفة في عملية النسخ والتضاعف وترجمة الشفرة الوراثية فالطفرة تتضمن تغيراً في المادة الوراثية وهذا يؤدي إلى تغير في المعلومات الوراثية وتصنف المورثات التي تحتوي على المعلومات الوراثية المتعلقة بعملية النسخ إلى ما يلي:

- المورثات التي تشرف على عملية بدء ونهاية النسخ.
- المورثات التي تشرف على تشكل أنزيمات النسخ مثل أنزيم تكثيف الـ DNA وأنزيم تكثيف الـ RNA.

أما المورثات التي تحتوي على المعلومات الوراثية المتعلقة بعملية الترجمة الوراثية فتصنف كما يأتي:

- المورثات التي تشرف على تركيب بروتينات الجسيمات الريبية.
- المورثات التي تشرف على تشكل الـ RNA الريبوزومي.
- المورثات التي تشرف على تشكيل الـ RNA الناقل.
- المورثات التي تشرف على تركيب الأنزيمات التي:

1 -تنشط وتربط الحموض الأمينية على الـ RNA الناقل

2 -تنشيط الروابط الببتيدية.

3 -التي تحرر النهاية الكاربوكسيلية C من الببتيد المتعدد الكامل عن الـ RNA الناقل.

يعتقد أن حدوث الطفرات في المورثات تسبب قصور اً في وظيفتها رغم أننا لا نعرف المعلومات الوراثية التي تحملها المورثات المسؤولة عن النسخ الوراثي ، مثلاً

إذا طفرت المورثة المسيطرة على تركيب أنزيم الـ DNA بوليميراز فان الأنزيم الطافر يؤدي إلى حدوث الكثير من الأخطاء الكبيرة في عملية التضاعف فمثل هذه الطفرة تعد مسبباً طفرياً. أما إذا طفرت المورثة المشرفة على الـ RNA الريبوزومي أو على تركيب بروتينات الجسيمات الريبية فـإن ذلك يسبب قصوراً في الجسيمات الريبية في ربط الـ RNA الرسول أو حركته أو ربط الـ RNA الناقل ونظراً لكون المورثات التي تسيطر على تركيب الـ RNA الريبوزومي موجودة في عدة نسخ فطفور أحدها لا يؤثر لأن النسخة الأصلية تحل محل المورثة الطافرة ولكن في بعض الحالات تحدث بعض الطفرات التي توقف عمل جميع مورثات الـ RNA الريبوزومي عن العمل وعلى نفس الصبغي. وإذا حدث الطفور في المورثة المشرفة على الـ RNA الناقل فـإن ذلك يؤثر عليه بعدة نواحي: قبوله للحمض الأميني، ارتباطه على الجسيم الريبي، ثلاثية الأنتيكودون. وطفرات نسخ الـ DNA يمكن أن تغير قابلية الـ RNA الرسول في ارتباطه على الجسيمات الريبية وبالتالي تغير الرسالة الوراثية التي ستترجم إلى حموض أمينية أو المعلومات المتعلقة بانتهاء السلسلة الببتيدية.

ثانياً: حسب مسببات الطفرة:

– طفرات طبيعية: وهي تحدث بشكل طبيعي دون أي معاملة ويكون بعضها ايجابياً مفيداً إلا أن القسم الأكبر يكون سلبياً وضاراً بالنبات الذي تحدث فيه ولكن الطفرات الطبيعية تحدث بنسبة ضئيلة تقلل من أهميتها في العمل التربوي إلا أن المربين كانوا قد استخدموها في التحسين الوراثي للمحاصيل وذلك قبل اعتمادهم على الطفرات الصناعية والتهجين في تحريض التباينات الوراثية وتنتج الطفرات الطبيعية عن تأثير الإشعاعات الطبيعية الثابتة فوق سطح القشرة الأرضية كالإشعاعات الكونية والنشاط الإشعاعي وتتعرض المورثات والصبغيات للطفو ر

التلقائي بشكل منتظم ولكن هنالك أجزاء معينة من الصبغيات تكون معرضة للطفور أكثر من غيرها.

– طفرات محرضة (صناعية): وهي تنش أ عن التأثير المطفر للإشعاعات مثل أشعة X، ألفا، بيتا، وغاما وذلك باستخدام مصادر ذات نشاط إشعاعي كالراديوم والكوبالت المشعين وغيرهما وكذلك استخدام البروتونات والنيترونات والمواد الكيميائية الخ. تتميز هذه المواد والإشعاعات ذات الطاقة العالية بأنها ذات مقدرة عالية على إحداث الطفرات. ولكن غالبية الطفرات المحرضة سيئة ومميتة إلا أن توافر عدد قليل من الطفرات الجيدة تجعل الطفو ر الصناعي ممكن الاستعمال من أجل الحصول على التباينات الوراثية اللازم ة لممارسة العمل التربوي عند الانتخاب.

ثالثاً: حسب مكان حدوثها:

1 ـ طفرة جسمية: تطرأ على الخلايا الجسمية ذات العدد الصبغي المضاعف فتحدث بها تغييراً.

2 ـ طفرات عروسية: تطرأ على الخلايا الجنسية أحادية الصيغة الصبغية فتحدث فيها تغييراً.

رابعاً – حسب مكان ظهورها في أنسال الأجيال التالية:

1– طفرة سائدة: عند تعرض مورثة (a) في الطراز الوراثي aa للطفرة تتحول إلى A ويصبح التركيب الوراثي الطافر (Aa) ويمكن بذلك ملاحظة الطفرة السائدة في نسل الجيل التالي مباشرة (أي الجيل الطفراوي الأول M1)

2– طفرة متنحية: عند تعرض المورثة (A) في الطراز الوراثي AA للطفرة المتنحية (a) يصبح الطراز الوراثي (Aa) ولا يمكن ملاحظة هذه الطفرة في الجيل

التالي مباشرة (M1) بل ملاحظتها في الجيل الطفراوي الثاني (M2) عند التقاء عروسين تحملان الطفرة المتنحية نفسها aa.

خامساً: حسب نوع الصفة التي يصيبها التغيير:

1 -طفرة كبيرة: تطرأ على الصفات النوعية كاللون والشكل.

2 -طفرة صغيرة: تطرأ على الصفات الكمية كوزن الحبوب وعددها وكمية الأحماض الأمينية والنشويات وغيرها.

سادساً: طفرات باستخدام بعض التقانات الحيوية الجزيئية:

إن آفاق نمو الإنتاج الزراعي أضحت حالياً محدودة ولذلك أصبحت الحاجة ماسة لتنوع الإنتاج وتوجيه الجهود نحو تحسين النوعية وتنعكس المسألة في البلدان النامية إذ تنحصر المشكلة الأساسية بصعوبة تأمين الاكتفاء الذاتي لمجتمعات تتنامى بسرعة كبيرة وتشكل بذلك المشكلة الأولى الآن وفي المستقبل. ويمكننا التمييز حالياً بين أربع تقنيات أساسية لمعالجة المجموع الوراثي وهي:

1- الاندماج البروتوبلاسمي (دمج الخلايا).

2-طرق إنتاج النبات أحادي الصيغة الصبغية.

3- التباين الخلوي الناتج عن زراعة الأنسجة والخلايا (ستناقش في بحث لاحقاً).

4- نقل الدنا الغريب إلى النباتات التي تصبح نباتات ذات مورثات منقولة(ستناقش في بحث لاحقاً). وذلك لأنها تسمح لنا بالحصول على طفرة مفردة والتي من السهل تحديد موقعها بدقة عالية.

مسببات الطفرات:

أولاً: الإشعاعات:

إن الضوء المرئي الذي نراه يشكل جزءاً صغيراً من الطيف الكهرطيسي الذي يتضمن الطاقة على شكل أمواج ضوئية قصيرة، تصبح الطاقة التي تحتويها أقوى وأكثر مقدرة على الاختراق ويمكننا أن نميز من هذه الإشعاعات :

1 +الإشعاعات المؤينة:

تتميز هذه الإشعاعات بأنها ذات طاقة عالية تنتج ايونات عند اصطدامها بالذرات فتتحرر الالكترونات التي تصطدم بدورها بذرات أخرى فتتحرر الكترونات جديدة..... الخ

إن تغيير عدد الالكترونا ت يحول الذرة المستقر ة (أو الجزيئة المستقرة) إلى الحالة الأيونية النشيطة.

وهكذا عبر مسار كل شعاع ذي طاقة عالية تتشكل سلسلة من الايونات التي تمهد لحدوث مجموعة من التفاعلات الكيميائية المتباينة.

ويمكن إنتاج مثل هذه الإشعاعات بآلات تعطي إشعاعات X والبروتونات والنيترونات وكذلك أشعة ألفا وبيتا وغاما وذلك باستعمال مصادر نشاط إشعاعي مثل الراديوم المشع والكوبالت(60) وغيرها.

- الأشعة الصادرة من وحدات الكوبالت 60 -Cobalt-60 or Cesium- 137 التي تنتج طاقة عالية من أشعة غاما بشكل مستمر كما أن لها القدرة على اختراق المادة الغذائية إلى مدى عميق.
- أشعة بيتا الصادرة من المع الجات الإلكترونية التي لا تزيد طاقتها الكلية عن 0.1 مليون إلكترون فولت ، ولها القدرة على الاختراق إلى مسافة 1-2 بوصة .
- أشعة إكس الصادرة من أجهزة توليد أشعة اكس والتي لا تزيد طاقتها عن 0.5 مليون إلكترون فولت، وعند التشعيع فإن لها قدرة التركيز على مناطق صغيرة من المادة الغذائية.

ويعتمد معدل حدوث الطفرات المحرضة باستعمال الإشعاعات على جرعة الإشعاع Dose مقيسة بالراد فكلما زادت جرعة الإشعاعات المستعملة يزداد معدل حدوث الطفرة.

وعند عمل مخطط بياني لهذه العلاقات يتشكل خط مستقيم يبدأ بدءاً من معدل منخفض للطفرات عند عدم استعمال أي جرعة من الإشعاعات ويستمر حتى معدل مرتفع جداً من الطفرات عند استعمال جرعة شعاعية مقدارها(6000 r) وفي هذه العلاقة الخطية المستقيمة نجد أن هناك زيادة نسبية لمعدل حدوث الطفرة عند كل زيادة في معدل الجرعة الإشعاعية وهي تساوي تقريبا (3%) عند كل زيادة في الجرعة الإشعاعية قدرها(1000 r) كما هو الحال في ذبابة الخل.

ولقد أثبتت النتائج التجريبية "أنها فوق تصوراتنا وتوقعاتنا" إلا انه يمكننا أن نشتق منها بوضوح بعض المبادئ والأسس:

_ إن معدل حدوث الطفرات يتناسب مع الجرعة Dose (=الشدة×الزمن)

ولقد وجد أن جميع المعاملات المحرضة للطفرة كانت مؤذية وتسبب الضرر وهكذا فاستخدام جرعات فائقة أو مفرطة يقضي على أعداد ضخمة من الخلايا (أو البادرات) واستخدام جرعات خفيفة ينتج طافرات قليلة جداً ولا بد من وجود جرعة مثالية ولكن نادراً ما يمكن تحديدها بدقة.

وتعتمد الجرعة المثالية على العلاقة بين الجرعة والاستجابة من قبل النبات التي نادراً ما يمكن معرفتها جيداً لأنها دائم اً عرضة للتبدل والاختلاف بتبدل معدل الجرعة Dose-Rate والظروف المحيطة (كالأوكسجين والضغط والرطوبة).

ومن الناحية التطبيقية تستخدم تجارب أولية تمهيدية لمعرفة الجرعة وطريقة المعالجة التي لا تدمر كثيراً من المادة النباتية ولا تشل النباتات الباقية على قيد الحياة. ويمكن ضبط الجرعة بضبط الشدة (معدل الجرعة) أو الزمن أو كليهما معاً وفقاً لما هو مناسب فتضبط الشدة بتبديل مصدر الإشعاع (إذا كان قابلاً للتباين)

أو باختبار بعد مناسب للمادة المعاملة عن مصدر الإشعاع (عند استخدام النظائر المشعة). ولقد قام Timofeeff-Ressovsky, Oliver وآخرون بإجراء دراسات دقيقة لمعرفة العلاقة بين عدد الطفرات المورثية المحرضة والكمية المعطاة من أشعة X وتبين لهم أن معدل الطفو ر يتناسب طرداً مع كمية أشع ة X مقدرة بوحدات رونتجن (r) ويمكن إعطاء هذه الكمية نفسها مع أشعة X في عدة ثوان أو دقائق إذا كانت شدة الإشعاع قوية كم ا يمكن إعطاؤها في أيام وأسابيع أو سنين إذا كانت شدة الإشعاع منخفضة وبفرض عدم تغير المجموع الكلي لوحدات رونتجن (r) المعطاة فإن عدد الطفرات المورثية المحرضة يكون ثابتاً ومستقلاً عن كل من مدة التعريض للإشعاع وشدة الإشعاع ولذلك أهمية خاصة فليست هنالك جرعة غير خطيرة فأي تعريض للإشعاع يحتمل أن يحدث نصيبه من الطفرات الذي يتناسب مع عدد الوحدات المعطاة.

ويمكن استخدام الإشعاعات لمعاملة حب الطلع والبذور والبادرات والبراعم أو النبات بمجمله. وتختلف حساسية النبات للأشعة وفقا للنوع النباتي والعضو المعامل ولذا يجب البحث عن الجرعة الإشعاعية المحرضة للطفرات دون إيقاع الأذى بالنبات أو دون ا لإضرار الكبير بالقدرة الحيوية للنبات ويمكن تحديد هذه الجرعة الإشعاعية لكل نوع نباتي بعد تحديد الجرعة – الحرجة لهذا النوع.

وتساوي الجرعة الحرجة: كمية الإشعاعات التي تحافظ على 30–40 % من البذور المعالجة قادرة على الإنبات وإعطاء بادرات تستطيع الاستمرار في التطور والنمو لإعطاء نبات كامل. ولقد تبين أن المعاملة بالنيترونات تعطي مايعادل فقط نحو ثلثي عدد الطفرات التي تحدثها كميات مساوية من أشعة (X) مقيسة بوحدات رونتجن(r) ولهذا فعند استخدام النيترونات يفضل أن تكون الجرعة المستخدمة اقل منها في الإشعاعات المشار أليها (ألفا بيتا وغاما والبروتونات) بنحو 10–30 مرة.

إذا: إن معدل حدوث الطفرات المورثية لا يتوقف على الشدة الإشعاعية بل يتوقف على الجرعة الإشعاعية (r) وبشكل آخر فإن جرعة إشعاعية تحدث عددا من الطفرات المورثية بغض النظر عما إذا نفذت الصدمات الإشعاعية دفعة واحدة أو صدمة فصدمة واحدة تلو الأخرى وتحدث أشعة X إلى جانب الطفرات المورثية طفرات صبغية غير انه خلافا للطفرات المورثية فان معدل حدوث الطفرات الصبغية لا يتناسب طردا مع كمية الإشعاع أو الجرعة الإشعاعية مقيسة بوحدات رونتجن بل تحدث هذه الطفرات الصبغية في المعاملات الإشعاعية ذات الشدة القوية بدرجة أكبر لا تتناسب مع درجاتها في المعاملات ذات الشدة الضعيفة.

وتشير التجارب التي أجراها كثير من الباحثين إلى مايلي:

1. إن الأنواع ذات النوى كبيرة الحجم أكثرها حساسية للتأثير الإشعاعي من الأنواع النباتية ذات النوى صغيرة الحجم.
2. أن معدل حدوث الطفرة في الخلايا أحادية الصيغة الصبغية (1n) كان ضعف معدل حدوثها في خلايا النباتات ثنائية التضاعف الصبغي(2n).
3. تحدث الطفرات في النباتات الرباعية (2n =4 x) بمعدل ضعف حدوثها في النباتات ثنائية التضاعف الصبغي (2n).
4. عند تساوي العدد الصبغي في نوعين نباتي ين تحدث الطفرة بدرجة أكبر في النوع ذي الصبغيات الأكبر حجما عند تعريض النوعين للجرعة الإشعاعية نفسها.
5. يوجد تناسب طردي بين تكرار حدوث الطفرة وكمية الحمض النووي DNA في الصبغي الواحد أو العدد الصبغي في حجم نووي محدد عند تعريضها لجرعات إشعاعية متشابهة.

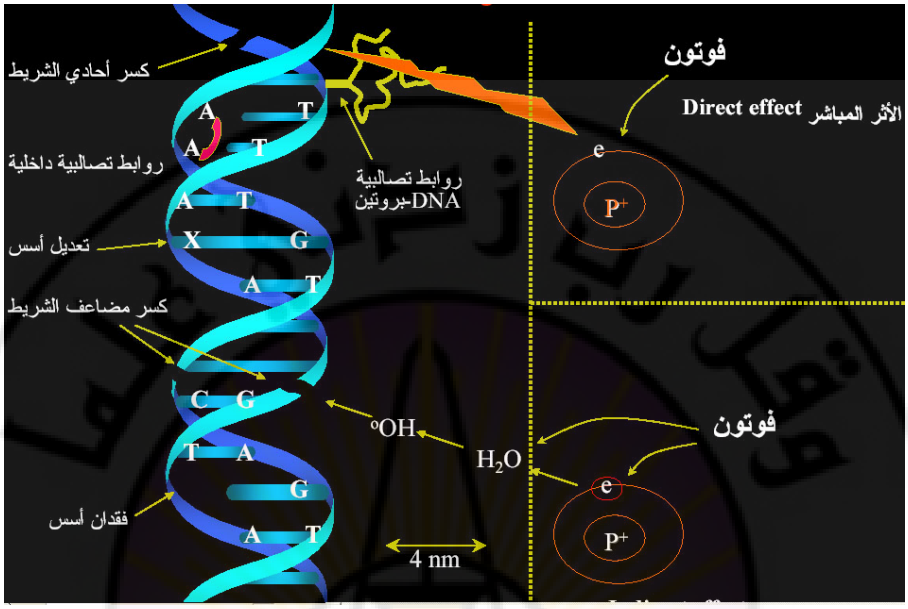
6. عند تضاعف كمية الحمض النووي DNA في الأنواع النباتية المختلفة فـإن نسبة حدوث الطفرة تتضاعف بالمقدار نفسه وقد يعود هذا الارتباط الطردي إلى الزيادة في حجم المورثات بزيادة كمية الحمض النووي DNA مما يزيد من حجم المادة الوراثية (الهدف) المعرضة للصدمة الإشعاعية.
7. قد لا تكون الإشعاعات وحدها كافية لإحداث الطفرات في أية خلية ولكن تلعب بعض مراحل الانقسام الخلوي دورا ضرورياً وهاماً في إحداث الطفرات.

2 +الإشعاعات غير المؤينة:

على الرغم من امكان الأشعة فوق البنفسجية على إحداث شذوذ صبغي فإن تأثيراتها أضعف بكثير من تأثيرات أشعة (X) وهي تستخدم بشكل أساسي لدراسة الطفرات المورثية، وفي كل الأحوال لا يتوافق التأثير المطفر لهذه الأشعة مع ما رأيناه بالنسبة للإشعاعات المؤينة لأن العلاقة بين معدل حدوث الطفرات مع معدل الجرعة الإشعاعية المستعملة من هذه الأشعة ليست علاقة طردية.

تحتل تحديد ماهية طبيعة الأثر التحريضي على المورثات والصبغيات أهمية كبيرة لاستكمال طرائق الطفرات الصناعية، وتحدث معظم المواد المطفرة تفاعلات كيمائية مع الحمض النووي DNA يتمخض عنها تبدلات صبغية ومورثية وتسبب المواد الكيميائية المطفرة حدوث تبدلات صبغية في البذور المعاملة، ويلاحظ نتيجة زيادة التبدلات الصبغية في الجيل الأول حتى حدود معينة حدوث زيادة في التغيرات الشكلية المفيدة.

إن اصطدام الإشعاع المؤين بالذرات والجذور الكيميائية المشعة يؤدي إلى تخريب الجزيئات والتي تتضمن ال DNA إذا تم اصطدام الـDNA مباشرة بالإشعاع فإن الصبغيات تتكسر ويعاد ترتيب الصبغيات وبالتالي تشكيل الطفرة عندما تكون كمية الإشعاع كمالية فإنها تقتل الخلايا (في المعالجات السرطانية) شكل (9).



شكل(9) تأثير الأشعة على الـ DNA.

ثانياً: المواد الكيميائية:

تعد الإشعاعات أدوات قياسية منظمة لتحقيق التباينات الوراثية عبر تحريض الطفرات إذ أنه من الصعب التمييز بين الأثر المباشر وغير المباشر للإشعاعات وبالتالي من الصعب تحليل طبيعة المركبات الكيميائية الحيوية الناتجة.

وتشير نتائج الأبحاث على الأثر المطفر للمواد الكيميائية إلى أنها تعد بمستقبل مرموق على هذا الطريق.

لقد أصبح معروفاً الأثر المطفر للعديد من المركبات الكيميائية ذات الأثر القلوي والتي يمكن حصرها في 7 مجموعات هي:

1 ـ مجموعة الحزول الكبريتي.

2 ـ مجموعة الحزول الآزوتي.
3 ـ مجموعة الإيروكسيدات.
4 ـ مجموعة الإيتيلين أمين.
5 ـ مجموعة السلفات والسلفونات.
6 ـ مجموعة داي آزوألكان.
7 ـ مجموعة مركبات النيتروز.

وهي تختلف عن بعضها في درجة ذوبانها وتطايرها وصلاحياتها للاستعمال.
وهي سامة بمجملها وبعضها شديد السمية وأكثرها استعمالاً:[اتيل ميتان سلفونات (EMS)] ، [الايتيلين أمين (EI)] إضافة للكولشسين المستخدم في إحداث التضاعفات الطبيعية فهو يمنع تشكل الجسم المغزلي أثناء الانقسام في الطور الاستوائي كما أنه يحول دون تشكل الصفيحة الوسطى التي تفصل بين الخليتين الناتجتين عن انقسام الخلية.
لاتستخدم المواد الكيميائية في معالجة حبوب الطلع ولكنها تستخدم لمعاملة البذور غير النابتة .
تعتمد الخطوة الأولى في برنامج تحريض الطفرات كيميائياً على تحديد طرق المعاملة المناسبة للمادة النباتية واختيار المادة الكيميائية الملائمة وتحديد الجرعة المناسبة.
من الناحية العملية تعد المعاملة هي أسهل المراحل وتتجسد الصعوبة في العمل في استخلاص النتائج ومتابعتها.

ثالثاً: الصدمات الفيزيائية:

إن التعريض المفاجئ لحبوب الطلع لدرجات حرارة مرتفعة ثم منخفضة يمكن أن يؤدي لحدوث الطفرات.

كما وجد أن استخدام الطرد المركزي فائق السرعة وكذلك الموجات الصوتية عالية التردد (فوق الصوتية) تسبب تقطعاً في الصبغيات المعرضة لها فتحدث شذوذاً صبغياً إلا أنها قليلة الاستعمال في العمل التربوي.

مهام ومنجزات التربية باستخدام الطفرات ومنظورها المستقبلي:

لقد أعطى أنصار تربية النبات باستخدام الطفرة الانطباع بأن الطفرة هي الطريقة الجديدة التي تعتمد عليها عملية إحداث ثورة في تربية النبات ولكن ذلك لم يحدث ويبدو أنه لن يحدث وبدلاً عن ذلك أخذت هذه التقانة مكانها ببساطة كتقانة أخرى إضافية تضاف إلى ذخيرة تقانات مربي النبات.

وهي أحياناً مفيدة جداً ولكنها عادةً لا علاقة لها بالموضوع فالتركيب الجديد مثلاً قد يكون مختلفاً في أغلب الأحيان عما هو مطلوب بالنسبة لمواقع محددة أو مورثات معينة مما يحد من تطور وتقدم تربية النبات.

لقد كشف Mick عام 1969 77 صنفاً تعود في أصلها مباشرة إلى برامج تحريض الطفرات كان 11 منها في الشعير و 28 في النباتات التزينية و 38 في محاصيل أخرى ولعل النجاح الأكثر جاذبية كان سلسلة صفات انتصاب النبات أو قوامه (التقزّم – قصر القش – المقاومة للرقاد) وهي طفرات في الشعير أبدعها المربون السويديون.

تطبيقات تحريض الطفرات واستعمالها:

إن معاملة حبوب اللقاح تؤدي إلى إنتاج خليط من نباتات غير طافرة (فيما يتعلق بالطفرة المرغوبة) إضافة إلى نسبة ضئيلة من النباتات الطافرة متباينة اللواقح. فإذا كانت الطفرة سائدة وهي غالباً نادرة يمكن تمييزها حالاً كما يمكن عزلها بوساطة التلقيح الذاتي وإذا كانت الطفرة متنحية يمكن اكتشافها فقط بعد إجراء التلقيح الذاتي أو تزاوج الأقارب.

إن معاملة الطور ثنائي الصيغة الصبغية يستطيع أن يقود فقط إلى الحصول على نباتات تحمل طفرة الكيميرا الجسمية متباينة الأعراس المختلطة مع نسيج لم يتعرض للتبدل الطفراوي (ذلك لأن الطفرة تحدث في بعض نوى الخلايا وليس في جميعها).

وهذا يقتضي أنه عند الانتخاب المظهري لطفرة سائدة يجب أن يوجه الانتباه إل ى القطاعات الواعدة بحدوث الطفرة أكثر من الانتباه لمجمل النبات بينما عند الانتخاب لطفرة متنحية بعد عمل جيل من التلقيح الذاتي يمكن أن يكشف عن الطفرة المتنحية بنسبة تقل عن النسبة المتوقعة وفقاً لقانون ماندل الأول أي 4/1. وذلك لأن الطفرة تحدث في بعض الخلايا وليس كلها.

ولا يمكن الكشف عن الطفرة بشكل جيد عندما تكون الأجزاء الطافرة من النباتات 2n صغيرة كما أنه لا يمكن الكشف مطلقاً عن الطفرات التي تحدث في طبقات الخلايا التي لا تساهم في التكاثر الجنسي.

لذلك ليس من المدهش أن حساب معدلات الطفرة بعد معاملة النباتات 2n بمسببات الطفرة يمكن أن يجرى ولكن بصعوبة.

ويكفي لتحقيق الأهداف العملية الكشف عن الطفرات (سواء كانت سائدة أم متنحية) المرغوبة في النباتات بعد جيل من التلقيح الذاتي.

لذلك فإن معاملة الطور أحادي الصيغة الصبغية (الطور العروسي المذكر) تعد طريقة أفضل وأكثر سهولة واقتصاداً بالمقارنة مع معاملة الطور الثنائي (البذور والبادرات).

ويعد لسوء الحظ قليل من المحاصيل ملائماً لذلك لأن قليلاً منها ما ينتج مجموعة كافية من حبوب اللقاح أو أنها تكون قابلة للتصالب بجدارة على المستوى المطلوب وتلبي الذرة الصفراء هذه المتطلبات فهي نموذجية بينما يجب معاملة محاصيل الحبوب ذاتية التلقيح والبقوليات في الطور الثنائي.

و من الناجية التطبيقية تعتمد معظم البرامج على معالجة أو معاملة البذور يلي ذلك فرز الطفرات بطريقة تجريبية بعد إجراء عملية التلقيح الذاتي.

خصائص التحريض الطفراوي :

تتميز المواد المحرضة للطفرات بأنها مواد غير مميزة (لا تفريقية) حيث أنها تنتج دائماً خليطاً معقداً من الطفرات والتبدلات (الشذوذات) في بنى الصبغيات والشذوذات اللاوراثية (أو على الأقل اللانووية).

وهكذا إذا مات 50% من النباتات المعاملة بمسببات الطفرة فإن ما تبقى يعد مريضاً أو مختلاً إلى حد ما.

ولا تتواجد الطفرات مطلقاً في بادئ الأمر على شكل بنى وراثية نظيفة (أي خالية من الشوائب) وثابتة ففي النباتات المتكاثرة بذرياً سيكون هنالك بعض الطافرات غير المرغوبة وانعزالات عقيمة ناتجة عن التبدلات التي تتعرض لها بنى الصبغيات (الشذوذات الصبغية) تستبعد في الأجيال المبكرة التي تلي عملية المعاملة بمسببات الطفرة وستضم السلالات المتكاثرة خضرياً طرزاً مظهرية شاذة غريبة الأطوار غير مرغوبة. إن ذلك يفرض وضع برنامج تحريض طفرات واسع ضخم بشكل يوفر احتمالياً إنتاج كثير من الطفرات المرغوبة و يعطي كلاً من الإمكانيتين:

1- إمكان إنتاج اختلافات وراثية.

2- احتمال كون بعض الطافرات غير مفيد وغير قابل للاستعمال بسبب بعض التأثيرات الجانبية غير القابلة للاستئصال.

اعتماداً على ما سبق يمكن القول إن تحرض الطفرات تعد تقانة من تقانات تربية النبات المحدودة أو المقيدة وهذا يدفع للسؤال ما هي الحالات أو الظروف التي من

المحتمل أن تنتج فيها تقانة تحريض الطفرات كإحدى تقانات تربية النبات لذلك يجب دراسة النقاط التالية:

– يعطي تحريض الطفرات طافرات غير متجانسة وينتج حجماً ضخماً من الأشكال غير المرغوبة التي يتوجب فرزها جدياً وعزلها واستبعادها ولذلك يجب أن يكون البرنامج الجاد كبيراً كما يجب أن يمتد ويتسع ليشمل أجيالاً عديدة من التكاثر البذري أو الخضري. وإذا أمكن تمييز طافرات مرغوبة فمن المحتمل أن تكون مترافقة مع تأثيرات جانبية غير مرغوبة (كالطفرات الأخرى غير المرغوبة، الانتقال ، العقم) وذلك يتطلب تنظيفها بإزالة التأثرات الجانبية غير المرغوبة من مخزونها الوراثي وربما قد يتطلب الأمر إجراء تهجين أو تزاوج من أجل تحقيق ذلك.

– تعد الطفرات المرغوبة في أفضل الحالات غير مألوفة وغالباً نادرة حتى بعد المعالجة بمحرضات الطفرة وإذا تطلب الأمر عزل الطفرات الجيدة من مخزون وراثي مقبول فإنه يتوجب استخدام طريقة سهلة لعزلها وتعد التبدلات المرئية بسهولة ويسر كطول النبات والنضج ولون الزهرة صفات مرغوبة سهلة العزل. أما التبدلات المحددة بوضوح في صفات المقاومة لمرض أو وباء معين فيمكن تقصيها بالاعتماد على الاختبارات المخبرية أو في البيوت الزجاجية أو في الحقول الموبوءة ويمكن بذلك عزلها بسهولة. أما بالنسبة للتبدلات الأكثر دقة والتي لا يمكن كشفها إلا بطرائق كيمائية دقيقة بالاعتماد على تجارب حقلية متكررة فهي معرضة للإلغاء أو للامتناع عن متابعتها بسبب التكاليف الباهظة التي تترتب على ذلك فهي ليست بالضرورة مستحيلة المتابعة.

– إن عزل الطفرات المتنحية عسير وفقاً للطبيعة الوراثية لمحصول ويعد عزل مثل هذه الطفرات سهلاً في المحاصيل ثنائية التضاعف المكاثرة بذرياً إذ يمكن تعريضها لعملية التلقيح الذاتي. أما في المحاصيل الأخرى

المتضاعفة والمكاثرة خضرياً والثنائية عديمة التلقيح الذاتي فإن عزل الطفرات المتنحية أمر مستحيل أو شبه مستحيل. ويقتصر العمل فيها على تحقيق الطفرات الوظيفية السائدة والتي تعد وحدها الهدف العملي والواقعي الذي يمكن تحقيقه في مثل هذه النباتات.

وكخلاصة يجب على برنامج تحريض الطفرات:

1- أن يكون بالمقياس الكافي (في عدد النباتات وعدد الأجيال) لإزالة التأثيرات غير المرغوبة التي لا يمكن تحاشي وقوعها.
2- أن يتضمن في تنظيمه أو مخططه وسائل فعالة لتمييز الطفرات المرغوبة والنادرة عند حدوثها.
3- أن يكون معقولاً وراثياً يبحث عن الطفرات المتنحية فقط إذا كانت قابلة للاكتشاف.

الكشف عن الطفرات في النباتات المكاثرة بذرياً:

أولاً: الطفرات النافعة أو غير الضارة:

تبقى الطفرات النافعة المرغوبة سواء كانت سائدة أم متنحية في مجتمع النباتات دون أن تندثر وتزول نظراً لفائدتها للنبات ولا بد من أجل الكشف عن الطفرات النافعة من أجل وضع طبائع تكاثر المحصول قيد الدراسة في الحسبان.

1- ففي النباتات ذاتية التلقيح: تكون الطفرة في الجيل الأول غالباً خليطة أو متباينة الأعراس فإذا تعرض الموقع AA للطفرة أعطى الطافرة Aa وإذا تعرض الموقع aa للطفرة أعطى Aa ونادراً ما تتعرض مورثتا الموقع للطفرة في آن واحد.

تظهر الطفرة السائدة في الجيل الطفراوي الأول M1 بسهولة بينما لا تظهر الطفرة المتنحية إلا في الجيل الثاني M2 حيث تحدث انعزالات وراثية تحت تأثير التلقيح الذاتي.

2- وفي النباتات خليطة التلقيح تظهر الطفرة في الجيل الطفراوي الأول M1 أما بالنسبة للطفرة المتنحية فمن الممكن ألا تظهر في الجيل الثاني كما في النباتات ذاتية التلقيح فقد تختفي لأن التلقيح الخليط الطبيعي في مثل هذه النباتات يبقي الطفرة المتنحية بحالة غير متماثلة خلال أجيال متعددة ولا يمكن أن تظهر بوضوح إلا إذا أجبرت النباتات الطافرة على ممارسة التلقيح الذاتي بهدف الحصول على الطفرة المتنحية بحالة متماثلة الأعراس وبما أن هنالك نباتات خليطة التلقيح إجبارياً بسبب ظاهرة عدم التوافق الذاتي كما هو الحال في الشيلم فإنه من المستحيل الحصول على الطفرات المتنحية فيها بسبب عدم تكون البذور عند إجراء التلقيح الذاتي الإجباري لمثل هذه النباتات.

ثانياً: الطفرات الضارة أو غير النافعة:

قد تكون الطفرة سائدة أو متنحية فإذا كانت الطفرة الضارة سائدة فإنها تقضي على النبات الذي يحملها فور حدوثها وبذلك فهي تختفي من المجتمع النباتي بمجرد حدوثها سواء أكان المجتمع النباتي ذاتي أو خليطي التلقيح.
أما بالنسبة للطفرات الضارة المتنحية فإن بقاءها أو اختفائها يتوقف على طبائع التلقيح:
- الإخصاب أي Aa . AA فإن التلقيح الذاتي للنبات الطافر متباين الأعراس Aa يؤدي إلى عزل الطفرة المذكورة بحالة أصيلة aa وتموت النباتات الحاملة لها فوراً.
- وفي النباتات خليطة التلقيح: تكون المحاصيل خليطة التلقيح متباينة الأعراس لمعظم مواقعها الوراثية وعند حدوث الطفرة الضارة المتنحية في مثل هذه النباتات

أي AA – Aa فإنها تبقى خليطة وبذلك يبقى تأثيرها الضار مستتراً تحت تأثير المورثة السائدة Aa وتبقى في المجتمع النباتي دون أن تختفي منه ويزيد التلقيح الخلطي من فرص تراكم الطفرات المتنحية الضارة في المجتمع النباتي الذي حدثت فيه.

وهذا ما يفسر ظهور كثير من الطفرات المتنحية الضارة بشكل متنح أصيل عند تعريض النباتات خليطة الإخصاب لعملية التلقيح الذاتي الإجباري.

العوامل التي تؤثر على معدل الطفور:

1- الناحية الفسيولوجية

أ – تعد الباردات أو النباتات الكاملة أكثر حساسية للإشعاع من البذور الساكنة لذلك تعرض بجرعات أقل من التي تستعمل عند تعريض البذور.

ب – تختلف جرعة التعرض باختلاف حجم البذرة فالبذور الصغيرة حجما كالسمسم والكتان تقاوم تأثير الإشعاع بقدرة أكبر من بذور الفول والشعير.

جـ – داخل بذور الصنف الواحد تختلف درجة الحساسية للإشعاع تبعا لاختلاف الرطوبة ودرجة الحرارة التي تخزن عليها قبل وأثناء وبعد التعريض، فقد وجد أن زيادة محتوى البذور من الماء يزيد حساسيتها للإشعاع وبالتالي يزيد من معدل الطفور بعد التعريض لجرعة منخفضة كذلك تزيد الحساسية بتجفيف البذور أو خفض محتواها من الرطوبةعن المعدل العادي.

د – تخزين البذور في جو خال من الأوكسجين أو في جو من النيتروجين أو ثاني أوكسيد الكربون لمدة أسبوعين يزيد معدل الطفور.

و – كذلك وجد عند إعادة التخزين البذور بعد التعريض على درجة رطوبة مرتفعة يؤدي إلى انخفاض نسبة نباتات الجيل الأول بعد المعاملة.

2 – التركيب الوراثي

وجد أن درجة تأثر الأنواع المختلفة التابعة لنفس الجنس بالإشعاع تختلف نظرا لاختلاف التركيب الوراثي للأنواع من حيث عدد وشكل الصبغيات الطويلة أكثر حساسية للأشعة من الصبغيات القصيرة، كما أن زيادة عدد الصبغيات يترتب عليه زيادة المقاومة للإشعاع وبالتالي فإن الأنواع السداسية أكثر مقاومة من الأنواع الرباعية وتلك أكثر مقاومة من الثنائية.

مجالات استعمال الطفرات المستنبطة في برنامج تحسين المحاصيل:

- يستخدم استنباط الطفرات بعدة طرق كوسيلة فعالة وسريعة لزيادة التباين صناعيا وبالتالي الوصول إلى أكبر عدد من التصنيفات الوراثية في داخل صنف واحد متجانس وخصوصا المحاصيل الذاتية الإخصاب.
- الاستخدام المباشر للطفرات النافعة حيث يمكن بعدها يمكن بعد انتخابها والتأكد من ثبوت صفاتها على عدة أجيال إكثارها واعتبارها صنفاً جديداً.
- التهجين بين الطفرتين نافعتين تتميز فيها كل منها باحتوائها على صفة اقتصادية.
- التهجين بين الطفرات المتفوقة في صفة مرغوبة مع صنف أو أصناف تجارية تنقصا هذه الصفة.
- استخدام الإشعاع أو الطفرات الكيماوية كوسيلة لإحداث التضاعف في عدد الصبغيات في المحاصيل التي تعد فيها ظاهرة التضاعف اقتصادية ومرغوبة.
- تستعمل المطفرات الطبيعية (الإشعاع) لتحقيق بعض الأغراض الخاصة في برامج التربية:

أ – أنتاج الأفراد الأحادية.

ب – زيادة أو نقص معدل حدوث الكيازما.

جـ – إحداث التكاثر البكري في بعض الأنواع بطريقة صناعية.

عـ– استخدام الإشعاع في التغلب على عدم التوافق في التهجينات بين الأنواع.

و – استخدام الطفرات المستحدثة في الدراسات الخاصة بالعمليات الوراثية الموفولوجية ، الفسيولوجية ، البيوكيميائية في نباتات المحاصيل.

استحداث طفرات محصولية عالية الإنتاج ومقاومة للآفات:

يستخدم التشعيع في استحداث طفرات محصولية ذات صفات مرغوبة وعالية الإنتاجية مما يساهم في دعم الاقتصاد القومي ودعم الأمن الغذائي، ومن أمثلة ذلك:

1- السمسم:

تم استحداث طفرات جديدة ذات عائد إنتاجي عال من زيت السمسم يصل ما بين 220-300% من إنتاجية البذور العادية. وتتميز هذه الطفرات بإمكانية زراعتها في مناطق الاستصلاح الجديدة.

2- الأرز:

أسفرت جهود البحث والتطوير والاستنباط على مدى خمسة عشر عاماً عن استحداث طفرات من الأرز باستخدام أشعة غاما لا يتعدى استهلاكها للمياه 2500-4500 متر مكعب للفدان في الموسم، ويقل هذا المعدل 40-60% عن استهلاك أنواع الأرز العادي مع الحصول على نفس الإنتاجية للفدان، وباستخدام هذه الطفرات الجديدة يمكن توفير ما بين 4-5 مليار متر مكعب سنوياً من الاستهلاك الحالي للمياه يمكن أن توجه لاستصلاح الأراضي الجديدة.

3-أمكن الحصول على نباتات تقاوم الحشرات الضارة:

استخرجت مورثة مسؤولة عن تركيب بروتين سام ليرقات بعض الحشرات التي تتغذى على أوراق نبات التبغ وزرعت في خلايا نبات التبغ فأصبح هذا النبات ينتج تلك المادة وأصبح بالتالي ساماً ليرقات الحشرات التي تتطفل عليه.

4- تجرى بحوث لإنتاج سلالات من القمح توجد على جذوره عقداً آزوتية كالتي توجد على جذور البقوليات و التي تثبت الآزوت الجوي مما يجعل زراعة القمح ليست بحاجة إلى أسمدة آزوتية تنروجينية.

احتمالات حدوث الطفرة:

الطفرة يجب أن تحدث في المادة الوراثية المشاركة بالعملية الجنسية للتكاثر، حتى يمكنها الانتقال إلى الأجيال اللاحقة والبقاء في المجتمع الوراثي. وعلى عكس الانتخاب الطبيعي، الذي يقلل كمية التنوع في المجتمع الوراثي. نرى الطفرات تزيد التنوع عبر إدخال مورثات جديدة إلى المجتمع الوراثي .
عملية نسخ الـ DNA عالية الدقة، والأخطاء في النسخ تتراوح بين خطأ واحد من مليار، حتى واحد من بليون حرف. غير أن احتمال إصابة المورث بالطفرة لا يزيد عن 100000/1 إلى 1000000. و من حيث أن الإنسان يملك 30000 مورث، فمن المتوقع أن تصاب ستة مورثات على الأقل بطفرة واحدة لكل منها، مما يجعل الطفرة ظاهرة طبيعية شائعة.

يعتمد احتمال حدوث طفرة مورثية على عوامل متعددة منها العوامل الخارجية وفها تلك التبدلات التي تحدث تحت الظروف الطبيعية العادية للنمو أي للطفرات العفوية Spontaneous Mutations إن معدل حدوث الطفرات الوراثية في الفيروسات (2*10^-8)وهي أكبر من معدل حدوثها في البكتريا(3*10^-10) وهذا الاختلاف غير معنوي قياساً لعدد أزواج النيوكليوتيدات في البكتريا والتي تزيد عن عددها في الفيروسات اعتمادا على الكمية الكلية للحمض النووي(DNA) فـإن جميع بدائيات النوى تميل لإعطاء نسب تكرار

حدوث الطفرات نفسها أثناء حدوث عملية تضاعف الـ DNA وهي تساوي (2*10^-3).

سواء كان عدد أزواج النيوكليوتيدات كبيراً أم صغيراً ويكون معدل حدوث الطفرات في الأحياء الدقيقة أقل من معدل حدوثها في الأحياء الدقيقة الأكثر تعقيدا وهذه الزيادة في معدل حدوث الطفرات في الأحياء الأكثر تعقيدا ربما تكون عائدة إلى طول دورة الحياة من جهة أخرى نجد أن الأحياء الدقيقة كالبكتريا تتألف من خلية واحدة تنقسم انقسامات بسيطة في أن الكائنات الحية الأكثر تعقيدا تتألف من خلايا كثيرة تنقسم كل منها انقسامات ذات مراحل متعددة وبالتالي نسبة حدوث الطفرات بها أكبر.

الفصل الحادي عشر

العناصر المتحركة في النبات

تسمح الوراثة بجمع المعلومات عن الآليات المستخدمة عند الكائنات الحية و ذلك بدراسة الطابع الظاهري للطفرة و الحصول على معلومات عن دور المورثة الطافرة.

عناصر النقل الوراثية المتحركة عند النبات

يتواجد على الصبغي الكثير من المورثات و منها مجموعة العناصر الوراثية المتحركة و تتصف هذه العناصر بقدرتها على التحرك على الصبغيات و التسبب في عدم الثبات الوراثي للنبات. تم عزل هذه العناصر في بعض الأنواع النباتية. تؤدي هذه العناصر إلى تغيير في الـ DNA و بالنتيجة تظهر الطفرات بسبب تحطيم بنية المورثات. طرح Starlinger (1993) عدة فرضيات من أجل شرح الوظائف المحتملة للعناصر الوراثية المتحركة:

– تعد هذه العناصر في بعض الحالات تتاليات مذبذبة للمجين (DNA مذبذب).

– تلعب هذه العناصر دوراً احتمالياً أو دوراً رئيسياً في تطور المجين (Feddorof 2000) , و هي المسؤولة عن التغيرات الوراثية المختلفة (طفرات و حذف و إعادة الترتيب الصبغي).

– تعد هذه العناصر عاملاً للتصحيح السريع للمجين و رداً على الإجهاد المجيني.

أدرجت هذه العناصر في صفين، عناصر الصف الأول تنتقل مباشرة باستخدام الـ DNA، و بينما تنتقل عناصر الصف الثاني (العناصر المتحركة المرتدة) باستخدام وسيط و هو الـ RNA.

عائلة العناصر المتحركة (*Ac/Ds*) Activator/ Dissociation:

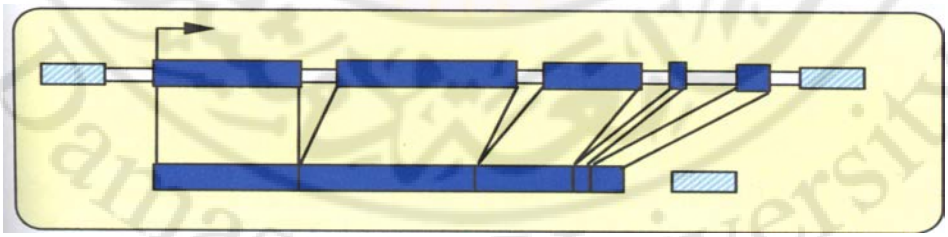
قدمت هذه العناصر في الجدول (). تمتلك هذه العائلة بشكل خاص العناصر(*Ds/Ac*) التي وصفت بشكل واضح من قبل Barbar McClintock التي قامت بعزل أول العناصر الوراثية المتحركة *Ac* من نبات الذرة و التي تشكل 50% من جينومها جدول (7).

جدول(7) خصائص عناصر النقل المتحركة الوراثية من العائلة Ac. العناصر الذاتية بالغامق (B). RIT نهايات معكوسة و متكررة، dupi التضاعف في موقع الإقحام. طول هذه العناصر مشار إليها بالنيكليوتيدات .

العناصر	النهايات المتكررة المتعاكسة RIT	التضاعف (pb)dupi	الطول (kb)	النوع النباتي	المراجع
AC	CAGGGATGAAA	8	4565	*Zea mays*	Muller-neumann *et al*., 1984
Bg	CAGGG	8	4869	*Zea mays*	Hartings *et al*., 1991
Tam3	TAAAGATGTGAA	8	3629	*Antirrhinum majus*	Hehl *et al*., 1991
Tpc1	TAGGGTGTAAA	8	927	*Petroselinum*	Hermann *et al*., 1988
Ips-r	TAGGGGTGGCAA	8	0.8 kb	*Isum sativum*	Bhattacharyya *et al*., 1990
TstI	CAGGGGCGTAT	8	736	*Solanum tuberosum*	Koster-Topfer *et al*., 1990

المصدر(Gierl et Saedler., 1989, 1992).

تتألف العناصر المتحركة *Ac* الذاتية من 5 أكسونات و يبلغ طولها 4565 pb و تملك المورثة المعبرة عن أنزيم الـ Transposase المحاطة بتتالي غير معبر ضروري للنقل الذي ينتهي بنهايات معكوسة و مكررة بـ 11 أساس أزوتي. هذه العناصر تنتج نتيجة تضاعف 8 أسس أزوتية في موقع الإقحام (Gierl et Saedler., 1989, 1992) ، شكل (10) .



شكل(10) مخطط يوضح عناصر النقل الوراثية المتحركة *Ac* في الذرة. تقدم العلب الأكسونات الخمسة – تشير المستطيلات في الطرفين بأنها نهايات معكوسة و متكررة.

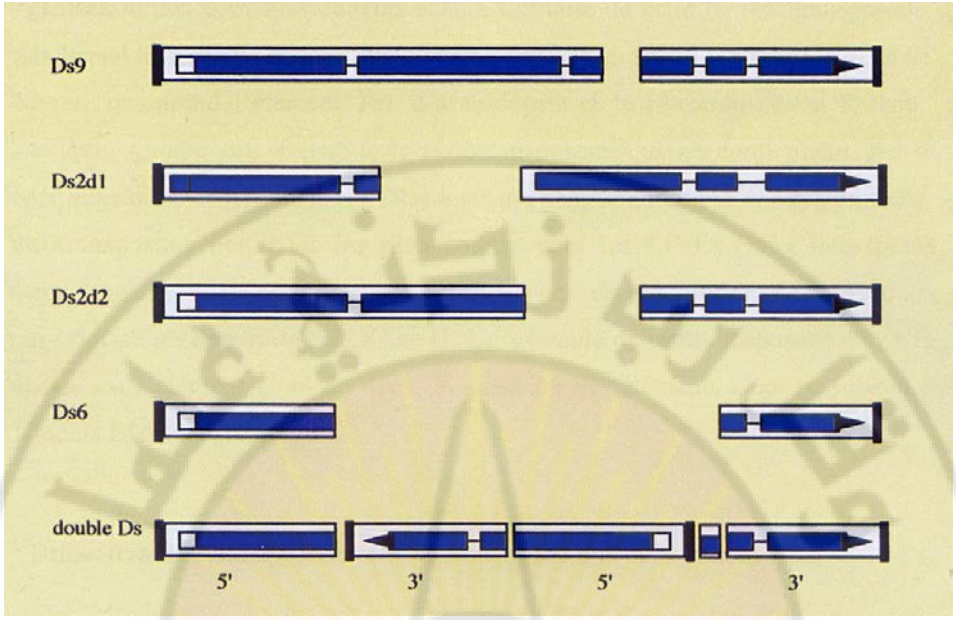
تُعبر التتاليات *Ds*/Dissociation عن صف من العناصر غير الذاتية و الناقصة التي لا تنتج أنزيم الـ Transposase و لكن يحتاج هذا الصف إلى وجود مصدر من Transposase في النوية من أجل الانتقال (التحرك).

تم تنسيل و تحليل عدة عناصر *Ds* و التي تشتق مباشرة من العناصر *Ac* وتتميز بوجود حذف داخلي (Fedoroff et coll., 1983).

تملك معظم هذه العناصر الناقصة طولاً صغيراً و توجد كمثال للتشابه مع العناصر *Ac* في النهايات المعكوسة و المتكررة و تكون هذه العناصر في تحت العائلة *Ds1* (Wessler et coll., 1986). يعد العنصر *Ds*2 الأكثر طولاً. إن التتاليات الداخلية مشابهة للعناصر *Ac* و محاطة بتتاليات غير مشابهة (غير مماثلة) لـ *Ac*. بعض العناصر *Ds* تمثل تحطيم الصبغي ،)

(McClintock, B, 1951 cité par Gierl et Saedler., 1992).

يعطي العنصر *Ds* المزدوج الكسر الصبغي و الذي عزل بالاعتماد على القرين *Sh*-m6233 في الموقع *shrunken*(*sh*) والتي هي العنصر *Ds* المعقد والذي يملك *Ds6* المدخل في اتجاهات متعاكسة ، ;(1989) Doring et coll., (1984) Weck et coll., تمتلك العناصر المقحمة *Ds*6 بالإضافة إلى حذف كبير جداً. هذه العناصر *Ds* مقدمة في الشكل (11).



شكل(11) بنية بعض العناصر *Ds* (Fedoroff, 1989) :

تشير العلب إلى الاكسونات المنسوخة من *Ac* .إن الخطوط السوداء المتواجدة في 5' في وحدات النسخ التي تقدم مناطق مختلفة لبداية النسخ. تشير المستطيلات في الطرفين بأنها نهايات معكوسة و متكررة IRT. العنصر *Ds* المزدوج كسر صبغي أو جينومي و الذي وصف من قبل McClintock.

عائلة العناصر المتحركة وراثياً CACTA

هذه العناصر محاطة بـ تتالي من 5'-CACTA-3' التي تعطي اسم هذه العائلة. العناصر *En/spm* المحاطة بنهايات معكوسة و متكررة من 13 pb و هذه النهايات المعكوسة و المتكررة للعناصر في هذه العائلة تقدم تشابه عالي جدمل (8). تملك هذه العناصر تضاعف 3 pb في موقع الإدخال (Gierl et Saedler,1989).

جدول (8) خصائص عناصر النقل المتحركة الوراثية من العائلة *En/Spm*. أن العناصر الذاتية بالغامق. RIT نهايات معكوسة و متكررة، dupi التضاعف في موقع الإقحام. طول هذه العناصر مشار إليها بالنيكليوتيدات.

العناصر	النهايات المتكررة المتعاكسة RIT	التضاعف (pb)	الطول (kb)	النوع النباتي	المراجع
En/Spm	CATACAAGAAAA	3	8287	*Zea mays*	Pereira et coll., 1986
MpI1	CACTACCGGAATT	3	9KB	*Zea mays*	Weydemann et coll., 1987
Tam1	CACTACAACAAAA	3	14164	*Antirrhinum majus*	Nacken et coll.,1991
Tam2	CACTACAACAAAA	3	5187	*Antirrhinum majus*	Krebbers et coll., 1987
Tam4	CACTACAAAAAAA	3	4329	*Antirrhinum majus*	Luo et coll., 1991
Tam7	CACTACAACAAAA	3	7KB	*Antirrhinum majus*	Schwarz-Sommer et coll., 1990
Tam8	CACTACAACAAAA	3	3KB	*Antirrhinum majus*	Schwarz-Sommer et coll., 1990
Tam9	CACTACAACAAAA	3	5.5KB	*Antirrhinum majus*	Schwarz-Sommer et coll., 1990
Tgm	CACTATTAGAAAA	3	1.6-12KB	*Glycine max*	Rhodes et vodkin., 1988
Pisl	CACTACGCCAAA	3	2.5KB	*Pisum sativum*	Shirsat, 1988

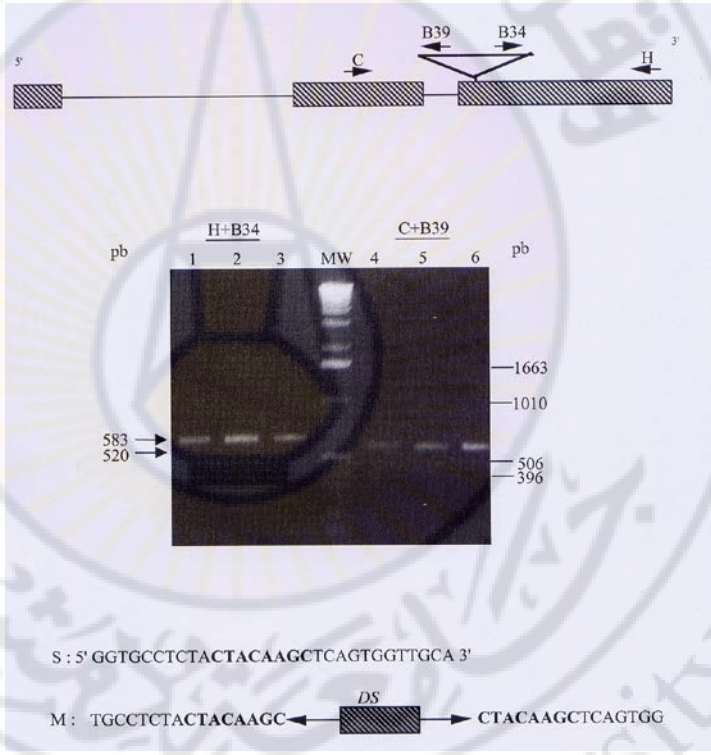
المصدر: (Gierl et Saedler., 1992)

لدراسة العلاقة بين الطفرة و وجود عناصر النقل الوراثي المتحركة Ds المعلمة باستخدام المورثة المقاومة للمضاد الحيوي هيغروميسين (HPT). يظهر اختبار المقاومة أن الطفرة مرتبطة دوماً مع وجود عناصر النقل الوراثي المتحركة Ds. يظهر التحليل الوراثي أن الطفرة من النمط الماندلي المتنحي مع نسبة من الانعزال 1:3 للطفرة في ذرية متخالفة اللواقح فالطفرة لا تؤثر إلا على موقع وراثي واحد.

خصائص القرين الطافر:

تحليل نقاط إدخال عناصر النقل الوراثي المتحركة *Ds* في المورثة:

من أجل البحث عن نقاط إدخال عناصر النقل الوراثي المتحركة بشكل دقيق ، تم تضخيم القطعة الطرفية لعناصر النقل الوراثي المتحركة من كلا الطرفين باستخدام الـ DNA المستخرج من النباتات متخالفة اللواقح و باستخدام بادئات نوعية لكلا طرفي عناصر النقل الوراثي المتحركة و بادئات نوعية للمورثة المدروسة . بعد تضخيم القطع الطرفية تم معرفة تتالي النكليوتيدات شكل (12).



شكل (12) تحليل القرين الطافر.

A : موقع البادئات المستخدمة في الـ PCR .

B : تضخيم الـ DNA و وضعه على هلامة من الآجاروز 1.2 %.

MW مؤشر لطول قطعة الـ DNA المستخدمة للتعبيرعن الوزن الجزيئي و أعطي بـ pb.

C: S تتالي القرين البري. M تتالي القرين الطافر.

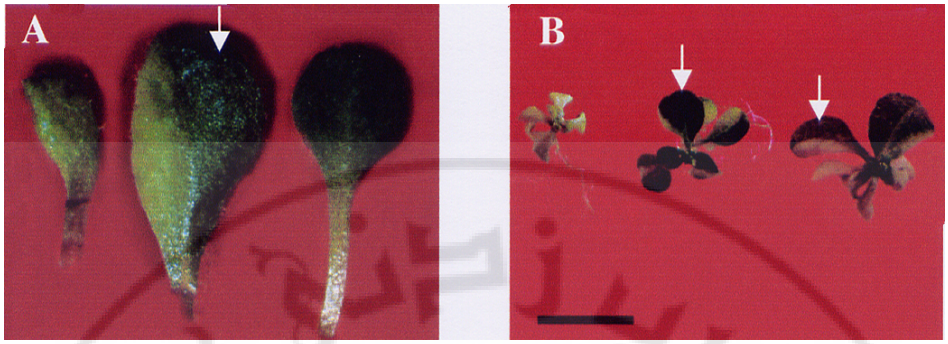
عند دخول عناصر النقل الوراثي المتحركة يحدث تضاعف 8 نيكليوتيدات. إن دخول عناصر النقل الوراثي المتحركة *Ds* التي هي متمركزة في الجزء المعبر(الذي يترجم إلى البروتين) من المورثة المدروسة و الذي سوف يسبب اضطراباً و تشوشاً في النسخ و الترجمة.

البحث عن القطاع المرتد (Secteurs revertants):

إن الطفرة المتسببة عن طريق عناصر النقل الوراثي المتحركة غير مستقرة. حيث إن وجود هذه العناصر مرتبط بوجود مورثة *Transposase* التي تكون مشتركة مع المورثة المعلمة (*GUS*).

عندما تغادر عناصر النقل الوراثي المتحركة فإن البصمة بثمانية نيكليوتيدات تبقى و تسبب التشويش دائما" أثناء النسخ و الترجمة. توجد حالات نادرة عندما تبقي البصمات 3 أو 6 نيكليوتيدات في هذه الحالات النادرة فإن مغادرة العناصر المتحركة سوف يصحح النسخ أو الترجمة لأن التغير في تتالي النيكليوتيدات هو مضاعف 3 نيكليوتيدات أي أنه كودون.

هذه السلالات تكون متخالفة اللواقح بالنسبة للطفرة و نصفية اللواقح بالنسبة لعناصر النقل الوراثي المتحركة . إن القطاع (استعادة النباتات لألوانها) الملحوظ يعكس مباشرة" ظواهر مغادرة عناصر النقل الوراثي المتحركة *Ds* التي أنتجت أثناء المراحل الجنينية أو أثناء تطور النبات، إن حجم القطاع يختلف حسب مراحل التطور أو حسب مكان وجوده ، إذا كان القطاع كبيراً يعني أن ظاهرة المغادرة تمت في مراحل مبكرة و إذا كان القطاع صغيراً فذلك يعكس ظاهرة المغادرة في مراحل متأخرة شكل (13).



المصدر أطروحة دكتوراه د. سلام لاوند

شكل (13) ظهور القطاع المرتد الأخضر على أوراق طفرات نبات الارابيدوبسيس:

A : الطفرة الخضراء الشاحبة المتماثلة اللواق .ح التي تملك أوراق صغيرة ويكون القطاع المرتد على قرين وحيد و يسمح بالرجوع إلى الطول الطبيعي.

B : ثلاثة نباتات طافرة خضراء شاحبة ، النباتات الحاملة للقطاع مشار إليها بسهم.

دراسة تتالي النيكليوتيدات في القطاع المرتد:

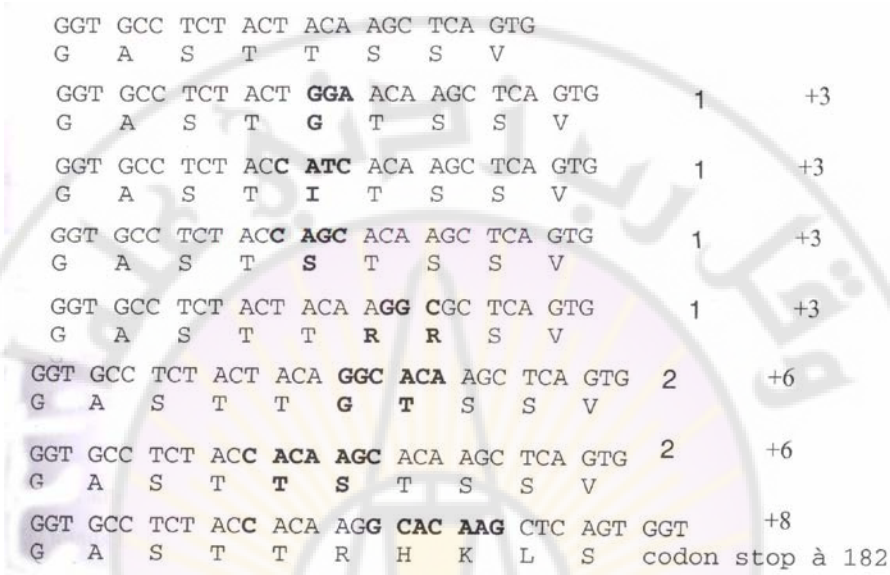
هناك بعض الحالات المختلفة لإعادة الترتيب في تتالي النيكليوتيدات الملحوظة في نقاط الإدخال.

الحالة الأولى: تتالي النيكليوتيدات مشابه لتتالي النيكليوتيدات في النبات البري يعني أن عناصر النقل الوراثي المتحركة لم تترك أي بصمة (أربعة نباتات).

الحالة الثانية: البصمات تضيف 3 نيكليوتيدات (أربعة نباتات) و تقوم بإصلاح القراءة.

الحالة الثالثة: البصمات تضيف 6 نيكليوتيدات (نباتين) و تقوم بإصلاح القراءة.

الحالة الرابعة: تتالي النيكليوتيدات لقرين الطفرة الثابتة التي تظهر ندبة 7 نيكليوتيدات و سوف يشوش النسخ و الترجمة شكل (14).



شكل(14) تتالي قرين القطاع المرتد الأخضر(المماثل للنمط البري).

الأحرف الغامقة تشير إلى النيكليوتيدات غير الموجودة في تتالي الأسس الأزوتية الخاصة بالنبات البري

تعبير المورثة في النباتات البرية والطافرة:

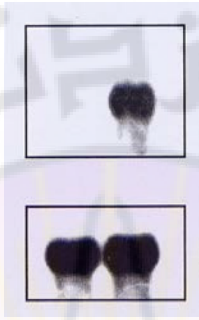
تم البحث فيما إذا كانت عناصر النقل الوراثي المتحركة DS تثير توقف بتعبير المورثة.

تقانة تلطيخ نورثرن Northern blot :

إن التحليل باستخدام التهجين الجزيئي DNA -RNA اعتباراً من الـ RNA الكلي المستخلص من أوراق النباتات البرية و الطافرة المزروع ة مدة 15 يوماً في المخبر. المسبار المستخدم عبارة عن DNAc للمورثة. نلاحظ تراكم

نبات بري	الطفرة *BOU*

النسخ bp1200 للمورثة عند النباتات البرية و لكن النسخ يكون غائباً عند الطفرات شكل(15).



مسبار الـ DNAc للمورثة *BOU*

مسبار الـ 25S

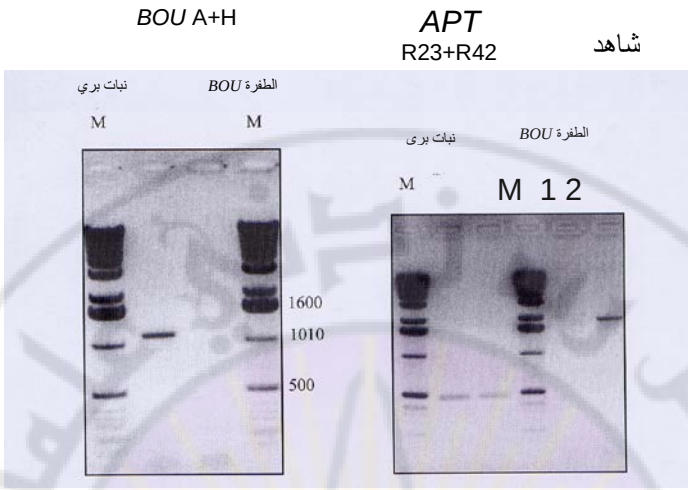
شكل (15) تحديد تراكم النسخ للمورثة *BOU* باستخدام تلطيخ نورثرن Northern Blot .

فصل 20 µg من الـ RNA الكامل على هلامة الأ غاروز ثم تنقل على غشاء من النايلون و تهجن

مع مسبار عناصر مشعة تعبر عن الـ DNAc المكمل للمورثة RNA *BOU* ريبوزوميك سيتوبلاسما S 25 يستخدم كشاهد

تقانة RT-PCR

أثبت تقانة النسخ العكسي للتفاعل التسلسلي للبوليميراز (RT-PCR) إن تراكم النسخ يكون بحوالي bp 1200 و يكون تعبير المورثة مرئياً فقط عند النباتات البرية و غائباً عند الطفرة شكل(16).



شكل (16) تحديد تراكم النسخ للمورثة *BOU* باستخدام RT-PCR عند النباتات البرية والطافرة .

لونت هلام ـة الأغ ـاروز ببروميد ايثيديوم بعد وضع نتاج RT-PCR . أجري RT-PCR على الـ RNA المستخلص من النباتات البرية و الطافرة بالتتابع ، مع البادئات H-A الخاصة بالمورثة *BOU* و بوجود البادئات الخاصة بالمورثة (R23-R42) ادينين فوسفو رينو ترانسفيراز (ART) و تستخدم كشاهد للتجربة.

1- أجريت RT-PCR بغياب أنزيم النسخ العكسي. 2- اجري PCR مع الـ DNA الجينومي ومع البادئات (A-H) M: واسم لتحديد الوزن الجزيئي.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني عشر

النباتات المعدلة وراثياً

لمحة تاريخية عن النباتات المحورة وراثياً:

1973 : تم ايجاد البلاسميد Ti في البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* وهذا البلاسميد قادرعلى نقل المورثات ذات الخصائص الجيدة.

1983 : الحصول على أول نبات محور وراثياُ (التبغ في تجربة).

1985 : الحصول على أول نبات محور وراثياُ ويقاوم الحشرات.

1987: أول نبات محور وراثياً ويقاوم المبيدات الكلية.

1988:أول نبات غذائي محور وراثياً (ذرة مقاومة للكنامايسين).

1990 : أول نبات محور وراثياً في الأسواق : التبغ في الصين ويقاوم الفيروس.

1994: أول خضار محور وراثياً في الأسواق : البندورة تنضج متأخراً.

1997: أول تبغ ينتج الهيموغلوبين.

وخلال ذلك العام كانت فرنسا أول بلد تسمح بزراعة النباتات المحورة وراثياً مثل الذرة المعدلة وراثياً والمقاومة pyrale.

1999: 40 مليون هكتار زرعت بالنباتات المعدلة وراثياً في العالم.

2000: استخراج تسلسل جينوم نيبات الارابيدوس تاليانا.

2002: 58.7 مليون هكتار زرعت بالنباتات المحورة وراثياً.

لماذا تم التفكير فى إنتاج نباتات معدلة وراثيا ؟

في الماضي ، حاول العاملون فى مجال تربية النباتات نقل مورثات بين نباتين من نفس النوع لإنتاج جيل يحمل الصفات المرغوبة، وقد تم هذا التبادل المورثي عن طريق نقل حبة لقاح مذكرة من نبات إلى العضو المؤنث في نبات آخر، وهذا التلقيح الخلطي يقتصر على التبادل الوراثي لنباتات ذات قرابة وراثية.

ومن عيوب هذه الطريقة أنها تحتاج إلى وقت طويل، بالإضافة إلى أنه توجد صفات مرغوبة لا يمكن إيجادها في أنواع ذات قرابة وراثية ، ومن ثم لايمكن إجراء تحسين للنبات أو نقل الصفة المرغوبة إليه.

وعلى عكس ذلك، نجد أن استخدام تكنولوجيا إنتاج النباتات المعدلة وراثيا تمكن مربى النباتات من تجميع العديد من الصفات المرغوبة في نبات واحد، حيث تؤخذ تلك الصفات من نباتات متنوعة ولا تقتصر على الأنواع القريبة وراثيا للنبات المستهدف.

و تتميز تلك الطريقة بالوصول إلى الهدف المرغوب في وقت قصير مع الحصول على أصناف نباتية عالية الجودة، بالإضافة إلى زيادة إنتاجية المحصول بدرجة تفوق ما كان يتمناه مربى النباتات.

ما هي مراحل التحوير الوراثي ؟

1. تحديد الصفات المطلوبة: عند هذه المرحلة الأولية يتطلب تحديد الصفة المطلوب تحويره فعلى سبيل المثال إذا كان الهدف أن يكون النبات مقاوماً لآفة معينة فيتطلب البحث عن كائن آخر مقاوم لهذه الآفة من أجل عزل الصفة ونقلها.

2 . تحديد المورثات و نسخها : يعتمد عزل المورثات على الصفات نفسها فكلما كانت الصفة المطلوبة واضحة ومدروسة ، وأمكن تحديد المورث الخاص بها كان نسخها أيسر وأدق. نسخ الصفات يعتمد على تقانة التفاعل التسلسلي للبوليميراز Chain Reaction Polymerase (PCR) وتقوم هذه التقنية بشكل

أساس على تحديد المورث المطلوب، تصميم بادئات مناسبة، عزل المادة الوراثية المصدر للصفة، استخدام الإنزيمات الخاصة ببناء الـ DNA في أوعية المختبرات من خلال التحكم المتسلسل بدرجة الحرارة.

3 . عزل المورثات وتحويرها : في هذه المرحلة لا بد من التعامل مع المادة الوراثية بطريقة تمكن من رؤيتها وتحديد مقاسها (عدد القواعد النيتروجينية) المكونة للمورث الذي تم نسخه وهنا تستخدم تقنية الفصل الكهربائي لعزل المادة الوراثية حسب المقاس بعد صبغها بمادة تمكن من رؤيتها تحت الأشعة فوق البنفسجية.

4 . ربطها بحامل وراثي مناسب : لعل من أعقد ما في التحوير الوراثي الحامل الوراثي المطلوب من أجل إتمام عملية نقل ومكاثرة المادة الوراثية هو تحديد الحامل الوراثي، الحوامل الوراثية Vectors عبارة عن أجزاء دائرية من المادة الوراثية توجد في الخلايا بدائية النواة بشكل منفصل عن المادة الوراثية الرئيسية وتتميز بسرعة نسخها في البكتريا وسهولة تنقيتها كما يمكن قطعها وإدخال قطع من المادة الوراثية الجديدة إليها. من أشهر الحوامل الوراثية فصيلة الحامل المعروفة بـ PUC والتي تحوي المورث الخاص بمقاومة المضاد الحيوي أمبسلين إضافة إلى مورثات أخرى تساعد على مضاعفة الحامل ووجوده في الخلية.
من أشد المحاذير في عملية انتقاء الحامل الوراثي احتواء على عدد من المورثات غير المطلوبة لعملية التحرير ذاتها ولكنها ضرورية لعمل الحامل الوراثي نفسه كتكاثره، وإمكانية إدخال تسلسل جديد خلاله، ومقاومة المضادات الحيوية اللازمة لاختبار وجود الحامل وغيرها من المورثات والتسلسل الوراثي المكون للحامل نفسه، وفي العموم المورث المطلوب للتحوير الوراثي عادة ما يشكل 20–30% من الحامل نفسه.

5 . مضاعفات المورثات وتنقيتها وفحصها :عند ربط المورث المطلوب من الكائن المصدر بالحامل المناسب يتعين نقله إلى خلية بكترية – عادة ما تكون E.Coli– من أجل مكاثرته وحفظه في الخلية.

6 . زرع الصفات في الكائن المضيف : تقنية زرع الصفات الوراثية المرتبطة بالحامل الوراثي على إرباك جدار الخلية المراد تحويرها بطريقة تسمح بمرور الحامل الوراثي دون التأثير على محتويات الخلية نفسها، تختلف الطرق المستخدمة في إدخال المادة الوراثية (Transformation) من أجل التحوير الوراثي باختلاف الخلايا المراد تحويرها (خلايا حيوانية ، خلايا بكتيرية ، خلايا نباتية) ، ولكنها عادة تعتمد على طرق مختلفة : الطريقة الكيميائية الكهربائية ، الفيزيائية (المدفع). تجدر الإشارة هنا إلى أن من أشد المحاذير على هذه الطريقة ، أن الكائن المحور يقوم باستقبال الحامل الوراثي إليه و إدخاله إلى النواة ثم دمجه بطريقة عشوائية ضمن المنظومة الوراثية للكائن نفسه. ومن هنا تأتي تسمية التحوير الوراثي. وهذا الإدخال قد يكون بنسخة واحدة من الحامل الوراثي أو بعدة نسخ يصل إلى العشرات.

قد يؤدي الإدخال العشوائي للمادة الوراثية المحمولة إلى إبطال صفات أخرى ضرورية للكائن الحي أو لبعض منتجاته الحيوية ، و التقانات المتوفرة حاليا لاتسمح بتوجيه المادة الوراثية الجديد في أماكن محددة مسبقا داخل مورثات الكائن المضيف.

7 . التأكد من وجود الصفة : يختبر الكائن المحور من حيث وجود الصفة من عدمها باختبار الصفة المدخلة نفسها، وبوجود المورثات المستخدمة كدلائل في الحامل الوراثي. تتطلب بعض الجهات ضمن إجراءات الرقابة النوعية فصل المادة

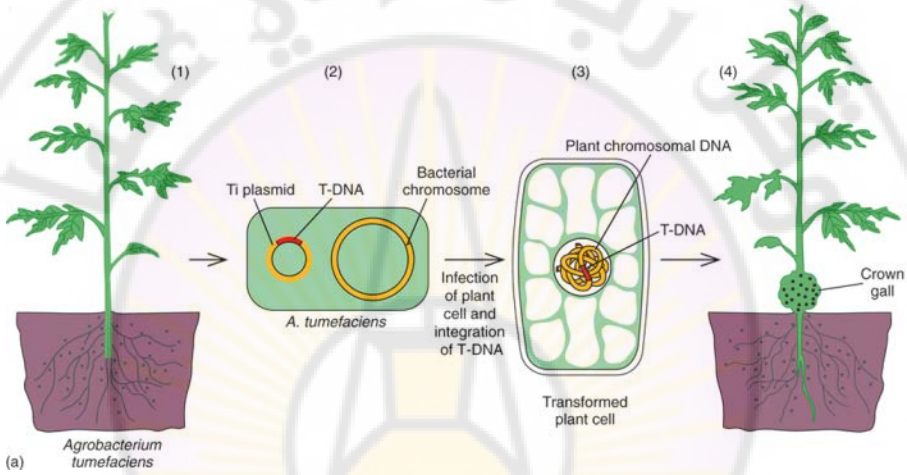
الوراثية من الكائن المحور وتحديد عدد المورثات المدخلة وعدد أماكن الادخال شكل (17).

شكل (17) مراحل التحوير الوراثي.

كيف يتم التحوير الوراثي:

يمكن التصرف بالمورثات من حيث فصلها و تركيبها و إعادة بناء سلسلة الدنا ليصبح عندها الكائن الحي الذي تم تغيير سلسلته الوراثية كائناً معدلاً

وراثي Genetically modified organism (GMO) أو بعبارة أخرى، كائناً متغيراً وراثياً Genetically altered organism (GAO). يتم قطع المورث بطرق معينة و في ظروف المختبرات الذي يتم اختياره من أحد الكائنات (و هذا الكائن يحمل صفة معينة يراد نقلها إلى كائن أخر) و غرسه في سلسة الدنا لكائن حي أخر(ليست لديه تلك الصفة) شكل(18).



شكل(18) نقل قطعة من الـ DNA من البكتريا مسؤولة عن صفة معينة و غرسها في الـ DNA التابع لكائن حي آخر.

وهناك عدة طرق مستخدمة حتى الوقت الحاضر لهذه الغاية نذكر منها :

أولاً– استخدام أنواع محددة من الفيروسات تسمى retroviruses :

و هي عبارة عن فيروسات تعمل على تحويل الحمض النووي RNA إلى الحمض النووي DNA بواسطة أنزيم Reverse transcriptase وباستخدام عناصر تسمى Retrotransposons .

ثانياً– إطلاق المورثات بواسطة مسدس خاص يحتوي على غاز الهليوم غير المشتعل عن طريق رصاصة من الذهب تحمل المورث المراد نقله. و تسمى هذه الطريقة ballistics و تستخدم بشكل خاص في نباتات القمح و الأرز.

ثالثاً – استخدام الليبوزومات liposomes : و هي عبارة عن جسيمات دهنية مفرغة. و تنشأ عند خلط الفوسفورليبيدات مع الماء، و تمتلك كفاءة عالية لكي يخترقها جزيء من الـ DNA كالبلازميد المحور وراثياً.

رابعاً– دمج المورثات مع خلايا البروتوبلاست :

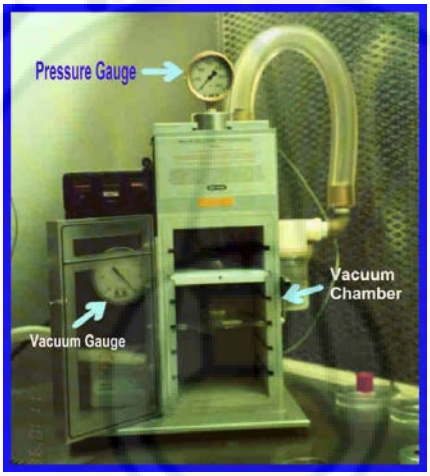
يزال جدر الخلايا بأنزيمات لان ثقوب الخلية الموجودة بجدر الخلية أصغر من أن تسمح للـ DNA بان تمر بسهولة أما عندما تزال الجدر فلن يعيق نقل الـDNA سوى الغشاء البلاسمي والذي يمكن لبوليمر عضوي مثل البولي اثيلين غليكول (PEG) من اختراق الـ DNA للغشاء البلاسمي وهو أكثر عوامل النقل الكيميائي شيوعاً. كما يمكن دمج الـ DNA مع خلايا البروتوبلاست بواسطة الثقب الكهربائي Electroporation وفي هذه الطريقة تقوم نبضات كهربائية قصيرة عالية الفوليطية بإحداث ثقوب سريعة الزوال في غشاء الخلية العارية يمكن أن تمر جزيئات الـ DNA من خلالها، لكن تلك التقنية أي عزل البروتوبلاست صعبة التطبيق في كثير من الحبوب وتنتج عنها نباتات عقيمة.

خامساً– طريقة الحقن المجهري:

طريقة الحقن المجهري Micro injection تتم باستخدام أبر خاصة لحقن المادة الوراثية داخل نواة الخلية تحت ميكروسكوب خاص يسمى Micro manipulator استخدمت تلك الوسيلة في نقل الـ DNA ولكن وجد أنها تقنية غير عملية لأسباب عدة منها أن طرف الإبرة المستخدمة عادة ما ينسد أو ينكسر بسهولة كما أن إدخال الـ DNA للخلايا خلية خلية عملية مجهدة ولا تلائم العمل التجاري ولا يمكن بها ضمان التحام المورث المنقول إلى جينوم الخلية.

سادساً–تقنية قاذفات الجسيمات الدناوية GENE GUN:

وهى طريقة لقذف الخلايا النباتية بالمادة الوراثية المنقولة بعد تغليفها لجسيمات معدنية فلزية ذات أقطار 1–2 ميكرون. يتم قذف تلك الجسيمات بسرعة عالية باستخدام الـ Gene Gun لتخترق جدر الخلايا وتنقل المورث المرغوب ونظرا لأن الثقوب التي يحدثها القذف السريع صغيرة للغاية فهذه الثقوب تكون مؤقتة ولا تعرض سلامة الخلايا للخطر ويتكون الـ Gene Gun من قاذف خرطوشي عيار 0.22 كقوة دافعة يحتوى على بارود فقط شكل (19).



شكل(19) تقنية gene GUN .

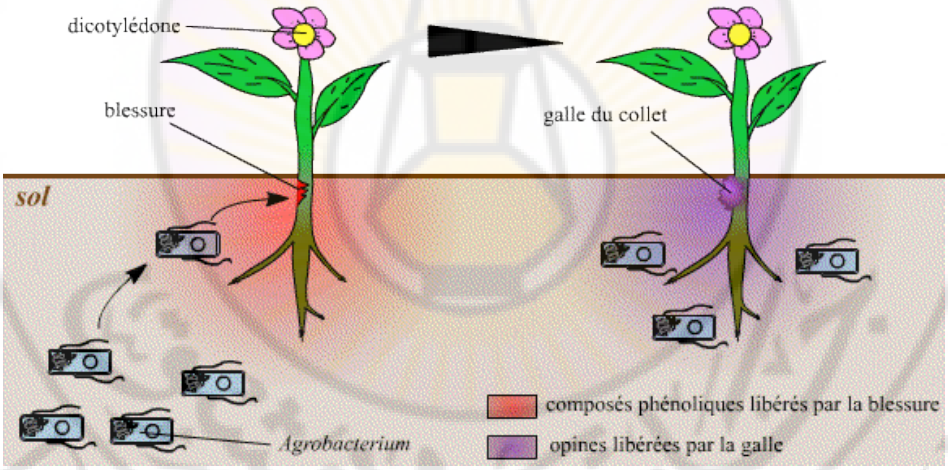
سابعاً – استخدام بكتريا من التربة تسمى *Agrobacterium tumefactions*

يستخدم الكثير من هذه البكتيريا من عائلة *Rhizobium agrobacterium* التي تعيش في التربة و هي قادرة على حقن الدنا في خلايا النبات و الذي يدخل في الجينوم.

البكتريا المسماة *Agrobacterium tumefaciens* هي بكتريا تعيش في التربة، تحتوي بالإضافة للصبغي، على بلاسميد (جزيئية من دنا) ذات حجم كبير (100 حتى 200 Kbp) باسم Ti (محرض الورم Tumor ividucer plasmid). تسبب هذا البكتريا أوراماً عند النباتات و خاصة عند النباتات ثنائية الفلقة، و ذلك

بنقل قسم من البلاسميد Ti المسمى DNA-T (دنا محول) إلى جينوم الخلايا النباتية شكل (20 و 21).

شكل (20) البكتريا المسماة *Agrobacterium tumefaciens*



شكل(21) تشكيل الأورام عند النباتات ثنائية الفلقة.

و هذا البلاسميد يحمل عدة مناطق:

1- منطقة النقل من البكتيريا إلى الخلايا النباتية (Transferred- DNA-T DNA)و تتألف هذه المنطقة:

- لها نهايتان FD في اليمين و FG في اليسار (منطقة محددة من 25 نيوكليوتيد متضمنة مورثات مسرطنة و هي 78 مورثة مسؤولة عن تشكل الأورام) و هي ضرورية من أجل عملية النقل.
- تحمل منطقة تسمح بتطور (انتفاخات سرطانية) (gall) Tumorعند خدش النباتات.
- عند الخلايا النباتية تحمل مورثة تسمح بتركيب و تحرير الـ Opiones (جزء صغير ينتج عن الخلايا النباتية بعد إصابتها بالبكتريا *Agrobacterium tumefaciens* تركيبه غير موجود في الجذور بشكل طبيعي).

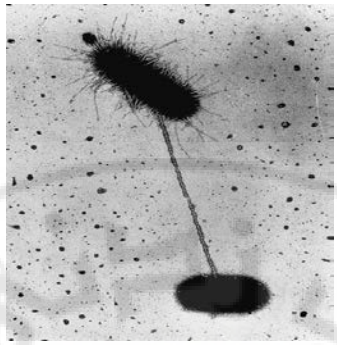
2- منطقة الـ Virulence (VIR)

هذه المنطقة تحمل مجموعة من المورثات التي تسمح بتثبيت البكتريا على الخلايا و نقل الـ DNA-T و من هذه المورثات الأوكسين والسيتوكونين وعوامل أخرى تحرض الانتفاخات و تكون محاطة بتسلسلات متكررة من 25 أساس أزوتي و التي تحدد على DNA-T المنطقة المراد إدخالها.

السيتوكونين هو هرمون نباتي مشتق من بيورين (الأدنين)، و يتواجد بشكل رئيسي في النسج النشطة مثل الأجنة و الجذور و الثمار في حين أن الأوكسين يتواجد في القمم المرستيمية شكل (23).

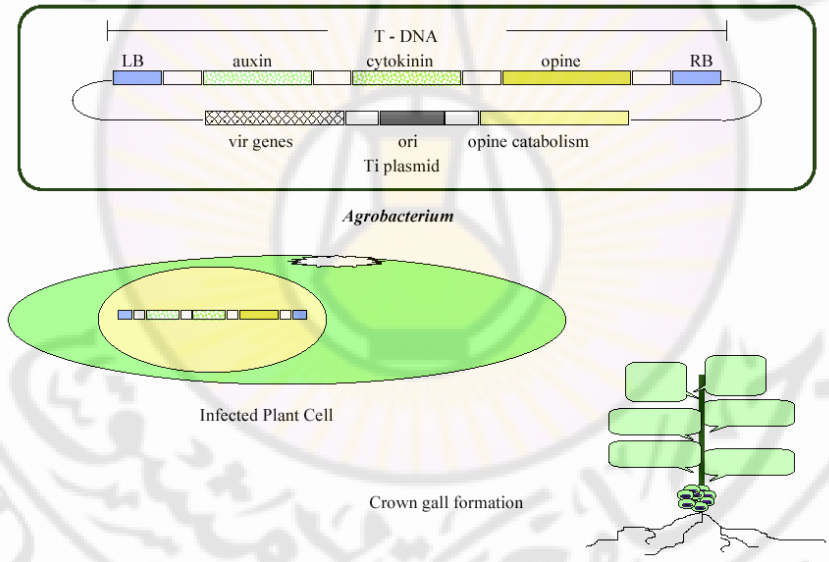
3- منطقة استقلاب الـ Opione Catabalism (OCC):

تسمح هذه المنطقة باستخدام الـ Opiones المتحررة من قبل النبات بعد خدشها بالبلاسميد Opines هي مواد مغذية و تلعب دور في الإحساس ، تفرز من قبل الخلايا النباتية عندما تخدش بالبكتريا، و من ثم تنتشر وتتغلغل بين الخلايا و تلعب دور في عملية اقتران البكتريا شكل (22).



شكل (22) الـ Opiones

4- منطقة الـ origin of replication (ORT) تسمح هذه المنطقة للبلاسميد بالتكاثر داخل البكتريا.



شكل(23) بنية البلاسميد Ti .

ما هو الهدف من التحوير الوراثي ؟

يختلف الهدف من التحوير بحسب الكائن المحور فقد يكون من أجل إنتاج مركبات معينة أو لإنتاج أغذية للاستهلاك الحيواني والبشري.

سنعرض هنا لأهم أسباب التحوير النباتي (الغذائي) والذي قد يكون لأحد الأسباب التالية:

. مقاومة الآفات : من أقوى الأسباب الداعية إلى التحوير الوراثي للأغذية إنتاج نباتات مقاومة للآفات مما يقلل من الاستخدام المفرط في المبيدات الحشرية والفطرية والتي لها الأثر السلبي الكبير على البيئة.

. الشكل: قد يحور النبات وراثياً لإعطائه شكلا أفضل فيشجع المستهلك على الإقبال على المنتج.

. الطعم: تحور بعض النباتات من أجل أن يكون مذاقها أفضل بإضافة عناصر ترغب المستهلك بالنبات.

. الحفظ : يظهر على بعض الثمار آثار الفساد بشك سريع مما يؤثر على توزيع الثمرة. تعالج مثل هذه الثمرة بالتقليل من نشاط الإنزيمات التي تساعد على تغير اللون فتعطي البائع فرصة أكبر لتوزيع.

. المادة الغذائية : تحو بعض الأغذية وراثياً من أجل زيادة المحتوى الغذائي كماً ونوعاً ومن أبرز الأمثلة على هذا التحوير الرز الذي يحوي معدلاً أعلى من فيتامين (أ) والنوع الآخر الذي يحوي عنصر الحديد بنسب أعلى من المعتاد.

. تطعيمات :تحور بعض الأغذية لمنتج بعض التطعيمات الضرورية للأطفال.

ما هي الفوائد التي يمكن الحصول عليها من النباتات المحورة وراثياً ؟

أدى استخدام المحاصيل المعدلة وراثيا فى العالم المتقدم إلى الفوائد الآتية:

- الإنتاجية العالية للمحصول
- خفض التكاليف الزراعية
- زيادة أرباح المحصول
- تحسين الظروف الصحية والبيئية
- زيادة القيمة الغذائية للمحاصيل الزراعية

تطبيقات التحوير الوراثي في مجال الإنتاج النباتي:

1- **إنتاج نباتات مقاومة للأمراض الفيروسية** : هي أهم الصفات الواعدة التي تقدمها الهندسة الوراثية لتحسين الإنتاج النباتي حيث لا يوجد وسيلة مباشرة لعلاج المحاصيل المصابة بالفيروسات سوى الوقاية من الإصابة بها عن طريق الممارسات الزراعية الجيدة مثل استخدام دورة زراعية مناسبة، التخلص من الأعشاب وبقايا المحصول السابق التي تكون عائلاً ثانياً للفيروس في فترة عدم وجود العائل الأساسي، استعمال مبيدات الحشرات القاتلة للحشرات الناقلة للفيروس.

وتعتمد فكرة هندسة النباتات المقاومة للأمراض الفيروسية على الدراسات السابقة في مجال الوقاية المضادة Cross protection والتي وجدت أن عدوى النباتات بفيروسات ضعيفة تحصن النباتات إذا ما أصابها بالسلالات الأكثر ضراوة وعندما تمكن بيتش وزملاؤه سنة1990 في جامعة واشنطن من نقل المورثة المسؤولة عن إنتاج الغلاف البروتيني لفيروس الدخان الموازيكى (TMV) في نبات البندورة حيث عبرت هذه المورثة عن نفسها و أنتج بروتين الغلاف الفيروسي . وجد أن النباتات قاومت الإصابة الفيروسية بشدة وبذلك أثبت بيتش صحة نظريته الافتراضية القائلة أن بروتين غلاف(TMV) يضفي المقاومة على سلالات هذا الفيروس وغيرة من الفيروسات القريبة الصلة به، وبتلك التقنية أمكن هندسة أكثر من أثنى عشر نباتا مقاوم للفيروسات.

2- **نباتات مقاومة للحشرات:**

اعتمدت فكرة مقاومة الحشرات خلال الثلاثين عاماً الماضية على إنتاج بروتين تنتجه بكتريا Bacillus thuringiensis لتقوم تلك البروتينات على قتل الحشرات. استخدمت تلك المستخلصات البروتينية Bt على نطاق واسع في مقاومة الحشرات حرشفية الأجنحة (الفراشات وأبى دقيق) والتي تعتبر آفات رئيسية حيث تقوم تلك البروتينات بالارتباط بأغشية أمعاء الحشرات المستهدفة بأن يتم انتقال

الأيونات من البروتينات Bt إلى الخلايا الطلائية بالأمعاء فتتعطل قدرة الحشرات على التغذية فتموت. تلك المبيدات الحشرية ليس لها تأثير سام على الثدييات بل ولا على الأنواع الحشرية الأخرى وفاعليتها لا تدوم إلا وقتا قصيرا وبالتالي فهي آمنة بيئياً.

ولقد تمكن الباحثون من عزل مورثات تخص بروتينات المبيدات الحشرية واستخدموا Gene gun أو بكتريا A. tumefaciens في إدخال المورثات في كل من الهندورة و البطاطا والقطن.

ولقد ثبت أن وجود مورثات Bt داخل نبات القطن قد جعلها مقاومة لكل الآفات اليرقية الرئيسية بما فيها دودة اللوز وعلي هـ يمكن أن يؤدي استخدام تلك النباتات المهندسة إلى خفض كميات المبيدات الحشرية بنسبة 40-60 %. ولقد تم البحث عن مورثات Bt أخرى لتؤثر على حشرات غير يرقية وقد أمكن تصميم مورث فعال ضد الخنفساء التي تصيب البطاطا. كما أمكن تصميم مورث Bt آخر لمقاومة النيماتودا، كما صمم مورث فعال ضد البعوض الناقل للملاريا.

وقد أكدت الاختبارات أن بروتينات Bt أنها آمنة بيئياً فضلا على أن نسبة وجودها فـي النباتات المهندسة وراثيا لا تتعدى 0.1 % من البروتين الكلى فـي النبات المحور وهذا البروتين يتحلل تماما كأي بروتين في القناة الهضمية .

3-نباتات مقاومة لمبيدات الأعشاب:

نظرا لمنافسة الأعشاب للنباتات الاقتصادية في كل من الماء والغذاء وضوء الشمس فـإن المحصول عادة ما يقل بنسبة 70 % كما أنها تشكل مأوى للأمراض والآفات، كما أن تواجد بذورها مع غلة المحاصيل الاقتصادية يقلل من قيمتها النوعية ويزيد من تكاليف التنظيف والتنقية لذلك فالممارسات الزراعية تضطر أن يكون من ضمن برامجها استخدام مبيدات الأعشاب .

تعتمد فكرة هندسة نباتات مقاومة لمبيد الأعشاب بتمكين النباتات من تحمل مادة

Glyphosate وهى المادة الفعالة فـي مبيد الأعشاب المسمى بالراوند اب الواسع الانتشار فـي مقاومة الأعشاب وهو من المبيدات الآمنة بيئياً حيث لا يؤثر على الحيوانات التي لا تمتلك مسالك للأحماض الأمينية العطرية ثم إنه يتحلل بسرعة في البيئة إلى مركبات طبيعية غير ضارة، وتقوم المادة الفعالة في هذا المبيد بتثبيط فعل إنزيم EPSP وهو إنزيم ضروري لإنتاج الأحماض الأمينية العطرية التي تحتاجها النباتات في النمو. وقد أدخلت مثل هذه المورثات في الطماطم وفول الصويا والقطن وغيرها من المحاصيل لتتمكن تلك النباتات من تحمل الراوند اب.

لقد عزلت المورثة من Streptomyces hygroscopicus الذي له القدرة على تثبيط المادة الفعالة في مبيد الأعشاب المسمى Basta الواسع الانتشار و الذي يؤثر على الأعشاب من خلال تأثيره على مسار إنتاج إنزيم الغلوتاميك الهام Pathway of glutamine synthase فيؤثر في نموها ويؤدى إلى موتها.

4-ثمار أجود وتقاوم التلف:

طور الباحث ون طريقتين لإطالة عمر الثمرة :

الأولى : هي إدخال مورثات تسمى مضادات الإحساس Antisense لمورثات النضج والمسؤولة عن إنتاج الاثيلين والأنزيمات الأخرى بأن تنتج بروتينات تقوم بالارتباط مع RNA الخاص بالنضج فيمنعه من نسخ البروتينات الخاصة بالنضج فتؤخر النضج وتقاوم الرخاوة.

ثانيا: أما الاتجاه الآخر و هو إدخال مورث يقوم بتصنيع إنزيم يقوم بتحليل مركبات الطليعة Precursor التي تكون الاثيلين وبذلك يتأخر التلف.

5-نباتات ذات خصائص غذائية فائقة:

أمكن تكوين نباتات تستطيع تثبيت ا لأزوت الجوى بنقل المورث المسمى nife والموجود ة في بكتريا Azotobacot التي تتطفل عل ى جذور النباتات البقولية وقد أمكن سابقا نقلها إلى *Agrobacterium* , Proteus vulgaris *Esherichia coli tumefaciens* .

6-إنتاج نباتات رباعية الكربون مهندسة وراثياً:

لزيادة كفاءة التمثيل الغذائي بها بنقل ال مورثة المسؤولة عن إنتاج إنزيم PEPC ase و الذي يؤدى إلى زيادة كفاءة تمثيل ثاني أكسيد الكربون و بالتالي زيادة المحصول.

7- تحسين مواصفات التيلة للقطن والألياف الطبيعية.

- تتم هندسة حشرات وراثياً لتعمل ضد آفات زراعية أخرى تهاجم المحصول وتقضي على هذه الآفات. كما توجد أفكار لمعاملة النباتات عن طريق هندسة المورثات بسموم العقارب لمقاومة الحشرات الضارة على هذه النباتات، وذلك باستخدام فيروسات حشرية معينة ومعدَّلة وراثياً، بحيث تموت الحشرة الضارة بمجرد ما تتغذى على المحصول أو تمتص عصارة النبات وكما نعلم فإن المحاصيل الزراعية تشكل مادة غذائية للإنسان والحيوان.

الفصل الثالث عشر

زراعة النسج Tissue Culture

لقد أصبح علم زراعة النسج من أهم التقانات الحديثة المستخدمة فى مجال الزراعة عامة و في تحسين النباتات بشكل خاص، وذلك لما له فوائد عديدة فى مواجهة المشاكل الزراعية.

وقد حقق علم زراعة الأنسجة انتشاراً واسعاً بين العلوم المختلفة التي تهتم بدراسة الكائن الحي ومراحل تطوره المتعاقبة كما أنه ساهم فى تقدم العديد من الدراسات فى مجالات العلوم المتعددة و التي ليس بآخره ا علم الهندسة الوراثية. و قد شغل هذا العلم الجديد العديد من العلماء والباحثين في العالم خلال الثلاثين سنة الأخيرة وأجريت العديد من الأبحاث الأكاديمية كانت من نتيجتها زيادة الفهم عن كيفية تمييز وكشف وتكوين الأعضاء أو الأجزاء النباتية المفصولة والمنماة على البيئات الصناعية. وأدت أيضاً إلى ابتكار العديد من الطرق الحديثة في هذا المجال وأمكن توجيه تلك الأبحاث الأكاديمية لخدمة النواحي التطبيقية في سبيل تطوير الإنتاج الزراعي والتغلب على العديد من المشاكل التي تواجه إنتاج المحاصيل الزراعية الاقتصادية الهامة.

ما هو المقصود بزراعة النسج ؟

هو فصل عضو نباتي (برعم–مبيض–متك) أو نسيج نباتي مكون من مجموعة من الخلايا، أو خلية مفردة، خضرية كانت أم جنسية، وزراعتها في ظروف معقمة على وسط غذائي صلب أو سائل مكون من عدد من المناصر المعدنية الضرورية لحياة النبات، مضاف إليه مجموعة من الهرمونات و الفيتامينات ، وذلك حسب الجزء المزروع، و ذلك في أوعية زجاجية متخلفة، ثم تحضينها في ظروف بيئية محددة من حيث الإضاءة و الحرارة و الرطوبة حسب النوع النباتي المزروع.

مكونات البيئة الغذائية المستخدمة في زراعة النسج و شروط نجاحها:

يلعب تركيب الوسط الغذائي دوراً هاماً في نمو و تطور الجزء المزروع ، و قد تبين أن كل جزء مزروع و كل نوع نباتي يحتاج إلى وسط غذائي خاص يجب تحديده و معرفة مدى نجاحه بالتجربة، حيث أن الوسط الغذائي المعين قد لا يكون مناسباً لنوع نباتي آخر حتى لو كان شديد القرب منه، و قد و ضعت الآن مجموعة من الأوساط الغذائية الملائمة لنمو وتطور الأنسجة النباتية والمرستيمات لكثير من الأصناف النباتية، وعلى القائم بزراعة أي عضو نباتي في ظروف معقمة أن يختبر إحدى هذه الأوساط عند زراعته نوع نباتي معين لاختيار الأفضل، و في حال فشله في الحصول على نمو ملائم لا بد من إدخال بعض التعديلات على الوسط الغذائي المستعمل مع الحفاظ على اتزان العناصر الداخلة في تركيب الوسط الجديد بشكل عام و يجب أن يحتوي الوسط الغذائي المستخدم للزراعة على ما يلي :

أولاً- العناصر الأساسية أو المغذيات الضرورية الكبرى:

تشمل الماء ، الكربون (السكروز أو الغلوكوز) ، الأزوت (نترات أوأمونيا) ، الفوسفور ، الكبريت ، الكالسيوم ، البوتاسيوم ، المغنزيوم ، الصوديوم ، الكلور الخ . حيث تدخل عناصر الأزوت ، الفوسفور والكبريت بشكل أساسي في تركيب النسج النباتية ، إذ تساهم في بناء البروتينات والأحماض النووية ، بينما يساهم البوتاسيوم ، المغنزيوم و الكالسيوم في حفظ التوازن بين الشوارد الموجبة و الشوارد السالبة في النبات.

ثانياً- المغذيات الصغرى:

و تشمل البورون، المنغنيز، الحديد، اليود، الموليبدنيم، الكوبالت، النحاس، الزنك، النيكل، الألومينوم الخ و هي ذات دور كبير و أساسي في تنظيم آلية عمل الأنزيمات كمنشطات لها أو تدخل في تركيب مرافقات الأنزيمات.

ثالثاً- مجموعة المركبات العضوية:

و تشمل الأينوزيتول، الأحماض الأمينية مثل الغلايسين والغلوتامين والتيروزين والفيتامينات مثل البيريدوكسين الحمضي والتيامين الحمضي وحمض النيكوتين.

رابعاً- منظمات النمو:

يضاف إلى الوسط الغذائي و حسب النوع النباتي واحد أو أكثر من منظمات النمو التابعة لمجموعة الأكسينات مثل حمض الأندول الخلي أو حمض النفتالين الخلي أو حمض الأندول بيوتيريك. كما يضاف واحد أو أكثر من منظمات النمو التابعة لمجموعة السيتوكينينات مثل البنزيل أمينو بيورين والكينيتين والايزوبنيلين أدينين. كما قد تضاف أحد الجبريلينات مثل حمض الجبريليك.

وتتم عملية الصلابة للبيئة باستخدام الأجار و هو الأكثر شيوعاً في الاستخدام.

شروط نجاح زراعة النسج:

لكي تتم عملية زراعة النسج بنجاح يجب أن تتوافر فـي المخبر عناصر ضرورية وأهم شرطين يجب توافرهما: النظام والنظافة، حتى يتم فصل الجزء المراد

زراعته من النباتات الأم بطريقة سليمة وسريعة وإلى جانب النظام والنظافة فمن الأهمية بمكان التأكد من نظافة الكيماويات المستعملة كذلك الماء المقطر المستخدم في تحضير البيئات.

وعموماً وبغض النظر عن الإمكانيات المتاحة فـي المساحة أو التجهيزات فـي كل مخبر يجب أن تتوافر الوحدات الآتية:

. وحدة الغسيل والتجفيف للأواني الزجاجية المستخدمة.

. وحدة لتحضير البيئات وتعقيمها.

. وحدة الزراعة.

. وحدة التحضير التي تجهز بلمبات فلوريسنت وترموستات لضبط درجة الحرارة والإضاءة.

مراحل إكثار النباتات بطريقة زراعة النسج:

المرحلة الأولى :

تع د هذه المرحلة من أهم مراحل زراعة الأنسجة حيث يتم فيها فصل النسيج النباتي تحت ظروف التعقيم و زراعته ف ي بيئة صناعية ثم وضعه فـي حاضنات تحت درجات حرارة ورطوبة وإضاءة معينة في المختبر.

المرحلة الثانية:

الهدف منها زيادة أعداد النباتات في المخ بتو، حيث تنقل النباتات النامية إلى بيئة أخرى ذات تركيب كيميائي معين لتشجيع تكوين أفرع جديدة للنباتات ويتم تكرار هذه العملية حتى الحصول على الأعداد المطلوبة من النباتات.

المرحلة الثالثة:

إعادة زراعة النباتات و نقلها من المخابر إلى البيت البلاستيكي لإعادة أقلمتها في التربة حيث تستخرج النباتات من الأنابيب ثم تزرع في أصص صغيرة تحتوى على رمل وتربة زراعية مع تغطيتها بالبلاستيك الشفاف للحفاظ على الرطوبة ثم يزال هذا الغطاء تدريجياً. بعد ذلك يكون جاهزاً للتوزيع على المزارعين لإعادة زراعة الشتلات في الحقول (شكل (24).

شكل (24) مراحل إكثار النباتات بطريقة زراعة النسج

ميزات استخدام طريقة زراعة النسج:

1. تعد طريقة التكاثر الخضري للنباتات سواء جنسية التكاثر أو خضرية التكاثر بالوسائل والطرق التقليدية بطيئة لدرجة أنها لا تفي بالدرجة الكافية بالطلب المتزايد على النباتات مما يدفع الكثير من الدول إلى استيرادها من الخارج. هذا بالإضافة إلى أن بعض أنواع هذه النباتات صعبة وبطيئة الإكثار وعلى هذا فقد أدى استخدام طريقة زراعة النسج إلى إنتاج أعداد كبيرة جداً من شتلات النباتات وفي مساحة محدودة (الاستغلال الأمثل للأرض) بالمقارنة بالطرق التقليدية لإنتاج هذه النباتات مع الحفاظ على صفاتها الوراثية ومطابقتها للنباتات الأم ويمكن الحصول عليها في الوقت الملائم للزراعة و بالكمية الكافية وبالسعر المناسب و لا يخفي ما لذلك من أهمية ذلك في برامج التربية.

2. إنتاج شتلات خالية من المسببات المرضية أهمها الفيروس فمن المعروف أن بعض النباتات التي تتكاثر خضريا مثل البطاطا والموز والثوم وغيرها تصاب بالفيروسات العديدة التي تؤدي إلى ضعف النباتات و نقص الإنتاجية ورداءة الشتلات، حيث أن هذه الإصابة تنتشر في جميع أجزاء النباتات فإن هذه الأمراض يمكن أن تنتقل عن طريق التكاثر بالطرق التقليدية باستخدام الدرنات أو الريزومات الأمر الذي يؤدي إلى تدهور الشتلات عاماً بعد عام و يؤدي أيضاً إلى ضرورة استيراد العديد من النباتات و لكن باستخدام أسلوب زراعة النسج يمكن إنتاج نباتات خالية من هذه المسببات المرضية الأمر الذي ينعكس على جودة و كفاءة الشتلات الناتجة من زراعة النسج.

3- تربية النباتات المرغوبة والحصول على طفرات جديدة جيدة الصفات. حيث تقدم زراعة النسج طريقة فعالة في التعامل مع النباتات بعد تعريضها إلى المطفرات مثل التشعيع أو المعاملة ببعض المطفرات الكيميائية. بعد المعاملة تحضن المزارع، و تختبر للصفات المرغوبة مثل المقاومة للسموم و مبيدات الأعشاب و المضادات الحيوية و الأمراض كما تستعمل هذه المزارع المعاملة في

اختبارات تحمل الحرارة و الصقيع و دراسة متطلباتها من الهرمونات والعناصر الغذائية.

4- زراعة النباتات الطبية والعطرية والحصول منها على المواد الصيدلانية لصناعة الأدوية.

5- كثير من الهجن النباتية التي تتكاثر بالطريقة الجنسية تنتج أجنة حية، و لكن لا تتكون بذور. إن مزارع الأجنة قد أعطت الحل لهذه المشكلة، ليس فقط من حيث إنقاذ الأجنة و لكن أيضاً إكثارها.

6- زيادة الإنتاجية من الشتلات الناتجة عن زراعة الأنسجة من 10 - 20% .

7- الحصول على نباتات أحادية الصيغة الصبغية بزراعة المتوك أو حبوب الطلع. و تتلخص الطريقة في استئصال المتوك من براعم الأزهار الصغيرة بعد الانقسام الاختزالي، و لكن قبل اكتمال تطور حبوب الطلع تزرع هذه المتوك لتنتج نباتات أحادية الصيغة الصبغية و تكون عادة أزهارها عقيمة. ولكن إذا حدث تضاعف تلقائي للمجموعة الصبغية، أو عن طريق إحداث التضاعف صناعياً بالكولشيسين مثلاً، أو بإتمام التضاعف عن طريق اندماج البروتوبلاست protoplast Fusion، فان البذور المتكونة من النباتات المتضاعفة نقية تماماً و أصلية في كل عواملها الوراثية. لذلك فليس من العجب أن يتزايد اهتمام مربي النبات لهذه التقنية التي يمكن عن طريقها إنتاج السلالات النقية التي تحتاج بالطرق التقليدية للتربية إلى عدة أجيال. كما يعد الحصول على النباتات الأحادية

ذا فائدة كبيرة للمربي ، إذ يساعد على اكتشاف الطفرات سواء كانت طبيعية أو صناعية.

8- إمكانية دمج البروتوبلاست Protoplast Fusion حيث تزرع الخلايا المفردة بعد تحرير البروتوبلاست، بتخليص الخلايا من جذورها، ثم يتم دمج الخلايا من نباتات مختلفة. نتيجة لذلك يمكن الحصول على هجين بين نوعين متباعدين لا يمكن تحقيق الإخصاب بينهما بالطرق العادية، و تسمى هذه الهجن بالهجن الجسمية Somatic hybrids، ومن المتوقع بعد اتباع هذه التقنية الحصول على تغيرات كبيرة في النباتات الراقية و الحصول على طرز وهجن جديدة من النباتات لم تكن معروفة سابقاً.

ولا تقتصر أهمية علم زراعة الأنسجة النباتية على هذا فقط بل تمتد إلى أنها تعتبر الوسيلة الفريدة التي لم تكن فى متناول العلماء من قبل لدراسة فسيولوجيا النباتات والتطوير البيولوجي للكائن النباتي الحي من صور بسيطة إلى صور متراكبة معقدة البناء ولكنها متوافقة الوظائف.

تزداد أهمية هذا العلم مع التطور التكنولوجي و بخاصة الثورة العلمية الهائلة فى مجال الهندسة الوراثية التي تشمل التعرف الدقيق على المورثات التي تحكم سلوك وصفات الكائن الحي فى مراحل تطوره المختلفة وما يتلو هذا من محاولة تعديل التركيب المورثي ليتوافق مع البيئة التي يعيش فيها.

انتشر في السنوات الأخيرة استخدام تقنية زراعة الأنسجة تجارياً على نطاق واسع وأهم النباتات المستخدمة: الموز، التفاح ، البطاطا ، الباذنجان ، اللافندر، النعناع ، الأشجار الحراجية ، نباتات الزينة الخ .

المصطلحات

Actual	القيمة الفعلية
Additive Genetic Variance	التباين العائد للفعل المجتمع للمورثات
Alcholoid	مادة قلوية
Alloployploidy	التضاعف الهجيني
Allotetraploidy	تضاعف رباعي هجين
Amphidiploidy	التضاعف الثنائي المزدوج
Aneupolyploidy	التضاعف غير الحقيقي
Angeosperms	النباتات مغطاة البذور
Asexual Reproduction	التكاثر اللاجنسي
Autofocondation	ذاتية الإلقاح
Autoincompatibility	ظاهرة عدم التوافق الذاتي
Autopolyploids	النباتات المتضاعفة ذاتياً
Autotetraploidy	تضاعف رباعي ذاتي
Autotriploids	النباتات ثلاثية التضاعف الذاتي
Average Combining Ability	متوسط القدرة على الخلط
Awnless	وجود السفا
Back Cross	التهجين الرجعي
Beurre Badford	صنف الأجاص
Breeding For Pest Resistance	تربية النباتات لمقاومة الآفات
Breeding Nursery	حقول التربية
Breeding Of Self – Fertilized Crops	تربية وتحسين النباتات ذاتية الإلقاح

Bud Pollination	عملية التلقيح البرعمي
Bulk Or Mass Population Method	طريقة التجميع
Canna	الكنا
Chain Reaction Polymeras	تقانة التفاعل التسلسلي للبوليميراز
Chrrsanthemum	الأقحوان
Colchicine	الكولشيسين
Colchicum Aulumnal	نبات اللحلاح الطبي
Collus/ Cell Culture	خلايا الكالس
Combining Ability	القدرة على الائتلاف
Complete Diallel	التهجين التبادلي الكامل
Cross – Sterile	عقيم خلطي
Cross Protection	الوقاية المضادة
Cytoplasmic Male Sterility	ظاهرة العقم الذكري السيتوبلازمي
Daffodil	النرجس البري
Delation	حذف
Devlopment Of Inbred Lines	إنتاج السلالات النقية
Diallel Crossing	التهجين التبادلي
Dihaploids	أحاديات العدد الصبغي المزدوجة
Diploid	ثنائية الصيغة الصبغية
Diploiy	التضاعف الثنائي
Dominance	السيادة
Dominant Genetic Variance	التباين العائد لفعل السيادة

Dose	الجرعة
Dose-Rate	معدل الجرعة
Double Monosomics	أحاديات الصبغي المكررة
Double Trisomics	ثلاثيات الصبغي المكررة
Ear – To – Row Selection	الانتخاب العرنوس خط
Ear – To – Row Selection Modified	الانتخاب العرنوس خط المعدلة
Ear – To – Row Selection Modified	الانتخاب العرنوس خط المعدلة
Early Maturity	الباكورية
Ear-To-Row Method	الانتخاب عرنوس خط
Electroporation	الثقب الكهربائي
Environmental Isolation	العزل البيئي
Environmental Variability	التباين البيئي
Epistasis	التباين العائد للتفوق
Eupolypoidy	التضاعف الحقيقي
Evaluation Or Testing Of Inbred Lines	اختبار السلالات النقية
Expected	القيمة المتوقعة
Experimental Variety	الصنف التجريبي
Famale Parent	النبات الأم
Full - Sib Progeny Familly Selection	انتخاب الأنسال الأخوي الكامل
Full - Sib Progeny Familly Selection	انتخاب الأنسال العائلات الأخوي الكامل
Gene	العامل الوراثي

Gene – Substitution	الاستبدال المورثي
Gene Frequency	التكرار الجيني
Gene gun	قاذفات الجسيمات الدناوية
General Average Combining Ability	المقدرة العامة على الخلط (التوافق)
Genetic Advance	قابلية الانتخاب
Genetic Diversity	التنوع الوراثي
Genetic Resources	المصادر الوراثية
Genetic Variability	التباين الوراثي
Genetic Variance	التباينات الوراثية
Genetically Modified Organism (GMO)	كائن معدل وراثي
Genitic – Cytoplsmic	العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي
Genome	جينوم
Genome Combinations	التراكيب الجينومية
Genotype	الطراز الوراثي
Geographic Isolation	العزل الجغرافي
Gigas	ظاهرة العملقة
Half - Sib Progeny Selection	الانتخاب الأنسال نصف الأخوي
Half – Sib- Test	الاختبار نصف الأخوي
Haploid Pollen	أحادي الصيغة الصبغية
Haploids	النباتات أحادية الصيغة الصبغية
Hardiness	التحمل البيئي
Hardy Weinberg	قانون هاردي واينبرغ

Heridete Cytoplasmique	التوريث السيتوبلازمي
Heridete Genitique	التوريث الوراثي المندلي
Heritability	توريث الصفة
Heterosis	قوة الهجين
Heterosis And Hybrid Varieties	قوة الهجين والأصناف الهجينة
Depression	تدهور
Heterozygous	تراكيب وراثية غير متماثلة
Heterozygous Autotraploids	متباينة الأعراس
Hexaploidy	التضاعف السداسي
Hexasomics	سداسيات الصبغي
Homozygous	تراكيب وراثية متماثلة
Horizontal Resistance	المقاومة الأفقية
Heterosis Hybid – Varieties	قوة الهجين و الأصناف الهجينة
Hybrid	البذور الهجينة
Inter-Specific Hybridization	التهجين النوعي
Inter-Varietal Hybridization	التهجين الصنفي
Inter-Generic Hybridization	التهجين الجنسي
Hybridization Or Crossing	التهجين
Hybridization Multiple	طريقة التهجين المتعدد
Hybridization Or Crossing In Self Pollinated Crops	التهجين في المحاصيل ذاتية الإلقاح
In vitro	مخبرياً
Inbred Line	سلالة نقية
Inbred Lines	تحسين السلالات النقية

Inbreeding	التراجع أو التقهقر
Incompatibility	عدم التوافق الجنسي
Indirect Isolation	العزل غير المباشر
Individual Or Single Plant Selection	انتخاب النباتات الفردية
Individual Plant Selection	الانتخاب الفردي
Insertion	إضافة
Inter-Strain Hybridization	التهجين السلالي
Introduction	الإدخال
Japanese Lris و Tiger Lily	السوسن الياباني
Liliaceae	الفصلية الزنبقية
Liposomes	الليبوزومات
Male – Sterile	العقم الذكري
Male Parent	النبات الأب
Mass Selection	الانتخاب الإجمالي
Maternal Line Selection	انتخاب السلالة الأمية
Mean	المتوسط
Mechanical Isolation	العزل الميكانيكي
Meiosis	الانقسام الاختزالي
Metaphase	الدور الاستوائي
Micro Injection	الحقن المجهري
Migration	الهجرة
Missense Mutation	الطفرة الخاطئة
Mitosis	الانقسام غير المباشر

Modified Mass Selection	الانتخاب الإجمالي المعدلة
Monogermes	ظاهرة العائلات والسلالات وحيدة البذرة
Monoploids	النباتات وحيدة الصيغة الصبغية
Monosomics	أحاديات الصبغي
Multiple Factors	العوامل الوراثية المتعدد التأثير
Mutation	الطفرة
Nakedseed	الحبوب العارية أو غير المغلفة
Narcisus	النرجس المزروع
Natural Selection	عوامل الانتخاب الطبيعي
Negative Correlation	عدم وجود علاقة وراثية سلبية
New Recombinations	تراكيب وراثية جديدة
Nicotiana Tabacum	التبغ
Non Addititive	مكونات الفعل غير المجمع للمورثات
Non Recurrent Parent	الأب غير الرجعي
Non-Additative-Gene Action	الفعل غير المتجمع للمورثات
Nonsense Mutation	الطفرة عديمة المعنى
Northern Blot	تقانة تلطيخ نورثرن
Nullisomics	عديمات الصبغي
Octoploid	النمط الجينومي ثماني التضاعف
Opione Catabalism	منطقة استقلاب
Opposition Of Factor Hypothesis	نظرية العوامل المضادة
Over Dominance	السيادة التامة
Parallel Series Of Vaviation	السلاسل المتوازية للاختلافات

Parthenogenesis	طريق التوالد البكري
Partial Diallel	التهجين التبادلي الجزئي (غير التام)
Pathway Of Glutamine Synthase	إنتاج إنزيم الغلوتاميك الهام
Pedigree Methode	طريقة النسب
Pentaploidy	التضاعف الخماسي
Pentasomics	خماسيات الصبغي
Permanent Hybridity	الهجونة الدائمة
Phonotype	الطراز المظهري
Phonotypic Characters	الصفات الشكلية
Physiological Or Biological Races	السلالات البيولوجية أو الفينولوجية
Poi – Cross- Method	التهجين المتعدد
Pollen	حب الطلع
Pollen Sterity	عقم حبة اللقاح
Pollinisateures	ملقحات
Polyploids	التضاعف الكروموزومي
Polysomy	التضاعف الجسمي
Populations	صفات المجاميع
Postzygotic Isolation	تكون الجنين
Primary Trisomics	ثلاثيات الصبغي الأولية
Progeney Testing	الانتخاب على أساس اختبار النسل
Progeny Testing	الانتخاب اختبار النسل
Qualitative Characters	الصفات الوصفية (الكيفية)

Quantitative Characters	الصفات الكمية
Random Mating	التزاوج عشوائي
Raspberry	نبات الفريز
Recessive Genes	مورثات متنحية
Reciprocal Cross	التهجين المعاكس
Reciprocal Recurrent Selection	الانتخاب المتكرر المتبادل
Recurrent Parent	اسم الأب الرجعي
Recurrent Selection	الانتخاب الدوري أو المتكرر
Red Clovers	البرسيم الأحمر (البقل)
Resistant Plants	النباتات المقاومة
Ryegrasses	اليزان
S	
Seasonal Isolation	العزل الفصلي
Secondary Trisomic	ثلاثيات الصبغي الثانوية
Secteurs Revertants	القطاع المرتد
Selection	الانتخاب في المحاصيل ذاتية الإلقاح
Selection	الانتخاب
Selection Efficiency	فعالية الانتخاب
Self – Sterile	عقيم ذاتي
Septaploidy	التضاعف السباعي
Sexual Reproduction	التكاثر الجنسي
Silent Mutation	الطفرة الصامتة
Simple Recurrent Selection	الانتخاب الدوري المتكرر والبسيط

Single Crosses	الهجن الفردية
Smooth Awns	السفا الناعم
Source Population	المجموع النباتي
Sources Of Variability	مصادر التباين الوراثي للصفات
Specific Average Combining Ability	المقدرة الخاصة على الخلط
Spindle Fiber	خيوط المغزل
Spontaneous Mutations	الطفرات العفوية
Staminal Sterity	عقم الأسدية
Standard Deviation	الانحراف المعياري
Sterility &Incompatibility	ظاهرة العقم الذكري وعدم التوافق الجنسي
Straight Crossing	طرق التهجين المستقيم
Straight Crossing In Self Pollinated Crops	برنامج التربية بطريقة التهجين المستقيم
Stratified Mass Selection	الانتخاب الإجمالي المعدلة
Ststistical Parameters	مقاييس إحصائية
Susceptible Plants	النباتات القابلة للإصابة
Synthetic Variety	الأصناف التركيبية
Test Cros Selection	انتخاب الهجن الاختبارية
Test Crosses	الهجن الاختبارية
Test crosses	التهجين الاختباري
Tetraploids	رباعية التضاعف
Tetraploidy	التضاعف الرباعي

Tetrasomics	رباعيات الصبغي
Third Trisomics	ثلاثيات الصبغي الثالثية
Top Cross	التلقيح العام
Top-Cross	تهجين قمي
Trade Mark	علامة مسجلة
Transferred-DNA	منطقة النقل
Transgressive Segregation	الانعزال المتجاوز الحدود
Transition Mutation	الطفرة التحولية
Transposon	عناصر النقل الوراثية المتحركة
Transversion Mutation	الطفرة المستعرضة
Triploidy	التضاعف الثلاثي
Trisomics	ثلاثيات الصبغي
Triticum Aestivum	القمح الطري
Tulip	الزنبق
Tumor Gall	انتفاخات سرطانية
Tumor Ividucer Plasmid	محرض الورم
Types Of Variability	أنواع التباين
Uniform	الصفة وحيدة الشكل
Variation و Variability	التباين
Variable	الصفة متعددة الشكل
Variance	معامل التباين
Visual Parameters	الانتخاب الظاهري
Yield Component	مكونات الغلة

الجنين	Zygote

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع العربية :

-شاهرلي مخلص. 1992. الحصول على المادة الوراثية الأولية باستخدام المطفرات الفيزيائية و الكيميائية و منظمات النمو على الشعير البري، خاركوف، اوكرانيا.

-عزام حسن و آخرون. 1995. التحسين الوراثي للنباتات، كلية الزراعة ، جامعة دمشق.

- عثمان رضا. 1998. تربية النبات، كلية الزراعة، جامعة تشرين.

-أطروحة دكتوراه د. سلام لاوند (2002)، الهندسة الوراثية عند نبات الارابيدوبسيس في نهاية النفس (*A Bout de Souffle* (*BOU* : وظيفة جديدة ضرورية بعد الإنبات و مشابهة لنواقل الاستيل كارنيتين.

المراجع الأجنبية :

-Allqrd,R.W.1960. Preinciples of plant breeding. John Wiler and Sons Inc.,New york.

-Bhattacharyya, M, K., Smith, A, M., Ellis, T, H, N., Hedley, C., Martin, C. 1990. The wrinkled-seed character of pea described by Mendel is caused by a transposon-like insert in agene encoding starch-branching enzyme. Cell, vol (60), 115-120.

-Döring, H, P., Nelsen-Salz, B., Garber, R., and Tillmann, E, 1989. Double *Ds* elements are involved in specific chromosome breakage, Mol Gen Genet, vol (219), 299-305.

-Falconer, D.S.1981. Introduction of quantitative Genetics. 2d ed longman. New York.

-Fedoroff, N., Wessler, S., and Shure, M, 1983., Isolation of the Transposable Maize Controlling Elements *Ac* and *Ds*, cell, vol (35), 235-242.

-Fedoroff, N, 2000. Transposons and genome evolution in plants, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol (97), No (13), 7002-7007.

-Gierl, A., Saedler, H., (1989. Maize transposable elements, Annu. Rev. Genet, vol (23), 71-85.

-Gierl, A., Saedler, H., 1992. Plant-transposable elements and gene tagging, Plant Molecular Biology, vol (19), 39-49.

-Harting, H., Spilmont, C, Lazzaroni, N., Rossi, V., Salamini, F., Thompson, R, D., Motto, M, 1991. Molecular analysis of the Br-rbg transposable element system of *Zea maysL*. Mol Gen Genet, vol (227, 91-96.

-Hehl, R., nacken, W, K, F., Krause, A., Saedler, H., Sommer, H, 1991. Structural analysis of Tam3, a transposable from *Antirrhimum majus*, reveals homoligies to the element from maize, Plant Mol Biol, vol (16), 369-371.

-Herrmann, A., Schulz, W., Hablbrock, K, 198). Two alleles of the single copy chalcon synthase gene in parsley differ by a transposon-like element, mol Gen Genet, vol (212), 93-98.

-Krebbers, E., Hehl, R., Pioterowiak, R., lönnig, E-E., Sommer, H., Saedler, H., 1987. Molecular analysis of paramutant plants of Antirrhinum majjus and the involvement of transposable elements. Mol Gen Genet, vol (209), 499-507.

-Köster-Töpfer, M., Frommer, W, B., Rocha-Sosa, M., Willmitzer, L, 1990. Prsence of a transposon-like element in the promter region of an inactive patatin gene in *Solamum tuberosum* L, Plant Mol Biol, vol (14), 239-247.

-Luo, D., Coen, E, S., Doyle, S., Carpenter, R, 1991. Pigmentation mutants produced by transposon mutagenesis in *Antirrhinum majus*. The plant Journal, vol (1), 59-69

-Müller-Neumann, M., Yoder, J, I., Starlinger, P, 1984. The DANN sequence of the transposable element of Ac of *Zea mays L*. Mol Gen Genet, vol (198), 19-24.

-Nacken, W, K, F., piotrowiak, R., Saedler, H., Sommer, H, 1991. The transposable element Tam1 from Antirrhinum majus shows structural homology to the maize transposon En/Spm and has no sequence specificity of insertion. Mol Gen Genet, vol (228), 201-208.

-Rhodes, P, R., Vodkin, L, 1988. Organization of the Tgm family of transposable elements in soybean. Genetics, vol (120), 597-604.

-Schwarz-sommer, Z., Gierl, A., Cuyers, H., Peterson, P, A., and Saedler, H, 198), Plant transposable element generate the DNA sequence diversity needed in evolution, The EMBO journal, vol (4), No 3, 579-597.

-Sizurbjornsson, B. 1983. Induced mutations.pp.153-176. In D.R.Wood(ed) crop breeding. American Socity of Agronomy, Inv., Madison, Wis.

-Starlinger, P. 1993. What do we still need to know about transposable *Ac*. Gene. Vol (135), 251-255.

-Weck, E., Courage, U., Döring, H-P., Fedoroff, N., and Starlinger, P, 1984, Analysis of *sh-m6233*, a mutation induced by the transposable element *Ds* in the sucrose synthase gene of *Zea mays*, The EMBO journal, vol (3), No 8, 1713-1716.

-Wessler, S, R., Baran, G., Varagona, M., and Dellaporta, S, L, 1986, Excision of *Ds* produces *waxy* proteins with a range of enzymatic activities, The EMBO journal, vol (5), No 10, 2427-2432.

المقومون العلميون

الأستاذ الدكتور حسن عزام
الأستاذ الدكتور بدر جابر
الأستاذ الدكتور بولص خوري

المدقق اللغوي

الدكتور أحمد جاسم الحسين

حقوق الطبع والترجمة و النشر محفوظة لمديرية الكتب و المطبوعات