

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/282702244>

تربية نبات - المحاضرة السابعة - التحسين الوراثي للنباتات ذاتية التلقيح

Research · October 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.2782.2808

CITATIONS

0

READS

2,402

1 author:



Aziz Mahdi Abd Al-Shammari

University of Diyala

136 PUBLICATIONS 39 CITATIONS

SEE PROFILE

التحسين الوراثي للنباتات ذاتية التلقيح

يمكن تحسين النباتات ذاتية التلقيح بأحدى الطرق التالية :

اولا- ادخال النباتات Plant Introduction

يعد ادخال النباتات من ارض طرق التحسين الوراثي من وجهة النظر الاقتصادية، ولقد لعب قديما دورا في تطور الزراعة اذ قامت الشعوب بنقل الانواع والاصناف المختلفة من الخضار والفاكهة لزراعتها في اماكن لم يسبق ان زرعت فيها، كما كان للقوافل التجارية والحملات العسكرية اضافة الى العوامل الطبيعية (الرياح، مياه الانهار.... الخ) دور بارز في ذلك. ويلاحظ في وقتنا الراهن تنوع كبير في انواع الخضار والفاكهة واصنافها التي يستخدمها الانسان في غذائه اليومي في اية بقعة من بقاع العالم. ويمكن التمييز بين مفهومين لادخال النباتات هما :

أ - التوطين او التطبيع : وهو عبارة عن عملية نقل النباتات من منطقة ما وزراعتها في منطقة اخرى مشابهة في ظروفها البيئية والمناخية لما هو سائد في المنطقة التي نقلت منها فتنمو هذه النباتات في المنطقة الجديدة بشكل جيد ولا يطرأ اي تغيير على تركيبها الوراثي.

ب - الاقلمة: **Adaptation**: هي عملية نقل النباتات من منطقة ما وزراعتها في منطقة اخرى ظروفها البيئية والمناخية مغايرة لما هو سائد في المنطقة التي نقلت منها، فتنمو هذه النباتات بشكل مختلف تماما ويطرأ تغير كبير على تركيبها الوراثي وذلك باتجاه التكيف مع الظروف الجديدة وبالتالي تظهر صفات جديدة نتيجة للاختلافات البيئية **Ecological Variation** . ولا تظهر هذه الصفات عند اعادة النباتات الى المنطقة التي نقلت منها . ان تأقلم النباتات احادية الحول اكثر سهولة من تأقلم النباتات الثنائية والثلاثية الحول والمعمرة، لان التغير الذي يحدث في تركيب العشيرة النباتية يتحقق بوساطة التكاثر الجنسي وعلى مدى اجيال عديدة. كما ان عملية التلقيح تسهل من تأقلم النباتات لانها تضمن احتمالات كثيرة جدا لالتقاء الكميات المسؤولة عن ظهور الصفات الجديدة (صفات التأقلم). ويمكن تمييز الاشكال التالية من ادخال النباتات :

- 1- ادخال انواع جديدة غير مزروعة اصلا في الدولة المستوردة.
- 2- ادخال اصناف جديدة محسنة من الدول المتقدمة زراعيًا.
- 3- ادخال صفات جديدة للاصناف المزروعة اصلا، فمثلا تستورد الاشكال البرية للانواع المزروعة للاستفادة من عامل وراثي واحد (صفة واحدة) او عدة عوامل وليس من كامل التركيب الوراثي حيث يتم نقل العوامل الوراثية الى الاصناف المزروعة عن طريق التهجين والانتخاب. شروط الادخال :

1- يجب ان تكون عملية ادخال النباتات منظمة وغير عشوائية ويقوم بها أخصائيون في مجال التحسين الوراثي بحيث تخضع لمراقبتهم، ويتم ادخال النباتات عادة عن طريق الاتصال او العلاقة مع مراكز الابحاث العلمية الزراعية والبنوك الوراثية العالمية او عن طريق القيام بالرحلات العلمية الاستكشافية التي تتوجه الى مراكز الاختلافات الوراثية (المواطن الاصلية) اذا كان الهدف هو البحث عن النباتات البرية، اما اذا كان الهدف هو البحث عن النباتات المزروعة فتتوجه الى المناطق المشابهة في ظروفها البيئية والمناخية للمنطقة المراد ادخال النباتات اليها. تنقل البذور عادة من اماكن البحث والاستكشاف، اما اذا كانت النباتات تتكاثر لاجنسيا فيجب توفير

الظروف الملائمة لنقل الاجزاء الخضرية اثناء النقل والتخزين. وهنا يجب التنويه الى ضرورة جلب كمية من التربة الحاوية على بكتريا العقد الجذرية المتخصصة اذا كانت النباتات المنقولة بقولية .

2- توضع العينات المستوردة (بذور، اجزاء خضرية) في علب او اكياس خاصة مزودة ببطاقة تعريف يدون عليها تاريخ الجمع ومكانه وتعطى رمزا خاصا كما تدون صفات النباتات التي اخذت منها العينات (الارتفاع، شكل الاوراق، حجم الثمار ولونها) ... الخ .

3- ولتجنب نقل المسببات المرضية والحشرية تؤخذ العينات المستوردة الى محطة الحجر الزراعي حيث تزرع في مكان معزول تماما للتأكد من خلوها من الامراض والحشرات. اما بالنسبة للاجزاء الخضرية فأن احتمال نقلها للمسببات المرضية والحشرية يكون اكبر، لذلك تراقب على مدى عدة اعوام فمثلا بالنسبة للبطاطا تطعم البراعم والعيون على نباتات من النوع نفسه ومعزولة في بيوت بلاستيكية او زجاجية ثم تؤخذ البراعم من الفروع النباتية وتزرع للمرة الثانية والثالثة وبعد التأكد من خلوها من المسببات المرضية والحشرية يمكن استخدامها في عملية التحسين الوراثي.

4- تزرع الاشكال النباتية المدخلة بعد التأكد من خلوها من المسببات المرضية والحشرية في محطات الادخال حيث تتم مقارنتها مع صنف محلي مزروع وتسجل جميع صفاتها في مراحل النمو والتطور المختلفة لكي يتسنى الاستفادة منها من قبل القائمين على عملية التحسين الوراثي.

5- يتم حفظ المادة النباتية المستوردة من قبل مؤسسات متخصصة (مراكز ابحاث، بنوك وراثية) تقوم بأكثر جميع الاشكال النباتية المدخلة من الدول الاخرى وتخزين بذورها لاستخدامها في برامج التحسين الوراثي .

ثانيا- الانتخاب Selection

هو اختيار او عزل افراد او مجموعات نباتية متميزة من عشيرة مكونة من افراد متباينة في تركيبها الوراثي، وتتميز هذه الافراد المعزولة بامتلاكها لصفة واحدة او عدة صفات غير موجودة لدى بقية افراد العشيرة النباتية. ويعد الانتخاب اساس عملية التحسين الوراثي بالاضافة الى كونه الوسيلة الرئيسية المستخدمة من قبل الطبيعة في عملية تطور الانواع النباتية .

ويمكن التمييز بين شكلين من الانتخاب هما:

1- الانتخاب الطبيعي او التلقائي: ويتمثل بالعملية التي تجري في الطبيعة تلقائيا دون تدخل الانسان على مدى عصور عديدة وتعتمد على قوانين الطبيعة (البقاء للاكثر تحملا وتأقلا مع الظروف الطبيعية الصعبة). وكان العالم الشهير داروين اول من بين الاساس العلمي للانتخاب الطبيعي في كتابه(اصل الانواع) ، فقد اشار الى ان الافراد النباتية التي تملك تفوقا ولو بسيطا جدا بالمقارنة مع بقية افراد العشيرة النباتية تملك فرصا افضل من التكاثر والبقاء وبالتالي فان اي انحراف او تغيير ضار مهما كان ضئيلا فانه يؤدي في النهاية الى اندثار الافراد التي ظهر فيها.

2- الانتخاب الاصطناعي او الهادف: هو عبارة عن عملية موجهة من قبل الانسان حيث يقوم بانتخاب مايلئم متطلباته واحتياجاته من النبات. وقد قسم داروين الانتخاب الاصطناعي الى مايلي :

أ- الانتخاب الاصطناعي الفطري او العفوي : ويتمثل بما قام به الانسان عبر العصور الماضية بشكل عفوي بانتخابه الانواع النباتية التي تتوافق مع ذوقه ثم انتخابه للبذور الكبيرة الحجم عند اكثاره لهذه الانواع بعد استزراعه لها.

ب- الانتخاب الاصطناعي المنظم : ويتمثل بما قام به ويقوم به العاملون في مجال التحسين الوراثي، فهو عملية موجهة يحدد مربى النبات هدفها وبمعنى اخر يحدد الصفة او الصفات التي سيعمل على تحسينها ويضع خطة علمية مدروسة لتحقيق الهدف.

ولابد هنا من التنويه الى وجود ارتباط وثيق ومستمر بين كلا الانتخابين الطبيعي التلقائي والاصطناعي اذ لاتنتج عملية التحسين الوراثي مالم يأخذ القائمون عليها بعين الاعتبار وجهة الانتخاب الطبيعي الذي خضعت له العشيرة او العشائر النباتية التي يتم التعامل معها ، فمثلا لا يمكن استنباط صنف جديد تتحمل نباتاته ظروف بيئة ومناخية معينة من عشائر نباتية لاتتحمل بعض نباتاتها مثل هذه الظروف.

يتلخص جوهر عملية الانتخاب بالتحكم بعامل الوراثية والتغيير المميزين للكائنات الحية، وتتوقف فعالية عملية الانتخاب ونتائجها على مدى وجود الاختلافات الوراثية اذ لاينجح الانتخاب في عشيرة مكونة من نباتات مماثلة وراثيا.

ان الانتخاب لايبولد الاختلافات الوراثية لكنه يؤدي الى الحصول على نتائج جيدة اذا استند الى اختلافات يمكن توريثها بين الافراد مهما كانت هذه الاختلافات كبيرة او طفيفة. ويتوقف طول الفترة الفعالة والمجدية من الانتخاب على عدد الجينات المتحكمة في اظهار الصفة التي يجري عليها الانتخاب ويوقف او ينتهي تأثيره عند الوصول الى التماثل الوراثي.

ان الهدف الرئيسي لعملية الانتخاب هو الحصول على مادة نباتية متجانسة في جملة الصفات القيمة المرغوبة (الصنف الجديد) ويتحقق هذا الهدف في حالة النباتات ذاتية التلقيح عند الوصول الى مادة نباتية نهائية منتخبة وتركيبها الوراثي تماثل العوامل الوراثية بالنسبة للمورثات المسؤولة عن الصفات القيمة، اما في حالة النباتات خلطية التلقيح فيتحقق عند الوصول الى مادة نباتية نهائية منتخبة يكون تركيبها الوراثي مختلف العوامل الوراثية بالنسبة للمورثات المسؤولة عن الصفات القيمة لكنها تملك اضافة للمورثات هذه نظائرها التي تبدي ايضا تأثيرا مشابها في ظهور هذه الصفات.

ومن اجل تحقيق مسألة التماثل في العوامل الوراثية بالنسبة للمورثات المسؤولة عن الصفات القيمة عند النباتات ذاتية التلقيح تستخدم طرق الانتخاب التالية :

1-الانتخاب الاجمالي Mass selection

ويتم باتباع مايلي :

- العام الاول يتم انتخاب نباتات الايليت من المادة الاولية اعتمادا على الصفات الشكلية وقد يصل عدد النباتات المنتخبة (الايليت) الى بضع مئات او الالف وتجمع بذورها في وعاء واحد (تخلط بذور نباتات الايليت معا) .

- العام الثاني تزرع بذور النباتات التي تم الحصول عليها في العام الاول ثم تجري عملية انتخاب نباتات الايليت وتجمع بذورها في وعاء واحد ايضا.

- وتستمر عملية الانتخاب حتى الوصول الى مادة متجانسة في جملة الصفات القيمة المرغوبة (الصنف الجديد).

تتميز طريقة الانتخاب الاجمالي ببساطتها وسهولة القيام بها وهي تستخدم على نطاق واسع من قبل المؤسسات والشركات المنتجة للبذور لتخليص الاصناف من الصفات الرديئة والحفاظ عليها من التدهور وبالتالي الحفاظ على النقاوة الصنفية. وبما ان انتخاب النباتات في هذه الطريقة من الانتخاب يتم على اساس الشكل الظاهري فقط لذلك يمكن تخليص مساوي هذه الطريقة بما يلي :

أ- لا يمكن معرفة ما إذا كانت النباتات المنتخبة اصيلة او خلطية وراثياً. إذ ان النباتات الخلطية سوف تسبب انعزالات وراثية في الجيل التالي للانتخاب مما يترتب عليه اعادة عملية الانتخاب الاجمالي .

ب- صعوبة تحديد ما اذا كان تفوق النباتات المنتخبة عائدا الى العوامل الوراثية ام الى العوامل البيئية .

2- الانتخاب الفردي Individual selection

او انتخاب السلالة النقية Pure – Line selection

يتلخص مبدأ هذه الطريقة بانتخاب واكثر النباتات افراديا ثم اخضاعها لاختبار النسل ولعدة اجيال بهدف استبعاد السلالات (نسل الافراد) الرديئة المنتخبة عن طريق الخطأ او الصدفة مما يفسح المجال للتمييز بين الاختلافات الوراثية والبيئية نظرا لمقارنة منات السلالات على مدى عدة اعوام في ظروف بيئية متباينة.

السلالة النقية :

هي النسل الناتج من نبات واحد اصيل ذاتي التلقيح او عدة نباتات اصيلة ذاتية التلقيح متشابهة في تركيبها الوراثي شريطة عدم حدوث اي تغيير في هذا التركيب خلال عمليات التكاثر .

نظرية السلالة النقية The pure line theory

ان النسل الناتج من نبات واحد منتخب من مجموعة من النباتات ذاتية التلقيح ينتظر ان يكون متماثلا ومشابها لهذا النبات كما ينتظر ان يتكاثر ويعطي نباتات متماثلة تشبهه تماما .

توصل العلماء نتيجة لتطبيق نظرية السلالة النقية الى عدم فعالية الانتخاب الفردي في تحسين الاصناف ذاتية التلقيح النقية والمعنى جيدا بأكثرها في حين يكون فعالا عندما تكون هذه الاصناف خلطية وبمعنى اخر عندما يكون كل صنف مزيجا من عدة سلالات نقية نتيجة لاسباب متعددة منها الخلط الميكانيكي او الخلط الوراثي الناجم عن التلقيح الخلطي بين الاصناف رغم انخفاض نسبته عند الاصناف ذاتية التلقيح بالاضافة الى حدوث الطفرات الجينية .

ان النسل الناتج من بذرة واحدة لسلالة نقية سيكون متشابها ولا يحدث فيه اي انعزال وعليه فأن اي اختلافات في افراد هذا النسل ستعزى الى العوامل البيئية، لهذا ليس هناك اية فائدة من الانتخاب داخل السلالة النقية لتشابه جميع نباتاتها في التركيب الوراثي **Genotype** لذلك فأن تفاعلها مع عوامل البيئة سيكون بالطريقة نفسها التي تفاعلت بها اباؤها وكذلك اي فرد اخر من افراد السلالة في الاجيال التالية.

اختبار النسل Progeny Test :

لتقييم اي فرد منتخب تزرع بذوره ويختبر النسل الناتج عنه وبوساطة هذا الاختبار يمكن التمييز بين الاختلافات الوراثية والبيئية عند الافراد المختبرة إذ ان الاختلافات الوراثية هي التي تظهر في النسل الناتج. ويمكن من معرفة هل الصفات اصيلة وراثيا ام هجينية. فإذا كان الفرد خليطا يمكن معرفة الصفات السائدة من المتنحية حيث تنعزل الاخيرة اذا كانت موجودة في الفرد الاصلي ولكن غير ظاهرة بسبب وجود السائدة. وتجري طريقة الانتخاب الفردي او انتخاب السلالة النقية كما يلي:

- العام الاول : يتم انتخاب نباتات فردية (نباتات الايليت) من المادة الاولية المكونة من مجموعة من الاصناف والاشكال النباتية المتميزة بالاختلافات الوراثية الكثيرة مع التنويه الى انه في حال عدم احتواء المادة الاولية على اشكال نباتية متفوقة في بعض صفاتها فإنه لن يظهر اي تفوق في المراحل التالية من عملية الانتخاب .

ان الانتخاب المبني هذا مهم جدا لان الاختلافات الوراثية في هذه المرحلة تكون اكثر بكثير مما قد يظهر من اختلافات في الانسال الناتجة عن زراعة بذور النباتات المنتخبة لذلك فإنه لا يوجد عدد محدد لنباتات الايليت المنتخبة اذ يتراوح بين بضع مئات الى بضعة الاف .

تزرع بذور كل صنف او شكل نباتي عادة في لوح صغير او خط او خطين وذلك تبعا لكمية البذور المتوفرة (يجب حفظ جزء من البذور كاحتياط لزراعتها في حال حدوث اية كارثة تصيب النباتات المزروعة) ويزرع الى جانبها صنف محلي للمقارنة (شاهد). ويتم في هذه المرحلة التركيز على صفات هامة مثل التأقلم مع الظروف البيئية والمناخية وانتظام النمو والتبكير في النضج والحالة العامة للصنف .

- العامين الثاني والثالث : يتم اختبار نسل نباتات الايليت المنتخبة على مدى عامين مع التركيز على الصفات الشكلية فقط، ففي العام الثاني يزرع خط ببذور كل نبات منتخب وتراقب صفات النباتات الناتجة وبالنتيجة تستبعد الخطوط التي تظهر فيها صفات غير مرغوبة وتجمع بذور كل من الخطوط المتبقية في وعاء مستقل. وفي العام الثالث تزرع بذور كل عائلة في ثلاث مكررات يتكون كل منها من 3-5 خطوط.

- الاعوام الرابع والخامس والسادس : يتم خلالها التأكد من مدى ملائمة العائلات مع الظروف البيئية والمناخية السائدة في المنطقة من جهة ومقارنة انتاجيتها من جهة اخرى اضافة الى المقاومة للأمراض والحشرات المختلفة.

ويمكن القول ان الصنف الناتج عن الانتخاب الفردي ينشأ من نبات فردي اصيل تم انتخابه ثم اكثاره بالتلقيح الذاتي الطبيعي فاعطى نباتات مماثلة له متشابهة فيما بينها مكونة للسلالة النقية التي تتحول بعد اجتيازها لاختبارات عديدة الى الصنف التجاري الجديد.

يمكن تلخيص مميزات طريقة الانتخاب الفردي فيما يأتي :

- 1- معقدة وتحتاج الى جهد كبير مقارنة مع طريقة الانتخاب الاجمالي.
- 2- تمكن من دراسة نسل النباتات المنتخبة وتحديد الاختلافات الوراثية فيها.
- 3- لا تولد تراكيب واثية جديدة وانما تعزل التراكيب الوراثية المتفوقة الموجودة اصلا في المادة الاولية.

ثالثا : التهجين Hybridization : له عدة اشكال:

- 1- التهجين البسيط او المباشر Straight cross.
 - 2- التهجين المتعدد Multiple cross.
 - 3- التهجين الرجعي Back cross.
- ويعقب عمليات التهجين اجراء عملية الانتخاب على الاجيال الانعزالية بطرق مختلفة تبعا لنوع التهجين.

- 1- التهجين البسيط او المباشر Straight cross : يدخل في التهجين ابوان فقط مثل التهجين بين صنفين آ و ب (آ × ب). وبعد اجراء التهجين تجرى عمليات الانتخاب على الاجيال الانعزالية باحدى الطريقتين

التاليتين:

- 1- طريقة تسجيل النسب Pedigree method.
- 2- طريقة التجميع Bulk method.

طريقة تسجيل النسب Pedigree method:

يبدأ الانتخاب بدءاً من الجيل الثاني F_2 إذ تنتخب النباتات ذات الصفات المرغوبة وتزرع بذور كل من هذه النباتات المنتخبة في خطوط لانتاج الجيل الثالث بحيث يحوي كل خط 25-30 نباتاً. ثم تنتخب أفضل النباتات في أفضل الخطوط وتزرع بذورها في خطوط او عائلات لانتاج الجيل الرابع ويستمر الانتخاب على مدى الاجيال الرابع والخامس والسادس وعند الوصول الى الجيل السابع تصبح غالبية العائلات منتظمة النمو ونباتاتها متشابهة بدرجة كبيرة لذلك يبدأ التركيز على صفة الانتاجية ويستمر ذلك حتى الجيل الثاني عشر.

هذا ومن الممكن الاحتفاظ ببذور نباتات ما يتبقى بعد الانتخاب في الجيلين الثالث والرابع لزراعتها واجراء تجارب مقارنة مبدئية للانتاجية، الامر الذي يمكن من استبعاد بعض العائلات المنتخبة لانخفاض كفاءتها الانتاجية.

تنجح هذه الطريقة عندما تكون الصفات المرغوبة المراد جمعها في الصنف الجديد ظاهرة وواضحة ويمكن تمييزها بسهولة في الحقل كما يمكن الانتخاب على اساسها في الاجيال الانعزالية المبكرة للتهجين.

تتميز هذه الطريقة بما يلي:

- 1- تحتاج الى جهد كبير.
- 2- تحتاج الى تسجيل دقيق للمعلومات التي يتم الحصول عليها من النباتات المنتخبة.
- 3- تختصر عدد النباتات من جيل الى اخر الى حوالي 10% من مجموع النباتات المزروعة في كل جيل (النباتات التي تجمع الصفات المرغوبة في الابوين).
- 4- تمكن القائم عليها من اجراء دراسات وراثية لمعرفة السلوك الوراثي وعدد المورثات المسؤولة عن الصفات التي يختلف فيها الابوان.

وسنستعرض المثال التالي لشرح طريقة الانتخاب بتسجيل النسب بعد اجراء التهجين المباشر :
نفترض ان الغرض من التهجين هو جمع بين الصفات التالية في الطماطة. التبكير في النضج، التحمل لدرجات الحرارة المرتفعة، المناعة ضد مرض اللفحة والانتاجية المرتفعة.
ليكن لدينا الصنف A الذي يتميز بصفتي التبكير في النضج والانتاجية المرتفعة والصنف B يتميز بصفتي والتحمل لدرجات الحرارة المرتفعة والمناعة لمرض اللفحة.

- العام الاول : يجري التهجين بين الصنفين الابوين $B \times A$
- العام الثاني : زراعة 10-25 نباتا من الجيل الاول ومقارنة صفاتها مع نباتات الابوين التي تزرع بجانبها لتسهيل المقارنة وبالنتيجة تنتخب النباتات الهجينة وتستبعد النباتات غير الهجينة المشابهة للابوين.

- العام الثالث: زراعة 2000-6000 نبات من نباتات الجيل الثاني ويزرع معها بالتبادل احد اصناف الطماطة غير المقاومة لمرض اللفحة وتجرى عدوى اصطناعية وبالنتيجة ينتخب حوالي 10% من نباتات الجيل الثاني وهي النباتات التي تحوي على الصفات المرغوبة من الابوين معا قدر الامكان.

- العام الرابع : يزرع الجيل الثالث بحيث يزرع خط من كل نبات منتخب ويزرع بالتبادل معها خطوط من صنف الطماطة غير المقاومة لمرض اللفحة (يحتوي حقل الجيل الثالث على 200-600 خط).

ويلاحظ في هذا الجيل ظهور بعض العائلات الاصلية في بعض الصفات لكنها تكون خليطة بالنسبة لصفات اخرى لذلك يتم انتخاب نباتات فردية ويتبقى في النتيجة 50- 100 عائلة فقط.

- العام الخامس الى الثامن : تستمر زراعة بذور كل نبات منتخب من كل عائلة في خطوط تمثل هذه العائلة في الجيل التالي ولهذا يختلف عدد خطوط كل عائلة تبعا لعدد النباتات المنتخبة منها في العام السابق. ودائما تنتخب افضل نباتات من افضل العائلات مع استبعاد عائلات باكملها. ومن المنتظر ان تصل العائلات الى حالة الاصاله الوراثية وتصبح نباتاتها مماثلة في نهاية هذه المدة. ومن المنتظر ايضا ان يصل عدد السلالات الجيدة بعد هذه المدة الى حوالي 25- 50 سلالة.

- العام التاسع : تجرى تجارب مبدئية لمعرفة الكفاءة الانتاجية للسلالات المنتخبة في العام السابق وبالنتيجة تستبعد السلالات ذات الانتاجية المنخفضة.

- العام العاشر الى الثالث عشر: تجرى مقارنة للسلالات المنتخبة مع بعض الاصناف التجارية المنتشرة زراعتها في المنطقة وتستبعد كل عام كل السلالات الاقل انتاجية من هذه الاصناف التجارية مع استمرارية مراقبة الصفات الاخرى طبعا. وفي النهاية يتم اختيار سلالة واحدة فقط متفوقة على الاصناف التجارية (الصنف الجديد).

طريقة التجمع Bulk method:

تتلخص بزراعة البذور الناتجة معا دون اجراء الانتخاب وذلك بدءا من الجيل الثاني وحتى الجيل الخامس ثم يبدأ بعد ذلك انتخاب النباتات الفردية المتفوقة التي تحوي على الصفات المرغوبة. وابتداء من الجيل الخامس تكون اعداد كبيرة من النباتات قد وصلت الى حالة الاصاله الوراثية في الكثير من الصفات. ومن الممكن تعريض النباتات الى عدوى اصطناعية لمعرفة الصفات المقاومة.

وسنستعرض فيما يلي مثلا يوضح الانتخاب بطريقة التجميع بعد اجراء التهجين المباشر:

-العام الاول: اجراء التهجين $B \times A$.

-العام الثاني: زراعة 10-25 نباتا من نباتات الجيل الاول.

-العام الثالث: زراعة بذور نباتات الجيل الثاني معا وجمع بذور النباتات الناتجة في وعاء واحد.

- العام الرابع الى السادس: زراعة بذور النباتات التي يتم الحصول عليها في العام السابق.

-العام السابع: زراعة النباتات على مسافات منتظمة لتسهيل دراستها واجراء الانتخاب عليها كما تجرى عدوى اصطناعية وبالنتيجة ينتخب حوالي 1000- 5000 نبات مقاوم من نباتات الجيل السادس.

-العام الثامن: زراعة بذور كل نبات منتخب في خط مستقل وعلى مسافات منتظمة لانتخاب 100- 200 خط (كل خط يعد سلالة).

-العام التاسع: زراعة خط او خطين (طول الخط 3- 4 م) من كل سلالة متفوقة في صفاتها الظاهرية على السلالات الاخرى. واجراء مقارنة مبدئية للانتاجية.

-العام العاشر الى الرابع عشر: مقارنة الانتاجية (كما ورد سابقا في طريقة تسجيل النسب).

-العام الخامس عشر: اثمار السلالة المتفوقة على الاصناف التجارية.

2- التهجين المتعدد : Multiple cross

يتلخص بتهجين ازواج من الاصناف : $B \times A$ و $D \times C$ و $F \times E$ و $H \times G$

ثم التهجين بين الازواج الاجيال الاولى : $CD \times AB$ و $HG \times EF$

EFGH × ABCD
. ABCDEFG

ثم يجرى التهجين بسن الانسال :
لينتج في النهاية نسل مشترك بين هذه الاصناف هو :

ويؤخذ على التهجين المتعدد احتواء بعض الاصناف الداخلة في التهجين على بعض الصفات الرديئة غير المرغوب فيها والتي ربما تظهر في عدد كبير من النباتات عند انعزال الصفات لذلك يلزم عدد كبير من النباتات خلال الاجيال المنعزلة بعد اجراء التهجينات المتعددة وهذه الاجيال تعامل تماما كما ورد سابقا في طريقتي الانتخاب بتسجيل النسب والانتخاب بطريقة التجميع .

3 - التهجين الرجعي Back cross

يتم اللجوء الى طريقة التهجين الرجعي عند الرغبة باضافة صفة او صفتين بسيطتين وراثيا الى صنف تجاري متفوق في عدد كبير من الصفات. اذ تجرى سلسلة من التهجينات الرجعية مع الصنف المراد تحسينه مع التركيز خلال عملية الانتخاب في كل جيل على الصفة او الصفتين المرغوب اضافتهما له. وعند انتهاء عملية التهجين الرجعي ستكون المورثة او المورثات المسؤولة عن الصفات المراد نقلها الى الصنف خليطة **Heterozygous** بعكس جميع المورثات الاخرى التي تكون جميعها قد تحولت الى الحالة الاصلية لذلك يترك النسل بعد اخر تهجين ليتلقح ذاتيا مع الانتخاب لتحويل هذه الصفات الخلطية الى اصلية، وبالنتيجة يتم الحصول على صنف جديد يتميز بجميع صفات الصنف القديم. اضافة الى الصفة او الصفتين اللتين تفوق بهما على الصنف القديم و يسمى الصنف التجاري المراد تحسينه بالاب الرجعي **Recurrent Parent** اما الصنف الذي سيتم الحصول منه على الصفة او الصفتين المرغوبتين بالاب غير الرجعي **Non recurrent parent**.

ان عدد التهجينات الرجعية الواجب القيام بها يتراوح بين 2 - 8 بحسب ما يريده المحسن الوراثي من تركيز صفات الاب الرجعي في الصنف الجديد . كما ان العملية تسير بسهولة اذا كانت الصفات المراد اضافتها سهلة التمييز وبسيطة وراثيا (المسؤل عنها زوج او زوجان من العوامل الوراثية السائدة). اما اذا كانت هذه الصفات متنحية فان العملية تطول وتبطؤ نظرا لضرورة الانتظار بعد كل تلقيح رجعي عاما كاملا يترك فيه النسل الناتج للتلقح الذاتي لكي تعطى الفرصة للمورثات المتنحية بالظهور حتى يمكن انتخابها و اجراء التهجين الرجعي عليها ثانية.

يمكن فهم الاساس الوراثي لطريقة التهجين الرجعي بمقارنتها مع التلقح الذاتي ففي عملية التلقح الذاتي لنبات خليط يكون نصف النسل في الجيل الثاني اصيلا والنصف الاخر خطيا فمثلا يحتوي الجيل الثاني للتضريب **AA × aa** على **AA %25** و **Aa %50** و **aa %25** وعلى الرغم من ان نصف هذا النسل اصيل الا ان نصف هذا الجزء الاصيل يحوي الصفة المرغوبة **AA** . لكن اذا هجن الجيل الاول رجعيا مع الاب **AA** بدلا من تركه يتلقح ذاتيا فانه من المنتظر الحصول على **Aa %50 : AA %50** وبذلك يكون نصف النباتات الناتجة محتوية على الصفة المرغوبة بحالة اصلية. ومن المنتظر ان يعم ذلك كل ازواج المورثات التي يختلف فيها الابوان. وبتكرار عملية التهجين الرجعي مع الاب نفسه باستمرار فسيتحول النسل الناتج تدريجيا ليشبه الاب الرجعي، اي ان التركيب الوراثي للنسل سوف يتركز في تركيب واحد بدلا من توزيعه على عدد من التراكيب الوراثية المختلفة كما هي الحال في التلقح الذاتي المستمر .

يتحول النسل الناتج عن التلقح الرجعي المستمر الى الاصلية الوراثية بالسرعة نفسها التي يتحول بها النسل الناتج عن التلقح الذاتي المستمر وفق المعادلة الاتية :

$$H = \left[\frac{(2^m - 1)}{2^m} \right]^n \times 100$$

H = نسبة الافراد الاصلية في اي جيل من التلقيح الرجعي.

m = عدد مرات التلقيح الرجعي .

n = عدد ازواج المورثات المستقلة.

ان هذه المعادلة هي نفسها المستخدمة في معرفة نسبة الاصاله الوراثية في النسل الناتج عن تلقيح الذاتي المستمر. وعليه يمكن حساب النسبة المنتظرة للنباتات الاصلية بعدد m من اجيال التلقيح الرجعي وذلك في عدد n من الصفات الاتية من الاب الرجعي. فمثلا اذا اختلف الابوان في 10 ازواج من المورثات ولم يحدث انتخاب في النسل الناتج فبعد ستة تهجينات رجعية سوف يحوي النسل الناتج 85% من النباتات الاصلية والمشابهة تماما للاب الرجعي في المورثات العشرة.

ويلاحظ ان عملية التهجين الرجعي ما هي الا تحويل لعملية التلقيح الذاتي وذلك بالنسبة للاب الرجعي اذ انه سوف نصل في النهاية الى التركيب الوراثي للاب الرجعي والانتخاب الوحيد الواجب القيام به هو الصفة او الصفتان المراد نقلها من الاب غير الرجعي. وسنستعرض فيما يلي مثلا لطريقة التهجين الرجعي :

- العام الاول : يتم التهجين بين الصنف التجاري الجيد (الاب الرجعي) والصنف المراد نقل الصفة منه الى الصنف التجاري (الاب غير الرجعي) ولتكن هذه الصفة هي المقاومة لمرض ما .

- العام الثاني : يزرع 5 - 10 نباتات من النباتات الجيل الاول F₁ وتهجن رجعيا الى الصنف التجاري الجيد (الاب الرجعي)

- العام الثالث : تزرع نباتات B₁ (الناتجة عن التهجين الرجعي الاول) ويجرى لها عدوى اصطناعية بمسببات المرض ثم نجري التهجين الرجعي لـ 10 - 20 نباتا مقاوما مع الاب الرجعي.

- العام الرابع الى السابع : تجرى عدوى اصطناعية لنباتات B وينتخب منها 50- 30 نباتا مقاوما وتهجن رجعيا .

- العام الثامن والتاسع : تجرى عدوى اصطناعية لنباتات B₆ وينتخب منها 400 - 500 نباتا مقاوما لكي تزرع في العام التالي وينتخب منها 100 - 200 من الخطوط الاصلية في صفة المقاومة ونباتاتها متجانسة النمو ومتشابهة للاب الرجعي في جميع الصفات .

- العام العاشر: يزرع الصنف الجديد الى جانب الصنف الرجعي للمقاومة بهدف التأكد من ان الصنف الجديد الذي تم الحصول عليه نتيجة لعمليات التهجين الرجعي مشابه تماما للاب الرجعي في جميع صفاته عدا صفة المقاومة .

مخطط يوضح التهجين الرجعي :



نباتات اصلية وراثيا في صفة المقاومة للمرض
(صنف جديد مشابه للصنف التجاري ومقاوم للمرض)